

**QAZAQSTAN RESPÝBLIKASYNYŇ BİLİM JÁNE ĞYLYM MINISTRLİGİ
S. TORAIĞYROV ATYŇDAĞY PAVLODAR MEMLEKETTİK ҮNIVERSITETI**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА**

**F. K. BOIKONYŇ 100 JYLDYĜYNA ARNALĜAN
«F. K. BOIKO I MEREITOILYQ OQÝLARY» ATTY
HALYQARALYQ ĞYLYMI-TEHNİKALYQ
KONFERENSIASYNYŇ
MATERIALDARY**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«I ЮБИЛЕЙНЫЕ ЧТЕНИЯ БОЙКО Ф. К.»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 100-ЛЕТИЮ БОЙКО Ф.К.**

ТОМ 1

**PAVLODAR
2020**

ӘОЖ 621.31 (574.25) (07)
КБЖ 31.2 (5 Каз)
М34

Редакция алқасының бас редакторы:

Бегентаев М. М., э.ғ.д., профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің ректоры

Жауапты редактор:

Ержанов Н. Т., б.ғ.д., профессор, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің Ғылыми жұмыс және инновациялар жөніндегі проректоры

Редакция алқасының мүшелері:

Абишев К. К., Ахметов К. К., Бексеитов Т. К., Испулов Н. А., Кислов А. П., Кудерин М. К., Марковский В. П., Талипов О. М., Эрназаров Т. Я.

Жауапты хатшылар:

Альмишева Т. У., Бойко Г. Ф., Дробинский А. В., Жумадилова А. К., Исабекова Б. Б., Камашев С. А., Карманов А. Е., Маздубай А. В., Мусаханова С. Т., Несмеянова Р. М., Хацевский В. Ф., Чидунчи И. Ю.

М34 Ф. К. Бойконың 100 жылдығына арналған «Ф. К. Бойко І мерейтойлық оқулары» атты халықаралық ғылыми-техникалық конференциясының материалдары. – Павлодар : Toraighyrov University, 2020. – 441 б.

Т. 1. – 2020. – 441 б.

Жинақ көпшілік оқырманға арналады.
Мақала мазмұнына автор жауапты.

ӘОЖ 621.31 (574.25) (07)
КБЖ 31.2 (5 Каз)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дорогие коллеги, докторанты, магистранты и студенты поздравляю вас с началом первой международной научно-технической конференции «1 юбилейные чтения Бойко Ф. К.», посвященной 100-летию Федора Константиновича Бойко, одного из известных ученых в области энергетики Казахстана, внесшего большой вклад в развитие Павлодарского региона, в совершенствование и развитие энергетики, подготовку высококвалифицированных инженерных кадров и молодых ученых республики.

Федор Константинович был известен как человек всесторонней и разнообразной творческой деятельности, ученый, педагог, организатор высшей школы, обладающий такими ценными человеческими качествами, как скромность, честность, трудолюбие и чуткость, высокоценимые в коллективе. Они способствовали созданию в институте деловой и творческой атмосферы.

Родился Федор Константинович в селе Рождественка Павлодарской области Республики Казахстан. В 1939 году окончил Ленинградский техникум соляной промышленности по специальности техник-электрик и направлен на работу в заводоуправление «Баскунчакский солепромысел» Астраханской области. В августе 1941 года был призван в армию, участвовал в Великой отечественной войне, демобилизован в июне 1946 года. В июле этого же года закрепился во Всесоюзном заочном индустриальном институте. Диплом защитил 31 января 1947 года по специальности инженер-электрик по электростанциям, сетям и системам. Ф. К. Бойко было предложено работать в системе Академии наук в научно-исследовательском институте по использованию атомной энергии в мирных целях. Но он остановился на варианте внедрения полученных знаний в родных краях, чтобы способствовать развитию Павлодарского Прииртышья. Начал он с завода «Октябрь» в г. Павлодаре.

Ф. К. Бойко работал на заводе «Октябрь» главным энергетиком и главным инженером, а с июня 1946 г. в строймонтажном предприятии «Казэлектро» – главным инженером. С января 1951 г. по апрель 1962 г. работал в горкоме, обкоме партии заведующим отделом. Он способствовал электрификации города и области. Бурно строились электростанции в Павлодаре: ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, в Экибастузе, в Ермаке (Аксу), прокладывались электролинии по всей области и за её пределами. Появилась Павлодар-Экибастузская энергосистема, которая начала снабжать электроэнергией промышленные предприятия, сельхозобъекты, города и села.

Работая проректором Павлодарского индустриального института с 24 апреля 1962 г. по 19 августа 1964 г., ректором с 1976 г. по 1984 г., уделял большое внимание строительству общежитий (5 корпусов), учебно-лабораторных корпусов факультетов: машиностроительного, энергетического, инженерностроительного, военной кафедры, главного корпуса, библиотеки, актового зала, столовой, санатория-профилактория, жилых корпусов (4 здания), дома отдыха на берегу реки Иртыш. При нём все комплексы института были оснащены учебно-лабораторным оборудованием, приборами, мебелью.

Под его руководством большая работа была проделана по установлению дружеских связей с вузами Советского Союза. Индустриальный институт стал членом «вузов содружества» во главе с Московским Баумановским училищем. Тесные связи были установлены с институтами Москвы – энергетическим, горным, инженерностроительным, станкостроительным, автомобильным, педагогическим, Ленинградским энергетическим, Минским, Свердловским, Ташкентским, Душанбинским политехническими институтами, Ижевским индустриальным институтом, со всеми вузами Казахстана. Во время его работы много внимания в институте уделялось повышению квалификации кадров. Осуществлялось это через целевые аспирантуры Московского энергетического института (МЭИ), Московского горного института (МГИ) и других. В годы его работы из стен вуза вышли известные сегодня в стране инженерные и научные кадры.

Ф. К. Бойко является автором более 200 научных работ, 10 монографий, 14 авторских свидетельств на изобретения, 3 сборников, под его руководством было подготовлено и защищено 4 докторских и 23 кандидатских диссертации.

Результаты научных открытий Ф. К. Бойко внедрены более чем на двадцати предприятиях металлургии, химической промышленности Казахстана и России. Последней его разработкой был, так называемый резонатор, устройство для экономии электроэнергии.

Он состоялся как личность, крупный учёный и руководитель. Ф. К. Бойко прошёл блестящий путь от инженера до академика Академии минеральных ресурсов РК.

Награждён Правительственными наградами: тремя орденами и шестнадцатью медалями, участник ВДНХ СССР, награждён грамотой Президиума Верховного Совета Казахской ССР, знаком «За отличные успехи в работе Минвуза», «Почётный работник образования Республики Казахстан».

Федор Константинович был одним из неординарных земляков Павлодарского Прииртышья: первым инженером-энергетиком с высшим образованием, первым доктором технических наук, академиком и ректором Павлодарского индустриального института (ныне ПГУ им. С. Торайгырова).

Это был ученый с большой буквы – доктор технических наук, академик Академии минеральных ресурсов РК и автор десятка изобретений.

Надеемся, что проведение международной научно-технической конференции «I юбилейные чтения Бойко Ф. К.» положит начало хорошей традиции в будущем и будет способствовать развитию научного потенциала энергетической отрасли региона и Республики Казахстан в целом.

Пленарлық отырыс Пленарное заседание

ЭТАПЫ БОЛЬШОГО ПУТИ

БОЙКО Г. Ф.
ст. преподаватель, кафедра «Экономика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

20 февраля исполнилось 100 лет со дня рождения участника ВОВ, инженера, педагога и ученого, организатора высшей школы и общественного деятеля Бойко Федора Константиновича.

Родился он в 1920 году в крестьянской семье села Рождественка Успенского района Павлодарской области (тогда это был Павлодарский уезд Семипалатинской области) и рано познал всю тяжесть крестьянского труда.

Детство Федора Константиновича пришлось на период бурных, кровавых событий, связанных с гражданской войной, установлением власти Советов в Прииртышье, раскулачивания и коллективизации, продналога и продразверстки, голода 30-х годов.

Голод загнал семью Константина Антоновича Бойко в самую северную часть Западной Сибири – Прорытино Вертикосного сельского поселения Кургасокского района Нарымского края.

В 1935 году Федор Константинович заканчивает с отличием седьмой класс Вертикоской школы, за что был премирован холщевой рубашкой. Преподавали в школе ссыльные педагоги из Ленинграда.

В этом же году семья возвращается в Павлодар, а Федор Константинович поступает в Ленинградский техникум соляной промышленности на электромеханическое отделение, для этого потребовалось разрешение «всесоюзной старосты» М. И. Калинина. В 1939 году с отличием защитил дипломную работу на тему «Электрификация добывающих снарядов на озере Павлодар» (вернее Таволжан) и был распределен на работу в Баскунчак – крупнейший солепромысел страны.

С 1 июля 1939 года Федора Константиновича назначили помощником начальника мехдобычи в Нижнем Баскунчаке, а уже через четыре месяца – помощником главного механика помольно-погрузочного цеха Владимирской пристани, откуда в сентябре 1941 года он был призван на фронт.

Поезд с призывниками был разбомблен под Ростовом. Оставшихся в живых, в их числе - Федор Константинович Бойко, направили в Закавказье.

Участвовал в боях за пик главного Кавказского хребта - Эльбрус, где нашим бойцам противостояла отборная альпийская дивизия немцев «Эдельвейс», в освобождении Новороссийска от вражеских захватчиков. В числе лучших пограничников участвовал в охране Тегеранской конференции (1943 г.).

За участие в героической обороне Кавказа старшина отдельной роты связи погранвойск НКВД Грузинского округа Федор Константинович был награжден медалью «За оборону Кавказа».

После разгрома немецкой армии под Сталинградом и освобождение Кавказа от гитлеровских захватчиков, воинскую часть №2051, где служил Федор Константинович, входившую в Закавказский фронт, расквартировали в Тбилиси.

Федор Константинович, с разрешения командования, поступает в 1943 году на заочное отделение Грузинского индустриального института имени С. М. Кирова и за два с половиной года, в условиях военного времени, успешно заканчивает курс обучения.

Но защищаться надо было в другом ВУЗе.

После демобилизации из погранвойск (июнь 1946 года), возвращаясь к семье в Павлодар Федор Константинович делает остановку в Москве, закрепляется в Московском Всесоюзном заочном индустриальном институте и 31 января 1947 года успешно защищает дипломный проект на тему «ТЭЦ на 75 МВт высокого давления».

Как толковому студенту ему было предложено будущим президентом АН СССР А. П. Александровым работать в научно-исследовательском институте, занимающемся проблемами атомной энергетики.

Но этим предложение Федор Константинович не воспользовался. Он предпочел Павлодар, где ждала его все эти годы семья.

Начиная с июня 1946 года вся трудовая деятельность Федора Константиновича Бойко проходит в Павлодаре.

17 июня 1946 года он был принят старшим инженером электроцеха завода «Октябрь», а уже через полмесяца назначен главным энергетиком завода и как коммунисту (в партию вступил на фронте в 1943 году) партийные органы ставят ему задачу запустить электростанцию завода, оборудование которой эвакуировано было в 1941 году с Полтавской прядильной фабрики и до сих пор не могли запустить электростанцию: во-первых не было специалистов, а также потому, что при отправке

оборудования, что-то забыли погрузить в эшелон, а что-то не успели, так как спешили отправить оборудование в тыл.

Поставленную задачу надо было выполнять да еще в условиях тотального надзора за всеми действиями со стороны КГБ.

Задача была выполнена. Это потребовало невероятных усилий и неординарных решений.

Пуск электростанции завода «Октябрь» мощностью 1500 кВт положил начало электростанции Павлодара и области.

26 октября 1948 года Федора Константиновича назначают главным инженером завода. А первого июля 1950 года Федор Константинович переходит на работу в строительно-монтажное предприятие «Казсельэлектро» главным инженером, где вплотную занимается вопросами электрификации, одновременно преподает физику в школе рабочей молодежи, электротехнику и теплотехнику в молтехникуме.

С 1 января 1951 года по апрель 1962 года был избран в состав горкома, затем обкома партии.

В 1953 году Федор Константинович поступает в аспирантуру при ВИЭСХ (Всесоюзном ордена Ленина институте электрификации сельского хозяйства). Научным руководителем утвержден д.т.н., профессор Л. Е. Эбин.

Занимаясь разработкой проектов электрификации области Федор Константинович сталкивается с отсутствием отраслевых технически обоснованных методик определения электрических нагрузок как в Союзе, так и за рубежом.

Его увлекли вопросы формирования суммарных графиков электрических нагрузок.

По результатам, проведенных им исследований в 1958-1960 гг. были опубликованы ряд работ в журналах республиканского и союзного значения. Они были замечены в научных кругах и Федора Константиновича вводят в состав комиссии по электрическим нагрузкам секции ЭПП ЦЕНТОЭ и ЭП в составе которой он принимает участие, в разработке «руководящих, указаний по расчету электрических нагрузок промышленных предприятий». В эти годы, а это порядок шести лет Федор Константинович вплотную работает над кандидатской диссертацией и после ее рассмотрения, доработки, устранения всех замечаний она была принята к защите диссертационным советом Челябинского института механизации и электрификации и сельского хозяйства.

Диссертация защищена и в марте 1963 года Федору Константиновичу была присвоена степень кандидата технических наук, а в ноябре 1963 года – он утвержден ВАКом в ученом звании доцента.

В 1962 году он переходит на работу в ПИИ.

В 60-е годы Федор Константинович вплотную занимается проблемами оптимизации режимов работы электроприёмников внутривзаводских электрических сетей. Выходит ряд его работ (порядка 30) опубликованных в республиканских и центральных изданиях, издается книга «Автоматизированный контроль использования электроприёмников и параметров потребляемой энергии на основе показаний счетчиков электроэнергии».

Методика экспонируется на ВДНХ СССР в 1968-1969 гг. и была отмечена бронзовой медалью.

Данная книга легла в основу монографии докторской диссертации.

Диссертацию приняли в Московском энергетическом институте, но потребовалось более десяти лет для доработки, в течении которых Федор Константинович прошёл множество заслушиваний по теме диссертации, трудные предзащиты и две защиты (в 1973 и 1979 гг.), прежде чем ВАК утвердил диссертацию. Тема докторской диссертации – «Исследование режимов потребления электроэнергии в промышленности и оптимизация систем промышленного электроснабжения».

С начала 80-х годов прошлого столетия Федор Константинович и до конца жизни занимается исследованием в области токов сложной формы, натолкнувшись, при проведении занятий, лабораторных по электролизу со студентами, с фактом, когда на разных стендах получались разные результаты.

Неизменный помощник, соратник и соавтор всех работ в этой области (около 60 печатных работ и 11 авторских свидетельств) и продолжатель его дела – Птицына Е. В. ныне д.т.н., профессор.

Всего Федор Константинович является автором более 200 научных работ, 10 монографий, 14 авторских свидетельств на изобретения, 3-х сборников. Под его руководством подготовлено и защищено 4 докторских и 23 кандидатских диссертаций.

Ещё в 1943 году, когда шла война, Федором Константиновичем был изобретен, сконструирован и прошел испытания прибор, устанавливаемый на вальцевых станках и позволяющий регулировать помол соли по крупности зерен и не допускающий перекоса в установке вальцевых станков.

Прибор был одобрен руководством Бассоли, и в Наркоме пищевой промышленности, но запатентован другим (работником Наркомата). Война все спешет.

И так бывает.

Творческий подход в любом деле были неизменным правилом Федора Константиновича.

Результаты научных разработок Федора Константиновича внедрялись на предприятиях машиностроения, химии, металлургии не только Казахстана, но и России.

Большой вклад внёс Федор Константинович в развитие кафедры ЭПП и института. О достигнутых результатах много можно говорить. Подтверждением этому являются награды.

Трудовые достижения отмечены: двумя орденами – «Знак Почета» и «Дружбы народов»; 5-ю медалями, 5-ю нагрудными знаками и множеством почетных грамот и благодарностей.

Что касается боевых заслуг, что они отмечены: орденом «Великой отечественной войны второй степени», 12-тью медалями, почетной грамотой (1945 г.) – «За образцовое выполнение служебных заданий по охране государственной границы СССР и активное участие в работе комсомольской организации».

Таковы основные этапы жизни Федора Константиновича Бойко и его достижения.

ОДНА СТРАНИЧКА ИЗ ЖИЗНИ АКАДЕМИКА

КРУТОУС С. Ф.

Уважаемые коллеги!

Мы сегодня собрались, чтобы вспомнить и почтить память знаменитого гражданина земли Павлодарской – Бойко Федора Константиновича.

Обладатель высших научных званий и орденосеец родился на этой земле и всю свою жизнь посвятил служению науке и подготовке молодых ученых и специалистов, развитию современной энергетики.

Он прошел путь от студента соляного техникума и солдата до академика, профессора, доктора технических наук и ректора Павлодарского индустриального института, где в полной мере раскрылся его талант ученого, организатора науки и педагога.

Растущие производственные мощности Павлодарского региона требовали квалифицированных специалистов в энергетике, машиностроении, строительстве. И он, будучи ректором, развивал и укрепил кафедры, расширял факультеты, чтобы увеличить выпуск молодых инженеров в соответствии с требованием времени.

Будучи ректором, Федор Константинович возглавлял кафедру «Электроснабжение промышленных предприятий», где под его руководством собрался коллектив единомышленников – молодых ученых и специалистов, которые с присущим тому времени энтузиазмом, занимались научной работой и обучением студентов, старались добиться высоким знаний у будущих инженеров, развивали их умение работать высокопрофессионально, с научным подходом. Все это характеризует его профессиональную и организаторскую деятельность как ученого, крупного руководителя и человека.

Но Федор Константинович Бойко обладал еще одним незаурядным качеством, он умел отдыхать и увлекать за собой других, при этом всегда оставаясь в тени, и радовался как это все хорошо получилось и его сотрудники после трудовых недель имеют возможность отдохнуть на степных просторах Иртыша.

Я в конце 70-ых годов работал ассистентом на кафедре ЭПП и отвечал за профсоюзный сектор. Когда приближался очередной праздник или подходящие выходные, Федор Константинович приглашал меня к себе и ставил задачу по организации выезда кафедры на природу. При этом он вникал во все детали предстоящей поездки, от выбора места отдыха, транспорта и до детализации меню. Дело в

том, что мужская половина кафедры имела одинаковое хобби – охота и рыбалка, по этому, в сезон у них всегда хорошая уха или охотничий шулом из дикой косули или барана. Выезжали мы всегда семьями, так что коллектив получался большой, но, ни кто не оставался без миски ухи или шулома, и конечно шашлыка. Федор Константинович за этим строго следил и сам был на раздаче. Он был заядлый волейболист и мы разбивались на две команды играли в волейбол и футбол, купались, загорали. Вечером, мы порядком уставшие, но довольные и веселые, рассаживались в автобусе и с песнями возвращались домой.

А завтра – снова институт, работа, учеба. И так до следующего раза.

Федор Константинович строго придерживался правила работе – время, потехе – час.

Вот еще одна страничка из жизни нашего академика.

РЕКТОР-СОЗИДАТЕЛЬ

ТОКТАГАНОВ Т. Т.

к.т.н., профессор, почетный декан Факультета металлургии,
машиностроения и транспорта, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Осенью 2020 года будет 60-летний юбилей нашего университета. 20 сентября 1960 года постановлением Совета Министров СССР и Казахской ССР было принято решение об открытии Павлодарского Индустриального Института (ПИИ). Одним из первых проректоров по учебной и научной работе ПИИ был Бойко Федор Константинович. После открытия Павлодарского Педагогического Института он перешел доцентом, заведующим кафедрой теоретической физики и общетехнических дисциплин педагогического института.

С осени 1976 года Федор Константинович стал ректором индустриального института. С приходом Ф. К. Бойко началось активное развитие материальной базы института, под его руководством были завершены основные строительные работы главного учебного корпуса, началось строительство новых общежитий с улучшенными бытовыми условиями и планировкой. Активизировалась научно-исследовательская работа, было создано Студенческое Научное Общество (СНО). На машиностроительном факультете было открыто студенческое конструкторское бюро (СКБ). Результаты научно-исследовательских работ начали активно внедряться в производство. Например, результаты исследований, проведенных на базе машиностроительного факультета, были внедрены на Павлодарском тракторном и Алтайском моторном заводах, а разработки СКБ были внедрены в колхозе К. Маркса (ныне Галицкое), на асфальтном заводе и в автобазе Спецмашин города Павлодара. В 1979 году в институте, первым среди вузов Казахстана, был открыт студенческий санаторий-профилакторий. Этот профилакторий по уровню оказываемых услуг был одним из лучших в городе. С 1980 года наш институт перешел на односменный режим работы. В этом же году в институте на машиностроительном факультете была открыта отраслевая научно-исследовательская лаборатория «Исследования трансмиссий промышленных тракторов» со штатом 15 человек и годовым объемом финансирования более 500 тысяч рублей в год.

По инициативе ректора Бойко Ф. К. институт начал строительство лабораторного 8-этажного учебного корпуса по ул. Назарбаева. Этот учебный корпус был построен, полностью были завершены общие строительные работы, были проведены инженерные коммуникации,

оставалось только завершить внутреннюю отделочную работу. Однако, по инициативе ректора Фрезоргера А. Д., корпус был разобран и продан. На этом месте сейчас находится торговый дом Рубин.

Мое близкое знакомство и тесный деловой контакт с Федором Константиновичем начались с избранием меня секретарем парткома института в 1983 году. За год работы мы с Федором Константиновичем близко сдружились. Этому в определенной степени поспособствовала обстановка, которая сложилась в институте. Появилась группа лиц, которые писали жалобы на разные инстанции. В связи с этим, парткома рассматривали на заседаниях бюро райкома, горкома и обкома. Я за месяц работы секретарем парткома прошел все ступени партийной власти области. Ректор или проректор, сопровождали меня. Он все время меня успокаивал, говорил, что правда восторжествует и что для этого нужно время. Он также поддерживал меня, говоря, что моей вины в этих делах нет и что я просто оказался не в то время и не в том месте. Мы с ним ездили в коллегию МВ и ССО КазССР. Я там был на «скамье запасных». В конечном итоге, мы с ним все эти нервные трепки успешно преодолели и выдержали.

Участвуя во всех этих заседаниях и находясь рядом с Федором Константиновичем, я многому у него научился. Он всегда был сдержанный, принципиальный, никогда не прятался за спинами кого-либо, не подставлял своих проректоров, хотя один из них был среди жалобщиков. Когда я узнал об этом, я хотел помирить их, но Федор Константинович отказался от моих предложений. Он сказал, что в руководстве такого учреждения, как наше, должны работать порядочные, честные и принципиальные люди, поэтому этот человек должен уйти с должности. Этому проректора освободили, а Федор Константинович сам ушел с должности ректора, считая, что он допустил ошибку при подборе кадров.

Федор Константинович очень активно занимался улучшением бытовых условий ППС и сотрудников. Был построен и сдан в эксплуатацию 9-этажный жилой дом, строились 9 и 7-этажные общежития для студентов. 7-этажное общежитие строилось для молодых преподавателей, аспирантов и семейных студентов.

С целью обеспечения финансирования этихстроек, мы с ним «оббивали пороги» многих вышестоящих кабинетов. К сожалению, то, что было создано его усилиями, не смогли удержать. В девяностых годах институт потерял 5 учебных корпусов и 5 общежитий.

При Федоре Константиновиче все заседания ректората и ученого совета проходили по-деловому, конкретно и коротко. Заседания

ректората проводились в течении 30 минут, а заседания совета не более 1,5 часа. На работу он приходил вовремя к 9:00, а уходил в 17:00, и этого требовал от своих подчиненных.

Федор Константинович после ухода с должности ректора активно занимался научной работой. Его идея уменьшения потери электроэнергии за счет резонансных явлений считается актуальной задачей. Я думаю, что эту идею Федора Константиновича доведут до реального воплощения в жизнь его ученики.

1 Секция. Электр энергетикасындағы өзекті мәселелер және олардың шешу жолдары

1 Секция. Актуальные проблемы в электроэнергетике и пути их решения

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ РАБОТЫ ВИРТУАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ В КАЗАХСТАНЕ

БАЛТАБЕКОВА С. Д.

**магистрант, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан**

АУЕЛЬБЕК М. А.

**к.т.н., ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан**

Развитие альтернативных источников и малых систем генерации привело к возникновению большого числа независимых производителей электроэнергии. При этом большие изменения претерпели и потребители электроэнергии. Для того, чтобы управлять энергосистемой в новых реалиях, нужны новые принципы регулирования генерации и потребления, основанные на использовании цифровых технологий. Именно так и появился термин «цифровая энергетика». Но, помимо повышения эффективности использования разнообразных способов генерации электроэнергии, цифровые технологии позволяют реализовать в энергосистеме и принципиально новые функции.

Главным отличием цифровой энергетики от аналоговой является то, что обеспечение баланса мощности осуществляется не только с помощью изменения генерации нескольких крупных электростанций, а путем управления как генерацией, включая малую, так и нагрузкой в реальном времени.

Мелкие производители электроэнергии не имеют возможности строить отдельные сети для доставки электричества потребителям, так что они поставляют излишки электричества в энергосистему своей страны или своего региона. С другой стороны, большинство потребителей также подключены к этой энергосистеме, имеющей естественным образом монопольное положение на рынке.

Обеспечить конкуренцию и возможность выбора для потребителя позволяет виртуальная электростанция (ВиртЭС). Она представляет собой компьютерную систему, управляющую генерацией и потреблением у подключенных к ней субъектов рынка

электроэнергетики, обеспечивая внутри сообщества баланс мощности. Одним из первых, эта концепция активно продвигалась на рынок компанией Siemens, разработавшей систему, на базе которой можно создавать виртуальные электростанции.

На бытовом уровне мы воспринимаем электростанцию как некоторое предприятие, вырабатывающее электричество. Но, с точки зрения электроэнергетики, электростанция – это всего лишь средство, с помощью которого обеспечивается баланс мощности в энергосистеме. Наиболее распространенный случай поддержания такого баланса – генерация с управляемыми параметрами, что и делает обычная электростанция. Но баланс может быть достигнут и путём управления потреблением электроэнергии. Цифровая энергетика сделала возможным создание виртуальных электростанций, не производящих электроэнергию, а только управляющих энергопотреблением.

Такая электростанция, например, действует в Финляндии. Компания Fortum Corporation объединила в нее 70 частных домохозяйств, в которых горячая вода и тепло обеспечиваются электрическими котлами. Когда в энергосистеме наблюдается дефицит мощности, температура воды в котлах немного уменьшается, но при этом не падает ниже установленных в стране норм [1].

Нам известно, что с годами человечество наращивает потребление и производство электроэнергии, уделяя особое внимание возобновляемым или «зелёным» источникам. Согласно данным исследовательской компании REN21, в 2017 году доля возобновляемых источников энергии в мировом производстве составила 10,4%. Причём в передовых странах эта доля выше: страны Европейского Союза в 2017 году получали 17,5% энергии из возобновляемых источников, а цель на 2020-й год – 20%. По мере увеличения доли ВИЭ в выработке увеличивается и значимость связанных с ними проблем [2]. Так, что это за проблемы, как их решают виртуальные электростанции и что вообще это такое?

Наше будущее неизбежно связано с альтернативной энергетикой, а для самых продвинутых стран и отдельных отраслей в них это и вовсе уже настоящее. Так, Нидерландские железные дороги с 2017 года ездят исключительно на электричестве от ветряков. И перевозят таким образом порядка 320 млн пассажиров в год, что в 18,5 раз больше, чем всё население страны. Другой пример – Норвегия: более 97,8% энергии, производящейся в этой стране, вырабатывается альтернативными источниками.

То есть вроде бы всё здорово, но свои сложности всё-таки есть: при всех своих преимуществах альтернативная энергетика не может

обеспечить постоянный уровень производства электричества. Иногда электричества меньше, чем нужно потребителям электросети. Иногда – наоборот, и это тоже проблема, так как излишки электричества нужно куда-то девать. Солнечные батареи работают только днём, их КПД зависит от времени года и погодных условий. Ветряные фермы зависят не только от наличия ветра, но и, к примеру, прекращают работу на время сезонного перелёта птиц. Приливные электростанции и вовсе работают по несколько часов в день, во время приливов и отливов. В этом и заключается главная проблема и главное отличие от атомных и тепловых электростанций. И чем больше выработки приходится на «зелёные» источники, тем выше важность этих проблем. Также возобновляемые источники энергии часто находятся далеко друг от друга, что требует более сложной инфраструктуры, чем в случае централизованного производства сравнимого объёма энергии. И тут возникает вопрос, а что с этим делать?

Для решения этих проблем придумали виртуальные электростанции, они же VPP – Virtual Power Plants (англ.). Так называют программно-аппаратные комплексы, которые позволяют управлять огромным количеством разрозненных установок генерации энергии, будто это одна электростанция. Программное обеспечение, созданное с использованием технологий машинного обучения, распределяет электричество между потребителями, а также резервирует излишки, используя их для компенсации суточных спадов. И тут особенно важны внедрённые в код элементы самообучаемого искусственного интеллекта, которые учатся прогнозировать спады производства и пики потребления, оптимизируя движение энергии внутри системы [2].

Если объяснить проще, виртуальная электростанция – это биржа продавцов и покупателей электроэнергии, которая уравнивает спрос и предложение энергии. В результате все потребители электричества пользуются «зелёной» энергией так, как если бы она была сгенерирована классической АЭС или ТЭЦ. То есть электричество в сети есть всегда и напряжение в сети постоянное. А производители энергии гарантированно продают произведённое.

Виртуальная электростанция – всегда индивидуальный проект, поскольку структура возобновляемых источников энергии и их потребителей всегда уникальна и зависит от географических и демографических особенностей региона. Однако в любой ВиртЭС есть следующие элементы:

- источники энергии (возобновляемые и традиционные),
- потребители электричества (бизнес и население),

- система накопления энергии (аккумуляторы),
- датчики для сбора информации и управления работой потребителей,

- программное обеспечение, управляющее работой энергосети [2].

Виртуальная электростанция может объединять (соединять) ресурсы нескольких источников: мелких генераторов, объектов распределенной генерации, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), потребителей и т.п. ВиртЭС может выступать балансирующим механизмом всей энергетической системы – например, регулировать непостоянную выработку возобновляемых источников энергии и пиковые нагрузки. Она также может быть инструментом регулирования взаимоотношений с клиентами, а также инструментом маркетинга и рекламы для отдельного игрока рынка. Например, энергосбытовой компании, которая с помощью ВиртЭС может гарантировать своим клиентам бесперебойную поставку, более точный биллинг и низкие цены.

Принцип работы ВиртЭС заключается в том, что система собирает множество информации о доступных мощностях от генерации, спросе настоящем и прогнозируемом, возможностях разгрузки/гибкой мощности потребителей, желаемом графике нагрузки системы (обычно исходящем от Системного оператора). Вся собранная информация обрабатывается в режиме времени, близком к реальному. ВиртЭС обладает информацией о наиболее эффективном производителе и /или потребителе на данном промежутке времени, учитывая настоящую ситуацию на рынке, прогноз погоды, который важен для объектов ВИЭ [3].

В энергосистемах, где электричество вырабатывается солнечными и ветряными электростанциями и распределение энергии осуществляется без использования виртуальных электростанций, приходится резервировать энергию, и не менее 13-15% выработанной и зарезервированной энергии в норме не используется. В результате выработка электричества оказывается менее выгодной. В системах с виртуальными электростанциями количество ненужных резервов намного меньше. В идеале оно вообще должно стремиться к нулю.

Также программные алгоритмы ВиртЭС позволяют снизить потребление энергии в системе за счёт минимизации потерь при передаче энергии. Так, с их помощью можно регулировать отопление зимой и кондиционеры летом, экономя энергию при достижении заданных температур. А можно привязать вентиляцию здания к количеству человек внутри, заставив её функционировать на максимум только в рабочие часы.

Перспективность рынка виртуальных электростанций видна по финансовым вложениям. Согласно отчету Markets and Markets, в 2016 году мировой рынок ВиртЭС составлял 193,4 млн. долларов США, а прогноз до 2021 года составляет 709 млн. долларов США. В абсолютном выражении это все еще немного, но динамика вполне однозначная, и далее, когда технологии обкатаются, а интернет вещей получит дальнейшее развитие, нас ждёт рывок [2].

Для Республики Казахстан успешному внедрению виртуальных электростанций способствует следующее:

1. Рост доли ВИЭ в структуре генерирующих мощностей. Согласно Концепции по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», утвержденной Указом Президента Республики Казахстан от 30.05.2013 года №577, доля альтернативных источников (солнечные электростанции, ветряные электростанции, гидроэлектростанции, атомные электростанции) в выработке электроэнергии к 2050 году должна составлять 50%.

2. Относительно большая территория, в разных областях которой возможны различные погодные условия (скорость ветра, интенсивность солнечной радиации), что позволяет обеспечить некоторый уровень стабильности генерации ВИЭ.

3. Запуск в ближайшей перспективе в режиме реальных расчетов балансирующего рынка электрической энергии, что создает экономический базис для внедрения ВиртЭС.

4. Протяженные транзиты (порядка 1000 км), по которым передаются значительные объемы электроэнергии от крупных электростанций Павлодарской области в южном и западном направлениях. Снижение объемов передачи электроэнергии по этим транзитам с помощью ВиртЭС позволит уменьшить потери электроэнергии в национальной электрической сети.

Учитывая вышеизложенное, перспективы успешного внедрения виртуальных электростанций в Республике Казахстан имеются.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 <https://www.elec.ru/articles/cifrovaya-energetika-i-virtualnye-elektrostantsii/>.
- 2 <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/451950/>.
- 3 <https://www.eprussia.ru/epr/244/15964.htm>.

УПРАВЛЯЕМАЯ КОМПЕНСАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ДАЛЬНЕЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

АХМЕТБАЕВ Д. С.

д.т.н, профессор, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан

КАУСЫЛОВ А. С., ҮСІПБЕКОВ Н. Ә.,
ЕРБОЛҚЫЗЫ Г.

магистранты, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Нур-Султан

Введение

Разработка алгоритмов управления режимами электропередачи ультравысокого напряжения непосредственно связана с исследованиями линии с распределенными параметрами. Электромагнитное явление происходящее в линии характеризуются волновым сопротивлением и волновой длиной, которые определяются решением дифференциального уравнения второго порядка, составленного для ее элементарного участка. При этом можно пренебречь активным сопротивлением и активной проводимостью, что упрощает математическое описание длинной линии электропередачи, который имеет вид [1]:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \cos \lambda + jI_2 Z_\lambda \sin \lambda \\ \dot{I}_1 &= j \frac{\dot{U}_2}{Z_\lambda} \sin \lambda + I_2 \cos \lambda \end{aligned} \quad (1)$$

где, $Z_\lambda = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$ - волновое сопротивление,

$\lambda = \omega \sqrt{L_0 C_0} l$ - волновая длина линии,

l - длина линии.

В работе рассматривается реальная электропередача Экибастуз-Челябинск с общей длиной линии около 1000 км, с промежуточными отборами мощности, которая моделировалась цепочечной схемой с длиной участков по 100 км с погонными параметрами:

$$\begin{aligned} r_0 &= 1,0109 \text{ Ом/км,} \\ x_0 &= 0,259 \text{ Ом/км,} \\ b_0 &= 4,46 \text{ мкСм/км.} \end{aligned}$$

В качестве иллюстрации закономерностей изменений реактивной мощности и напряжения по линии, рассмотрен участок линии Экибастуз – Кокчетав. В режиме натуральной мощности векторы тока и напряжения вдоль всей линии остаются постоянными по модулю. Изменение вектора напряжения по фазе вызывается падениями напряжения в элементах индуктивности, которые опережают на 90° вектора тока в данной точке линии. Для модуля вектора падения напряжения на воздушных линиях переменного тока с частотой 50 Гц, справедливо выражение [2]:

$$\Delta U_L \approx 0,001 \cdot l \cdot U \quad (2)$$

Следовательно, индуктивное падение напряжения на участке Экибастуз – Кокчетав, с длиной воздушной линии 494,26 км, работающей на напряжении 500 кВ составляет 247,13 кВ.

В режиме натуральной мощности вектор тока в линии по величине остается постоянным, а по фазе изменяется под действием емкостного тока на тот же угол, что и вектор напряжения. Емкостный ток линии равен:

$$I_C \approx \omega C_0 \cdot l \cdot U \quad (3)$$

который преобразуется для воздушных линий переменного тока с частотой 50 Гц и запишется в виде [2,3]:

$$I_C = 0,001 \cdot l \cdot I,$$

где, I - ток линии в режиме натуральной мощности.

Отсюда и видно, что емкостный ток линии длиной около 500 км равен половине нагрузочного тока линии.

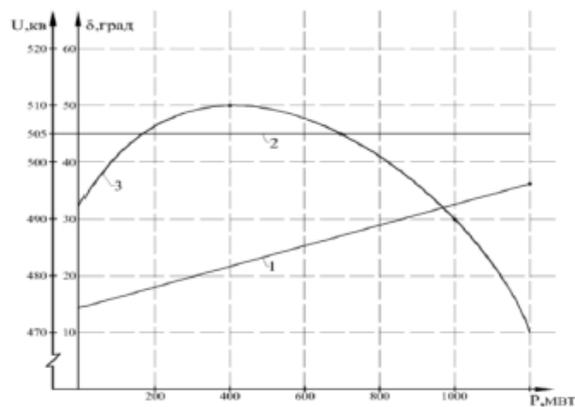
При передаче по линии натуральной мощности, несмотря на то, что емкостный ток и индуктивное падение напряжения в линии достаточно велики, затруднений в работе не наблюдается [3,4]. Векторы тока и напряжения начала линии опережают соответствующие векторы на угол λ .

Потери реактивной мощности в индуктивности полностью компенсируются генерируемой линией реактивной мощностью.

В режиме выше натуральной мощности в линии наблюдается дефицит реактивной мощности, что сопровождается снижением уровня напряжения вдоль линии. Если нагрузка линии меньше

натуральной, то напряжение конца линии возрастает [4,5]. Крайним случаем режима меньше натуральной мощности является режим без нагрузки, т.е. режим холостого хода, где наблюдается эффект Ферранти. В этом случае наблюдается избыток реактивной мощности, вырабатываемой емкостями линии, которая направлена с конца линии в систему, что приводит к значительному повышению напряжения конца линии. Такое возрастание грозит изоляции, и приходится прибегать к специальным мерам для снижения напряжения, например, устанавливать реакторы [4,5].

Были рассмотрены установившиеся режимы ОЭС РК при одностороннем включении ЛЭП Экибастуз –Кокчетав на 500 кВ при различном составе шунтирующих реакторов и найдены режимы ОЭС РК по условиям включения ЛЭП Экибастуз –Кокчетав на параллельную работу. Без шунтирующих реакторов включение ЛЭП на параллельную работу невозможно. При полной схеме соединений межсистемных связей ОЭС Северного Казахстана величина взаимного угла между векторами напряжений в месте включения ЛЭП Экибастуз –Кокчетав на параллельную работу не превышает 35° . На рис.1 показаны изменения взаимного угла, модулей напряжений в месте включения линии на параллельную работу, в зависимости от перетоков мощности ЛЭП 500 кВ Экибастуз -Целиноград.



1 – δ_{24-175} ; 2 – U_{24} ; 3 – U_{174} .

Рисунок 1 - Величина взаимного угла между векторами напряжений

Эти зависимости получены методом утяжеления начального режима генерации ЭкГРЭС и дают ясное представление о возможных

режимах включения на параллельную работу. Во всем диапазоне изменения перетока мощности до 1000 МВт модуль взаимного угла изменяется незначительно. Включение этой линии при перетоке выше 1000 МВт не целесообразно т.к. разность модулей напряжения в контролируемых точках значительно возрастает. На рис 1.3 даны рекомендуемые карты режимов части ОЭС, обеспечивающие наиболее благоприятные условия включения ЛЭП на параллельную работу со стороны Кокчетав. В целом, ЛЭП 1150 кВ Экибастуз-Челябинск имеет три промежуточных пункта, где предусматриваются компенсация реактивной мощности.

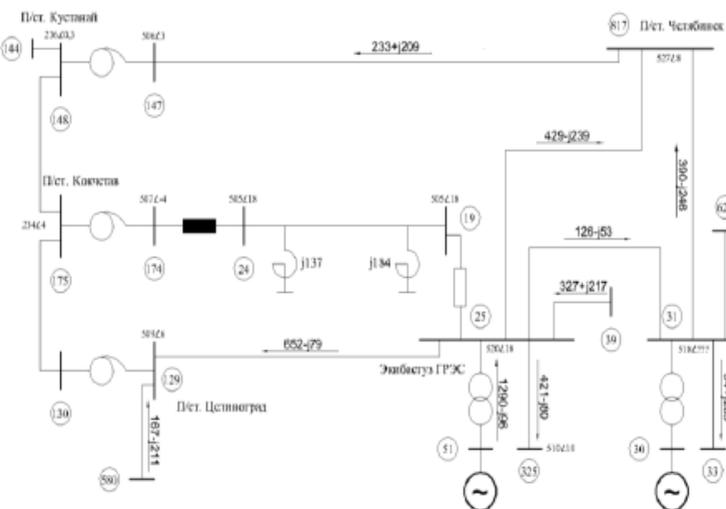


Рисунок 1.3 – Карта режимов части ОЭС при включении ЛЭП Экибастуз – Кокчетав (со стороны Кокчетав)

1. Компенсация параметров дальних электропередач

1.1 О необходимости компенсации параметров длинной линии.

К технически работоспособным линиям относятся короткие линии, или в общем случае, линии кратные полуволновой. С целью обеспечения устойчивости и пропускной способности электропередач, отличных от естественных, искусственно изменяют их параметров в ту или иную сторону с помощью компенсации. Под продольной компенсацией понимается изменение индуктивности линии, по поперечной ее емкости [6]. Волновое сопротивление и волновая длина линии, имеющей продольную компенсацию (Рис.3) определяется в виде:

$$Z_{\lambda} = \sqrt{\frac{L_0 + \Delta L}{C_0}} = Z_{\lambda_0} \sqrt{1 + \frac{\Delta L}{L_0}}, \quad (4)$$

$$\lambda = \omega l_0 \cdot \sum \sqrt{(L_0 + \Delta L)C_0} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta L}{L_0}}, \quad (5)$$

где L_0, C_0 - индуктивность и емкость единицы длины исходной линии;
 ΔL - компенсационная добавка продольной индуктивности;
 Z_0, λ_0 - волновое сопротивление и волновая длина исходной линии;
 Z, λ - волновое сопротивление и волновая длина компенсированной линии.

Из формулы (5) видно, что продольная индуктивная компенсация увеличивает естественную индуктивность линии и увеличивает ее волновую длину. Возрастает волновое сопротивление, что ведет к снижению натуральной мощности электропередачи :

$$P = \frac{U^2}{Z_{\lambda}} = \frac{U^2}{Z_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta L}{L_0}}} = \frac{P_0}{\sqrt{1 + \frac{\Delta L}{L_0}}} \quad (6)$$

Использование емкостной поперечной компенсации увеличивает волновую длину и одновременно ее пропускную способность.

$$\lambda = \omega l_0 \cdot \sqrt{((C_0) + \Delta C)L_0} = \omega l_0 \cdot \sqrt{L_0 C_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{\Delta C}{C_0}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta C}{C_0}}, \quad (7)$$

$$P = \frac{U^2}{Z_{\lambda}} = \frac{U^2}{Z_{\lambda_0}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\Delta C}{C_0}} = P_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta C}{C_0}}. \quad (8)$$

Поперечная индуктивная компенсация уменьшает волновую длину и ее пропускную способность. Таким образом, совместно используя продольную и поперечную компенсацию можно придать любые наперед заданные технические свойства для исходной линии [7].

2. Применение управляемых шунтирующих реакторов

Рассмотрим вопрос о необходимости шунтирующих реакторов с позиции теории компенсации. Для того чтобы линия имела по всей длине свое номинальное напряжение, она должна находиться в эквивалентном режиме натуральной мощности. Такой режим может

быть обеспечен на основе поперечной компенсации. Действительно, согласно выражению (8) имеем:

$$\frac{\Delta C}{C_0} = \frac{P^2}{P_0^2} - 1, \quad (9)$$

где, P - текущее значение передаваемой мощности.

Величина компенсационной добавки, обеспечивающая эквивалентный натуральный режим для заданной передаваемой активной мощности должна быть равна

$$\Delta C = C_0 \left(\frac{P^2}{P_0^2} - 1 \right). \quad (10)$$

Из этого выражения следует, что компенсация должна быть регулируемой. При холостом ходе величина компенсации равна

$$\Delta C = -C_0, \quad (11)$$

т.е. поперечная компенсация должна быть индуктивной и полностью компенсировать емкость линии. Следовательно, индуктивная реактивная мощность должна равняться зарядной мощности линии:

$$Q_L = Q_C = \omega l_0 C_0 U^2 = \omega l_0 \sqrt{L_0 C_0} \cdot \sqrt{C_0} U^2 = \lambda_0 \frac{U^2}{Z_{\lambda_0}} = \lambda_0 P_0, \quad (12)$$

где Q_L - реактивная мощность индуктивной поперечной компенсации.

По мере увеличения передаваемой мощности в линии мощность индуктивной компенсации изменяется по закону:

$$Q_C = \omega l_0 C_0 \left(\frac{P^2}{P_0^2} - 1 \right) \cdot U^2 = \lambda_0 P_0 \left(\frac{P^2}{P_0^2} - 1 \right) \quad (13)$$

При передаче натуральной мощности реактивная мощность поперечной компенсации становится равной нулю (Рис. 4).

Из формулы (7) видно, что поперечная компенсация сопровождается с изменением волновой длины линии, которая может быть записана в виде:

$$\lambda = \omega l_0 \cdot \sqrt{(C_0 + \Delta C)L_0} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{\Delta C}{C_0}} = \lambda_0 \frac{P}{P_0}. \quad (14)$$

Отсюда видно, что в режиме холостого хода, когда $P=0$, эквивалентная волновая равна нулю. По мере увеличения передаваемой

мощности она линейно возрастает и в режиме натуральной мощности ($P=P_0$) становится равной волновой длине линии (Рис. 3).

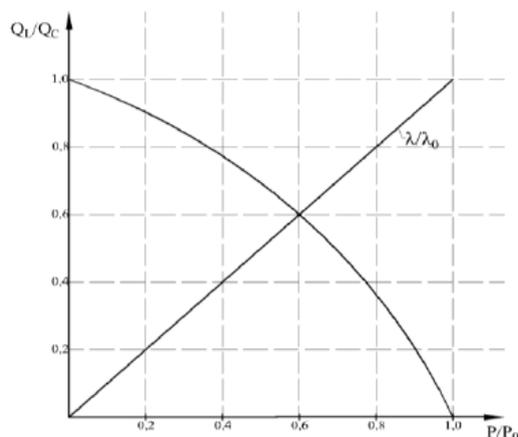


Рисунок 3 – График управляемых шунтирующих реакторов.

Выводы

1. Полученные выводы могут быть использованы для произвольной длины физической линии.
2. Предложенные достаточно простые выражения позволяют проанализировать процессы, происходящие в длинной линии электропередачи.
3. Применение управляемых шунтирующих реакторов может повысить эффективность эксплуатационных режимов существующей электропередачи.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Веников В.А. Дальние электропередачи. М.: Госэнергоиздат, 1960. - 312 с.
- 2 Электрические системы. Т.3. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения/Под ред. В.А. Веникова. М.: Высшая школа, 1972. - 368 с.
- 3 Веников В.А., Рыжов Ю.П. Дальние электропередачи переменного и постоянного тока. М.: Госэнергоатомиздат, 1985. - 272 с.
- 4 В.А. Веников, И.П. Сиуда Расчеты режимов дальних электропередач переменного тока. М.: Высшая школа, 1965. 144 с.

5 Щербаков В.К., Воробьев Г.В. Последовательно – параллельная схема связи промежуточных энергосистем с дальними передачами. Новосибирск: НТОЭП, 1963. 50 с.

6 Щербаков В.К Передача электроэнергии на рассточнич 1500-3000 км. Новосибирск: Сибирское отделение АН СССР, 1963. 170 с.

7 Г.В. Воробьев, Т.В. Заславская, А.Х. Калюжный, Э.С. Лукашов и др. Технические и экономические характеристики настроенных электропередач / Под ред. Щербакова. Новосибирск: Наука, 1965. - 68 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛА НАГРУЗКИ

АХМЕТБАЕВ Д. С.

д.т.н., профессор, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

РАХМАНОВА Г. А., УСИПБЕКОВ Н. Ә.,
БАЙМУХАНОВА Т. А.

магистранты, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

Введение

В теоретической электротехнике особое внимание уделяется к двухполосникам, так как общая задача анализа часто сводится к определению тока или напряжения какой-либо одной ветви сложной схемы электрической цепи. Относительно выделенной ветви, вся остальная часть схемы условно изображается в виде прямоугольника, называемой двухполосником.

Каждый потребитель электроэнергии относительно узла его присоединения может быть рассмотрен как двухполосник. Поэтому рассмотрение узла потребителей в виде двухполосника представляет как практический, так и теоретический интерес.

Входное сопротивление, как известно, определяется эквивалентным преобразованием исходной схемы и приведением ее к простейшему виду [1]. Сущность эквивалентного преобразования заключается в том, что токи и напряжения в элементах цепи не участвующих в преобразованиях до и после эквивалентирования должны оставаться неизменными. При этом изменяется геометрический образ преобразуемой части с схемы с соответствующими изменениями ее параметров.

Применение теории матричной алгебры [2] позволяет получить уравнение преобразованной эквивалентной схемы, которое может быть основой для составления геометрического образа и

определения параметров эквивалентной схемы. Следует отметить, что само преобразование матричного уравнения не встречает особых затруднений, а затруднения возникают при составлении эквивалентной схемы и определении ее параметров.

1. Применение коэффициентов токораспределения

Использование методика расчета узловых сопротивлений сложной схемы электрической сети энергосистемы, разработанной в [3,4], позволяет вычислить входное сопротивление двухполюсника без применения каких-либо способов преобразований схемы, по формуле:

$$Z = C^T Z_B C \quad (1)$$

Для обеспечения наглядности и простоты изложения рассмотрим различные схемы двухполюсника.

2. Последовательное соединение нагрузки

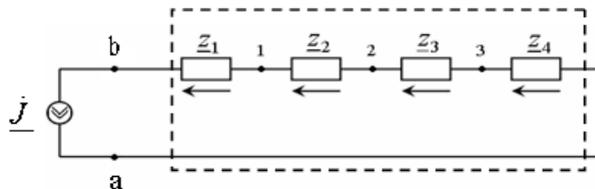


Рисунок 1 – Неразветвленная цепь

Для схемы с последовательно соединенными сопротивлениями, изображенной на рисунке 1 матрица C определяется непосредственно по схеме, и имеет вид [2,3].

$$C = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Выражение для системной функции сопротивления двухполюсника, определяемое по формуле (1), в развернутой форме запишется [5,6].

$$Z_{ex} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & z_1 & & \\ & z_2 & & \\ & & z_3 & \\ & & & z_4 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{vmatrix} = z_1 + z_2 + z_3 + z_4, \quad (2)$$

Как видно из формулы (2), результаты произведения матриц представлены в виде суммы сопротивлений ветвей, которые полностью совпадают с правилом эквивалентирования последовательной цепи.

3. Параллельное соединение нагрузки

Для схемы, изображенной на рисунке 2. матрица коэффициентов распределения

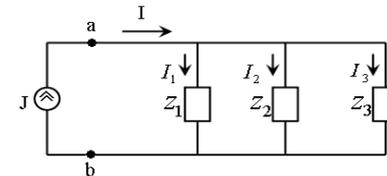


Рисунок 2 – Параллельная цепь

задающего тока определяется выражением: $C = \begin{vmatrix} z_1 z_{22} \\ z_{11} z_{22} - z_2^2 \\ z_1 z_{22} - z_1 z_2 \\ z_{11} z_{22} - z_2^2 \\ z_1 z_2 \\ z_{11} z_{22} - z_2^2 \end{vmatrix}$

где $z_{11} = z_1 + z_2, z_{22} = z_2 + z_3.$

Тогда, выражение для системной функции сопротивления, запишется в виде:

$$Z_{ex} = \begin{vmatrix} 1 - \frac{z_1 z_{22}}{z_{11} z_{22} - z_2^2} & \frac{z_1 z_{22} - z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} & \frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} \\ \frac{z_1 z_{22} - z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} & \frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} & \frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} \\ \frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} & \frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} & \frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2} \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{vmatrix} = Z_1 \left(1 - \frac{z_1 z_{22}}{z_{11} z_{22} - z_2^2}\right)^2 + Z_2 \left(\frac{z_1 z_{22} - z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2}\right)^2 + Z_3 \left(\frac{z_1 z_2}{z_{11} z_{22} - z_2^2}\right)^2 = \frac{z_1 z_2 z_3}{z_1 z_2 + z_1 z_3 + z_2 z_3}. \quad (3)$$

В результате умножения трех матриц получено выражение, для системной функции сопротивления, совпадающее с формулой определяемой эквивалентированием параллельной цепи.

4. Смешанное соединение нагрузки

Матрица коэффициентов токораспределения для схемы, изображенной на рисунке 3

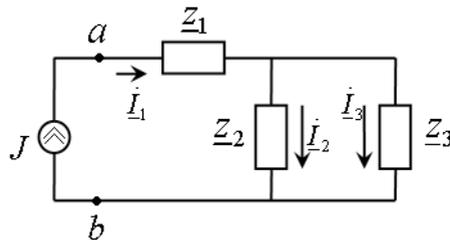


Рисунок 3 – Смешанное соединение цепи

имеет вид

$$C = \begin{vmatrix} 1 \\ \underline{z}_3 \\ \underline{z}_2 + \underline{z}_3 \\ \underline{z}_2 \\ \underline{z}_2 + \underline{z}_3 \end{vmatrix}.$$

В результате преобразования матричного уравнения, составленного для расчета системной функции сопротивления

$$Z_{ex} = \left| \begin{array}{cc} \underline{z}_3 & \underline{z}_2 \\ \underline{z}_2 + \underline{z}_3 & \underline{z}_2 + \underline{z}_3 \end{array} \right| * \begin{vmatrix} \underline{z}_1 \\ \underline{z}_2 \\ \underline{z}_3 \end{vmatrix} * \begin{vmatrix} 1 \\ \underline{z}_3 \\ \underline{z}_2 \\ \underline{z}_2 + \underline{z}_3 \end{vmatrix} = \underline{z}_1 + \frac{\underline{z}_2 \underline{z}_3}{\underline{z}_2 + \underline{z}_3}, \quad (4)$$

получено выражение, совпадающее с формулой, определяемой обычным преобразованием.

Таким образом, выше проведенные матричные преобразования уравнений системных функций сопротивления применительно к простейшим схемам, не требуют дополнительных доказательств.

5. Сложное соединение нагрузки

Системная функция сопротивления относительно зажимов (01) схемы изображенной на рисунке 4.

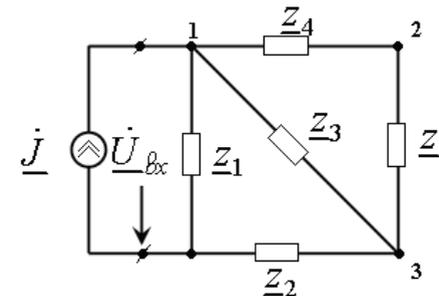


Рисунок 4 – Сложные соединения нагрузки

определяется согласно выше изложенной методике по формуле, которая в результате матричного преобразования имеет вид [6,7]

$$Z_{ex} = \left| \begin{array}{ccc} \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_{22}}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} - 1 & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_{22}}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 (\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \\ \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_{22}}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_{22}}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 (\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \\ \frac{\underline{z}_1 (\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 (\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 (\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \\ \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} & \frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \end{array} \right| * \begin{vmatrix} \underline{z}_1 \\ \underline{z}_2 \\ \underline{z}_3 \\ \underline{z}_4 \\ \underline{z}_5 \end{vmatrix} *$$

$$= Z_1 \left(\frac{\underline{z}_1 \underline{z}_{22}}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} - 1 \right)^2 + Z_2 \left(\frac{\underline{z}_1 \underline{z}_{22}}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \right)^2 + Z_3 \left(\frac{\underline{z}_1 (\underline{z}_4 + \underline{z}_5)}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \right)^2 + Z_4 \left(\frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \right)^2 + Z_5 \left(\frac{\underline{z}_1 \underline{z}_3}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2} \right)^2 =$$

$$= \frac{\underline{z}_1 [\underline{z}_{22} (\underline{z}_2 + \underline{z}_3) - \underline{z}_3^2]}{\underline{z}_{11} \underline{z}_{22} - \underline{z}_3^2}, \quad (5)$$

$$\text{где } C = \begin{pmatrix} \frac{z_1 z_{22}}{z_{11} z_{22} - z_3^2} - 1 \\ \frac{z_1 z_{22}}{z_{11} z_{22} - z_3^2} \\ \frac{z_1 (z_4 + z_5)}{z_{11} z_{22} - z_3^2} \\ \frac{z_1 z_3}{z_{11} z_{22} - z_3^2} \\ \frac{z_1 z_3}{z_{11} z_{22} - z_3^2} \\ \frac{z_1 z_3}{z_{11} z_{22} - z_3^2} \end{pmatrix} - \text{ столбцевая матрица комплексных}$$

коэффициентов токораспределения;

$$Z_{11} = Z_1 + Z_2 + Z_3, Z_{22} = Z_3 + Z_4 + Z_5 \text{ - контурные сопротивления.}$$

Справедливость расчетной формулы (5) может быть проверена путем определения входного сопротивления цепи относительно зажимов (01) на основе последовательно – параллельного преобразования цепи.

Таким образом, понятия системной функции сопротивления и входного сопротивления для двухполюсников, имеют одинаковую физическую сущность и расчетных выражений.

Пример 1. Пусть для схемы, изображенной на рисунке 4, сопротивления ветвей численно равны $z_1 = 1, z_2 = 2, z_3 = 3, z_4 = 4, z_5 = 5$, тогда значение системной функций сопротивления двухполюсника определяется непосредственно по формуле (5)

$$Z = \frac{1[12 \cdot (2 + 3) - 3^2]}{6 \cdot 12 - 3^2} = \frac{51}{63} = 0,8095$$

где $z_{11} = z_1 + z_2 + z_3 = 6, z_{22} = z_3 + z_4 + z_5 = 12$.

С другой стороны, ее значение может быть найдено путем преобразования схемы относительно зажимов (01), следующим образом:

$$\begin{aligned} z_6 &= z_4 + z_5 = 9 \\ z_7 &= \frac{z_6 z_3}{z_6 + z_3} = \frac{9 \cdot 3}{9 + 3} = \frac{27}{12} = 2,25 \\ z_8 &= z_7 + z_2 = 2,25 + 2 = 4,25 \\ z_{ex} &= \frac{z_8 z_1}{z_8 + z_1} = \frac{4,25}{4,25 + 1} = 0,8095. \end{aligned}$$

Выводы

1. Представление крупных узлов потребителей в виде двухполюсника существенно упрощает технологию моделирования режимов потребителей.

2. Применение матрицу коэффициентов токораспределения облегчает расчеты, связанные с определениями обобщенных параметров двухполюсника.

3. На основе обобщенных параметров нагрузки легко определяются их режимные параметры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Л. А. Бессонов. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1973. 752 с.
- 2 Н. А. Мельников. Матричный метод анализа электрических цепей. М.: Энергия, 1972. 232 с.
- 3 Д. С. Ахметбаев. Методы прямого анализа электрических цепей. Павлодар: Изд. Кереку, 2010. 143 с.
- 4 Dauren S. Akhmetbayev, Daurenbek A. Aubakir, Yermek Zh. Sarsikeyev, Bakhtybek A. Bainiyazov, Mikhail A. Surkov, Vitaliy I. Rozhko, Gulbahit N. Ansabekova, Assel S. Yerbolova, Azamat T. Suleimenov, Miramgul S. Tokasheva. Development of topological method for calculating current distribution coefficients in complex power networks, // Results in Physics, 2017, 7, стр., 1644-1649.
- 5 Ахметбаев Д. С. Математические методы анализа и синтеза режимов электрических цепей энергосистем (Монография) // Павлодар: ИП «Сытина Е.А.», 2010. - С. 208.
- 6 Ахметбаев Д. С. Использование топологического метода к анализу стационарных режимов сложных электрических сетей // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. Москва. 2010., №9, С. 19-26.
- 7 Ахметбаев Д. С. Метод расчета установившихся режимов электрических сетей на основе коэффициентов токораспределения // Электричество. Москва. 2010., №11, С. 23-27.

ПОВЫШЕНИЕ НАПЯЖЕНИЯ – ОСНОВНОЕ СРЕДСТВО УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И ДАЛЬНОСТИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

АХМЕТБАЕВ Д. С.

д.т.н., профессор, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан
КАУСЫЛОВ А. С., ЕРБОЛКЫЗЫ Г.,
БАЙМУХАНОВА Т. А., РАХМАНОВА Г. А.
магистранты, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

Введение

Дореволюционной России были линии электропередачи напряжениями 10, 25, 70 кВ. Первая линия напряжением 110 кВ была построена и введена в работу в 1922 году электропередача Каширская ГРЭС – Москва. В 1932 г. Была построена линия 150 кВ от Днепро ГЭС, а в 1933 году вошла в строй первая линия 220 кВ Нижне-Свирская ГЭС – Ленинград. Воздушные линии 400 кВ Волжская ГЭС – Москва были введены в эксплуатацию в 1956 г., а в 1961 началось эксплуатация первых в мире линии 500 кВ. Волжская ГЭС – Москва. В 1971 году началось строительство воздушной линии 750 кВ в ОЭС Юга. В 1975 году была построена и введена линии 1150 кВ Экибастуз – Центр. Суммарная протяженность электрических сетей 35 - 750 кВ в стране Советов в 1980 г. достигала 738 тыс.км, в том числе: линии 750 кВ – 3 тыс.км, 500 кВ – 26 тыс.км, 330 кВ – 23 тыс.км, 220 кВ – 88 тыс.км, 150 кВ – 10 тыс.км, 110 кВ – 296 тыс.км и 35 кВ – 292 тыс.км. Ежегодно в СССР строилась линии 20-25 тыс.км напряжениями 25-750 Кв [8].

Межсистемные связи, в основном строятся на напряжений 220–500 кВ и 750 кВ. Распределительные электрические сети формируется линиями напряжения 10, 35 и 110 кВ. Формирование единой системы требует сооружения большого количества межсистемных связей.

Нынешнее развитие электрических сетей Республики Казахстан характеризуется внедрениями межсистемных связей между энергосистемами Северо-Восточного региона с энергосистемой Юга страны линиями напряжением 500 кВ [9].

1. Обоснование повышения напряжения

Предположим, из пункта А в пункт В, отстоящей от А на расстоянии l , нужно построить линию электропередачи с передаваемой мощностью P_0 при фазном напряжении U_1 (Рис. 1 а, б).

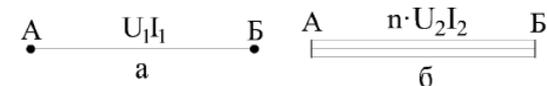


Рисунок – 1

Тогда, передаваемая мощность определяется выражением (Рис. 1 а):

$$P_1 = P_0 = 3nU_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1, \quad (1)$$

где, φ_1 – угол между U_1 и I_1 .

Если эту же мощность передать по линиям более низкого напряжения U_2 (Рис.1 б), то

$$P_2 = P_0 = 3nU_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2, \quad (2)$$

где, φ_2 – угол между векторами U_2, I_2 , n - количество линии.

При условии $\varphi_1 = \varphi_2$ из (1) и (2) можно получить следующие соотношение:

$$\frac{U_1}{U_2} = n \cdot \frac{I_2}{I_1}. \quad (3)$$

Если учесть сечение проводника (3) по экономической плотности тока, можно получить следующее соотношение:

$$\frac{U_1}{U_2} = n \cdot \frac{I_2}{I_1} = n \cdot \frac{S_2}{S_1}, \quad (4)$$

где, S_1, S_2 – сечение, соответствующей экономической плотности тока.

Полученное выражение позволяет оценить суммарное сечения проводов в первом и втором вариантах передачи электроэнергии из пункта А в пункт В.

Если $U_1/U_2 > 1$, то затраты алюминия на воздушную линию более высокого напряжения будет всегда меньше, чем при сооружении п линии более низкого напряжения.

Сопоставим теперь потери мощности:

- для первого варианта воздушной линии

$$\Delta P_1 = \frac{3I^2 l}{\delta_1 S_1}, \quad (5)$$

где, δ_1 -удельная проводимость алюминия;
- для второго варианта

$$nP_2 = n \cdot \frac{3I_2^2 l}{\delta_1 S_1}. \quad (6)$$

Из выражения (5) и (6) с учетом (4) можно получить соотношение:

$$\frac{U_1}{U_2} = n \cdot \frac{I_2^2}{I_1^2} \cdot \frac{S_1}{S_2} = \frac{n\Delta P_2}{\Delta P_1} \quad (7)$$

Отсюда следует, что потери мощности в воздушной линии более высокого напряжения всегда меньше, чем у линий более низкого напряжения

Таким образом, использование более высокого напряжения обеспечивает не только уменьшение материальных затрат, но и потери мощности в линиях.

Полученное сопоставление линии не является строгим, так как они рассмотрены без учета конечных подстанций, дискретности номинальных напряжений и дополнительных компенсирующих устройств.

Несмотря дополнительных ограничений можно утверждать вывод о том, что сооружения одной линии более высокого напряжения предпочтительнее, чем сооружения нескольких линий более низкого напряжения [2,3].

2. Факторы, сдерживающие рост напряжений

Освоения линии 1150 кВ привело к анализу вопроса о возможности резерва следующей ступени номинального напряжения. В этом направлении специалистами озвучены две проблемы[4,5]. Первая проблема заключается в том, что какие номинальные напряжения могут быть реализованы у воздушных линий электропередачи переменного тока. Вторая проблема касается к габаритам основного оборудования линии. Например, габариты линии и оборудования подстанции 1150 кВ значительно превосходят указанные выше для 750 кВ. Например, высота опоры достигла 40-55 м, а расстояние между крайними фазами 50 м, высота аппаратов 1150 кВ до 10-12 м. Увеличение этих параметров могут вступить в противоречие с требованиями конструирования, сборки и технологической подготовки [4,5].

2.1. Электрическая прочность воздуха

Изоляция проводов от земли, опор и заземленных частей объектов обеспечивается исключительно за счет электрической прочности воздуха. При технической реализации воздушных линий более

высокого напряжения необходимо рассмотреть воздушный промежуток от проводов до земли, который имеет наименьшую электрическую прочность. Поэтому, своеобразный предел электрической прочности воздуха играет важную роль при анализе возможности увеличения номинального напряжения воздушных линий переменного тока [6,7].

2.2. Коммутационное перенапряжение

Одним из путей повышения номинального напряжения воздушных линий является ограничение коммутационных перенапряжений. Этот путь применяется при освоении линий электропередачи 500, 750 и 1150 кВ. Он неизбежен, прежде всего, для смягчения проблемы воздушной изоляции.

Многие годы изоляция воздушных линий и подстанций напряжением 220 кВ защищалась только от грозových перенапряжений, представляющих особую опасность для этих сетей. При проектировании электропередачи более высокого напряжения на первое место выдвинулись внутренние перенапряжения. Кратность коммутационных перенапряжений оценивается произведением вынужденной составляющей и ударного коэффициента, зависящего от нескольких условий в момент коммутаций. В сетях ультравысокого напряжения требуется 100% компенсация зарядной мощности линии шунтирующими реакторами, что снижает вынужденную составляющую переходного процесса. Кроме того, для снижения ударного коэффициента могут применяться шунтирующие реакторы у выключателей в цикле включения, ограничители перенапряжений. Однако проблема заключается в выборе наиболее простого и надежного комплекса мер с учетом специфики самих линий ультравысоких напряжений.

2.3. Конструкция проводов

Техника передачи электроэнергии по линиям переменного тока привела к конструктивному изменению одиночных проводов. В сетях 400 кВ появились линии с расщепленными с двумя, тремя проводами. На линиях 500 кВ с тремя и четырьмя составляющими, а на линиях 750 кВ с четырьмя и пятью составляющими. Для линии 1150 кВ, оптимальное число проводов в расщепленной фазе достигло до восьми. При этом критическое напряжение эквивалентного провода становится больше, чем для каждой жилы в отдельности [6,7].

2.4. Экологические аспекты

Одним из ограничений повышения напряжения является экологические аспекты линий ультра высоких напряжений. Ранее считались, что воздушные ЛЭП не влияют на окружающую среду.

Однако с повышением напряжения и числа проводов в фазе положение изменилось. При проектировании линии высокого напряжения учитываются радиопомехи, порождаемые короной на проводах.

Последние годы выявился новый фактор воздействия линий СВН и УВН – акустический шум, воспринимаемый человеком. При переходе на расщепленные провода с большим числом составляющих громкость звука возрастает. В особенности они велики при влажной атмосфере.

В зоне сильного поля на человека могут оказывать неблагоприятное влияние искровые разряды, напряженность поля и емкостной ток. Если не принимать специальных мер для снижения максимальной напряженности, то под проводами воздушной линии 1150 кВ может достигнуть до 25-30 кВ/м. Эта напряженность явно неприемлема, если учесть ощущаемый ток человека около 1 мА [8].

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что повышение дальности электропередачи достигается только путем повышения ее номинального напряжения.

2. Каждое повышение номинального напряжения связано с преодолениями различного рода технических и экологических проблем.

3. Реализация повышенного номинального напряжения должна решаться на основе технико-экономического анализа государственного масштаба, с учетом плана развития экономики страны.

ЛИТЕРАТУРА

1 Мировая энергетика: Прогноз развития до 2020г. /под ред. Ю. Н. Старшинова. М.: Энергия, 1980 - 256 с.

2 Энергетика СССР в 1981-1985 годах. / под ред. А. М. Некрасова. М.: Энергоиздат, 1981 - 352 с.

3 Троицкий А. А. Общая характеристика развития электроэнергетики. М.: Энергия, 1980 с. 62-67.

4 Гохберг Б. М. Элегаз – электрическая газовая изоляция/ электричество. 1947, №3, с. 15-19.

5 Полтоев А. Н. Конструкция и расчет элегазовых аппаратов высокого напряжения. Л.: Энергия, 1979 - 240 с.

6 Мельников Н. А., Ролотен С. С., Шеренцис А. Н. Проектирование электрической части воздушных линий электропередачи 330-500 кВ. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963 - 560 с.

7 Кузнецова Л. Е., Тиходеев Н. Н. Эффективность глубокого ограничения перенапряжения на воздушных линиях сверхвысокого

напряжения. Труды НИИПТ. Исследования и области применения ограничений перенапряжений, 1981, с. 23-31.

8 Тиходеев Н. Н., Шур С. С. Изоляция электрических сетей: Методика выбора статической координации и приведение к норме. Л.: Энергия, 1979 - 304 с.

9 Вишняков Г. К., Смирнов Б. И. Электропередачи 1150 кВ Экибастуз – Урал. / Электрические станции, 1982, №10, с. 57-63.

10 Тиходеев Н. Н., Курносоев А. И. Линии электропередачи сверх и ультравысокого напряжения: Достигнутое, проблемы и перспективы. / Вестник АН СССР, 1982, №7, с. 62-70.

11 Гутмак Ю. М., Тиходеев Н. Н., Янг Ф., Шнейдер Г. Электрическая прочность гирлянд изоляторов и воздушных промежутков на опоре 1150 кВ. электричество, 1979, №5, с. 1-4.

ОПАСНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЧАСТОТОЙ 50 ГЦ В ОКРУЖАЮЩЕЕ ПРОСТРАНСТВО

ГОВОРУН В. Ф.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ГОВОРУН О. В.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МАРКОВСКИЙ В. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ШАПКЕНОВ Б. К.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ПОТЯГА Л. А.

м.т.н., Екибастузский инженерно-технический институт

имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз

Интенсивное использование электрической энергии в современном информационном обществе привело к тому, что за последние десятилетия возник и сформировался еще один значимый антропогенный негативный фактор - электромагнитное загрязнение окружающей среды.

Факты свидетельствуют, что обычный уровень низкочастотного электромагнитного поля (ЭМП) крупного промышленного города соответствует ситуации природной «магнитной бури» (аномально высокой геомагнитной активности) [1].

Электромагнитное загрязнение в ряде городов уже превышает природные уровни в тысячу и более раз [2].

В то же время анализ данных отечественной и зарубежной литературы показал, что низкочастотные ЭМП оказывают влияние на уровень и динамику заболеваемости взрослого и детского населения, проживающего вблизи воздушных линий электропередачи. А также, что, несмотря на значительный объем публикаций в настоящее время недостаточно проработана проблема мониторинга ЭМП ЛЭП различного класса напряжения, и способы повышения защищенности окружающей среды и человека от негативного электромагнитного загрязнения городской среды.

В связи с тем, что в Республике Казахстан идет постоянная переработка и корректировка ПУЭ, ПТЭ, ПТБ и ряда других нормативных документов, появляется ряд нестыковок, изложенных в различных нормативных документах.

В данной ситуации проектировщики в угоду Заказчика могут произвольно толковать положения, изложенные в нормативных документах, некорректно излагать факты, игнорировать природоохранное законодательство и международные конвенции.

В частности в ПУЭ РК в 2.5.115 написано “Расстояния по горизонтали от крайних проводов ВЛ, при наибольшем их отклонении, до ближайших выступающих частей жилых домов, производственных зданий и сооружений должны быть не менее: 2 м для ВЛ напряжением до 20 кВ, 4 м для ВЛ 35–110 кВ и 6 м для ВЛ 220 кВ ...”.

Не смотря на то, что ПУЭ по правовой иерархии значительно ниже по отношению к законам “О земле”, “Об экологической экспертизе”, “Об охране окружающей среды”, “Об архитектурной, градостроительной и строительной деятельности в Республике Казахстан”, по этим правилам на селитебной территории проектные организации стали проектировать, а строительные предприятия прокладывать ВЛ 35–220 кВ, основываясь так же и на том, что на эти уровни напряжения, в санитарно-эпидемиологических правилах и нормах (СанПин) отсутствуют требования по допустимым уровням электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц. Причем в СанПин основное внимание при проектировании и эксплуатации воздушных линий сверхвысокого напряжения (ВЛ СВН) 330–1150 кВ уделяется только значению напряженности электрического поля вдоль трассы, а на значение напряженности магнитного поля нет, так как по трассе ВЛ СВН это поле меньше нормируемого значения 80 А/м и следовательно оно не оказывает никакого влияния на здоровье человека [3].

Второе несоответствие, изложенное в ПУЭ, которое не учитывает того, что внутри зданий и сооружений имеются заземленные

токопроводящие материалы. Из таблицы 2.5.19. ПУЭ. Наименьшее расстояние от проводов ВЛ до:

- поверхности земли 7 м для ВЛ 35 - 110 кВ и 8 м для ВЛ 220 - 330 кВ;
- зданий и сооружений на населенной местности 3 м для ВЛ напряжением до 35 кВ, 4 м для ВЛ 110 кВ, 5 м для ВЛ 220 кВ и 6 м для ВЛ 330 кВ.

Парадокс - расстояние от фазы до земли больше, чем от фазы до здания и сооружения.

Третье несоответствие, изложенного в ПУЭ и приказе Министра энергетики Республики Казахстан от 28 сентября 2017 года № 330 «Об утверждении Правил установления охранных зон объектов электрических сетей и особых условий использования земельных участков, расположенных в границах таких зон» (не введен в действие)

Охранные зоны электрических сетей в РК устанавливаются:

- 1) не менее 10 м - для воздушной линии электропередачи 1 - 20 кВ;
- 2) не менее 15 м - для воздушной линии электропередачи 35 кВ;
- 3) не менее 20 м - для воздушной линии электропередачи 110 кВ;
- 4) не менее 25 м - для воздушной линии электропередачи 220 кВ;
- 5) не менее 30 м - для воздушной линии электропередачи 330–500 кВ;
- 6) не менее 55 м - для воздушной линии электропередачи 1150 кВ.

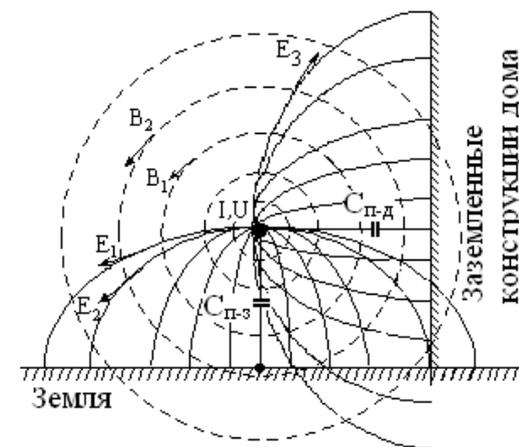


Рисунок 1 – Силовые линии электромагнитного поля, где Сп-з – емкость между проводом и землей и Сп-д – емкость между проводом и домом

Источником излучения энергии электромагнитного поля частотой 50 Гц в окружающее пространство являются провода ЛЭП и подстанции. Напряженность полей под линией зависит от класса напряжения (электрическое поле), величины протекающего тока (магнитное поле), от конструктивных особенностей ВЛ и ее параметров, т.е. сечения провода, высоты подвески провода, расстояния между проводами, состояния окружающей среды (температура, влажность, загрязненность), рельефа под линией.

Следует отметить, что при передаче по ЛЭП малой мощности (до натуральной) преобладает электрическая составляющая поля, а в режимах передачи мощности больше натуральной преобладает магнитная составляющая поля.

Если под проводом на высоте 1,8 м напряженность электрического поля измеряется относительно земли, то в квартире такое измерение теряет смысл.

Если провод находится на переменном напряжении U и по нему протекает ток I , то электромагнитное поле можно представить (рисунок 1) в виде силовых линий, начинающихся в проводе и заканчивающихся на поверхности земли. Очевидно, что влияние электромагнитных полей на дом будет значительно больше чем на землю.

Между силовой характеристикой электрического поля - напряжённостью и его энергетической характеристикой - потенциалом существует связь, описываемая выражением $E dl = -d\varphi$ или в декартовой системе координат

$$E_x dx + E_y dy + E_z dz = -d\varphi,$$

где E_x , E_y , E_z - проекции вектора напряженности на оси системы координат;

$d\varphi$ - изменение потенциала электрического поля на длине перемещения dl

В тоже время напряженность электрического поля при однородном поле представляет собой отношение электрического напряжения, действующего между двумя точками поля, к расстоянию l между этими точками

$$E = U / l.$$

При расчетах напряженности электрического поля, как правило, берется только вертикальная составляющая поля, в которой учитывается заряды всех проводов линии и их отражений от поверхности земли, поскольку потенциал человека относительно земли,

а также ток, протекающий по человеку, определяется в основном этой составляющей (рисунок 2).

В этом случае на изолированном от земли человеке наводится потенциал, зависящий от соотношения емкости тела человека на землю и на провода ВЛ. Чем меньше емкость на землю (зависит от толщины и материала подошва обуви), тем больше наведенный потенциал относительно земли.

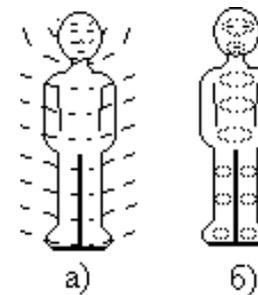


Рисунок 2 – Силовые линии, действующие на человека под ВЛ:
а) – потенциального поля; б) - магнитного поля

При прикосновении к заземленным проводникам, накопленный заряд в объемной емкости человека стекая, вызывает протекание тока, и, следовательно, возникновение магнитного поля. Как правило, этот ток не является опасным, так как его протекание очень кратковременно. Влияние магнитно поля B тоже время из-за разности потенциалов в разных точках тела человека, по органам будет протекать переменный ток, который вызовет пульсирующее магнитное поле.

Следует отметить, что нормы СанПин не ориентируют напряженность электрического поля относительно земли, а ограничивают величину модуля вектора этого поля, что не понятно с позиции физики происходящих процессов.

Также не понятно, какая составляющая напряженности электрического поля воздействует на человека находящегося в квартире (в вертикальном или горизонтальном положении, на первом – девятом этаже), параллельно которой проходит провод ВЛ.

Для случая воздушных линий электропередачи (ВЛ) при расчетах на основании учета технических характеристик проектируемых ВЛ (номинальное напряжение, ток, мощность, пропускная способность, высота подвеса и габарит проводов, тип опор, длина пролетов на трассе ВЛ и др.) строят общие (усредненные) вертикальные или

горизонтальные профили напряженности E и H вдоль трассы ВЛ. При этом используют ряд усовершенствованных программ, учитывающих для отдельных участков трассы ВЛ рельеф местности и некоторые характеристики грунта, что позволяет повысить точность расчета.

Рассмотрим эти противоречия с точки электромагнитного загрязнения и экологической безопасности, как при проектировании, так и эксплуатации высоковольтных ВЛ на селитебной территории.

Под селитебной понимается территория, предназначенная для размещения жилищного фонда, общественных зданий и сооружений, а также отдельных коммунальных и промышленных объектов, не требующих устройства санитарно-защитных зон. На селитебной территории располагаются улицы, площади, парки и другие места общего пользования.

Переменное электромагнитное поле (ЭМП) является одним из видов материи. Оно обладает энергией, массой и количеством движения и может превращаться в другие виды материи.

Из физики известно, что электромагнитное поле в каждой точке характеризуется четырьмя векторными величинами: напряженностью электрического поля \vec{E} , В/м, электрической индукцией \vec{D} , Кл/м², напряженностью магнитного поля \vec{H} , А/м, магнитной индукцией \vec{B} , Тл (тесла). Составляющие электрического поля (\vec{E} , \vec{D}) и магнитного поля (\vec{H} , \vec{B}) находятся во взаимной зависимости.

Для поля в вакууме имеем

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E}; \vec{B} = \mu_0 \vec{H},$$

где $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$, Ф/м – электрическая постоянная; $\mu_0 = 1.26 \cdot 10^{-6}$, Г/м – магнитная постоянная.

Из закона полного тока следует, что всякое изменение электрического поля во времени $\partial E / \partial t$ вызывает появление магнитного поля, а из закона электромагнитной индукции следует, что всякое изменение магнитного поля во времени $\partial \Phi / \partial t$ приводит к появлению электрического поля. Следовательно, эти переменные поля, являются вихревыми полями. При этом они превращаются друг в друга. Так при промышленной частоте 50 Гц электрическое поле дважды за один период превращается в магнитное поле и наоборот, то есть пульсирует с частотой 100 Гц.

Также известно, что электромагнитное поле отражается от поверхности практически всех материалов, в том числе и от металла. Если оно меняется во времени не слишком быстро, то под его

влиянием электроны на поверхности металла перемещаются так, что напряженность электрического поля внутри металла оказывается равной нулю. Малая часть энергии излучения переходит в джоулево тепло, которое выделяется токами, вызванными на поверхности металла полем излучения. Большая же часть энергии излучения покидает поверхность металла с отраженным излучением. В тоже время переменное ЭМП, проникая в вещество, взаимодействует с его частицами (электронами, ядрами, ионами, молекулами) и вызывает их колебания. Заряженные частицы при этом создают вторичное излучение. Совокупность таких микроскопических процессов приводит к поглощению поля в веществе – различному при разных частотах. Однако она достаточна для понимания качественной стороны процессов.

Исследования биологического действия ЭМП, выполненные в СССР в 60-90х годах прошлого века, ориентировались в основном на термическое действие электрической составляющей поля, которое вызывало протекание электрического тока по объекту исследования. Нормативы в СанПин основаны на величине максимального тока, протекающего по телу человека. Негативное воздействие от нетермических эффектов (в частности вихревой электрической составляющей, а это больше половины потока) которые обладают нелинейной природой и не измеряются существующими приборами, нормативами не учитываются.

В последнее время в большом количестве статьях технической литературы дальнего и ближнего зарубежья имеются расчетные, экспериментальные и статистические исследования показывающие, что требования по допустимым уровням электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц необходимо пересмотреть начиная с ВЛ 35 кВ и выше. Это вызвано тем, что магнитные поля с напряженностью существенно меньше нормируемой величины вызывают повышенный риск возникновения различных заболеваний человека, особенно онкологических.

Из квантовой физики известно, что живой организм, будучи неравновесной открытой средой, представляет собой набор молекулярных образований. Эти молекулярные образования имеют высокую структурную упорядоченность и ведут себя как единое целое в реакциях и поведении в пространстве и времени. Поэтому любое постороннее воздействие на какую-либо из молекулярных структур сразу сказывается на состоянии всей молекулярной системы, органа и организма в целом.

Очевидно, что электромагнитные поля воздействуют на любые жизненные процессы в клетках нашего организма. Причем

электромагнитные поля, образованные антропогенными источниками, могут представлять собой своеобразную интервенцию в жизнь клетки и в ее «самочувствие». Как итог — возможное нарушение функций клеток, снижение их численности, ухудшение «взаимопонимания» между клетками, и, в конце концов, нарушение нормального функционирования организма как единого целого.

Человеческое тело обладает собственным магнитным полем, различным для разных органов. Важным моментом является поддержание относительного баланса между внешними и внутренними магнитными полями. Бесспорным является факт, что внешние магнитные поля в значительной мере определяют состояние наших внутренних магнитных полей.

У человека также есть своё электромагнитное поле, так как нейроны в нервной системе являются носителями электрического заряда, а в различных клетках нашего организма и в крови имеются ионы (заряженные частицы) металлов. Следовательно, все эти компоненты являются чувствительными к внешним магнитным полям.

Одним из механизмов воздействия магнитного поля на организм человека, который признается большим количеством ученых, является уменьшение выработки гормона – мелатонина. Мелатонин, подавляющий развитие раковых клеток, вырабатывается в организме человека ночью.

Врачи и ученые эксперты в области физиологических процессов, происходящих под влиянием магнитного поля в человеческом организме, обращают повышенное внимание на влияние магнитного поля на кровеносно-сосудистую систему человека, эффективность переноса кислорода кровью, транспортировку питательных веществ, но наиболее чувствительной к магнитному полю является нервная система. На магнитные поля реагирует и многие другие системы организма: эндокринная, сердечнососудистая, дыхательная, костно-мышечная и пищеварительная системы, органы чувств и кровь.

Слабые магнитные поля - техногенного и естественного происхождения - оказывают влияние на циркадные ритмы и физиологические функции человека, что в итоге сказывается на общем состоянии. В природных условиях человек подвержен лишь естественным электромагнитным полям, на которые он настроился на протяжении всего процесса эволюции на планете Земля. Когда же в этот процесс взаимодействия вмешиваются искусственные источники магнитных, электрических и электромагнитных полей с частотой, отличающейся от собственной частоты органов, то происходит

нарушение синхронизации. Однако, если здоровый организм кратковременно ещё может справляться, то есть адаптироваться, к воздействию магнитных полей, то чем сильнее он заболевает, тем существеннее становится воздействие. Организму, ослабленному продолжительной болезнью, даже незначительное, слабое воздействие может нанести существенный, а иногда и непоправимый урон.

Многочисленные исследования в области биологического действия электромагнитных полей позволили определить, что наиболее чувствительными системами организма человека являются: нервная, иммунная, эндокринная и половая. Биологический эффект ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия может привести к развитию отдаленных последствий, включая дегенеративные процессы центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания и др.

Сегодня врачами-гигиенистами доказано влияние электромагнитного излучения на организм человека, и нужно оценить, где тот уровень, который вреден, и тот уровень, который можно допустить. Это нужно исследовать, причем, очень серьезно. Такие исследования должны проводиться на протяжении длительного времени и ставиться корректно. А сегодня ни медицинская, ни биологическая наука не может до конца сказать, каков же этот уровень. Нужно учитывать и саму эволюцию предельно допустимых уровней излучения.

Биологический эффект электромагнитных полей в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможно развитие серьезных последствий. Особо опасны электромагнитные поля могут быть для детей, беременных (эмбрион), людей с заболеваниями центральной нервной, гормональной, сердечнососудистой системы, аллергиков, людей с ослабленным иммунитетом.

Посмотрим, как действуют на организмы слабые и сверхслабые магнитные поля. Земля обладает электромагнитным полем. Линии напряженности электрического поля направлены сверху (от ионосферы) вниз (к Земле). Напряженность поля составляет порядка $E = 120-130 \text{ В/м}$, а частота $f = 7,83 \text{ Гц}$. Магнитное поле Земли является пульсирующим вследствие возбуждения гидромагнитных волн в магнитосфере Земли; частотный диапазон пульсаций простирается от миллигерц до одного килогерца.

Под влиянием магнитных полей происходит повышение проницаемости сосудов и эпителиальных тканей, благодаря чему можно ускорить рассасывание отеков и растворение лекарственных веществ.

Данный эффект лёг в основу магнитотерапии и широко применяется в медицине при различных видах травм, ранений и их последствий. Снижение уровня внешнего магнитного поля ведёт к нарушению магнитного поля в кровеносной системе, в результате чего нарушается кровообращение, транспортировка кислорода и питательных веществ к органам и тканям, что может в итоге привести к развитию болезни.

Недавно проведены многочисленные опыты, показавшие, что в магнитном поле Земли ориентируются одноклеточные, черви, моллюски. Примечательно, что эти примитивные организмы тотчас же реагировали на изменение искусственного магнитного поля всего на 0,05 эрстед (ведь примерно таковы же колебания земного магнитного поля при магнитных бурях!). А вот на колебания в десятки раз большие те же животные реагировали медленно и как бы неохотно.

Магнитобиология – новая и бурно развивающаяся область естествознания. Она теперь главным образом накапливает факты, а где возможно, ищет теоретические объяснения. Для основной же темы важен твердо установленный факт – слабые магнитные поля заметно действуют на организмы [4].

Выводы

1. Необходимо разработать методику измерения электрических и магнитных полей внутри зданий и сооружений, которые имеют заземленные токопроводящие материалы.

2. Для защиты населения от ЭМП ЛЭП при строительстве и эксплуатации электроэнергетических устройств необходимо предусмотреть ряд обязательных мероприятий, а именно:

- проведение экологических изысканий для строительства путем исследования электромагнитного излучения, которые должны осуществляться в первую очередь при разработке градостроительной документации и проектировании жилищного строительства на освоенных территориях, в соответствии с СП 47.13330.2016 «Инженерно-экологические изыскания для строительства». При этом должны быть зафиксированы основные источники вредного воздействия, его интенсивность и выявлены зоны дискомфорта с превышением допустимого уровня вредного физического воздействия;

- установка и соблюдение санитарно-защитных зон (СЗЗ) в соответствии с СанПиН «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»;

- использование инженерно-технических методов защиты от ЭМП ЛЭП (чаще всего экранирование) при строительстве и реконструкции объектов.

3 Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) на основании анализа результатов Международного проекта по электромагнитным полям пришла к выводу о недостаточности исследований по результатам негативных последствий долгосрочного низкоуровневого воздействия ЭМП крайне низкой частоты (0-100000 ГЦ) и сформулировала рекомендации, среди которых необходимость продолжения исследований по определению негативных последствий для здоровья человека и способов снижения уровней воздействия ЭМП при строительстве новых сооружений [5].

4. Одной из задач статьи является восстановление отношения к экологическому мониторингу электромагнитных полей как к работе над единым комплексом взаимосвязанных и взаимообусловленных проблем. Это позволит упорядочить картину достаточно сложного явления. Без этого невозможно квалифицированное решение основных задач в области экологического мониторинга – планирование и выполнение измерений, выбор необходимой измерительной аппаратуры, формулировка итоговых выводов и рекомендаций. Кроме того, единый подход к проблеме экологического мониторинга электромагнитных полей должно помочь разобраться и сформировать собственное критическое отношение к различного рода (часто спекулятивным) концепциям, уводящим в сторону от решения главной проблемы – охраны здоровья работающих и предотвращения развития хронических профессиональных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1 Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России. / Под ред. Демина А. К. - М., 1997. - 91 с.

2 П. Белкин А. Д., Леонов В. Е. Влияние техногенных электромагнитных полей на окружающую среду. - Новосибирск: НГАВТ, 2000. - 95 с.

3 Санитарные правила и нормы «Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого высоковольтными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты», Республика Казахстан.

4 Птицына Н. Г., Дж. Виллорези, Л. И. Дорман, Н. Ючки, М. И. Тясто. «Естественные и технологические низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья». "Успехи физических наук" 1998, N 7 (том 168, стр.767-791).

5 Информационный бюллетень Всемирной организации здравоохранения № 322, июнь 2007. -<http://www.who.int/en/>.

СИСТЕМЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ УСТРОЙСТВ FAST С ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ГОВОРУН В. Ф.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ГОВОРУН О. В.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ШАПКЕНОВ Б. К.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МАРКОВСКИЙ В. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Актуальной задачей развития электроэнергетики является повышение энергетической эффективности энергосистем Казахстана. Прежде всего, необходимо оптимизировать процесс передачи и распределения электрической энергии.

Многообразие возможных параметров и режимов, даже в отдельно взятой энергосистеме, создают значительные препятствия на пути разработки оптимальных средств обеспечения устойчивости. Поэтому комплекс задач, связанных с обоснованием развития электрических систем и управления их режимами распадается на несколько направлений для исследований:

- использование интеллектуальных энергосистем (Smart Grid);
- развитие систем управления, включая компьютерные технологии;
- применение нетрадиционных устройств управления режимами, таких как FACTS, накопители энергии, регистраторы аварийных ситуаций, системы системного мониторинга, и т.п.

Применение в электрических сетях «гибких передающих систем переменного тока» на основе устройств FAST позволит повысить эффективность и обеспечить гибкое управление режимами энергосистем, так как FAST одновременно могут воздействовать на напряжение, сопротивление и угол сдвига фаз. Гибкие системы электропередачи должны позволить при любых возмущениях в системе с помощью устройств FAST перевести систему в новое стабильное состояние.

Для исследования и оценки эффективности нового поколения регуляторов FACTS необходимо модернизировать значительную часть инструментов расчета и анализа потоков мощности, используемых при планировании режимов и в процессе функционирования ЭЭС. Поэтому совершенствование и развитие методов и инструментов

расчета режимов с учетом взаимодействия различных устройств FACTS также является актуальной задачей.

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств FAST для обеспечения надежности и устойчивости функционирования электроэнергетических систем.

Технически работоспособными по уровням напряжения и устойчивости, без компенсирующих устройств (КУ), являются только короткие линии длиной до 400 км или, с небольшим отклонением, кратные полуволновой, причем пропускная способность таких линий ограничена величиной немного больше натуральной мощности. Такие ограничения в большинстве случаев не могут удовлетворить требованиям эксплуатации, так как с одной стороны экономичнее установить КУ, чем строить параллельные линии для пропуска требуемого количества мощности к потребителю, с другой расстояние между источником и потребителем мощности ряда линий значительно превышает 400 км.

Обеспечить заданные уровни напряжения, пропускной способности и устойчивости электропередач, отличающихся от естественных, можно за счет изменения их параметров с помощью установки продольных и поперечных КУ.

При продольной компенсации происходит искусственное изменение индуктивности линии, а при поперечной - ее емкостной проводимости.

Продольная и поперечная компенсация может быть как индуктивной с помощью реакторов, так и емкостная с помощью батарей конденсаторов.

Рассмотрим влияние сконцентрированных в узле линии продольно и поперечно включенных КУ на уровень напряжения, ток и взаимный угол.

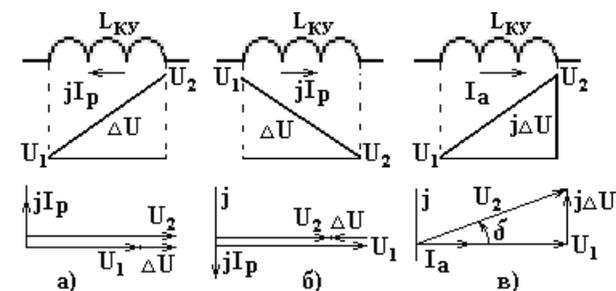


Рисунок 1 – Диаграммы изменения напряжения и угла при протекании по продольно включенному реактору только: емкостного - а); индуктивного - б); активного - в) тока

Из приведенного рисунка видно, что в узле с продольно включенным реактором будет происходить скачкообразное изменение напряжения, зависящее от направления реактивного тока. При направлении реактивного тока в сторону источника, скачек напряжения приведет к повышению напряжения на второй стороне реактора U_2 , а при протекании реактивного тока в противоположную сторону к снижению напряжения U_2 . При протекании по реактору чисто активного тока уровень напряжения изменится очень мало, а взаимный угол

$$\delta = \arctg \frac{\Delta U}{U_1} = \arctg \frac{I_a \omega_0 L_{KY}}{U_1}$$

будет положительный.

Величину скачка напряжения можно определить по формуле:

при протекании реактивного тока продольная составляющая напряжения

$$\Delta U = \mp I_B \omega_0 L_{KY};$$

при протекании активного тока поперечная составляющая напряжения

$$j\Delta U = jI_a \omega_0 L_{KY}.$$

Так как емкость имеет отрицательное реактивное сопротивление $-j \frac{1}{\omega_0 C_{KY}}$, то продольное включение конденсаторов приведет,

при протекании по емкости токов, к противоположным результатам по сравнению с продольно включенным реактором.

Поперечно включенные КУ $j\omega_0 C_{KY}$ (емкость, индуктивность) вызовет в основном скачек реактивного тока с разными знаками в месте его установки на величину, равную току отбираемого (выдаваемого) КУ

$$I_{KY} = jU_{KY} \omega_0 C_{KY}.$$

Для оценки влияния на пропускную способность и устойчивость линии рассмотрим элементарный участок линии с включенными по концам КУ.

На рисунке 2 приведена схема замещения элементарного участка линии с продольно включенным по концам КУ. Отметим, что при продольном включении реактора L_{KY} положительно, а при продольном включении емкости L_{KY} отрицательно.

Волновое сопротивление и волновую длину линии, имеющую распределенную продольную компенсацию можно представить в виде:

$$Z_{B-KY} = \sqrt{\frac{L_0 + L_{KY}}{C_0}} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \cdot \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}} = Z_B \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}};$$

$$\lambda_{0-KY} = \omega_0 l_0 \sqrt{C_0(L_0 + L_{KY})} = \omega_0 l_0 \sqrt{C_0 L_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}};$$

где: L_0, C_0 - индуктивность и емкость единицы длины исходной линии;

L_{KY} - индуктивность (емкость) продольной КУ;

Z_B, λ_0 - волновое сопротивление и волновая длина линии без КУ;

Z_{B-KY}, λ_{0-KY} - волновое сопротивление и волновая длина линии с КУ.

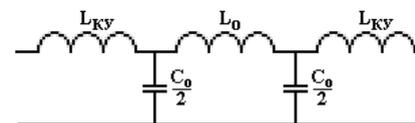


Рисунок 2 - Схема замещения элементарного участка линии с продольно включенным КУ

Из формул видно, что продольно включенная индуктивность (+ L_{KY}) увеличивает естественную индуктивность линии. При этом увеличиваются волновое сопротивление и волновая длина линии. Величина активной мощности, эквивалентная по режиму напряжения вдоль линии, натуральной мощности снижается.

$$P_{0-KY} = \frac{U^2}{Z_{B-KY}} = \frac{U^2}{Z_B \sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}}} = \frac{P_0}{\sqrt{1 + \frac{L_{KY}}{L_0}}}$$

При продольном включении емкости ($-L_{KY}$) естественная индуктивность линии уменьшается, что приводит к снижению волнового сопротивления и волновой длины линии. Величина активной мощности, эквивалентная натуральной мощности увеличивается.

Таким образом, продольная индуктивная компенсация уменьшает пропускную способность и ухудшает условия устойчивости линии, а продольная емкостная компенсация улучшает условия устойчивости линии и одновременно увеличивает её пропускную способность.

На рисунке 3 - приведена схема замещения элементарного участка линии с поперечно включенным КУ. При поперечном включении реактора $C_{ку}$ отрицательно, а при поперечном включении емкости $C_{ку}$ положительно.

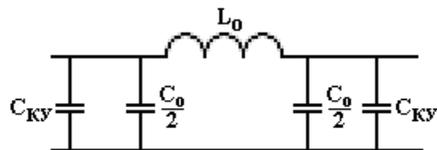


Рисунок 3 - Схема замещения элементарного участка линии с поперечно включенным КУ

Волновое сопротивление и волновую длину линии, имеющую распределенную поперечную компенсацию представим в виде:

$$Z_{B-ку} = \sqrt{\frac{L_0}{C_0 + C_{ку}}} = \frac{\sqrt{\frac{L_0}{C_0}}}{\sqrt{1 + \frac{C_{ку}}{C_0}}} = \frac{Z_B}{\sqrt{1 + \frac{C_{ку}}{C_0}}};$$

$$\lambda_{0-ку} = \omega_0 l_0 \sqrt{L_0(C_0 + C_{ку})} = \omega_0 l_0 \sqrt{C_0 L_0} \cdot \sqrt{1 + \frac{C_{ку}}{C_0}} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{C_{ку}}{C_0}};$$

$$P_{0-ку} = \frac{U^2}{Z_{B-ку}} = P_0 \sqrt{1 + \frac{C_{ку}}{C_0}}$$

Из формул видно, что поперечно включенная индуктивность ($-C_{ку}$) компенсирует емкостную проводимость линии тем самым уменьшает волновую длину и пропускную способность линии. При этом увеличиваются волновое сопротивление и уменьшается волновая длина линии. Поперечная емкостная компенсация ($+C_{ку}$) увеличивает волновую длину линии и величину активной мощности, эквивалентной натуральной мощности.

Таким образом, поперечная индуктивная компенсация улучшает условия устойчивости и снижает пропускную способность линии, а поперечная емкостная компенсация ухудшает условия устойчивости линии и увеличивает её пропускную способность.

Используя совместно продольную и поперечную компенсацию линии можно задать необходимые свойства. Так одновременное

применение продольной емкостной и поперечной индуктивной компенсации приводит к уменьшению волновой длины линии, т.е. её эквивалентному укорочению. Пропускная способность линии при этом может, как увеличиваться, так и уменьшаться, в зависимости от преобладающего вида компенсации. Совместное применение продольной емкостной и поперечной емкостной компенсации повышает пропускную способность линии с одновременным увеличением её эквивалентной волновой длины. Если преобладает поперечная компенсация или её уменьшение, если преобладает продольная. Применение продольной индуктивной компенсации совместно с поперечной емкостной увеличивает эквивалентную длину линий. При этом пропускная способность может возрасти (преобладание эффекта поперечной компенсации) или уменьшится (преобладание эффекта продольной компенсации). Совместное применение продольной индуктивной и поперечной индуктивной компенсации снижает пропускную способность линии и одновременно уменьшает её волновую длину (преобладание эффекта поперечной компенсации) или увеличивает её (преобладает эффект продольной компенсации),

Регулируемая поперечная компенсация линий.

Для обеспечения по всей длине линии напряжения, близкого к номинальному, при изменении передаваемой активной мощности, необходимо через определенные расстояния вдоль линии подключить поперечно регулируемые КУ. При изменении мощности, которых, в зависимости от передаваемой активной мощности (стабилизации напряжения в точках регулирования КУ), в линии будет существовать режим эквивалентный режиму натуральной мощности (рисунок -4).

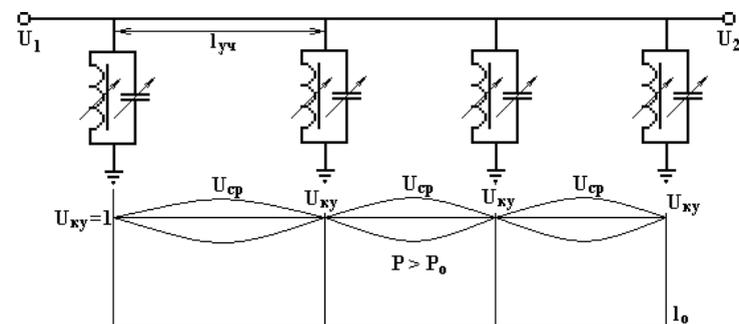


Рисунок 4 – Структурная схема поперечно регулируемых КУ

Используя формулу $P_{0-к\у} = P_0 \sqrt{1 + \frac{C_{к\у}}{C_0}}$, после ее преобразований

получим величину КУ при перетоке по линии активной мощности

$$C_{к\у} = C_0 \left(\frac{P_{0-к\у}^2}{P_0^2} - 1 \right),$$

где $P_{0-к\у}$ - величина передаваемой по линии с КУ активной мощности (эквивалентная натуральной); P_0 - величина натуральной мощности без КУ.

В режиме холостого хода ($P_{0-к\у} = 0$) и величина КУ отрицательна

$$C_{к\у} = -C_0,$$

т.е. поперечная компенсация должна быть индуктивной и полностью компенсировать емкостную проводимость линии. В таком режиме мощность реактора должна быть равна реактивной мощности генерируемой линией

$$Q_{к\у} = \omega_0 l_0 C_0 U^2 = \omega_0 l_0 U^2 \sqrt{L_0 C_0} \sqrt{\frac{C_0}{L_0}} = \lambda_0 P_0.$$

По мере увеличения передаваемой по линии активной мощности, величина отбираемой с линии реактивной мощности должна уменьшаться по закону

$$Q_{к\у} = \omega_0 l_0 C_0 U^2 \left(\frac{P_{0-к\у}^2}{P_0^2} - 1 \right) = \lambda_0 P_0 \left(\frac{P_{0-к\у}^2}{P_0^2} - 1 \right).$$

При передаче мощности $P_{0-к\у} = P_0$ величина отбираемой с линии реактивной мощности должна становиться равной нулю, т.е. реактор необходимо отключить. Следует отметить, что при таком регулировании КУ во всех режимах будет существовать режим эквивалентный режиму натуральной мощности, т.е. величина напряжения вдоль линии будет находиться в допустимых пределах отклонения от номинального. В точках установки КУ $U_{к\у} = U_{НОМ}$, а в середине участков линии между реакторами $U_{ср} = U_{НОМ} / \cos(\lambda_{\уч} / 2)$ несколько выше номинального в режимах передачи мощности меньше натуральной и. ниже номинального в режимах передачи мощности больше натуральной

Вместе с изменением мощности КУ и передаваемой по линии активной мощности в тоже время будет претерпевать изменения и волновая длина линии

$$\lambda_{0-к\у} = \lambda_0 \sqrt{1 + \frac{C_{к\у}}{C_0}} = \lambda_0 \frac{P_{0-к\у}}{P_0}.$$

В режиме холостого хода эквивалентная волновая длина $\lambda_{0-к\у} = 0$ и с увеличением передаваемой активной мощности будет линейно увеличиваться. В режиме передачи мощности равной натуральной $\lambda_{0-к\у} = \lambda_0$. Этим условием накладывается ограничение на длины линий, которые могут работать устойчиво.

Способов выдачи в линию и отбора с линии реактивной мощности, а также регулирования мощности КУ существует много. В большинстве случаев регулирование КУ осуществляется либо ступенчато последовательным отключением поперечных реакторов, собранных группами на низкой стороне трансформаторов, установленных в местах отбора мощности, либо применением реакторов специальных конструкций, позволяющих за счет искусственного изменения магнитной проницаемости их цепей варьировать потребляемую мощность.

Очевидно, что пропускная способность линии с поперечной индуктивной компенсацией находится на уровне натуральной. Для дальнейшего увеличения передаваемой активной мощности необходимо применять поперечно регулируемые емкости.

Действительно при $P_{0-к\у} > P_0$ мощность $Q_{к\у}$ становится положительной

$$Q_{к\у} = \lambda_0 P_0 \left(\frac{P_{0-к\у}^2}{P_0^2} - 1 \right),$$

т.е. поперечная компенсация должна быть емкостной и полностью компенсировать потери реактивной мощности в индуктивностях линии. Волновая длина линии в режиме передачи мощности больше натуральной на каждом участке линии $\delta_0 > \lambda_{0-к\у}$ и при передаче $P_{0-к\у} = P_{\max}$ взаимный угол между напряжениями по концам линии $\delta_0 = 90^\circ$.

В середине участков линии между поперечно, включенными емкостями $U_{ср} = U_{НОМ} / \cos(\lambda_{\уч} / 2)$ ниже номинального.

Поперечная емкостная компенсация может быть выполнена с помощью синхронных компенсаторов или других источников (устройств), вырабатывающих реактивную мощность.

Следует отметить, что соотношения, полученные для равномерно распределенной компенсации, практически не отличаются от результатов, даваемых точным расчетом для компенсации, выполняемой по сосредоточенным схемам.

Для решения задач управления и защиты в современных электроэнергетических системах широко используются микроэлектроника, компьютерная техника, высокоскоростные каналы связи, быстродействующие тиристорно-управляемые устройства, накопители энергии, регистраторы аварийных ситуаций, системы системного мониторинга, и т.п., а на их основе – технологии управляемых гибких электропередач переменного тока или FACTS. В настоящее время промышленностью освоен выпуск запираемых тиристоров на напряжения 4–10 кВ и токи 1–5 кА. Это позволило создать новые образцы устройств, которые могут применяться для решения поставленной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Г. В. Воробьев. Дальние электропередачи. Учебное пособие. 1, 2 часть. Караганда. 1977 г., 112 с.
- 2 В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Д. В. Говорун, Н. М. Падруль, А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов. Работа электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения. // Вестник ПГУ, №2, Энергетическая серия Павлодар. - 2014 г.
- 3 В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Н. М. Падруль, А. М. Акаев, А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов. Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай. // Вестник ПГУ, №1, Энергетическая серия Павлодар. - 2014 г.
- 4 В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Н. М. Падруль, Г. М. Искара, Ж. Б. Мусаев. // Режимы работы четвертьволновой линии. Вестник ПГУ, №1, Энергетическая серия Павлодар. - 2017 г.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДЛИННЫХ ЛИНИЯХ С ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ОТ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

ГОВОРУН В. Ф.
 д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 ГОВОРУН О. В.
 к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 МАРКОВСКИЙ В. П.
 к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 ШАПКЕНОВ Б. К.
 к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Целью статьи является совершенствование математического и алгоритмического обеспечения, расширяющего функциональные возможности устройств. Во время работы катушка Теслы создает красивые эффекты, связанные с образованием различных видов газовых разрядов. Многие люди собирают трансформаторы Теслы ради того, чтобы посмотреть на эти впечатляющие, красивые явления или проводить экспериментальные попытки получить неисчерпаемую свободную радиантную энергию из эфира. Трансформатор Тесла, или катушка Теслы, это устройство, изобретенное Николой Теслой и носящее его имя, создающее высокий уровень напряжения при высоких частотах.

Трансформатор Тесла состоит из двух катушек, первичной и вторичной, при малой индуктивной связи. Первичная катушка построена из нескольких витков провода большого диаметра, а вторичная бифилярная из большого количества витков двойного провода меньшего диаметра. Бифилярная катушка намотана так, что ток в обмотке течёт в противоположных направлениях. Поэтому магнитное поле, созданное одним проводом, равно и направлено противоположно, созданное вторым проводом, приводя к почти полной взаимной нейтрализации магнитных полей. Это означает, что коэффициент самоиндукции катушки очень мал. За счет такой намотки, бифилярная катушка, имея большую собственную емкость и малую индуктивность, образует колебательный контур, где роль конденсатора, главным образом, выполняют емкость тороида и собственная межвитковая емкость самой катушки.

В отличие от трансформаторов, здесь нет никакого ферромагнитного контура, вследствие чего взаимоиנדукция между двумя катушками маленькая.

В первичной катушке создаются электрические колебания высокой частоты, разряжая конденсор, первоначально заряженный до напряжения нескольких киловольт. Регулирование частоты осуществлялось посредством изменения искрового промежутка. Искровой промежуток настраивался так, чтобы возникла пробой разрядника, при достижении достаточного напряжения между обкладками конденсора.

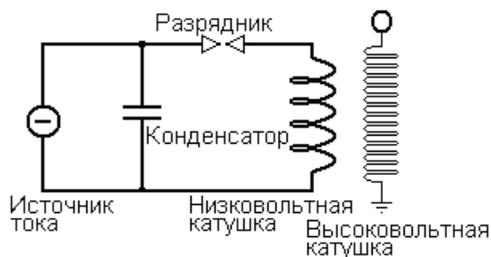


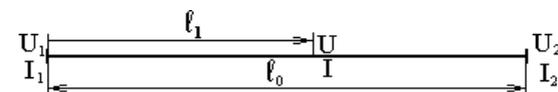
Рисунок 1 – Схема простейшего трансформатора Теслы

Когда искровой промежуток находится в проводящем состоянии, конденсор и первичная катушка связаны последовательно, таким образом, собирается RLC цепь, в которой возникают электрические колебания определенной частоты. Во вторичной катушке, которая также имеет другую RLC цепь, также производятся электрические колебания из-за индукции напряжения. Изменяя частоту колебаний (регулируя искровой промежуток), можно вирировать волновую длину резонатора. При определенной частоте электрических колебаний в RLC контуре возникает резонанс. При этом выходное напряжение трансформатора Тесла может достигать сотни миллионов вольт. Это напряжение в резонансной частоте способно к созданию внушительных электрических разрядов в воздухе, которые могут иметь длину многих метров, также как и других явлений, т.е. трансформатор Тесла это не что иное, как просто четвертьволновая длинная линия, свернутая в спираль. Как и в “вытянутой” длинной линии, в таком резонаторе на резонансной частоте будет существовать стоячая волна токов-напряжений, с узлом напряжения на одном конце линии, и узлом тока – на противоположном конце линии; существенное отличие от “вытянутой” длинной линии – только в усиленной индуктивной и емкостной связи между соседними участками такой линии в силу их геометрической близости в спиральной конфигурации, что немного меняет резонансную частоту и скорость распространения волны вдоль линии.

Рассмотрим математическую модель такой линии.

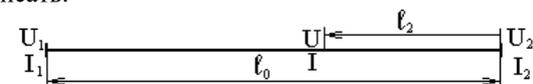
Линии, при анализе которых нельзя пренебречь поперечными токами, обусловленными емкостью между проводами и землей и активной проводимостью называют цепями с распределенными параметрами. Чтобы учесть изменение тока и напряжения вдоль линии, можно считать, что каждый элементарный участок линии обладает продольным активным сопротивлением и индуктивностью, а между проводами и землей поперечной активной проводимостью и ёмкостью. Следует отметить, что изменяя частоту электрических колебаний, мы меняем волновую длину линии.

Уравнения с гиперболическими функциями, по которым можно определить напряжение, ток и мощность в любой точке линии, при отсчете длины l_1 (частоты) от начала:



$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{U}_1 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) - \dot{I}_1 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1); \\ \dot{I} &= \dot{I}_1 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) - \dot{U}_1 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_1) / Z_B. \end{aligned}$$

Если известны комплексные значения \dot{U}_2 и \dot{I}_2 в конце линии, то \dot{U} и \dot{I} в любой точке линии на расстоянии l_2 (частоты) от её конца можно записать:



$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{U}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) + \dot{I}_2 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2); \\ \dot{I} &= \dot{I}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_2) / Z_B \end{aligned}$$

Уравнения, связывающие параметры начала линии \dot{U}_1 и \dot{I}_1 с параметрами конца линии \dot{U}_2 и \dot{I}_2 :

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= \dot{U}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) + \dot{I}_2 Z_B \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0); \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_2 \operatorname{ch}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) + \dot{U}_2 \cdot \operatorname{sh}(\dot{\gamma}_0 \cdot l_0) / Z_B. \end{aligned}$$

где l_0 – полная длина линии,

$$\dot{\gamma}_0 = \sqrt{\dot{Z}_0 \cdot \dot{Y}_0} = (g_0 + j\omega_0 C_0) \dot{Z}_B = \beta_0 + j\alpha_0 \quad \text{коэффициент}$$

распространения волны, $\dot{Z}_B = \sqrt{\frac{\dot{Z}_0}{\dot{Y}_0}} = \sqrt{\frac{r_0 + j\omega_0 L_0}{g_0 + j\omega_0 C_0}}$ – волновое сопротивление линии,

β_0 - коэффициент затухания, α_0 - коэффициент фазы, $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0$ - круговая частота; f_0 - частота переменного тока, L_0, C_0, r_0, g_0 - погонные параметры линии.

В качестве базисных величин примем $\dot{S}_B = \dot{P}_0$ и $U_B = U_{ном}$, где $\dot{P}_0 = U_{ном}^2 / \dot{Z}_B$ - натуральная мощность.

Тогда базисное сопротивление $\dot{Z}_B = \dot{Z}_B$ равно волновому сопротивлению, а базисный ток $\dot{I}_B = \dot{P}_0$.

В относительных единицах уравнения линии, при отсчете координаты $l_1 (\dot{\gamma}_1)$ от начала примут вид:

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 ch \dot{\gamma}_1 - \dot{I}_1 \cdot sh \dot{\gamma}_1;$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_1 ch \dot{\gamma}_1 - \dot{U}_1 \cdot sh \dot{\gamma}_1.$$

При отсчете координаты $l_2 (\dot{\gamma}_2)$ от конца:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 ch \dot{\gamma}_2 + \dot{I}_2 \cdot sh \dot{\gamma}_2;$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 ch \dot{\gamma}_2 + \dot{U}_2 \cdot sh \dot{\gamma}_2.$$

При не учете потерь ($\beta_0 = 0$) уравнения линии в относительных единицах примут вид:

- при отсчете координаты $l_1 (\lambda_1)$ от начала линии:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \cos \lambda_1 - j \dot{I}_2 \cdot \sin \lambda_1;$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 \cos \lambda_1 - j \dot{U}_2 \cdot \sin \lambda_1,$$

где $\lambda_1 = \alpha_0 \cdot l_1$ - текущее значение волновой длины между рассматриваемой точкой и началом линии.

- при отсчете координаты $l_2 (\lambda_2)$ от конца линии:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_2 \cos \lambda_2 + j \dot{I}_2 \cdot \sin \lambda_2;$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 \cos \lambda_2 + j \dot{U}_2 \cdot \sin \lambda_2,$$

где $\lambda_2 = \alpha_0 \cdot l_2$ - текущее значение волновой длины между рассматриваемой точкой и разомкнутым концом линии.

Режим холостого хода при стабилизации напряжения источника ($0 < l_0 \leq 1500 \text{ км}$), т.е. ($0 < \lambda_0 \leq \pi/2$).

В режиме холостого хода, ток в конце линии $I_{НАГ} = I_2 = 0$.

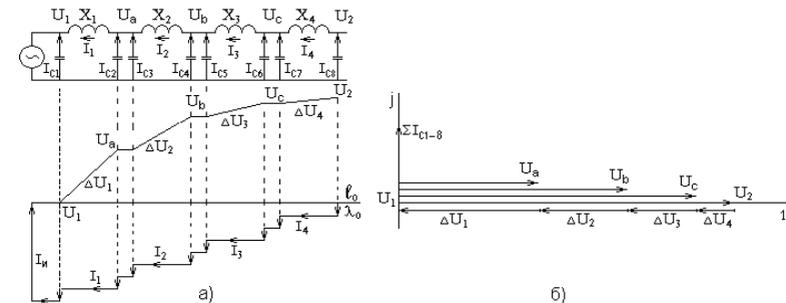
При не учете активных сопротивлений и проводимостей, отсчитывая от конца линии λ_2 и изменяя ее от 0 до $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0$ можно определить распределение тока, напряжения и реактивной мощности по формулам:

$$U(l) = U_2 \cos \lambda_2; I(l) = jU_2 \sin \lambda_2;$$

$$Q(l) = U(l) \cdot I(l) = jU_2^2 \cos \lambda_2 \cdot \sin \lambda_2 = j \frac{1}{2} U_2^2 \sin 2\lambda_2.$$

В рассматриваемом режиме напряжение во всех точках линии имеет одинаковую фазу. Действительно, для мгновенного значения напряжения при холостом ходе получим $u(l, t) = U_2 \cos \lambda \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$. Согласно этому соотношению, напряжение во всей линии совпадает по фазе (рисунок 2, б), а ток, протекающий по линии, опережает напряжение на 90° , т.е. имеет чисто емкостной характер и направлен в сторону источника питания.

Разбив условно всю линию на элементарные участки, можно изобразить ее эквивалентную электрическую схему в виде последовательно соединенной цепочки ячеек, состоящих из индуктивностей X_i и включенных между проводами емкостей C_i (рисунок 2, а). Эта эквивалентная схема позволяет выяснить целый ряд важных свойств и особенностей работы линий.



а) изменение тока и напряжения вдоль линии;

б) векторная диаграмма напряжений вдоль линии.

Рисунок 2 – Режим холостого хода линии при $\lambda_0 = 90^\circ$

При построении зависимостей, $U(\lambda)$ и $I(\lambda)$ на рисунке 2 принято допущение – токи и реактивные мощности, генерируемые всеми емкостями линии одинаковые. В действительности $I_{Ci} = U_i \cdot \omega_0 \cdot C_i = U_i \cdot b_i$, $Q_i = U_i^2 \cdot b_i$, зависят от приложенного к емкости напряжения.

На рисунке 2, 3 изображено распределение действующих токов и напряжений для случая, когда $\alpha_0 \cdot l_0 = \pi/2$, т.е. длина линии равна четверти длины волны.

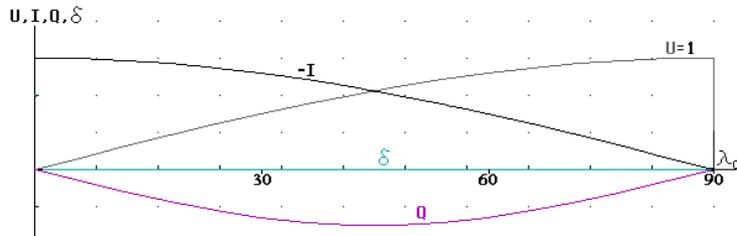


Рисунок 3 – Изменение в режиме х.х. тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии

Как видно из рисунков 2, 3 в режиме холостого хода, при стабилизации напряжения в конце линии, напряжение в начале линии $U_1 = 0$, а реактивный ток, стекающий в источник равен $I_1 = \sum_1^n I_{Cn} = I_B$. При этом потери напряжения в элементарных индуктивных сопротивлениях от протекания по ним емкостных токов будут иметь только продольную составляющую.

Напряжение в конце линии

$U_2 = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 = \sum \Delta U_i = U_{НОМ}$, т.е. по линии протекает такой емкостной ток, который создает суммарные продольные потери напряжения ΔU_Σ в индуктивностях линии равные $U_{НОМ}$. Здесь $\Delta U_i = I_i \cdot X_i$ (рисунок 2а). При этом реактивная мощность, генерируемая емкостями линии, полностью израсходуется на покрытие потерь мощности в индуктивностях линии, т.е. $\sum_1^n \Delta Q_X = \sum_1^n I_{Cn}^2 \cdot X_i$.

При учете активных сопротивлений и проводимостей напряжение в начале линии имеет небольшую конечную величину (рисунок 3).

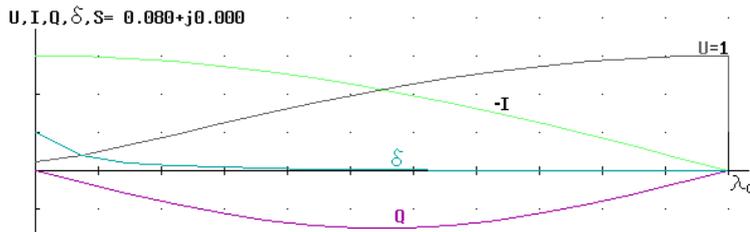


Рисунок 4 – Изменение в режиме х.х.тока, напряжения, реактивной мощности и угла вдоль линии - $\lambda_0 = \pi/2$

Следует отметить, что потери напряжения в линии, при учете активных сопротивлений и проводимостей, состоят из продольной и поперечной составляющих.

При $\alpha_0 l_0 = 90^\circ$ из формулы $\dot{U}_2 = \dot{U}_1 \operatorname{ch} \gamma_1 - \dot{I}_1 \cdot \operatorname{sh} \gamma_1$ при $U_2 = 1$ и $Q_1 = 0$, $\dot{U}_1 = (1 + P_1 \cdot \operatorname{jsh}(\beta_0 l_0)) / \operatorname{ch}(\beta_0 l_0) = \operatorname{sech}(\beta_0 l_0) + \operatorname{jP}_1 \cdot \operatorname{th}(\beta_0 l_0)$.

Так как $\operatorname{sech}(\beta_0 l_0) \approx 0$ и $\operatorname{th}(\beta_0 l_0) \approx 1$, то $\dot{U}_1 = \operatorname{jP}_1$.

Таким образом, напряжение в точке, расположенной на расстоянии 1500 км ($\alpha_0 l_0 = 90^\circ$), отсчитанного от конца линии, в относительных единицах равно величине активной мощности, поступающей в линию, идущую на покрытие потерь, а угол между напряжениями в начале и конце такой длинны линии $\lambda_x = 90^\circ$.

По мере уменьшения длины линии на величину Δl , при условии, что напряжение в конце линии равно $U_{НОМ}$, напряжение в начале линии U_1 будет увеличиваться на величину, равную $U_{\Delta l} = I_{\Delta l} \cdot X_{\Delta l} = U_2 \cdot \cos(\alpha_0 \cdot \Delta l)$, где $X_{\Delta l}$ - реактивное сопротивление участка линии длиной $\Delta l = 1500 - l_0$; $I_{\Delta l}$ - емкостной ток, генерируемый этим участком линии; l_0 - длина линии.

На рисунке 3, 4 величины U_1, I_1, Q_1 и распределение $U(\lambda), I(\lambda), Q(\lambda)$ вдоль линии можно определить, переместив начало координат влево на Δl .

При поддержании напряжения в начале линии U_1 , отличного от расчетного, напряжение в конце линии определится $U_2 = U_1 / \cos \lambda_0$ и

не будет равно $U_{НОМ}$. При этом ток в начале линии $I_1 = \operatorname{jU}_2 \sin \lambda_0$.

Очевидно, что при $r_0 = g_0 = 0$, $\lambda_0 = \pi/2$ и $U_1 \neq 0$ напряжение в конце линии и ток в начале линии будут стремиться в бесконечность. Произойдет пробой изоляции и электропередача перейдет в устойчивый режим короткого замыкания. В коротких линиях при $U_1 \neq 0$ напряжение в конце будет больше чем в начале линии на величину ΔU_Σ . Причиной повышения напряжения в конце линии является протекание емкостного тока в сторону источника питания.

При стабилизации напряжения U_1 в начале линии, при не учете активных сопротивлений и проводимостей, расчет распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии выполняется при отсчете от конца линии λ_2 и изменении ее от 0 до $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0$ по формулам:

$$U(l) = U_1 \frac{\cos \lambda_2}{\cos \lambda_0};$$

$$I(l) = jU_1 \frac{\sin \lambda_2}{\cos \lambda_0}; Q(l) = U(l) \cdot I(l) = -j \frac{U_1^2}{2 \cdot \cos^2 \lambda_0} \sin 2\lambda_2.$$

На рисунке 4 приведено распределение тока, напряжения и реактивной мощности вдоль линии: $\lambda_0 = \pi/3$.

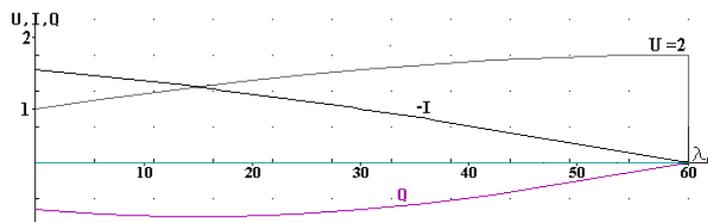


Рисунок 5 – Изменение в режиме х.х.тока, напряжения, реактивной мощности вдоль линии: $\lambda_0 = \pi/3$

При длинах линии близких к 1500 км напряжение в конце и ток в начале линии будут иметь очень большие величины, т.к. из-за повышения напряжения вдоль линии генерируются огромные емкостные токи и мощности. Часть реактивной мощности теряется в индуктивностях линии $\Delta Q_X = \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot X_i$, остальная течет в сторону источника питания. Следует отметить, что повышение напряжения вдоль линии вызовет ионизацию воздуха вокруг проводов, а это в свою очередь приведет к увеличению емкостной проводимости между проводами, проводами и землей. Такое повышение погонной емкости увеличит α_0 и соответственно уменьшит длину линии при которой произойдет резонанс напряжения.

Избыток реактивной мощности необходимо компенсировать эквивалентной шунтирующей индуктивностью. Если это не выполнить, то избыточная реактивная мощность растечется по примыкающим электрическим сетям (продольным индуктивностям) и вызовет повышение напряжения во всей энергосистеме, а также размагничивание генераторов, трансформаторов и т.п.

В режиме холостого хода напряжение в конце линии будет в $K_U = U_2 / U_1 = 1 / \cos \lambda_0 = \sec \lambda_0$ раз больше напряжения в начале линии.

Рассмотрим режим холостого хода длинной линии на основании теории падающих и отраженных электромагнитных волн.

Пусть в момент включения линии напряжение на шинах генератора имеет нулевое значение. По мере увеличения амплитуды напряжения на шинах генератора амплитуда напряжения вдоль линии также будет возрастать по мере удаления от генератора.

Через четверть периода $t = T/4 = 0,005\text{с}$ (где $T = 0,02\text{с}$ - период напряжения генератора при частоте сети 50 Гц) волна напряжения распространится на расстояние, равное четверти длины волны $\lambda_0 = \alpha_0 \cdot l_0 = 90^\circ$. При этом напряжение в конце линии будет равно нулю, а напряжение на зажимах генератора будет равно максимальной величине. Еще через четверть периода напряжение на зажимах генератора будет равно нулю, а в конце линии максимальным по величине.

Возрастающее между проводами линии генераторное напряжение порождает ток заряда погонной емкости линии (ток смещения). Этот ток смещения, связанный с напряжением поперёк линии, опережает напряжение на 90° . Следует подчеркнуть, что ток заряда погонной емкости не течет от источника по линии, так как в продольных индуктивностях возникла бы э.д.с. самоиндукции, которая привела бы к снижению напряжения на следующем участке линии.

По мере увеличения заряда ток в погонной емкости убывает и доходит до нуля в момент достижения максимума напряжения. При этом напряжение поперёк линии, строго следуя за напряжением генератора, направлено навстречу напряжению генератора. При заряде погонной емкости возникает магнитное поле в перпендикулярной плоскости линии, которое перемещается от начала к концу линии и по законам электромагнитной индукции порождает вихревое электрическое поле снова в плоскости линии опережающее вихрь тока. Тем самым порождается распространение напряжения вдоль линии и тока проводимости в проводах линии (Рисунок 6).

После прохождения максимума напряжения начинается разряд погонной емкости вдоль линии. Причем, разрядная волна емкостного тока движется от начала линии к концу. В результате этого движения тока, в сторону источника, возникает продольный магнитный поток $\Delta \Phi = \omega_0 L_0 \cdot I \cdot \Delta l = X_i \cdot I_i \cdot \Delta l$, который также перемещается от начала к концу линии. Изменение этого потока создаст в участке провода э.д.с. самоиндукции $\Delta U = -\Delta \Phi / \Delta t = -(\omega_0 L_0 \cdot I) \Delta l / \Delta t$ со знаком плюс по отношению напряжения линии, так как ток направлен в сторону генератора. При этом магнитный поток в начале линии компенсируется магнитным потоком генератора.

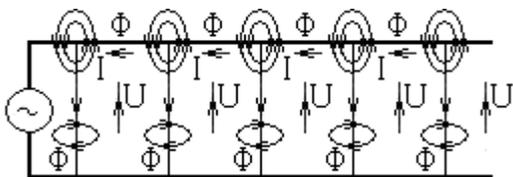


Рисунок 6 – Распространение электромагнитной волны вдоль линии

Итак, под действием переменного напряжения генератора дважды за период происходит заряд погонной емкости (первая и третья четверти периода) и дважды ее разряд (вторая и четвертая четверти периода). Но так как чередующиеся один за другим заряды и разряды погонной емкости сопровождаются каждый раз прохождением зарядного и разрядного токов, то мы можем заключить, что в линии возникают вихревые магнитные поля в поперечной и продольной плоскости линии.

ЛИТЕРАТУРА

1 В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Д. В. Говорун, Н. М. Падруль, А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов. Работа электропередачи при двухсторонней стабилизации напряжения. // Вестник ПГУ, №2, Энергетическая серия Павлодар. - 2014 г.

2 В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Н. М. Падруль, А. М. Акаев, А. Н. Аяганов, С. С. Жарасов. Эффективность применения устройств FACTS в электропередаче Экибастуз – Кокчетав – Кустанай. // Вестник ПГУ, №1, Энергетическая серия Павлодар. - 2014 г.

3 В. Ф. Говорун, О. В. Говорун, Н. М. Падруль, Г. М. Искара, Ж. Б. Мусаев. Режимы работы четвертьволновой линии. // Вестник ПГУ, №1, Энергетическая серия Павлодар. - 2017 г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД НА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

ДАНИЛОВ М. А.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ВОЛГИН М. Е.

к.т.н., доцент, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Одной из основных задач, решаемой в промышленной электроэнергетике, является снижение потерь электроэнергии в

электрических сетях. В настоящее время потери электроэнергии в электрических сетях Казахстана в зависимости от класса напряжения составляют от 5% до 20%, что выше по сравнению с уровнями потерь в странах ОЭСР. Это обстоятельство свидетельствует об актуальности повышения эффективности транспортировки электроэнергии в Казахстане.

Предприятия электроэнергетики несут два вида потерь: нагрузочные и условно-постоянные (не зависят от нагрузки). Первые имеют место в 24,7 %, а вторые в 75,3 % от общего числа потерь. Нагрузочные потери состоят из 86 % потерь в ЛЭП и 14 % потерь в трансформаторах.

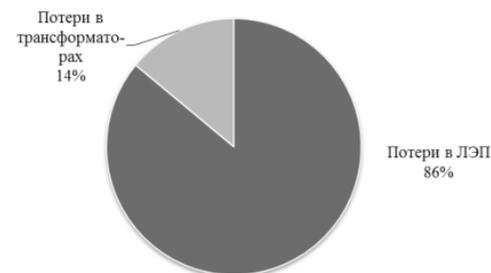


Рисунок 1 – Состав нагрузочных потерь электроэнергии в сетях предприятий энергетики и электрификации

Условно-постоянные потери состоят из 67 % потерь холостого хода трансформаторов, 11 % расходов на собственные нужды подстанций и 22 % прочих потерь (см. рис. 2).

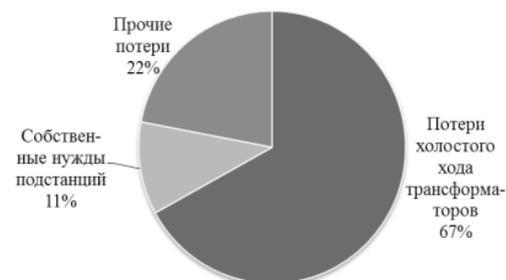


Рисунок 2 – Состав условно-постоянных потерь электроэнергии в сетях предприятий энергетики и электрификации

Высокое качество электрической энергии зависит от должного выполнения требований при производстве электроэнергии, её бесперебойной передачи и распределения по надежным сетям.

К снижению качества электроэнергии приводит следующее: износ энергооборудования, рост числа погрешностей измерительных приборов, сбои систем автоматики и релейной защиты, проблемы в работе конденсаторных установок из-за резонанса на высших гармониках, повышенный уровень потерь энергии и мощности, снижение производительности электрооборудования и технологического процесса, повышенное потребление энергии вследствие увеличения длительности технологического процесса, снижение КПД оборудования и т.д.

При реализации известных способов повышения эффективности систем электроснабжения (выбор рациональных уровней напряжений; уменьшение длин и плотностей тока в линиях электропередачи; мощности и числа трансформаторов) узловыми вопросами в области дальнейшего повышения эффективности систем являются:

1) оценка роли силовых трансформаторов напряжением 6-35/0,4 кВ с позиций энергосбережения и обеспечения качества электроэнергии, так как именно через них обеспечивается более 80% потребности в электроэнергии;

2) исследование распространения электромагнитных помех в электротехнических системах;

3) решение проблем, связанных с использованием конденсаторных установок для компенсации реактивной мощности.

В качестве примера, под понятием «эффективное использование электроэнергии» или «повышение эффективности электроснабжения» понимают отношение теоретического минимума работы, необходимой для осуществления данного технологического процесса, к фактически затраченной полезной работе. Следует констатировать, что повышение эффективности по одной из целевых задач, как правило, приводит к повышению эффективности системы электроснабжения по одной или нескольким другим целевым задачам. Например, замена ламп накаливания или газоразрядных ламп на энергосберегающие обеспечивает снижение потребления электроэнергии в 5-6 раз и значительно повышает эксплуатационную эффективность электрических сетей, питающих эти лампы.

Собственные нужды крупных электростанций, работающих на сжигании угля, являются достаточно энергоёмкими, что определяет необходимую оптимизацию параметров их систем электроснабжения. Так, на электростанции в городе Аксу (Павлодарская область, Республика Казахстан) с установленной мощностью 2475 МВт (5 энергоблоков с мощностью 300 МВт, 3 энергоблока с мощностью 325 МВт), мощность, отдаваемая в электрическую сеть СН, составляет

порядка 25 МВт на каждый энергоблок. Такая мощность соизмерима с мощностью, необходимой для среднего промышленного предприятия.

Анализ существующей системы электроснабжения собственных нужд станции показал, что при её значительной протяженности и разветвленности, имеет место отсутствие каких-либо специальных организационных мер и технических средств по выполнению программы энергосбережения. Неоправданные потери электроэнергии определяются отсутствием устройств для компенсации реактивной мощности, использованием устаревшего парка электрических двигателей напряжением 6 кВ.

Использование устаревшего электротехнического оборудования (силовые трансформаторы 6/0,4 кВ, коммутационные аппараты) в определённой мере также снижают технико-экономические показатели системы электроснабжения.

Даже самые приближенные расчеты показывают, что потери мощности в электрической сети собственных нужд составляют порядка 3500–4200 кВт. Только при установке компенсирующих устройств в узлах нагрузки на предприятии (СН) с круглосуточным режимом работы потери мощности значительно уменьшатся и составят 1250–1700 кВт.

Проведение анализа по выявлению причин, определяющих неоправданные потери электроэнергии, показало необходимость установки компенсирующих устройств фильтров гармоник и прочих мер по повышению эффективности системы электроснабжения, что приведёт к снижению затрат электроэнергии на собственные нужды. Из этого последует снижение себестоимости производства, экономия природных ресурсов, снижение выбросов в атмосферу и так далее.

ЛИТЕРАТУРА

1 Федоров А. А., Каменева В. В. Основы электроснабжения промышленных предприятий : Учебник для вузов. – 4-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с., ил.

2 Орлова И. Н. Производство и распределение электрической энергии : электротехнический справочник / Под общ.ред. профессоров МЭИ: И. Н. Орлова (гл. ред.) и др. – 7-е изд., испр. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1988.

3 Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования : учеб.пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989.

СОЗДАНИЕ МАЛОГО ИНЖИНИРИНГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ПРЕДОСТАВЛЕНИЮ УСЛУГ ВНЕДРЕНИЯ ВИЭ

КИСЛОВ А. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

НЕФТИСОВ А. В.

доктор Phd, ассоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ДЖУСУПОВ А. К.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Последние десятилетия сфера услуг на мировом рынке характеризуется как одна из наиболее динамично развивающихся секторов мировой экономики. Динамичный прорыв услуг на мировом рынке является одним из важнейших и значимых явлений в ВВП промышленно-развитых и развивающихся стран. Стремительный рост международных операций по торговле инженерно-консалтинговыми услугами выделил их в самостоятельный вид международной торговли, что привело к образованию мирового рынка инжиниринговых услуг.

На современном этапе мировой экономики происходит постоянное увеличение объемов и суммарной стоимости инжиниринговых услуг, являющихся предметом международной торговли. Все большее количество стран экспортируют инжиниринговые услуги, которые чаще всего сопровождаются поставками машин, оборудования, средств коммуникаций, проектной документации и инновационных технологий, в связи с чем, значение рынка инжиниринговых услуг трудно переоценить.

Основной целью инжиниринговых услуг является оценка всех аспектов технических требований, технико-экономических обоснований и инженерных проектов на предмет их соответствия установленным регуляторами региональным стандартам и нормативам. По оценкам аналитиков Союза инжиниринговых компаний Республики Казахстан, именно отсутствие системы подготовки инженерных кадров, государственной политики в сфере осуществления образовательных программ по инжинирингу является на сегодняшний день определенным сдерживающим фактором в развитии инжиниринговых услуг в Казахстане [1].

Данная работа пишется в рамках магистерской диссертации и предполагает создание малого инжинирингового предприятия по предоставлению услуг внедрения ВИЭ в деятельность домашних хозяйств и юридических субъектов Павлодарской области.

Цель – способствовать развитию использования ВИЭ в Павлодарской области.

Задачи проекта:

- проведение маркетинговых исследований рынка ВИЭ;
- разработка технологии производства услуг (изучение местности, расчет мощности, разработка схемы питания, закупка оборудования, установка оборудования);
- обоснование и подбор необходимого основного капитала;
- обоснование оборотных средств;
- выполнение технико-экономического обоснования;
- поиск и заключение договоров с потенциальными партнерами;
- обоснование бизнес-модели;
- разработка фирменного бренда;
- регистрация предпринимательской деятельности.

Настоящий проект будет финансироваться за счет:

- привлеченных инвестиций;
- заемных инвестиций;
- собственных инвестиций.

Структура инвестиции по источникам финансирования представлена в таблице 1.

Таблица 1– Структура инвестиции по источникам финансирования

Источники финансирования инвестиций	Структура, %
Привлеченные средства	40
Заемные средства	20
Собственные средства	20
Итого	100

Величина и структура инвестиции по целевому назначению представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Величина и структура инвестиции по целевому назначению

Направления инвестиционных вложений	Сумма, тенге	Структура, %
Инвестиции в основной капитал	1500000	30
Инвестиции в оборотный капитал	3000000	61
Инвестиции в HR-ресурсы	450000	9
Итого	4950000	100

Основной удельный вес в структуре инвестиции будет занимать основные и оборотные средства.

Реализация бизнес-проекта прямо и косвенно взаимосвязана с основополагающими стратегическими государственными программами:

- Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017-2021 годы;
- Государственная программа «Дорожная карта бизнеса – 2020»;
- Стратегия «Казахстан 2050»;
- Концепция по переходу Республики Казахстан к «Зеленой экономике»;
- Закон РК «Об электроэнергетике»;
- Закон РК «О поддержке использования возобновляемых источников энергии».[2]

Инжиниринговое предприятие будет предоставлять следующие виды услуг:

- инжиниринговая услуга по внедрению ВИЭ на принципах использования солнечных батарей;
- инжиниринговая услуга по внедрению ВИЭ на принципах использования ветрогенератора;
- инжиниринговая услуга по внедрению ВИЭ на принципах использования гибридных систем электроснабжения;
- продажа и обслуживание солнечных батарей, ветрогенераторов;
- обучающий консалтинг по обслуживанию установок ВИЭ;
- инжиниринговые услуги по оптимизации затрат на энергоресурсы.

Инжиниринговая услуга по внедрению ВИЭ на принципах использования солнечных батарей позволит создать основы для экономии затрат на освещение жилых и производственных помещений, а также их теплоснабжение. Установленная мощность солнечных батарей от 100 Вт до 10 кВт. Система регулируется автоматически на основе контроллера «Micom».

Инжиниринговая услуга по внедрению ВИЭ на принципах использования ветрогенератора позволит создать основы для экономии затрат на освещение жилых и производственных помещений. Установленная мощность ветрогенераторов от 100 Вт до 10 кВт. Система регулируется автоматически на основе контроллера «Micom»

Инжиниринговая услуга по внедрению ВИЭ на принципах использования гибридных систем электроснабжения батарей позволит создать основы для экономии затрат на освещение жилых и производственных помещений, а также их теплоснабжение. Установленная мощность солнечных батарей от 100 Вт до 10 кВт.

Система регулируется автоматически на основе контроллера «Micom» [3 с. 112-116].

В обучающем консалтинге по обслуживанию установок ВИЭ проводится курс лекций и практик по обслуживанию оборудования ВИЭ.

Инжиниринговая услуга по оптимизации затрат на энергоресурсы заключается в анализе и сборе данных о затратах энергоресурсов, заключении и принятию мер по уменьшению затрат. Солнечная электростанция для дома предназначена для использования на даче, коттедже, загородном доме в качестве системы резервного или автономного электроснабжения.

Формулировка целей и задач использования ВИЭ совместно с заказчиком.

- Проведение энергоаудита по потребляемым мощностям и состояние электросетей.

- разработка коммерческого предложения (место установки ВИЭ, место установки контроллера и аккумуляторов, схему электроснабжения помещений, рекомендации по обслуживанию ВИЭ, консалтинг и гарантийные обязательства);

- заключение договора на оказание инжиниринговых услуг;
- получение предоплаты за услуги;
- реализация инжинирингового проекта (монтаж энергопомощностей);
- сдача объекта и подписания акта выполненных работ;
- полный взаиморасчет;
- предоставление сервисного обслуживания.

В перспективе уменьшить долю закупаемого оборудования, установив цех по производству солнечных батарей, ветроустановок, разработки контроллеров.

Маркетинговая политика предприятия будет ориентирована на следующих потребителей: малые и средние агропромышленные предприятия, частные дома, ЖКХ.

Основные потребители представлены на рисунке 1.

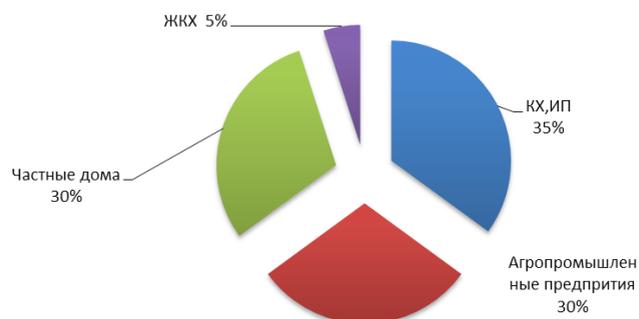


Рисунок 1 – Сегментирование потребителей

Для потребителя решаются следующие проблемы:

- надежность электроснабжения в любое время;
- автономность от общих электросетей;
- экономия средств и возможность зарабатывать на продаже излишек электричества.

Стимулирование сбыта будет выстроено на принципах мультимедийной связи с потребителями. Среднесрочная стратегия построения системы стимулирования сбыта [4 с.332-345] представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Среднесрочная мультимедийная стратегия построения системы стимулирования сбыта

Инструментарий стимулирования сбыта	Содержание контента	Целевые ориентиры
Брендинг компании	Разработка фирменного бренда	100% узнаваемость компании на рынке
Instagram	Видеоролики, посты, обсуждения, информация	Прямая связь с потребителями
Youtube	Организация и ведение канала	Расширение круга заинтересованных лиц
Интернет сайт	Полноценная и исчерпывающая информация об предприятии	Создание имиджа в лице потребителей
Наружная реклама	Билборды, реклама на общественном транспорте.	Наружная реклама всегда работает на узнаваемость бренда

Расчет инвестиций в основной капитал представлен в таблице 4

Таблица 4 – Расчет инвестиций в основной капитал

Наименование основных производственных фондов	Первоначальная стоимость, тенге	Ликвидационная стоимость (2%), тенге	Срок службы, годы
Перфоратор (Bosch GBH 180 LI)	122400	2488	4
Шуруповерт (Bosch GSR 180 LI)	48960	980	4
Сварочный аппарат (Ресанта САИ-250)	61200	1224	4
Набор инструментов (STELS 14116)	41310	827	5
Стремянка (Krause)	51000	1020	5
Страховочные тросы, карабины	15300	306	3
Набор спецодежда	40800	816	1
Моноблок (Acer Aspire C24-865)	312120	6243	2.5
МФУ (Canon i-SENSYS MF3010)	109140	2183	2.5
Офисная мебель	153000	3060	-
Производственный-хозяйственный инвентарь	20400	408	-
Итого:	837930	16759	-

Расчет инвестиций в оборотный капитал предприятия определяется на основании проектирования производственной программы. Производственная программа определяется по формуле:

$$P_{пр.} = P_{м.} \cdot k_{м.}$$

где $P_{пр.}$ – производственная программа предприятия;

$P_{м.}$ – производственная мощность предприятия;

$k_{м.}$ – коэффициент использования производственной мощности.

При производственной мощности 7 инжиниринговых проектов в месяц, коэффициент использования производственной мощности 71 % производственная программа предприятия составит

$$71\% \cdot 7 \approx 5 \text{ инж.проектов}$$

Расчет оборотных средств выполняется по формуле:

$$Z_{м.} = \eta_{м.} \cdot P_{пр.} \cdot Ц_{м.}$$

где $Z_{м.}$ – затраты на приобретение материальных ресурсов;

$P_{пр.}$ – нормы расхода материальных и топливно-энергетических ресурсов;

$Ц_{м.}$ – рыночная цена на приобретение материальных ресурсов.

Расчет потребности бизнес-проекта в оборотных средствах представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет оборотного капитала (оборотных средств)

Наименование материальных ресурсов	Нормы расхода на единицу производственной программы, ед. изм.	Производственная программа, ед. изм.	Цена на материальные ресурсы, тенге	Общая потребность в оборотных средствах, тенге
Солнечные панели	11	5	68000	3740000
Инвертор	1	5	221000	1105000
Контроллер	1	5	280000	1400000
Ак батареи	4	5	180000	3600000
Кабель (Медь)	50	5	200	50000
Ферма	1	5	20000	100000
Монтажный расходный материал	-	5	10000	50000
Транспортно-заготовительные расходы (2%)	-	-	-	200900
Итого	-	-	-	10245900

В комплексе, общие суммарные инвестиции в оборотный капитал (оборотные) средства составят - 10245900 тенге.

Производственные затраты формируют в рамках реализации проекта – производственную себестоимость. Основные экономические элементы производственной себестоимости представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Производственная себестоимость (смета затрат на производство) в расчете на один месяц

Наименование затрат	Значение, тыс. тенге	Структура, %
Материальные затраты	10245900	89,4
Заработная плата	769675	6,7
Отчисления в социальное страхование	41562,45	0,4
Социальный налог	34635,38	0,3
Отчисления в ФОМС	15393,5	0,1
Амортизационные отчисления	24348,59	0,2
Накладные расходы	325000	2,8
Итого	11456515	100%

В рамках реализации проекта цена на готовую продукцию может быть рассчитана по следующей формуле:

$$Ц = Z_{уд.} + H_{п.} + НДС,$$

где

C – цена

$H_{п.}$ – норма прибыли;

$Z_{уд.}$ – удельные затраты (затраты в расчете на единицу производимой продукции (товаров, услуг);

НДС – налог на добавленную стоимость.

$C = 2822885$ тенге

Затраты удельные могут быть рассчитаны по формуле:

$$Z_{уд.} = \frac{Z_{общ.}}{V_{пр-ва}}$$

где

$Z_{уд.}$ – удельные затраты;

$Z_{общ.}$ – общие производственные затраты;

$V_{пр-ва}$ – объем производства товаров (продукции, услуг)

$$Z_{уд.} = 2291303 \text{ тенге за проект}$$

Расчет цены на готовую продукцию представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет цены на готовую продукцию

Затраты удельные, тенге	Норма прибыли, %	НДС, %	Цена, тенге
2291303	10	12	2822885

Ежемесячный доход (поступление денежных средств) может быть рассчитано по формуле:

$$D_{мес.} = П_{пр.} \cdot C,$$

где

$D_{мес.}$ – ежемесячный доход;

$П_{пр.}$ – производственная программа;

C – цена образовательных услуг.

Ежемесячный доход составит $D_{мес.} = 5 \cdot 2822885 = 14114426$ тенге.

Таблица 8 – Экономические показатели по реализации проекта

Наименование показателей	Значение
Производительность труда, тенге/чел. в год	11291541
Рентабельность капитала, %	12,9
Рентабельность образовательных услуг, %	0,71
Общая рентабельность инвестиций, %	0,97
Срок окупаемости инвестиций, годы	1,02

Социальная значимость проекта будет обуславливаться следующими аспектами:

- создание новых рабочих мест;
- перечисление налогов в государственный бюджет;
- развитие региональных институциональных основ по совершенствованию инжиниринговых услуг.

Оценка экономических аспектов социальной значимости проекта представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Оценка экономических аспектов социальной значимости проекта

Экономические параметры (показатели) социальной значимости проекта	Значение
Количество созданных рабочих мест, чел.	5
Годовой фонд оплаты труда основного производственного персонала, тенге	3896400
Годовой объем финансовых отчислений в фонд социального страхования, тенге	498749
Объем отчислений по социальному налогу, тенге	415625
Объем отчислений в ФОМС	184722
Налоговые отчисления по НДС, тенге	3629424
Налоговые отчисления по корпоративному подоходному налогу, тенге	2749320

В целях обеспечения интенсификации бизнес-проекта дополнительно будут привлечены:

- профессиональные консультанты в области экономики и менеджмента;
- консультанты по инжинирингу;
- юрисконсульт.

Выводы

1. Расчет данной работы связан непосредственно с магистерской работой и предполагает создание и развитие действующего малого инжинирингового предприятия по внедрению ВИЭ в Павлодарской области.

2. Социальная значимость проекта будет обуславливаться следующими аспектами: создание новых рабочих мест, перечисление налогов в государственный бюджет, развитие региональных институциональных основ по совершенствованию инжиниринговых услуг.

3. Для децентрализованных потребителей экономически выгодно использование альтернативных источников энергии.

4. Для территории с высокой солнечной инсоляцией целесообразно использование солнечных батарей.

5. Учитывая, что государство выделяет до 80 % субсидии для внедрения ВИЭ в сельском хозяйстве тематика развития становится привлекательной для инвесторов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 https://online.zakon.kz/document/?doc_id=30445263
- 2 <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-inzhiniringovyh-inzhenerno-konsultatsionnyh-uslug-na-mirovom-rynke>
- 3 А. П. Кислов, А. Б. Кайдар, В. П. Марковский, Б. К. Шапкенов. Выбор топологии инвертора с аккумуляторными накопителями. Вестник ПГУ, №2, 2014 г. – С. 112–116, ISSN 1811-1858.
- 4 Арустамов Э. А. Организация предпринимательской деятельности : учеб. пособие для студ. вузов / Арустамов, Э. А., Пахомкин, А. Н., Митрофанова, Т. П. - 3-е изд., испр. - М. : Дашков и К, 2011. - 332 с.;

THE GROUND FAULT ALONG THE LINE

KAIDAR A. B.

project manager, JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan

KAIDAR M. B.

manager, JSC «KazTransGas», Nur-Sultan

SHAPKENOV B. K.

Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar

MARKOVSKIY V. P.

Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar

KISLOV A. P.

Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar

TYULYUGENOVA L. B.

Doctoral student, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar

TALIPOV O. M.

Doctor PhD, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar

The Traction Electrification System (TES) for trams is usually constituted by:

- power substations, containing transformers, AC/DC converters and protective devices;
- an Overhead Contact System (OCS);
- positive feeder cables, connecting the OCS with the positive busbars in the substations;
- negative return conductors, collecting the return current from the rails and bringing it back to the negative busbar in the substation.

It is worth noting that there is a huge difference between these tram systems, running along public urban streets, in a meshed network, and normal rail systems running on separate rights of way, without public access and with mostly straight sections [1-3]. In the former, in fact, the risk due to electric hazards is higher because of the presence of the public in strict contact with the TES, possibly exposed to dangerous voltages in case of fault. In addition to this, the protection of these systems is more difficult, due to the meshed structure of the network and to the high number of vehicles running at the same time.

Currents and voltages have been calculated on the simplified circuit, varying the different parameters in the ranges that have been presented in the previous articles [1-3].

In the case of ground fault in the substation, the fault current is injected into the ground through R_{sg} and flows through R_{ig} and the negative conductors back to the rectifier. In the case of ground fault along the line, instead, the fault current flows to the ground through the fault and flows back to the

substation through the ground resistance of the rails network R_{ig} , without involving the grounding system of the substation. It was noticed that the value of the current absorbed by vehicles (i.e. the pre-fault condition) does not affect considerably the results of the study.

The same remarks are valid for the length of the negative and positive cables: the variation of the value of R^- and R^+ does not affect considerably the results [4-6]. The main parameters which instead influence the fault current magnitude and the voltages are the resistance R_{ig} of the rails network and the resistance R_{ocs} of the OCS[7-10].

In Fig. 1 a summary of the results for the ground fault in the substation is presented.

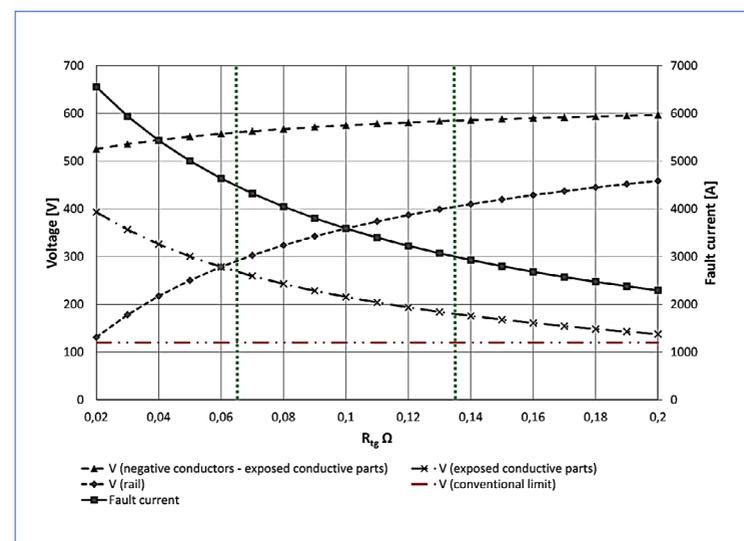


Figure 1 – Ground fault in the substation – results

The fault current can be compared with the settings of the over-current protection to see if it will trip: typical settings of over-current protections are in the range from 3000 A to 4500 A, marked with the green vertical lines in Fig. 1.

On the left side of the vertical lines the circuit breaker trips, while on the right side it does not, as it does not recognize the fault current, leaving dangerous voltages on the exposed conductive parts (ECPs) and between ECPs and return conductors in the substation. Dangerous voltages are also present on the rails, accessible to the public. The conventional limit of 120

V for long-term conditions (to be considered if the circuit breaker does not recognize the fault) is in fact highlighted in the figure with the horizontal red line and for all the range of possible values of R_{ig} the analysed voltages are above this limit.

Also the ground fault along the line has been studied. Two different cases are analysed: a ground fault along the line near the substation and a ground fault along the line far from the substation. In particular in the second case, the resistance of the OCS contributes to the limitation of the fault current, making it difficult for the over-current protection to recognize the fault. The two analysed cases are presented in fig. 2 and fig. 3.

Following the same scheme described before for the ground fault in the substation, we have highlighted also in fig. 6 and fig. 7 the typical setting range of the over-current protections (green vertical lines) and the maximum permissible effective touch voltage (horizontal red line). In the case of fault along the line, the fault currents are higher than in the case of ground fault in the substation, if the fault is close to the substation

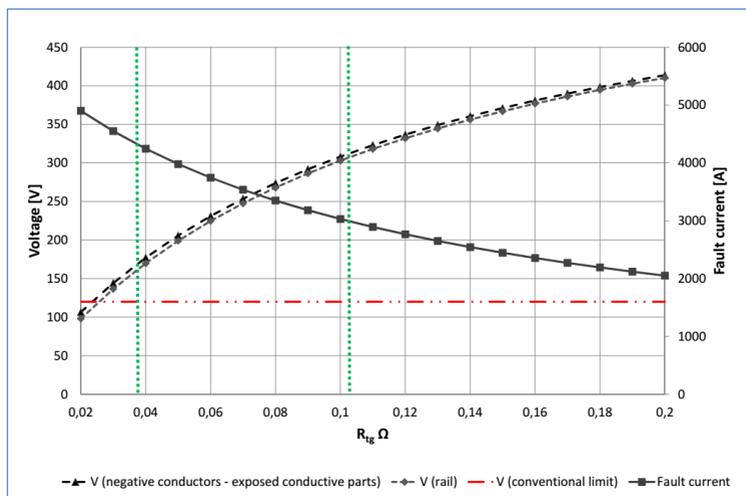


Figure 2 – Ground fault along the line close to the substation - results

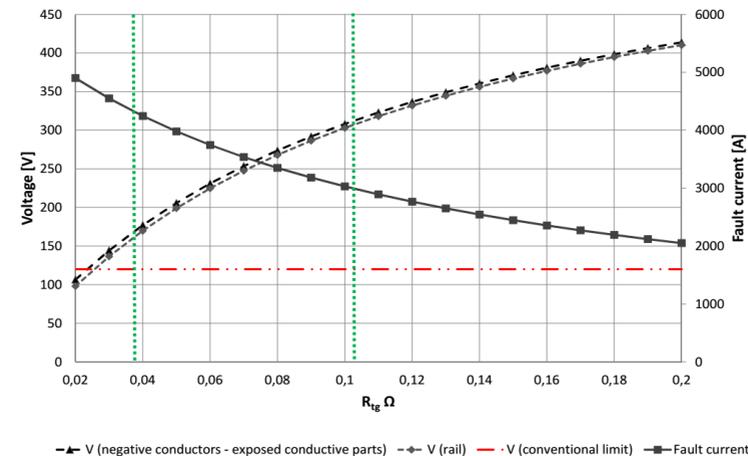


Figure 3 – Ground fault along the line far from the substation – results itself (fig. 2), as they are not limited by the ground resistance R_{ig} . In case instead the fault is far from the substation, as previously said, the resistance of the OCS strongly limits the fault current. In particular in this case, there are again situations in which the fault current is not big enough for being recognized by the over-current protections, and dangerous

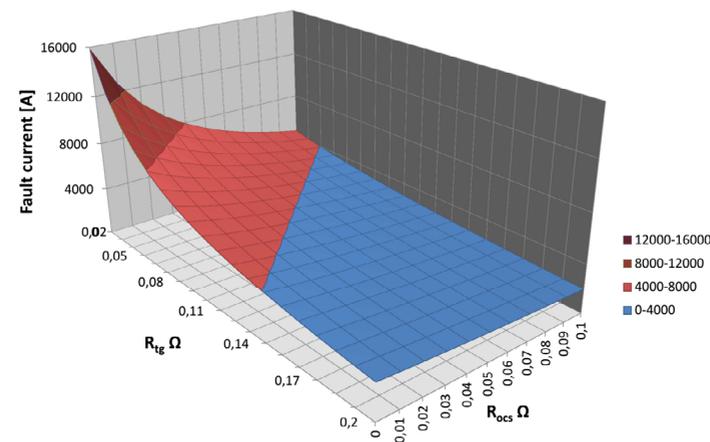


Figure 4 – Fault current for a ground fault along the line

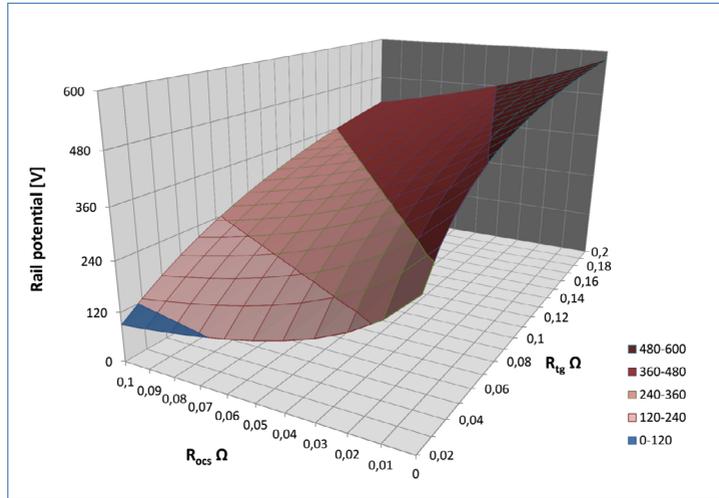


Figure 5 – Rail potential for a ground fault along the line

voltages can last for a long time on the rails and inside the substation between negative conductors and ECPs.

It is interesting to analyse the effect of the variation of the two main parameters, R_{tg} and R_{ocs} , at the same time, on the fault current magnitude and on the rail potential, in case of ground fault along the line.

Fig. 4 shows a 3D representation of the variation of the fault current as a function of R_{tg} and R_{ocs} . If we assume an average setting of the over-current protection of 4000 A, the circuit breaker will trip if the fault is in the lower (blue) area of the 3D plot. For all the other combinations of R_{tg} and R_{ocs} , the circuit breaker will not detect the fault.

Fig. 5 presents instead a 3D representation of the variation of the rail potential as a function of R_{tg} and R_{ocs} . The 3D plot shows that there is only a small portion of the variation range, the lowest part, coloured in blue, where the rail potential is below the safety limit of 120 V.

It is interesting, at this point, to put together the pieces of information provided separately by fig. 4 and fig. 5. For this purpose, the two colour plots, projected on the R_{tg} - R_{ocs} plane, are superimposed exploiting transparency. The result of the combination of the two figures is presented in fig. 6.

By comparing the fault current magnitude with the setting of the over-current protection and the rail potential with the safety limit, it is possible to identify three different areas, highlighted by the coloured borders in fig. 6:

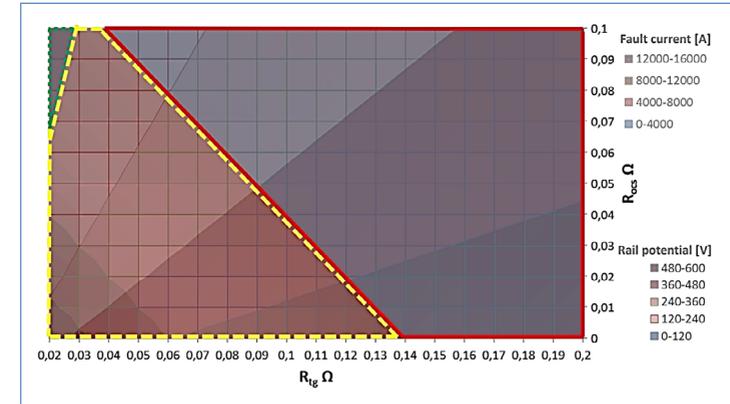


Figure 6 – Fault current and rail potential for a ground fault along the line

- the small area at the top left, surrounded by the green dotted line, where the over-current protection recognizes the fault, where therefore the circuit-breaker trips, even if no dangerous voltages are present because the rail potential is below 120 V ;

- the area on the left, surrounded by the yellow dashed line, where dangerous voltages are present because the rail potential is above 120 V and the circuit breaker trips because the fault current is above the setting of the over-current protection;

- the big area on the right, surrounded by the red solid line, where the rail potential is above the safety limit, but the circuit breaker will not trip, as the fault current is too small to be detected by the over-current protection.

Analysing in particular the third area, the one surrounded by the red solid line, it is clear that, in particular in case the ground fault along the line happens far from the sub-station, dangerous voltages can last for long periods on the rails, accessible to the public, without any tripping of the protections.

If only over-current protections are adopted, in urban rail traction systems potentially dangerous situations can be originated. In fact, the ground fault currents can be lower than the protection settings, both for ground faults inside the substations and for ground faults outside the substations, along the line. In these cases dangerous voltages can last for a long time on the rails, accessible to the public, and inside the substations, on exposed conductive parts and between exposed conductive parts and negative conductors. It is therefore of utmost importance that innovative relays are installed and properly set, in order to recognize short circuit currents from normal operation ones.

The analysis that is presented in this paper has been performed considering a negligible fault impedance. In case the fault impedance is not negligible, the fault current could be even smaller, and therefore more difficult to be detected by common over-current protections.

One partial provision that could improve safety, even if not totally sufficient, would be the installation of a voltage limiting device, which connects the grounding system of the substation with the negative conductors in case the voltage between them is above a certain threshold. This provision would certainly be beneficial for the ground fault in the substation, but would be partially beneficial also for the ground fault along the line.

REFERENCES

1 Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Zhumadirova A. K., Gabdulov A. O., Tyulyugenova L. B., Shonaev D. T., Asylova Zh. E., Asylov N. E. Modular model structure of multi-motor vehicle// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, С. 290-295.

2 Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Zhumadirova A. K., Shonaev D. T., Asylova Zh. E., Asylov N. E. Dynamic model of mechanical part of drives in electrical transport// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, С. 276-290.

3 Kaidar A. B., Kaidar M. B., Potapenko O. G., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Shonaev D. T., Asylova Zh. E., Asylov N. E. Dynamic model of electromechanical part of drives in electrical transport// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, С. 271-275.

4 Railway applications - Fixed installations - Electrical safety, earthing and the return circuit Part 1: Protective provisions against electric shock. Standard EN 50122-1, 2012.

5 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

6 Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей:

монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы: Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

7 Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Tyulyugenova L. B., Shonaev D. T., Asylova Zh. E., Asylov N. E. Aspects on the simulation model of an electric transportation system // Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, С. 258-270.

8 Кайдар М. Б., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Шонаев Д. Т., Асыллов Н. Е., Асылова Ж. Е., Тюлюгенова Л. Б. / Защита тяговых трамвайных сетей// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., доп. том, С. 223-230.

9 Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Кайдар М. Б., Кайдар А. Б. Проблемы быстрого и селективного отключения токов короткого замыкания в сетях городского электрифицированного транспорта// Материалы международной научной конференции молодых ученых, магистрантов, студентов и школьников «XVIII Сатпаевские чтения». – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2018 г., Том 19, С. 168-173.

10 Шапкенов Б.К., Марковский В.П., Кайдар А.Б. / Повышение эффективности инверторов с прямым цифровым управлением//«Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения»: IV Междунар. науч. - практ. конф., посвященная 20 - летию Евразийского национального университета им Л.Н. Гумилева/ – Астана, 2016. – с. 308 – 313. ISBN 978-9965-31-745-3, Ч.1-571 с. , ISBN 978-9965-31-746-0.

SEVERAL NEW METHODS OF TRANSFORMING THE MEASURED QUANTITY USING OPTICAL AND MASS STATE METHODS

K AidAR A. B.
 project manager, JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan
K AidAR M. B.
 manager, JSC «KazTransGas», Nur-Sultan
SHAPKENOV B. K.
 Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar
K ISLOV A. P.
 Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar
MARKOVSKIY V. P.
 Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar
TALIPOV O. M.
 Doctor PhD, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar

A permanent height of energy consumption and overload of power networks are reason of growing necessity of updating of senescent infrastructure of electroenergy industry. This fact presents a substantial problem, as from completion of tenure of employment of equipment the megascopic volume of maintenance is required. In addition, the traditional electro magnetic of transformers has a row of substantial defects following from nature of their work.

In modern energy, as well as in other industries of industry, there is swift motion toward development of digital technologies, therefore, all more often a question rises about the construction of digital substation and already made first advances in this direction.

Thus, in an electroenergy there is a requirement in digital measuring devices tensions that would provide, as compared to traditional transformers, higher parameters of safety and quality of measuring, therefore this project is actual and presents particular interest for development of industry on the whole.

The preceding types of instrument transformers have all been based on electromagnetic principles using a magnetic core [1, 2]. There are now available several new methods of transforming the measured quantity using optical and mass state methods [3, 4].

Optical Instrument Transducers

Figure 1 shows the key features of a freestanding optical instrument transducer.

Non-conventional optical transducers lend themselves to smaller, lighter devices where the overall size and power rating of the unit does not have

any significant bearing on the size and the complexity of the sensor. Small, lightweight insulator structures may be tailor-made to fit optical sensing devices as an integral part of the insulator. Additionally, the non-linear effects and electromagnetic interference problems in the secondary wiring of conventional VTs and CTs are minimized [5].

Optical transducers can be separated in two families: firstly the hybrid transducers, making use of conventional electrical circuit techniques to which are coupled various optical converter systems, and secondly the ‘all-optical’ transducers that are based on fundamental, optical sensing principles.

Optical Sensor Concepts

Certain optical sensing media (glass, crystals, plastics) show a sensitivity to electric and magnetic fields and that some properties of a probing light beam can be altered when passing through them. A simple optical transducer description is shown in Figure 2.

If a beam of light passes through a pair of polarising filters, and if the input and output polarising filters have their axes rotated 45° from each other, only half the light comes through. The reference light input intensity is maintained constant over time. If these two polarising filters remain fixed and a third polarising filter is placed in between them, a random rotation of this middle polariser either clockwise or anticlockwise is monitored as a varying or modulated light output intensity at the light detector.

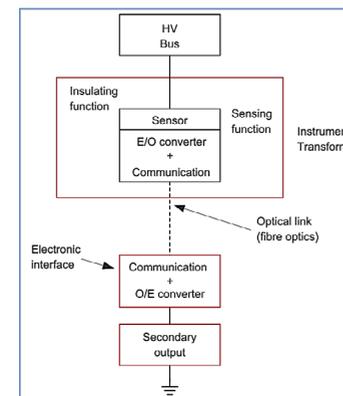


Figure 1 - Typical architecture using optical communication between sensing unit and electronic interface

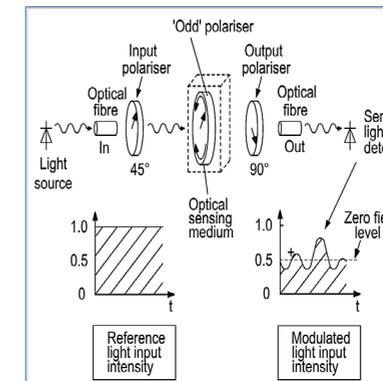


Figure 2 - Schematic representation of the concepts behind the optical sensing of varying electric and magnetic fields

When a block of optical sensing material (glass or crystal) is immersed in a varying magnetic or electric field, it plays the role of the «odd» polariser. Changes in the magnetic or electric field in which the optical sensor is immersed are monitored as a varying intensity of the probing light beam at the light detector. The light output intensity fluctuates around the zero-field level equal to 50 % of the reference light input. This modulation of the light intensity due to the presence of varying fields is converted back to time-varying currents or voltages.

A transducer uses a magneto-optic effect sensor for optical current measuring applications. This reflects the fact that the sensor is not basically sensitive to a current but to the magnetic field generated by this current. Solutions exist using both wrapped fibre optics and bulk glass sensors as the optical sensing medium. However, most optical voltage transducers rely on an electro-optic effect sensor. This reflects the fact that the sensor used is sensitive to the imposed electric field.

Hybrid Transducers

The hybrid family of non-conventional instrument transducers can be divided in two types: those with active sensors and those with passive sensors. The idea behind a transducer with an active sensor is to change the existing output of the conventional instrument transformer into an optically isolated output by adding an optical conversion system (Figure 2). This conversion system may require a power supply of its own: this is the active sensor type. The use of an optical isolating system serves to de-couple the instrument transformer output secondary voltages and currents from earthed or galvanic links. Therefore the only link that remains between the control-room and the switchyard is a fibre optic cable.

All-optical' Transducers

These instrument transformers are based entirely on optical materials and are fully passive. The sensing function is achieved directly by the sensing material and a simple fibre optic cable running between the base of the unit and the sensor location provides the communication link.

The sensing element consists of an optical material that is positioned in the electric or magnetic field to be sensed. The sensitive element of a current measuring device is either located freely in the magnetic field (Figure 3 (a)) or it can be immersed in a field-shaping magnetic «gap» (Figure 3 (b)). In the case of a voltage-sensing device (Figure 3) the same alternatives exist, this time for elements that are sensitive to electric fields. Both sensors can be combined in a single compact housing, providing both a CT and VT to save space in a substation.

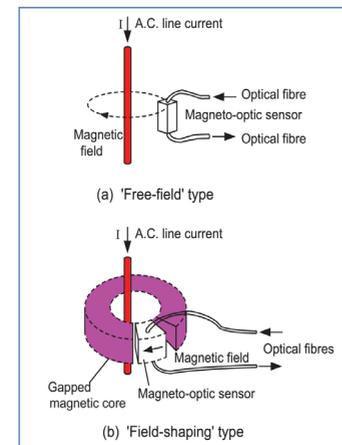


Figure 3 – Optical current sensor based on the magnetic properties of optical materials

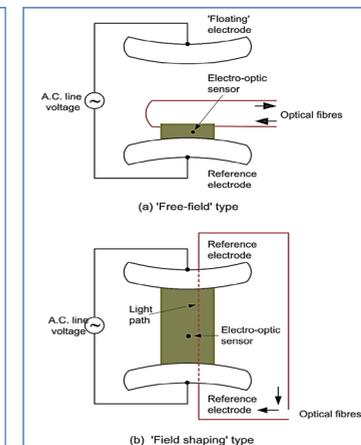


Figure 4 – Optical voltage sensor based on the electrical properties of optical materials

In all cases there is an optical fibre that channels the probing reference light from a source into the medium and another fibre that channels the light back to the analysing circuitry. In sharp contrast with a conventional free-standing instrument transformer, the optical instrument transformer needs an electronic interface module to function.

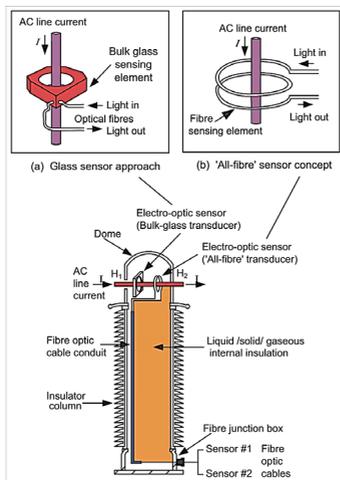


Figure 5 – Conceptual design of a doublesensor optical CT



Figure 6 – Alstom COSI-NXCT F3 flexible optical current transformer in a portable substation application

Therefore its sensing principle (the optical material) is passive but its operational integrity relies on a powered interface.

Typically, current transducers take the shape of a closed loop of light-transparent material, fitted around a straight conductor carrying the line current (Figure 5).

In this case a bulk-glass sensor unit is depicted (Figure 5 (a)), along with a wrapped fibre sensor example, as shown in Figure 5 (b) and Figure 6. Light detectors are very sensitive devices and the sensing material can be selected to scale-up readily for larger currents. However, «all-optical» voltage transducers are not ideally suited to extremely high line voltages. Two concepts using a «full voltage» sensor are shown in Figure 7.

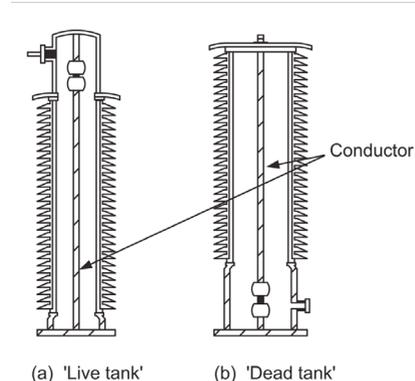


Figure 7 – Optical voltage transducer concepts, using a «full-voltage» sensor



Figure 8 – Installation of a CT with an optical sensor

Other Sensing Systems

There are several other sensing systems that can be used, as described in the following sections.

Zero-flux (Hall Effect) Current Transformer

In this case the sensing element is a semi-conducting wafer that is placed in the gap of a magnetic concentrating ring. This type of transformer is also sensitive to d.c. currents. The transformer requires a power supply that is fed from the line or from a separate power supply. The sensing current is typically 0.1 % of the current to be measured. In its simplest shape, the Hall effect voltage is directly proportional to the magnetizing current to be measured. For more accurate and more sensitive applications, the sensing current is fed through a secondary, multiple-turn winding, placed around the magnetic ring to balance out the gap magnetic field. This zero-flux or null-flux version allows very accurate current measurements in both d.c. and high-frequency applications. A schematic representation of the sensing part is shown in Figure 10.

Hybrid Magnetic-Optical Sensor

This type of transformer is mostly used in applications such as series capacitive compensation of long transmission lines, where a non-grounded measurement of current is required. In this case, several current sensors are required on each phase to achieve capacitor surge protection and balance. The preferred solution is to use small toroidally wound magnetic core transformers connected to fibre optic isolating systems. These sensors are usually active sensors because the isolated systems require a power supply. This is shown in Figure 11.

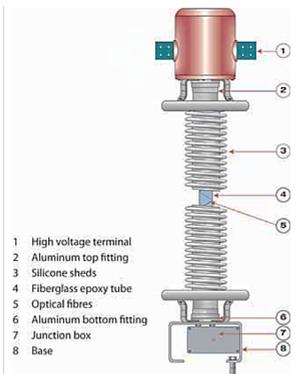


Figure 9 – Cross section of an Alstom CTO 72.5 kV to 765 kV cur-rent transformer with an optical sensor

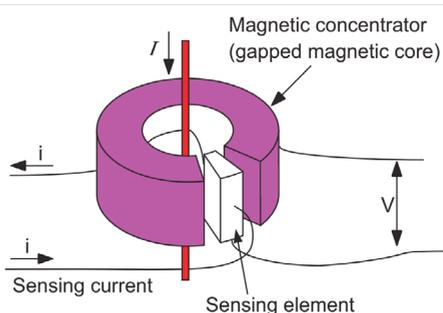


Figure 10 – Conceptual design of a Hall-effect current sensing element fitted in a field-shaping gap

Rogowski Coils

The Rogowski coil is based on the principle of an air-cored current transformer with a very high load impedance. The secondary winding is wound on a toroid of insulation material. In most cases the Rogowski coil is connected to an amplifier, to deliver sufficient power to the connected measuring or protection equipment and to match the input impedance of this equipment. The Rogowski coil requires integration of the magnetic field and therefore has a time and phase delay while the integration is completed. This can be corrected for in a digital protection relay. The schematic representation of the Rogowski coil sensor is shown in Figure 12.

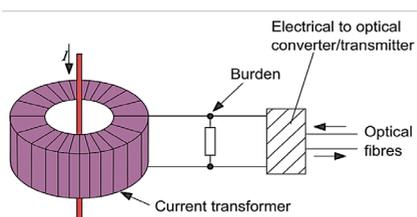


Figure 11 – Design principle of a hybrid magnetic current transformer fitted with an optical transmitter

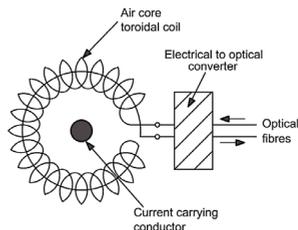


Figure 12 – Schematic representation of a Rogowski coil, used for current sensing

Schematic diagrams of electron-optical transformers are presented. A typical architecture using optical communication between the sensing unit and the electronic interface is presented. Examples of real applications of optical transformers are given. The use of optical current and voltage measuring devices as part of commercial electricity metering systems will save tens of millions of tenge.

REFERENCES

- Шапкенов Б.К., Калиев Б.З., Кайдар А.Б. «Синтез систем автоматического управления объектов с дрейфом параметров и их анализ». Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20 – летию Независимости Республики Казахстан «III Аймауытов тағылымы», 22-23 ноябрь 2011 г., Павлодар, Павлодарский Государственный Университет им. С. Торайгырова, с. 296-307. 0,35 п.л.
- Шапкенов Б.К., Калиев Б.З., Кайдар А.Б., Садыков А.К. Анализ и параметрический синтез стохастических систем управления. Сборник докладов X Международной НПК «Проблемы и достижения в промышленной энергетике» в рамках выставки «Энергетика и электротехника – 2011» 16-18 ноября 2011г., г. Екатеринбург, ЗАО «Уральские выставки», ЗАО «Энергопромышленная компания». 0,35 п.л.
- Калиев Б.З, Кайдар А.Б. Вопросы оптимизации чувствительности к управлению энергетических объектов. Материалы II Международной научно-практической конференции «Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве», 2011, г. Павлодар, Инновационный Евразийский университет, 2 том, с. 177-183.
- Шапкенов Б.К., Кайдар А.Б. «Опыт высокочастотной передачи электрической энергии». Наука и образование в XXI веке: Динамика развития в Евразийском пространстве. Материалы II Междунар научно-практич конф.Инновационный Евразийский университет, Павлодар, 2011. С. Т. 2, 215-218.
- High-frequency generator in resonant regimes Materials of the international scientific-practical conference “Science and education: no language barriers”, Pavlodar, 2011, v. 3, p. 170-174. B.K. Shapkenov, A.B. Kaidar, K.T. Smagulov, T.B. Zhakupov, F.D. Zhantemirov.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБОГРЕВА ЖИЛЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

КАЙДАР А. Б.

м. т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан

КАЙДАР М. Б.

менеджер, ЗАО «Казтрансгаз», г. Нур-Султан

МАРКОВСКИЙ В. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ШАПКЕНОВ Б. К.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ДЮСЕНОВ К. М.

к.т.н., профессор,

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, г. Нур-Султан

Карбоновый обогреватель во многом схож с привычными ИК- обогревателями, но вместо вольфрамовой спирали, в качестве нагревательного элемента используется карбоновое волокно в виде витых лент и шнуров, помещенное в кварцевую трубку, из которой вытеснен воздух. Проходящий через это волокно электрический ток нагревает карбоновую (углеродную) нить накаливания, от чего происходит инфракрасное излучение. ИК лучи, доходя до поверхностей и предметов, прогревают их на глубину около 2 см, после чего уже предметы отдают тепло в окружающее пространство.

Неоспоримым преимуществом перед тепловентиляторами и масляными обогревателями является то, что при малом потреблении электроэнергии эти устройства (рис. 1) обладают высокой теплопроизводительностью. Так, если масляного обогревателя мощностью 1 кВт хватит на прогрев 10 м² площади, то карбоновый, имеющий ту же мощность, обеспечит теплом 30 м², и будет далее поддерживать необходимую температуру.



Рисунок 1 – Напольные карбоновые обогреватели [1]

Благодаря свойствам карбонового волокна, обогреватели такого типа выгодно отличаются от традиционных устройств. Их энергопотребление в 2-2,5 раза ниже при том же КПД [1], имеют компактные размеры, температура нагревательного элемента не может превышать 90 °С. Следовательно, отсутствует негативное влияние на экологию и микроклимат помещения: обогреватель не сушит воздух и не сжигает кислород. Эксплуатационные характеристики, которые присущи обогревателям такого типа, довольно привлекательны для потребителя. К ним можно отнести: экономное энергопотребление; практически неограниченный срок эксплуатации нагревательного элемента, который защищен от проникновения влаги и пыли; компактные размеры и вес в пределах 4-х килограмм; мобильность; довольно мощный тепловой поток; мгновенный целенаправленный (рисунок 2) нагрев и очень быстрое охлаждение при отключении; возможность применения на открытом воздухе (балкон, теплица), пожаробезопасность.

Особенностью данных приборов является способность благотворно воздействовать на организм человека. Инфракрасные лучи, исходящие от обогревателя, могут проникать вглубь тела, что существенно улучшает циркуляцию крови, служит профилактикой простудных заболеваний, воспалительных процессов в суставах и мышцах [1].

Карбоновое волокно имеет большую теплопроводность по сравнению с металлами, которые применяют в других типах обогревателей в качестве нагревательных элементов. Следовательно, обладает большей теплоотдачей. Карбоновые обогреватели, имеющие вертикальную конструкцию (рисунок 1), способны вращаться на 180

градусов, что позволяет инфракрасным лучам охватывать значительную площадь помещения. Такие устройства мобильны, моментально нагреваются и также быстро охлаждаются при отключении. Для обеспечения безопасности предусмотрено автоматическое отключение при нахождении в неправильном для работы положении, перегреве или падении. Нагревательный элемент расположен в середине прибора и защищен металлической решеткой, поэтому риск получить ожог практически равен нулю. Расчет инфракрасного отопления?



Рисунок 2 – Настенные карбоновые обогреватели [1], инфракрасные обогреватели в виде печей и тепловых пушек, пленочный ИК-обогреватель

Расчет инфракрасного обогревателя по площади

Инфракрасные обогреватели пока не используются в каждой квартире или офисе, но их популярность растет, благодаря экономичности и расширенным возможностям. Другие нагреватели не согреют вас на веранде или в беседке, где все тепло уносится воздухом. А инфракрасные обогреватели передают тепловую энергию с поверхности излучателя непосредственно на обогреваемые предметы, не нагревая при этом воздух.

ИК – обогреватель способен равномерно нагреть воздух в помещении даже при наличии сквозняков.

Основной характеристикой при расчете является плотность мощности, измеряемая в Вт/м². Она определяется как отношение суммы мощностей установленных обогревателей к площади пола. Расчет мощности обогревателя производят с учетом типа помещения: закрытое или открытое, с хорошей или слабой теплоизоляцией. Также она зависит от предполагаемой температуры, которая должны поддерживать обогревательные приборы.

Для тех, кто пользуется наиболее упрощенными расчетами, специалисты рекомендуют 1 кВт мощности на 10 м².

Этого будет достаточно для обогрева помещения высотой 3 м с хорошей теплоизоляцией.

Расчет инфракрасного обогревателя, используемого в качестве дополнительного источника тепла

В этом случае работа устройства должна будет покрывать разницу температур окружающей среды и желаемой. Для этой цели подойдут приборы малой мощности (300 Вт), которые идеально справятся с такой задачей. Лучше использовать переносные напольные нагреватели. При их использовании применима стратегия: если установить прибор дальше от зоны обогрева, температура понизится, а если ближе – повысится. Это связано с тем, что при отдалении увеличивается площадь распространения лучей. Такие манипуляции позволят получить максимально комфортные условия при изменении тепловой среды. Среднее значение мощности для дополнительного обогрева составляет около 0,5 кВт на 10 м² площади пола.

Необходимое количество инфракрасных обогревателей для основных типов помещений.

Такой метод может быть использован для производственных и складских построек, офисов, магазинов, кафе, гаражей, то есть мест, не предназначенных для постоянного пребывания людей.

При верном подборе мощности заданная температура в здании установится через 10 минут после включения установки, что очень важно для комфорта работников во время производственного процесса. Но и это еще не все. Нет необходимости нагревать всю площадь, если используется только часть ее. Инфракрасные обогреватели могут согреть только площадь рабочего места и только в рабочее время.

Для расчета частичного обогрева промышленных или жилых помещений следует воспользоваться таблицей 1 [2]:

Таблица 1 – К расчету частичного обогрева промышленных или жилых помещений

Процент обогреваемой площади от общей площади	Плотность мощности, Вт/м ²	
	Закрытое утепленное помещение	Закрытое неутепленное помещение
10%	270	300
30%	200	240
70%	150	190
100%	120	150

Данные приведены для нагрева воздуха от 0°С до +18°С.

Как видно из таблицы, при таком обогреве необходима большая мощность, чем усредненная (1кВт на 10 м²). В данном случае экономия происходит за счет уменьшения времени работы и нагреваемой площади, а регулятор температуры не допустит перерасхода энергоресурсов.

При выборе инфракрасных обогревателей для постоянного отопления всего помещения следует определить температуру, которую они будут поддерживать. Также нужно учесть, что температура покажется более высокой, чем на самом деле. Это происходит потому, что инфракрасные лучи нагревают все предметы, на которые падают, в том числе и тело человека. Обогрев лучше производить с двух сторон, то есть вместо одного сильного лучше приобрести два более слабых обогревателя.

Зависимость мощности от типа помещения и желаемой температуры приведена в таблице 2:

Таблица 2 – Зависимость мощности от типа помещения и желаемой температуры [2]

Тип теплоизоляции помещения	Плотность мощности, Вт/м ²		
	+13°С	+16°С	+19°С
Хорошо утепленное	60	80	100
Слабо утепленное	90	120	150
Неутепленное	200	230	260

Расчет мощности производится таким образом, чтобы покрывать теплопотери [2, 3]. Точный расчет тепловой нагрузки сильно зависит от совокупности индивидуальных особенностей помещения, так как нужно компенсировать потери тепла. В частности учитываются:

- тип строения;
- материал стен;
- количество, размеры окон и дверей;
- режим работы (время отопления) в здании;
- воздухообмен и т.д.

Если известна величина теплопотерь постройки, можно воспользоваться формулой для точного расчета:

$$N_b = (0,8) \cdot Q_t,$$

где N_b – искомая теплопроизводительность обогревателей (кВт),

Q_t – теплопотери (кВт),

0,8 – коэффициент запаса на случай незапланированных теплопотерь.

После расчета плотности мощности полученное значение умножается на площадь пола и дает общее значение. Соответственно общему значению проводят расчет мощности отдельных инфракрасных обогревателей (путем подбора наиболее подходящих) и их количества. Обогрев лучше производить с двух сторон, то есть вместо одного более сильного лучше приобрести несколько обогревателей меньшей мощности.

Основной характеристикой при расчете является плотность мощности, измеряемая в Вт/м². Она определяется как отношение суммы мощностей установленных обогревателей к площади пола. Расчет мощности обогревателя производят с учетом типа помещения: закрытое или открытое, с хорошей или слабой теплоизоляцией. Также она зависит от предполагаемой температуры, которая должны поддерживать обогревательные приборы.

Для тех, кто пользуется наиболее упрощенными расчетами, специалисты рекомендуют 1кВт мощности на 10м².

Этого будет достаточно для обогрева помещения высотой 3 м с хорошей термоизоляцией [4, 5].

Как рассчитать необходимую мощность инфракрасного обогревателя?

Для этого нам понадобятся некоторые данные. В частности, объём помещения, где будет он установлен. В вашем случае, если принять высоту потолков в кухне за 2,5 м, то её объём равен $V = 12 \times 2,5 = 30$ кв. м.

Следует прикинуть и разницу температур в холодном и нагретом помещении. Предположим, что температура в кухне в зимнее время приблизительно равна 10°, а повысить её желательно до 25°. Тогда разница температур, обозначим её как ΔT , будет равна $25 - 10 = 15$.

Понадобится также коэффициент теплопотерь – K . Его значения выбираем из таблицы, рассчитанной строителями:

- теплоизоляция как таковая отсутствует – $K = 3,0 - 4,0$;
- теплоизоляция минимальная (кладка в один кирпич) – $K = 2,0 - 2,9$;
- теплоизоляция средняя (двойная кирпичная стена) – $K = 1,0 - 1,9$;
- хорошая теплоизоляция — $K = 0,6 - 0,9$.

Примем коэффициент теплопотерь стен за 1,5.

Формула расчета мощности инфракрасного обогревателя будет выглядеть следующим образом:

$$Q = (V \cdot \Delta T \cdot K) : 860.$$

В нашем случае: $Q = (30 \cdot 15 \cdot 1,5) : 860 = 0,78$.

Таким образом, для обогрева кухни в загородном доме понадобится инфракрасный обогреватель мощностью 0,8 кВт.

Наиболее современным, экономичным и безопасным является, пожалуй, инфракрасное отопление. ИК-обогреватели идеально подойдут для комнат с высокими потолками, а также для помещений с большой площадью остекления (например, лоджии, зимние сады, оранжереи, теплицы) и помещений с плохой теплоизоляцией.

КПД более 90%, это обусловлено высоким коэффициентом теплоотдачи и экономичностью: карбон не тратит энергию на испускание света (в отличие от металла).

Углеродное волокно не теряет свойств при длительной работе, молекулы не испаряются, как у нихрома.

Диапазон излучения длинноволновый, отсутствие коротких волн делает обогреватель безопасным для живых организмов.

Изделие безопасно для детей и не создает угрозу пожара, обогреватели бесшумны.

В помещении не выгорает кислород и не сушится воздух. таким обогревателем легко управлять, поэтому электроприборы могут быть легко автоматизированы,

Углеродное волокно имеет малый вес, поэтому карбоновые нагреватели относятся к разряду мобильных приборов.

Относительно невысокая цена.

ЛИТЕРАТУРА

1 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92. <https://online.zakon.kz> > Document.

2 Шапкенов Б.К. Охрана труда и техника безопасности/для энергетиков Учебник. Павлодар: ЭКО, 2010. – 514 с. ISBN 978-601-284-002-5.

3 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М.Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

4 Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. — Алматы: Эверо, 2016. — 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

О НОВОЙ, ЗАЛОЖЕННОЙ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ БОЙКО Ф. К., СИСТЕМЕ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

КЛЕЦЕЛЬ М. Я.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МАШРАПОВ Б. Е.

PhD, асоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

БАРУКИН А. С.

PhD, ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МУСАЕВ Ж. Б.

докторант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МЫЗОВСКИЙ К. В.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В 1980-м году (с приоритетом от января 1978-го года) впервые в мире Павлодарский индустриальный институт запатентовал устройство [1] защиты высоковольтных электроустановок от коротких замыканий, которое отличалось от существующих отсутствием трансформаторов тока (ТТ), традиционно используемых для получения информации о токе. В последующие несколько лет был получен еще ряд патентов (например, [2-4]), что заложило основу для создания в дальнейшем новой системы релейной защиты (РЗ), открывающей большие возможности для экономии меди и стали в технике РЗ, а также для повышения её надежности путем дублирования как традиционных защит, так и самих ТТ, которые, как известно, металлоемки, имеют большие вес, габариты, погрешности в переходных режимах и некоторые другие недостатки, и до сих пор не дублируются. Герконы миниатюрны, ресурс их срабатывания от 10^6 до 10^{12} . Они имеют высокое быстродействие и важные для РЗ преимущества [5-8] перед другими магнитоуправляемыми элементами, например, могут выполнять одновременно функции ТТ и измерительного органа защиты. Геркон устанавливается на безопасном расстоянии от токоведущих шин защищаемой электроустановки и, как только магнитный поток, созданный током в шине, достигает величины, достаточной для срабатывания геркона, он переключает контакты. Этот факт и время их замкнутого (или разомкнутого) состояния используются для построения защит.

Первые попытки разработки защит на герконах совпали с годами занятия должности ректора индустриального института доктором технических наук, профессором Бойко Ф. К.. Федор Константинович сумел оценить значимость и целесообразность и других разработок, и поддержал их патентование за границей (это стоило очень дорого

– за каждый патент ВУЗ платил 5000\$). Благодаря тому, что он лично контролировал весь процесс, дело продвигались достаточно быстро, и впервые Казахстану удалось в области электроэнергетики получить патенты Франции, Германии (ФРГ), США [9, 10], пройдя республиканские и всесоюзные комиссии, и доказав мировую новизну экспертам названных стран – с ФРГ авторам пришлось бороться 4 года, и Федор Константинович подбадривал: «Не сдавайтесь!». Как только Федор Константинович стал ректором, он преобразовал патентный отдел, и лично отобрал туда двух не очень молодых, но очень деятельных и серьезных сотрудников, которых послал учиться, и которые в дальнейшем вдвоем (с помощью одной секретарши) справлялись с делами заявок на изобретение и их патентованием, и с делами аспирантуры (правда, ВУЗ тогда был в 2 раза меньше, чем сейчас). Благодаря такому отношению ректора к научной деятельности, представитель индустриального института впервые занял первое место по изобретательской деятельности в Казахстане.

На одном из научных семинаров (еще до патентования за рубежом), на котором зашла речь о начатых разработках защит на герконах, Федор Константинович, в отличие от некоторых своих коллег, скептически отнесшихся к высказанным идеям, сказал: «тут есть что-то очень интересное...» (в дальнейшем он всегда придерживался этого мнения). В начале тысячелетия на Всемирных конференциях СИГРЭ задача построения релейной защиты без ТТ несколько раз упоминалась как принципиально нерешенная проблема электроэнергетики, после чего, встретив Клецеля М.Я., Федор Константинович сказал: «Теперь ты решаешь признанную мировую проблему. Надо активизироваться». До этого по защитам на герконах у нас было защищено две кандидатские диссертации (Мусин В.В. – в Свердловске, Алишев Ж.Р. – в Алматы). К настоящему моменту защищено еще 4 кандидатские (Жуламанов М.А. – в нашем университете, Токомбаев М.Т. – в Новосибирске, Майшев П.Н. – в Алматы, Жантлесова А.Б. – в Томске), и 6 диссертаций – на соискание степени доктора PhD (Барукин А.С., Бергузинов А.Н., Исабеков Д.Д., Калтаев А.Г., Нефтисов А.В., Талипов О.М. – в нашем университете). В настоящее время у 4 докторантов темы диссертаций связаны с защитами на герконах. Эти цифры говорят о необъятности решаемой проблемы, ведь диссертация, как и ранее, является плодом настоящей научной работы, новизна которой подтверждается в технике наличием изобретений и публикаций в журналах из базы данных Scopus. На данном этапе по этой тематике получено около 100 патентов на изобретения и опубликовано 10 статей [6, 11-19]

в высокорейтинговых журналах из базы данных Scopus и Web of Science (например, статья [16] опубликована в журнале с импакт-фактором 4,42). Уже разработаны принципы и ряд устройств токовых, дифференциальных и дистанционных защит на герконах, и благодаря вводу поправочных коэффициентов [17] уточнена формула закона Био-Савара-Лапласа для расчета индукции магнитного поля в комплектных распределительных устройствах и токопроводах. С основами построения защит на герконах более подробно можно ознакомиться в [7], а для защит электродвигателей (ЭД) – еще и в [8]. Отметим, что в защитах ЭД от витковых замыканий были использованы катушки индуктивности и другие, встроенные в ЭД, датчики, и в последнее десятилетие это направление бурно развивалось под руководством доктора технических наук, профессора Новожилова А.Н.

Работы, проводимые авторами в направлении разработки и совершенствования устройств РЗ на герконах, были высоко оценены в последние годы. Так, в 2015 году Клецелем М.Я. был выигран грант №00722 Всемирного Банка «Коммерциализация изготовления конструкций для крепления герконов токовой защиты открытых и закрытых токопроводов», а в 2018 году – грант №AP05131351 «Создание глобально конкурентоспособной ресурсосберегающей релейной защиты систем электроснабжения» Министерства образования и науки Республики Казахстан. В 2017 году Машрапов Б.Е., Барукин А.С. и Калтаев А.Г. с проектом «Ресурсосберегающая токовая защита электроустановок на герконах» заняли 2-е место в номинации «Техностарт» Республиканского молодежного конкурса инновационных проектов «NURINTECH», проводимого партией «Нур Отан». За последние 5 лет Машрапов Б.Е. (дважды) и Бергузинов А.Н. благодаря своим исследованиям под руководством доктора технических наук, профессора Клецеля М.Я. становились обладателями государственной стипендии для талантливых молодых ученых. В 2003 году Федор Константинович на одной из научных конференций с удовольствием заявил о том, что у нас в университете появилась своя школа, и она связана с решением мировой проблемы построения релейной защиты на герконах без трансформаторов тока. Мы уверены, что если бы он сейчас был жив, то порадовался бы успехам этой научной школы так же, как радовался чужим научным успехам при жизни.

Работы по созданию защит на герконах идут и сейчас. Так, в последние дни докторантом Мусаевым Ж.Б. и магистрантом Мызовским К.В. под руководством доктора PhD Машрапова Б.Е. были сняты зависимости тока в шине электроустановки от угла γ (γ –

угол между продольной осью геркона и поперечной осью шины) для нескольких типов самых современных герконов. При этом указанная зависимость снималась на различных расстояниях от продольной оси шины. Поскольку эти зависимости однотипны, мы привели их только для герконов типа МКА 20103.

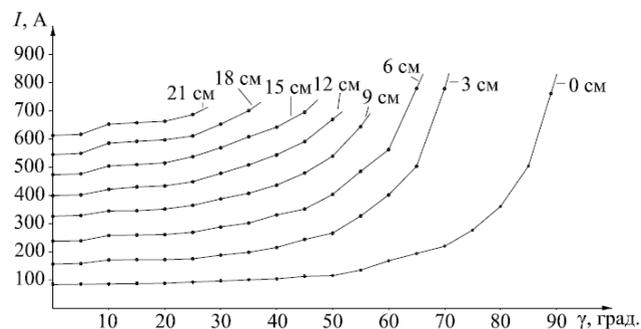


Рисунок 1 – Зависимость тока в шине, при котором срабатывает геркон, от изменения расстояния между герконом и шиной, и угла γ

Из рис. 1 видно, что при расположении геркона непосредственно на шине угол γ целесообразно изменять в пределах 50° - 55° , так как при больших значениях погрешность в его установке вызывает в два-три раза большую погрешность в токе срабатывания геркона. Например, если необходимо установить геркон типа МКА-20103 под углом 55° к поперечной оси шины, а мы допустили ошибку в 2%, то его ток срабатывания увеличится на 6%. Из-за ограниченного диапазона изменений указанного угла регулировать ток срабатывания геркона можно лишь в пределах 60-75% от минимального тока срабатывания. С увеличением расстояния от центра тяжести геркона до оси шины диапазон углов и, соответственно, возможности регулирования уменьшаются. Например, на расстоянии 12 см от шины изменять угол целесообразно в пределах 30° , что позволяет увеличить ток срабатывания максимально на 20%. Таким образом, эти небольшие опыты позволяют уточнить настройку уставок срабатывания защит на герконах.

ЛИТЕРАТУРА

1 Клецель М.Я., Поляков В.Е., Шаповалов С.И., Мусин В.В. Измерительный орган для токовой защиты // Патент СССР №743099. – 1980, Бюл. №23. – 4 с.

2 Клецель М.Я., Поляков В.Е., Шаповалов С.И. Устройство для защиты шин от коротких замыканий // Патент СССР №836716. – 1981, Бюл. №21. – 3 с.

3 Клецель М.Я., Копырин В.С. Устройство для дифференциальной защиты преобразовательной установки // Патент СССР №1119582. – 1985, Бюл. №19. – 7 с.

4 Клецель М.Я. Устройство для дифференциальной защиты двух параллельных линий // Патент СССР №1319138. – 1987, Бюл. №23. – 3 с.

5 Клецель М.Я., Мусин В.В. О построении на герконах защит без трансформаторов тока // Электротехника. – Москва, 1987. – № 4. – С. 11–13.

6 Kletsel' M.Ya., Alishev Zh.R., Manukovskij A.V. The properties of hermetically sealed reed relays used in relay protection // Elektrichestvo. – 1993. – no. 9. – P. 18-21.

7 Клецель М.Я. Основы построения релейной защиты на герконах // Современные направления развития систем релейной защиты : Материалы 4-й Международной конференции СИГРЭ. – Екатеринбург, 2013. – С. 1-10.

8 Клецель М.Я., Калтаев А.Г. Дифференциально-фазные защиты электродвигателей: монография. – Павлодар: Toraighyrov University, 2019. – 238 с.

9 Kletsel M.Y., Polyakov V.E., Simonov S.N., Musin V.V., Neljubin V.P. Einrichtung zum Pasen Dufferenzschutz von Elektromotoren // Патент Германии №3111400. – 1983.

10 Kletzel M.Y., Novozhilov A.N., Chepeljuk Y.S. Method of short circuit protection of electrical machine and device therefor // Патент США №4453190. – 1984.

11 Kletsel' M.Ya. Design principles and models of reed relay base energy facility differential protections // Elektrotehnika. – 1991. – no. 10. – P. 47-50.

12 Kletsel' M.Ya., Zhulamanov M.A. Impedance relay with hermetically sealed contacts // Elektrotehnika. – 2004. – no. 5. – P. 38-44.

13 Kletsel M.Ya., Maishev P.N. Specific features of the development of differential-phase transformer protection systems on the basis of magnetic reed switches // Russian Electrical Engineering. – 2007. – vol. 78, no. 12. – P. 629-634.

14 Kletsel' M.Ya., Zhantlesova A.B., Maishev P.N., Neftisov A.V. Characterizing a sustained short-circuit current with the use of reed relays // Russian Electrical Engineering. – 2014. – vol. 85, no. 4. – P. 210-216.

15 Kletsel M., Kaltayev A., Mashrapov B. Resource-saving protection electric motors // Przegląd Elektrotechniczny. – 2017. – vol. 93, is. 5. – P. 40-43.

16 Kletsel M., Zhantlesova A., Mayshev P., Mashrapov B., Issabekov D. New filters for symmetrical current components // International Journal of Electrical Power and Energy Systems. – 2018. – vol. 101. – P. 85-91.

17 Kletsel M., Barukin A., Talipov O. About the Biot-Savart-Laplace law and its use for calculations in high-voltage AC installations // Przegląd Elektrotechniczny. – 2017. – vol. 93, is. 11. – P. 129-132.

18 Kletsel M., Borodenko V., Barukin A., Kaltayev A., Mashrapova R. Constructive features of resource-saving reed relay protection and measurement devices // Rev Roumaine des Sciences Techniques-Series Electrotechnique et Energetique. – 2019. – vol. 64, no. 4. – P. 309-315.

19 Клещель М.Я., Нефтисов А.В. Дистанционное определение амплитуды и фазы тока с помощью герконового реле // Электротехника. – 2020. – №1. – С. 36-42.

СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

НИКИТИН К. И.

д.т.н., доцент, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ПОЛЯКОВ Д. А.

ст. преподаватель, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ПУГАЧ В. Н.

аспирант, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ЮРЧУК Д. А.

инженер, НПО «Мир», г. Омск, Российская Федерация

Мониторинг состояния изоляции кабельных линий является актуальной проблемой электроэнергетики в связи с большим количеством коротких замыканий, вызванных пробоем изоляции. При решении задачи мониторинга состояния изоляции ключевыми факторами являются определение предпробойного состояния изоляции и расчет ее остаточного ресурса. Определять предпробойное состояние предлагается путем мониторинга характеристик частичных разрядов, которые, как известно, имеют определенную динамику

изменения перед пробоем. Для определения остаточного ресурса требуется дополнительно контролировать напряжение питающей сети и температуру изоляции кабеля. В статье предложена реализация системы сбора данных, включающая в себя функции мониторинга всех учитываемых в процессе определения предпробойного состояния и остаточного ресурса изоляции воздействий. На основе получаемых данных предполагается в режиме онлайн рассчитывать остаточный ресурс изоляции и анализировать характеристики частичных разрядов по заданным в программном обеспечении математическим моделям.

Короткие замыкания на кабельных линиях с изоляцией из сшитого полиэтилена (СПЭ-изоляция), вызванные пробоем изоляции по причине ее естественного разрушения является одной из основных причин и составляет более 70% от общего числа технологических нарушений, возникающих в кабельных линиях в процессе эксплуатации. Из практики эксплуатации электрооборудования известны случаи, когда такие короткие замыкания приводили к крупным системным авариям с существенными экономическими потерями. В связи с этим, контроль состояния изоляции на протяжении всего срока ее эксплуатации необходим для сведения количества коротких замыканий к минимуму.

Существующие в настоящее время стандарты испытаний изоляции кабельных линий подразумевают испытания повышенным напряжением, измерение частичных разрядов, измерение сопротивления и емкости изоляции и др. [1-3]. Использование повышенного напряжения при испытании изоляции и измерении частичных разрядов, предусмотренных существующими стандартами, является разрушающим для изоляционного материала и сокращает срок его службы.

В то же время, известны неразрушающие методы диагностики и контроля состояния изоляции, не предусмотренные по существующим стандартам. Среди них измерение тангенса угла диэлектрических потерь, коэффициента абсорбции, анализ возвратного напряжения и тока релаксации, метод рефлектометрии и метод контроля характеристик частичных разрядов без использования повышенного напряжения [4-7].

Основным недостатком традиционных испытаний является тот факт, что они проводятся периодически, следовательно, не позволяют прогнозировать короткие замыкания в долгосрочной перспективе, а только оценивать пригодность изоляции для дальнейшей эксплуатации или говорят о необходимости ее замены.

Также известны системы мониторинга состояния изоляции, работающие в режиме онлайн и производящие контроль характеристик, которые зависят от состояния изоляции под нагрузкой. Среди них системы мониторинга частичных разрядов (ЧР), измерения тангенса угла диэлектрических потерь, рефлектометрии. Перечисленные системы измеряют контролируемые параметры в режиме онлайн, что существенно более эффективно периодического контроля параметров. Однако для анализа данных, регистрируемых системой, требуется участие человека.

Следовательно, актуальным в настоящее время является исследование по разработке системы мониторинга состояния изоляции, производящей регистрацию необходимой информации для определения ее предпробойного состояния и расчета ее остаточного ресурса. Кроме того, указанная система должна работать по заданным математическим алгоритмам и автоматически принимать решение о необходимости ремонта локального дефекта или о замене участка кабеля в целом. Такую систему можно назвать прогнозирующей защитой, предложенной в [8, 9].

Метод контроля характеристик частичных разрядов показывает хорошие результаты при его использовании для определения предпробойного состояния изоляции, так как характеристики частичных разрядов показывают существенные изменения непосредственно перед пробоем. Известно, что при наличии в изоляции достаточно большого дефекта частичные разряды возникают в нем регулярно, что влечет за собой существенное увеличение их мощности. Использование этого метода в совокупности с мониторингом других разрушающих факторов позволит определять остаточный ресурс изоляции при использовании математической модели ее старения.

Следовательно, система регистрации данных для мониторинга состояния изоляции кабелей должна быть спроектирована таким образом, чтобы имелась возможность измерять характеристики всех воздействий, которые необходимо контролировать для расчета остаточного ресурса изоляции с целью последующей обработки информации.

Целью работы является разработка системы сбора данных, необходимых для определения предпробойного состояния СПЭ-изоляции кабелей и расчета ее остаточного ресурса на основе математического моделирования процессов ее старения. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Проанализировать возможные воздействия, оказываемые на изоляцию кабельных линий электропередачи в процессе ее эксплуатации и определить воздействия, которыми можно пренебречь;
- Предложить решение по проектированию системы сбора данных, способной производить мониторинг факторов, оказывающих существенное воздействие на состояние изоляции в процессе ее эксплуатации.

1. Анализ воздействий, оказываемых на изоляцию кабелей в процессе эксплуатации

В процессе эксплуатации кабельных линий разрушение их изоляции может быть вызвано достаточно обширным спектром внешних и внутренних воздействий, среди которых могут быть [10–13]:

- Электрическое поле высокой напряженности;
- Температура;
- Механические воздействия;
- Увлажнение изоляции;
- Радиация;
- УФ – излучение;
- Химические воздействия.

Кабельная линия электропередачи может подвергаться воздействию всех вышеперечисленных разрушающих факторов в той или иной степени. Однако в некоторых случаях воздействием разрушающих факторов можно пренебречь. Конструкция кабельных линий такова (рис. 1), что существенное воздействие на изоляцию большинства эксплуатируемых кабелей могут оказывать только напряженность электрического поля и температура изоляции, определяющая скорость химических реакций при деструкции изоляционного материала. Остальными воздействиями можно пренебречь, так как они оказывают существенное воздействие только на поверхность оболочки кабеля или встречаются только при особых условиях. Следовательно, расчет остаточного ресурса необходимо производить, исходя из мониторинга воздействий температуры и напряжения на кабеле. Однако в некоторых случаях может возникнуть дефект в изоляции, не израсходовавшей свой ресурс. Для прогнозирования пробоя изоляции в этом случае необходимо производить мониторинг характеристик частичных разрядов.

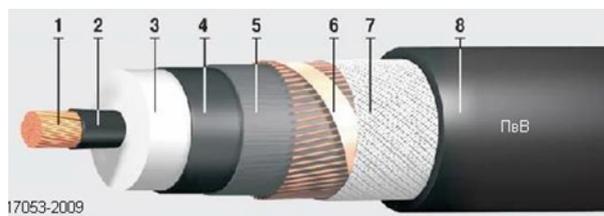


Рисунок 1 – Конструкция одножильного кабеля с изоляцией из сшитого полиэтилена: 1 – алюминиевая или медная токопроводящая жила, 2 – полупроводящий слой из сшитой полимерной композиции, 3 – изоляция из сшитого полиэтилена, 4 – полупроводящий слой из сшитой полимерной композиции, 5 – слой из электропроводящей водоблокирующей ленты, 6 – Экран из медных проволок, скрепленных медной лентой, 7 – слой из электропроводящих водоблокирующих лент, 8 – полиэтиленовая оболочка

2. Мониторинг воздействия электрического поля

Следствием воздействия электрического поля является возникновение в изоляции частичных разрядов. Известно, что они могут присутствовать в кабеле и при рабочем режиме, однако при возникновении дефекта в изоляции начинают появляться регулярно, наблюдается рост характеристик (мощности, среднего кажущегося заряда), затем их кратковременное снижение, после чего происходит быстрый рост до пробоя.

Для измерения характеристик частичных разрядов требуется возможность регистрации высокочастотных составляющих спектра сигналов тока и напряжения линий электропередачи. В связи с этим, использование традиционных измерительных трансформаторов тока и напряжения для указанных целей невозможно.

В связи с этим, предлагается использовать новую конструкцию датчика, позволяющего регистрировать одновременно ток и напряжение питающей сети (рис. 2). Достаточной точности регистрации высокочастотных составляющих предлагается достичь за счет использования безынерционных резистивных шунтов и делителей, не вносящих искажения в формы сигналов.

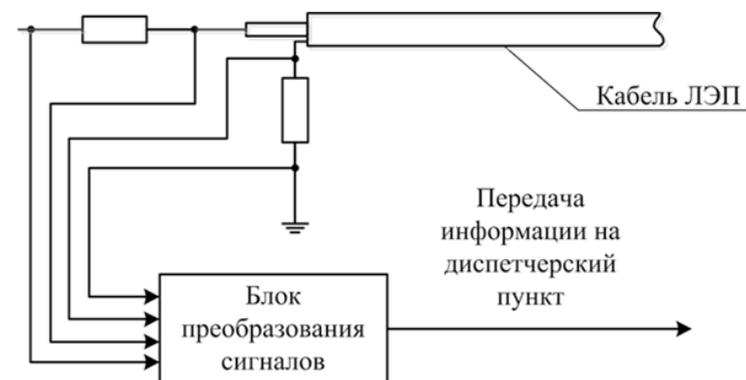


Рисунок 2 – Структурная схема датчика тока и напряжения для подключения к кабельной линии

Сигналы тока и напряжения, снимаемые с линии электропередачи, передаются на блок преобразования сигналов, используемый для следующих задач:

- Преобразование сигналов с помощью аппаратных средств (например, полосового фильтра или устройства), для анализа сигналов и выявления электрических сигналов частичных разрядов;
- Оцифровка сигналов тока и напряжения для передачи на диспетчерский пункт с высокой частотой дискретизации и разрядностью АЦП;
- Программные средства, используемые для обработки сигнала до его передачи на устройство прогнозирующей защиты (обработка данных 32-разрядным микроконтроллером с использованием вейвлет-преобразований или другого способа обработки данных для анализа сигнала).

Спектр частот частичных разрядов достаточно обширен и может содержать гармоники в диапазоне до десятков мегагерц. С целью определения необходимого частотного диапазона работы устройства было проведено осциллографирование характеристик частичных разрядов и проанализирован частотный спектр ряда импульсов. Пример импульса ЧР представлен на рис. 3, результат анализа его частотного спектра представлен на рис. 4. Указанный импульс имеет самую высокую плотность спектра на частоте 2 МГц, при этом сам спектр достаточно широк и содержит гармоники до 18 МГц. Однако спектр различных импульсов имеет некоторые различия, по результатам анализа ряда зарегистрированных импульсов максимумы спектральной

плотности были зарегистрированы при частоте 1-2 МГц, а общий спектр менялся в пределах от 16 до 25 МГц. В некоторых случаях спектр не ограничивался этими частотами и имелись гармоники до 150 МГц, но большая часть спектральной плотности находилась в частотном диапазоне до 25 МГц.

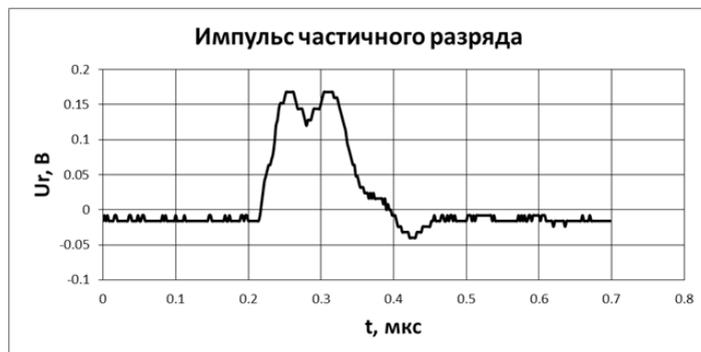


Рисунок 3 – Импульс частичного разряда

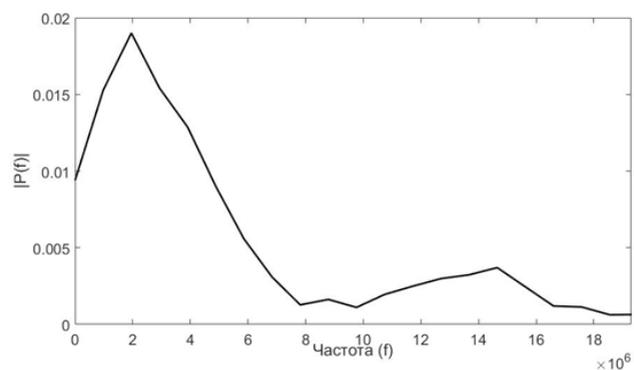


Рисунок 4 – Частотный спектр частичного разряда

Однако несмотря на существенное содержание гармоник низших частот в сигнале, требуется производить фильтрацию основной гармоники (50 Гц). Кроме того, различное электрооборудование может быть источником высших гармоник в сети. Для анализа показателей качества электрической энергии учитываются гармоники частотой до 2 кГц. В связи с этим, целесообразно использовать фильтр верхних частот с ослаблением гармоник основного сигнала до 2 кГц не менее 20 дБ.

Обработку сигналов предлагается производить в блоке преобразования сигналов с помощью средств быстродействующей микропроцессорной техники. В частности, предлагается рассчитывать кажущийся заряд каждого частичного разряда путем численного трапецидального интегрирования, а также рассчитывать энергию каждого разряда и мощность частичных разрядов.

3. Мониторинг температуры изоляции

Мониторинг температуры изоляции кабелей является достаточно сложной задачей ввиду неравномерности распределения теплового поля в изоляции. В связи с этим, данная задача тесно связана с математическими алгоритмами расчета распределения температуры в изоляции кабелей, основой расчета которых служит известное термическое действие тока, протекающего в токопроводящей жиле и экране, и температура в нескольких точках оболочки кабеля.

Возможными способами мониторинга температуры поверхности кабеля являются:

1. Измерение температуры с помощью контактных датчиков, механически вмонтированных в оболочку кабеля или кабельную муфту;
2. Измерение температуры с помощью бесконтактных пирометрических датчиков;
3. Измерение температуры с помощью оптоволоконной жилы, установленной в кабельной системе или непосредственно вмонтированной в кабель.

Термическое действие тока может быть вычислено при известном действующем значении тока, протекающего в жиле и экране, которое может быть измерено с помощью датчика тока и напряжения (рис. 2).

Важным фактом при выборе мест установки датчиков температуры является анализ мест возможного локального перегрева кабельных линий. Мониторинг температуры в таких местах является наиболее приоритетным ввиду ускорения процессов старения в области перегрева, что приведет к более быстрому выходу кабеля из строя. Однако следует контролировать температуру изоляции кабеля и в нормальных условиях для расчета остаточного ресурса всей кабельной линии.

4. Прогнозирующая защита

Исходя из описанных выше решений мониторинга температуры и частичных разрядов, предлагается структурная схема прогнозирующей защиты (рис. 5). Для оптимизации работы прогнозирующей защиты часть вычислений целесообразно отдать непосредственно микропроцессорным блокам датчиков. Основной расчет остаточного ресурса изоляции наиболее рационально производить в блоке

прогнозирующей защиты, в котором записана математическая модель расчета остаточного ресурса изоляции кабеля.



Рисунок 5 – Структурная схема прогнозирующей защиты

ЛИТЕРАТУРА

1 Пономарев, Н. В. Анализ методов диагностики состояния силовых высоковольтных кабельных линий // Вестник КузГТУ. 2012. №5(93) С.68-71. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-metodov-diagnostiki-sostoyaniya-silovyh-kabelnyh-liniy> Научная библиотека

2 ГОСТ Р МЭК 62067-2011. Кабели силовые с экструдируемой изоляцией и арматура к ним на номинальное напряжение свыше 150 кВ ($U(m) = 170$ кВ) до 500 кВ ($U(m) = 550$ кВ). Методы испытаний и требования к ним. Введ. 01.07.2012. М: Стандартинформ, 2012.

3 Правила устройства электроустановок / Издательство НЦ ЭНАС, - 2000. - 552 с.

4 Исмагилов Ф. Р., Максудов Д. В. Математическое моделирование развития частичных разрядов в процессе старения диэлектрика // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2011. Т. 15, № 3 (43). С. 98-100.

5 Пат. 2373546 Российская Федерация МПК G01R31/00 (2006.01). Способ определения состояния и ресурса изоляции. / Зенова, Е. М., Чернышев, В. А., Чернов В. А.; Заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский энергетический институт (технический университет)» (ГОУВПО «МЭИ (ТУ)») № 2008103231/28; заявл. 01.02.2008; опубл. 20.11.2009. Бюл. № 32. 9 с.

6 Пат. 2523075 Российская Федерация МПК G01R27/18 (2006.01). Устройство для контроля качества электрической изоляции. / Серебряков, А. С., Семенов, Д. А.; Заявитель и патентообладатель Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт» (НГИЭИ) № 2012122288/28, заявл. 01.02.2008; опубл. 20.07.2014. Бюл. № 20. 12 с.

7 Сотников В. В. Математическое моделирование системы локализации и типизации повреждений работающей силовой сети // Вестник СГТУ. 2011. №4 (62). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskoe-modelirovanie-sistemy-lokalizatsii-i-tipizatsii-povrezhdeniy-rabotayushey-silovoy-seti>

8 Горюнов В. Н., Никитин К. И., Сарычев М. М. Опережающий автоматический ввод резерва собственных нужд электрических станций и подстанций // Омский научный вестник. 2011. № 3 (103). С.211-213.

9 Никитин К. И., Сарычев М. М., Степанов В. Д. [и др.] Опережающее автоматическое включение резерва // Омский научный вестник. 2012. № 1 (107). С. 237-238.

10 Кучинский Г. С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. // Л.: «Энергия». Ленингр. Отд-ние. 1979. 224 с., ил.

11 Вдовико В. П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования // Новосибирск: Наука. 2007. 155 с.

12 Сажин, Б. И. Электрические свойства полимеров / Б. И. Сажин и др. Под ред. Б. И. Сагина. // 3-е изд., перераб. Л.: Химия. 1986. 224 с., ил.

13 Брацыхин Е. А., Шульгина Э. С. Технология пластических масс // 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия. 1982. 328 с., ил.

РАЗВИТИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В КАЗАХСТАНЕ ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ ГОСУДАРСТВАМИ

ПОТЯГА Л. А.

м.т.н., Екибастузский инженерно-технологический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз

БЕКСУЛТАНОВ А. Д.

м.т.н., Екибастузский инженерно-технологический институт имени академика К. И. Сатпаева, г. Екибастуз

МАРКОВСКИЙ В. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
ШАПКЕНОВ Б. К.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

За свою почти полувековую историю солнечная энергетика проделала длинный путь, пройдя этапы от стихийного воплощения в производство проектов до превращения в полноценную самостоятельную высокотехнологичную индустрию.

Первый нефтяной кризис, пришедший на 1973 год, дал толчок для человечества к поиску новых альтернативных источников энергии. Экспериментальные масштабные проекты тех времен по

строительству фотоэлектрических систем в странах Европейского Союза (США и Германия), а также разработка и внедрение отдельных положений, регламентирующих правила пользования, эксплуатации, а также рекомендации к применению фотоэлектрических установок заложили плотный фундамент, оправдывающий себя в современном мире. Подтверждением приведенному факту является непрерывное изменение состояния энергетического баланса в пользу альтернативных источников энергии на сегодняшний день [1].

Одним из ведущих показателей, отражающих динамику развития рынка солнечной энергетики, является суммарный объем установленной мощности солнечных электростанций, построенных и введенных в эксплуатацию по всему миру. По состоянию на 2018 год, по данным крупнейшего Международного Энергетического Агентства по фотоэлектрической солнечной энергетике — Photovoltaic Power Systems program (IEA PVPS), этот показатель превысил 500 ГВт. Динамика развития рынка солнечной энергетики (Рисунок 1) свидетельствует о стремительном росте потребления электрической энергии, производимой альтернативными источниками [2].

На рисунке 1 показан девятнадцатилетний период стремительного развития рынка солнечной энергетики. Анализ показывает, что значительный спрос на альтернативную энергетику приходится на последнее десятилетие. Объем введенных в эксплуатацию солнечных электростанций за последние три года свидетельствует о стабильном росте спроса на возобновляемую энергетику среди представленных на рынке других видов традиционных электрических станций [2].

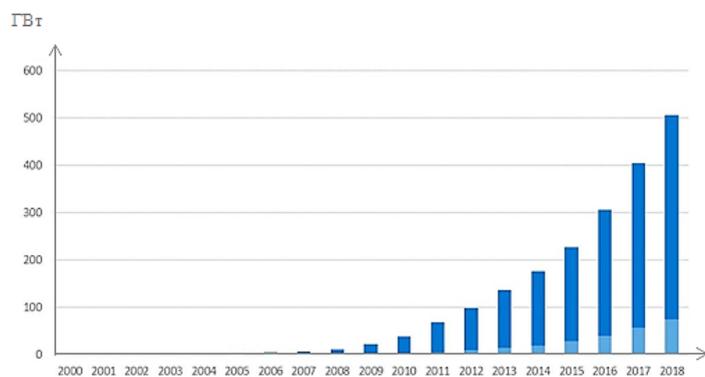


Рисунок 1 – Динамика ввода мощностей солнечной генерации в мире в период с 2000 по 2018 год (по данным IEA PVPS)

В дополнение к рисунку 1 приводится диаграмма (рисунок 2), отражающая долю стран в общем объеме установленной мощности введенных в эксплуатацию солнечных электростанций за 2018 год, а также суммарный объем установленной мощности в процентном соотношении за последние девятнадцать лет по странам (рисунок 3) [3, с. 1-15].

Ввод большого объема генерирующей солнечной энергии за последние восемнадцать лет до 2018 года обеспечивал лидирующие позиции Китая, США, Японии и Германии, на территории которых введено 131,1 ГВт, 51,6 ГВт, 49,5 ГВт и 42,4 ГВт соответственно. Позиции лидеров нетрадиционной энергетики за последний исследуемый год пополнила Индия благодаря реализации масштабных программ стимулирования солнечной энергетики. За сравнительно короткий промежуток времени в Индии были построены солнечные электростанции общей мощностью 10,8 ГВт [3, с. 1-15].

В суммарной генерации солнечной энергии за 2018 год доля Казахстана приходится на 102 МВт [4]. Согласно данным показателям Казахстан относится к числу «других стран», общая доля выработанной энергии которых приходится на 9% от объема мировой суммарной мощности солнечной энергии за прошедший год.

Стоит отметить, что общий объем установленных солнечных электростанций в период с 2000 по 2018 годы составляет около 250 МВт, что является достаточно низким показателем на сегодняшний день [4].

Казахстанский климат диктует высокую сезонную потребность населения в альтернативных способах получения энергии. В течение всего года спрос на механическую и электрическую энергию является стабильным. Казахстан является самой крупной Центрально-Азиатской республикой со значительным потенциалом гелиоэнергетики. Объем солнечных часов в год приходится примерно на 3,000 кВт/м²/год, а излучаемая солнечная энергия колеблется от 1,500 до 2,000 кВт/м²/год. Данные показатели свидетельствуют о дальнейшей перспективе развития солнечной энергетики на территории Казахстана и значительном прорыве в данной сфере в ближайшее десятилетие [5, с. 457 – 461].

Доля солнечной генерации по странам мира за 2018 год (95,6 ГВт)

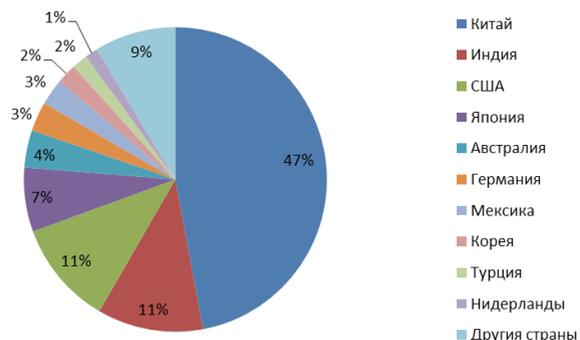


Рисунок 2 – Доля суммарной солнечной генерации по странам мира за 2018 год в процентном соотношении (по данным IEA PVPS)

Анализ приведенных диаграмм отражает волнообразный прирост мощности солнечной энергии в некоторых странах (на примере Италии, в 2011 году было введено в эксплуатацию 9,3 ГВт, в 2013 году этот показатель составил всего 1,5 ГВт, а в 2017 году вновь повысился до 9,8 ГВт) [7]. Параллельно этому ежегодно появляется ряд новых реализуемых проектов в области развития зеленой энергетики в Китае и Индии.

Доля солнечной генерации по странам мира в период с 2000 по 2018 годы (548,9 ГВт)

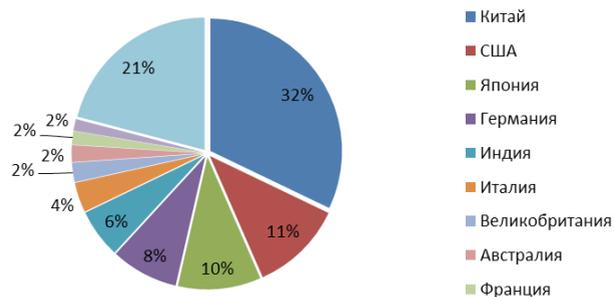


Рисунок 3 – Доля суммарной солнечной генерации по странам мира в период с 2000 по 2018 год в процентном соотношении (по данным IEA PVPS)

Особенностью развития солнечной индустрии приведенных стран является их мощная, целенаправленная государственная политика, сконцентрированная на повышении доли возобновляемой энергетики в общем балансе топливно-энергетического комплекса (ТЭК) страны за счет крупного финансирования в данный сектор промышленности [6, 7].

Отдельный акцент стоит уделить развитию Индии и Китая. Правительство стран продекларировало свои крупномасштабные планы перспективного развития солнечной энергетики. Согласно прогнозам, приведенным на рисунке 4, к 2015 году Индия планировала войти в пятерку стран-лидеров по объемам суммарной мощности солнечных станций, введенных в эксплуатацию [6, 7].

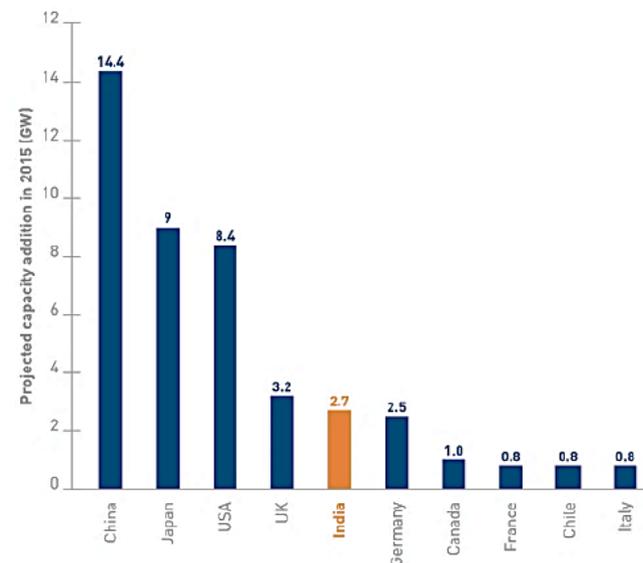


Рисунок 4 – Прогноз суммарной мощности солнечной энергетики, введенной в эксплуатацию к 2015 году (по данным агентства Bloomberg New Energy Finance)

Подтверждением данных прогнозов являются данные о введенной в эксплуатацию мощности солнечных электростанций за 2018 год, согласно которым Индия вышла на второе место по объемам электроэнергетики (10,8 ГВт за 2018 год), в то время, как в доле суммарной солнечной генерации по странам мира за девятнадцатилетний период (по данным IEA PVPS) заняла почетное пятое место, запустив в

работу станции общей мощностью 32,9 ГВт. Стоит отметить, что стратегический план развития возобновляемой энергетики Индии подразумевает ежегодный объем введенной мощности в размере 6 ГВт, что позволит удерживать лидирующие позиции [6, 7].

Что касается роли Китая на мировой арене, то стоит отметить, что государство активно поддерживает развитие вышеупомянутой отрасли промышленности. По данным МЭА в 2014 году суммарная мощность установленных солнечных электростанций составила 28 ГВт, спустя 4 года, в 2018 году этот показатель был равен 45 ГВт, а общий объем установленных солнечных электростанций в период с 2000 по 2018 годы составляет 176,1 ГВт [7, 8]. Также не стоит упускать тот факт, что Китай на сегодняшний день является лидирующим звеном в производстве солнечных модулей, что ежегодно позволяет укреплять его позиции на рынке нетрадиционной энергетики.

Важным показателем, характеризующим степень активности данной отрасли в любой стране, является объем выделяемого финансирования. По данным аналитического агентства Bloomberg NEF (BNEF), объем мировых инвестиций (рисунок 5) с 2014 года и в последующие пять лет составил примерно 320 – 360 млрд. долларов США, однако в 2018 году в отрасль возобновляемой энергетики было инвестировано около 335 млрд. долларов, что на 8% меньше показателей предыдущих лет [9].

Объем мирового финансирования в отрасль возобновляемой энергетики в период с 2004 по 2018 г.г.

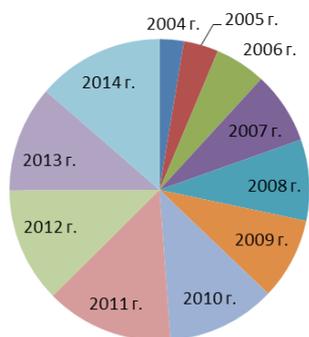


Рисунок 5 – Мировое финансирование в отрасль возобновляемой энергетики в период с 2000 по 2018 год (по данным аналитического агентства Bloomberg NEF)

Одна треть этих вложений приходится на солнечную энергетику. В 2014 году рост инвестиций в отрасль, по данным агентства Bloomberg New Energy Finance, составил 25 процентов, при том что аналогичный показатель в ветроэнергетической отрасли был на уровне 11 процентов. Лидером по объему инвестиций в возобновляемую энергетику, в которой ключевые позиции по установленной мощности занимают солнечная и ветроэнергетика, в 2014 году стал Китай, вложивший в ВИЭ более 90 млрд. долларов США (рост по отношению к 2013 году составил порядка 35 процентов). Второе место по объему инвестиций занимают США: объем вложений в возобновляемую энергетику вырос на 8% и достиг 52 млрд. долларов США. На третьем месте Япония с объемом инвестиций 41 млрд. долларов (рост по отношению к 2013 году 12%).

Сценарий дальнейшего ввода мощностей (Рисунок 6), производимых возобновляемыми источниками энергии в сравнении с традиционными видами топлива (нефть, уголь и газ) показывает, что ископаемые виды топлива значительно снижают свою востребованность, в то время, как в отрасли ВИЭ отмечается существенный прирост. Запасы ископаемого топлива ограничены, что может в ближайшем будущем вести к повышению стоимости электроэнергетики [9].

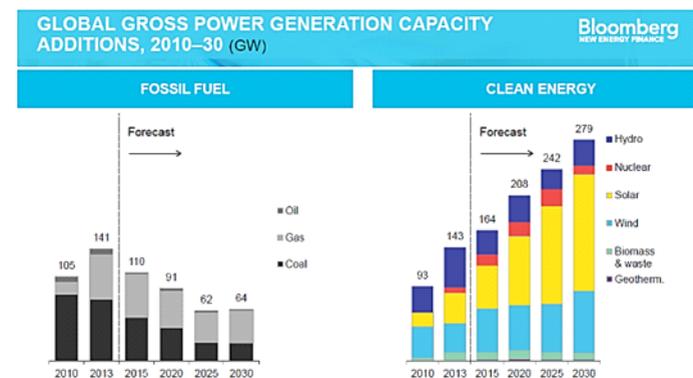


Рисунок 6 – Прогноз мировой генерации электроэнергии на основе ископаемого топлива (FOSSIL FUEL) и отрасли ВИЭ (CLEAN ENERGY) до 2030 года (по данным аналитического агентства Bloomberg NEF)

Проведенный анализ показывает, что ведущим фактором для развития отрасли солнечной энергетики в странах мира является

стоимость производимой альтернативным путем электрической энергии.

Ценовая политика диктует свои правила, в связи с этим немногие страны могут позволить себе обеспечить стабильный рост данной промышленности, путем ежегодного наращивания вводимой в эксплуатацию мощности.

По прогнозам МЭА на ближайшее десятилетие позиции лидеров в данной отрасли по-прежнему будут занимать страны с наиболее развитой и стабильной экономической обстановкой, позволяющей безболезненно и стабильно инвестировать в область ВИЭ, такие как Китай, США, Индия и Япония. Стоит также учесть факт того, что приведенные страны являются непосредственными лидерами-экспортерами на рынке оборудования для солнечных электростанций, что позволяет им оставаться в выигрыше (использование собственной продукции для постройки СЭС) и не завышать цены на производимую электроэнергию.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гианнакопулу Е., Хенбест С. Обзор новой энергетики. Вестник Агентства Bloomberg New Energy Finance. Лондон, 2015. Интернет ресурс: <http://renewnews.ru/bnef/>.

2 О развитии солнечной энергетики в 2018 году Интернет ресурс: <http://renewnews.ru/on-the-development-of-solar-energy-in-2018/>.

3 Snapshot of global photovoltaic. Report IEA PVPS T1-33:2018. – 15 с. Интернет ресурс: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=266>.

4 Список электростанций Казахстана. Официальный сайт Интернет ресурса: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.

5 Потяга Л. А., Дюсембаева Б. Е. Выход Казахстана на новый уровень энергетической политики. Сборник трудов Международной научно-практической конференции: Повышение качества образования, современные инновации в науке и производстве. РФ, г. Прокопьевск, 2019 г.; с. 457 – 461.

6 Кеннинг Т. Обзор перспектив солнечной энергетики Индии. Лондон, 2015. Интернет ресурс: http://energo.polpred.com/news/?ns=1&earchtext=%FD%E5%F0%E3%E5%F2%E8%EA%E0&fulltext=on&period_count=1&page=5.

7 Photovoltaic Markets and Technology. Официальный сайт Информационного ресурса PV-magazine: <https://www.pv-magazine.com>.

8 Массон Г., Орланди С., Рекингер М. Обзор мирового рынка солнечной энергетики. Мюнхен, 2014. Интернет ресурс Ecologymd: <http://ecology.md/page/dojche-bank-prognoziruet-razvitie-mir>.

9 Инвестиции в возобновляемую энергетику в 2018 году. Интернет ресурс: <http://renewnews.ru/bnef-investitsii-v-vozobnovlyae-muyu-energetiku-prevysili-300-mlrd-doll-ssha-v-2018/>.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

САБЫРБЕКОВ А. Е.

студент, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

АШИМОВА А. К.

ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетики опережали темпы развития других отраслей.

Специфической особенностью электроэнергетики является то, что ее продукция не может накапливаться для последующего использования, поэтому потребление соответствует производству электроэнергии и по размерам (разумеется, с учетом потерь) и во времени.

Представить себе жизнь без электрической энергии уже невозможно.

Электроэнергетика вторглась во все сферы деятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, науку и космос, наш быт. Столь широкое распространение объясняется ее специфическими свойствами: возможностью превращаться практически во все другие виды энергии (тепловую, механическую, звуковую, световую и т.п.); способностью относительно просто передаваться на значительные расстояния в больших количествах; огромными скоростями протекания электромагнитных процессов и способностью к дроблению энергии и образованию ее параметров (изменение напряжения, частоты).

Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является сырьевой страной, живущей за счет продажи природных запасов энергоносителей (80% экспорта - сырье, а доля промышленного экспорта сокращается ежегодно). До 2010 и после 2013 года Казахстан - нетто-экспортёр электроэнергии, а в период 2010 - 2013 года являлся нетто-импортером, то есть потреблял больше электроэнергии, чем производил. Север Казахстана экспортирует электроэнергию, производимую на построенной еще в советское

время Экибастузской ГРЭС-1, в Россию, а юг покупает её у Киргизии и Узбекистана.

Производство электроэнергии

Суммарная установленная мощность всех электростанций Казахстана составляет 20 тысяч МВт, а фактическая мощность – 15 тысяч МВт. Казахстан вырабатывает 91,9 млрд. кВт/час электроэнергии в год (данные 2013 г., против 1045 млрд. кВт/час Россией, и 4058 млрд. кВт/час - США, 5320 млрд. кВт/час - Китаем), то есть электровооруженность Казахстана 4,0 МВт/час человек в год против 6,7 - в России, 14 - США, 3,5 - в КНР. К сожалению, выработка большинства электростанций не достигает установленной мощности. Только 2012 году Казахстан достиг уровня выработки электроэнергии 1991 года (87,4 млрд. кВт/час). Выработка по типу электростанций распределяется следующим образом:

ТЭС (тепловые электростанции) – 87,7 %, в том числе:

– КЭС (конденсационные электростанции) – 48,9 %;

– ТЭЦ (теплоэлектроцентрали) – 36,6 %;

– ГТЭС (газотурбинные электростанции) – 2,3 %;

ГЭС (гидроэлектростанции) – 12,3 %.

Около 72 % электроэнергии в Казахстане вырабатывается из угля, 12,3 % – из гидроресурсов, 10,6 % – из газа и 4,9 % – из нефти. Таким образом, четырьмя основными видами электростанций вырабатывается 99,8% электроэнергии, а на альтернативные источники приходится менее 0,2%

Электрические станции разделяются на электростанции национального значения, электростанции промышленного назначения и электростанции регионального назначения.

К электрическим станциям национального значения относятся крупные тепловые электрические станции, обеспечивающие выработку и продажу электроэнергии потребителям на оптовом рынке электрической энергии Республики Казахстан:

• ТОО «Экибастузская ГРЭС-1»;

• АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2»;

• АО «Евроазиатская Энергетическая Корпорация» (Аксуская ГРЭС);

• ТОО ГРЭС «Корпорация Казахмыс»;

• АО «Жамбылская ГРЭС»,

а также гидравлические электростанции большой мощности, используемые дополнительно и для регулирования графика нагрузки ЕЭС РК:

• Бухтарминская ГЭК АО «Казцинк»,

• ТОО «AES Усть-Каменогорская ГЭС»,

• ТОО «AES Шульбинская ГЭС».

К электростанциям промышленного значения относятся ТЭЦ, с комбинированным производством электрической и тепловой энергии, которые служат для электро-теплоснабжения крупных промышленных предприятий и близлежащих населенных пунктов:

• ТЭЦ-3 ТОО «Караганда-Жылу»;

• ТЭЦ ПВС, ТЭЦ-2 АО «Арселор Миттал Темиртау»;

• Рудненская ТЭЦ (АО «ССГПО»);

• Балхашская ТЭЦ, Жезказганская ТЭЦ ТОО Корпорация «Казахмыс»;

• Павлодарская ТЭЦ-1 АО «Алюминий Казахстана»;

• Шымкентская ТЭЦ-1,2 (АО «Южполиметал») и другие.

Электростанции регионального значения – это ТЭЦ, интегрированные с территориями, которые осуществляют реализацию электрической энергии через сети региональных электросетевых компаний и энергопередающих организаций, а так же теплоснабжение близлежащих городов.

Энергетика из всех отраслей деятельности человека оказывает самое большое влияние на нашу жизнь. Мы не можем и дня прожить без использования электроэнергии, и потребности в энергии растут с каждым днем. Наша цивилизация очень динамичная, и любые изменения, происходящие в нашей жизни, в первую очередь требуют энергозатрат. Однако, при существующих формах национальных экономик, могут возникнуть серьезные энергетические проблемы. Такие проблемы развития энергетического комплекса являются очень актуальными на сегодня. Под электроэнергетикой понимается такая наиболее важная отрасль энергетики, которая состоит из производства, передачи и сбыта электроэнергии. Электроэнергия имеет неоспоримые преимущества перед другими видами энергии и передается на большие расстояния с относительной легкостью. В отрасль электроэнергетики входит группа производств, включающие добычу, транспортировку топлива, выработку энергии и передачу ее потребителю. Для получения электроэнергии можно использовать топливные ресурсы, ядерную энергию, гидроресурсы, альтернативные виды энергии. Рассмотрим сырьевую проблему электроэнергетики в современных условиях. Так, сырье для производства электроэнергии представлено:

– минеральными ресурсами; – топливными полезными ископаемыми; – рудными полезными ископаемыми; – нерудными

полезными ископаемыми. Однако при современных темпах энергопотребления ресурсов хватит максимум на сто лет, причем они практически невозполнимы, что становится реальной проблемой для человечества. Еще одной проблемой в сфере электроэнергетики является энергетическая проблема. Можно выделить следующие источники энергии: – горючие минеральные ископаемые; – горючие органические ископаемые; – нетрадиционные виды энергии; – атомная энергия.

Так как на современном этапе топливные ресурсы Земли дорожают, то характеристика энергетической и экономической независимости государства представлена проблемой возобновляемости источников энергии. Рассмотрим преимущества и недостатки каждого вида получения электроэнергии. Так, тепловые электростанции очень дешевые в строительстве и обслуживании, непрерывно работают и повсеместно расположены. Однако, топливные ресурсы Земли не бесконечны, их хватит максимум на сто лет, загрязняют атмосферу вредными выбросами, создают парниковый эффект. Преимущества гидроэлектростанций заключается в низкой себестоимости электроэнергии, отсутствии вредных выбросов в атмосферу. Но, недостатки гидроэлектростанций заключаются в том, что их строительство возможно только на территории водных бассейнов, их строительство довольно трудоемкое и дорогое, а плотины, построенные для ГЭС, наносят ущерб водной экосистеме [1]. Атомные электростанции обладают огромным электропотенциалом и рентабельностью, а также не загрязняют атмосферу продуктами сгорания. Но существует актуальная проблема, заключающаяся в безопасности атомных электростанций, то есть в случае аварии возникает опасность радиоактивного заражения. Помимо основных источников энергии существует нетрадиционная энергетика. К ней относят: – солнечную энергетiku; – ветроэнергетiku; – термоядерную энергетiku; – биотопливо; – геотермальную энергетiku;

– энергию волн, приливов, отливов [2]. Солнечная энергетика подразумевает использование энергии солнца. Она является общедоступной, неисчерпаемой и абсолютно безопасной, но при этом, она зависима от климата и времени суток. Ветроэнергетика основана на использовании энергии ветра, также как и солнечная энергия — является возобновляемым видом энергии, но зависима от климата и погодных условий. Термоядерная энергетика является слабоизученной и неразвитой, однако, примером природного термоядерного реактора является Солнце, что позволяет говорить

о высокой эффективности данного вида энергетики. Для получения биотоплива перерабатываются стебли сахарного тростника или семена кукурузы, сои или рапса. Геотермальная энергия представляет собой энергию вулканов в виде воды и пара. Преимущество заключается в том, что при ее использовании, снижается влияние на окружающую среду. Энергия волн, приливов и отливов использует энергию океана. Так, в Японии используется данный вид энергии для того, чтобы обеспечить океанский транспорт. Таким образом, существует множество альтернативных источников энергии, но основной их недостаток заключается в низком КПД, что позволяет говорить об ограниченности данных видов энергии [3]. Однако, с учетом того, что топливные ресурсы не бесконечные, гидроэлектростанции невозможно строить повсеместно, а атомная энергетика довольно опасна, то необходимо обратить более пристальное внимание именно на нетрадиционные виды электроэнергетики. Конечно при практическом освоении этих возможных источников потребуются несколько десятков лет из-за высокой капиталоемкости и соответствующей инерционности в реализации проектов. Но возможно в будущем, мы сможем «воспроизводимые», экологически чистые ресурсы энергетики, что позволит сохранить нам окружающую среду. Таким образом, можно сделать следующие выводы: Энергетическая отрасль на сегодня находится в кризисе. Основная часть производственных фондов устарела и требует замены в ближайшие десятилетия. Выработка мощностей намного превышает ввод новых. В связи с этим может возникнуть катастрофическая нехватка электроэнергии. Мы предлагаем следующее решение этой проблемы: акционирование энергетической отрасли, привлечение инвестиций в эту отрасль, внедрять программы со стороны государства по снижению энергоемкости производства. На сегодняшний день нужно научиться правильно и целесообразно использовать ресурсы уже имеющихся предприятий в этой отрасли. Со стороны государства должны проводиться мероприятия по следующим направлениям:

– разработать меры по снижению издержек энергетических компаний; – разработать меры по снижению потерь при производстве, передаче и распределении электроэнергии; – разработать инвестиционную политику, которая будет подразумевать разделение отрасли на естественно-монопольные и конкурентные. Все это позволит повысить инвестиционную привлекательность энергетических компаний, что повысит рост оборотов не только самой электроэнергетики, но и отраслей, связанных с производством

энергетического оборудования, а также стабилизирует цены на электроэнергию.

В своем ежегодном послании народу Казахстана Глава государства указал на необходимость опережающего инфраструктурного обеспечения основных секторов экономики, в том числе на принятие мер по развитию электроэнергетики.

«По моему поручению Правительство разработало Государственную программу форсированного индустриально-инновационного развития и детальную Карту индустриализации страны...»

Осуществление поставленных задач направлено на расширение и совершенствования отраслей производства, в том числе и электроэнергетикой отрасли.

Я думаю, что электроэнергетическая отрасль, являясь одной из базовых отраслей экономики, играет важную роль в политической, экономической и социальной сферах любого государства. В ближайшие десять лет в мировом электроэнергетическом секторе грядут серьезные структурные и технологические изменения, которые будут сопровождаться беспрецедентными инвестициями в развитие технологий возобновляемых источников энергии и эффективной политики энергосбережения.

С распадом СССР, в странах СНГ в той или иной мере произошли структурные изменения в экономике, которые в свою очередь предопределили функционирование и развитие всей энергетики, в том числе и электроэнергетической отрасли.

В современном обществе трудно найти хотя бы одну область человеческой деятельности, которая не требовала бы прямо или косвенно больше энергии, чем ее могут дать мускулы человека.

Я считаю, что роль энергии неоспорима в поддержании и дальнейшем развитии цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лукутин Б. В., Суржикова О. А., Шандарова Е. Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. - М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

2 Безруких П. П. Роль возобновляемой энергетики в энергосбережении в мире и России // Электрика. – 2004. – № 4. – С. 3–5.

3 Ушаков В. Я. Возобновляемая и альтернативная энергетика: ресурсосбережение и защита окружающей среды. – Томск: Изд-во «СибГрафикс», 2011. – 137 с.

4 <http://электротехнический-портал.рф/energo-komleks-rf/115-rol-elektroenergetiki.html>

РЕЗИСТОР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯТОРА ВЛЭП 6-35 КВ

ТЕРЕЩЕНКО Н. А.

аспирант, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

МАКОВЕЦКИЙ С. С., ШЕВЧЕНКО Д. М.

студенты, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

НИКИТИН К. И.

д.т.н., доцент Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

Большое количество научных работ направлено на повышение надежности и устойчивости энергосистемы, поэтому работы в данной области актуальны. Использование цифровых технологий позволяет достичь поставленные цели и правительства разных стран выделяют гранты под исследования в данные области.

Для диагностики изоляторов ВЛЭП был предложен и разработан резистор, который должен не только иметь сопротивление определенной величины, но и иметь большую механическую прочность, для удержания веса изоляторов, проводов и их динамических нагрузок.

В статье представлен резистор для создания устройства, способного выявлять токи утечек порядка несколько наноампер. Такие резисторы изготавливаются из сплавов с высоким удельным сопротивлением (манганин, константан, нихром, фехраль).

Датчики являются основой информационно-измерительных систем.

Активная составляющая тока утечки в установившемся режиме – параметр, по которому определяют состояние изоляции. На высоковольтных линиях токи утечек составляют единицы или десятки микроампер. Поэтому для мониторинга данного параметра необходимо разработать конструкцию датчика с высокой чувствительностью.

Датчик тока состоит из резистора (рисунок 1) и милливольтметра (на рисунке мультиметр). С помощью него можно осуществлять мониторинг токов утечки с линии 6–10 кВ.

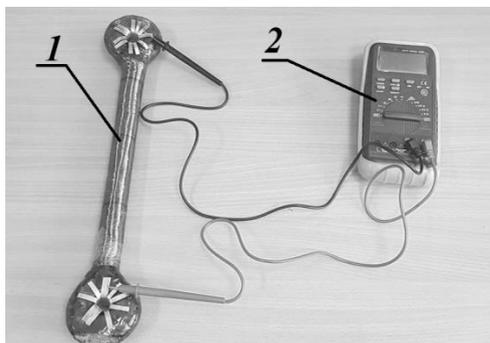


Рисунок 1 – Датчик тока (1 – резистор, 2 – мультиметр)

Существуют проволочные и беспроводные резисторы. Разработанный резистор проволочный, т. к. манганин, на основе которого он изготовлен имеет малую зависимость от температуры ($\text{TKC}=10^{-5} \text{ K}^{-1}$).

На рисунке 2 представлен вид резистора [1, с. 135].

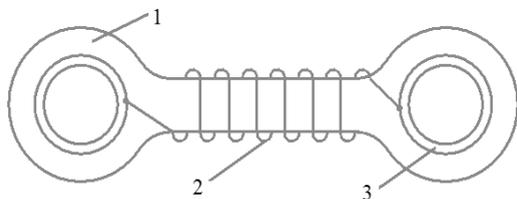


Рисунок 2 – Вид резистора (1 – диэлектрический материал с высокой механической прочностью, 2 – манганиновый провод, 3 – металлическая втулка)

Резистор выполнен в виде стержня с проушинами на концах для крепления к траверсе с одной стороны и подвесных изоляторов с другой.

Резистор должен обладать небольшой массой, хорошими диэлектрическими свойствами, но высокой механической прочностью. Для этого использовали стеклопластиковый стержень, изготовленный из стеклоткани, пропитанной эпоксидной смолой (рисунок 3) [2-5, с. 1].

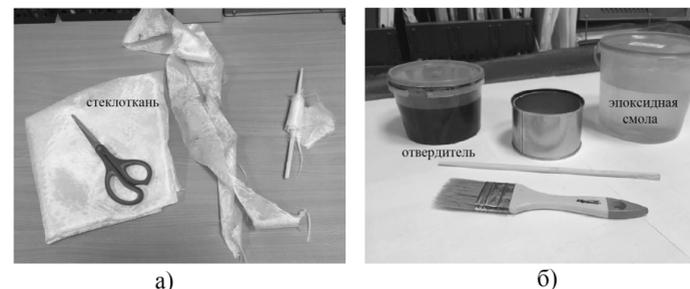


Рисунок 3 – Материалы для изготовления резистора (1 – стеклоткань, 2 – отвердитель М-45 и эпоксидная смола ЭД-20)

В [1, с. 133] произведен статический и динамический расчет механических нагрузок на конструкцию.

На рисунке 4 представлен изготовленный резистор.



Рисунок 4 – Резистор

Геометрические параметры резистора: длина всего резистора – 450 мм, длина намотки провода 283 мм (однослойная), диаметр отверстия 20 мм, диаметр «ушка» 70 мм.

Для изготовления был использован провод марки ПЭВМ-0,1. При диаметре резистора 30 мм и его длине 283 мм, было использовано $L=\pi \cdot d \cdot w=\pi \cdot 0,01 \cdot 2830=266,7$ м провода, что составляет 22 195 Ом. Измерения уточнили величину сопротивления, которое равно 22,2 кОм.

Произведём расчет индуктивности добавочного резистора по формуле 1:

$$L_{R_d} = 0,002\pi DN^2 \left[\ln \left(1 + \frac{\pi D}{2l} \right) + \frac{1}{2,3004 + 3,437 \frac{l}{D} + 1,7636 \left(\frac{l}{D} \right)^2 - \frac{0,47}{\left(0,755 + \frac{D}{l} \right)^{1,44}}} \right] =$$

$$= 0,002 \cdot \pi \cdot 3 \cdot 2830^2 \left[\ln \left(1 + \frac{\pi \cdot 3}{2 \cdot 28,3} \right) + \frac{1}{2,3004 + 3,437 \frac{28,3}{3} + 1,7636 \left(\frac{28,3}{3} \right)^2 - \frac{0,47}{\left(0,755 + \frac{3}{28,3} \right)^{1,44}}} \right] =$$

24,041 мГн (1)

где D – диаметр оправки резистора, см; l – длина катушки (длина намотанной проволоки на резистор), см; N – число витков, найденное по формуле 2:

$$N = \frac{1}{g} = \frac{28,3}{0,01} = 2830 \text{ шт} \quad (2)$$

где g – толщина провода, см [6, с.1].

Расчет индуктивности был уточнен измерениями на разных частотах, которые приведены в таблице 1 и хорошо согласуются с расчетными данными:

Таблица 1 – Экспериментальные значения индуктивности резистора

Частота, Гц	Значения индуктивности, мГн	Значение сопротивления резистора, кОм
50	14 – 34	22,2
500	24,0	22,2
100000	21,2	22,2

Таким образом, принимаем индуктивность добавочного резистора 24 мГн. Процентное соотношение R_d к X_L ($X_L = 0,024 \cdot 314 = 7,536$) составляет 0,03%. Т. к. индуктивная составляющая невелика, то ей можно пренебречь.

Для проведения эксперимента использовали установку АИД–70М, фарфоровый изолятор марки ОФР 10–750, добавочный резистор, мультиметр, электрические зажимы.

На рисунке 5 представлена схема эксперимента в пакете MATLAB Simulink.

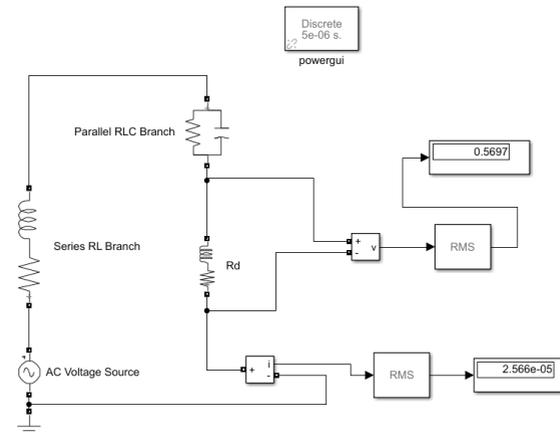


Рисунок 5 – Схема эксперимента, выполненная в среде MATLAB Simulink

Блок AC Voltage Source имеет напряжение 6 кВ и частоту 50 Гц; в блок Series RL Branch вводили сопротивление установки АИД–70М 95000 Ом и индуктивность 1 Гн; блок Parallel RLC Branch имеет сопротивление 280Е6 Ом и емкость 7.5е–12 Ф; блок R_d – 22200 Ом и индуктивность 0.024 Гн. Полученные данные токов утечки приведены в таблице 2.

Методика эксперимента:

- 1) собирается электрическая схема эксперимента (рисунок 6);
- 2) при помощи установки АИД–70М плавно повышается переменное напряжение до величины $U=20$ кВ;
- 3) фиксируются показания напряжения на мультиметре и значения тока утечки на установке АИД–70М (таблица 2);
- 4) сравниваются экспериментальные значения токов с расчетными.

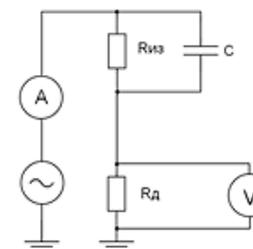


Рисунок 6 – Электрическая схема эксперимента

По данным эксперимента рассчитаем ток утечки при сопротивлении добавочного резистора 22,2 кОм, по формуле 3:

$$I_{\text{утеч}} = \frac{U_{\text{пр}}}{R} = \frac{0,960}{22200} = 43,2 \text{ мкА} \quad (3)$$

Таблица 2 – Экспериментальные значения напряжений и токов утечки

Переменное напряжение, кВ	Диапазон значения тока утечки, мкА	Диапазон напряжения на мультиметре, В	Расчётный ток утечки, мкА	Смоделированный ток утечки, мкА
1	2	3	4	5
6	<10	0,575–0,585	25,9	25,7
10	60–80	0,960–1,000	43,2	42,8
13	130–140	1,280–1,300	57,7	55,6
16	175–185	1,520–1,530	68,5	68,4
20	240–260	1,870–1,900	84,2	85,5

Из таблицы 2 видно, что значения токов утечки крайне малы. Расчётные и смоделированные значения токов практически совпадают (столбцы 4 и 5), но в несколько раз отличаются от измеренных на установке АИД–70М.

Последовательное подключение резистора к изолятору, позволит производить измерение тока утечки изоляции электроустановки под напряжением. Недостаток проволочного резистора в том, что он имеет индуктивность из-за которой частичные разряды могут быть интегрированы, из-за чего чувствительность устройства уменьшится. Беспроволочный резистор лишён этого недостатка.

Таким образом, резисторы являются основными элементами для создаваемого датчика тока, который позволит оценивать состояние изоляции под напряжением. Данная конструкция резистора рассчитывалась на напряжения 6–35 кВ.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Терещенко Н. А. и др. Расчет добавочного сопротивления и конструкции датчика тока утечки высоковольтного изолятора // Омский научный вестник. – 2018. – №. 6 (162).
- 2 Удельное электрическое сопротивление проводников. URL: <https://bourabai.ru/toe/resistance.htm> (дата обращения: 01.01.2020).
- 3 Гладкие стеклопластиковые стержни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stekloplast34.ru/gladkie-stekloplastikovye-sterzhni> (дата обращения: 01.01.2020).

4 Эпоксидная смола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://смола55.рф/эпоксидная/sample-page/> (дата обращения: 01.01.2020).

5 Манганиновые провода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mash-xxl.info/info/30561/> (дата обращения: 01.01.2020).].

6 ГОСТ 10292–74. Стеклотекстолит конструкционный. Технические условия. Введ. 1976–01–01. М.: ИПК Изд–во стандартов, 2005. 16 с.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE GROUP OF ELECTRIC MOTORS

ZHIGALO S.

Master student, Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan

UAKHITOVA A. B.

Candidate of Technical Sciences, associate professor,
Seifullin Kazakh Agro Technical University, Nur-Sultan

Introduction

Today is dictating new development trends for all industries and electric power industry is no exception. One of the modern industry development trends is the energy conservation. Generally, energy conservation is to reduce energy losses. Analysis of the structure of losses in the production, distribution and consumption of electricity shows that most of the losses - up to 90% - are due to energy consumption. Losses in the transmission of electricity are only 9 - 10% (USA – 8%, Germany – 4%, Japan – 5%). Clearly, main efforts to save energy should be made in the field of electricity consumption, where the main consumer is electric motor. Experts say that a controlled electric motor can improve efficiency in 25 - 50% of cases, but now these figures are only in 10% [1, page 5].

Thus, the use of a controllable electric motor allows us to task the problem of increasing the efficiency of groups of electric motors. This article discusses the main directions of development of energy efficiency in the operation of frequency converters of group-controlled electric motors at thermal power station.

Main part

Improving the efficiency of the group of electric motors is carried out by improving indicators: increasing the efficiency of a frequency-controlled drive, increased pump efficiency, increasing the efficiency of the electric motor, cost cutting for servicing mechanisms, lost in value of equipment, improving the reliability of equipment and as a result reducing the downtime of equipment, etc.

The fundamental principles of frequency-controlled drive have been almost unchanged since the 60s of the XX century (fig. 1) [2, page 52]. The frequency-controlled drive is a device that converts the input an alternating current voltage to a voltage of a different frequency through a single-level conversion.

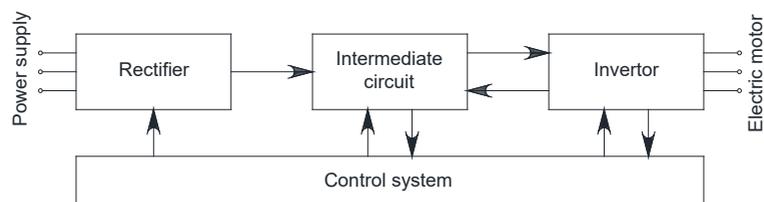


Figure 1 - Structural flow diagram of a frequency-controlled drive

The rectifier generates a pulsating DC voltage from a single-phase or three-phase power supply. The basis of this device is the well-known Mitkevich and Larionov bridge, which has undergone minor changes over time. Now the most widely used are 6-pulse rectifiers, 18-pulse rectifiers with a disconnecting transformer [3, page 112]. The main objective of rectifier is the formation of a DC voltage in the intermediate circuit with minimal interference to the power grid. Thus, when using a 6-pulse rectifier, the input measurement current are far from normal, which of course translates to needing to install additional devices for rectifying electrical parameters.

Nowadays, the most common technology in the world is high-voltage converter technology using multi-winding transformers for reduce unwanted harmonics. This is due to a phase angle shift of the secondary windings of transformer. The number of secondary windings of transformer is determined by the drive topology. In some cases, such a drive can have up to 15 sets of secondary windings [4, page 15].

That is part of the problem improving the efficiency of the electric motors. Without the using of an isolation transformer, it would be possible to reduce the basic costs for the purchase of a complex element, installation costs, save space for placement and increase the efficiency of the system. The intermediate circuit is a buffer of electricity between the rectifier and the inverter. Depending on the rectifier and convertor, there are an intermediate circuit three principles for constructing.

I-converters. The intermediate circuit contains a large inductance coil, mating only with a controlled rectifier. An inductive coil the converting varying voltage of the rectifier into a varying direct current. In this method,

the output voltage of the electric motor will be determined by the motor load [2, page 49].

U-converters. The intermediate circuit is a filter, with a condenser connected, together with any rectifier. It reduces the ripple of the DC voltage of the rectifier. In uncontrolled rectifiers, the voltage at the inverter input is a constant voltage with a constant amplitude [2, page 51].

In intermediate circuits of varying DC voltage is possible to turn on a chopper in front of the filter. Interrupt control is implemented by comparing the changing voltage after the filter with the input signal. If there is a difference, then it is regulated by changing the opening period of the control transistor.

The intermediate circuit of frequency-controlled drive is the most efficient, because the efficiency of this equipment is the sum of losses due to transients and the active components of heating of live parts. An inverter is the last part of a frequency converter in front of an electric motor. It carries out the final adaptation of the output voltage. For optimal operation of the electric motor in the entire range of speed regulation, the frequency converter ensures the adaptation of the output voltage to the load mode. As a result, the frequency converter allows for optimal magnetization of the electric motor. Even if inverters work in different ways, their basic structure is always the same [5, page 320].

The inverter is an executive system of the power part of a frequency converter. The question of efficiency here can be addressed only in the aspect of applying the most advanced, in terms of low dissipation energy, power semiconductor elements. Today are using controlled semiconductor devices, included in two in three arms.

Thyristors are almost never used. High-frequency transistors are used instead because of the better timing characteristics of opening and closing. The switching frequency is in the range 300 Hz - 20 kHz, depending on the semiconductor devices used [3, page 22].

The most widely used transistors are IGBTs, because its combine the control properties of the MOS-FET with the output properties of the LTR. They also have a good power range, suitable conductivity and switching frequency, which greatly simplifies the control of modern frequency converters.

Thus, the efficiency of the inverter is determined by the electrical parameters of the electronic stage of the inverter, which depends on heat loss on semiconductor elements. This question touches more on the moment which semiconductor elements are more efficiently used to solve the problems posed before the frequency drive.

The most interesting question on the development of recommendations to improve the efficiency of the group of medium voltage electric motors is the algorithm and its implementation in the control system of the intermediate elements of a frequency converter. This question is the most popular when developing systems for improving the energy efficiency of drive technology now.

Conclusion

Thus, the article states that energy efficiency issues are not completely resolved over the period from the creation of the first prototypes of frequency converter to the present day. There remain many points in which it is possible to conduct fruitful research. Improving the efficiency of a group of electric motors by optimizing frequency converter remains an urgent task. The creation of optimal models of the electric motor will lead to great progress in the field of energy efficiency of the use of drive technology.

The most important aspect, which should be an integral part of research in the field of improving the energy efficiency of a group of electric motors, is an integrated approach to solving the problem of energy conservation. A new solution should be created on the basis of a comprehensive approach to process optimization in group regulation of pumps.

REFERENCES

- 1 Moskalenko V. V., Energy efficiency as the most important characteristic electric drive and its technological processes / V. V. Moskalenko // Reports scientific and methodological seminar. February 1, 2011, Moscow. Publishing office of Moscow energy institute. – 2011. p. 5–8.
- 2 Bargmeyer J., Burghardt M., Hanigovszki N., Hansen M. L., Jensen A. H., Jensen J. W., Seekjar H., Tataru-Kjar A-M., Zare F., Jansen Th. and Cerny M., Facts Worth Knowing about Frequency Converters – Danfoss. – 2014. 49. p 49–54.
- 3 Bose B.K. Modern power electronics and ac drives – Prentice Hall PTR. – 2001.
- 4 Manual for Power Flex 7000 Medium Voltage AC Drive Air-Cooled – RockWell Automation. – 2019. p 1–15.
- 5 Weidauer J., Messer R. Electrical Drives. Principles, Planning, Applications, Solutions. - Publicis Publishing. – 2014. p. 320–322.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СНИЖЕНИЮ ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА

КАЙДАР А. Б.
 м.т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан
 КАЙДАР М. Б.
 менеджер, ЗАО «Казтрансгаз», г. Нур-Султан
 МАРКОВСКИЙ В. П.
 к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 ШАПКЕНОВ Б. К.
 к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 КИСЛОВ А. П.
 к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 ЖУМАДИРОВА А. К.
 к.т.н., ассоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Анализ технических средств защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении показывает необходимость правильного применения средств защиты.

В соответствии с 413-м разделом МЭК 60 364-4-41 [1] мерами для обеспечения защиты от косвенного прикосновения являются:

- автоматическое отключение питания за определенное время;
- применение электрооборудования класса II или с равноценной изоляцией;
- применение изолирующих (непроводящих) помещений, зон, площадок;
- использование незаземленной системы местного уравнивания потенциалов);
- электрическое разделение цепей (с помощью разделяющего трансформатора или источника питания, равноценного ему по степени обеспечения электробезопасности).

Защита посредством автоматического отключения питания в установленном время может быть использована в системах заземления типов TN, TT и IT (примеры выполнения этих систем заземления в сетях трехфазного переменного тока представлены на рисунок 1).

Обозначения на схеме:

R_A – сопротивление заземляющего устройства открытой проводящей части;

R_B – сопротивление заземляющего устройства источника питания;

1 – источник питания;

2 – открытая проводящая часть.

Буквенное обозначение типов систем заземления:

Первая буква – характер заземления источника питания:

T – непосредственное присоединение одной точки токоведущей части к земле;

I – все токоведущие части изолированы от земли или одна точка заземлена через сопротивление.

Вторая буква – характер заземления открытых проводящих частей электроустановки:

T – непосредственная связь открытых проводящих частей с землей;

N – непосредственная связь открытых проводящих частей с точкой заземления источников питания (в системах переменного тока обычно заземляется нейтраль).

Третья буква – устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

S – функции нулевого рабочего (N) и нулевого защитного проводников (PE) объединены в одном проводнике (PEN);

S – функции нулевого рабочего и нулевого защитного проводников обеспечиваются отдельными проводниками (соответственно N и PE).

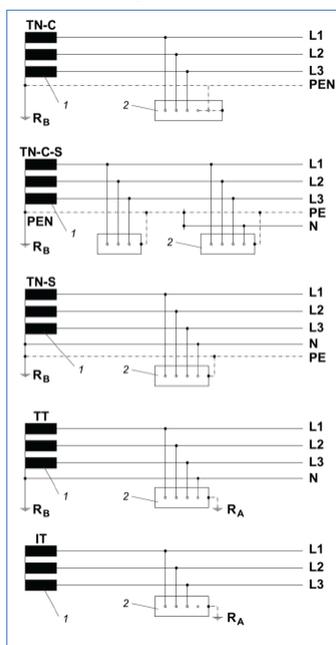


Рисунок 1 – Примеры выполнения систем заземления TN, TT и IT переменного тока

Для эффективного функционирования автоматического отключения питания должны быть выполнены следующие мероприятия:

- заземлены открытые проводящие части посредством защитного проводника;

- реализована основная система уравнивания потенциалов – соединение основного (магистрального) защитного проводника с металлическими частями конструкций здания, трубами и основным заземляющим зажимом (рисунок 2).

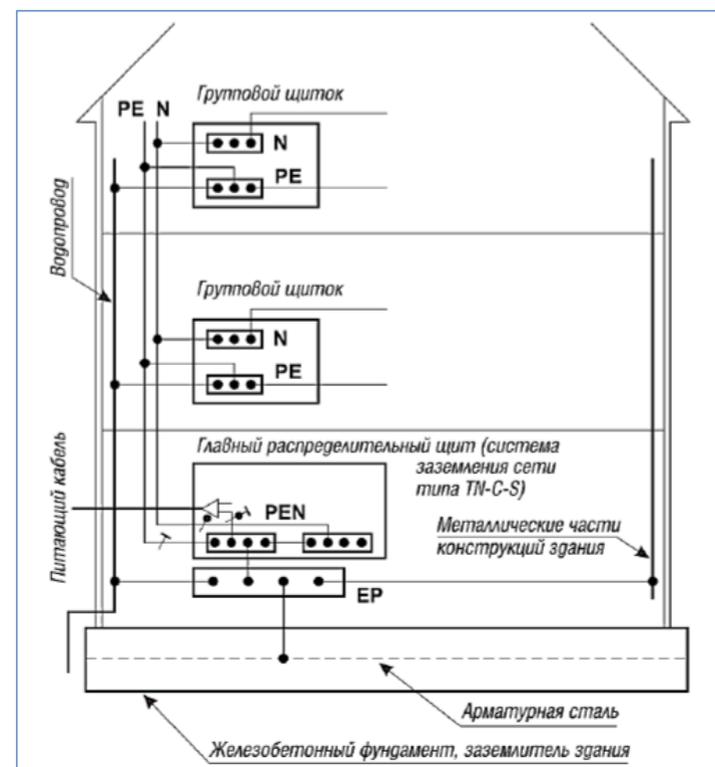


Рисунок 2 – Пример выполнения уравнивания потенциалов в здании (фазные проводники с целью упрощения рисунка не показаны)

Целью выполнения заземления является поддержание открытых проводящих частей электроустановки на потенциале, по возможности, близком к потенциалу земли. Правильно выполненное заземление должно:

- обеспечить нормальное функционирование оборудования;
- ограничить воздействие перенапряжений и сверхтоков;
- защитить от поражения электрическим током.

Величина сопротивления заземляющего устройства зависит от цели его использования и определяется различными стандартами. Требования к заземляющим устройствам и защитным проводникам приведены в стандарте МЭК 60 364-5-54.

Автоматическое отключение источника питания обеспечивается устройствами, которые должны осуществить отключение в случае, если на открытых проводящих частях возможно появление напряжения прикосновения, превышающее допустимое значение U_L , принятое согласно стандарту МЭК 60364-4-41 равным 50 В. В ряде специальных установок в соответствии с действующими стандартами нормируются меньшие значения U_L . Считается, что в этих установках, из-за неблагоприятных с точки зрения электробезопасности условий, значение полного сопротивления тела человека обычно понижено [2].

Основная система уравнивания потенциалов объединяет:

- основной (магистральный) защитный проводник;
- основной заземляющий зажим (EP);
- систему труб в здании и между зданиями (газ, вода);
- металлические части конструкций здания, системы центрального отопления, вентиляции, кондиционирования.
- нулевой рабочий проводник (N);
- нулевой защитный проводник (PE);
- совмещенный нулевой рабочий и нулевой защитный проводник (PEN).

Наибольшее время, в течение которого должно произойти автоматическое отключение источника, нормировано [3, 4]. Например, в сетях системы TN для цепей, питающих передвижное или переносное оборудование класса I посредством штепсельных розеток или без них, при номинальном напряжении между фазой и землей, равном 230 В, время отключения не должно превышать 0,4 с.

Для цепей, питающих стационарное электрооборудование, максимально допустимое время отключения составляет 5 с. Максимально допустимые значения времени отключения определены, исходя из знаний о воздействии электрического тока на организм человека (рисунок 3).

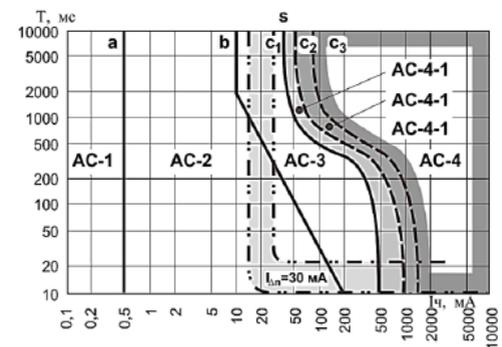


Рисунок 3 – Граничные кривые переменного тока

Если требуемые значения времени отключения источника питания посредством защиты от сверхтока не могут быть получены обычными способами (выбором устройства защиты, увеличением сечений проводников для получения нужного значения полного сопротивления цепи замыкания), необходимо применение дополнительной системы уравнивания потенциалов или использование УЗО. Среди устройств, обеспечивающих автоматическое отключение источника питания, УЗО занимает особое место. Как и другие устройства автоматического отключения, УЗО способно защитить человека при прикосновении к открытым проводящим частям в случае нарушения изоляции токоведущих частей. Однако, УЗО является единственным устройством, способным защитить человека от прямого случайного прикосновения к токоведущей части. УЗО могут быть использованы в электрических сетях с системами заземления типов TN-C-S, TN-S, TT и IT (рисунок 1).

Использование УЗО в цепях без защитного проводника (например, в старых двухпроводных сетях с проводами L и N) согласно новым требованиям не должно считаться достаточной мерой для обеспечения безопасности при прикосновении к открытым проводящим частям даже в том случае, когда номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО не превышает 30 мА. Это следует из требования для защиты от косвенного прикосновения к открытым проводящим частям посредством автоматического отключения питания, которое предписывает присоединение всех открытых проводящих частей к защитному проводнику в соответствии с особенностями типов системы заземления.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

Защиту при косвенном прикосновении выполняют во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного и 120 В постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких на-пряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1 МЭК 60 364-4-41. Электроустановки зданий. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3-95/ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92). <https://online.zakon.kz> › Document.

2 Шапкенов, Б. К. Охрана труда и техника безопасности для энергетиков : учебник. – Павлодар : ЭКО, 2010. – 514 с. ISBN 978-601-284-002-5.

3 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей : монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. – Павлодар : Кереку, 2016. – 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

4 Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б., Кайдар, М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей : монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. – Алматы : Эверо, 2016. – 176 с. ISBN 978-601-310-762-2.

СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ 0,38 КВ АПК ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ

КАЙДАР А. Б.

м. т. и т., проектный менеджер, АО «Alageum Electric», г. Нур-Султан

КАЙДАР М. Б.

менеджер, ЗАО «Казтрансгаз», г. Нур-Султан

МАРКОВСКИЙ В. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ШАПКЕНОВ Б. К.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

КИСЛОВ А. П.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В настоящее время по прежнему значимой остается проблема обеспечения электрической и пожарной безопасности электроустановок до 1000 В объектов АПК. Наибольшее число (до 70 %) пожаров от электротехнических причин (электропожаров) обусловлено короткими замыканиями (КЗ) в электропроводах.

Для автоматического отключения питания при неисправности электроустановки широко используются предохранители и автоматические выключатели, однако, их электрозащитная эффективность в сельских сетях является весьма низкой.

Для повышения эффективности электрической защиты может быть использована технология, основанная на выявлении пожароопасных участков системы электроснабжения и выборе экономически целесообразных параметров защиты и электропроводок по условию наименьшей вероятности пожара.

Одной из проблем практической реализации этой технологии является возможность неблагоприятных сочетаний параметров срабатывания защиты и перегрева электропроводки на различных участках электрической сети, обусловленная естественным разбросом характеристик. При этом возникает неопределенность времени срабатывания защиты и снижается число успешных отключений коротких замыканий.

Проблема низкой эффективности защиты от коротких замыканий (КЗ) в системах сельского электроснабжения обусловлена, прежде всего, низким уровнем токов КЗ. При удалении объекта АПК от подстанции до 800 м токи КЗ во внутренней сети с алюминиевыми проводами не всегда достигают даже порога срабатывания электромагнитных расцепителей (ЭР) автоматических выключателей с номинальным током 16 А.

Поэтому весьма проблематично обеспечение регламентированного наибольшего допустимого времени срабатывания защиты (0,4 с) даже при использовании выключателей повышенной чувствительности серии ВА с характеристикой типа В. Для внутренних сетей ситуация усугубляется из-за возможности воздействия на электропроводку электрической дуги, часто возникающей при КЗ, которая может пережечь электропроводку быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов.

Для повышения чувствительности и быстродействия защиты предложен подход, предусматривающий изменение параметров электрической сети с целью увеличения токов КЗ до уровня, при котором зона срабатывания автоматических выключателей смещается к области чувствительности электромагнитных расцепителей (ЭР). Однако это мероприятие также не гарантирует повышение токов КЗ до порога срабатывания ЭР всей линейки номинальных токов применяемых автоматических выключателей. Поэтому дополнительно рекомендуется проектировать систему электрической защиты с учетом таких количественных показателей пожарной опасности, как коэффициент незащищенности сети для однофазных, двухфазных и трехфазных КЗ и интегральный показатель пожарной опасности КЗ. Коэффициент незащищенности по каждому из перечисленных видов КЗ определяется отношением суммы длин участков сети, для которых время срабатывания защиты меньше времени пережога проводов электрической дугой КЗ к суммарной длине всех участков сети. Интегральный показатель пожарной опасности численно равен значению вероятности пожара на объекте от КЗ в течение года при допущении, что пережог электропроводки до срабатываний защиты обязательно приводит к пожару.

В сложившейся системе проектирования электрических сетей выбор их параметров осуществляют по критериям экономичности, надежности и качества электроснабжения [1]. При этом многие требования безопасности, в частности, к электрической защите от аварийных режимов, учитывают в условиях уже сформированной структуры сетей и реализованных технических решений. Многолетний опыт эксплуатации электроустановок в АПК показывает, что эффективность электрической защиты на основе предохранителей и автоматических выключателей остается недостаточной из-за низкого уровня токов короткого замыкания (КЗ), несмотря на совершенствование защитной аппаратуры и все более широкое

использование устройств защитного отключения (УЗО), которые позволяют решить проблему защиты от поражения электрическим током [2, 3], но по принципу действия не реагируют на однофазные КЗ на нулевой рабочий провод и междуфазные КЗ. Эти функции по-прежнему возлагают на автоматические выключатели, с которыми комбинируются УЗО.

Еще одна причина низкой эффективности защиты – большой разброс характеристик срабатывания предохранителей и автоматических выключателей. Реальное время срабатывания защиты при одном и том же токе из-за наличия зоны разброса может отличаться в несколько раз.

Недопустимо высокое время срабатывания защиты при малых токах КЗ привело к необходимости изменения подхода к проверке ее чувствительности в методиках выбора параметров срабатывания. Нормирование минимально необходимой кратности аварийных токов [4] заменено на установление максимально допустимого времени срабатывания защиты [5]. В ПУЭ [5] это время регламентировано значениями 0,4 с для внутренних радиальных и 5 с для групповых сетей.

Проведенные авторами расчеты возможного времени срабатывания автоматических выключателей различных типов, установленных на потребительских подстанциях, показали, что для верхних значений защитных характеристик регламентируемое время при удаленных однофазных КЗ в большинстве случаев не обеспечивается [6].

При защите внутренних электрических сетей возникают дополнительные проблемы, обусловленные, прежде всего, значительно меньшим уровнем токов КЗ, чем во внешних сетях. Кроме того, возникающая при КЗ в электропроводах электрическая дуга, температура которой достигает нескольких тысяч градусов, может воспламенить изоляцию или другие горючие материалы, что вместе с действием искр и расплавленных частиц металла часто приводит к развитию пожара. Действуя, как дуга электросварочного аппарата, дуга КЗ может электропроводку быстрее, чем сработает защита, что эквивалентно ее отсутствию и неконтролируемому протеканию пожароопасных процессов. Современные методики выбора электрической защиты не учитывают воздействие электрической дуги КЗ на электропроводку [7]. Тем самым допускается возможность пожара еще на этапе проектирования защиты.

Учитывая проблематичность построения эффективной электрической защиты в системах внешнего и внутреннего сельского низковольтного электроснабжения, обусловленную, прежде всего, низким уровнем токов КЗ, можно предложить подход, отличный от

настройки параметров защиты под расчетные значения аварийных токов, который предусматривает их увеличение до уровня, при котором зона срабатывания автоматических выключателей смещается к области чувствительности электромагнитных расцепителей (ЭР) [6].

При этом должны обеспечиваться требования ПУЭ [5] по максимально допустимому времени срабатывания, а также исключаться возможность пережога электропроводки током дугowego КЗ до срабатывания защиты. Выполнение этих требований в значительной степени реализуется при условии срабатывания в аварийном режиме ЭР автоматических выключателей.

На сегодняшний день для защиты внутренних электрических сетей все большее применение находят автоматические выключатели серии ВА с номинальным током 16; 25; 31,5; 40; 50; 63 А. Наибольшее распространение в Казахстане получили выключатели с характеристикой типа С, электромагнитные расцепители которых срабатывают в диапазоне (от 5 до 10) по отношению к номинальному току (I_n). Использование более чувствительных выключателей с характеристикой типа В (от 3 I_n до 5 I_n) достаточно ограничено из-за возможности ложных срабатываний, которые не исключены, прежде всего, вследствие ошибочного проектирования установки и непрофессиональной эксплуатации. В то же время в сельских сетях до сих пор эксплуатируют огромное количество автоматических выключателей серии АЕ с кратностью тока срабатывания ЭР 12 I_n .

Оценить возможность срабатывания ЭР автоматических выключателей позволяют результаты расчета токов однофазного КЗ в удаленных точках внутренней сети при различных параметрах внешней сети. Мы провели расчеты для схемы соединения обмоток трансформатора 10/0,4 кВ «звезда – звезда» и сечения проводов внутренней сети 4 мм². При оценке пороговых токов срабатывания ЭР выключателей использовали следующие средние значения: 7,5 I_n – для выключателей серии ВА (С) и 4 I_n – для выключателей серии ВА (В).

Анализ выполненных расчетов показал, что даже на расстоянии 100 м от подстанции при сечении проводов воздушной линии 95 мм² и протяженности внутренней алюминиевой электропроводки 60 м ЭР выключателей серии АЕ с номинальным током 16 А и выше и серии ВА (С) с номинальным током 25 и выше не будут реагировать на однофазное КЗ (табл. 1, табл. 2).

Таблица 1 – Результаты расчета токов однофазного КЗ в конце линий 0,38 кВ при различных параметрах внешней и внутренней электрической сети

Параметры внешней сети		Протяженность ВЛ							
Тип линии	Мощность трансформатора, кВА	100 м				800 м			
		Сечение проводов ВЛ							
		25 мм ²		95 мм ²		25 мм ²		95 мм ²	
		Величина тока КЗ во внутренней сети в конце линии длиной 30 м / 60 м сечением 4 мм ² , А							
		Алюминий	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь	Алюминий	Медь
ВЛ	100	182/127	222/169	227/147	293/207	59/52	63/58	121/94	137/115
ВЛ	160	200/135	249/184	256/158	343/230	61/53	65/59	129/98	147/122
ВЛ	250	212/141	269/195	277/166	383/247	62/54	66/60	134/101	154/126
ВЛ	400	222/145	284/202	293/172	414/260	63/55	67/61	137/103	159/130
ВЛ	630	227/147	294/207	303/175	435/268	64/56	68/62	139/105	162/132

Только при использовании медной электропроводки и снижении ее протяженности до 30 м в некоторых случаях возможно срабатывание ЭР выключателей серии АЕ с номинальным током 31,5 А, и серии ВА (С) – с номинальным током 50 А.

При удалении от подстанции до 800 м ЭР выключателей серии АЕ с номинальным током 16 А и выключателей серии ВА (С) с номинальным током 25 А даже при выполнении внутренней проводки медным проводом, протяженностью не превышающей 30 м, на однофазные КЗ не реагировали.

Наилучшими показателями срабатывания обладали выключатели серии ВА с характеристикой В.

При удалении от подстанции до 100 м и протяженности внутренней алюминиевой электропроводки 60 м порог срабатывания ЭР достигался для выключателей с номинальным током до 40 А, а в отдельных случаях (при медной электропроводке и сечении воздушной линии 95 мм²) – 63 А. При уменьшении протяженности медной электропроводки до 30 м порог срабатывания ЭР достигался для всей рассмотренной линейки номинальных токов.

Таблица 2 – Расчетные пороговые токи срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей

Номинальный ток, А	Пороговый ток срабатывания (А) для выключателей серии		
	АЕ	ВА (С)	ВА (В)
16	192	120	64

25	300	187	100
31,5	378	236	126
40	480	300	160
50	600	375	200
63	756	472	252

Однако при удалении от подстанции до 800 м токи КЗ не всегда достигали даже порога срабатывания выключателей с номинальным током 16 А. И только для медной электропроводки при снижении ее протяженности до 30 м было возможно срабатывание ЭР выключателей с номинальным током до 40 А.

Аналогичные расчеты для внешней сети с кабельной линией или СИП с учетом возможности соединения вторичной обмотки силового трансформатора по схеме «зигзаг» позволяют расширить область оценки значений токов КЗ и анализировать результативность защиты в рассматриваемых условиях. Но в целом, проведенный анализ показал проблематичность обеспечения регламентированного [5] наибольшего допустимого времени срабатывания защиты (0,4 с) даже при условии использования выключателей повышенной чувствительности серии ВА с характеристикой В.

С учетом изложенного, представляется целесообразным при выборе параметров электрических сетей при проектировании и реконструкции систем низковольтного электроснабжения учитывать уровень токов короткого замыкания, принимая во внимание, что его повышение достигается с помощью следующих мероприятий [6]:

- увеличение мощности трансформаторов на потребительских подстанциях;
- использование силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда – зигзаг» или «треугольник – звезда»;
- увеличение сечения проводов воздушных линий 0,38 кВ;
- замена традиционных воздушных линий 0,38 кВ с неизолированными проводами воздушными кабелями (СИП);
- увеличение сечения алюминиевых проводов на участках внутренних электрических сетей;
- замена алюминиевых проводов на медные на участках внутренних электрических сетей.

Однако даже реализация совокупности этих мероприятий не гарантирует повышения токов КЗ до порога срабатывания ЭР всей линейки номинальных токов применяемых автоматических выключателей. Поэтому целесообразно использовать подход к оценке

эффективности электрической защиты по показателям пожарной опасности КЗ, основанный на следующем [7].

Диапазон токов однофазного, двухфазного или трехфазного КЗ на участке сети, для которого время пережога электропроводки возникающей электрической дугой меньше времени срабатывания защиты, называется незащищенной зоной или зоной пережога. Отношение диапазона токов КЗ, для которого время пережога меньше времени срабатывания защиты, к диапазону токов КЗ на участке сети можно интерпретировать как долю незащищенной части участка сети.

Показатель $k_s^{нз(k)}$, определяемый долей незащищенной части участка сети (отношение длины незащищенной части участка электрической сети к полной длине участка), называется коэффициентом незащищенности участка сети:

$$k_s^{нз(k)} = \frac{l_s^{нз(k)}}{l_s} \quad (1)$$

где l_s – длина s-го участка сети ($s = 1, \dots, S$), м;

$l_s^{нз(k)}$ – длина зоны пережога на этом участке при k-м виде КЗ, м.

Нулевая величина этого показателя соответствует отсутствию опасности пережога на участке сети (и, как следствие, значительно меньшей опасности пожара, так как процесс развития КЗ ограничен электрической защитой), а равная единице – полной незащищенности участка сети.

На основе этого коэффициента рассчитывается показатель $K^{нз(k)}$, который характеризует пожарную опасность сети в целом и называется коэффициентом незащищенности электрической сети. Он должен рассчитываться для каждого вида КЗ, имеет граничные значения 0 и 1 и может быть определен как отношение суммы длин зон пережога к сумме длин всех участков сети:

$$K^{нз(k)} = \frac{\sum_{s=1}^S l_s^{нз(k)}}{\sum_{s=1}^S l_s} \quad (2)$$

Учитывая, что пожарную опасность при дуговых коротких замыканиях представляют прежде всего участки электрической сети, для которых время пережога меньше времени срабатывания защиты (в этом случае защита не влияет на процесс пережога и пожароопасные факторы электрической дуги) в заданном диапазоне токов КЗ, можно поставить в соответствие эффект пережога до срабатывания защиты и развитие вследствие этого пожара.

Тогда вероятность пожара $K^{H3(k)}$ от КЗ данного вида в течение времени T на s -м участке сети можно определить по формуле:

$$P_s^k(\Pi) = p_T^k k_s^{H3(k)} Q_y Q_3 Q_p Q_{T3}, \quad (3)$$

где p_T^k – вероятность возникновения КЗ на участке сети в течение времени T ;

Q_y – вероятность сосредоточения пожароопасного вещества вблизи электропроводки;

Q_p – вероятность перерастания возникшего загорания в пожар;

Q_{T3} – вероятность отказа системы пожаротушения;

Q_3 – вероятность воспламенения пожароопасного вещества, включая горючую изоляцию.

В расчетах значения вероятностей Q_y , Q_3 , Q_p , и Q_{T3} принимаются равными единице, поэтому $P_s^k(\Pi)$ называется показателем пожарной опасности k -го вида короткого замыкания на s -ом участке электрической сети:

$$P_s^k(\Pi) = p_T^k k_s^{H3(k)}. \quad (4)$$

Величина этого показателя численно равна значению вероятности пожара на объекте при k -м виде короткого замыкания при условии, что перегор электропроводки до срабатываний защиты обязательно приводит к пожару.

Используя коэффициент незащищенности электрической сети, можно определить показатель пожарной опасности k -го вида короткого замыкания для всей электрической сети рассматриваемого объекта по формуле

$$P^K(\Pi) = P_T^{K(k)} K^{H3(k)} \quad (5)$$

где $P_T^{K(k)}$ – вероятность КЗ k -го вида в электрической сети в течение времени T .

С учетом введенных показателей и допущения о том, что за время T пожар на объекте происходит от КЗ только на одном из участков сети, причем КЗ на всех участках равновероятны, в соответствии с теоремой умножения вероятностей может быть определен интегральный показатель пожарной опасности в электрической сети из-за короткого замыкания (независимо от его вида):

$$P(\Pi) = 1 - [1 - P^{K1}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K2}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K3}(\Pi)] \cdot [1 - P^{KK}(\Pi)]. \quad (6)$$

где $P^{K1}(\Pi)$, $P^{K2}(\Pi)$, $P^{K3}(\Pi)$, $P^{KK}(\Pi)$ – соответственно показатели пожарной опасности однофазного, двухфазного, трехфазного КЗ и однофазного КЗ на от-крытые проводящие части (называемые далее «КЗ на корпус»).

Если вся сеть защищена устройством защитного отключения (УЗО), можно использовать следующую формулу:

$$P_{\Sigma}^P(\Pi) = 1 - [1 - P^{K1}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K2}(\Pi)] \cdot [1 - P^{K3}(\Pi)]. \quad (7)$$

Если УЗО установлены на отдельных участках сети, необходимо использовать формулу (6), в которой показатель пожарной опасности КЗ на корпус рассчитывают по следующему выражению:

$$P^{KK}(\Pi) = P_T^{K_{УЗО}^{H3(k)}}, \quad (8)$$

где $K_{УЗО}^{H3(k)}$ – коэффициент незащищенности сети при однофазных КЗ на корпус с учетом защиты отдельных участков устройствами защитного отключения.

Этот коэффициент определяется по формуле:

$$K_{УЗО}^{H3(k)} = \frac{\sum_{s=1}^S I_s^{прг(k)} - \sum_{s=1}^S I_s^{прг(k)} \cdot I_{s(УЗО)}^{прг(k)}}{\sum_{s=1}^S I_s}, \quad (9)$$

где $I_s^{прг(k)}$ – длина зоны перегор s -го участка сети при однофазном КЗ на корпус и отсутствии в сети УЗО, м;

$I_{s(УЗО)}^{прг(k)}$ – длина зоны перегор s -го участка сети, защищенного УЗО при однофазном КЗ на корпус, м.

Показатели, определяемые по формулам (4) – (8), можно рассматривать в качестве количественной меры пожарной опасности электропроводок и использовать для оценки эффективности электрической защиты

Таким образом, для повышения эффективности электрической защиты объектов АПК параметры системы электроснабжения 0,38 кВ, включая электропроводки во внутренней электрической сети, необходимо выбирать с учетом уровня токов короткого замыкания с целью достижения порогов срабатывания ЭР (или приближения к ним) автоматических выключателей, а систему защиты проектировать с учетом показателей пожарной опасности.

Очевидно, что предложенный подход, связан с дополнительными затратами. Однако мероприятия по увеличению уровня токов КЗ одновременно повышают надежность электроснабжения и качество напряжения у потребителей, а также улучшают условия пуска мощных асинхронных электродвигателей. Благодаря повышению эффективности электрической защиты в ряде случаев снижается ущерб от перерывов электроснабжения и повреждений электрооборудования, уменьшается вероятность возникновения электропожаров.

Использование этих рекомендаций не позволяет определить единые требования к параметрам низковольтных электрических сетей. Требуется проведение расчетов технических и экономических показателей для конкретных вариантов электроснабжения различного вида электропотребителей

ЛИТЕРАТУРА

1 Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. — Алматы: Эверо, 2016. — 176 с. ISBN 978-601-310-762-2

2 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. — Павлодар : Кереку, 2016. — 153 с. ISBN 978-601-238-674-5.

3 Б. Шапкенов, Б. Калиев, А. Кайдар. Теория и практика энергетических преобразователей. Монография для студентов, магистрантов, аспирантов и ИТР, руководящего и обслуживающего персонала электростанций. Изд. Lap Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2014, 461 с.

4 Правила устройства электроустановок Республики Казахстан (ПУЭ). Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года № 230 Об утверждении Правил устройства электроустановок (с изменениями по состоянию на 25.12.2017 г.). [Электронный ресурс] <https://online.zakon.kz> > Document.

5 Об утверждении правил устройства электроустановок – Әділет. adilet.zan.kz > rus > docs > links. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 20 марта 2015 года ... по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 12 июня 2018 года. [Электронный ресурс]. <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010851/links>.

6 Шапкенов Б. К., Сейтказин С.Б., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Сейтказин Ж.С. Қалалық электр желілерінің параметрлерімен жұмыс

режимдерін оңтайландыру. Оқу құралы / Шапкенов Б. К., Сейтказин С.Б., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Сейтказин Ж.С. – Павлодар : Toraighyrov University, 2019. –145 б. ISBN 978-601-238-956-2.

7 Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Markovskiy V. P., Kislov A. P. The operational features and detailed control schemes of AC sub-microgrid, dc sub-microgrid and hybrid ac/dc microgrid, с.128-138. «XIX Сәтбаев оқулары» жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының : халықар. ғыл. конф. мат-дары Академик Қ. И. Сәтбаевтың 120 жылдығына арналған. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2019. ISBN 978-601-238-907-4. Т. 21 «Жас ғалымдар». – 2019. – 420 б. ISBN 978-601-238-930-2

THE FAULT PROTECTION SCHEME OF A DISTRIBUTION SYSTEM

SHAPKENOV B. K.

Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar
MARKOVSKIY V. P.

Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar
KISLOV A. P.

Candidate of Technical Sciences, Professor, S. Toraighyrov PSU, Pavlodar
KAIDAR A. B.

project manager, JSC «Alageum Electric», Nur-Sultan
KAIDAR M. B.

manager, JSC «KazTransGas», Nur-Sultan

As shown in the simple radial feeder in Figure 1, faults on the line are cleared by opening the breaker immediately to the left (upstream). Each relay and breaker pair (CB1, CB2, CB3) is responsible for clearing faults in an associated zone of protection (Zone 1, Zone 2, Zone 3 respectively), as well as acting as backup for any units downstream. The relays are timecoordinated, so that in the event of a fault, the downstream units are configured to trigger a period of time faster than the upstream units. This coordination time interval (CTI) allows time for the fault to be isolated before backup units are tripped [1, 2].

The protection scheme may feature definite-time or inverse-time relays, as shown in Figure 1. Inverse-time protection offers shorter tripping times, albeit at a greater equipment cost. The relay furthest downstream is typically a definite-time unit, since it is not required to coordinate with any relays further downstream.

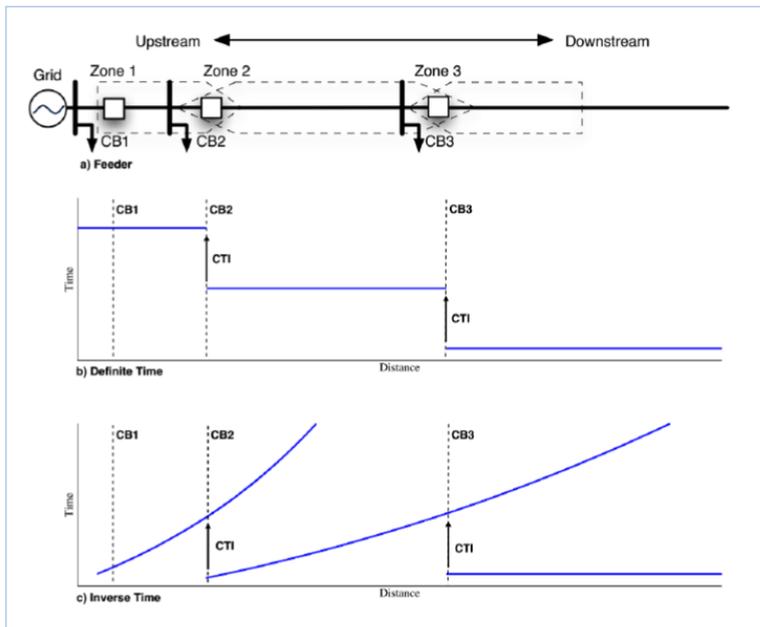


Figure 1 – a) Feeder zones of protection, b) Definite-time protection scheme, c) Inverse-time protection scheme [2]

The distribution feeder utilized in the study is a 10-35 kV three-phase system based on a rural feeder [3]. Recently, in places with a large number of consumers of electric energy, cases of supply voltage of 27 kV are known.

The layout is radial, with a series of three-phase loads and two subfeeder branches that feature single-phase laterals. The utility is represented as a voltage source, with equivalent positive-sequence and zero-sequence impedance labeled. The feeder is a four-wire system, with a single neutral grounding point at the grid connection. A regulator is situated 12-km down the line to adjust the voltage profile so that it fits within ± 0.06 pu voltage variation requirements. The point-of-common-coupling (PCC) is located at CB2 and marks the boundary for the portion of feeder which can operate in islanded mode. Single-phase laterals exist off the main trunk, but not on the low side of the lateral transformers. The layout of the study feeder is shown in Figure 2, with segment lengths stated in meters, and cable types labeled.

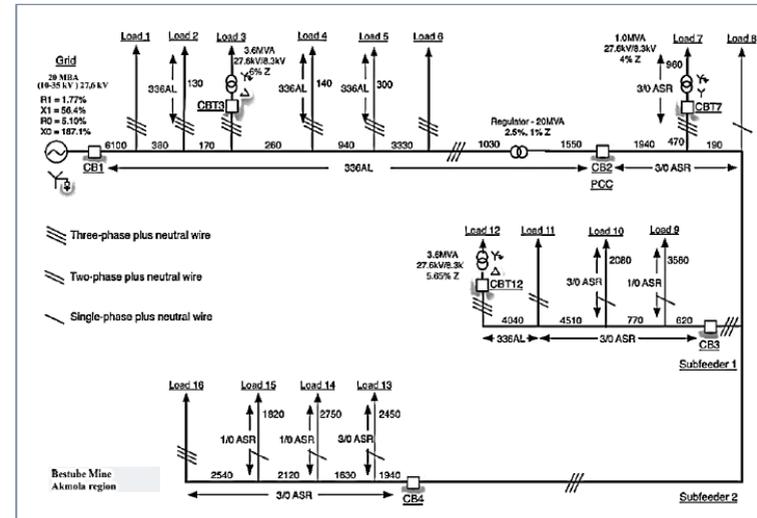


Figure – 2 Study system layout

The cable parameters are given in Table 2-1. Load parameters are given in Appendix A.

Table 2–1 Cable parameters [3]

Cable Type	Positive-Sequence			Zero-Sequence		
	R_1 , ohms/km	X_1 , ohms/km	B_1 , uS/km	R_0 , ohms/km	X_0 , ohms/km	B_0 , uS/km
336 AL	0.1696	0.3809	4.33	0.4689	1.2808	1.90
3/0 ASR	0.3480	0.4680	3.76	0.7020	1.3220	0.00
1/0 ASR	0.5523	0.4852	3.60	0.9644	1.4610	1.92

The three-phase lines are represented using three-phase, four-wire PI sections [4]. The various loads, specified in real and reactive power, are modeled as series resistors and inductors, whose values are calculated using the rated line-to-ground voltage of 16 kV (or 4.8 kV line-to-ground for loads on the low-voltage side of a transformer). Details regarding load parameters are given in Appendix A.

The faults under investigation include both bolted and high impedance faults, and cover SLG, DLG, LL, and 3 fault types. Bolted faults are represented by a zero-impedance connection to ground or between phases.

A model was developed for simulating high impedance SLG faults, featuring two distinctive characteristics – a gradual buildup to the steady-state fault current level and non-linearity – as observed in KEPCO’s experimentally obtained waveforms [5]. A high impedance SLG fault model consisting of two time-varying resistors is outlined in [5]. One resistor is utilized to simulate the non-linearity, while the second resistance decreases with time to obtain the current buildup characteristic.

An alternate method of modeling the non-linearity is presented by Etemadi in [6], utilizing a diode-resistor-voltage source pair. As this study’s goal is to investigate current-based protection, the simpler model in [6] is used in place of one of the time-varying resistors specified in [5].

The KEPCO model [5] and Etemadi’s model [6] are combined for use in this study, and is shown in Figure 3. Resistor R_1 varies with time and is responsible for simulating the buildup of the current waveform. Analysis of the build-up current waveform in [5] shows that the resistance behaves according to (1):

$$R_1(t) = \frac{1780}{(1+75t)} - 44t, \quad (1)$$

where:

- $R_1(t)$: time-varying resistance of R_1 ,
- t : time after fault occurrence.

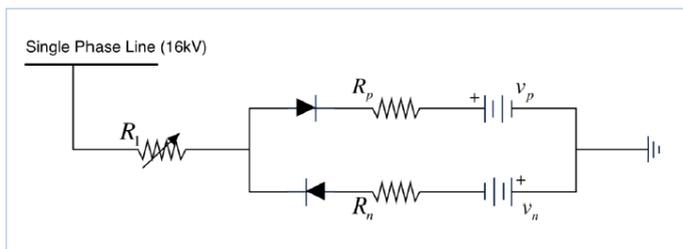


Figure 3 – Combined high impedance fault model

The inception voltages v_n and v_p are both set to 7000 V, so as to obtain the non-linear waveform observed in [5]. The resistor pair R_n and R_p is varied to obtain the required fault current. The model characteristics are compared to the measured waveforms in [5] in Figure 4 and Figure 5.

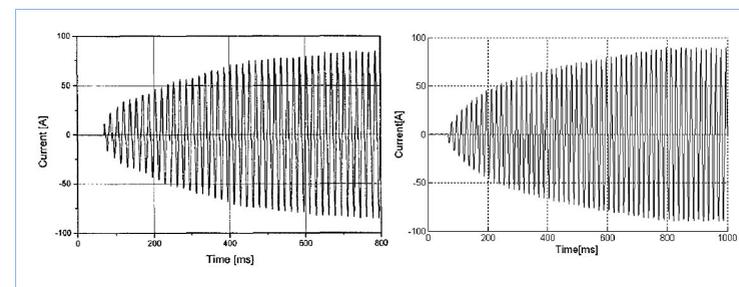


Figure 4 – a) Measurement buildup waveform [13],
b) Modeled buildup waveform

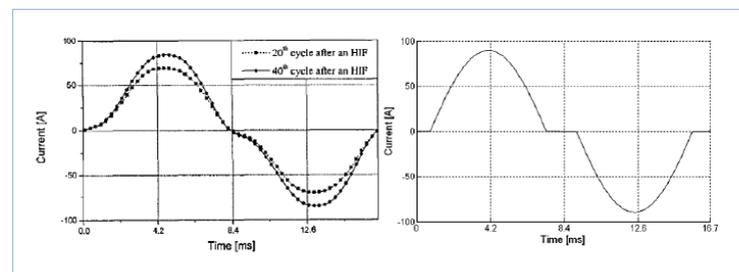


Figure 5 – a) Measurement non-linearity waveform [5],
b) Modeled non-linearity waveform

Typical RMS currents for high impedance SLG fault conditions are given for a 12.5 kV feeder in [7]. Assuming a constant average impedance, the fault currents are scaled up to the 27.6 kV of the study feeder system. Based on the currents scaled from [7], the settings for resistor pair R_n and R_p in the high impedance fault model are calculated according to (2):

$$R_p = \frac{v_{line(L-G)} - v_p}{i_{fault}}, \quad R_n = \frac{v_{line(L-G)} - v_n}{i_{fault}}, \quad (2)$$

where:

- $v_{line(L-G)}$ –: line-to-ground voltage,
- i_{fault} : fault current,
- $v_p, v_n = 7000V$, inception voltage.

The fault conditions, reference RMS current [7], scaled RMS current, and resultant R_n and R_p values are presented in Table 2.

Table 2 – High impedance fault parameters

Fault Condition	RMS Current (A) for 12.5 kV	RMS Current (A) for 27.6 kV	R_p and R_n (Ω)
Wet Sand	15	33.3	270.0
Dry Sod	20	44.4	202.5
Dry Grass	25	55.6	162.0
Wet Sod	40	88.9	101.3
Wet Grass	50	111.1	81.0
Concrete (reinforced)	75	166.7	54.0

The transformers are modeled as a T-equivalent circuit with ideal transformer, as shown in Figure 6.

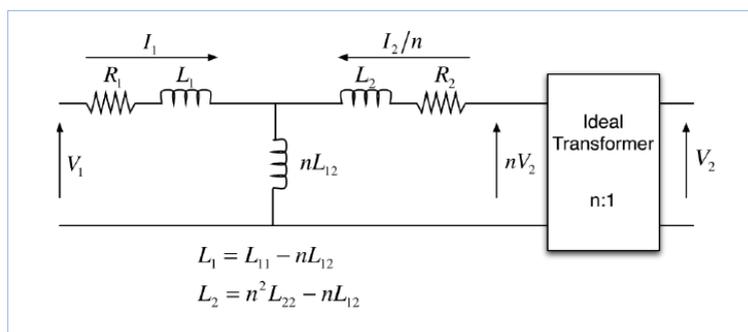


Figure 2 – Transformer T-equivalent circuit

where:

V_1, V_2 : terminal voltages of high-voltage and low-voltage sides

R_1, R_2 : resistance of copper

L_{11}, L_{22} : self inductances of high-voltage and low-voltage sides

L_{12} : mutual inductance

n : turns ratio

Successful relay operation is achieved when a fault is isolated while disconnecting the smallest necessary portion of feeder. For the radial case, this is realized through the opening of the closest upstream relay. Fault locations inside the circuit breakers are not considered. For faults in each zone of protection, this is defined as:

- For faults in Zone 1 but outside any other zone, CB1 should open.

- For faults in Zone 2 but outside any other zone, CB2 should open, with CB1 as back-up.

- For faults in Zone 3 but outside any other zone, CB3 should open, with CB2 and CB1 as successive backups.

REFERENCES

1 А.П. Кислов, В.П. Марковский, А.Б. Кайдар, Б.К. Шапкенов, Н.М. Арипова. Анализ эффективности управления перетоками активной мощности при возникновении асинхронного хода в электроэнергетической системе. Вестник ПГУ, № 1, 2015. с.146-160.

2 Кайдар А.Б., Шапкенов Б.К., Кислов А.П., Жанат Ж., Айтжанов С.Е., Жакып К.Б., Файзулла Д.Ф., Джансаринов К.Е., Оспанова Ж.М. Тұрақты токтың салғылары мен желісінің қолдану проблемалары мен тиімді жағы. Вестник ПГУ. Энергетическая серия. № 4, 2015. С. 65-69. ISSN 1811-1858.

3 V. S. Kopyrin, A. B. Kaidar, E. V. Ivanova, A. N. Novozhilov, A. P. Kislov, V. P. Markovsky, B. K. Shapkenov. Diagnostics the fault types and fault locations in a cascaded mlid from its output voltage waveform. Вестник ПГУ, № 4, 2014. С. 49-59.

4 Векторное сопряжение разнохарактерных источников энергии Марковский В. П., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Кулумбенов С. Ж. // Вестник ПГУ, ISSN: 1811-1858. Энергетическая серия №3, 2018, с. 122-132.

5 Шапкенов Б. К., Кайдар А. Б., Кайдар М. Б. Оптимизация параметров и режимов работы городских электрических сетей: монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, М. Б. Кайдар. — Алматы: Эверо, 2016. — 176 с. ISBN 978-601-310-762-2

6 Повышение эффективности электроснабжения городских электрических сетей: Монография / Б. К. Шапкенов, А. Б. Кайдар, А. П. Кислов, В. П. Марковский, М. Б. Кайдар. — Павлодар : Кереку, 2016. — 153 с. ISBN978-601-238-674-5.

7 Shapkenov B. K., Kaidar A. B., Kaidar M. B., Markovskiy V. P., Kislov A. P. The operational features and detailed control schemes of AC sub-microgrid, dc sub-microgrid and hybrid ac/dc microgrid, с.128-138. «XIX Сәтбаев оқулары» жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының : халықар. ғыл. конф. мат-дары Академик Қ. И. Сәтбаевтың 120 жылдығына арналған. – Павлодар : С. Торайғыров атындағы ПМУ, 2019. ISBN 978-601-238-907-4. Т. 21 «Жас ғалымдар». – 2019. – 420 б. ISBN 978-601-238-930-2

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО И ЗАСУШЛИВОГО КЛИМАТА НА ПРИМЕРЕ АТЫРАУСКОГО РЕГИОНА

ЮСУПОВ К. А.

магистрант, Атырауский университет нефти и газа
имени С. Утебаева, г. Атырау

ЯШКОВ В. А.

к.т.н., профессор, Атырауский университет нефти и газа
имени С. Утебаева, г. Атырау

1. Характеристика климата Атырауского региона

Климат региона отличается резкой континентальностью и характеризуется как жаркая сухая пустынно-степная зона. Отличительная особенность – засушливость. Среднее число дней в году с осадками составляет 2...6, относительной влажностью воздуха 30 % - 22...30. Лето жаркое, продолжительное с температурой воздуха до 43...45°C, а на поверхности почвы – до 60...70°C. Годовая продолжительность периодов солнечного сияния составляет 2600...2700 ч. Число грозных дней в году 12...15.

В регионе, преимущественно в весенне-летний период, от 18 до 50 дней в году наблюдаются пыльные бури, результатом которых является нанос солончаковой пыли на поверхность изоляции подстанций и линий электропередач. Туманы преобладают в холодное время года, наблюдаются 25...45 дней в году.

Зима характеризуется устойчивым снежным покровом при температуре воздуха от -27 до -43°C. Почва промерзает на глубину 1,65 м. В течение 40...45°C дней в году температура составляет 10°C. Метели наблюдаются редко – около 15 дней в году.

По характеру почвенно-растительного покрова территория региона относится к пустынной зоне, покрытой солонцами, солончаками и солонцевато-бурными почвами. На большей части почва представлена солончаковыми пухляками, легко уносимыми ветрами при скорости 10...12 м/с. Содержание водорастворимых солей составляет 30...35, хлорида – 20%.

Наличие таких грунтов приводит к смещению соединительных кабельных муфт, деформационному удлинению кабеля и активной коррозии его алюминиевых оболочек, уменьшению срока службы деревянных опор.

Солонцы и солончаки, выступая на поверхность почвы, легко разносятся ветрами, тем самым загрязняя атмосферу, что в свою очередь

приводит к резкому снижению уровня изоляции электроустановок. Содержащиеся в пыли хлориды имеют высокую электропроводимость и при благоприятных условиях (роса, туман) происходит интенсивное перекрытие изоляции. Основная закономерность загрязнения линейной и подстанционной изоляции заключается в том, что чем больше скорость ветра и, следовательно, турбулентность потока, тем интенсивнее происходит рассеивание частиц солончаковой пыли в атмосфере и осаждение ее на изоляции.

Общим свойством солончаковых и солонцовых загрязнений является сыпучесть, чем обусловлен неравномерный характер загрязнения по поверхности изоляции. Кроме того, в связи с длительным устойчивым направлением ветра в одну сторону (юго-восток) часто загрязняется наветренная стороны изоляции. Установлено также почти полное отсутствие загрязнений на ровных поверхностях изоляторов и вследствие этого – прилипание частиц пыли.

Природно-климатические условия (ПКУ), предъявляют высокие требования к надежности систем электроснабжения. Устойчивость их к атмосферным воздействиям прежде всего должно быть заложена на стадии проектирования и, бесспорно, поддерживаться в процессе эксплуатации. На стадии проектирования природно-климатический фактор должен быть определяющим.

Анализ эксплуатационной надежности с целью оценки степени влияния различных природно-климатических факторов позволяет изменить схему электроснабжения и повысить устойчивость к внешним воздействиям.

2. Причинный анализ и состояния системы электроснабжения

Классификация аварийных повреждений дала возможность применить априорный анализ, результаты которого позволили более качественно оценить воздействие климатических условий на повреждаемость элементов, уточнить степень риска и выявить резервы повышения их надежности.

При факторном анализе – одном из методов решения указанной задачи – возникает ряд проблем, полностью формализовать которых не представляется возможным. К ним относятся выделение факторов и их интерпретация.

В процессе функционирования СЭС может находиться в различных состояниях, обусловленных рядом причин: метеофакторы, неудовлетворительная эксплуатация, конструктивные дефекты, дефекты монтажа и ремонта, старение изоляции, посторонние воздействия.

Преобладающий причиной отказов являются метеофакторы (42%) и неудовлетворительная эксплуатация (17%).

Переход СЭС из исправного состояния вследствие деграционных процессов в неисправное или работоспособное осуществляется за счет возникновение дефектов, возникающих в процессе эксплуатации, а переход в неработоспособное состояние происходит по причине отказов в системе.

Переход СЭС из одного состояния в другое может осуществляться двумя путями:

1- в результате целенаправленного управления состоянием через восстановление и ремонт;

2- по причине случайных процессов, происходящих в СЭС подчиняющихся стохастическим закономерностям.

Переход СЭС в предельное состояние может происходить вследствие наступления нескольких событий :

1- элемент СЭС выработал ресурс, в результате чего выполняется капремонт и эксплуатация элемента продолжается;

2- восстановление элемента СЭС экономически не целесообразно и проводятся его списание и утилизация;

3- прекращение эксплуатации элементов СЭС ввиду истечения сроков обязательной проверки, соответственно, и дальнейшая эксплуатация может привести к аварийным ситуациям.

4- элементы СЭС морально устарели и не отвечают современным требованиям поддержания качества выходных характеристик СЭС на заданном уровне.

СЭС, являясь элементом в расчетной схеме электроэнергетической системы, при анализе ее надежности выступает как объект исследования в качестве сложной системы. В свою очередь, элементы СЭС могут быть рассмотрены самостоятельно при анализе их надежности.

Значение параметра потока отказов, $\omega(t)$ и времени восстановления t_v по времени суток значительно колеблются, так как сказывается влияние природно-климатического и человеческого факторов.

Влияние неблагоприятной погоды определяется устойчивостью элементов СЭС к природно-климатическим воздействиям, что в свою очередь зависит от правильной организации системы технического обслуживания и ремонта. Человеческий фактор проявляется в психологической подготовке персонала к принятию решения и выполнению ремонтно-восстановительных работ, продолжительность которых зависит от их сложности, времени суток. Кроме того, ремонтные бригады в большинстве случаев доставляются к месту восстановления

отказа по бездорожью и труднопроходимой местности. Особенно увеличивается t_v в случаях сочетания нескольких неблагоприятных метеофакторов.

Обработка дополнительной информации о преобладающем влиянии различных факторов на повреждаемость ВЛ 6...10 кВ в течение года и суток показала, что наибольшее влияние по причине природно-климатических воздействий отмечается в марте и апреле, по причине неудовлетворительной эксплуатации – в мае и июне, в период с 8 до 18 ч.

Дифференциальная оценка надежности позволяет выявить время года и период суток с наибольшей повреждаемостью, что дало возможность подойти к оценке параметра потока отказов дифференцированно, а также получить математическую модель прогнозирования надежности СЭС при разработке систем технического обслуживания и ремонта.

3. Качественная и экономическая оценка надежности ВЛ 6...10кВ

Количественная оценка надежности вл 6...10 кВ с учетом нестационарности повреждения. Проведенный анализ надежности показал, что наиболее повреждаемыми элементами СЭС являются ВЛ 6...10 кВ и что с точки зрения причин возникновения повреждений, приводящих к отказу, решающее значение имеют природно-климатические факторы, а уровень повреждаемости определяется временем года. При этом основная доля повреждений приходится на месяцы года, характеризующиеся сложными ПКУ.

Для ВЛ 6...10кВ $\omega(t)=5,4$ 1/год; $t_v=8$ час.

Повышение климатостойкости воздушных линий с учетом воздействия природных факторов требует, как правило, существенных дополнительных затрат, точное распределение которых соответствии с климатическими условиями осуществить практически невозможно из-за значительных их колебаний даже в пределах одного района. Кроме того, в ряде случаев информация о природно-климатических воздействиях отсутствует, а в отдельных случаях отмечается ее противоречивость. Поэтому характеристики надежности ВЛ целесообразно разделить на две группы, т.е. выделить два периода года с нормальной и неблагоприятной погодой для каждого обладающего определенными погодными условиями района. Этот принцип использован, например, в работах [1,2].

На практике не представляется возможным точно предсказать время возникновения отказов СЭС вследствие очень большого

количества случайных факторов и учесть экономическую оценку ущерба. Поэтому более комплексной оценкой, учитывающей уровень ущерба будет функция отказа-

$$\Phi O = \sum (F \tau_3 Y / \tau_p) \quad (1)$$

Где: F – среднее количество переходов узла СЭС в неработоспособное состояние; τ_3 – длительность перерыва в электроснабжении; Y – ущерб при переходе в неработоспособное состояние узла СЭС; T_p – длительность расчетного периода;

Формула (1) может быть включена в основные показатели надежности [1].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яшков В.А. Надежность систем электроснабжения: основы теории и оптимизации. – Алматы: НИЦ “былым”, 2003.
- 2 Джумамухамедов Н.Г. и др. Надежность и качество электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. – Алматы, ЭВЕРО, 2015
- 3 Яшков В.А. Электроэнергетика Прикаспийского региона Республики Казахстан. – Алматы, “гылым”, 2000
- 4 Яшков В.А. и др. Надежность функционирования систем электроснабжения. – Алматы: Гылым, 2001
- 5 Эдельман В.И. Экономический ущерб от отказов технических систем // Вопросы экономика, 1983, №2.

2 Секция. Жылуэнергетиканың қазіргі мәселелері 2 Секция. Современные проблемы теплоэнергетики

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

АБЕНОВА Г. М.

магистрант, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан

К числу важнейших факторов полезности и эффективности автоматических систем управления технологических процессов можно отнести их точность, экономичность, сложность и надежность. Эти факторы органически связаны друг с другом и определяют главное назначение составляющих систему структурных и функциональных компонентов: комплекса технических средств, программного и информационного обеспечения, обслуживающего персонала. Последние структурно и функционально увязаны с общей системой управления энергетическими объектами, которые обычно имеют многоуровневую иерархическую структуру, уровень индивидуального и группового управления, уровень управления энергоблоками, уровень управления технологическим процессом в целом. Поэтому названные выше структурные и функциональные компоненты автоматических систем управления технологических процессов, также организованы в многоуровневую иерархическую структуру, обладающую сложным поведением.

Среди важнейших характеристик эффективности функционирования автоматических систем управления технологических процессов особое место занимает надежность, определяемая как комплексное свойство системы к сохранению во времени в установленных пределах всех тех параметров, которые отражают способность системы выполнить требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации. Как следует из этого определения, поиск более совершенных и адекватных методов и путей оценивания, анализа и совершенствования характеристик надежности АСУ ТП и их компонентов представляет важную научную и практическую задачу [3].

Как известно, задачи повышения уровня надежности АСУ ТП могут решаться на различных этапах их жизненного цикла, начиная со

стадии разработки и проектирования, заканчивая стадией эксплуатации и модернизации.

Системный анализ надежности является важным этапом в процессе управления качеством эксплуатации энергоблока. Главными составляющими системного анализа надежности технического объекта являются технологический анализ истории эксплуатации объекта и количественный анализ его безотказности и ремонтпригодности. Количественный анализ позволяет оценить:

- достигнутый уровень надежности,
- получить прогностические оценки показателей надежности для специалистов, принимающих управляющие решения по обеспечению безопасности,
- повышению экономичности,
- совершенствованию стратегий технического обслуживания и ремонта.

Для решения задачи оценки характеристик надежности, в первую очередь может быть использована информация, получаемая на этапе реальной эксплуатации объектов. Негативной стороной эксплуатационных наблюдений является малый объем статистических данных. В эксплуатации находятся высоконадежные объекты, отказы которых события редкие. Количество однотипных объектов, находящихся под наблюдением мало. Ввиду указанных особенностей, возникающих при анализе эксплуатационной информации, перед системными аналитиками встают проблемы достоверного оценивания характеристик надежности. [5]

Наиболее полно специфику функционирования элементов систем управления и защиты отражает эксплуатационная информация. Основными источниками статистических данных о дефектах и отказах устройств являются:

- журналы дефектов, которые ведутся в соответствии с правилами технической эксплуатации энергоблоков;
- акты расследования нарушений в работе электрической станций, составляемые по результатам расследований нарушений по положению [1];
- паспортные данные оборудования;
- сведения о плановых ремонтах;
- статистические данные о наработках оборудования;
- сведения о выводе оборудования из эксплуатации;
- ежегодные отчеты и справки о состоянии оборудования.

Классификация эксплуатационной информации представлены в виде полных наработок:

- в виде данных с пропусками,
- в виде совокупности отказов распределенных по интервалам работоспособности,
- возможные сочетания указанных разновидностей представления данных.

Основные расчетные соотношения для определения единичных показателей надежности электрооборудования элементов систем управления и защиты.

Рассмотрим расчетные соотношения для определения следующих единичных показателей надежности:

- интенсивность отказа элементов, с вычислением доверительных границ;
- вероятность безотказной работы;
- среднее время безотказной работы элемента;
- параметр потока отказов.

Также в ходе анализа проводится оценка остаточного ресурса элементов средств управления и защиты, проверяется гипотеза о выработке ресурса.

Интенсивность отказов – функция, отражающая уровень работоспособности объекта. Наиболее информативной функцией, по виду которой можно судить о работоспособности оборудования, для невозстанавливаемых объектов является функция интенсивности отказов $\lambda(t)$, для восстанавливаемых – параметр потока отказов.

На практике интенсивность отказов представляют как аддитивную суперпозицию двух функций: $\lambda_1(t)$ – функция интенсивности внезапных отказов, $\lambda_2(t)$ – функция интенсивности постепенных отказов.

Функция интенсивности внезапных отказов основной вклад вносит на начальных этапах функционирования объектов (период приработки). Функция интенсивности постепенных отказов вносит вклад на завершающем этапе функционирования, когда в конструкции объекта происходит существенное накопление дефектов, повреждений, обусловленных старением материалов.

Отказоустойчивая измерительная система должна гарантировать исполнение функций системы за определенный, желательно как можно длительный промежуток времени даже при наличии неисправностей. Это означает не только применение высоконадежных элементов измерительной системы, но и применение проектных решений, при которых отдельные неисправности не влияли на ее работу в целом. Как правило, отказоустойчивые технологии основываются на некоторой избыточности, как информационного характера, так и физического

типа. Оба варианта связаны с удорожанием измерительных систем и при их проектировании возникает проблема выбора оптимальной структуры с целью обеспечения требуемых или максимальных показателей надежности с минимальными затратами.

Сказанное выше подтверждает необходимость проведения дальнейших исследований, направленных на усовершенствование систем контроля достоверности и повышения надежности работы измерительных систем с использованием программных возможностей современных ПТК и разработки методических положений по выбору оптимальной структуры измерительных систем на базе многокритериального подхода. [4]

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Антонов А.В. Системный анализ. Учебник для вузов.- // М.: Высшая школа. 2006г. 435 с.
- 2 Дуэль М.А. Автоматизированные системы управления энергоблоками с использованием средств вычислительной техники, // М.: Энергоатомиздат, 1983. - 207 с.
- 3 Мезин, С. В. Разработка методики анализа показателей надежности современных АСУ ТП ТЭС и АЭС. // М.: МЭИ, 2000 – 19 с.
- 4 Ринкус Э.К. Нормирование показателей надежности АСУ ТП энергоблоков ТЭС// Теплоэнергетика. 1996. - №1, - 101 с.
- 5 Хетагурова Я.А. Надежность автоматизированных систем управления. // М.: Высшая школа, 1979. 287 с.

УСЛОВИЯ РАБОТЫ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ВТУ

АБЖЕКЕЕВА А. З.

преподаватель, Высший колледж Иновационного Евразийского университета,
г. Павлодар

КАРМАНОВ А. Е.

PhD, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Огнеупорами называют материалы, изготавливаемые на основе минерального сырья и отличающиеся способностью сохранять без существенных нарушений свои функциональные свойства в разнообразных условиях службы при высоких температурах. Интенсификация всех процессов, протекающих при высоких температурах, требует повышения рабочих свойств огнеупорных

изделий. Metallургическое производство потребляет основное количество огнеупоров (60-70%). Огнеупорные материалы широко используют также в стекольной и цементной промышленности, в областях новой техники – атомной и ракетостроении. Развитие новых способов получения электрической энергии в магнитных гидродинамических генераторах в значительной степени также определяется свойствами используемых огнеупоров. Таким образом, наличие развитой огнеупорной промышленности в стране характеризует степень ее индустриализации. Качество применяемых в промышленности огнеупоров влияет на производительность агрегатов, на качество готовой продукции и на стоимость единицы продукции. В производстве при применении огнеупоров главной задачей является соответствие их свойств условиям службы при обязательном требовании, чтобы их стоимость была экономически приемлемой. С развитием энергетики страны растет температурный потенциал процессов. Применение природного газа и обогащение дутья кислородом обеспечивают получение температур более 2000 °С, в дуговых печах температура достигает 3000 °С. поэтому параллельно с развитием энергетики идет и развитие технологии производства огнеупорных материалов [1].

Огнеупоры – материалы и изделия, изготавливаемые главным образом на основе минерального сырья, обладающие огнеупорностью – способностью противостоять, не расплавляясь, действию высокой температуры (не ниже 1580°С, по стандартам ряда стран - не ниже 1500°С). Огнеупоры выпускают в виде штучных изделий (фасонные и нормальные кирпичи), порошков, обмазок. В зависимости от технологии изготовления огнеупоры подразделяются на керамические (получаемые путем спекания) и плавные (формуемые из расплава), от основного состава – на шамотные, диносовые, магниезальные. По химической природе различают кислые, основные, нейтральные огнеупоры. При эксплуатации в стекловаренных печах огнеупоры испытывают различные нагрузки. В стенах и сводах печей – сжатие, в стенах стекловаренных горшков – растяжение, в зубьях ванной печи – поперечный изгиб, в стенах ванной печи (при большой высоте кладки) и сводах – продольный изгиб, во вращающихся деталях питателей – кручение [2]. Однако больше всего огнеупоры изнашиваются в бассейне печи от действия шихты, в пламенном пространстве и регенераторах от конденсатов шихтной пыли и веществ, испаряющихся из шихты. Наиболее агрессивное действие на огнеупоры оказывают шихта, с повышенным содержанием щелочей, а также содержащие фтористые, свинцовые и бариевые соединения. Все огнеупорные материалы имеют

некоторую критическую температуру, ниже которой их коррозионная стойкость довольно высока. С повышением температуры выше критической они начинают разрушаться с возрастающей скоростью. Так, в интервале 1450-1550°C повышение температуры на каждые 50°C снижает срок службы огнеупоров примерно в два раза, а на 75°C - в три раза. Охлаждение кладки считается одним из главных факторов, позволяющих продлить кампанию плавки печи. Благодаря низкому поверхностному натяжению сульфат хорошо смачивает огнеупорный материал, легко проникает в его поры и активно диффундирует внутрь с разложением многих химических соединений. Структурные и текстурные особенности брусьев зачастую оказывают на их стойкость при эксплуатации большее влияние, чем химический состав. Значительная коррозия огнеупоров наблюдается в горизонтальных швах. Чем тоньше швы, тем меньше разрушение брусьев. Уменьшения толщины швов достигают за счет правильной геометрической формы брусьев, их тщательной обработки и подгонки. Предельная толщина горизонтального шва составляет 2 мм. На некоторых ответственных участках бассейна печи брусья кладут насухо, «в притир». В пламенном пространстве печи в большей степени разрушаются влеты горелок.

Облицовка стен вокруг печей предусмотрена правилами техники пожарной безопасности. Из-за очень близкого расположения этой области к печи и продолжительного поддержания высокой температуры (по сути, открытому огню) стены могут нагреться до такой степени, что произойдет пожар. И это не говоря о том, что если близко находится возле такой стены, можно запросто получить сильнейший ожог[3].

Сегодня для обшивки стен вокруг печей в качестве основного материала используется огнестойкий гипсокартон. Это листовый или плитный материал, который обладает повышенной жаро- и огнестойкостью и армирован стекловолокном. Иногда используются огнеупорные минеритовые плиты, состоящие из цемента и минерального волокнистого материала (не асбеста) или стальные листы.

Общая технология производства огнеупоров состоит из нескольких стадий. На начальной стадии проводится подготовка сырья и его очистка от посторонних примесей. Затем сырье измельчается, просеивается, смешивается в строго определенных пропорциях. Далее, изделиям придается форма (чаще всего кирпича, который по размерам чуть меньше красного или силикатного). Затем, идет – сушка и обжиг. После получения готовой продукции, еще проводится отбраковка некондиционных изделий, которые могут повторно использоваться, как огнеупорный лом.

Футеровочные работы проводятся посредством нанесения на внутреннюю поверхность изделия специального материала, который обладает огнестойкими свойствами и стойкостью к истиранию. Огнеупоры обладают множеством качеств, которые необходимы для продления срока службы изделий. К этим качествам можно отнести повышение теплостойкости и огнестойкости материала. Подобные огнеупоры хорошо переносят различные химические воздействия и являются отличным изоляционным материалом, а также обладают минимальной электропроводностью [4].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Технология керамики и огнеупоров / Под редакцией Будникова П.П. – М. : Промстройиздат, 1954. – 216 с.
- 2 Лифшиц М.А. Огнеупоры в черной металлургии. – М. : Металлургиздат, 1960. – 136 с.
- 3 Честерс Д.Х. Огнеупоры в сталеплавильном производстве. – М.: Металлургиздат, 1961. – 262 с.
- 4 Мамыкин П.С. Огнеупорные изделия. – М.: Металлургиздат, 1955. – 160 с. 9. Колечкова А.Ф., Гончаров В.В. Огнеупоры // Огнеупоры их свойства и применение, 1965. – № 1. С. 46–49.

РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БРИКЕТИРОВАННЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ С ДАЛЬНЕЙШЕЙ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ИХ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ РЫНКЕ

АЙТМАГАМБЕТОВА С. А.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

АЙТМАГАМБЕТОВА Г. А.

магистр, ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Казахстан обладает одним из мощнейших в мире промышленным потенциалом. Если проанализировать итоги развития экономики в последние годы, то становится очевидным, что механизм нерационального ресурсопотребления не только не остановлен, но и увеличил обороты, поскольку спад в выпуске продукции опережает сокращение потребления сырья и материалов. Вместе с тем прогресс науки и техники позволяет все более рационально использовать материальные ресурсы при одновременном снижении воздействия

промышленности на окружающую природную среду загрязняющими веществами и отходами производства.

В послании народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050» Глава государства Нурсултан Назарбаев поставил задачу по развитию производства альтернативных и возобновляемых видов энергии, на которые к 2050 году должно приходиться не менее половины всего совокупного энергопотребления.

Особенности развития возобновляемых источников энергии в Казахстане.

Возможно, причиной перехода к альтернативным источникам энергии стало желание некоторых стран перестать быть зависимыми от стран экспортеров того же газа или нефти. Кроме того, если задуматься, то и сами государства, обладающие недрами, могут испытывать некоторые трудности. Например, чтобы провести газ из одного региона страны в другой нужно проложить многокилометровые трубы, что затратно и требует постоянного надзора и последующего технического обеспечения, что влечет за собой шлейф обязанностей.

Кроме прочего, нефтедобыча довольно сложный производственный процесс, включающий в себя геологоразведку, бурение скважин, их ремонт, затем следует очистка добытой нефти от воды, серы, парафина и многое другое [1].

Добыча нефти, ее транспортировка, переработка и использование, принося несомненную пользу человечеству, также не обходится без серьезных экологических последствий. Сегодня изменение климата признано, как катастрофа, как для окружающей среды, общественного здравоохранения на глобальном уровне, даже если производители нефти оспаривают роль нефти в потеплении климата. Добыча нефти также оказывает огромное влияние на социальном уровне. В некоторых случаях, нефтяные компании заключают партнерские отношения с армией или полицией, с драматическими последствиями для прав человека. Бурение обычно меняют социальную структуру общества. Разведки и добычи нефти, представляют собой процесс, который мобилизует значительные технические ресурсы и создает, в целом, мало рабочих мест для неквалифицированных рабочих [2].

Глава государства поручил критически переосмыслить организацию сырьевых индустрий, подходы к управлению природными ресурсами.

«Необходимо активно внедрять комплексные информационно-технологические платформы. Важно повысить требования к энергоэффективности и энергосбережению предприятий, а также экологичности и эффективности работы самих производителей энергии.

Указом Главы государства утверждена «Концепция перехода Республики Казахстан к «зеленой» экономике». Развитие ВИЭ является одним из действенных механизмов внедрения «зеленой» низкоуглеродной экономики. В целях успешного развития ВИЭ, базируясь на детальном анализе наилучших мировых практик, принят закон «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам поддержки и использования возобновляемых источников энергии». Закон направлен на поддержку как инвесторов, так и рядовых потребителей. Документ предусматривает выделение земельного участка под строительство объектов ВИЭ, необходимость введения фиксированных тарифов, создание расчетно - финансового центра, введение понятия адресной помощи.

На сегодня в стране имеется ряд экологических проблем, таких как: загрязнение воздуха и водных ресурсов; управление бытовыми и промышленными отходами и многие другие. В ноябре 2016 года Казахстан присоединился к всемирному движению по предотвращению глобального потепления, ратифицировав Парижское соглашение 2015 года, принятое на 21-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Одним из эффективных способов достижения которых является непосредственное применение ВИЭ. В этой связи, реализация проектов ВИЭ в Казахстане даст возможность получать экологически чистую электроэнергию и тем самым снизить загрязнение воздуха и выбросы парниковых газов, уменьшить накопление отходов производства и потребления. Стоит отметить, что Казахстан первыми в Центральной Азии на государственном уровне приняли стратегический документ по переходу к «зеленой» экономике и успешно реализует его в течение 5 лет.

Кроме того, внедрение возобновляемых источников энергии позволит не только привлечь в страну зарубежные инвестиции и увеличить объем налоговых поступлений, но также создать дополнительные рабочие места.

Концепцией по переходу Республики Казахстан к «зеленой» экономике и стратегическими документами страны предусмотрены целевые индикаторы в области ВИЭ: достижение доли ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии 3% в 2020 году, 6% в 2025 году, 10% в 2030 году и к 2050 году на ВИЭ и альтернативные источники энергии должно приходиться не менее половины всего совокупного энергопотребления. В настоящее время в Казахстане имеется 65 объектов по использованию возобновляемых источников

энергии суммарной мощностью порядка 427 МВт. Так, к примеру по сообщениям СМИ в Костанайской области в 10 районах и 4 городах построены малые источники возобновляемой энергии - солнечные и ветро-солнечные станции, солнечные коллекторы и нагреватели. Летом прошлого года Европейский банк реконструкции и развития подписал мандатное письмо строительства в Казахстане новой солнечной электростанции в 130 километрах от космодрома Байконур. Байконурская СЭС мощностью до 50 МВт будет расположена в Кызылординской области. Производимая ею чистая энергия ЕБРР, будет по близлежащим высоковольтным линиям электропередачи направляться потребителям в окрестностях СЭС, включая город Кызылорду. Согласно Перечню энерго-производящих организаций, использующих ВИЭ, планируется ввести в эксплуатацию порядка 90 объектов ВИЭ суммарной установленной мощностью 2288,948 МВт. Учитывая ветровой, солнечный и гидро - потенциалы страны, а также исходя из анализа действующих и планируемых проектов ВИЭ на сегодня наиболее перспективными для реализации проектов ВИЭ являются южные и северные регионы.

Важно отметить, что реализация всех проектов ВИЭ не финансируется государством, создание альтернативных источников энергии полностью лежит на плечах инвесторов, которых привлекают за счет аукционов ВИЭ. Так, например, на сайте Министерства энергетики Республики Казахстан опубликовано приглашение для всех заинтересованных сторон к участию в аукционных торгах по отбору проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии в 2018 году.

Целью данного мероприятия является отбор инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии.

В соответствии с Правилами организации и проведения аукционных торгов, включающие квалификационные требования, предъявляемые к участникам аукциона, содержание и порядок подачи заявки, виды финансового обеспечения заявки на участие в аукционе и условия их внесения и возврата, порядок подведения итогов и определения победителей, утвержденными Приказом Министра энергетики Республики Казахстан № 466 от 21 декабря 2017 года, на официальном сайте Министерства энергетики РК размещен график проведения аукционных торгов на 2018 год.

На основании данных утвержденных в графике суммарный объем мощности, запланированный к отбору, в 2018 году составит 1000 МВт,

с разбивкой по типам электростанций: солнечные электростанции – 290 МВт; ветровых электростанций - 620 МВт; гидроэлектростанций - 75 МВт; Био ЭС - 15 МВт.

В целях подготовки к участию в аукционных торгах по отбору проектов ВИЭ заинтересованные стороны могут обратиться за получением разъяснительной информации на официальные сайты Министерства энергетики РК, ТОО «Расчетно-финансовый центр по поддержке возобновляемых источников энергии» и АО «КОРЭМ» и принять участие в разъяснительных семинарах в установленные сроки.

К участию в аукционных торгах ВИЭ допускаются заявители: прошедшие в установленные сроки регистрацию в торговой системе АО «КОРЭМ» по проведению аукционных торгов ВИЭ, заключившие договор с АО «КОРЭМ» и предоставившие финансовое обеспечение заявки на участие в аукционных торгах на имя ТОО «Расчетно-финансовый центр по поддержке возобновляемых источников энергии».

На сегодняшний день существуют методы термического брикетирования, окомкования, гранулирования твердых горючих отходов дорогостоящи, трудоёмки и требовательны к качеству исходного сырья. Поэтому наиболее перспективным и универсальным способом является экструдерное брикетирование с применением связующих материалов. Состав и рецептура приготовления топливных брикетов должны изменяться в зависимости от исходных материалов и назначения топлива. Размещение брикетных установок производительностью от 6 до 18 тыс. т брикетов в год должно производиться на основе оценки наличия объёмов сырья и рынков потребления брикетного топлива.

Брикеты - это плотные куски, полученные из сыпучей древесины путем прессования ее со связующими или без них (в этом случае полагается, что в качестве естественного связующего элемента при брикетировании выступает лигнин, выделяющийся из клеток древесины под действием давления и температуры). Более широкое распространение получила технология брикетирования без применения связующих веществ, так как при этом получается экологически чистый брикет [3].

В настоящее время казахстанских стандартов на брикеты не существует. Производители ориентируются на западные стандарты. В Европе также не существует единого европейского стандарта, и в разных странах они значительно отличаются друг от друга.

Исследование теплофизических свойств брикетов является важным этапом разработки, внедрения и реализации технологии

брикетирования отходов сельского хозяйства. В качестве отходов могут быть использованы: лузга подсолнечника, шелуха гречихи, рисовая шелуха, бумага и пр [5].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Донских А. Новый лидер энергетики. На эту роль претендуют ВИЭ – возобновляемые источники энергии // Деловой Казахстан. – [электронный ресурс] // <http://dknews.kz/novyjj-lider-ehnergetiki-na-eh-tu-rolpretenduyut-vieh-vozobnov-lyaemye-istochniki-ehnergii.htm>
- 2 Упушев Е.М. Ресурсосбережение и экология: учебное пособие. – Алматы: Экономика, 2010.
- 4 Веселов А. А. Использование древесной пыли как вторичного сырья и топлива: Обзорная информация / А. А. Веселов - М., 1984.
- 5 Гомонай М. В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы. / М. В. Гомонай - М.: Изд-во МГУЛ, 2006.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ АБРАЗИВНОСТИ СЫПУЧИХ ВЕЩЕСТВ

АЛИЯРОВ Б. К.

д.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетических установок»,
Алматинский Университет энергетики и связи имени Г. Даукеева,
г. Алматы

ӘКІМБЕК Г. Ә.

докторант I курса по специальности «Теплоэнергетика»,
Алматинский Университет энергетики и связи имени Г. Даукеева,
г. Алматы

Для разработки эффективных методов определения относительной абразивности сыпучих веществ необходимо знать механизм этих процессов. С этой целью предлагаем способ определения абразивность конкретного сыпучего относительно вещества.

Известны лабораторные исследования процессов загрязнения и износа, разработаны методы их прогноза [1, с. 6].

На основании лабораторных исследование процесса износа и проверки их в данных промышленных условиях был разработан и утвержден ГОСТ. Это позволило рассчитать износ натуральных поверхностей нагрева и определить режим обеспечивающий допустимы износ котельных труб.

Было разработано методика прогноза коррозионно-эрозийного износа. Оно обуславливается процессами коррозии и эрозии, которые интенсифицируют друг друга: коррозионные плёнки слабо связаны с основным металлом и легко снимаются даже не очень абразивными частицами, а обнажённый металл легко корродирует вследствие нарушения тормозящего действия коррозионной плёнки [1, с. 26].

Утвержденные методы определения интенсивности износа абразивной пылью пластины, установленной под разными углами при разных скоростях взаимодействия движущейся вместе с воздушным потоком, с разной степенью измельчения с разной концентрацией. Очевидно, что это следует считать способом определения интенсивности износа именно измельченной пылью, частности золовых частиц.

Известно, еще несколько работ, посвящённых исследованию золового износа в восходящем потоке. Например: экспериментальные оценки величин снижения износа за счет изменения направления движения с нисходящего на восходящее для шахматных и коридорных пучков труб при различных относительных шагах [2, с. 5].

В предполагаемом исследовании определяется абразивность конкретного изнашивающего сыпучего тела в устройстве весьма подобного невентилируемой мельнице, по интенсивности износа образцов различных материалов. Так же как в случае определения размольной способности углей, этот способ позволяет определять абразивность конкретного сыпучего вещества относительно вещества, объявленного эталонным.

Это новый метод, который охватывает определение основных механических свойств сыпучего материала, таких как внутреннее трение, прочность на сдвиг, абразивность и шлифуемость. Так как, что нет до сих пор таких исследований определения абразивности конкретного сыпучего относительно вещества. Все эксперименты были посвящены для снижения золовой износ.

Устройство, для определения абразивности сыпучих веществ, представляет собой два коаксиальных цилиндра. На внутреннем цилиндре под разными углами закрепляются изнашиваемые образцы.

Определение абразивности исследуемого вещества производится следующим путем. В пространство между коаксиальными цилиндрами засыпается, до заполнения всего объема, исследуемое вещество с параметрами, совпадающими с эталонным веществом. После этого внутренний цилиндр вращается со скоростью, равной той, при которой определялась абразивность эталонного вещества. По изменению веса изнашиваемых образцов определяется абразивность исследуемого

сыпучего вещества относительно эталонного вещества. Отношение величины изменения веса образцов при износе исследуемым и эталонным веществом будет представлять собой относительную лабораторную абразивность исследуемого веществ.

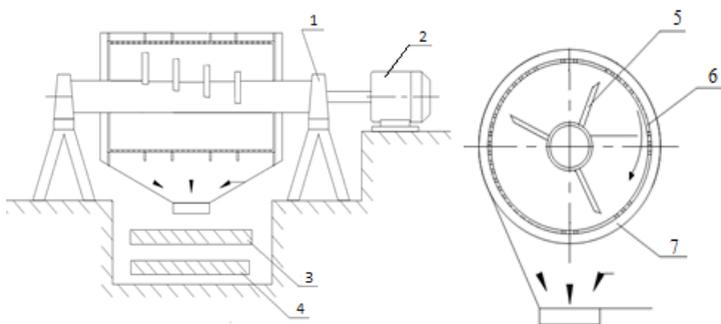


Рисунок 1 – Вид экспериментальной установки.

1 – подшипник, 2 – электродвигатель, 3 – 1 сито, 4 – 2 сито,
5 – стержень, 6 – основной корпус, 7 – ребро жесткости

Абразивный износ может быть определен как износ из-за твердых частиц или жестких выпуклостей, прижатых к твердой поверхности и движущихся вдоль них, и может быть классифицирован на истирание при истирании, абразивное истирание при высоком напряжении (шлифование) и истирание при низком напряжении при истирании.

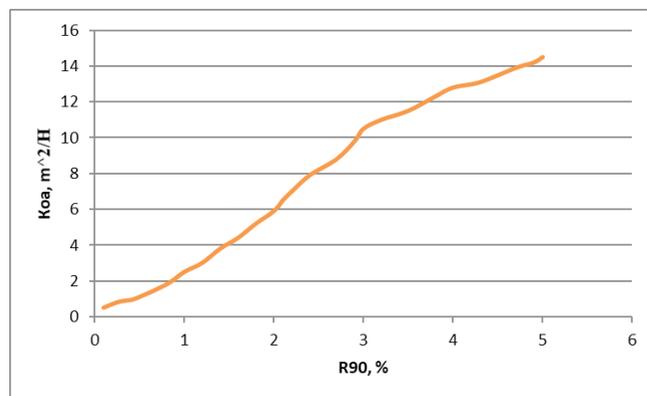


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента относительно - абразивного от тонины помола

Предложенный метод позволяет быстро и недорого определить абразивность и шлифуемость сыпучего материала в любых рабочих условиях (например, давление, скорость скольжения и температура) и в любой конфигурации материала.

Техническое состояние теплоснабжения с каждым годом является критическим из-за изношенности оборудования, источников теплоснабжения, из-за технологической отсталости используемых схем и оборудования. Существует еще одна причина, высокий уровень износа объектов коммунальной инфраструктуры, является недоступность долгосрочных инвестиций для осуществления проекта модернизации.

Выбором для принятия безотлагательных мер является – модернизация и реконструкция существующих систем теплоснабжения. Более оптимальным будет, что все инвестиционные затраты на модернизацию и реконструкцию в конечном счете должен будет оплатить сам потребитель, через инвестиционную составляющую в тарифах на теплоснабжение.

Модернизация (реконструкция) систем теплоснабжения должна производиться путем выбора энергосберегающих и энергоэффективных технологий комплексной системы от источника до потребителя. Для сохранения действующего тарифа необходимо выделение инвестиционной составляющей, с привлечением средств потребителя в инвестиционной программе на весь срок окупаемости, за счет снижения и сокращения эксплуатационных затрат, внедрением современных технологий, предотвращение ущерба окружающей природной среде.

Инвестиционная программа разрабатывается для решения задач, связанных для улучшения качества теплоносителя, снижения аварийности, снижения затрат на энергоресурсы и повышения надежности системы. Инвестиционный проект имеет социальный характер и направлен на повышение качества теплоснабжения коммунально-бытового сектора.

Инвестиционная программа включает мероприятия, обеспечивающие снижение производственных затрат путем повышения экономической эффективности оказания услуг теплоснабжения, снижение затрат на энергетические ресурсы, внедрение современных технологий, снижению потерь при передаче тепловой энергии, что все это должно сказаться на качестве оказываемых услуг потребителю, повышая надежность и доверие потребителя.

Инвестиционные проекты в индустрии энергетики требуют строгой оценки эффективности, так как постоянный процесс сопоставления

с элементами потока денежной массы в разные моменты времени являются неравноценными и имеют разную предпочтительность. Так как инвестиционный проект охватывает большой период времени, поэтому применяется расчет интегральных показателей финансовых потоков, позволяющий приводить данные потоки к сопоставимому виду, называется «метод дисконтирования», позволяющий приводить элементы денежного потока через конкретные нормы дисконта. Который позволяет учитывать инфляцию, учет которой позволяет дефлировать денежные потоки, т.е. позволяет убрать влияние инфляции на будущие проектные цены, величину оборотных средств, тем самым повышая эффективность и ликвидность данного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вдовенко М. И., Баяхунов А. Я., Чурсина Н. Я. Загрязнение и износ поверхностей нагрева парогенераторов. Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1978.
- 2 Анафин М. С. Сравнительные исследования золотого износа конвективных поверхностей нагрева при нисходящем и восходящем движениях дымовых газов. Автореферат кандидатской диссертации. Алма-Ата, 1992.
- 3 Угли бурые, каменные и антрацит. Метод определения коэффициента абразивности золы. ГОСТ 21708-78. М., Изд-во стандартов, 1976.
- 4 Scieszka S. F. Simultaneous abrasion and edge fracture resistance estimation of hard materials by the tribotesting method. ZEM, 2 (166) vol. 46, 2011, pp. 55–104.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОАСОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ ТЕПЛОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

АЛИМГАЗИН А. Ш.

д.т.н., профессор, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
г. Нур-Султан

АЛИМГАЗИНА С. Г.

ТОО «БМТУ», г. Нур-Султан

БЕРГУЗИНОВ А. Н.

доктор PhD, ассоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Одной из важнейших и перспективных задач в области энергосбережения и повышения энергоэффективности действующего оборудования предприятий Республики Казахстан является утилизация низкотемпературной сбросной теплоты систем технического водоснабжения (СТВ) промышленных предприятий энергетики, черной и цветной металлургии, нефтехимии [1, 2, 3, 4, 6-10, 14-17, 19-22].

При внедрении блочно-модульных теплонасосных установок (далее – БМТУ) на металлургических и других промышленных предприятиях (энергетика, нефтехимия, машиностроение и т.д.), а также агропромышленном комплексе, жилищно-коммунальном хозяйстве, объектах бюджетной сферы Республики Казахстан планируется получение значительного экономического, экологического эффекта, в первую очередь, за счет замены традиционных теплоисточников (котельные на твердом, жидком топливе, электродкотельные), уменьшения выброса парниковых газов в атмосферу [6, 7, 8, 9, 10, 17, 19-22].

Применение теплонасосных технологий на вышеуказанных предприятиях позволит вернуть в систему теплоснабжения предприятий значительные объемы безвозвратно теряемого тепла без дополнительного сжигания традиционных видов топлива, что позволит получить существенный экономический эффект, отказаться, в ряде случаев, от покупной энергии извне, при этом уменьшая тепловое загрязнение окружающей среды

Следует заметить, что себестоимость собственного теплонасосного тепла в ~2-4 раза будет меньше цены покупного тепла, то есть с пуском теплонасосной станции появляется реальная возможность при

значительно меньших затратах обеспечить существующую потребность в тепловой энергии.

Как показывает известный опыт мировых лидеров в области промышленного применения теплонасосных технологий (Финляндия, Швеция, Япония, КНР, Россия и др.) уже реализован ряд проектов с применением ТН на ТЭЦ [1, 2, 3, 4, 8, 9, 10].

В качестве наглядного примера эффективности применения тепловых насосов (далее – ТН) на станциях приведем данные по некоторым объектам в КНР [22].

Китайская электростанция Шенту

В современных угольных электростанциях с паровыми турбинами КПД составляет от 40% до 45%, это означает, что около 55% - 60% топлива в виде энергии, которая поступает на электростанцию, сбрасывается через конденсаторы в атмосферу.

Ключевым элементов теплофикационной системы является тепловой насос, который извлекает низкопотенциальное тепло от охлаждающей воды после конденсатора и передает его в контур нагрева горячей воды (рис.1).

Охлаждающая вода остывает после теплового насоса примерно с 30°C до 26°C и также поступает в градирни. В результате того, что температура воды стала меньше, то она будет меньше испаряться в атмосферу. Следовательно, снизится расход добавочной воды в цикл.

Горячая вода в тепловых насосах нагревается до 75°C, окончательный нагрев до 130°C происходит в сетевых подогревателях.



Рисунок 1 – Электростанция Шенту



Рисунок 2 – Общий вид ТНУ

В результате проведенных работ (2011-2014 г.г.) значительно повышена эффективность самой станции, и существенно улучшена экологическая обстановка в городе и регионе в целом. Подсчитано, что на 1 МВт отпускаемой со станции Шенту тепловой энергии,

приблизительно 0,3 МВт берется от охлаждающей воды после конденсатора.

Другой пример реализации проекта с ТНУ

На ТЭЦ города Янгжин (Китай) в 2010 году было установлено шесть ТНУ Шуанлянь (Shuangliang) с производительностью 30 МВт каждый.

Они утилизируют тепловую энергию градирен (температура 30-40°C), и вырабатывают горячую воду с параметрами 70-90°C для дополнительного теплоснабжения целого района города, утилизируя тепло, ранее сбрасываемое градирнями.

Внедрение ТНУ в этом проекте позволило ежегодно:

- дополнительно продавать тепловую энергию на сумму более 5 млн долларов (а тарифы на тепловую энергию в этом городе ниже, чем в Казахстане);
- сэкономить 500 000 тонн воды (она не испаряется в градирнях);
- сэкономить 49 300 тонн угля;
- уменьшить выбросы CO₂ на 98 600 тонн;
- уменьшить выбросы окиси азота на 730 тонн.

Срок окупаемости по внедрению ТНУ и использованию низкотемпературного сбросного тепла для обогрева предприятия составил менее чем два года.

Однако, в Республике Казахстан прецеденты практического применения тепловых насосов (далее - ТН) на предприятиях энергетики (ТЭЦ, ГРЭС) пока отсутствуют, имеются единичные примеры применения тепловых насосов с использованием сбросной теплоты только на одном металлургическом предприятии АО «Казцинк» (г.Усть-Каменогорск, 2000 г.) [4, 5, 7, 8, 9, 10].

Начиная с 2000 г., казахстанскими и российскими учеными (МЭИ, г.Москва, ЗАО «Энергия», г. Новосибирск) проводятся совместные работы по разработке схем и технологий применения ТН с использованием сбросной теплоты систем технического водоснабжения (СТВ) промышленных предприятий (металлургических комбинатов, ТЭЦ, нефтеперерабатывающих заводов и т.д.) для повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования этих предприятий [8, 9, 10, 12, 14, 15, 17].

На протяжении 2005-2019 г.г. казахстанскими учеными проводятся исследования по перспективам применения ТН с использованием сбросной теплоты циклов оборотного и прямоточного водоснабжения ряда реальных промышленных объектов - АО «ТЭЦ-2» г. Астаны, ТОО «Экибастузская ГРЭС-2», Петропавловская ТЭЦ-2 АО «СевКазЭнерго»,

ТОО «АЕС Усть-Каменогорская ТЭЦ», ТОО «АЕС Согринская ТЭЦ», АО «Алюминий Казахстана», АО АрселорМитталТемиртау», ТОО «Павлодарский нефтехимический завод», ПФ ТОО «KSP Steel» (г. Павлодар).

Важнейшей предпосылкой для применения БМТУ на вышеуказанных предприятиях являются достаточно большие объемы теплоты, выбрасываемые с циркуляционной водой в градирни, пруды-охладители, реки (Иртыш и др.) [4, 5, 7, 8, 14, 15, 17, 19, 20, 21].

Совместно с российскими учеными (ЗАО «Энергия», г.Новосибирск) по грантам Министерства образования и науки Республики Казахстан (2012–2015 г.г.) проведен ряд научно-исследовательских работ [8, 9, 11, 12, 14, 15, 17], по результатам которых разработана впервые в мире многоступенчатая технология применения ТН нового поколения, работающих на более эффективном, по сравнению с обратным циклом Карно, термодинамическом цикле Лоренца и обеспечивающих подачу теплоносителя в систему отопления с температурой до 85°C (а не 55-62°C, как у всех видов производимых в мире ТН).

Данная уникальная технология запатентована как в России, так и в Республике Казахстан и готова к практическому внедрению [11, 12].

В 2016-2017 годах предлагаемая технология, пройдя многоступенчатый отбор в Министерстве энергетики, Министерстве образования и науки Республики Казахстан, в числе 25 лучших научных проектов ученых страны представлена в Национальном павильоне «Сфера» (Казахстан) Международной выставки ЕХРО-2017 [18].

В результате проведения в 2010-2016 г.г. ряда госбюджетных и хоздоговорных НИР для коммерциализации предлагается конкретный результат, образец нового изделия – блочно-модульная теплонасосная установка [16, 21] (рис.3).



Рисунок 3 – Общий вид блочно-модульных теплонасосных установок (БМТУ)

БМТУ, являющаяся отдельной ступенью многоступенчатой теплонасосной установки представляет собой металлический утепленный контейнер, каркас контейнера несущий, ограждающие конструкции выполнены в виде трехслойных панелей, состоящих из листов профнастила с утеплителем из минераловатных плит.

Все необходимое основное и вспомогательное оборудование, контрольно-измерительные приборы будут смонтированы внутри БМТУ, в котором наружу будут выведены всего 4 трубопровода для подвода низкпотенциального теплоносителя (сбросная вода из СОВ) и отвода горячей воды температурой 75-80°C в систему теплоснабжения объекта.

Планируется поставка заказчикам блочно-модульных тепловых насосов различной тепловой: от 200 кВт до 2000 кВт. Предлагаемый в проекте БМТУ контейнерного вида [16, 21] разрабатывается как универсальный типовой элемент тепловой схемы предприятия, готовый к практическому внедрению на любом объекте и планируется применять на как различных промышленных предприятиях, так и на любых объектах бюджетной сферы, ЖКХ, где имеются в наличии различные альтернативные источники энергии.

Преимущества БМТУ:

- уникальная запатентованная технология и схема многоступенчатого применения БМТУ, готовые к практическому внедрению на промышленных предприятиях с использованием альтернативных источников энергии в различных регионах страны;
- адаптированность предлагаемой технологии к суровым климатическим условиям Республики Казахстан (до -40°C)
- компактность, универсальность в смысле возможности применения на предприятиях любого профиля, где имеются в их технологических циклах СОВ;
- по сравнению с существующими в мире теплонасосными технологиями предложенный проект обеспечивает более эффективные энергетические (COP) и экономические показатели (стоимость производства 1 Гкал теплоты, удельные расходы топлива при схемах замещения традиционных теплоисточников;
- более низкой рыночной ценой нашей продукции по сравнению с аналогами.

Рыночная цена единицы продукции и (или) услуги данного конкурента можно оценить следующим образом.

Стоимость предлагаемых БМТУ (тепловой мощностью до 2 МВт) существенно ниже стоимости тепловых насосов (ТН) равной мощности

зарубежных фирм-производителей (Германия, Швеция и др.). Примерная стоимость тепловой мощности БМТУ, равная 1 Гкал/час порядка 200-220 тыс. дол. США (для сравнения зарубежные тепловые насосы равно тепловой мощности стоят примерно 350-440 тыс. дол. США);

- качественное гарантийное и сервисное обслуживание БМТУ, установленных на предприятиях;

- 80% казахстанское содержание проекта (оборудование в блочно-модульной комплектации, технология, проектирование, комплекс монтажных и пуско-наладочных работ, высококвалифицированный научный и инженерно-технический персонал.

В 2017-2020 годах в рамках грантового финансирования АО «Фонд науки» Министерства образования и науки Республики Казахстан учеными Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева и специалистами Стартап компании ТОО «БМТУ» (г.Астана) реализуется «Проект коммерциализации блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотенциальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий» на пилотном объекте – трубопрокатном производстве крупного металлургического предприятия страны – Павлодарский Филиал (далее - ПФ) ТОО «KSP Steel» (рис.4-5) [16, 21].

В данной статье рассмотрены вопросы коммерциализации БМТУ тепловой мощностью 400 кВт для утилизации низкотемпературных тепловых отходов технологических процессов промышленных предприятий (сбросные воды предприятий, вода из системы технического водоснабжения (СТВ) и т.п.) с целью снижения вредных выбросов в атмосферу и одновременным получением теплоты более высоких параметров на конкретном металлургическом предприятии – ПФ ТОО «KSP Steel».

В работе исследуются вопросы:

- разработки схемы применения БМТУ как типового элемента системы теплоснабжения трубопрокатного производства (далее - ТПП) ПФ ТОО «KSP Steel»;

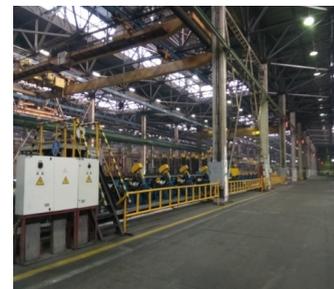


Рисунок 4-5 – Общий вид трубопрокатного производства ПФ ТОО «KSP Steel» и вентиляторной градирни системы оборотного водоснабжения

- проведения серии опытно-промышленных испытаний нового оборудования для определения оптимальных режимов работы теплонасосной технологии нового поколения при включении опытного образца БМТУ в тепловую схему ТПП ТОО «KSP Steel»;

- анализа энергетической, экологической и экономической эффективности применения БМТУ для утилизации сбросной теплоты системы технического водоснабжения (СТВ) ТПП и получения тепла для отопления и горячего водоснабжения предприятия.

В настоящее время существующая схема энергообеспечения производственной фирмы ПФ ТОО «KSP Steel» осуществляется за счет покупной тепловой и электрической энергии с ТЭЦ -3 г. Павлодара (пар, горячая вода), предприятие ежегодно затрачивает значительные средства на покупку тепловой (примерно 46 Гкал/час) и электрической энергии (порядка 3 млрд. тенге – данные март 2015 г.).

В то же время существующие вентиляторные градирни системы оборотного водоснабжения (СОВ) предприятия выбрасывают в атмосферу значительные объемы тепловой энергии (по нашим оценкам, порядка 280-600 Гкал/час), при этом существенны затраты предприятия на покупку электрической энергии для работы градирен.

При этом физическое тепло водооборотных систем, которое через градирни выводится в атмосферу, безвозвратно теряется, что также экономически нецелесообразно.

Получение с помощью БМТУ значительного количества собственной теплоты с температурой до 60-85°C также даст возможность экономии большого объема электроэнергии, покупаемой в настоящее время на ТЭЦ-3 г. Павлодара для обеспечения бесперебойной работы вентиляторного оборудования градирен.

Ниже приведены результаты укрупненных расчетов экономического эффекта от внедрения БМТУ для горячего водоснабжения на трубопрокатном производстве ТОО «KSP Steel».

Таблица 1 – Сравнение годовых эксплуатационных затрат ТПП на горячее водоснабжение от различных теплоисточников (тепловая нагрузка - 2 Гкал/час)

№	Название теплоисточника	Стоимость годовых эксплуатационных затрат, Э _{год.эк.} , тыс. тенге	Стоимость 1 Гкал/час, тенге/Гкал (с НДС) тыс. тенге
1	Центральное отопление (от ТЭЦ-3 г. Павлодара)	72 180	3 313,8
2	Теплонасосная котельная на базе БМТУ	13 160	751,14

Таким образом, результаты предварительных исследований дают основание сделать выводы о том, что при внедрении энергосберегающих теплонасосных технологий на базе БМТУ с использованием альтернативных источников теплоты достигается более глубокое охлаждение оборотной воды на ПФ ТОО «KSP Steel» и сокращение затрат предприятия на приобретение тепловой и электрической энергии от ТЭЦ- 3 г. Павлодара.

Источником доходности проектов при внедрении БМТУ на промышленных предприятиях являются:

1. Значительный экономический эффект, т.е. разница стоимости тепловой энергии, покупаемой потребителями на ТЭЦ, и вырабатываемых с применением тепловых насосов (в 2-4 раза).

2. Существенное снижение эксплуатационных затрат предприятий, использующих оборотные и прямоточные системы водоснабжения.

3. Снижение выбросов парниковых газов предприятий и, как следствие, уменьшение экологических платежей.

По результатам опытно-промышленных исследований работы БМТУ в реальных условиях производства будет проведен анализ энергетической, экологической и экономической эффективности ее применения для утилизации сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения промышленных предприятий страны, предложены конкретные рекомендации для дальнейшей коммерциализации данной «зеленой» технологии на различных объектах в Республике Казахстан.

В ближайшие годы планируется внедрение БМТУ различной мощности будут внедряться на предприятиях черной и цветной

металлургии, энергетики, нефтехимии и т.д. с существующими СТВ (градирни, пруды-охладители, водоемы).

В частности, в течение 2018- 2019 г.г. начато проведение научно-исследовательских работ по теме «Повышение энергоэффективности работы оборудования металлургического предприятия Аксуского завода ферросплавов (АЗФ)-филиала АО «ТНК «Казхром» путем внедрения энергосберегающих теплонасосных технологий с утилизацией сбросной теплоты системы оборотного водоснабжения (г.Аксу Павлодарской области) [22].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Теплонасосная технология преобразования низкопотенциальной природной энергии или теплоты вторичных низкотемпературных энергоресурсов в высокопотенциальную тепловую энергию, пригодную для практического использования, представляет собой не очередную модернизацию традиционных энергоисточников, а внедрение нового, прогрессивного, высокоэффективного и экологически чистого способа получения теплоты.

2. Применение технологии и схемы применения БМТУ, приспособленных к работе в холодных климатических условиях Казахстана (до -45°C), с использованием в качестве источника низкопотенциальной теплоты сбросной теплоты воды из систем технического водоснабжения (СТВ) предприятий, перспективно внедрять на имеющихся в Республики Казахстан 57 ТЭЦ, нескольких ГРЭС, ряде заводов черной и цветной металлургии, нефтехимии, машиностроительных заводах и т.д., что обеспечит возможности повышения эффективности работы теплоэнергетического оборудования станций, даст государству значительную экономию бюджетных средств, позволит обеспечить прирост теплогенерирующих мощностей, не увеличивая при этом потребления первичного топлива (угля, мазута), уменьшит выбросы парниковых газов в атмосферу, улучшит экологическую обстановку.

3. Впервые в Республике Казахстан предлагается на реальном промышленном объекте – ПФ ТОО «KSP Steel» (г. Павлодар) использовать БМТУ для утилизации сбросного тепла градирен предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Рей Д., Макмайл Д. Тепловые насосы/пер. с англ. - М.: Энергоиздат. - 1982. - 224 с.

2 Бурдуков А.П., Петин Ю.М. Тепловые насосы для России: технология использования геотермального и сбросного тепла

предприятиями // Оборудование. Разработки. Технологии. - 2007. - № 7(07). - С. 27-32.

3 Девянин Д.Н., Пищиков С.И., Соколов Ю.Н. Разработка и испытание на ТЭЦ-28 ОАО «Мосэнерго» лабораторного стенда по апробации схем использования тепловых насосных установок в энергетике // Новости теплоснабжения. - 2000. - №1. - С. 86-93.

4 Алимгазин А.Ш., Севидов Г.П., Бахтиярова С.Г. Разработка и внедрение новых энергосберегающих технологий на основе использования низкопотенциальной теплоты промышленных предприятий // Вестник ПГУ им.С.Торайгырова, серия Энергетика. - 2004. - №4. - С. 121-132.

5 Севидов Г.П., Морозов И.В., Алимгазин А.Ш. Применение ТНУ на промышленном предприятии АО «Казцинк» // В кн.: Материалы I Международной научно-технической конференции «Энергетика, экология, энергосбережение».- Усть-Каменогорск: ВКГТУ. - 2005. - С. 217-219

6 Alimgazin A.S., Bakhtiyarova S.G., Shukraliev M.A. Heat pump technologies of the use of was telowgrade heat of in dustrial enterprise in of the Republic of Kazakhstan // Science Review. - 2009. - Vol. II (4). - P. 64-69.

7 Алимгазин А.Ш., Бергузинов А.Н. Возможности применения теплонасосных технологий путем утилизации низкотемпературных тепловых отходов промышленных предприятий в Республике Казахстан // Вестник ПГУ им. С.Торайгырова, серия «Энергетика». - 2010. - № 2. - С. 6-15.

8 Алимгазин А.Ш. Разработка схем и технологий использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии для теплоснабжения изолированных объектов: автореф. док. техн. наук / Алматы: АУЭиС. - 2010. - С. 44.

9 Алимгазин А.Ш., Алимгазина (Бахтиярова) С.Г. Разработка технологий и внедрение теплонасосных систем теплоснабжения жилых, общественных и производственных зданий в Республике Казахстан с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.- Астана: Изд-во «Арт-принт». - 2010. - 171 С.

10 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г. Теплонасосные технологии для теплоснабжения различных объектов. Опыт Республики Казахстан. - г. Москва: АВОК. - Энергосбережение. - 2013. - №8. - С. 68-73.

11 Патент РФ на изобретение №2454608. Способ горячего водоснабжения и способ отопления с его использованием. - Гос. реестр изобретений Российской Федерации./ Петин Ю.М., Шаманаев С.Н., Опарин Е.В., Голодников Б.С.; зарегистрировано 27.06.2012 г.

12 Патент РК №1843 на полезную модель «Теплонасосная установка для отопления и горячего водоснабжения» – авторы Алимгазин А.Ш., Петин Ю.М., Алимгазина С.Г., Бахтияров А.Е. // Бюллетень изобретений №16 от 30.11.2016 г., регистр.номер 2015/278.2 от 27 августа 2015 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» Министерства юстиции Республики Казахстан.

13 AlimgazinA.Sh, Alimgazina S.G. The use of heat pump technology with the use of alternative andrenewable sources of energy to in crease the efficiency ofheat supply various facilities in the Republic of Kazakhstan.// International Forum Rewenable Energy - REENFOR–2013. Towards Raicing Energy and Economic Efficiencies (Moscow, 22–23 oktober 2013. - P. 38-42).

14 Alimgazin A. Sh., Petin Y. M., Alimgazina S. G., Application of new generation heat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy a the heat power plants in the republic of Kazakhstan.// Second International Forum Rewenable Energy - REENFOR–2014. Towards Raicing Energy and Economic Efficiencies. - Moscow, 10 - 11 Novem-ber 2014. - P. 27-32).

15 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Петин Ю.М., Кислов А.П., Амренова Д.Т.Применение тепловых насосов нового поколения с использованием нетрадиционных источников энергии для выработки дополнительной тепловой энергии на ТЭЦ-2 г.Астаны.//Вестник ПГУ им. С.Торайгырова, серия «Энергети-ческая». - 2015. - № 2. - С. 6-14.

16 Патент РК № 2289 на полезную модель«Теплонасосная установка для тепло- хладоснабжения» – авторы Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Омаров К.С., Бахтияров А.Е. // БИ №14 от 31.07.2017 г., Регистр. номер 2016/0377.2 от 11.07.2016 г. в РГКП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.

17 Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Petin Y.M. Application of new genera-tionheat pump technologies using alternative energy sources to generate additional heat energy a the heat power plants-2 (Astana city).// «IX Minsk International Seminar Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources», Minsk, Belarus, 07-10 September 2015, S. 230-235.

18 AlimgazinA.Sh., Alimgazina S.G.Application of heat pump technolo-gies using alternative and renewable ources of energy for heating and cooling objects EXPO-2017 //Proc.: Proceedings of the 3 International Forum “Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015), Yalta, 17 - 19 November, 2015.

19 Alimgazin A.Sh., Alimgazina S.G., Zhalmagambetov B.N. Analysis ofprospects of technology heat pumpto produce extra heat energy for

JSC “TPP-2” Astana.//Proc.: Proce-edings of the 3 International Forum “Renewable energy: ways to increase the energy and economic efficiency» (REENFOR-2015). - Yalta, 17 – 19 November.- 2015. Стр. 25-27.

20 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Бахтияров А.Е. Анализ перспектив применения теплонасосных технологий на металлургических предприятиях Республики Казахстан. // В сбор. Трудов «VIII Международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности. 100 лет отечественного проектирования металлургических печей», МИСиС, г. Москва, 11-12 октября 2016 г., С. 238-250.

21 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г., Шарыпов А.С., Бахтиярова С.Е. Коммер-циализация блочно-модульной теплонасосной установки для утилизации низкопотен-циальной сбросной теплоты систем технического водоснабжения промышленных предприятий. // В сбор. материалов IV Международной конференции ICITE «Промышленные технологии и инжиниринг», г. Шымкент, 26-27 октябрь 2017 г., С. 23-30.

22 Алимгазин А.Ш., Алимгазина С.Г. Перспективы применения энергосберега-ющих теплонасосных технологий с использованием альтернативных источников энергии на Аксуском заводе ферросплавов – филиале АО «ТНК «Казхром» //Вестник ПГУ им. С. Торайгырова, серия «Энергетика». - 2019. - № 4. – С. 54-63.

НУЖЕН ЛИ КАЗАХСТАНУ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

АХМЕТОВ Б. М.

студент, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ОРИШЕВСКАЯ Е. В.

ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Непрерывное увеличение количество свалок и их негативное влияние на окружающую среду заставляет задуматься о поиске альтернативного решения проблемы утилизации мусора. Одним из таких решений может стать мусоросжигательный завод, который решает не только экологическую проблему, но и вопрос нехватки топлива.

В Казахстане накоплено более 100 млн тонн твердых бытовых отходов, более 22,3 млрд тонн промышленных отходов, сообщил министр охраны окружающей среды Нургали Ашим. По его данным,

«на одного жителя Казахстана в среднем приходится порядка 1,4 тыс. тонн накопленных промышленных и бытовых отходов». Для сравнения: в Германии на одного жителя ежегодно приходится лишь 0,4 тонны отходов, которые впоследствии утилизируются. Напомним, в РК динамика образования отходов за последние три года показала, что каждый год в среднем утилизируется 20% образуемых отходов, а порядка 500 млн тонн в год остается в накопленных объемах. При такой тенденции к 2020 году ожидается накопление 28 млрд тонн отходов. В стране основная масса твердых бытовых отходов (ТБО) без разделения на компоненты вывозится и складывается на открытых свалках, 97% которых не соответствуют требованиям природоохранного и санитарного законодательства. Менее 5% твердых бытовых отходов в республике подвергается утилизации или сжиганию. Наибольшее количество ТБО образуется в Павлодарской области и Алматы. По информации эксперта по проекту «Разработка государственной стратегии и плана мероприятий по утилизации твердых бытовых отходов в РК» Рассела Фроста, общая стоимость утилизации твердых бытовых отходов в РК составит около 150 млрд тенге. Как сообщалось ранее, при гниении мусор выделяет очень опасный канцероген, который может вызывать рак и различные опухоли. В населенных пунктах, расположенных рядом с мусорными свалками, по данным экологов, каждый пятый болеет раком. [1]

У любого серьезного начинания, так или иначе связанного с экологией, есть свои подводные камни. Так, перед тем как привлекать иностранных специалистов для строительства такого завода, надо будет самим наладить нормальную, цивилизованную практику сбора, транспортировки и складирования бытового мусора. Причин для этого несколько. Мусор должен быть горючим, а если неформальные сортировщики и копатели свалок вынесут всю макулатуру, картон, пластмассу и другие хорошо горящие материалы, уровень теплотворности твердых бытовых отходов (ТБО) упадет ниже 7 МДж/кг. Мусор должен собираться и содержаться в закрытых контейнерах, так как повышенная влажность и зольность значительно снижает теплотворные характеристики ТБО. Морфологический состав отходов может быть крайне неоднороден и в наших условиях сильно зависит от погоды и сезонов года. В сезоны, когда теплотворная способность ТБО снижается до критических 6 МДж/кг, необходимо предусматривать добавление более горючих отходов промышленного производства. В любом случае необходимо проведение тщательного исследования состава ТБО в разные сезоны года. Очень важно обеспечить бесперебойный подвоз

мусора круглый год. Типовой завод потребляет не менее 50 тысяч тонн в год, и допускаются недельные колебания в снабжении мусором не более 20% от средних показателей. Все пути и источники снабжения должны быть обеспечены на 15 лет вперед. [2]

Средняя семья «производит» от 1 до 2 тонн мусора в год, и плата за утилизацию мусора может быть не меньше 50–100 долларов США в год, что лишь немного превышает нынешние тарифы на вывоз мусора. Во-вторых, остаточные продукты сжигания могут быть утилизированы, к примеру, в качестве материалов для строительства дорог. В третьих – и это самое существенное – необходимо обеспечение производства и передачи потребителю либо тепла, либо электричества, либо и того и другого. Производство тепла и электроэнергии происходит в процессе нагрева паровых котлов. Эти котлы являются необходимым звеном в производственном процессе, поскольку их прямое назначение – охлаждение свалочных газов до 200°C – уровня, при котором может быть осуществлено улавливание токсичных веществ очистными сооружениями. Проблемы здесь в тарифах и расстояниях от завода до потребителя. Если последний находится поблизости от завода, то тепло легче производить и транспортировать, если далеко, то придется налаживать производство электроэнергии, что менее выгодно, так как выработанное тепло будет расходоваться впустую. В том, что касается тарифов, – хорошим подспорьем могут быть льготы для производителей энергии за счет сжигания мусора. Льготы могут быть обоснованы тем, что мусор можно считать биотопливом, которое во многих странах относят к альтернативным («зеленым») источникам энергии. Без принятия политического решения о предоставлении таких льгот функционирование МСЗ может быть экономически нецелесообразным. [3]

Также, стоит помнить о немаленькой стоимости обезвреживания выбросов завода. В них содержатся пыль, сернистый ангидрид, оксиды азота, соляная кислота, плавиковая кислота, ртуть, кадмий, мышьяк, свинец, диоксины. Современные технологии позволяют улавливать все эти токсичные вещества, но степень их обезвреживания будет напрямую зависеть от стоимости очистных сооружений. В самом недорогом варианте предусмотрена установка электростатического фильтра, который позволяет эффективно улавливать пыль, при этом вместе с пылью будут оседать многие металлы, абсорбированные на частицах тонкой ее фракции. Более дорогой вариант предполагает установку сухих и мокрых скрубберов для улавливания газовых загрязнителей. Для обезвреживания ртути и диоксинов потребуются

более дорогие устройства, которые заметно повысят стоимость строительства завода. Высота трубы должна быть не меньше 70 метров, и в любом случае она должна быть выше зданий, которые находятся в радиусе до 1 км от завода.

Вывод: Для строительства мусоросжигательного завода нужны большие ресурсы и такие сооружения не под силу странам, недостаточно социально-экономически развитым. Действительно, строительство такого объекта это и вызов, и индикатор уровня развития. Нормальное его функционирование будет означать, что в сфере сбора и утилизации мусора, наконец, наведен порядок. Однако выбор технологий критически важен, от этого в конечном итоге зависит, будет ли от строительства МСЗ общий позитивный или негативный эффект для территории строительства.

ЛИТЕРАТУРА

1 В Казахстане накоплено более 100 млн тонн мусора Источник: www.kt.kz. 18 октября 2011 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.kt.kz/rus/society/v_kazahstane_nakopleno_bolee_100_mln_tonn_musora_1153546335.html [дата обращения 02.10.2019].

2 НОВОСТИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ. 06 апреля 2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://realnoevremya.ru/articles/94985-o-plyusah-i-minusah-musoroszhigatel'nogo-zavoda> [дата обращения 02.10.2019].

3 Гори оно синим пламенем. 06 апреля 2018 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://realnoevremya.ru/articles/94985-o-plyusah-i-minusah-musoroszhigatel'nogo-zavoda> [дата обращения 02.10.2019].

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

БАЙДЮСЕНОВ Г. Н.

докторант, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

АБИЛЬДИНОВА С. К.

PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

В Казахстане относительно недавно началось применение в теплосетях пенополиуретановой теплоизоляции. Долгое время главным теплоизоляционным материалом была минеральная вата. Таким образом, обширное использование минеральной ваты в качестве

основного теплоизоляционного материала привело к тому, что 80 % теплосетей давно превысили срок службы, около 30 % тепловых сетей нуждаются в ремонте. А в некоторых регионах страны доля тепловых сетей в ветхом состоянии доходят до 50 %, в аварийном состоянии - около 25 % [1, с. 11].

Во время эксплуатации в структуре тепловой изоляции происходят физические и химические процессы под влиянием окружающей среды, что негативно сказывается в виде микротрещин и прочих дефектов. Все это приводит к снижению теплозащитных свойств теплоизоляционного материала, тем самым [2, с. 33] увеличиваются тепловые потери энергии. Тепловые потери сетей с увлажненной минеральной ватой в качестве изоляции превышают в 2-3 раза нормативные.

Теплоизолятор	Плотность (кг/кб.м)	Коэффициент теплопроводности (Вт/м*К)	Пористость	Срок службы (лет)	Рабочая температура (°С)
ППУ жесткий	30-150	0,019-0,028	Закрытая	20	-160..+150
Пробковая плита	220-400	0,5-0,6	Закрытая	3	-30..+90
Пенополистирол	40-150	0,04-0,06	Закрытая	15	-100..+80
Мин. вата	55-150	0,052-0,058	Открытая	5	-40..+120
Пенобетон	250-400	0,145-0,160	Открытая	10	-30..+120

Рисунок 1 – Характеристика теплоизоляционных материалов

Однако, увлажнению могут быть подвержены не только материалы из минеральной ваты, есть случаи когда вода попадает под верхнюю оболочку трубы из ППУ, тем самым увеличивается коэффициент теплопроводности материала и развивается коррозия металлических труб. Причины попадания влаги в основном, это некачественный монтаж предизолированных труб из ППУ и огромное количество несертифицированного производства таких труб.



Рисунок 2 – Затопленные теплотрассы

Согласно статистическим данным, в состоянии затопления в среднем по стране находится около 12 % подземных тепловых сетей, а в некоторых городах затопленными могут быть до 60 % теплотрасс [3, с. 3]. В связи со значительным влиянием влаги на увеличение тепловых потерь через теплоизоляцию, ущербы в масштабах страны могут быть огромными.

Пути проникновения влаги в проходные и непроходные каналы тепловых сетей можно разделить на две группы [4, с. 45]:

1) затопление теплотрасс канальной прокладки связано с большой водопроницаемостью железобетонных элементов канала из-за негерметичной заделки стыков стенок и перекрытий. В результате дождевые, талые и грунтовые воды проникают внутрь канала, увлажняя теплоизоляцию.

2) утечки воды, прорывы трубопроводов, а также аварии в системах водоснабжения и водоотведения, как правило, приводят к затоплению каналов тепловых сетей.

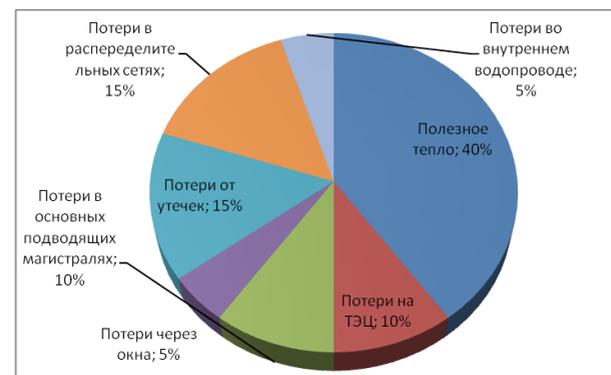


Рисунок 3 – Тепловые потери

В данное время большая часть тепловых сетей работает в нештатных режимах. Что приводит к значительным тепловым потерям через теплоизоляционные конструкции трубопроводов при транспортировании теплоносителя.

Экспериментальный расчет транспортных потерь теплоты требует огромных временных и материальных затрат. Корректное проведение исследований труднореализуемо и не может постоянно выполняться на всем объеме теплосетей в стране.

Традиционный расчет потерь тепловой энергии не позволяет достоверно оценить транспортные тепловые потери, т.к. оперирует справочными значениями коэффициентов теплопроводности изоляции и не учитывает изменение ее теплозащитных свойств со временем под влиянием ряда эксплуатационных факторов (усадка во время эксплуатации, увлажнение, старение материала).

На основании показаний приборов учета тепловой энергии у потребителей можно оценить лишь средние потери по теплотрассе. Такие потери не дают представления о состоянии изоляции на конкретных участках трубопроводов и не позволяют оценить потенциал энергосбережения в системе транспортирования тепловой энергии.

Также установлено, что до настоящего времени отсутствуют эффективные способы анализа потерь тепловой энергии через деформированную, полностью или частично разрушенную изоляцию трубопроводов [5, с. 64].

Отмеченные недостатки существующих на сегодняшний день способов определения тепловых потерь в сетях централизованного теплоснабжения с одной стороны и высокая практическая значимость рассматриваемой проблемы с другой, обосновывают необходимость совершенствования известной методики теплотехнического расчета потерь, а также разработку новых.

Основными факторами тепловых потерь через теплоизоляционные конструкции зависят:

- 1) вид теплоизоляционного материала;
- 2) виды прокладки тепловой сети;
- 3) температурные режимы и продолжительность работы теплосети в течение года;
- 4) параметры окружающей среды;
- 5) материальной характеристики тепловой сети ;
- 6) времени эксплуатации тепловой сети.

Выше перечисленные дефекты изоляции имеют место при эксплуатации теплотрасс в любых климатических районах Казахстана и

при любых способах прокладки. К сожалению, подобные энергетические аудиты невозможно провести на всем объеме тепловых сетей в Казахстане, а проблема определения тепловых потерь нуждается в решении.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бухин В.Е. Индустриальные трубы с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке для бесканальной прокладки тепловых сетей. Опыт производства, проектирования, строительства и эксплуатации // Трубопроводы и экология. - 2002. - № 3. - С. 11-16.

2 Пашенко Е.И Анализ причин снижения ресурса тепловых сетей // Новости теплоснабжения. - 2002. - № 12 (28). - С. 33-35.

3 Кузнецов Г.В., Половников В.Ю. Тепловые потери магистральных трубопроводов в условиях полного или частичного затопления // Изв. вузов: Проблемы энергетики. - 2006. - № 3-4. - С. 3-12.

4 Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2001. - 472 с.

5 Абильдинова С.К., Байдусенов Г.Н. Анализ транспортных потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции трубопроводов тепловых сетей. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Интеграционные процессы мирового научно-технологического развития» часть II. / ООО АПНИ. Белгород, 2017, С. 68-74.

ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ У СТУДЕНТОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКОВ

БОРИСОВА Н. Г.

к.ф.-м.н., доцент, Алматинский университет энергетики и связи
имени Г. Даукеева, г. Алматы

В связи с предстоящей цифровизацией энергетической отрасли Казахстана острой является проблема подготовки теплоэнергетиков в области информационных технологий. Применяемые для обучения будущих специалистов, они формируют уровень специалиста, адекватный современным требованиям и перспективам развития по избранным специальностям. Образовательные информационные технологии позволяют влиять на качество образования путем изменения форм и методов обучения.

В рамках научно-исследовательской работы «Управление качеством подготовки теплоэнергетиков на основе информационно-технологического обеспечения обучающей среды» разрабатываются, внедряются и оцениваются программные продукты с получением методических рекомендаций по их использованию в учебном процессе при формировании у студентов компетенций профессиональной деятельности [1].

Одним из компонентов образовательной программы 6В07103 - «Теплоэнергетика» направления подготовки 6В071 «Инженерия и инженерное дело» бакалавриата является МТЭ-04 - Компьютерные технологии. В его состав входят: дисциплина обязательного компонента «Информационно-коммуникационные технологии» (на английском языке) и дисциплины вариативного компонента: «Расчеты на РС теплоэнергетических и теплотехнологических процессов и установок», «Компьютерные технологии в теплоэнергетических расчетах», «Методы моделирования и оптимизации теплоэнергетических процессов и установок», «Методы моделирования и оптимизации процессов и установок теплотехнологии». Последние четыре дисциплины являются базовыми и читаются на выпускающей кафедре.

Для этих дисциплин, ведется разработка, внедрение и оценка средств информатизации в учебный процесс. Решаются задачи: разработка электронного методического обеспечения курсов; поиск методических приемов эффективного использования стандартных и авторских программных продуктов; разработка рекомендаций и методического обеспечения по использованию программных продуктов в учебном процессе; выбор критериев и способов оценки качества подготовки студентов.

В основе исследования лежит компетентностный подход и убежденность, что подготовка специалистов теплоэнергетиков, обладающих наряду с профессиональной компетентностью в предметной области компетентностью в области информационных технологий, является основой развития современной системы образования.

Структура компетентности в информационно - коммуникационных технологиях (ИКТ) для теплоэнергетиков включает: понимание, учет и применение в работе основных принципов функционирования и использования средств ИКТ, навыки работы с инструментами, поиск, понимание, отбор, анализ, организация и представление информации, создание информационного объекта, передача информации, моделирование, проектирование и управление применительно к будущей специальности [2].

В настоящее время вариативный компонент модуля обеспечен: учебно-методическими комплексами дисциплин; пакетами прикладных программ, приобретенными и разработанными на кафедре; образцами НИР и НИРС по использованию ИКТ в теплоэнергетике; лабораторной базой.

Программно-методические материалы дисциплин включают электронные: информационно-справочные базы, лекции, виртуальные лабораторные работы, тестовые задания для текущего и итогового контроля в оболочке GRATEX 5.0 и PLATONUS, методические указания к самостоятельной работе.

Использование разработанных программных продуктов как показала практика, активизирует формирование творческого подхода обучающихся к решению инженерных задач, интенсифицирует процесс обучения, позволяет добиться более глубокого усвоения и активизации действий обучаемого, развивает навыки профессионального использования компьютера, возрастает мотивация и качество процесса обучения. Формирование ИКТ - компетентности в рамках подготовки по специальности с использованием информационно-технологического обеспечения (ИТО) носит непрерывный характер.

Анализ создания ИТО показывает, что оно развивается по следующим направлениям: отдельные компьютерные программы, пакеты программ и программно-методические курсы, базы данных, базы знаний по предметной области.

Особое внимание уделяется разработке виртуальных лабораторных работ.

Например, для лабораторного практикума по дисциплине «Расчеты на РС теплоэнергетических и теплотехнологических процессов и установок» создано восемь лабораторных работ по изучению алгоритмов численных методов, используемых при математическом моделировании теплоэнергетических объектов.

Рассматриваются методы интерполирования результатов экспериментов, численного интегрирования, методы решения систем алгебраических уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений, методы оптимизации.

Электронные методические указания для этих работ включают краткие теоретические сведения, задания, алгоритмы методов, примеры применения методов в теплоэнергетических расчетах, листинги программ, контрольные вопросы.

Тематика лабораторных работ по дисциплине «Методы моделирования и оптимизации теплоэнергетических процессов и

установок» в настоящее время включает: математическое моделирование процессов теплопроводности, конвективного теплообмена, тепло-массообменных аппаратов ТЭС, структуры потока, моделирование и оптимизация теплотехнологических установок (котельных агрегатов, паровых турбин, холодильных машин, ректификационных колонн, сушильных установок, тепловых насосов).

В ходе лабораторных работ студенты используют программы на языках Паскаль, Delphi, работают в среде Mathcad и табличном редакторе Excel.

По индивидуальным заданиям студентам необходимо составить алгоритм и разработать программу расчета, провести вычислительный эксперимент, проанализировать полученные результаты, сделать выводы, представить отчет в электронном виде.

Общие выводы по программно-методическому обеспечению лабораторного практикума:

- форма подачи студентам описания лабораторных работ приемлема;
- при наличии готовой программы большая часть студентов переходит к выполнению расчетов, не пытаясь проникнуть в теоретическую часть;
- студенты испытывают затруднения с составлением отчета по лабораторным работам в части выводов, графической интерпретации и анализе результатов;
- вызывает затруднение проведение вычислительного эксперимента, точность представления результатов, сопоставление с известными результатами;

Основной проблемой практикумов является то, что в отведенное время студенты, овладев соответствующими численными методами, лишь в малом объеме могут применить их в прикладных задачах теплотехники и теплоэнергетики, а в остальных спецкурсах эти знания практически не используются. Отсутствует преемственность между содержанием спецдисциплин в области ИКТ. Студенты теплоэнергетики не владеют на достаточном уровне средствами компьютерного проектирования, например программой AutoCAD.

Можно отметить, что за последние два года произошло уменьшение вдвое числа лекционных часов дисциплин. Изложение методов математического, физического, аналогового моделирования с обсуждением применения этих методов в теплоэнергетических и теплотехнологических расчетах за один час проблематично. Кроме того, проводить полноценные лекционные занятия по данным дисциплинам в аудиториях, не оснащенных видеопроекторами, невозможно.

Для студентов теплоэнергетиков использование ИКТ при выполнении РГР, курсовых и дипломных работ, выполнении НИРС является обязательным. Однако, если раньше дипломные работы проходили обязательный контроль по использованию ИКТ, то в настоящее время такой контроль отсутствует.

Ведется работа по составлению банка теплоэнергетических и теплотехнических задач, в которых используются численные методы. Студенты активно пользуются электронными учебно-методическими комплексами дисциплин, размещенными на образовательных порталах университета.

В рамках НИР, начиная с 2010г., проводится анкетирование студентов по использованию ИКТ при подготовке бакалавров – теплоэнергетиков.

Студенты оценивают:

- техническое состояние компьютерных классов (средняя оценка 55%);
- обеспеченность доступными для студентов программными продуктами в области теплоэнергетики (45%);
- использование ИКТ на занятиях преподавателями (53%);
- наличие и качество методических пособий по использованию ИКТ в спецкурсах (50%);
- обеспеченность библиотеки АУЭС учебной, научной литературой по использованию ИКТ в теплоэнергетике (62%);
- уровень владения ИКТ студентов – теплоэнергетиков (64%);
- значение владения ИКТ в избранной специальности (71%).

Эти показатели, к сожалению, из года в год снижаются.

Произведенная обработка анкет позволила выявить значительный объем информации, полезной для самооценки работы кафедр, университета в целом, а также для принятия управленческих решений по улучшению качества предоставляемых образовательных услуг.

Можно отметить следующие проблемы при внедрении ИКТ в обучение теплоэнергетиков:

- недостаточная подготовленность ППС теплоэнергетических специальностей в области ИКТ;
- невозможность приобретения необходимых, но дорогостоящих программных продуктов по теплоэнергетике и теплотехнологии;
- организационные и технические проблемы;
- слабое владение студентами языками высокого уровня и программированием;

- недостаточный уровень владения английским языком как ППС, так и студентами;
- уменьшение аудиторных часов, выделяемых на дисциплины модуля компьютерных технологий;
- отказ от компьютерных классов выпускающих кафедр и проведение занятий в централизованной лаборатории, где отсутствует возможность использовать ранее приобретенные программные продукты и не установлено необходимое программное обеспечение.

Пути решения названных проблем:

- активизация приобретения и разработки программных продуктов в рамках сотрудничества институтов АУЭС;
- привлечение к разработке программ и методического обеспечения дисциплин докторантов и магистрантов разных образовательных программ;
- стимулирование повышения квалификации ППС в области ИКТ и уровня владения английским языком;
- контакт с ЦИТО университета для решения технических и организационных проблем;
- сотрудничество с вузами РК, привлечение зарубежных специалистов для обмена опытом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Борисова Н.Г. Опыт и проблемы методического обеспечения модуля «Компьютерные технологии» образовательной программы подготовки теплоэнергетиков. Материалы XXII Международной научно-методической конференции «Современное образование: содержание, технологии, качество».- СПб: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2016. Т.2. С. 141-144.

2 Трайнев В.А. Информационные коммуникационные педагогические технологии. - М.: Дашков и К°, 2009. - 279 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

БРАЖАНОВА Д. К.

докторант, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

СТОЯК В. В.

к.т.н., профессор, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

Системы вентиляции и кондиционирования предназначены для обеспечения оптимальных и комфортных условий жизнедеятельности в жилых и производственных помещениях, а также в объектах промышленного, транспортного и индивидуального назначения. Они предназначены обеспечить соблюдение санитарных норм жизнеобеспечения комплексно включая в технологический процесс регулирование давления, температуры, влажности и чистоты воздуха в помещении [1].

Системы кондиционирования воздуха используются во всем мире. Целью большинства систем является обеспечение теплового комфорта и приемлемого качества воздуха в помещении. С улучшением уровня жизни жильцам требуется все более комфортная и здоровая внутренняя среда. Люди проводят 80–90% своего времени в помещении, а окружающая среда оказывает существенное влияние на здоровье человека и эффективность работы. Факторы, влияющие на окружающую среду, в основном включают температуру, влажность, скорость воздухообмена, движение воздуха, вентиляцию, загрязняющие частицы, биологические загрязнители и газообразные загрязнители [2].

Разделение зданий на тепловые зоны помогает выбрать систему кондиционирования воздуха, которая будет использоваться для их очистки. Установка кондиционирования воздуха, по крайней мере, пытается регулировать температуру или вентиляцию помещения. Таким образом, как описано авторами в [3], базовая категоризация систем кондиционирования воздуха может быть выполнена с помощью критериев способа и средств, используемых для достижения желаемых условий внутреннего климата в кондиционируемом пространстве.

В работе [4] систему кондиционирования воздуха рассматривают как целостный комплекс инженерных систем, это вентиляция, охлаждение, отопление и т.д., которые обеспечивают приемлемое качество воздуха и поддержание требуемых параметров внутренней среды, независимо от внешних климатических условий с учетом архитектурно-строительных и тепло-физических характеристик ограждающих конструкций.

Одним из видов климатических систем отмечают системы технологического кондиционирования. Задачей кондиционирования воздуха является поддержание состояния воздушной среды в помещениях в соответствии с потребностями людей и технологией производства.

В заданной степени вышеуказанную задачу может решить система вентиляции, которая рассчитана на ассимиляцию и удаление вредных веществ, выделяемых в помещениях. Однако не оборудованная комплексом устройств для кондиционирования воздуха вентиляция не может обеспечить поддержание заданного состояния воздуха в помещениях при меняющихся условиях наружного воздуха и режимах выделения вредных веществ в помещениях.

Следовательно, кондиционирование воздуха - автоматическое поддержание параметров воздуха в производственных и жилых помещениях. В системах кондиционирования эта задача решается по принципу общеобменной вентиляции с регулированием количества и параметров приточного воздуха в соответствии с режимом его изменения в помещениях. Поддержание необходимого газового состава и чистоты воздуха в помещениях обеспечивается при этом назначением соответствующего воздухообмена и очисткой вентиляционного воздуха, поддержание необходимых температурно-влажностных параметров назначением воздухообмена и регулируемой тепловлажностной обработкой приточного воздуха. При наличии специальных требований системы кондиционирования могут осуществлять очистку воздуха от запахов, придание специальных запахов, ионизацию и т. д.

Кондиционирование воздуха традиционно осуществляется с использованием холодильного оборудования с компрессией пара. Таким образом, возвратный воздух из помещения, как показано на рис. 1, смешивается с определенным процентом свежего воздуха, а затем охлаждается до требуемого состояния на охлаждающей катушке пароконпрессорной машины.

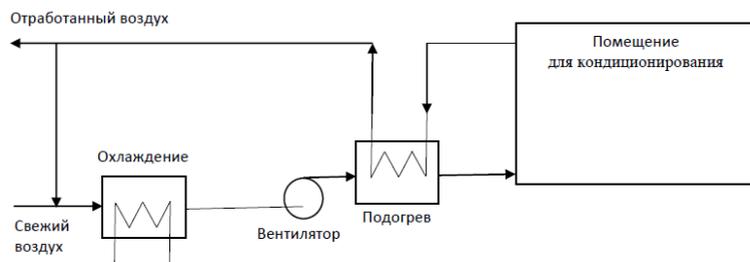


Рисунок 1 – Система кондиционирования воздуха

Охлаждающая способность охлаждающего змеевика обычно рассчитана на преодоление ощутимых и скрытых нагрузок охлаждения помещения, а также любых дополнительных нагрузок. Недостаток кондиционирования воздуха с непосредственным сжатием пара заключается в том, что воздух должен охлаждаться ниже его точки росы, чтобы обеспечить осушение (то есть преодолеть скрытую часть нагрузки). В результате, оборудование для кондиционирования воздуха должно обычно работать при температуре намного ниже, чем температура приточного воздуха для удовлетворения скрытой части нагрузки. Следует отметить, что КПД машины для сжатия пара уменьшается с уменьшением точки росы или температуры испарителя. Как показано на рисунке 1, иногда требуется нагревательная спираль для нагрева воздуха (то есть отработанного тепла), чтобы соответствовать комфортным условиям в комнате. Это связано с большой скрытой нагрузкой, которая не может быть удалена, если точка росы устройства не будет достаточно снижена для конденсации.

Компрессор является крупнейшим энергопотребляющим компонентом в любых системах охлаждения и кондиционирования. Имеющиеся данные позволяют предположить, что примерно 15–20% электрической энергии используется компрессорами различных типов систем охлаждения (например, холодильников и кондиционеров) во всем мире [5]. Хлорфторуглерод, используемый в конвективной холодильной системе во всем мире, является одной из основных причин глобального потепления и часто вызывает пиковое потребление электроэнергии в летние дни. Поэтому с течением времени было разработано несколько новых систем охлаждения и кондиционирования воздуха (то есть специальных систем охлаждения). Тем не менее, КПД такой специальной системы охлаждения все еще ниже, чем типичная система сжатия пара [6]. Тем не менее, потенциал использования низкосортной энергии (например, солнечной энергии, ветра и т.д.) И отработанного тепла делает специальные холодильные системы привлекательными для использования, особенно в местах, где нет электричества или не хватает. Термоэлектрическая (ТЭ) система может рассматриваться как привлекательная альтернатива проблеме, описанной выше. Принципы работы ТЭ-систем выработки электроэнергии и охлаждения основаны на двух хорошо известных явлениях (то есть эффектах Зеебека и Пельтье [7]), о которых сообщалось в литературе по физике и технике. Устройство ТЭ модуля изготавливается путем соединения двух разнородных полупроводниковых материалов. Этот модульный модуль может генерировать разность напряжений при размещении

на конечной разности температур (генератор энергии ТЭ). В качестве альтернативы, соединения единичного модуля могут создавать разность температур, когда на модуль подается ток [7]. Массив модульных модулей может быть расположен последовательно или параллельно для создания законченной системы. Размеры системы, свойства материала, расположение модулей, подводимая мощность, площади поверхности теплопередачи и т. д. Определяют количество отвода тепла от целевого местоположения. Подводимая мощность к холодильному модулю ТЭ является очень важным параметром. КС системы ТЭ ниже, чем у обычной системы. Это означает, что типичная система охлаждения ТЭ способна отводить меньшее количество тепла по сравнению с традиционной системой охлаждения при заданном потреблении электроэнергии. Солнечная энергия может быть использована для замены потребляемой мощности от традиционных источников. Существует два разных способа использования солнечной энергии для запуска системы охлаждения ТЭ. Первый способ - использовать солнечную фотоэлектрическую (PV) систему для производства электроэнергии, необходимой для работы системы охлаждения [8]. Второй способ - использовать ТЭ-генератор солнечной энергии для производства электроэнергии для холодильной установки [9]. В этом исследовании требуемая потребляемая мощность вырабатывается солнечной фотоэлектрической системой и сохраняется в массиве батарей. Первоначально модуль охлаждения ТЕ моделируется с учетом изменения температуры горячих и холодных поверхностей в зависимости от температуры источника и стока.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кондиционирование и вентиляция/ Учебное пособие для магистров РГАТА / Пиралишвили Ш. А., - Рыбинск: РГАТА, 2002 - 80 с.
- 2 https://zinref.ru/000_uchebniki/02800_logika/011_lekcii_raznie_53/051.htm
- 3 Categorization and Comparison of Air-Conditioning Systems from a Technology and Performance Perspective—Case Study of an Industrial Installation. Vrellas G. Charisis Karakatsanis S. Theoklitos. ASHRAE Transactions, Volume 119, Part 2. July 15, 2013.
- 4 Цыганков А.В., Гримитлин А.М. Состояние и перспективы развития систем кондиционирования воздуха. Холод: Техника и Технологии. Вестник мах № 4, 2013.

5 D&R International Ltd., 2012, 2011 Building Energy Data Book, U.S. Department of Energy, Available at http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/docs%5CDataBooks%5C2011_BEDB.pdf

6 Chakravarthy, V. S., Shah, R. K., and Venkatarathnam, G., 2011, "A Review of Refrigeration Methods in the Temperature Range 4–300 K," ASME J. Therm. Sci. Eng. Appl., 3(2), p. 0208011.

7 Russel, M. K., Ewing, D., and Ching, C. Y., 2013, "Characterization of a Thermoelectric Cooler Based Thermal Management System Under Different Operating Conditions," Appl. Therm. Eng., 50(1), pp. 652–659.

8 He, W., Zhou, J., Hou, J., Chen, C., and Ji, J., 2013, "Theoretical and Experimental Investigation on a Thermoelectric Cooling and Heating System Driven by Solar," Appl. Energy, 107, pp. 89–97.

9 Khattab, N. M., and El Shenawy, E. T., 2006, "Optimal Operation of Thermoelectric Cooler Driven by Solar Thermoelectric Generator," Energy Convers. Manage., 47(4), pp. 407–426.

МАЛОТОКСИЧНЫЕ ГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТОПЛИВОСЖИГАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

ДУЙСЕНБЕК Ж. С.

докторант, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева,
г. Алматы

В настоящее время известно довольно большое количество технологии снижения выхода NOx, используемых в топливосжигающих устройствах (ТСУ) или находящихся в стадии исследования. Способы и соответствующие мероприятия для уменьшения содержания оксидов азота в отработавших газах ТСУ, известные по работам советских и зарубежных исследователей, обобщены в схеме, представленной на рисунке 1 [1].

Рисунок 1 – Способы снижения выхода NO_x

Существующие технические методы снижения образования NO_x в горелочных устройствах направлены на снижение температуры пламени, оптимальное распределение избытка воздуха и уменьшение времени пребывания продуктов в зоне высоких температур. В практике в различных отраслях промышленности применяют шесть методов снижения температуры:

1. Оптимизацию процесса теплоотдачи и регулирование температуры пламени посредством введения в камеру горения поверхностей, интенсивно отводящих тепло, путем рационального выполнения конфигурации рабочего объема, оптимальной компоновкой горелок или расположением нагреваемых изделий;

2. Увеличение поверхностей факелов газового или жидкого топлива, путем разбиения на большое число микрофакелов с целью интенсификации охлаждения пламени;

3. Двустадийный процесс горения путем установки горелок для ступенчатого сжигания топлива или регулирования соотношения топливо – воздух (часть горелок работает на богатой смеси, а часть – на бедной при суммарном коэффициенте избытка воздуха $\alpha=1,05:1,07$);

4. Рециркуляцию охлажденных продуктов сгорания через воздушный тракт горелки или к корню факела;

5. Путем добавления к топливу веществ, вызывающих повышение светимости факела, но не приводящих к выделению дополнительных количеств тепла;

6. Впрыск воды или пара в топку, ввод в топку балластных веществ или веществ, приводящих к эндотермическим реакциям.

Большинство перечисленных методов снижения температуры, а также методы, связанные с уменьшением времени пребывания продуктов сгорания в зоне высоких температур, обеспечиваются выбором конструкций и режимных параметров горелок, организацией процесса смешения топлива с воздухом или аэродинамикой огневого объема [2].

Выбор конструкции горелки для снижения концентрации NO_x в топке можно проводить с учетом достижения возможно более низкой концентрации NO_x , не считаясь с характеристиками факела, или сохранением характеристик факела, удовлетворяющих технологическим требованиям процесса.

Горелочные устройства для сжигания газового топлива с минимальным образованием в продуктах сгорания вредных веществ

Есть разные конструкции горелок для сжигания газа, обеспечивающих осуществление режима горения с минимальным образованием NO_x и других вредных веществ [3]. Например:

К горелкам с интенсифицированной теплоотдачей от факела может отнести горелки с регулируемой светимостью факела, высокотемпературные излучающие горелки, горелки с регулируемой длиной факела, горелки с высокоскоростным потоком продуктов сгорания и горелки с пульсирующим потоком продуктов сгорания. Газогорелочные устройства с регулируемой светимостью факела. Повышение светимости газового факела разложением части горючего газа в процессе неполного горения или пиролиза с образованием сажи и отдельно вынесенной топке – реформаторе или самокарбюрации природного газа в рабочем пространстве теплового газа, обеспечивающих одновременно интенсификацию процесса теплоотдачи и минимизацию образования NO_x . К недостатком методов получения светящегося факела следует отнести необходимость частой очистки поверхностей нагрева горелки от сажистых отложений, а также усложнение конструкции ТСУ [4].

Горелки для ступенчатого сжигания топлива. Ступенчатое сжигание топлива в зависимости от конструкции горелок и теплового агрегата и компоновки горелок можно осуществлять различными способами: подачей разного количества воздуха через ряды горелок или отдельные горелки, подачей через отдельные горелки только газа или воздуха, подачей потоков первичного и вторичного воздуха через каждую из горелок. Наибольшее распространение методы ступенчатого сжигания топлива получили в котельных агрегатах. Надо отметить что ступенчатое сжигание топлива можно осуществлять в большинстве

конструкций горелок с регулируемой степенью смешения потоков воздуха и газа путем изменения скоростей первичных и вторичных компонентов горючей смеси [5].

Горелки с рециркуляцией продуктов сгорания. Рециркуляция продуктов сгорания в топках может быть естественной и искусственной. Естественная рециркуляция создается обратном током дымовых газов, под воздействием вытекающей в топочной объем топливо-воздушной струи, организацией внезапного расширения потока, установкой в высокоскоростном потоке плохо обтекаемого тела. Интенсивная рециркуляция продуктов сгорания в топочном объеме может создаваться также взаимодействием вихревых пламен соседних горелочных устройств. Искусственную рециркуляцию создают обычно с помощью отсасывающего или нагнетательного устройства.

Для снижения образования NO_x в тепловых агрегатах с небольшим топочном объемом, характеризующихся неравновесным протеканием процесса образования NO_x в неадиабатических условиях, целесообразно использовать естественную рециркуляцию продуктов сгорания. Выравнивание температурных, скоростных и концентрационных полей в рабочем объеме теплового агрегата, достигаемое в этом случае, приводит одновременно к оптимизации теплового режима и минимизации вредных веществ и уходящих газов.

Горелочные устройства для каталитического сжигания горючих газов. При применении каталитических горелочных устройств для отопления помещений используют обычно природный газ, искусственные газы с высокой теплотой сгорания и жидкое топливо. Применение каталитических излучателей низкой температуре излучающей поверхности и большой глубине проникновения в нагреваемый материал длинноволнового излучения позволяет добиться большой равномерности нагрева и высокого к.п.д. при практическом отсутствии в продуктах сгорания вредных веществ органического и неорганического происхождения (CO , углеводородных соединений, окислов азота). Каталитическое дожигание горючих компонентов, выделяющихся при проведении технологического процесса, экономически выгодно, так как позволяет повысить к.п.д. процесса и снизить себестоимость получаемого продукта. К этим процессам относятся: сушка и затвердевание различных продуктов, протекающие при повышенной температуре с выделением летучих растворителей и органических веществ: процессы с использованием тепла дожигаемых газов для получения пара; процессы с выделением больших количеств продуктов сгорания, загрязненных органическими веществами.

Горелочные устройства для сжигания жидкого топлива с минимальным образованием в продуктах сгорания вредных веществ.

Протекание процессов образования вредных веществ при сжигании жидких топлив зависит от большого количество взаимосвязанных физико-химических, режимных и конструктивных факторов, из которых важнейшими являются характеристики распыливания и испарения топлива, физико-химических характеристики топлива, и режим горения. В крупных промышленных агрегатах и котлах сжигание мазута осуществляется обычно с помощью горелочных устройств, формирующих желтый светящийся факел. Сейчас появились методы сжигания жидкого топлива в голубом факеле, применяемые преимущественно в тепловых приборах и агрегатах небольшой мощности. В последнее время разработаны конструкции форсунок средней и большой производительности, в которых достигается одновременное снижение образования продуктов неполного сгорания и NO_x . Снижение образования окислов азота при сжигании мазута достигают интенсивным охлаждением мазутного пламени. Эффект охлаждения мазутного пламени значительно усиливается, если применять форсунки, обеспечивающие большой угол раскрытия факела. Поверхность факела увеличивают распыливанием жидкого топлива паром, смешиванием топлива с рециркулирующими продуктами сгорания, организацией кольцевого пламени путем увеличения угла распыливания и эжектирования вдоль конуса распыливания воздуха. При этом наряду со снижением в несколько раз концентрации окислов азота достигается и минимизация выброса сажистых частиц [6].

Схемы факелов различных модификаций форсунок приведены на рис 2.

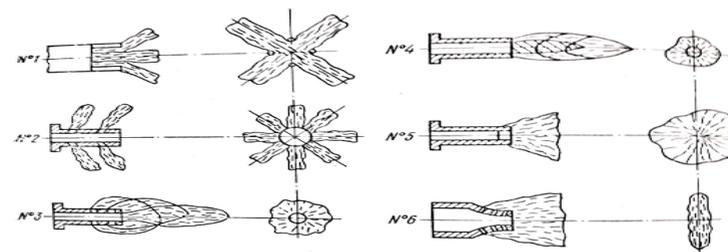


Рисунок 1 – Схемы факелов форсунок

Приведенные схемы модификации форсунок являются разновидностями микрофакельного сжигания жидкого мазута, когда факел разбивается (размазывается) в объеме огневой зоны. Мы провели ряд исследований по микрофакельным горелкам и получили патенты, которые показывают эффективность микрофакельного принципа сжигания жидкого и газообразного топлива [7, 8, 9].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Достияров А.М., Тонконогий А. В. Омаров К.М.. К вопросу образования и уменьшения вредных выбросов парогенераторов ТЭС. КазПТИ. в сб. Энергетика, Алма-Ата, 1976.
- 2 Н.В. Лавров., Э.И. Розенфельд., Г.П. Хаустович. Процессы горения топлива и защита окружающей среды. М.: Металлургия, 1981, 240 с.
- 3 Достияров А.М., Яманбекова А.К., Умышев Д.Р. Дуйсенбек Ж.С. Влияние основных параметров на образование оксидов азота при микрофакельном сжигании, Вестник КазНУТУ, №2(132), март 2019.
- 4 Розенфельд Э.И., Федоров Н.А., Газовая промышленность, 1971, №7, 33-37 с.
- 5 Достияров А.М., Ж.С.Дуйсенбек., Совершенствование факельных горелок и использование в них МФС., V Международная научно-практической конференция «Global science and innovations 2019 Central Asia» Астана, 2019., стр 191-198.
- 6 Розенфельд Э.И., Сжигание газа и мазута с минимальным выбросом продуктов неполного сгорания. Т.2.М., изд. ВИНТИ АН СССР, 1980. 110 с.
- 7 Дуйсенбек Ж.С., Достияров А.М., Умышев Д.Р.. Факельная горелка. Заявление о выдаче патента РК на изобретение. Регистрационный № 2019/0483.1. Дата подачи 05.07.2019.
- 8 Дуйсенбек Ж.С., Достияров А.М., Умышев Д.Р., Ожикенова Ж.Ф., Факельная горелка. Заявление о выдаче патента РК на изобретение. Регистрационный № 2019/0910.1. Дата подачи 13.12.2019.
- 9 Дуйсенбек Ж.С., Достияров А.М., Достиярова А.М., Садикова С.Б., Ожикенова Ж.Ф., Фронтное устройство камеры сгорания с микромодульными форсунки. Заявление о выдаче патента РК на изобретение. Регистрационный № 2019/0896.1. Дата подачи 10.12.2019.

БУ ТУРБИНАСЫНЫҢ ЖҰМЫС СЕҢІМДІЛІГІН АРТТЫРУ МАҚСАТЫНДА ТУРБИНА БӨЛШЕКТЕРІН АБРАЗІВТІ ТОЗУДЫ АЗАЙТУ ӘДІСТЕРІ

ЕРІМБЕТОВ А. П.

магистрант, Казахский агротехнический университет

имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

ТЮТЕБАЕВА Г. М.

к.т.н., ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет

имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

Турбиналар бөлшектерінің абразивті тозуы бірінші және екінші рет қыздырғыштардан және бу құбырларынан ағынды бөлікке ағатын ағынмен шығарылатын қабыршақтың сынықтарымен туындайды. Сынық-жоғары қаттылық пен нәзік ерекшеленетін тотықты қабыршықпен қапталған. Энергоблок жүктемесінің іске қосылуына, тоқтауына және өзгерістеріне байланысты жылу алмасулар кезінде қабыршақтың пленкасы жиналады және бу ағынымен шығарылады. Феррит болаттарынан жасалған құбырлардан қабыршақ тікбұрышты немесе сына пішінді ірі пластиналар түрінде оңай және толық бөлінеді, ал аустениттерден - түйіршіктелген ұнтақ түрінде және толық емес.

Абразивті эрозия тура ағынды қазандары бар энергоблоктарда болады және оның қарқындылығы энергоблоктарды бейтарап-оттегі су режиміне (НКВР) ауыстыра отырып, әсіресе диспетчерлік кестенің тығыздалуына байланысты іске қосу мен жүктеме санының артуымен өседі.

Абразивті тозуға ең алдымен бағыттаушы және жұмыс күрекшелері, бандаждар, бандаж үстіндегі тығыздағыштар және бірінші және оларға жақын ЦВД және ЦСД сатыларының бандаждарының тиектері жатады. Шүмекті күрекшелерде иілген және шығыстық жиекке жақын дөңес беті, ең алдымен жиектің өзі тігіледі. Шығыстық жиектер жағынан шеткі жақтауларда соплалық күрекшелердің кесілуі байқалады, бұл ретте түзілетін саңылаулардың ұзындығы 10-15 мм-ге, ал биіктігі 1-1,5 мм-ге жетуі мүмкін, бұл барлық соплалық аппаратты ауыстыру қажеттілігін тудырады. Шығыс жиектерінің тозуы негізінен жұмыс күрекшелерінің кіріс жиектерінен шағылысқан ірі бөлшектермен туындайды. Мұндай бөлшектердің саны осьтік қабырға аралық саңылаудың ұлғаюында азаяды. Артқы жағынан қалақтың шығыс жиегінің тозу қарқындылығы бүгілген жағына қарағанда 150-300 есе жоғары [1, 190 б.].

Реттеуіш сатының жұмыс қалақтарының абразивті тозуы турбинаның 6-10 мың сағатынан кейін анықталады. Бірінші сатының жұмыс күрекшелерінің кіру жиектері арқасы жағынан, шығу - бүгілген

жағынан тігіледі. Абразивті бөлшектердің радиальді орын ауыстыруы олардың периферияға шоғырлануын ұлғайтып қана қоймай, сонымен қатар перифериялық күнқағарлар мен тығыздаулардың тозуын тудыруы мүмкін. Бандаж астындағы перифериядағы тозу әсіресе қауіпті, өйткені оның бөлігін жұлуға әкелуі мүмкін Сипатталған зақымданулардан басқа жауырынның беттерінің кедір-бұдырлығы артады, ойық ойық ойық ойықтары пайда болады, ал беттердің тозуынан хорданың ұзындығы да, жауырынның профилі де өзгереді. Абразивті эрозия нәтижесінде тозады, боялады және тіпті басқыштардың бандаж үстіндегі тығыздағыштарының статикалық мұрттары, кейде трапецийді ендірмелермен бірге толық түседі. Абразивтік эрозияға байланысты күрек аппаратының роторлық элементтерінің зақымдану санына бандаждардағы нығыздауыштарының және жұмыс күрекшелерінің шиптерінің тозуы жатады, бұл бандаждардың үзілуіне әкеледі. Абразивті тозу реттеу клапандарында да, әсіресе түсіру клапанының ер аймағында байқалады. Бұл жағдайда бөлшектердің соққы жылдамдығы номиналды режимге қарағанда ретке көп болғандықтан клапандар ашық болғанда, іске қосу кезінде тозу әсіресе үлкен. Турбинаның пайдалану сенімділігіне сатылардың абразивті эрозиясының әсері зор. Ол тудыратын қалақтардың және басқа да бөлшектердің тозуы тұрақты бақылауды, жөндеуді немесе ауыстыруды талап етеді. Турбинаның сенімділігі сатылардың қалақша аппаратының зақымдануы салдарынан ғана төмендейді. Қалақтардың шығу жиектерінің және бандаж үсті тығыздағыштардың тозуы торлардың өтпелі қимасының өзгеруін тудырады, бұл сатының реактивтілік дәрежесінің өзгеруін негіздейді. электр энергиясын өндіру және газ турбинасының ПӘК төмендеуі абразивті зақымданулар салдарынан 2-3% - ға, ал жылдық шығын-1 қуатты агрегатқа \$600 000-ға жетуі мүмкін. Бұл мойынтірекке осьтік күштің ұлғаюына, саңылаулардағы ағу бағытының өзгеруіне және ротордың бас бөлігінің температурасының жоғарылауына әкеп соқтыруы мүмкін. Тозудың қарқындылығы беті бар абразивті бөлшектердің өлшеміне, жылдамдығына және соққы бұрышына байланысты болады, және де жылдамдықты анықтаушы болып табылады. Турбинаның ағынды бөлігіндегі бөлшектер көлемі 800 және одан да көп микрон, ал соғу жылдамдығы секундына бірнеше жүз метрге жетуі мүмкін.

Кіші мөлшердегі бөлшектер бағыттаушы және жұмыс қалақтарының торлары арқылы, олардың қабырғаларымен жанаспай және қалақтардың зақымдануын тудырмай өтеді. Мұндай бөлшектердің мөлшері ЦВД шарттары үшін - 40 мкм, ал ССД үшін-30 мкм аспайды.

Абразивті тозумен күрес әдістері зақымданудың себептерін жоюмен және процестің қандай да бір түріне кедергі келтіретін және сол арқылы зақымдануды төмендететін активті, пассивті болып бөлінеді [2, 13 б.].

Абразивті эрозияны төмендетудің активті әдістері бөлшектердің түзілуі мен қозғалысына әсер етудің түрлі тәсілдерін қолданады, оның ішінде оларды бу трактісінен алып тастауды қамтамасыз етеді.

Қазандықтың бу жолында қабыршақтың түзілуін төмендететін іс-шараларға:

- қазандықтың түрін таңдау-іске қосу кезінде жылу алмасудың барабанды қазандықтары бар сынаққа дейінгі қысым қондырғыларында, әдетте, қайталама бу қыздырғышта ғана пайда болады, ал аса сыни қысым қондырғыларында іске қосу кезінде күрт жылу алмасулар қайталама және бастапқы бу қыздырғыштарда да болады;

- жылу алмасу беттеріне арналған болатты таңдау-аустенитті болатты қолдану ең үлкен әсер берер еді, алайда бұл қондырғыны Болаттың көп құнының салдарынан ғана емес, жылу алмасу беттерінің ұлғаюынан айтарлықтай қымбаттатады, бұл осы болаттардың аз жылу өткізгіштігімен байланысты;

- қорғау жабындарын қыздырғыштардың ішкі бетіне жағу-түтіктерді хромдау;

- қабықша түзетін заттарды қолдану, қабықшаның түзілуінен, мысалы, октадециламин ОДА теріс салдары бар (ОДА енгізу кезінде қабықшадан беттің жуылуына байланысты абразивті бөлшектер саны артады, турбинада ылғалдың нашарлауы салдарынан тамшылы эрозия күшейтіледі);

- қазандықты химиялық шаюды мерзімді жүргізу.

Будың шығыны ГПЗ және оның байпаспен анықталады, бұл будың және абразивті бөлшектердің аз жылдамдығын қамтамасыз ететін клапандар мен реттеуші басқыштың қалақшаларында.

Қазіргі уақытта тозуды төмендетудің негізгі белсенді әдістері абразивті бөлшектерді немесе турбина алдында немесе оның ағынды бөлігінде сепарациялау болып табылады. Турбина алдындағы айыру тек іске қосу кезінде немесе турбинаның барлық жұмыс режимдерінде жүзеге асырылады.

Бірінші жағдайда, әсіресе ұзақ тұрып қалғаннан кейін турбина цилиндрін байпасалау немесе сепаратор арқылы турбинаның цилиндрінің алдында бу өткізу қолданылады.

Екінші жағдайда барлық режимдерде цилиндрдің алдында қабыршақты сепарациялау су өткізгіште ағын бұрылғанда, тік-түсіру

учаскесінен кейін жүзеге асырылады, онда тізенің орнына тұйық қосымша өсіндісі бар тройник орнатылады. Бұл тек абразивті-қауіпті бөлшектердің толық айыруын қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар цилиндрлердің алдында тоқтатқыш-реттеуші арматураның еит орнатудан бас тартуға мүмкіндік береді, бұл келтіруші трактідегі шығындарды төмендетеді. Турбинада абразивті бөлшектерді бөлу не бөлгіш немесе реттеуші клапанда, не ЦВД немесе ЦСД бірінші сатысында жүзеге асырылады.

Ағынды бөлігінде абразивті бөлу бағыттаушы вагондардың артындағы осьтік саңылаулар арқылы жүзеге асырылады, бұл келесі сатыдағы диафрагманың кіріс жағына таңғыш үстіндегі таңғышты ауыстыру арқылы жүзеге асырылады. Осьтік саңылауды ЦВД және ЦСД бірінші сатыларының бағыттаушы және жұмыс қалақтары арасындағы ұлғайту қалақтардың абразивті тозуын төмендетудің ең қарапайым тәсілі болып табылады [3,19 б.]. Пассивті әдістер бөлшектердің үстіңгі қабатының беріктігін арттыру есебінен абразивті тозуды азайтуды оларды нығайту және тозуға төзімді жабындарды пайдалану арқылы қамтамасыз етеді. Қалақтардың хроммен плазмалық тозаңдануы қорғаныс қабатының қалыңдығын 300 мкм жуық қамтамасыз етеді және беріктігін ~20 есе, ал қалыңдығы шамамен 15 мкм диффузиялық жабын ~30 есе арттырады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Школьник Г.Т., Лужков М.И., Зеленский В.Г. Эрозионный износ лопаток первых ступеней ЦВД и ЦСД мощных паровых турбин. - Сборник Котельные и турбинные установки энергетических блоков. Опыт освоения. - М., Энергия, 1971, с. 187-192.
- 2 Орлик В.Г. и др. Снижение абразивной эрозии турбинных ступеней перегретого пара. Электрические станции, 2008, № 12.
- 3 Филиппов Г. А., Кукушкин А.Н. и др. Наружная консервация энергетического оборудования с использованием пленкообразующих аминов. Тяжелое машиностроение, 2005, №3, с. 19-20.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЖАКУПОВ А. М.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ТАЛИПОВ О. М.

доктор PhD, асоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Техническое диагностирование оборудования - процесс определения технического состояния объекта. Экспертное техническое диагностирование выполняется по истечении расчётного срока службы объекта или после исчерпания расчётного ресурса его безопасной работы, а также после аварии или обнаруженных повреждений элементов, работающих под давлением, в целях определения возможности, параметров и условий дальнейшей эксплуатации [1].

Задачами диагностирования оборудования является продление остаточного ресурса оборудования. По истечению нормативного срока службы оборудования, указанного в паспорте, позволяет продлить срок эксплуатации за один раз от 0,5 до 10 лет.

Оценка технического состояния оборудования в процессе монтажа (демонтажа), эксплуатации, ремонта технического устройства. Позволяет определить степень износа оборудования, технические характеристики, риски при монтаже (демонтаже), эксплуатации и ремонте.

Контроль при поставке товара. Снижает риск приобретения бракованного и некачественного товара.

Документом подтверждающим правильность проведения диагностики оборудования и продлевающим его остаточный ресурс, является - положительное и зарегистрированное заключение экспертизы промышленной безопасности оборудования.

Существуют следующие методы диагностирования оборудования: разрушающий и неразрушающий контроль [2].

Разрушающий контроль (РК) – это совокупность методов измерения и контроля показателей качества изделия, по завершении которого нарушается пригодность объекта контроля к использованию по назначению. Позволяет контролировать качество материалов конструкций и их элементов, определять предел прочности и надежности. Преимущество разрушающего контроля состоит в том, что он позволяет получать количественные характеристики материалов.

Неразрушающий контроль (НК) – это контроль свойств и параметров объекта, при котором не должна быть нарушена

пригодность объекта к использованию и эксплуатации. Данный метод является основным при проведении диагностики состояния оборудования и элементов конструкций, которые требуют особой надежности. Преимущество неразрушающего контроля состоит в том, что не требуется выведение объекта из работы либо его демонтаж [3].

Применяются следующие методы неразрушающего контроля:

- ультразвуковая Дефектоскопия;
- рентгенография;
- цветная и магнитнопорошковая Дефектоскопия;
- акустическая эмиссия;
- измерение твердости металла;
- визуальный и измерительный контроль;
- ультразвуковая толщинометрия;
- вибродиагностика.

Дефектоскопия - комплекс методов и средств неразрушающего контроля материалов и изделий с целью обнаружения дефектов [3]. Самыми распространенными работами бывают: Дефектоскопия сварных швов, Дефектоскопия рельсов, Дефектоскопия железнодорожных путей, а самый распространенный метод, это ультразвуковой метод неразрушающего контроля, но так же существуют капиллярный метод неразрушающего контроля, акустический метод неразрушающего контроля, магнитный метод неразрушающего контроля.

Это позволяет производить техническую диагностику на основе теплового (тепловизионного) метода контроля. Тепловизоры применяются в самых различных областях – от научных исследований и медицинского обследования до промышленных предприятий и атомной энергетики. Многие используют тепловизоры для охоты. Тепловизор, как универсальный измерительный прибор, может быть использован для решения актуальных задач диагностики, мониторинга, неразрушающего контроля и энергетических обследований. В скором будущем тепловизор станет настолько же популярен и необходим в повседневной жизни, как и мобильный телефон. Тепловизионный контроль электрооборудования. В мире применение тепловизоров в электроэнергетике это один из эффективных компонентов системы технической диагностики. Тепловизионное обследование дает возможность контроля состояния низковольтного и высоковольтного электрооборудования без временного вывода его из эксплуатации, под рабочим напряжением. Тепловизор позволяет выявлять дефекты на ранней стадии зарождения, прогнозировать сроки и объем ремонтных работ, применение тепловизора сокращает затраты на техническое

обслуживание, повышает надежность и безопасность эксплуатации сложного электрооборудования.

Сфера применения диагностирования и контроля весьма широка и не ограничивается перечнем объектов, по которым проводится аттестация. В ходе подготовки слушатели курса узнают о применении технической диагностики на основе тепловизионного контроля в таких областях, как авиация, автомобильная промышленность, целлюлозно-бумажное производство, радиоэлектроника и микроэлектроника, химическая промышленность и нефтегазовый комплекс, машиностроение. Также рассматриваются методы активного теплового контроля, в том числе на примере обследования произведений искусства. Без внимания не останутся такие применения тепловизоров, как тепловая аэросъемка, медицина и ветеринария, системы наблюдения и охраны, военная сфера.

Техническая диагностика – молодая наука, возникшая в последние десятилетия в связи с потребностями современной техники. Все возрастающее значение сложных и дорогостоящих технических систем, применяемых при добыче, транспортировке и переработке нефти и газа, требования их безопасности, безотказности и долговечности делают весьма важной оценку состояния системы, ее надежности [4].

Уровень безопасности связан со свойствами перерабатываемых веществ, режимами и условиями эксплуатации оборудования, его техническим состоянием. Техническая диагностика является одним из основных элементов системы управления промышленной безопасностью в России. Общие требования по безопасности промышленных объектов установлены Федеральным законом Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» № 116-ФЗ от 20 июля 1997 г. Этот закон обязывает организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты (к ним относятся все объекты нефтегазовой промышленности), проводить диагностику и испытания технических устройств, оборудования и сооружений в установленные сроки и в установленном порядке. Диагностика, в том числе с использованием методов неразрушающего контроля, может проводиться как самой эксплуатирующей организацией, так и с привлечением специализированной организации (имеющей соответствующую лицензию) в составе экспертизы промышленной безопасности. Надзор за безопасностью потенциально опасных производственных объектов осуществляется государственными надзорными органами: Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору, МЧС, Минэнерго, ГУПО МВД, каждым по своей части.

Техническая диагностика – наука о распознавании состояния технической системы, включающая широкий круг проблем, связанных с получением и оценкой диагностической информации. Термин «диагностика» происходит от греческого слова, что означает распознавание, определение. В процессе диагностики устанавливается диагноз, т.е. определяется состояние больного (медицинская диагностика) или состояние технической системы (техническая диагностика). Согласно ГОСТ 20911-89, техническая диагностика – область знаний, охватывающих теорию, методы и средства определения технического состояния объектов.

Техническая диагностика изучает и устанавливает признаки дефектов технических объектов, а также методы и средства обнаружения и поиска (указания местоположения) дефектов. Основной предмет технической диагностики – организация эффективной проверки исправности, работоспособности, правильности функционирования технических объектов (деталей, элементов, узлов, блоков, заготовок, устройств, изделий, агрегатов, систем, а также процессов передачи, обработки и хранения материи, энергии и информации), то есть организация процессов диагностирования технического состояния объектов при их изготовлении и эксплуатации, в том числе во время, до и после применения по назначению, при профилактике, ремонте и хранении [5].

Техническая диагностика – теория, методы и средства определения технического состояния объекта.

Диагностирование – одна из важных мер обеспечения и поддержания надёжности технических объектов.

Техническое диагностирование - определение технического состояния объекта.

Экспертное техническое диагностирование - техническое диагностирование объекта, выполняемое по истечении расчетного срока службы объекта или расчетного ресурса безопасной эксплуатации, а также после аварии или обнаруженных повреждений элементов, в целях определения возможных параметров и условий дальнейшей эксплуатации.

Средства технического диагностирования (контроля технического состояния) - аппаратура, методы и программы, посредством которых осуществляется диагностирование (контроль технического состояния).

Система технического диагностирования (контроля технического состояния) - совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, отраженным в технической документации.

Диагностическое обеспечение - комплекс взаимосвязанных правил, методов, алгоритмов и средств, необходимых для осуществления диагностирования на всех этапах жизненного цикла объекта.

Программа технического диагностирования (контроля технического состояния) - совокупность предписаний, определяющих последовательность действий при диагностировании (контроле).

Диагностирование технического состояния технологического оборудования может проводиться как функциональное (оперативное), которое выполняется в процессе эксплуатации оборудования, так и экспертное – для длительно проработавших технических устройств, отработавших расчетный срок службы.

Для надежного технического [6] диагностирования необходимо иметь и знать:

- 1) информацию о свойствах материала с учетом явлений технологического наследования и физико-механического старения;
- 2) данные о взаимосвязи между свойствами материала и физическими явлениями, на которых основан метод контроля;
- 3) сведения о физических принципах метода, достоинствах и недостатках, пределе применения каждого из методов;
- 4) механизм разрушения в физических и механических аспектах;
- 5) способы регистрации, хранения и обработки дефектоскопических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1 Послание Президента Республики Казахстан Н. А. Назарбаева народу Казахстана «Нұрлы Жол – путь в будущее». 2014 г.:

2 <http://www.24.kz/ru/news/top-news/item/34746-poslanie-glavy-gosudarstva-narodu-kazakhstanana-n-rly-zhol-put-v-budu-shchee>.

3 Постановление Правительства Республики Казахстан от 26 января 2009 года № 49 «Об утверждении Технического регламента «Требования к безопасности трубопроводов пара и горячей воды».

4 СП РК 4.02-103-2002.Проектирование автономных источников теплоснабжения.

5 МСП 4.02-102-99. Проектирование тепловой изоляции оборудования и трубопроводов.

6 ГОСТ 380-94. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

ЖИЕНБАЕВА А.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

КАБДУАЛИЕВА М. М.

ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Согласно статистике ежегодно около четверти всего произведенного в мире металла теряется в результате коррозионных процессов. Затраты на ремонт и замену теплоэнергетического оборудования, коммуникаций и труб тепловых сетей во много раз превышают стоимость материалов, из которого они изготовлены. Только прямые потери от коррозии составляют около 5% валового национального дохода. Косвенные потери от коррозии подсчитать довольно сложно, однако принято считать, что они более чем в 2 раза превышают прямые, и это – если не считать затрат на ликвидацию возможных аварий.

В промышленности под угрозой аварийного разрушения по причине коррозии находится до 50 % металлоконструкций в любой отрасли. По оценкам экспертов годовые потери от коррозии на территории стран СНГ составляют свыше 80 млрд долларов. Поэтому анализ коррозионного состояния трубопроводов как важной проблемы и поиск путей ее решения начинается уже на стадии изготовления.

Коррозией металлов называют самопроизвольное разрушение металлов и сплавов вследствие их взаимодействия с окружающей средой. В основе этого взаимодействия лежат химические и электрохимические реакции, а иногда и механическое воздействие внешней среды. Способность металлов сопротивляться воздействию среды называется коррозионной стойкостью или химическим сопротивлением материала.

Металл при коррозии может частично или полностью разрушаться. Химические соединения, образующиеся в результате взаимодействия металла и коррозионной среды, называют продуктами коррозии. Продукты коррозии могут оставаться на поверхности металла в виде оксидных пленок, окалины или ржавчины. В зависимости от степени адгезии их с поверхностью металла наблюдаются различные случаи. Например, ржавчина на поверхности железных сплавов образует рыхлый слой, процесс коррозии распространяется далеко в глубь металла и может привести к образованию сквозных язв и свищей.

Антикоррозионной защитой (защитой металлов от коррозии) называют процессы или средства, применяемые для уменьшения или прекращения коррозии металла.

Выбор способа защиты стальных труб тепловых сетей от внутренней коррозии зависит как от схем подготовки подпиточной воды, а также от следующих основных параметров сетевой воды: жесткости воды, водородного показателя pH, содержания в воде кислорода и свободной угольной кислоты, содержания сульфатов и хлоридов, содержания в воде органических примесей (окисляемость воды).

Существует много причин выхода из строя трубопроводов и оборудования из-за внутренней коррозии, основными из которых являются высокая коррозионная агрессивность воды и биологическая коррозия [1, с. 11]. При высоких значениях коррозионной агрессивности воды (выше 0,05 мм/год) дополнительными факторами аварийности становятся:

- наличие сварных швов, изгибов (на 1 км стального трубопровода диаметром 110 мм приходится как минимум 84 стыка);
- применение в одной системе разных металлов, то есть коррозия под действием коррозионных гальванических пар;
- блуждающие постоянные и переменные токи; – электромагнитные поля от кабелей и электрооборудования, расположенного рядом со зданиями и внутри них; – качество металлов;
- качество изготовления металлоконструкций;
- низкая квалификация в области защиты металлов от коррозии проектировщиков, конструкторов, изготовителей металлоконструкций, строителей и эксплуатационников;
- отсутствие должного контроля во всех видах и на всех стадиях работ с трубопроводами и оборудованием.

Продукты коррозии ухудшают качество воды и засоряют внутреннюю полость труб, уменьшая их пропускную способность и ухудшая работу арматуры и устройств системы автоматического регулирования. Заращение внутренней поверхности труб приводит к увеличению стоимости подачи 1 м³ воды как минимум на 50%. В мировой практике для предотвращения образования отложений разработано более 40 методов, воздействующих на рабочие жидкости или теплообменные поверхности. Эти методы можно условно разделить на три основные группы:

- реагентные (физические, химические и физико-химические);
- безреагентные (механические, физические и физико-механические);
- комплексные.

Защиту труб от внутренней коррозии следует выполнять путем:

- повышения pH в пределах рекомендаций ПТЭ;
- уменьшения содержания кислорода в сетевой воде;
- покрытия внутренней поверхности стальных труб антикоррозионными составами – применения коррозионно стойких сталей;
- применения без реагентного электрохимического способа обработки воды;
- применения водоподготовки и деаэрации подпиточной воды;
- применения ингибиторов коррозии.

Для контроля за внутренней коррозией на подающих и обратных трубопроводах водяных тепловых сетей на выводах с источника теплоты и в наиболее характерных местах следует предусматривать установку индикаторов коррозии.

Самым эффективным на сегодняшний день антикоррозионным мероприятием по праву считается применение жидких ингибиторов коррозии. Они представляют собой специальные составы, способные на молекулярном уровне взаимодействовать с агрессивными веществами, нейтрализуя их разрушающее действие.

Как показывает опыт коммунальных предприятий, одним из наиболее эффективных путей антикоррозионных процессов, а также решения проблемы защиты от коррозии внутренних поверхностей трубопроводов, водоводов горячего и холодного водоснабжения и оборудования (баков-аккумуляторов и др.) является применение ингибиторов коррозии. Специальные вещества – ингибиторы коррозии, вводимые в относительно небольших количествах и понижающие агрессивность коррозионной среды, были известны еще в средневековье. За прошедшие с тех времен годы сменилось не одно поколение ингибиторов. Ингибиторы весьма распространены вследствие их невысокой стоимости. По своей природе ингибиторы коррозии могут быть неорганическими и органическими веществами. Различают ингибиторы для защиты металлов в жидких средах и от газовой коррозии [5, с. 11]. Механизм действия ингибиторов в жидких средах в большинстве случаев заключается в торможении катодных и анодных процессов электрохимической коррозии, образовании защитных и пассивирующих пленок. (Пассивация металлов – переход поверхности металла в неактивное, пассивное состояние, связанное с образованием тонких поверхностных слоёв соединений, препятствующих коррозии). К анодным ингибиторам относятся некоторые соединения, не обладающие окислительными свойствами:

фосфаты, полифосфаты, силикаты, бензоат натрия. Их ингибирующее действие проявляется только при наличии растворенного кислорода, который и играет роль пассиватора. Такие вещества тормозят анодный процесс растворения из-за образования защитных пленок, представляющих собой трудно растворимые продукты взаимодействия ингибитора с ионами переходящего в раствор металла. Так, например, полифосфаты, адсорбируясь на поверхности стального трубопровода, образуют с ионами железа экранирующие пленки, состоящие из Fe_2O_3 и $FePO_4$.

Наиболее перспективными методами предотвращения накипеобразования в системах теплоснабжения являются физико-химические методы. В первую очередь это обработка воды фосфонатами – соединениями на основе фосфоновых кислот.

Свойства фосфонатов – ингибиторов накипеобразования – соединения благодаря специфике строения молекул обладают рядом свойств, с одной стороны, определяющих высокую экономическую эффективность этих реагентов, с другой – в значительной мере ограничивающих область их эффективного применения. Фосфонаты при незначительном расходе (1–20 мг/л) резко изменяют условия образования зародышей кристаллов солей накипеобразователей, полностью прекращают или существенно замедляют рост кристаллов, изменяют кристаллическую структуру растущих кристаллов. Спровоцированные фосфонатами изменения затрудняют закрепление и рост зародышей кристаллов солей на поверхности нагрева. Затраты на обработку воды фосфонатами в 10–30 раз ниже, чем при традиционном умягчении воды.

В практике теплоснабжения для ингибирования накипеобразования широкое применение нашли:

1 – гидроксэтилиден – дифосфоновая кислота (в русскоязычных источниках сокращенно она обозначается как ОЭДФ),

2 – нитрилтриметилфосфоновая кислота (НТФ), ингибитор отложения минеральных солей (ИОМС-1), их цинковые комплексы и другие реагенты.

Применяя эти реагенты, необходимо понимать, что фосфонаты ингибируют только кальциево-карбонатное накипеобразование, но не ингибируют отложения соединений железа [1, с. 25]. Более того, при содержании в воде железа более 0,5 мг/кг эффективность фосфонатов существенно снижается [2, с. 48; 3, с. 96]. Область эффективного применения фосфонатов в значительной мере ограничена накипеобразующими свойствами воды вследствие возможности

образования малорастворимых соединений, имеющих полимерное строение [4, с. 32].

Критерий выбора ингибиторов коррозии в системах теплоснабжения и особенно горячего водоснабжения ограничен. Необходимо исходить как минимум из трех показателей: стоимость, эффективность и токсичность. По показателям токсичности наиболее предпочтителен (как самый малотоксичный) цинковый комплекс ОЭДФ ($ZnOЭДФ$), предельно допустимая концентрация которого для систем горячего водоснабжения (ГВС) составляет 5 мг/кг.

Централизованные системы теплоснабжения в зависимости от способа присоединения систем горячего водоснабжения делятся на закрытые и открытые [5, с. 47]. В открытых системах теплоснабжения сетевая вода, циркулирующая в тепловой сети, непосредственно используется абонентами для горячего водоснабжения и одновременно является теплоносителем для систем отопления и вентиляции.

В закрытых системах теплоснабжения циркулирующая в тепловой сети вода используется только в качестве теплоносителя как для отопительно-вентиляционных систем, так и для подогрева водопроводной воды, поступающей на горячее водоснабжение в системы потребителей. Подогрев водопроводной воды для горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения производится на тепловых пунктах потребителей с помощью водоводяных теплообменников. В закрытых системах теплоснабжения применяются две различные схемы присоединения теплопотребляющих установок абонентов к тепловой сети: зависимая и независимая.

При зависимой схеме присоединения сетевая вода непосредственно поступает в отопительные системы абонентских установок. При независимой схеме присоединения сетевая вода проходит через водо-водяные теплообменники, в которых используемый в абонентских установках вторичный теплоноситель нагревается до требуемой температуры (аналогично схеме присоединения подогревателей горячего водоснабжения).

Вследствие указанных выше отличий между закрытыми и открытыми системами централизованного теплоснабжения различаются и причины ухудшения качества воды в этих системах, влияющие на коррозию металла. В закрытых системах теплоснабжения типичным является нарушение гидравлической плотности абонентских теплообменников горячего водоснабжения. Это связано с особенностями повсеместно применяемых кожухотрубных абонентских подогревателей с латунными трубками. В результате контактной коррозии стальных

трубных решеток в местах развальцовки латунных трубок, а также коррозии самих трубок (обычно со стороны водопроводной воды) герметичность теплообменников нарушается и происходят присосы водопроводной воды [7, с. 67]. Присосы водопроводной воды приводят к повышению концентрации кислорода в сетевой воде и увеличению ее жесткости. Повышение содержания кислорода интенсифицирует процессы внутренней коррозии в трубопроводах теплосети, а рост жесткости сетевой воды увеличивает опасность накипеобразования в теплообменном оборудовании ТЭЦ и котельных. Проблемы, связанные с нарушением плотности абонентских подогревателей, могут быть практически полностью сняты при применении пластинчатых теплообменников из нержавеющей стали (при достаточно большой ширине зазора между пластинами).

В открытых системах теплоснабжения соотношение подпиточного и циркуляционного расходов сетевой воды значительно больше, чем в закрытых системах, и поэтому при том же качестве деаэрации подпиточной воды в открытые теплосети попадает большее количество коррозионно-агрессивных газов (кислорода, углекислого газа) [8, с. 103]. Кроме того, при отсутствии автоматических узлов подпора в открытых системах происходит опорожнение местных систем теплопотребления в высокоэтажных и высокорасположенных зданиях в период максимального водоразбора, что приводит к завоздушиванию систем и соответственно к повышению содержания кислорода в сетевой воде.

В результате описанных выше причин, определяющих более высокую скорость коррозии металла в открытых системах и соответственно накопления соединений железа в сетевой воде. Завоздушивание обратных трубопроводов может происходить и в закрытых системах теплоснабжения при давлениях в обратных магистралях тепловой сети ниже атмосферного. Требования к нормам качества подпиточной и сетевой воды в открытых и закрытых системах теплоснабжения также отличаются и это ограничивает возможность применения тех или иных противокоррозионных мероприятий.

Для открытых систем теплоснабжения резко ограничен круг ингибиторов коррозии, которые обязательно должны удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям. Также для открытых систем нельзя реализовать в качестве антикоррозионного мероприятия увеличение pH сетевой воды от величины 9,5 до 10,0.

Скорость коррозии и ее характер во многом определяется составом и структурой продуктов коррозии, образующихся на поверхности металла при контакте его с агрессивной средой. В зависимости

от значения pH воды и потенциала стали трубопроводов системы теплоснабжения различные формы продуктов коррозии могут быть устойчивы [9, с. 128]. Это связано с тем, что изменение одних параметров приводит к изменению других. Даже кратковременное увеличение концентрации кислорода в воде приводит к возникновению на поверхности металла язвенной коррозии, которая продолжается и после снижения концентрации кислорода до нормируемого уровня.

Коррозионное воздействие воды на металлы сильно зависит от свойств защитных пленок продуктов коррозии железа на поверхности металла теплопроводов. Обычная пленка продуктов коррозии железа, образующаяся при комнатной температуре в природной воде, является в некоторой степени защитной (ржавчина). При повышении температуры воды защитные свойства таких пленок увеличиваются, но в реальных условиях теплосети они далеко не всегда могут обеспечивать действенную защиту металла от коррозии. Свойства железо оксидных пленок зависят также от pH воды. В условиях теплосети их защитные свойства резко повышаются с увеличением pH. Это связано с влиянием pH на структуру и состав железо оксидных слоев продуктов коррозии на поверхности металла [10, с. 8]. После введения подщелачивания сетевой воды и увеличения pH с 8,5 до 9,5 прочность наростов продуктов коррозии на поверхности трубопроводов значительно уменьшилась.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лапотышкина Н.П., Сазонов Р.П. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 2002. – 200 с.
- 2 Балабан – Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. М., Энергоатомиздат, 2001, 245 с.
- 3 Поленов А.Л. Ресурсо – и энергосберегающие методы водоподготовки и очистки систем теплоснабжения // Научно-практический семинар. – Казань: КГУ им. В.И. Ленина, 2004.
- 4 Потапов С.А., Агафонов Н.Н., Баутин Е.А., Бутров Е.Н. Предотвращение накипеобразования и коррозии в системе теплоснабжения с водогрейными котлами ПТВМ-30М и ДКВР-20 // Новости теплоснабжения, № 5/2005.
- 5 Акользин П.А. Предупреждение коррозии металла паровых котлов. – М.: Энергия, 2005.
- 6 РД 153-34.1-17.465-00 «Методические указания по оценке интенсивности процессов внутренней коррозии в тепловых сетях». – М.: АООТ «ВТИ», 2000.

7 Потапов С.А., Егоров Г.М., Лесной С.М., Меламед А.М. Опыт ингибирования коррозии в недеаэрированной воде систем теплоснабжения // Новости теплоснабжения, № 10 (38)/2003.

8 Потапов С.А., Антипин М.К., Костылев Б.Б., Кривошеков С.Н. Опыт отмывки системы теплоснабжения от отложений композицией ККФС // Новости теплоснабжения, № 6 (22)/2002.

9 Поленов А.Л. Ресурсо- и энергосберегающие методы водоподготовки и очистки систем теплоснабжения // Научно-практический семинар. – Казань: КГУ им. В.И. Ленина, 2004.

10 Глазырин А. И., Музыка Л. П., Кабдуалиева М. М. Коррозия и консервация энергетического оборудования (учебник для вузов). – Павлодар, 2000.

СПОСОБЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ОТХОДОВ

ЗАРЛЫКАНОВ А. М.

магистрант, Восточно-Казахстанский государственный
технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АКАЕВ А. М.

доктор PhD, доцент, Восточно-казахстанский государственный
технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ТАЛИПОВ О. М.

доктор PhD, асоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
СЫЙХЫМБАЕВА Т. Ж.

магистр, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В последние десятилетия человечество столкнулось с глобальными проблемами, от решения которых зависит будущее всей планеты. Одной из таких проблем стало энерго- и ресурсосбережение [1].

Решением данной проблемы становится использование альтернативных, возобновляемых источников энергии и максимальное использование произведенной сбрасываемой энергии.

В процессе деятельности человека при использовании традиционных видов энергии, расходуемой для производства продукции, в атмосферу и воду сбрасывается значительное количество сопутствующей тепловой энергии. Это низкотемпературное рассеянное тепло - вторичный источник тепла. Его запасы огромны. В качестве естественных возобновляемых источников может рассматриваться тепловая энергия земли и подземных вод (грунтовых, артезианских), а также наружного воздуха [2]. Удельный вес возобновляемых

энергоресурсов, используемых в Казахстане, не более 0,2 % суммарной выработки электроэнергии.

В условиях глобальной конкуренции трудно переоценить влияние энергетики и сложно представить такую сферу, которая не была бы связана с использованием того или иного вида топливно-энергетического ресурса. Вследствие этого возникает проблема эффективного расходования энергоресурсов с целью достижения экономического эффекта. Любая деятельность в области энергосбережения, в конечном счете, сводится к повышению энергоэффективности оборудования, технологии и в общем производства комбината.

АО «УК ТМК» является одним из 7 мировых производителей титана губчатого, на долю которого приходится около 20 % мирового производства и является крупным потребителем энергетических ресурсов Восточного Казахстана.

За период с 2010 по 2015 годы потребление тепловой энергии составило 911423,20 Гкал, электрической энергии – 3724 566,5 тыс. кВт ч. Потребление электроэнергии, за период 2010–2015 годы, в объеме потребления основных энергетических ресурсов составляет 87–92 %.

Соотношение потребления электрической и тепловой энергии не изменяется и составляет, соответственно, 87,8 % и 12,2 %.

Экономия ресурсов зависит от направления использования вторичных энергоресурсов (ВЭР) и схем теплоснабжения предприятия. При тепловом направлении использования ВЭР экономия топлива определяется путём сопоставления количества тепла, полученного от использования ВЭР, с технико-экономическими показателями выработки того же количества и тех же параметров тепла в основных энергетических установках [3].

Основными показателями сопоставимости этих вариантов служат:

- 1) создание оптимальных (для каждого из вариантов) условий их реализации;
- 2) обеспечение одинаковой надёжности энергосбережения;
- 3) достижение необходимых санитарно-гигиенических условий и безопасности труда;
- 4) наименьшее загрязнение окружающей среды.

Одно из основных направлений повышения эффективности производства и использование энергетических ресурсов – технологические процессы с большим выходом тепловых ВЭР, т.е. для предприятия.

Эффективным в цветной металлургии является использование тепла уходящих дымовых газов для подогрева воздуха, поступающего

в печи для сжигания топлива. Это экономит топливо, улучшает процесс его горения и, кроме того, повышает производительность печи. Однако с дымовыми газами уносится ещё значительное количество тепловой энергии, которая может использоваться в котлах-утилизаторах для выработки пара. Цветная металлургия, отрасль, как никакая другая, отличается разнообразием технологических процессов и оборудования: к ней относится производство не менее 70 элементов, а также многих сплавов. Данное обстоятельство предопределяет в несколько раз большее количество основных технологий и типоразмеров оборудования [4].

В связи с изложенным рассмотрение утилизации ВЭР цветной металлургии ограничивается здесь технологиями производства тяжелых цветных металлов, где этой проблеме традиционно уделяется большое внимание [5]. Очевидно, что отходящие газы плавильных и нагревательных печей, конвертеров, шлаковозгоночных установок, агломерационных машин и других агрегатов металлургии тяжелых цветных металлов различны по:

- составу, температуре, количеству уносимого тепла;
- доле потерь его в тепловом балансе агрегата;
- непрерывности поступления, присутствию в газах горючих веществ, запыленности, агрессивности, токсичности и др.

Обычная температура уходящих газов наиболее крупных печей составляет: шахтных 100 ÷ 600°C, в кипящем слое 800 ÷ 900°C, отражательной и кислородно-взвешенной плавки 1200 ÷ 1400°C. Эти тепловые источники отличаются большим выходом и концентрацией энергии, часто стабильны в поступлении. Вместе с тем их характеризует большая запыленность и агрессивность, что создает трудности при утилизации. Большое распространение традиционно имеет использование тепла отходящих газов плавки.

Можно выделить две группы процессов плавки:

- 1) Неавтогенные;
- 2) Автогенные.

К неавтогенным относятся традиционные способы плавки в отражательных, шахтных и электрических печах. В этой группе доминирует отражательная плавка. Газы отражательных печей являются одним из основных вторичных энергоресурсов. Их физическое тепло составляет 60÷65% от тепла топлива, расходуемого печью. Состав газов, %: 15-18 CO₂; 0-1 CO; 0,5-2,0 SO₂; 0,5-3,0 O₂ (остальное – азот). Их температура 1150-1250°C. Котлы-утилизаторы, стоящие за большинством отражательных печей, повышают коэффициент

полезного использования тепла с 15÷25 до 50÷60 %. В группе автогенных наибольшее распространение получил процесс взвешенной плавки, предусматривающей применение подогретого до 500÷550°C воздуха. Одна из современных конструкций котла-утилизатора для печи взвешенной плавки введена в эксплуатацию в 1999 г. на заводе г. Аделаиды (Австралия). В котле предусмотрена специальная система очистки от налипающих частиц пыли. Его 13 основные технические данные: масса 450 т, масса арматуры 640 т, длина вместе с арматурой 56 м, высота 40, ширина 12 м, температура входящих газов 1450°C, выходящих 380°C, производительность по пересыщенному пару более 60 т/ч, его давление 60 бар [84].

По схеме печь – котел-утилизатор – воздухонагреватель используется также тепло отходящих газов печей. Отходящие газы печей имеют теплотворную способность 200÷700 ккал/м³. Наиболее эффективна их утилизация для нагрева воздуха, идущего на дутье в печь. Ориентировочно это дает экономию топлива до 12÷15 % и облегчает обслуживание фурм. Воздухонагреватели можно устанавливать как самостоятельно, так и непосредственно в «свечах» печи. В целом использование ВЭР в цветной металлургии ниже, чем в черной.

Планируемые объемы использования ВЭР на предприятии определяются при разработке топливно-энергетического баланса с учетом режимов образования ВЭР и потребления отдельных энергоносителей, а также возможности отпуска энергии ВЭР сторонним потребителям. При разработке мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) следует отдавать предпочтение мероприятиям, сокращающим энергетические отходы (более полное использование энергии в самой установке – регенерация, энерготехнологическое комбинирование), так как при этом обеспечивается прямая экономия энергоресурсов, потребляемых технологическими агрегатами, установками, являющимися источниками выхода ВЭР. Внедрение этих мероприятий не зависит от величины и режимов энергопотребления предприятия и характеризуется, как правило, большей энергетической и экономической эффективностью по сравнению с мероприятиями по утилизации вторичных энергетических ресурсов. Мероприятия, направленные на использование ВЭР не изменяют расходную часть топливно-энергетического баланса предприятия, но обеспечивают удовлетворение некоторой части потребности в топливе и энергии, в результате чего сокращается поступление их от источников энергоснабжения. Для осуществления мероприятий по использованию вторичных энергоресурсов, особенно тепловых, необходим стабильный

потребитель теплоэнергии вблизи источника образования ВЭР, что не всегда имеет место. Поэтому мероприятия при утилизации ВЭР должны разрабатываться после исчерпания возможностей по экономии ТЭР за счет сокращения выхода ВЭР.

Основными направлениями использования вторичных энергетических ресурсов являются: ввод новых и реконструкция действующих утилизационных установок, внедрение топочных устройств для сжигания горючих ВЭР, мероприятия, направленные на сокращение потерь горючих ВЭР и энергии, выработанной в утилизационных установках, отпуск ВЭР на сторону и др.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Методика определения выхода и экономической эффективности использования побочных (вторичных) энергетических ресурсов. - М.: ГКНТ СССР, АН СССР, Госплан СССР, 1972. - 40 с.
- 2 Вяткин М. А. Вторичные энергетические ресурсы промышленности. - М.: Всесоюз. заоч. политех. ин-т, 1986. - 44 с.
- 3 Лотош В.Е. Технологии основных производств в природопользовании, 3 изд. - Екатеринбург: изд-во УрГУПС, 2002. - 553 с.
- 4 Вторичные теплоэнергоресурсы и охрана окружающей среды / В.В. Харитонов, В.А. Голубев, В.М. Овчинников, В.Л. Лиходиевский. - Минск: Высшаяшк., 1988. - 171 с.
- 5 Розенгарт Ю.И., Якобсон Б.И., Мурадова З.А. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование. - Киев: Выща шк., 1988. - 328 с.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ПОДОГРЕВА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

КАИРТАЕВА А. Т.
магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
КИНЖИБЕКОВА А. К.
профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Условия работы теплоэнергетического оборудования электрических станции играют существенную роль при производстве тепловой и электрической энергии. Низкие показатели работы оборудования снижают экономические показатели эффективности работы станции в целом. Таким образом, данная тема является актуальной. Объектом

исследования является теплоэнергетическое оборудование. Цель исследования будет заключаться в повышении качества работы теплоэнергетического оборудования станции и снижении затрат на ремонтные и эксплуатационные расходы. Проведенный анализ показал, что одним из случаев отказа работы оборудования стало повышение уровня воды в ПВД. По результатам обследования приходим к выводу, что причиной повреждения труб змеевиков ПВД энергоблока явилось совместное воздействие водородного охручивания и углекислотной коррозии. В целях современного и безопасного ввода в работу ПВД принято решение выполнить изменение в схеме отвода неконденсирующихся газов на ПВД в соответствии с решением завода-изготовителя.

Регенеративный подогрев основного конденсата и питательной воды является одним из важнейших методов повышения экономичности современных ТЭС. Регенеративный подогрев осуществляется паром, отработавшим в турбине. Греющий пар, совершив работу в турбине, конденсируется затем в подогревателях. Выделенная этим паром теплота фазового перехода возвращается в котел [1, с. 631].

В зависимости от начальных параметров пара и количества отборов пара на регенерацию относительное повышение КПД турбоустановки за счет регенерации составляет от 7 до 15 % , что сопоставимо с эффектом, получаемым от повышения начальных параметров пара перед турбиной.

Регенерацию можно рассматривать как процесс комбинированной выработки энергии с внутренним потреблением теплоты пара, отбираемого из турбины. Регенеративный подогрев воды снижает потерю теплоты с отработавшим паром в конденсаторе турбины [2, с. 454].

От эффективности работы элементов системы регенеративного подогрева зависит качество подготовки питательной воды в частности, и выработка электрической энергии в целом.

В системе регенеративного подогрева питательной воды важную роль играют подогреватели высокого давления. От качества их работы зависит надежность всей системы. Таким образом особую важность приобретает анализ состояния ПВД.

Проведенный анализ работы системы подогрева питательной воды на ТЭС показал, что одним из случаев отказа работы оборудования стало повышение уровня воды в ПВД. После вскрытия ПВД и проведения осмотра трубной части ПВД было установлено, что произошло повреждение спиральных змеевиков в зоне охлаждения пара ПВД (Рис.1).

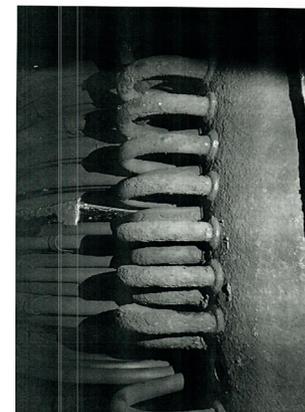


Рисунок 1 – Общий вид системы змеевиков ПВД после вскрытия

В ходе осмотра установлена, что наружная поверхность труб змеевиков была покрыта рыхлыми многослойными отложениями темно-коричневого цвета (Рис.2).

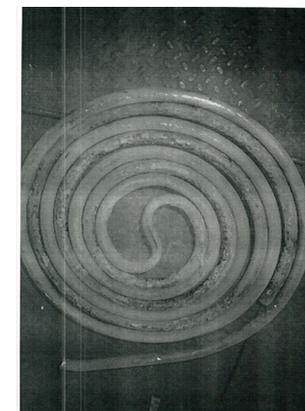


Рисунок 2 – Наружная поверхность труб змеевиков

Для справки: Змеевики ПВД энергоблока выполнены из труб $\varnothing 32$ мм, материал – сталь 20. Время эксплуатации труб до момента повреждения составляло 20 183 часа.

Разрушение произошло на «гибах» труб и имеют вид хрупких продольных трещин длиной 220-250 мм, расположенных по нейтральным линиям «гиба». Наружная поверхность труб спирали

покрыта рыхлыми многослойными отложениями темно-коричневого цвета толщиной до 3 мм. На поверхности труб обнаружены язвы диаметром до 5 мм. Утонение стенки труб за счет коррозионного износа в местах язв достигало 50%.

Внешним осмотром установлено, что разрушение спирали трубы (обр. с усл. кл. 1) Ø 32x5 мм ст. 20 произошло по нейтральным зонам гйба с 2-х диаметрально-противоположных сторон и носит сквозной продольный характер. Трещины ступенчатые, извилистые, протяженность их распространения составляет 25 мм, и 45 мм. Толщина стенки трубы в зоне распространения трещин составляет 4,8 мм, вне зоны – 4,8 мм (нейтральная зона гйба спирали).

На наружной поверхности разрушенного отрезка спирали наблюдается грубый слой окислов темно-бурого цвета местами отслоившейся. Толщина слоя окислов достигает 2,0 мм. В местах отслоившихся окислов металла наружная поверхность покрыта сплошными пологими коррозионными язвами, поверхность покрыта слоем окислов темно-серого цвета, в некоторых местах - красного цвета. Внутренняя поверхность разрушенного участка спирали относительно гладкая, без видимых повреждений и покрыта окислами серого цвета.

По результатам обследования приходим к выводу, что причиной повреждения труб змеевиков ПВД энергоблока явилось совместное воздействие водородного охрупчивания и углекислотной коррозии.

ПВД энергоблока работало на нейтральном кислородно-водном химическом режиме.

На ПВД отвод неконденсирующихся газов отличается, а именно неконденсирующиеся газы отводятся специальным устройством, установленным над охладителем конденсата. Труба отвода неконденсирующихся газов выходит через нижнее днище в подогреватель более низкой ступени нагрева питательной воды.

Разрыв металла произошел без утонения стенки трубы, что свидетельствует о хрупком механизме разрушения спирали.

Бездеформационное разрушение, межкристаллитный характер распространения множественных окисленных микротрещин в сечении разрушенной трубы, обезуглероживание отдельных зерен перлита характерно для повреждения в результате водородного охрупчивания металла. Водородное охрупчивание привело к практически полной потере прочности, резкому снижению пластичности и разрушению спирали.

На основании проведенного исследования считаем, что разрушение спирали ПВД котла произошло в результате водородного охрупчивания металла в процессе эксплуатации.

В целях современного и безопасного ввода в работу ПВД принято решение выполнить изменение в схеме отвода неконденсирующихся газов на ПВД в соответствии с решением завода-изготовителя.

ЛИТЕРАТУРА

1 Тепловые и атомные электрические станции. Под общей ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина, Справочник. / В.А. Григорьев, В.М. Зорин // М.: Энергоиздат, 1989.

2 Буров В. Д., Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В.Д. Буров, Е.В. Дорохов, Д.П. Елизаров и др. - М.: МЭИ, 2005.

АНАЛИЗ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА НА ПРИМЕРЕ ТЭЦ-2 Г. ТЕМИРТАУ

КАМАРОВА С. Н.

докторант PhD, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы
АБИЛЬДИНОВА С. К.

доктор PhD, доцент, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы
РАСМУХАМЕТОВА А. С.

доктор PhD, Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

Процесс измельчения твердого топлива с помощью шаровых барабанных мельниц (ШБМ) являются весьма энергоемким. Так, расход электрической энергии на пылеприготовление на ТЭЦ-2 составляет около 25% от общего расхода электрической энергии на собственные нужды, или, что то же самое, около 2% от общей выработки электрической энергии [1, с. 50].

Из-за повышенного расхода электроэнергии на размол и значительной металлоемкости шаровые барабанные мельницы применяются для размола малореакционного трудноразмалываемого топлива типа АШ и тощих углей. С этой точки зрения для размола Карагандинского угля, а также его промпродукта уместно использование молотковых или среднеходных мельниц в индивидуальных схемах прямого вдувания угольной пыли.

Недостатки системы пылеприготовления ТЭЦ-2 АО«АМТ»:

1. На процесс размола топлива в ШБМ влияет режим ухудшенной вентиляции, который затрудняет вынос крупной фракции пыли, в результате чего качество подготовленной пыли снижается;

2. Удельный расход электроэнергии на размол сильно зависит от металлоемкости ШБМ;

3. Не плотности в пылесистеме приводят к запыленности цеха и усложняет работу персонала;

4. Переполнение промбункера пылью приводит к частому отключению мельницы к увеличению расходов электроэнергии;

5. Недостаточная производительность систем пылеприготовления с ШБМ приводят к увеличению потерь тепла в котле с механическим недожогом.

6. Рассматриваемая схема пыеприготовления рекомендуется только для твердых топлив с малым выходом летучих.

В связи с приведенными недостатками эксплуатируемой углеразмольной системы остро стоит задача в разработке новой энергосберегающей схемы подготовки угольной пыли, в комплектации эффективного технологического оборудования и также разработке научно обоснованных методик расчета пылесистем для повышения технико-экономических показателей работы нового 7-энерготла.

Анализ и оценка термодинамической эффективности системы приготовления пыли для энергетических котлов проведен на основе эксергетического метода в соответствии с методикой изложенной в [2, с. 53].

Участок системы пылеприготовления ТЭЦ-2 г. Темиртау в соответствии со схемой представленной на рисунке 1 состоит из множества взаимосвязанных элементов (устройств и механизмов).

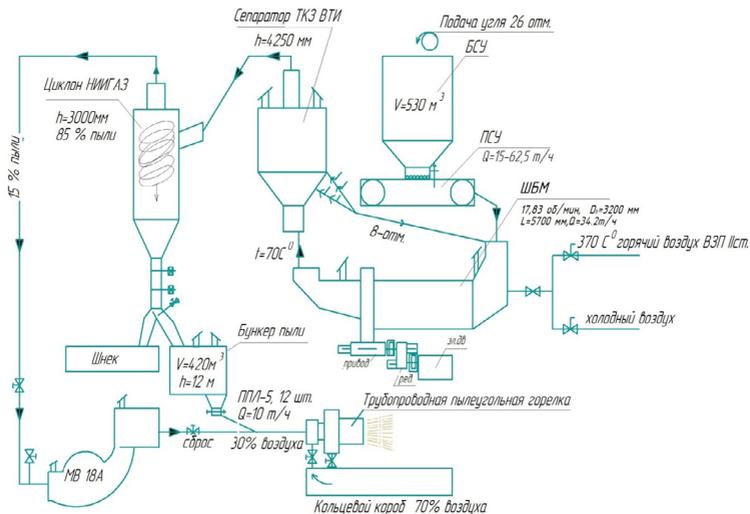


Рисунок 1 – Схема системы пылеприготовления ТЭЦ-2

Размельченный в дробилке уголь с максимальными размерами частиц до 25 мм и влажностью до 8,5% подается в бункер сырого угля БСУ объемом 570 м³. Из бункера уголь при помощи питателя сырого угля ПСУ поступает в шаробарабанную мельницу Ш-25А производительностью 34,2 т/ч и в процессе размола подвергается просушке под воздействием потока горячего воздуха при температуре 370°С из воздухоподогревателя котельного агрегата. Температура и скорость сушки регулируется подачей в мельницу слабоперегретого воздуха при температуре 133 °С с целью получения влажности угольной пыли до 2%. Пылевоздушная смесь поступает в воздушно-проходной сепаратор ТКЗ-ВТИ, высотой 4250 мм, оснащенный пылеуловителем типа циклона «НИИГаз» со степенью улавливания пыли до 85%. Таким образом в отработанном сушильном агенте присутствует до 15 % угольной пыли. Отсос отработанного сушильного агента после циклона осуществляется мельничными вентиляторами МВ18А и МВ18Б, осуществляющих подачу сбросного воздуха в 12 вихревых горелок, расположенных по ровну на фронтальной и задней стенке котлоагрегата. Мельничные вентиляторы МВ18А, Б также выполняют основную задачу вдувания угольной пыли в топку при помощи угольного лопастного питателя пыли ПЛЛ-5.

Для рассмотренной схемы приготовления угольной пыли определены определены эксергетические мощности потоков энергии на входе и выходе в элементы пылеприготовительной системы и составлен эксергетический баланс, конечной целью которого является определение эксергетического КПД и потери эксергии на каждом элементе системы и всей рассмотренной схемы.

Эксергетический расчет системы топливоподачи и пылеприготовления выполнялся по методикам, приведенным в [3, с. 60].

Эксергия для полидисперсной пыли каменных углей можно определить из выражения [4, с.77]

$$\Delta_0 e = \int_{T_0}^{T_j} c_p dT + q_j + \int_{T_j}^T c_p dT - T_0 \left(\int_{T_0}^{T_j} \frac{dT}{T} + \frac{q_j}{T_j} + \int_{T_j}^T \frac{dT}{T} \right) + RT_0 \ln \frac{p}{p_0}, \quad (1)$$

где T_0 и p_0 - температура и давление окружающей среды, принятые за начало отсчета; T и p - рабочие параметры – температура и давление вещества в соответствующих элементах системы приготовления пыли; q_j и T_j – тепловой эффект, кДж/кг, и температура фазового перехода; C_p – теплоемкость рабочего вещества, кДж/(кг.К); R - универсальная газовая постоянная, кДж/(кмоль.К).

Эксергия теплового потока рассчитывается по формуле [4, с. 22]

$$E_q = \tau_e Q = \left(1 - \frac{T_o}{T}\right), \quad (2)$$

Общий эксергетический КПД рассматриваемой схемы приготовления пыли определяется по формуле

$$\eta_e = \frac{E'_q + E'_{умз}}{E'_{н.н.} + L'_1 + E'_{х.с} + \sum L'_{III} + E'_{са} + L'_2 + E'_{н.з.} + E'_{р.с.}}, \quad (3)$$

Таблица 1 – Результаты эксергетического расчета системы пылеприготовления с ШБМ и промбункером с подачей пыли высокой концентрации при сушке горячим воздухом

Наименование элемента	Теплота потока на входе в элемент, кДж/кг (кг сырого топлива) E'	Эксергия потоков на выходе из элемента, кДж/кг (кг сырого топлива) E''	Потери эксергии в элементе, кДж/кг (кг сырого топлива) $E_{пот}$	Эксергетический КПД, %
Углеразмольная установка с сушильным агентом	680,9	121,3	392,5	19,3
Система пылепроводов с высокой концентрацией пыли	802,2	38,9	602,8	4,8
Для всей системы высокой концентрацией пыли	1515,2	145,5	973,5	9,85

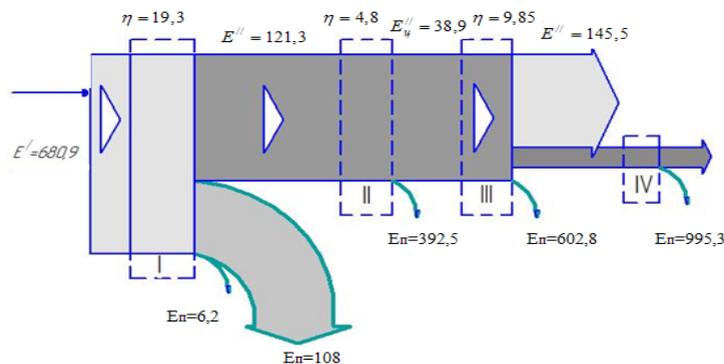


Рисунок 2 – Эксергетическая диаграмма для подачи пыли высокой концентрации под разрежением (ПВКр): I – мельница; II – сепаратор; III – циклон; IV – букнер пыли.

На основе эксергетического расчета определены энергозатратные элементы процесса подготовки топлива ТЭЦ-2 г. Темитрау.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пистун Е., Заграй В., Николин Г.. Автоматизация шаровых барабанных мельниц для ТЭС. Разработки электроэнергетики. - 1997. – с. 50-54.

2 Андреев Л.П., Пикульшин В.Р., Рабе Ф.Х. Алгоритм определения энергетических характеристик ТЭС// Изв. вузов. Сер. Энергетика, 1988. - №10. - С. 60-65.

3 Андреев Л.П. Обобщенное уравнение связи КПД энергоиспользующей системыи КПД ее элементов // Изв. вузов. Сер. Энергетика, 1982. - №3. - С. 77-82.

4 Зацаринная Ю.Н., Мингалеева Г.Р. Определение последовательности расчета технологической схемы индивидуальной системы подготовки угля к сжиганию. Юбилейная Международная молодежная научная конференция освященная 1000 летию города Казани «Туполевскиечтения», 10-11 ноября 2005 г., г. Казань.

РАЗРАБОТКА ДУБЛЬ-БЛОКА ПАРОГАЗОВОЙ ТЭС

КАПАНОВА А. У.
магистрант, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

В любой стране энергетика является базовой отраслью экономики, стратегически важной для государства. От её состояния и развития зависят соответствующие темпы роста других отраслей хозяйства, стабильность их работы. В промышленности электрическая энергия из тепловой получается путем промежуточного преобразования её в механическую работу. В настоящее время для эффективного функционирования любой электростанции одним из главных инструментов является организация правильной работы с топливом [1, с. 12].

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит вследствие выбросов в атмосферу вредных веществ при работе энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, мазут, дизельное топливо, уголь). Одним из основных и самых крупномасштабных источников загрязнения атмосферы являются ТЭЦ (тепловая электростанция); на их долю приходится около 14 % общего загрязнения атмосферы техническими средствами.

При сжигании топлива на ТЭС образуются продукты сгорания. Загрязняющие примеси выбросов электростанций воздействуют на биосферу района расположения предприятия, подвергаются различным превращениям и взаимодействиям, а также осаждаются, вымываются атмосферными осадками, поступают в почву и водоемы.

Кроме основных компонентов, образующихся в результате сжигания органического топлива (углекислого газа и воды), выбросы ТЭС содержат пылевые частицы различного состава, оксиды серы, оксиды азота, фтористые соединения, оксиды металлов, газообразные продукты неполного сгорания топлива. Их поступление в воздушную среду наносит большой ущерб, как всем основным компонентам биосферы, так и предприятиям, объектам городского хозяйства, транспорту и населению городов. Наличие пылевых частиц, оксидов серы обусловлено содержанием в топливе минеральных примесей, а наличие оксидов азота – частичным окислением азота воздуха в высокотемпературном пламени.

Тепловые электростанции работают на относительно дешевом органическом топливе угле и мазуте. Перевод с твердого топлива на газовое ведет к удорожанию вырабатываемой энергии, но так можно значительно сократить объём выбросов и поддерживать нормальное состояние окружающей среды.

Перспективное направление развития энергетики связано с газотурбинными и парогазовыми энергетическими установками тепловых электростанций. Парогазовые установки на природном газе – единственные энергетические установки, которые в конденсационном режиме работы отпускают электроэнергию с электрическим коэффициентом полезного действия более 58 % [2, с. 20].

С ускорением темпов общественного прогресса, экономических и социальных преобразований неизбежен значительный рост мирового потребления электроэнергии, что должно сопровождаться повышением эффективности ее использования за счет высокоэффективных технологий производства электроэнергии.

Тепловая энергетика обеспечивает наряду с другими факторами современный уровень жизни населения страны, в то же время она оказывает заметное влияние на окружающую среду: потребление первичных энергоресурсов, выбросы теплоты, продуктов сгорания топлива, шумовые воздействия. Для обеспечения экологической безопасности необходимы качественные изменения, включая дальнейшее техническое совершенствование, переход на принципиально новые технологии, способствующие повышению эффективности

процессов производства электрической и тепловой энергии и сокращению выбросов.

Развитие парогазовых ТЭС, сочетающих газотурбинные и парогазовые циклы с использованием высокотемпературных ГТУ. В настоящее время сопровождаются непрерывным совершенствованием качественных показателей, что позволяет обеспечить КПД на уровне 55...60 %. Парогазовые установки на базе ГТУ в настоящее время широко применяются за рубежом при строительстве новых электростанций.

В первом газотурбинном цикле КПД редко превышает 38 %.

Во втором – паросиловом цикле используется еще около 20 % энергии сгоревшего топлива. В сумме коэффициент полезного действия всей установки оказывается равным примерно 58 % [1, с. 25]. Паровые энергоблоки хорошо освоены. Они надежны и долговечны. Их единичная мощность достигает 800–1200 МВт, а коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение произведенной электроэнергии к теплотворности использованного топлива, составляет до 40–41 %, а на наиболее совершенных электростанциях за рубежом – 45–48 %.

Повышение коэффициента полезного действия при объединении паротурбинной и газотурбинной установок получается за счет двух факторов:

- Осуществления надстройки газового цикла над паровым;
- Уменьшения суммарного расхода уходящих газов.

В большинстве схем используются одновременно оба фактора, дающие повышение коэффициента полезного действия.

В работе [3] представлен анализ применения ГТУ и ПГУ с 2000-х годов, где к основным причинам массового строительства относят доступность природного газа на обширной территории как в экономическом, так и в техническом плане, высокая изношенность генерирующего оборудования, а также сокращение барьеров для импорта газовых турбин высокой мощности и технологий их производства.

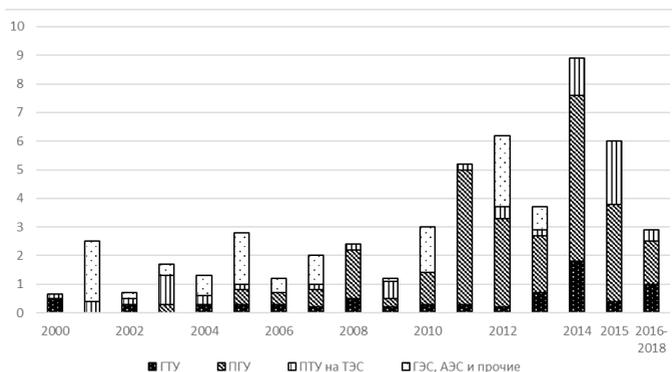


Рисунок 1 – Структура электрогенерирующих мощностей, введенных в эксплуатацию и строящихся на территории России по типам установок [3, с. 3]

Парогазовые электростанции, работающие на газообразном природном газе, могут найти применение в энергодефицитных регионах, а также на энергоемких предприятиях, которым было проблематично участвовать в формировании энергогенерирующих мощностей [4, с. 159].

Объединение ГТУ и ПТУ осуществляют различными способами, при этом получаются различные тепловые схемы, разные основные характеристики работы и состав оборудования. Тепловая схема парогазовой установки, определяющая с тип, энергетические, экономические и экологические характеристики, в значительной степени зависит от конфигурации термодинамического цикла и организации его процессов [2, с. 519].

В энергетике получили распространение ПГУ следующих основных типов:

- 1) с высоконапорным парогенератором (ПГУ с ВПГ);
- 2) со сбросом газов в топку низконапорного парогенератора (ПГУ с НПГ);
- 3) с котлом-утилизатором (ПГУ с КУ);
- 4) с газодляным подогревателем (ПГУ с ГВП);
- 5) со сбросом газов в сетевую установку (ПГУ с ГСП);
- 6) с впрыском пара в проточную часть газовой турбины (ПГУ с ВП).

Первые пять типов ПГУ реализуют термодинамические циклы с отдельными потоками рабочих тел, а в ПГУ с ВП рабочим телом газовой турбины является смесь водяного пара и продуктов сгорания.

Установки с НПГ и ВПГ работают по одному и тому же термодинамическому циклу и при одинаковых параметрах и расходах рабочих тел будут иметь одинаковую тепловую экономичность. В ПГУ с НПГ можно использовать как специально разработанные, так и серийные ГТУ и сохранить регенерацию в ПТУ.

ПГУ с котлом-утилизатором называют бинарными или утилизационными. Для бинарных ПГУ характерны относительно простая конструкция, монтаж, эксплуатация и наименьшие капиталовложения.

По этой схеме газы после ГТУ сбрасываются в котел-утилизатор, где генерируется пар для ПТУ (рис. 1). Утилизационные ПГУ требуют высокоэкономичных высокотемпературных газовых турбин с температурой уходящих газов 630...640 °С [6] для генерирования пара высоких параметров паротурбинной установки (ПТУ). Современные ГТУ, отвечающие этим требованиям, пока могут работать либо на природном газе, либо на легких сортах жидкого топлива. Мощность ГТУ в этих установках составляет примерно 70 % мощности ПГУ. Одним из недостатков схемы является невозможность автономной работы паротурбинной части установки при останове ГТУ.

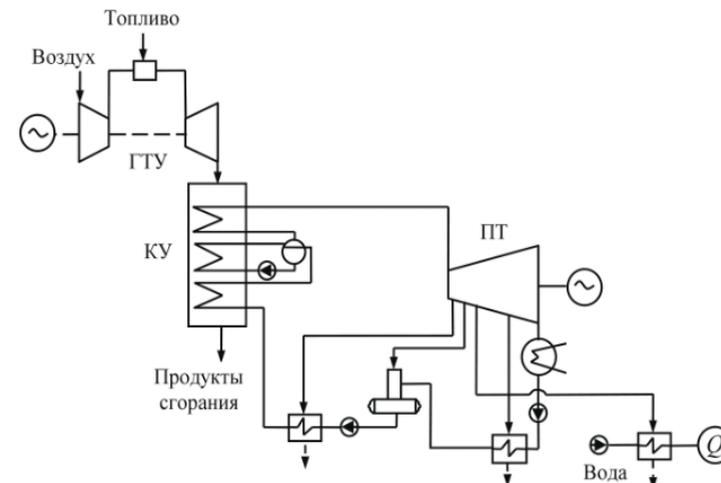


Рисунок 1 – Принципиальная схема ПГУ с КУ

Рассмотренные типы ПГУ позволяют создать энергоблоки с тепловой экономичностью на уровне 45...60 %, что в настоящее время трудно реализуемо для других типов энергоблоков. На основе анализа состояния и перспектив развития ПГУ в России, странах СНГ

и за рубежом проведено сравнение эффективности различных типов комбинированных ПГУ, результаты которого показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение эффективности различных типов ПГУ

Тип ПГУ	Россия		Зарубежные страны		Уд. Капвложения, долл./кВт
	N_3 , МВт	η_3^{HT} , %	N_3 , МВт	η_3^{HT} , %	
ПГУ с КУ	80-490	48,6-54,9	62-972	44,8-58,2	450-800
ПГУ с ВПГ	200	37,1	70-725	40,0-44,0	1000-1600
ПГУ с НПГ	250-410	37,4-47,7	550-765	41,2-46,5	700-900
ПГУ с ГВП	410-550	43,4-47,4	-	-	700-800
ПГУ с ГСП	150-450	45,0-47,0	-	-	500-700
ПГУ с ВП	-	-	17,2-52,4	38,9-55,0	400-500

Видно, что создание и совершенствование ПГУ является перспективным направлением, при этом ПГУ с КУ отличаются высокой эффективностью.

Использование парогазовых установок:

- позволяет достичь электрического КПД в диапазоне 58-64 %;
- имеет низкую стоимость единицы установленной мощности;
- потребляет меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками;
- более технологичны в возведении и могут быть установлены за 9-12 мес.;
- компактны в сравнении с другими типами электростанций, могут быть установлены вблизи объекта энергопотребления, что сокращает затраты на транспортировку электроэнергии
- необходимость осуществлять фильтрацию воздуха, используемого для сжигания топлива, с одной стороны, удорожает технологию, с другой - делает ПГУ более экологичными.

ЛИТЕРАТУРА

1 Цанев С. В., Буров В. Д., Ремезов А. Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов. Издательство МЭИ, 2002 – 584 с.

2 Усмонов Н. О., Умарджанова Ф. Ш. Особенности использования парогазовых установок на ТЭС // Молодой ученый. – 2016. – №11. – С. 518-522. – URL <https://moluch.ru/archive/115/30781/> (дата обращения: 23.01.2020).

3 Фадеев А.М. Факторы и предпосылки размещения газотурбинных и парогазовых электростанций в России. – География мирового хозяйства. – №3. – 2014.

4 Скиба М.В. Тенденции развития газотурбинных установок // Вестник Самарского государственного университета. Серия «Экономика и управление». 2015. №9/2(131). С. 156-164.

ПРОЕКТ «ТЕПЛОГО ДОМА»

КАРМАНОВ А. Е.

PhD, асоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,

ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ФАРИФOLЛА Б. Қ., ФАЙЗУЛА М. А., САЙРАМОВ Б. К.

Назарбаев интеллектуальная школа ХБН, г. Павлодар

Строительная индустрия стремительно развивается и основной упор сегодня ставится на наращивание энергоэффективности зданий.

Комфортные для человека условия будут обеспечены только за счёт поддержания комнатной температуры воздуха (обычно 18-20 °С).

О надёжной теплоизоляции зданий серьёзно задумались потому, что она направлена на решения ряда практических задач, а именно рост уровня комфортности, сокращение расхода топливных ресурсов, улучшение тепло- и звукоизоляции, а также уменьшение эксплуатационных расходов. Помимо теплоизоляции, для того, чтобы обеспечить энергоэффективность дома, нужно применять специфические инженерные решения вентиляционных и тепловых систем.

Опыт эксплуатации различных сооружений позволяет развивать концепцию энергосберегающего дома. Изучая факторы, влияющие на энергоэффективность здания, можно отметить, что при эксплуатации обычного многоэтажного здания, больше всего тепла теряется через стены (до 40%), немного меньше, а именно, 18%, - через окна и крышу, через вентиляцию теряется около 14% тепла и через подвал - 10%.

Экодом (нем. Passivhaus, англ. passive house) – это сооружение, основной особенностью которого является отсутствие необходимости отопления или малое энергопотребление – в среднем около 10% от удельной энергии на единицу объёма, потребляемой большинством современных зданий. В большинстве цивилизованных стран существуют собственные требования к стандарту пассивного дома.

В настоящее время растут цены на энергоносители и, как следствие, растёт цена на электричество и тепло. Вопрос эксплуатационных

затрат на жилье стоит достаточно остро. Обычно, показателем энергоэффективности объекта служит количество энергии (Киловатт - часов) на квадратный метр. В среднем эта величина составляет 100-120 Вт*ч/м². Энергоэффективным считается здание, где этот показатель ниже 40 Вт*ч/м².

Достигается снижение потребления энергии в первую очередь за счет уменьшения теплопотерь здания. Архитектурная концепция пассивного дома базируется на принципах: компактности, качественного и максимально эффективного утепления, отсутствия мостиков холода в материалах и узлах примыканий, правильной геометрии здания, зонировании, ориентации по сторонам света. Из активных методов в пассивном доме обязательным является использование системы приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией [1].

Что бы достичь выше указанных параметров мы предлагаем проект «Теплый дом» рисунок 1.

То есть, построить дом в теплице. При создании солнечной теплицы вокруг дома, прежде всего, нужно позаботиться о существенном снижении теплопотерь за счет применения теплоизоляции. Кроме того, необходимо обеспечить улавливание максимально возможного количества солнечной энергии и аккумуляцию избыточной теплоты.



Рисунок 1 – Теплый дом

Через стекло в солнечную погоду в теплицу проникает значительное количество солнечной энергии. Стекло свободно пропускает коротковолновое световое излучение Рисунок 2.

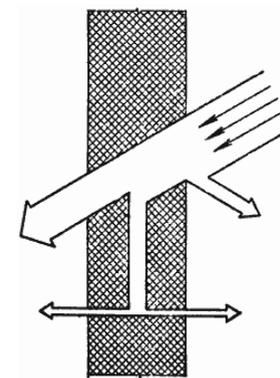


Рисунок 2 – Схема распределения солнечного теплового потока.
Разрез через стекло

Количество солнечной энергии, поступающее через стеклянные окна в средний солнечный день, зимой больше, чем в средний солнечный день летом [2]. Таким образом, днем в теплице дом аккумулирует тепло.

В то время когда солнечные лучи в пасмурную погоду не попадают на теплицу, температура воздуха в ней постепенно понижается. Это может повлиять на температурный режим в доме. Для решения этой проблемы можно использовать резервный источник тепла в данном случае это водогрейный котел.

В результате существенно уменьшаются потери тепла зимой. За счет вентиляции воздух в доме будет постоянно иметь температуру + 20 °С.

В летнее время стены (стекло) теплицы закрывают солнце отражающей пленкой что бы не нагревался дом.

В конструкции пассивного дома, как правило, выбираются экологически чистые материалы, часто традиционные – дерево, камень, кирпич.

Таким образом, уменьшить теплопотери можно только занимаясь вопросами энергосбережения в полном объеме. Из приведенных выше данных следует, что основной причиной сокращения энергоэффективности зданий, является низкое термическое сопротивление ограждающих блоков, утепление, однако которых, не приведет к полному сокращению теплопотерь, т.к. при этом не будут учтены участки интенсивного теплообмена с внешней средой, которые называются «мостиками холода». Подобный мостик возникает обычно в местах соединения плит перекрытий и несущих стен, а также там, где наружные стены примыкают к внутренним и в местах проседания

некачественного теплоизоляционного материала в ограждающих конструкциях, а в нашем проекте все эти элементы будут находиться внутри теплицы тем самым, исключая не посредственный контакт холодным воздухом.

ЛИТЕРАТУРА

1 <https://www.stud24.ru/calorifics/jenergojeffektivnyj-dom/333387-1003763-page1.html> (дата обращения: 25.01.2020).

2 <https://www.bestreferat.ru/referat-397252.html> (дата обращения: 25.01.2020).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГТУ И ГТД

КАТРАНОВА Г. С.

магистрант, Алматинский университет энергетики и связи
имени Г. Даукеева, г. Алматы

Главные требования, предъявляемые к современным газотурбинным и парогазовым установкам - низкая себестоимость выработки электроэнергии, которая может быть достигнута благодаря высокому КПД установки, и соответствие допустимым уровням эмиссии NO_x и CO [1, с. 21].

Способы снижения NO_x в отработавших газах газотурбинных установок за счет **технологических решений**:

- Впрыск воды или водяного пара в зоне горения;
- Рециркуляция газов в зону горения;
- Распределение потоков воздуха с обеспечением работы на бедных смесях в первичной зоне горения;
- Интенсификация смесеобразования в КС;
- Ступенчатое сжигание топлива;
- Использование катализатора;

Способы снижения NO_x в отработавших газах газотурбинных установок за счет **конструктивных решений**:

- Каталитические камеры сгорания;
- Камеры сгорания с изменяемой геометрией;
- Гомогенные камеры сгорания;
- Ступенчатые камеры сгорания;

Микрофакельное сжигание топлива и анализ конструкций микрофакельных устройств камер сгорания ГТУ:

- Микромодульные камеры сгорания и горелки;
- Струйно-стабилизаторный метод сжигания топлива;
- Камеры сгорания со встречно-закрученным течением воздушного потока;

- Перфорированный фронт;
- Микрофакельное горение за удобообтекаемыми профилями;
- Воздушные форсунки-стабилизаторы;
- Микрофакельное горение за уголковыми стабилизаторами;

Микрофакельное сжигание топлива, особенно перспективное для кольцевых камер сгорания, исследуется и развивается многими учеными и организациями. Существует несколько направлений, реализующих принцип микрофакельного горения.

Первое направление: применение миниатюрных модульных горелок, каждая из которых включает устройства для подачи топлива и воздуха, турбулизатор, стабилизатор пламени и в некоторых случаях элементы для организации вторичного смешения. Такой путь характерен для авиационных двигателей.

Второе направление: реализация микрофакельного горения развивается в МГТУ им. Н. Э. Баумана под руководством Ю. М. Пчелкина. Это сжигание топлива в следе за решеткой лопаток диссертации Достярова А.М. [2. с. 57].

Третье направление, зародившееся в Киевском политехническом институте и благодаря усилиям В. А. Христича и его школы исследованное и внедренное в промышленность, связано с формированием факела за системой стабилизаторов с продольной или поперечной подачей струй топлива в зоны отрыва, образующиеся при обтекании стабилизаторов потоком воздуха.

К достоинствам таких струйно-стабилизаторных устройств по сравнению с другими конструкциями микрофакельного горения относятся свойство саморегулируемости, далеко отодвигающее границу бедного срыва и исключающее необходимость в отдельном дежурном факеле, возможность комбинированного сжигания топлив и предварительных смесей с низким содержанием горючего, мягкий запуск без забросов и хлопков, использование газодинамических стабилизаторов.

Эти качества делают конструкции на основе струйно-стабилизаторных устройств привлекательными для применения в камерах сгорания стационарных газотурбинных установок.

Несмотря на очевидные достоинства, система из уголковых стабилизаторов не нашла широкого распространения в стационарном

газотурбостроении. Прежде всего это связано с тем, что горелочные струйно-стабилизаторные устройства не обеспечивают необходимой тепловой нагрузки камеры сгорания [3. с. 13].

Пути развития микрофакельного принципа сжигания топлива

В общем случае при микрофакельной организации процесса горения целесообразно разбивать сжигаемое топливо на большое количество мелких струй при условии обеспечения для каждой, струйки устойчивого воспламенения.

В этом случае показатели теплонапряженности пространства горения будут максимальны, т.к. поверхность факела, приходящаяся на единицу его объема, резко возрастает, чего не может быть достигнуто в обычных схемах камер сгорания.

Таким образом, при сжигании газа в камере сгорания ГТД легко организовать микрофакельное горение. В струйно-стабилизаторном способе происходит радиальная раздача топлива, а во встречно-закрученном фронтном устройстве окружная раздача газа. Попытки использовать жидкое топливо в этих конструкциях дали неудовлетворительные характеристики камер сгорания: увеличилась неравномерность температурного поля и гидравлические потери в камере.

При сжигании жидкого топлива специальные конструкции микрофакельных горелочных устройств (МФУ) должны обеспечить: предварительную подготовку топлива (испарение, смешение, распыление) в самом устройстве; равномерную раздачу топливовоздушной смеси (ТВС) по зонам горения; рациональную аэродинамическую структуру взаимодействия микрофакелов и надежную стабилизацию воспламенения в каждом микрофакеле при минимальных гидравлических потерях на МФУ.

Микрофакельные камеры сгорания и отдельные микрофакельные горелки на сегодня не лишены определенных недостатков, которые еще предстоит преодолеть. О качестве таких недостатков можно отметить:

- сложность подвода топлива к многочисленным микрофакельным элементам, компоновке, например, во фронтном устройстве кольцевой камеры сгорания (громоздкость коллекторных систем);
- заметное влияние технологических отклонений в изготовлении малогабаритных модулей на структуру формируемых ими микрофакельных зон;
- ограниченный диапазон устойчивой работы из-за малых размеров стабилизаторов пламени и прежде всего они отработаны для сжигания газообразного топлива.

В целом на сегодня отсутствует достаточный опыт отработки конструкций МФУ для сжигания жидкого топлива и не создана методика полного расчета микрофакельных камер сгорания. Для создания такой методики необходимы как дальнейшие разработки и исследования новых типов микрофакельных топливосжигающих устройств, так и анализ имеющегося к настоящему времени материала, касающегося микрофакельной организации процесса сжигания топлива. При этом необходимо учесть, что важным является отработка элемента микрофакельной горелки или камеры сгорания, в виде уголкового или V-образного профиля, или различных турбинных лопаток, или пневматической микрофорсунки.

Близкой по принципу организации горения микрофакельному способу является схема сжигания горючей смеси за плохообтекаемыми телами - традиционными стабилизаторами пламени, как известно, широко используемыми в основных и форсажных камерах сгорания авиационных ГТД.

К настоящему времени предложены достаточно разнообразные конструкции микрофакельных горелочных устройств, являющихся одновременно и топливоподающими, и стабилизирующими элементами камер сгорания.

Разбиение факела в камере сгорания можно осуществлять разными способами. В рассмотренных конструкциях используются: V-образные или же уголкового стабилизаторы; турбинные лопатки или же крыловидные профили; каплеобразные или же конус стабилизаторы. Их использование для организации микрофакельного горения удобно, так как они хорошо изучены и исследованы как элементы стабилизации пламени.

Конструкции традиционных схем камер сгорания с обычными горелочными устройствами обеспечивают в основном стабильное эффективное горение топлива, без учета образования токсичных компонентов в зоне горения. Поэтому особую актуальность приобретают поиски перспективных рациональных технологических и конструктивных решений организации сжигания топлива, обеспечивающих улучшение как экономических, так и экологических показателей установок, позволяющих значительно снизить экологическую опасность работы ГТУ.

Анализ литературных и патентных источников последних 20 лет показал [4. с. 98], что особый интерес приобретает использование принципа микрофакельного сжигания топлива (МФС). Тем более в настоящее время прошли практическое испытание новые

технологические и конструктивные решения организации МФС. В Казахстане работает большой парк ГТУ с традиционными камерами сгорания. Многие ГТУ выработали свой ресурс и имеют низкое техническое состояние, что приводит к увеличению удельных расходов топлива и выбросов вредных веществ в атмосферу.

Для существующего парка ГТУ и ГПА с газотурбинным приводом необходим поиск путей снижения образования токсичных компонентов, прежде всего за счет модернизации фронтальных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пчелкин Ю. М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. - М. : Машиностроение, 1984. 280 с.
- 2 Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методика их расчета. Диссертация на соискание степени доктора технических наук, Алматы, 2000 г.
- 3 Умышев Д.Р. Разработка и исследование камеры сгорания ГТУ с пониженным образованием токсичных веществ. Диссертация на соискание степени доктора философии (PhD), Алматы, 2017 г.
- 4 Новиков В.А. Повышение экологической безопасности окружающей среды при эксплуатации газотурбинных энергетических установок//В сборнике: Процессы горения, теплообмена и экология тепловых двигателей Сборник трудов X Международной научно-технической конференции. 2017. С. 98-100.

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ГАЗИФИКАЦИИ

КОЖАХМЕТОВ Р. М.

магистрант, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АКАЕВ А. М.

доктор PhD, доцент, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ТАЛИПОВ О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

АСАЕВА З. А.

магистр, инженер по обучению кадров по промышленной безопасности и охране труда, Управление по обучению и развитию, АО «ТНК«Казхром»

Газификация угля заключается в высокотемпературном (1200–2200 К) превращении органической массы угля в газообразные

вещества (CO, H₂, CH₄, CO₂, H₂O, H₂S, NH₃, N₂) при взаимодействии с кислородом (воздухом) и водяным паром с недостатком окислителя.

В XIX веке газ из угля использовали в бытовых целях - для отопления и освещения. В 1925 году Франц Фишер и Ганс Тропш запатентовали процесс производства СЖТ из синтез-газа (смеси CO+H₂) на кобальтовом катализаторе [1].

В 30-50-е годы газификация угля получила широкое распространение во многих странах. В СССР в 1940 году насчитывалось более 200 газогенераторных станций [1]. На газогенераторных установках производили энергетический и технологический газы, синтез-газ для синтеза метанола и аммиака, водород, бытовой газ. В 1958 году в СССР на 350 газогенераторных станциях (около 2500 газогенераторов) перерабатывалось более 20 млн т угля в год.

В 60-е годы, в связи с быстрым ростом добычи природного газа, производство газа из угля в советском союзе и других странах было сведено к минимуму, так как газ и СЖТ из угля оказались неконкурентоспособными аналогам из природного газа и нефтепродуктам.

Интерес к газификации и другим процессам переработки угля резко возрос после экономического кризиса 1972 года. В 70-80-е годы в США, Германии, Японии, Великобритании начали разработку и опытно-промышленное освоение технологий газификации, ориентированных на производство газа для синтеза СЖТ и органических продуктов. В середине 80-х большинство из этих работ было приостановлено, так как цены на нефть и природный газ стабилизировались. В России отработка новых технологических процессов газификации угля не вышла за масштабы стендовых испытаний [1].

В последние годы бурное развитие получило энергетическое направление использования газификации угля - внутрицикловая газификация (IGCC - Integrated Gasification-Combined Cycle). Многие газогенераторы, разработанные для производства синтез-газа, успешно применяются в энергетике. Суть процесса заключается в использовании бинарного цикла производства электроэнергии. Горючий газ утилизируется в газовой турбине, а продукты сгорания газа используются при генерации пара для паровой турбины. ТЭС с внутрицикловой газификацией позволяет существенно снизить удельные выбросы вредных веществ и повысить электрический КПД энергоблока с 32-35 до 46 %, а в перспективе - до 50 %. В теплоэнергетике данное направление считается одним из самых перспективных [1].

Повышенный интерес к внутрицикловой газификации угля в развитых странах объясняется двумя причинами:

ТЭС с внутрицикловой газификацией экологически менее опасна. Благодаря предварительной очистке газа сокращаются выбросы оксидов серы, азота и твердых частиц;

– использование бинарного цикла позволяет существенно увеличить КПД электростанции и, следовательно, сократить удельный расход топлива.

В таблице 1 приведены характерные величины удельных выбросов и КПД для ТЭС с внутрицикловой газификацией и для ТЭС с традиционным сжиганием угля [1].

Таблица 1 – Концентрация вредных веществ в дымовых газах

Параметр	Традиционная угольная ТЭС	ТЭС с внутрицикловой газификацией
SO _x , мг/м ³	130	10
NO _x , мг/м ³	150	30
Твердые частицы, мг/м ³	16	10
Электрический КПД, %	33-35	42-46

Необходимо отметить, что удельные капитальные затраты при использовании внутрицикловой газификации составляют ~ 1500 долл./кВт с перспективой снижения до 1000-1200 долл./кВт, в то время как для традиционной угольной ТЭС удельные капитальные затраты ~ 800-900 долл./кВт [1]. Ясно, что ТЭС с внутрицикловой газификацией твердого топлива более привлекательна при наличии экологических ограничений в месте размещения и при использовании достаточно дорогого топлива, так как расход топлива на 1 кВт·ч сокращается. Эти условия характерны для развитых стран. В настоящее время внутрицикловая газификация твердого топлива считается одним из самых перспективных направлений в энергетике.

К настоящему времени суммарная производительность газогенераторных установок, эксплуатирующихся в мире, - 40000 МВт по газу. Динамика потребления газа из угля в мире приведена в таблице 2. С 1983 по 1994 годы увеличение суммарной мощности газогенераторных установок было незначительным, но с 1994 года прирост превышает 10 % в год, а с 2000 года составляет более 14 % в год. В 2005 году суммарная мощность с учетом уже строящихся установок будет 60000 МВт по газу [1].

Таблица 2 – Динамика потребления газа из угля в мире

Целевое использование	Использование в 2001 году, МВт по газу	Доля в 2001 году, %	Введение в эксплуатацию до конца 2004 года, МВт по газу	Годовой прирост мощности в 2002-2004 годах, %
Химическое производство	18 000	45	5 000	9,3
Внутрицикловая газификация (производство электроэнергии)	12 000	30	11 200	31
Синтез по Фишеру-Тропшу	10 000	25	0	0
Всего	40 000	100	17 200	14,3

Газообразные продукты состоят в той или иной пропорции из CO, H₂, CO₂, K₂, CH₄, H₂O, газообразных углеводородов, H₂S, NH₃ и используются как газообразное топливо. Калорийность газа колеблется в широких пределах в зависимости от организации процесса и разбавления газа продуктами горения. Горючий газ, количество которого в энергетическом балансе, как правило, невелико, используется в рамках технологического процесса. Избыток газа утилизируется для производства тепловой энергии.

Проблема промышленности Республики Казахстан как много уже говорилось, это отсутствие высококачественного сырья (угля) для переработки, имея количеством, но не качеством приходится сталкиваться с большими проблемами. Одна из этих проблем конечно же, выбросы газообразных продуктов, парниковых газов и загрязнение окружающей среды. При сжигании высокозольного Екибастузского угля выделяются газообразные углеводороды и газы. Правительство Энергетики Республики Казахстана свою очередь, очень активно пытается быть важной частью в мировом движении по снижению выбросов парниковых газов, направленном на предотвращение глобального изменения климата. В этих целях республика в 1995 году ратифицировала Рамочную конвенцию ООН по изменению климата, в 1999 году подписала Киотский протокол к данной конвенции, в соответствии с которым приняла на себя добровольные обязательства по снижению выбросов в атмосферу парниковых газов, а в 2000 году подала заявку на включение ее в приложение №1 к Рамочной конвенции. То есть во избежание экономических потерь в виде экологических санкции за невыполнение взятых обязательств при подписании

Киотского протокола, необходимо использовать экологически чистые технологии.

Потенциальный “запас” Казахстана по выбросам парниковых газов в 2005 году по сравнению с базовым 1990 годом составлял приблизительно 100 млн тонн в год и, возможно, к концу первого зачетного периода, то есть в 2012 году, еще не будет исчерпан. Отсюда можно предположить, что в период с 2007 по 2012 годы наша страна будет иметь в “запасе” около 250 млн тонн выбросов парниковых газов. При цене 1 тонны парниковых выбросов, которая будет составлять, по разным источникам, от \$7 до \$15 за тонну, теоретически Казахстан мог бы привлечь в ближайшие годы в рамках механизма чистого развития от \$1,7 млрд до \$3,7 млрд инвестиций из развитых стран в проекты, способствующие снижению выбросов парниковых газов. Эти возможности станут еще большими в случае получения права участвовать в механизмах совместного осуществления и торговли квотами [3].

Технология газификации угля

Газификация угля это в высокотемпературном нагреве (1100-2400 К) превращение органической части горячего топлива в газообразные вещества (чаще всего CO , H_2 , CO_2 , K_2 , CH_4 , H_2O или в их смеси) при активном взаимодействии с кислородом (воздухом), водяным паром с недостатком окислителя, синтез-газом, водяным газом, воздушным газом или со смешанным газом (рисунок 1).

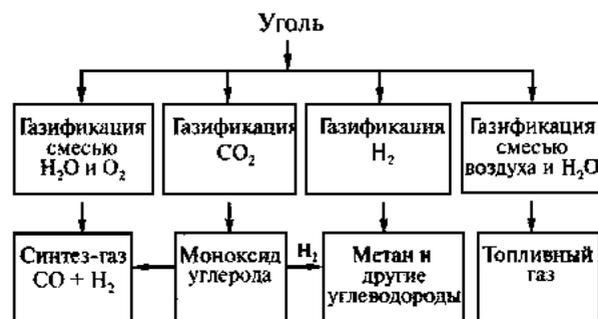
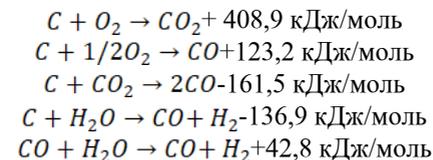


Рисунок 1 – Типы газификации угля

При газификации проходят следующие реакции:



Динамика развития угольной промышленности и газификации в Казахстане и в мире

В последние годы бурное развитие получило энергетическое направление использования газификации угля - внутрицикловая газификация (IGCC - Integrated Gasification – Combined Cycle). Многие газогенераторы, разработанные для производства синтез-газа, успешно применяются в энергетике. Суть процесса заключается в использовании бинарного цикла производства электроэнергии. Горючий газ утилизируется в газовой турбине, а продукты сгорания газа используются при генерации пара для паровой турбины. ТЭС с внутрицикловой газификацией позволяет существенно снизить удельные выбросы вредных веществ и повысить электрический КПД энергоблока с 32-35 до 46 %, а в перспективе - до 50 %. В теплоэнергетике данное направление считается одним из самых перспективных [4].

Повышенный интерес к внутрицикловой газификации угля в развитых странах объясняется двумя причинами:

– ТЭС с внутрицикловой газификацией экологически менее опасна. Благодаря предварительной очистке газа сокращаются выбросы оксидов серы, азота и твердых частиц;

– использование бинарного цикла позволяет существенно увеличить КПД электростанции и, следовательно, сократить удельный расход топлива.

В таблице 3 приведены характерные величины удельных выбросов и КПД для ТЭС с внутрицикловой газификацией и для ТЭС с традиционным сжиганием угля [5].

Таблица 3 – Концентрация вредных веществ в дымовых газах

Параметр	Традиционная угольная ТЭС	ТЭС с внутрицикловой газификацией
SO, мг/м	130	10
NO, мг/м	150	30
Твердые частицы, мг/м	16	10
Электрический КПД, %	33-35	41-46

Необходимо отметить, что удельные капитальные затраты при использовании внутрицикловой газификации составляют ~ 1500 долл./кВт с перспективой снижения до 1000-1200 долл./кВт, в то время как для традиционной угольной ТЭС удельные капитальные затраты ~ 800-900 долл./кВт. Ясно, что ТЭС с внутрицикловой газификацией твердого топлива более привлекательна при наличии экологических ограничений в месте размещения и при использовании достаточно дорогого топлива, так как расход топлива на 1 кВт-ч сокращается. Эти условия характерны для развитых стран. В настоящее время внутрицикловая газификация твердого топлива считается одним из самых перспективных направлений в энергетике.

К настоящему времени суммарная производительность газогенераторных установок, эксплуатирующихся в мире, - 40000 МВт по газу (в таблице 3, данные октября 2001 года). С 1989 по 1998 годы увеличение суммарной мощности газогенераторных установок было незначительным, но с 1999 года прирост превышает 10 % в год, а с 2010 года составляет более 14 % в год. В 2012 году суммарная мощность с учетом уже строящихся установок будет 60000 МВт по газу.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 К. Масимов. Постановление правительства республики Казахстан «Об утверждении Концепции развития газового сектора Республики Казахстан до 2030 года» № исх: 1275 от: 05.12.2014.
- 2 Химические вещества из угля: Пер. с нем. / Под ред. И.В. Калечица - М. : Химия, 1980. - 616 с.
- 3 Альтшулер, В.С. Новые процессы газификации твердого топлива / В.С. Альтшулер. - М. : Недра, 1976. - 279 с.
- 4 Шиллинг, Г.-Д. Газификация угля / Г.-Д. Шиллинг, Б. Бори, У. Краус. - М. : Недра, 1986. - 175 с.
- 5 Шпильрайн, Э.Э. Газификация угля: проблемы и перспективы / Э.Э. Шпильрайн // Российский химический журнал. - 1994. - Т. 38, № 3. - С. 27-34.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ СТРУКТУРЫ ОГНЕУПОРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ФУТЕРОВОК ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АГРЕГАТОВ

КОРАБАЕВА С. Д.
магистрант, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
КАРМАНОВ А. Е.
PhD, асоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Огнеупорные материалы (огнеупоры) – неметаллический материал с огнеупорностью не ниже температуры 1580 °С, используемый в агрегатах и устройствах для защиты от воздействия тепловой энергии и газовых, жидких, твердых агрессивных реагентов. Изготавливаются на основе минерального сырья и отличаются способностью сохранять без существенных нарушений свои функциональные свойства в разнообразных условиях службы при высоких температурах. Применяются для проведения металлургических процессов (плавка, отжиг, обжиг, испарение и дистилляция), конструирования печей, высокотемпературных агрегатов, двигатели, конструкционные элементы и др). Огнеупоры бывшие в употреблении называются огнеупорным ломом и используются в переработке.

ПАЗ – казахстанское предприятие, расположено в городе Павлодар, входит в состав АО «Алюминий Казахстана», в свою очередь, принадлежащего холдингу ENRC. АО «Алюминий Казахстана» основано в 1996 году. В его состав входит пять подразделений: Павлодарский алюминиевый завод, Краснооктябрьский и Торгайский бокситовые рудоуправления, Павлодарская теплоэлектроцентраль и известняковый рудник «Керегетас». Основной вид деятельности: добыча и переработка бокситовой руды с последующим производством металлургического глинозема; производство и реализация алюминия, глинозема и фтористых солей; производство тепловой и электрической энергии; внешнеэкономическая деятельность. В этой группе предприятий применяются разные виды ВТА.

Современные условия эксплуатации высокотемпературных агрегатов сокращает срок службы огнеупорных материалов. Разрушение огнеупоров происходит при высоких температурах под воздействием шлака и газовой среды, движущимися жидкой и твердой средами, механических и термомеханических нагрузжений. Срок службы ВТА во многом зависит от стойкости футеровки, поэтому исследование

структуры огнеупорного материала в процессе его работы является актуальной задачей.

Методика определения изменений структуры огнеупорных материалов при повышенных температурах может быть использована при оценке надежности работы ВТА. Снижение затрат на расход огнеупорных материалов и увеличение сроков службы футеровки агрегатов позволит повысить эффективность производства ВТА. Комплексное обобщение полученных результатов способствует решению научной проблемы создания технологий производства огнеупорных футеровочных материалов на основе местного сырья, в том числе взятого из промышленных отходов.

Большинство огнеупорных изделий выпускают в виде простых изделий типа прямоугольного параллелепипеда массой в несколько килограммов. Это универсальная форма для выполнения футеровки различной конфигурации. На сегодня в огнеупорной промышленности происходит уменьшение выпуска огнеупоров в виде простых изделий и соответствующее увеличение производства огнеупорных бетонов и масс.

подавляющую часть промышленных огнеупоров производят из различного минерального сырья – глины, каолины, доломиты, магнезиты и др.

Огнеупорные глины по составу являются полиминеральными породами, в которых ведущую роль играют кварц, каолинит, слюды и карбонаты.

Природное огнеупорное сырье в большинстве случаев не готово к непосредственному использованию. Поэтому над ним производят целый ряд действий, включающие дробление, обогащение, сушку, измельчение, классификацию и др.

Количество операций и их содержание зависит от вида обрабатываемого сырья.

Разделенные по крупности подготовленные порошки используют для составления шихты при помощи весовых дозаторов. Жидкие компоненты дозируют объемными дозаторами (вода, ССБ и др).

Для обеспечения однородности шихты ее смешивают, используя смесители различных типов: смесители для перемешивания жидких смесей, смесители для получения пластических масс, смесители для получения полусухих масс. Последний способ получения смесей (полусухих) является основным в огнеупорной промышленности.

Из полученных смесей формуруют полуфабрикат (сырец) изделия. Применяют три способа формования:

- пластическое;
- полусухое;
- шликерное литье.

Способы формования отличаются количеством вводимой в просушенную массу технологической связки, массовая доля которой составляет: при пластическом формовании 15–20, полусухом 3–8, при шликерном литье 35–45 %.

Различают формование при обычных и высоких температурах. К высокотемпературным относятся горячее прессование и литье из расплавов.

Кроме названных способов формования используют вибротрамбование (применяют при изготовлении крупногабаритных изделий), центрифугирование (при изготовлении кварцевых стаканов для разлива на МНЛЗ) и др.

Отформованные заготовки подвергают термической обработке – сушке, обжигу.

В процессе сушки происходит удаление свободной, химически не связанной с материалом, влаги. Снижается влажность изделий, повышается механическая прочность. Режим сушки должен предотвращать возможность разрушения изделий из-за быстрого удаления влаги. В зависимости от способа формования, вида огнеупора и конечной влажности изделий сушку ведут при температуре 80–200°C.

Следующая операция – обжиг. При обжиге протекают сложные физико-химические процессы, в результате которых происходит спекание материала и формируются основные свойства огнеупорных изделий. Основными являются повышение плотности и механической прочности в результате превращения конгломерата частиц в единое твердое тело.

Режим обжига зависит как от формы и размеров изделий, так и от состава и свойств массы, из которой сформировано это изделие. Условно обжиг подразделяют на три периода: нагрев, выдержка и охлаждение. Регламентируются скорость нагрева, т.к. подъем температуры сопровождается объемными изменениями, особенно если при этом протекают полиморфные изменения.

Максимальная температура обжига и время выдержки при этой температуре определяются достижением требуемого уровня спекания и завершенностью протекания физико-химических процессов между компонентами исходных материалов.

Охлаждение большинства видов огнеупоров проходит без протекания физико-химических процессов. Снижение температуры

сопровождается затвердеванием жидкой фазы и термическим сжатием изделий. Процесс охлаждения осложняется только полиморфными превращениями, которые учитывают как при нагреве заготовки, так и при охлаждении изделий, например, дианасовых [1].

Пригодность тех или иных огнеупоров в каждом отдельном случае оценивается в зависимости от их основных физических и рабочих свойств.

Рабочими называют свойства огнеупоров, удовлетворяющие удовлетворяющие требованиям, предъявляемым в данном конкретном случае. Основными свойствами огнеупоров являются огнеупорность, термическая стойкость, химическая стойкость, деформация под нагрузкой при высокой температуре и постоянство формы и объема, пористость, газопроницаемость, теплопроводность, электропроводность.

В современное время существует множество разных материалов для футеровки, в принципе их свойства полностью зависят от назначения, но, тем не менее, они обязательно должны обладать отличной износостойкостью, хорошей ударной прочностью, ремонтпригодностью, сопротивлением к истиранию, широким диапазоном температур, водоотталкивающими свойствами и стойкостью к воздействию агрессивных сред.

Огнеупоры разделяют по следующим признакам:

- формы и размеры (прямые, клиновые, фасонные, простые, сложные, особо сложные, крупноблочные, специальные);
- способу формования (пиленные, литые, пластичного формования, полусухого формования, плавленные, прессованные);
- огнеупорность (огнеупорные, высокоогнеупорные, высшей огнеупорности, сверхогнеупорные);
- пористость (особоплотные, высокоплотные, плотные, уплотненные, среднеплотные, низкоплотные, высокопористые, ультрапористые);
- химико-минеральный состав;
- область применения.

По химико-минеральному составу следует различать кислые (на основе SiO_2), основные (на основе MgO и CaO) и нейтральные (на основе Al_2O_3 и Cr_2O_3). Более детальная классификация производится по их химическому составу. По химико-минералогическому составу они подразделяются на 15 типов, 37 групп.

Огнеупоры бывают формованные и неформованные. К формованным относятся кирпичи, блоки и др. изделия. К

неформованным относят мертели, заправочные материалы, различные порошки, бетоны, массы.

Огнеупорные материалы применяют при сооружении тепловых агрегатов, печей для получения и плавки металлов, нагрева полуфабрикатов в металлургических и машиностроительных производствах, получения кокса, обжига цемента, установок высокотемпературных химических процессов, энергетических и других установок. Большую часть огнеупоров (около 60 %) потребляет черная и цветная металлургия. Общее потребление огнеупоров, отнесенное к 1 т выплавляемой стали, колеблется в разных странах от 25–30 до 65–100 кг [2].

Роль огнеупоров в современной цветной металлургии исключительно важна как в технологическом аспекте, так и с точки зрения рационального использования материалов и энергоресурсов. Особенно заметно влияние огнеупоров стало в последние годы, в связи с изменением требований к качеству металла. Продление срока службы основных металлургических агрегатов, сокращение ремонтного цикла и увеличение их межремонтного периода работы неизбежно вызывают ужесточение требований к огнеупорам и сырьевым материалам.

К числу важнейших научно-технических проблем современности относится создание новых, а также совершенствование традиционных огнеупорных материалов. Сокращение объемов производства большинства традиционных видов продукции, вызванные сокращением рынка сбыта и конкуренцией, привело к тому, что, большая часть предприятий стали обращаться к более прогрессивным технологиям, обеспечивающим высокое качество изделий. В условиях рыночных отношений требуется выпуск продукции на уровне мировых стандартов. При этом особое внимание уделяется всемерной экономии и широкому внедрению ресурсосберегающих технологий, созданию и освоению новых материалов и технологических процессов, повышению качества изготавливаемых изделий.

Высокие технические параметры, экономичность и надежные эксплуатационные характеристики промышленных огнеупоров зависят от достигнутого технологического уровня производства. В связи с этим особое значение имеет использование огнеупорных материалов, обладающих повышенной коррозионной устойчивостью к корродиентом металлургического производства. Эта задачи в ряде случаев успешно решает огнеупорная промышленность, чему способствовали теоретические и практические разработки ученых [3].

В последние десятилетия наблюдается устойчивая тенденция к замене формованных огнеупоров неформованными с

применением различного вида вяжущих. Одной из перспективных направлений является разработка материалов с применением высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС).

ЛИТЕРАТУРА

1 Алленштейн Й. Огнеупорные материалы. Структура, свойства, испытания, 2010 г.

2 Дорис Ван Гарсел, Юрген О. Лаурих, Андрей Бур. Синтетическое сырье ключ к новейшим технологиям в производстве огнеупоров. // Матер, междунаро, науч.-технич. конф., Вестник УГТУ, Екатеринбург, 2000. №1. - 252 с.

3 Кононов В. А. Производство огнеупорных материалов России и перспективы его развития. // Огнеупоры и техническая керамика. Ч 1. Структура и сырьевая база огнеупорных предприятий. 2001. - №12 - С. 31-40.

СПОСОБЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ И ЖИДКИХ ОТХОДОВ.

МАКАРИМОВ Ә. М.

магистрант, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АКАЕВ А. М.

доктор PhD, доцент, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

УРАЗАЛИМОВА Д. С.

ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ТАЛИПОВ О. М.

доктор PhD, асоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра на современном этапе развития науки и техники достигли таких размеров, что в ряде районов, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнений в несколько раз превышают допустимые санитарные нормы [1].

Включая более 10 тыс. производственных предприятий с довольно развитыми и разнообразными технологиями производства, промышленность Казахстана играет заметную роль, как в загрязнении природы, так и в решении природоохранных проблем. Серьезную

проблему представляет специфика многих отраслей промышленности, и, как следствие, требуются индивидуальные подходы к решению природоохранных задач.

Поэтому, появилась экономически, технологически и экологически обоснованная необходимость в разработке и внедрении всё новых прогрессивных и безопасных методов решения проблемы избавления биосферы от опасности ее загрязнения отходами производства и потребления. Для выбора более рационального пути решения проблемы необходим предварительный учет и оценка отходов [2].

Проблема переработки и утилизации твердых отходов производства и потребления продолжает оставаться одной из наиболее острых. Несмотря на большое количество проектов создания аппаратов по экологически чистой утилизации опасных веществ и их смесей у большинства из них рано или поздно обнаруживаются серьезные просчеты в конструкции. Каждая отрасль производства является источником образования самых различных твердых отходов. Для их утилизации существует ряд методов, выбор которых определяется конкретной характеристикой производства и его отходов.

Способы утилизации твердых отходов

Огневой способ

Огневой способ обезвреживания и переработки отходов является наиболее универсальным, надежным и эффективным по сравнению с другими. Во многих случаях он является единственно возможным способом обезвреживания промышленных и бытовых отходов. Способ применяется для утилизации отходов в любом физическом состоянии: жидких, твердых, газообразных и пастообразных. Наряду с сжиганием горючих отходов огневую обработку используют и для утилизации негорючих отходов. В этом случае отходы подвергают воздействию высокотемпературных (более 1000 °С) продуктов сгорания топлива [3].

Сжиганием называется контролируемый процесс окисления твердых, жидких или газообразных горючих отходов. При горении образуются диоксид углерода, вода и зола. Сера и азот, содержащиеся в отходах, образуют при сжигании различные оксиды, а хлор восстанавливается до HCl. Помимо упомянутых газообразных продуктов при сжигании отходов образуются и твердые частицы - металлы, стекло, шлаки и др., которые требуют дальнейшей утилизации или захоронения.

Этот способ характеризуется высокой санитарно-гигиенической эффективностью. Область применения огневого способа и номенклатура отходов, подлежащих огневому обезвреживанию, постоянно расширяются. К ним относятся отходы хлорорганических производств,

основного органического синтеза, производства пластических масс, резины и синтетических волокон, нефтеперерабатывающей промышленности, лесохимии, химико-фармацевтической и микробиологической промышленности, машиностроения, радиотехнической и приборостроительной промышленности, целлюлозно-бумажного производства и многих других отраслей промышленности.

Способом сжигания можно обезвреживать и такие сложные с точки зрения утилизации отходы, как смесь органических и неорганических продуктов, а также галогенорганические отходы.

Технологии высокотемпературного пиролиза

Превосходные экологические показатели достигаются посредством технологии высокотемпературного пиролиза, т.е. предварительного разложения органической составляющей отходов в бескислородной атмосфере (пиролиз), после чего образовавшаяся концентрированная паргазовая смесь (ПГС) направляется в камеру дожигания, где в режиме управляемого дожига газообразных продуктов происходит перевод токсичных веществ в менее или полностью безопасные. Тем самым предотвращается образование диоксинов и фуранов. Как следствие процесс высокотемпературного пиролиза обеспечивает экологическую безопасность выбросов.

Плазмохимическая технология

Плазмохимическую технологию используют для переработки высокотоксичных жидких и газообразных отходов. При этом происходит не только обезвреживание опасных отходов, но и производство ценных товарных продуктов. Процесс осуществляется в плазмотроне за счет энергии электрической дуги при температуре выше 4000 °С. При такой температуре кислород и любые отходы расщепляются до электронов, ионов и радикалов. Степень разложения токсичных отходов достигает 99,9998 %, а в отдельных случаях 99,99995%.

Высокие затраты энергии и сложность проблем, связанных с плазмохимической технологией, определяют ее применение для ликвидации только тех отходов, огневое обезвреживание которых не удовлетворяет экологическим требованиям.

Перспективно применение плазменного метода для переработки отходов в восстановительной среде с целью получения ценных товарных продуктов. В нашей стране, например, разработана технология пиролиза жидких хлорорганических отходов в низкотемпературной восстановительной плазме, позволяющая получать ацетилен, этилен, хлористый водород и продукты на их основе.

Брикетирование

Утилизация твердых отходов методом брикетирования является относительно новым подходом в решении задачи утилизации мусора. Заключается он в упаковке гомогенного мусора в отдельные брикеты, что позволяет уменьшать объем отходов примерно вдвое, а предварительная сортировка позволяет отложить компоненты, которые пойдут на вторичную переработку. После упаковки отходов производят прессование материалов, что впоследствии уменьшает их общий объем еще больше и облегчает транспортировку.

Брикеты с мусором вывозятся на ликвидацию путем термической обработки или их попросту складывают в специально отведенных для этого полигонах. В принципе работа проста и по своему характеру отдаленно напоминает предыдущий метод утилизации – захоронение. Но вся сложность брикетирования заключается в неоднородности выделяемых отходов [4]. Помимо этого во время пребывания отходов в контейнерах происходит еще большее их загрязнение, изменение под воздействием агрессивной среды, адгезия некоторых компонентов отходов и высокая абразивность за счет таких компонентов как камень, песок, стекло, что препятствует процессу прессования.

Утилизация и захоронение отходов одна из главных проблем современного Казахстана. Острота этой проблемы, несмотря на достаточное количество путей решения, определяется увеличением уровня образования и накопления промышленных отходов. Достичь этого можно путем разработки и внедрения технологий рационального использования природных ресурсов, выделения ценных компонентов из побочных продуктов производства и отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1 <http://www.gintsvetmet.ru>.

2 <http://www.ecoms.ru>.

3 Максимов И.Е. Состояние и перспективы использования экозащитных систем в решении проблем отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки - аналитические обзоры. Новосибирск, 1995, серия Экология.

4 Багрянцев Г.И., Черников В.Е. Термическое обезвреживание и переработка промышленных и бытовых отходов // Муниципальные и промышленные отходы: способы обезвреживания и вторичной переработки - аналитические обзоры. Новосибирск, 1995, серия Экология.

ТОПЛИВНЫЕ БРИКЕТЫ – ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЙ ПРОДУКТ

КАРМАНОВ А. Е.

PhD, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

МАТАЕВ Т. М.

магистрант, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В настоящее время активно внедряется технология сжигания топливных брикетов. За последнее время, когда топливные брикеты стали общедоступны и начали продаваться не только в специализированных магазинах, но и в строительных и даже в продуктовых супермаркетах, область применения этого альтернативного вида топлива стала скачкообразно расширяться. Теперь встретить топливные брикеты можно в самых разных местах – на строительных площадках, в системах центрального отопления, на дачах, где люди любят полакомиться шашлыками, посреди тайги на стоянке суровых геологов. Некоторой альтернативой прямого использования древесных отходов в виде топлива является изготовление и применение брикетов. При этом решаются проблемы повышения теплотворности топливного материала и уменьшения необходимых складских площадей. При хранении топливные брикеты не самовоспламеняются. Увеличивается коэффициент полезного действия котельных.

Следует сразу уяснить, что в нашем случае речь идет не только о древесных опилках – отходах деревообработки, но и обо всех других многочисленных видах целлюлозосодержащего сырья, отходах растениеводства и перерабатывающей промышленности.

В целом задача производства эффективного и экологичного топлива из возобновляемых и неиспользуемых отходов является весьма благородной и благодарной, решая проблемы утилизации практически бесполезных, а зачастую и вредных отходов, дает потребителям дополнительный источник эффективного топлива, является предметом выгодного бизнеса производителей, давая им дополнительный хороший источник прибыли.

В настоящее время производство энергии основано, в основном, на использовании невозобновляемых источников энергии – преимущественно углеводородов, таких как газ, нефтепродукты, уголь. На невозобновляемые источники энергии суммарно приходится примерно 95% мирового топливно-энергетического баланса, на возобновляемые – около 5%.

Проблема альтернативных энерготехнологий является очень актуальной. Поиск альтернативных источников энергии стал одной из главных проблем экономически развитых государств. Используя отходы можно значительно экономить энергетические и сырьевые ресурсы, снижать загрязнение окружающей среды, а также создать большое количество дополнительных рабочих мест.

В последней четверти 20 века в мире произошла активизация строительства установок по получению энергии из бытовых и промышленных отходов. Отходы переработки, химических производств, переработки сельскохозяйственной продукции, торфоразработок, пищевой промышленности могут быть превращены в высококачественное топливное сырье.

В странах с достаточным количеством лесов и развитым сельским хозяйством активно внедряются технологии сжигания биомассы в виде облагороженного твердого биотоплива, которое может быть разделено на три категории:

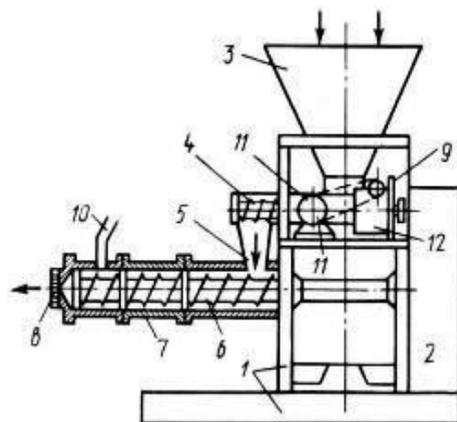
- Первая категория - Пеллеты (также называемые - гранулы) – спрессованные цилиндры с максимальным диаметром до 25 мм. Потребители гранул и изготовители котлов предъявляют высокие требования к качеству гранул, которые зачастую невыполнимы для российских производителей в силу загрязненности сырья и технического уровня производств.

- Вторая категория - мелкий порошок, который должен быть очень однородным по своим техническим показателям, и может сжигаться таким же способом как газ или нефть.

- И, наконец, третья категория, обсуждению которой, в основном, посвящена конференция – Брикетты. Это спрессованные изделия цилиндрической, шестигранной, прямоугольной или любой другой формы. Их длина, обычно от 100 до 300 мм, диаметр больше 25 мм и обычно составляет 50 – 75 мм. Чаще всего на рынке представлены: древесные брикетты из отходов древесины; брикетты из торфа; из отходов производств агропромышленного комплекса, так называемые агробрикетты; и брикетты из угольной пыли [1].

При переработке любых растительных материалов так или иначе накапливаются отходы. Такие отходы надо делать сырьём для получения из них органического топлива. Созданы линии для производства из растительных отходов топливных брикеттов или гранул. Чтобы принять решение о приобретении оборудования для переработки отходов необходимо провести анализ сколько и какие отходы можно пустить в переработку.

Рассмотрим физико-химические процессы при экструдерном прессовании рисунок 1. Органическая часть древесины всех пород имеет примерно одинаковый элементный состав. Абсолютно сухая древесина содержит в среднем 49 – 50 % углерода, 43 – 44 % кислорода, около 6 % водорода и 0,1 – 0,3 % азота.



- 1 - основание (рама); 2 - основной привод; 3 - бункер;
4 - питающий шнек-дозатор; 5 - приемная камера;
6 - нагнетающий шнек; 7 - сборный корпус; 8 - матрица;
9 - привод питающего шнека; 10 - термометр;
11 - электродвигатель постоянного тока; 12 - редуктор.

Рисунок 1 – Схема устройства пресс-экструдера ПЭ-КМЗ

Лигнин, целлюлоза, гемицеллюлоза, экстрактивные вещества – смола, камедь, жиры, таниды, пектины и другие – составляют органическую часть древесины. Гемицеллюлоза имеет в своем составе пентозаны и генксозаны. У хвойных пород в органической части больше целлюлозы, а у лиственных – пентозанов [2].

Только простому обывателю кажется, мол, сдавили вместе опилки и древесную пыль - вот и получился кирпичик или восьмигранник топливного брикета. А почему этот кусок спрессованных опилок держится вместе и так плотно, мало кто задумывается. Вещество, которое так легко держит вместе опилки и древесную пыль присутствует. Но оно никоим образом не относится к химической промышленности. Скорее уже промышленному производству матушки-природы, которое ей уж никак повредить не может. Этот природный чудо-клей называется «лигнин».

Особенностью лигнина, которую с успехом используют производители топливных брикетов, является химическая реакция на высокое давление и при этом не менее высокую температуру. Вещество обретает вязкопластические свойства, когда на него воздействует давление порядка сотни МПа. Это довольно высокий показатель, который может быть достигнут не на каждом оборудовании. И потому обычно к воздействию давления добавляют ещё термическое воздействие. Это позволяет снизить требования к оборудованию в отношении нагнетаемых атмосфер и в то же время получить сравнительно схожий результат.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 <https://villabriketta.ru/advantages/> (дата обращения: 3.02.2020).
2 Гомонай М.В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: Монография. – М.: МГУЛ (Московский государственный университет леса), 2006.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ПЕРЕВОДА НА ГАЗ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОАГРЕГАТОВ НА ТЭЦ-2 В ГОРОДЕ НУР-СУЛТАН

МЕРГАЛИЕВ Н. Т.
магистрант, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан
ТЮТЕБАЕВА Г. М.
к.т.н., ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

Развитие энергетики, базирующейся на тепловых электрических станциях, неизбежно сопровождается увеличением использования природных ресурсов – органического топлива, природной воды, воздуха, почвы, а стало быть, и увеличением количества отходов производства в окружающую среду. Создать полностью безотходную технологию производства электрической и тепловой энергии согласно экологическим законам невозможно [1, с. 208].

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха происходит вследствие выбросов в атмосферу вредных веществ при работе энергетических установок, работающих на углеводородном топливе (бензин, керосин, мазут, дизельное топливо, уголь). Одним из основных

и самых крупномасштабных источников загрязнения атмосферы являются ТЭС (тепловая электростанция): на их долю приходится около 14% от общего загрязнения атмосферы техническими средствами [1, с. 564]. При эксплуатации котельного оборудования атмосфера загрязняется веществами различных классов опасности. Наиболее опасными являются оксиды азота и серы, содержащихся в уходящих газах котельных установок. Эти газы весьма токсичны, кроме того, при взаимодействии с влагой воздуха образуют кислоты, которые при поступлении в воздушную среду наносят большой ущерб, как всем основным компонентам биосферы, так и предприятиям, объектам городского хозяйства, транспорту и населению городов. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами ТЭЦ во многом определяет состояние здоровья населения и является этиологическим фактором в развитии заболеваний детей и лиц пожилого возраста [4, с. 254].

Серьезные экологические проблемы связаны с твердыми отходами ТЭС (зола и шлаки). Хотя зола в основной массе улавливается различными фильтрами, все же в атмосферу в виде выбросов ТЭС ежегодно поступает около 250 млн. тонн мелкодисперсных аэрозолей. Они являются ядрами конденсации для паров воды и формирования осадков, а попадая в органы дыхания человека и других организмов, могут вызвать различные респираторные заболевания. Выбросы ТЭС являются существенным источником таких сильных канцерогенных веществ, как полиароматические углеводороды. В выбросах угольных ТЭС содержатся также оксиды кремния и алюминия. Эти абразивные материалы способны разрушать легочную ткань и вызывать такое заболевание, как силикоз. Серьезную проблему вблизи ТЭС представляет складирование золы и шлаков. Для этого требуются значительные территории, которые долгое время не используются, а также являются очагами накопления тяжелых металлов и повышенной радиоактивности [1, с. 564].

В 2018 году на совместном заседании палат Парламента Нурсултан Назарбаев перечислил пять инициатив, направленных на социальную модернизацию. Пятая инициатива – газификация страны. Для решения этого вопроса предлагается построить магистральный газопровод по направлению Караозек – Жезказган – Караганда – Темиртау – Нур-Султан. Это позволит обеспечить природным газом более 2,7 миллионов человек, что положительно скажется на экологической обстановке страны [3, с. 4].

Котельное оборудование на ТЭЦ-2 в городе Нур-Султан спроектировано для сжигания относительно дешевого экибастузского

каменного угля. В процессе выработки пластов топлива качество поставляемого угля постоянно ухудшалось, что приводит к постоянному увеличению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Перевод с твердого топлива на природный газ ведет к удорожанию вырабатываемой энергии, но так можно значительно сократить объем выбросов и поддерживать нормальное состояние окружающей среды. При сжигании природного газа в дымовых выбросах также содержится диоксид серы, и оксиды азота.

Изучив качественный и количественный состав выбросов ТЭЦ-2 в городе Нур-Султан, определено, что приоритетными загрязняющими веществами, поставляемыми в воздушный бассейн города, являются угольная пыль и зола, которая содержит частицы тяжелых металлов. Этим и обусловлен перевод водогрейных котлоагрегатов на ТЭЦ-2 на сжигание природного газа, тем самым уменьшив выбросы загрязняющих веществ.

Перевод на природный газ котлоагрегатов в водогрейном котельном цехе на ТЭЦ-2 планируется в 2020-2021 годах. К ТЭЦ планируется подвести газопровод от газораспределительной станции Астана-1 с установкой газораспределительного пункта для газоснабжения в водогрейный котельный цех. Основная часть реконструкции – это замена горелочных устройств, для совместного сжигания природного газа и угля, а также установка дополнительного дымососа с трактом рециркуляции дымовых газов для каждого из котлов для снижения концентрации оксидов азота (NO_x). После окончания реализации проекта частичной газификации на ТЭЦ-2, шесть водогрейных котлоагрегатов марки КВ-Т-139,6-150 будут использовать в качестве основного топлива природный газ.

Согласно техническому регламенту «Требования к эмиссиям в окружающую среду при сжигании различных видов топлива в котлах тепловых электрических станций», утвержденной постановлением Правительства Республики Казахстан от 14 декабря 2007 года:

- максимально допустимый объем эмиссии в атмосферу твердых веществ - $1,4 \text{ мг/м}^3$ (содержание твердых веществ в дымовых газах от котлоагрегатов, работающих на твердом топливе, мощностью до 299 МВт);

- максимально допустимый объем эмиссии оксидов серы (SO_x) в атмосферу – 2000 мг/м^3 (содержание оксидов серы в дымовых газах от котлоагрегатов, работающих на твердом топливе, мощностью до 299 МВт);

- максимально допустимый объем эмиссии оксидов азота (NO_x) в атмосферу – 500 мг/м^3 (содержание оксидов азота в дымовых газах

от котлоагрегатов, работающих на твердом топливе, мощностью до 299 МВт). [2, с. 3].

После реконструкции ВКЦ ТЭЦ-2 с переводом котлов на природный газ, выбросы загрязняющих веществ уменьшатся по сравнению с установленными нормативными:

- по диоксиду азота на 1 185 т/год, (NO_2 - 4%);
- по оксиду азота на 192 т/год ($\text{NO}(\text{II})$ - 3,9%);
- по диоксиду серы на 3 235 т/год (SO_2 - 100%);
- переход на газовое топливо позволяет полностью исключить выбросы - пыли неорганической двуокиси кремния (SiO_2 - 100%);
- выбросы оксида углерода уменьшатся на 115 т/год (CO_2 - 70%).

Судя по вышеперечисленным показателям, можно сделать вывод, что снижение выбросов загрязняющих веществ после проведения реконструкции водогрейных котлоагрегатов на ТЭЦ-2 в городе Нур-Султан снизится примерно в 30 раз, что должно положительно повлиять на экологическую ситуацию в близлежащих районах к ТЭЦ 2, внося вклад в улучшение экологической ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Третьяков А. Н., Перегудина Е. В., Азарова С. В. О влиянии на атмосферу предприятий теплоэнергетического комплекса // Молодой ученый. — 2015. — №11. — С. 562-566. — URL <https://moluch.ru/archive/91/19248/> (дата обращения: 28.01.2020).

2 ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ Требования к эмиссиям в окружающую среду при сжигании различных видов топлива в котлах тепловых электрических станций – 2007 – URL <http://www.adilet.gov.kz/ru/node/1412/> (Дата обращения: 28.01.2020).

3 Назарбаев Н. А. Пять социальных инициатив Назарбаева – 2018 – URL <https://www.zakon.kz/4907318-pyat-sotsialnyh-initsiativ-nazarbaeva.html> - (Дата обращения: 29.01.2020).

4 Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 336 с.

5 В.И. Беспалов, С.У. Беспалова, М.А. Вагнер. Природоохранные технологии на ТЭС: учебное пособие – Томский политехнический университет. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 240 с.

ГОРЕЛКА СО ВСТРЕЧНО-ЗАКРУЧЕННЫМ ТЕЧЕНИЕМ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

НАУРЫЗ Б. Қ.

докторант, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, г. Алматы

Совершенство рабочего процесса в топливосжигающих устройствах (ТСУ) заключается в большей скорости протекания стадий: подготовительных процессов подача топлива в зону горения, распыливание и испарение топлива, первичное смесеобразование – перемешивание топливного газа с воздухом, воспламенение; непосредственно процесса горения; вторичного смесеобразования – перемешивания продуктов сгорания с вторичным воздухом. Другие составляющие рабочего процесса (стабилизация факела, устойчивость горения на всех режимах работы, внешний и внутренний теплообмен, контроль и регулирование экологических параметров) определяются протеканием основных стадий и полностью от них зависят. Поэтому повышение интенсивности рабочего процесса представляет собой комплексную многогранную проблему, отражающуюся на всех остальных происходящих в огневом пространстве ТСУ. Следовательно, и решение этой проблемы должно осуществляться с учетом ее сложных и разветвленных взаимосвязей [1, 2].

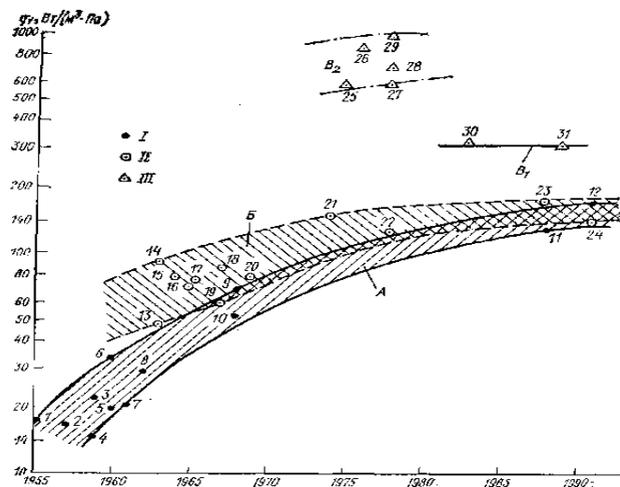
Наиболее полно степень интенсификации процессов горения выражается в обобщающем параметре q_v – тепловом напряжении огневого пространства, отнесенном к абсолютному статическому давлению рабочей среды p в камере сгорания. Чем меньше время пребывания продуктов сгорания топлива в объеме факела, тем выше объемное теплонпряжение, а, следовательно, и более интенсивно протекает рабочий процесс, более совершенно организовано выгорание топлива, факел более короткий, продольные размеры камеры сгорания и всего агрегата в целом меньше.

На первый взгляд кажется, что существует достаточно простой способ уменьшения времени пребывания $t_{\text{пр}}$ – увеличение средней скорости движения рабочего тела с соответствующим повышением пульсационной составляющей и скорости турбулентного распространения пламени. Немаловажным фактором, соответствующим увеличению скорости в зоне горения, является устойчивость факела на всех режимах работы камеры.

Решение этой проблемы связано прежде всего с необходимостью развития поверхности фронта пламени в единице объема, занятого огневой зоной, что требует уменьшения характерного размера горелочных устройств и увеличения их числа, перехода к многогорелочным, а затем и к микрофакельным фронтным устройствам. Ведь именно

диаметр завихрителей, размер горелок, высота стабилизаторов определяют геометрические и аэродинамические характеристики зон отрывного течения (форму и длину рециркуляционной области, краткость циркуляции, интенсивность обмена теплотой, массой, количеством движения между зонами отрыва и основным потоком и т.д.), от которых зависят длина факела и время пребывания частиц в его высокотемпературной части (рисунок 1).

Анализ конструкции различных стабилизирующих систем ТСУ показывает, что разбиение факела в камере сгорания можно осуществлять разными способами. В рассмотренных конструкциях используются: V-образные или же уголкового стабилизаторы; турбинные лопатки или же крыловидные профили; каплеобразные или же конус стабилизаторы [3, 4, 5]. Их использование для организации микрофакельного горения удобно, так как они хорошо изучены и исследованы как элементы стабилизации пламени. Таким образом классифицировать микрофакельное сжигание можно в зависимости от используемых МФУ в ГТУ. Направления развития микрофакельных горелочных устройств представлены на схеме (рисунок 2) [5].



I–III – фронтные устройства: I – одnogорелочные (зона А), II – многогорелочные (зона Б), III – микрофакельные (зона В₁ – натурные камеры сгорания серийных ГТУ. Зона В₀ ~ модельные камеры сгорания).

Рисунок 1 – Изменение теплового напряжения огневого пространства камер сгорания ГТУ для различных типов фронтных устройств

Таблица 2 – Основные направления развития микрофакельного принципа сжигания топлива.

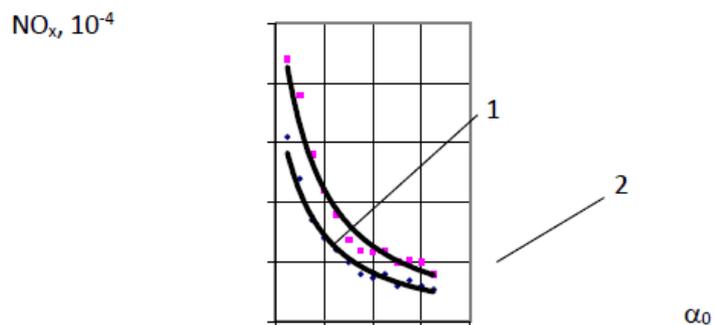
Горелочные устройства на базе плохообтекаемых тел	Микромодульные форсунки	Струйно-стабилизаторные
С формированием встречно-закрученных струй	Перфорированные фронтные устройства с системой форсунок	Горелочное устройство на базе хорошообтекаемых профилей
Струйные горелочные устройства	Многоярусные горелочные устройства	Диффузионно-стабилизаторные горелочные устройства

Одним из направлений в реализации микрофакельного сжигания топлива стали работы по созданию фронтных устройств, в основе рабочего процесса которых, положено поперечно-циркуляционное движение замкнутой системы торообразных вихрей за кольцевыми горелками-стабилизаторами обтекаемыми струями с чередующейся круткой потока [5]. Одной из целей, которые ставились, при разработке способа сжигания топлива в системе встречно-закрученных струй (ВЗС), являлось снижение токсичности продуктов сгорания ГТУ в первую очередь за счет уменьшения содержания в них наиболее токсичных компонентов – оксидов азота. На НЗЛ в Санкт-Петербурге, создана для установок ГТН – 25 конструкция кольцевой камеры сгорания с микрофакельным сжиганием природного газа за системой стабилизаторов, обтекаемых встречно-закрученными струями воздушного потока [1, 2]. Интенсификация тепло- и массообмена, характерная для данной системы горения, обеспечила резкое снижение недожога топлива по тракту камеры сгорания, значительно сократились выбросы СО и СН по сравнению с одно стабилизаторным фронтным устройством. Рабочий процесс камер сгорания с данным фронтным устройством характеризовался пониженным выбросом оксидов азота.

Сжигание топлива за плохообтекаемыми телами в зонах отрыва, обтекаемых кольцевыми струями чередующейся закрутки, наиболее органично сочетается с конструкциями кольцевых прямоточных камер сгорания при поступлении всего воздуха через фронтное устройство. Применение такого принципа к конструированию индивидуальных выносных камер сгорания может происходить по двум направлениям. Во-первых, по пути многосекционных фронтных устройств, каждое из которых состоит из одного или двух кольцевых стабилизаторов. Эта конструкция отличается простотой и высокой технологичностью изготовления. Другое направление связано с использованием многоярусных фронтных устройств, заполняющих все поперечное

сечение камеры сгорания. Подобные камеры обладают малыми потерями давления, практически неограниченной возможностью формирования любого профиля радиального распределения температуры на выходе из камеры сгорания. Оба типа конструктивного выполнения фронтальных устройств были исследованы при испытаниях камер сгорания в составе установки ГТК-10. По результатам испытаний были созданы проекты газотурбинных камер сгорания установок ГТНР-10 и ГТН-10.

Эксперименты на модельных камерах сгорания показали, что, в диапазоне изменения $\alpha_0=3-9$ концентрация NO_x составляет 0,00025-0,00125% при работе на природном газе и 0,0004-0,00225% на дизельном топливе. На расчетных режимах ($\alpha_0=4-5$, $T_b=530-585$ К, $u_0=65-85$ м/с), содержание оксидов азота не превышало 0,0005-0,0008 % для газового топлива и 0,0007-0,0015 % для жидкого топлива (рисунок 3). Такая низкая концентрация NO_x на всех режимах объясняется основной особенностью испытываемых камер сгорания – низким уровнем максимальных температур факела и малым временем пребывания продуктов сгорания в зоне выгорания, т.е. факторами, оказывающими главное влияние на токсичность выхлопных газов [2]. Камеры сгорания с ВЗС обеспечивают снижение концентрации NO_x в 3-4 раза по сравнению с традиционными.



1 – природный газ; 2 – жидкое топливо.

Рисунок 3 – Влияние избытка воздуха на концентрацию оксидов азота в камере сгорания с ВЗС

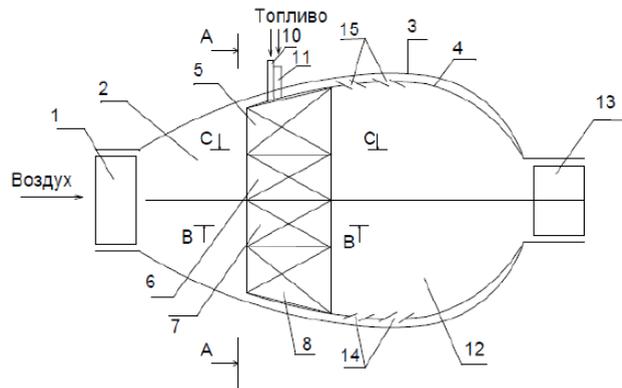
Максимальный температурный уровень в огневой зоне, при $\alpha_0=4$ и $T_b=550$ К, составлял всего $T_{\text{фмакс}} = 1600-1660$ К, а при испытаниях высокофорсированных камер сгорания $T_{\text{фмакс}} = 1900-2000$ К. Кроме пониженной температуры, снижению образования оксидов азота способствует интенсивность первичного смесеобразования.

Такой способ микрофакельного сжигания топлива позволяет выполнять конструкцию камеры сгорания без разделения воздуха на первичный и вторичный, что позволяет существенно уменьшить общую длину камеры сгорания, понизить среднюю температуру и излучение факела. В работе [5] показана попытка использования данного метода для сжигания жидких топлив при подаче воздуха через фронтальное устройство и получения при этом удовлетворительных характеристик процесса горения и камеры сгорания.

Вместе с тем реализация рассматриваемого принципа сжигания в целом сопряжена с существенным усложнением конструкции фронтального устройства камеры сгорания, и особенно при сжигании жидкого топлива, увеличением металлоемкости ее элементов к технологии производства и сборки таких элементов.

Кроме того, сама конструкция фронтального устройства предопределяет значительное эшелонирование камеры сгорания элементами, существенно деформирующими структуру потока, в связи с чем, увеличение скорости при форсировании однозначно ведет к росту потерь полного давления. При расчетной скорости 80 м/с и $\alpha=4,0-5,0$ полное относительное сопротивление камеры составило 3-3,2 %.

Нами разработана горелка со ВЗС [7], которая проходит испытания. Продольный вид камеры сгорания с ВЗС и фото данной горелки приведены на рисунках 4 и 5.



- 1 – спрямляющий аппарат компрессора; 2 – полость диффузора;
 3 – корпус камеры сгорания; 4 – кольцевая жаровая труба чешуйчатая; 4в – наружная обечайка жаровой трубы; 4н – внутренняя обечайка жаровой трубы; 5 – передняя симметричная часть лопатки; 6,8 – верхние четные ярусы профилей лопаток; 7,9- нижние нечетные ярусы профилей лопаток; 10,11-топливные трубки; 12 – зона горения; 13-сопловой аппарат газовой турбины; 14,15-щели в жаровой трубе; 16-полость передней части лопатки; 17- полость задней части лопатки; 18- щель передней кромки лопатки; 19- щели задней кромки профилей;
 θ – шаг между лопатками.

Рисунок 4 – Продольный вид камеры сгорания с ВЗС



Рисунок 5 – Фото камеры сгорания с ВЗС

ЛИТЕРАТУРА

1 Сударев А. В. Разработка, исследование оптимальных способов интенсификации рабочего процесса и их внедрение в конструкции

камер сгорания стационарных газовых турбин. Дисс. докт. тех. наук – Ленинград, 1980.

2 Сжигание жидкого топлива во встречно-закрученных струях кольцевой камеры сгорания ГТУ / Тумановский А.Г., Сударев А.В., Маев В.А. и др. // Теплоэнергетика. – №3. – 1986. С.37-42.

3 Достияров А.М., Наурыз Б.К., Кибарин А.А. Микрофакельное сжигание топлива и микрофакельное устройство со встречно-закрученными течениями // Вестник АУЭС. – №4(8) (43). – Алматы 2018 г. С. 16-23.

4 Достияров А.М., Умышев Д.Р., Наурыз Б.К., Туманов М.Е. Численное моделирование процесса горения за горелкой со встречно-закрученным способом стабилизации / Вестник КазНИТУ. – №2(132). С. 103-109.

5 Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета. Дисс. докт. техн. наук – Алматы, 2000.

6 Ткачук Ю.Ф., Любчик Г.Н., Христин В.А. Сжигание жидкого и газообразного топлива в струйных топливосжигающих устройствах – В кн.: Теория и практика сжигания газа. – Вып.6. – 1975. С.5-9.

7 Достияров А.М., Наурыз Б.К., Кибарин А.А., Туманов М.Е., Умышев Д.Р., Ожикенова Ж.Ф. Положительное решение патента на изобретение №2019/0561.1 от 07.08.2019 «Камера сгорания газотурбинного двигателя».

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ФУТЕРОВОК ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АГРЕГАТОВ

ПРИХОДЬКО Е. В.

к.т.н., профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,
 ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 КАРМАНОВ А. Е.

PhD, асоп. профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,
 ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
 ШАБАЛИН И. В.

магистрант, кафедра «Теплоэнергетика»,
 ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В процессе эксплуатации высокотемпературных агрегатов их футеровка разрушается и подлежит ремонту. С учётом того, что затраты на огнеупорные материалы значительно сказываются на стоимости конечного продукта возникает необходимость применения

инновационных технологий для снижения удельного расхода огнеупоров на единицу выпускаемой продукции посредством разработки технологических режимов сушки, разогрева и охлаждения агрегатов.

Основными причинами, приводящими к разрушению огнеупорной защиты печей, являются:

- а) сколы элементов огнеупорного кирпича;
- б) вспучивание футеровки;
- в) химическое взаимодействие между обрабатываемым материалом и поверхностью футеровки;
- г) абразивное истирание огнеупорной поверхности.

Степень влияния указанных причин на стойкость футеровки проявляется по-разному в зависимости от места нахождения рассматриваемой зоны агрегата.

Исследования показывают, что стойкость футеровки высокотемпературных агрегатов в большей степени зависит от перепадов температур, нежели от химического воздействия технологического материала [1].

Перепады температур по сечению футеровки характерны, прежде всего, для нестационарных режимов работы агрегатов: сушки и разогрева, переходных процессов и охлаждения. При этом, процессы сушки и разогрева исследованы достаточно широко, переходные процессы, как правило не влекут за собой значительных температурных перепадов, а процессы охлаждения футеровок недостаточно описаны. Актуальность вопроса правильного ведения процесса охлаждения футеровок, имеет место либо у агрегатов периодического действия – сталеразливочные печи, ковши; либо у агрегатов, футеровка которых, при очередном ремонте, меняется частично (вращающиеся печи).

Процесс разогрева высокотемпературных агрегатов проводится по специально разработанным графикам разогрева, указывающим, на сколько градусов в час следует производить подъём температуры. Задаваемая скорость разогрева зависит от многих факторов: объёма и толщины печной кладки; вида материала; от того, когда построена печь; подвергалась ли она предварительно (естественной) воздушной просушке и т.д.

Процессы же охлаждения, даже если регламентируются нормативно, далеко не всегда ведутся в соответствии с этими графиками. Часто причиной этого выступают факторы, связанные не с этими агрегатами, а с оборудованием, установленным в технологической линии. Так, внезапная поломка машины непрерывного литья

заготовок (МНЛЗ) может привести к тому, что уже разогретый ковш, отправленный на слив металла, может некоторое время (несколько десятков минут) охлаждаться при температуре воздуха в цехе.

Анализ работы разливочных ковшей позволяет выделить основные временные моменты, при которых происходит охлаждение разогретой футеровки:

- перед промежуточным ремонтом (перед сменой части футеровки). Этот момент времени наиболее важен, так как охлаждение футеровки проводится от температуры расплава (выше 1500 °С) до температуры 40 °С (согласно требованиям промышленной безопасности);

- период между сливом в ковш двух плавок (без подогрева на стенде). На ряде предприятий технологически не предусмотрено осуществлять подогрев ковшей между сливом плавок, так как этот период времени считается незначительным и ковш не успеваает остыть. Стоит отметить, что данный период времени может доходить до нескольких часов. Охлаждение, при этом, происходит от температуры расплава (выше 1500 °С);

- перед сливом расплава после разогрева кошей на стенде. Как правило, это незначительный промежуток времени, вызванный аварийными ситуациями в работе оборудования. Охлаждение, при этом, происходит от температуры разогрева футеровки ковша (около 1000 °С).

В процессе разогрева, при нагреве в высокотемпературном участке от средней температуры – внутри агрегата, со стороны греющей среды, возникают напряжения сжатия (σ_c), а в низкотемпературном участке (непрогретая часть футеровки) - напряжения растяжения (σ_p). Процесс охлаждения характеризуется следующими моментами: охлаждение агрегата идёт как с внутренней, так и с внешней стороны агрегата, причём перепад температур охлаждающей среды и футеровки будет значительным с внутренней стороны, вследствие высоких начальных температур поверхности футеровки.

Таким образом актуальность разработки графиков ведения процесса охлаждения подтверждается тем, что при охлаждении основная роль отводится напряжениям растяжения, предел которых значительно (в несколько раз) ниже предела на сжатие.

Анализ службы футеровок показал, что при быстром нагреве футеровки поверхностные слои кладки, обращённые в рабочее пространство конвертера, испытывают напряжения сжатия. В случае же быстрого охлаждения поверхностные слои находятся под воздействием растягивающих напряжений. При прочих равных условиях для огнеупорной футеровки более опасно быстрое охлаждение, чем

быстрый нагрев, вследствие плохой сопротивляемости огнеупоров на растяжение и хорошей – на сжатие [2].

При изменении температуры с постоянной скоростью распределение ее внутри тела будет параболическим. Для огнеупоров предел прочности при сжатии больше, чем при растяжении, поэтому при нагревании огнеупорных изделий деформация в виде трещин возможна в центре, а при охлаждении – на поверхности [3].

Типичное разрушение огнеупоров при охлаждении можно наблюдать на футеровке вращающихся печей. Разрушение в данном случае происходит скалыванием кирпича плитками толщиной 1–2 см, полями в несколько квадратных метров.

На рисунке 1 представлена поверхность зоны охлаждения вращающейся печи с износом футеровки в виде чешуйчатого скалывания (рисунок 1).



Рисунок 1 – Износ футеровки в виде чешуйчатого скалывания

Для устранения разрушения футеровки подобного рода принят следующий принцип охлаждения футеровки. Градиент температур по высоте кирпича ориентировочно составляет 50 °C/см и поэтому, если предварительно перед интенсивным охлаждением охладить рабочую поверхность кирпича до температуры 600–700 °C (цвет кладки темно – вишневый), то это гарантирует выравнивание температуры до безопасного градиента по высоте на 3–4 см и разрушения кирпича практически не будет. Поэтому вначале охлаждения тягу дать минимальную, вплоть до остановки одного дымососа и наблюдать за температурой кладки за гарнисажем – при её падении до 600 °C и ниже (цвет темно – вишневый), когда опасность растрескивания кирпича снимается, темп охлаждения можно увеличить до рабочих нагрузок на дымососы [4]. При среднем состоянии печи время подстуживания

кладки 3 – 4 часа, однако это время значительно может изменяться на зарощенной печи, остановке аварийной без разгрузки и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1 Никифоров А.С., Приходько Е.В., Кинжибекова А.К., Карманов А.Е., Шупеева Ш.М. Анализ условий работы и механизмов разрушения футеровок высокотемпературных агрегатов. Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева. 2019. №3. С. 140-147.

2 Словиковский В.В., Гуляева А.В. Влияние режимов разогрева футеровок тепловых агрегатов и продолжительности хранения огнеупоров на стойкость огнеупорной кладки. Новые огнеупоры. 2015; (6): 9-13. <https://doi.org/10.17073/1683-4518-2015-6-9-13>.

3 Земляной К. Г. Служба огнеупоров. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 172 с.

4 Топливо и печи. Курс для агломератчиков. АО «Алюминий Казахстана», г.Павлодар. 2002, 125 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМ АСПИРАЦИИ ЦЕХА ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ АО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА»

РАМАЗАНОВ И. Ж.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

НИКИФОРОВ А. С.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Загрязнение природной среды газообразными, жидкими и твердыми веществами, вызывающее деградацию среды обитания и наносящее ущерб здоровью населения, является одной из наиболее острых проблем на производственных объектах в Республике Казахстан [1, с. 62].

На протяжении последних лет сохраняется тенденция ежегодного увеличения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. К сожалению, превышение разрешенных норм выбросов в атмосферу допускается многими предприятиями в том числе и Павлодарским алюминиевым заводом, входящим в состав АО «Алюминий Казахстана», в свою очередь принадлежащего холдингу Eurasian Resources Group.

1. Проектируется циклон-разгрузитель для использования на первой ступени очистки для улавливания сухих неслипающихся (или

среднеслипающихся) пылей при входной концентрации частиц до 500 (125) г/м³, что соответствует требованиям ГОСТ 25757-83.

2. Размер частиц $\delta\dot{\eta}=50$, улавливаемых с эффективностью $\dot{\eta}=50\%$, не более 10 мкм.

3. Коэффициент гидравлического сопротивления $\lambda = 40...60$,

4. Сопротивление циклона должно составлять 500...600 Па.

5. Циклон должен иметь сравнительно небольшие габаритные размеры (лимитирующим фактором при этом является относительная высота, которая должна составлять не более $H = 3$).

6. Режимные и эксплуатационные характеристики должны позволять использовать данный циклон в различных отраслях промышленности наряду с простотой эксплуатации и обслуживания.

Основные технологические показатели работы и режимно-конструктивные параметры [2, с. 125].

К основным технологическим показателям работы инерционного пылеуловителя циклонного типа, относятся:

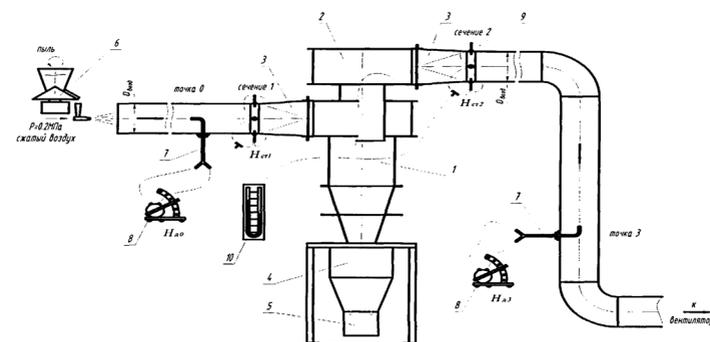
- производительность по очищаемому газу;
- потеря давления или гидравлическое сопротивление;
- эффективность или степень улавливания пыли;
- приведенные затраты на очистку газа.

Основные режимно-конструктивные параметры инерционного пылеуловителя, которые влияют на все вышеуказанные технологические параметры, следующие:

1. Средняя скорость по поперечному сечению сепарационной камеры пылеуловителя:

$$W_{\text{ср}} = \frac{4V}{\pi D^2},$$

где V – производительность, м³/с; D – диаметр сепарационной камеры.



- 1 – исследуемый циклон; 2 – раскручивающая улитка;
 3 – входной (выходной) коллектор; 4 – форбункер; 5 – емкость для сбора уловленной пыли; 6 – тарельчатый эжекторный питатель;
 7 – пневмометрическая трубка; 8 – микроманометр типа ММН;
 9 – штуцера для измерения статического давления;
 10 – микроманометр U-образный.

Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда

2. Тип и конструкция завихрителей (относительные ширина a , высота b и угол наклона входного патрубка), от которой зависит интенсивность крутки очищаемого газа в сепарационной камере и уровень центробежных сил, действующих на улавливаемые частицы. Конструкция завихрителей характеризуется конструктивным параметром крутки p , который связан с истинным (интегральным) параметром крутки Φ .

3. Диаметр выхлопной трубы d_3 . Уменьшение этого диаметра приводит к увеличению эффективности очистки с одновременным быстрым ростом гидравлического сопротивления аппарата.

4. Высота сепарационной камеры H влияет на время пребывания частиц в ней. Время должно быть достаточным для сепарации частиц от центра к стенке. Вместе с тем, существует оптимальная высота камеры, превышение которой не дает увеличения эффективности вследствие наступления равновесия между центробежной сепарацией частиц к стенке и турбулентной диффузии их к центральной области камеры и за счет уменьшения крутки. Таким образом, задача разработки и проектирования инерционного пылеуловителя сводится к необходимости по заданному коэффициенту очистки $\dot{\eta}$ газа от пыли с известным дисперсным составом и физико-механическими свойствами, при наличии ограничения на перепад давления P , подобрать режимные и конструктивные параметры пылеуловителя. При

этом желательно минимизировать приведенные затраты, если задача имеет поливариантное решение.

Выхлопные трубы (194, 204, 214, 224, 240) были изготовлены с опорными дисками для установки на завихритель и подсоединения раскручивающей улитки [3, с. 25]. Выбранный для исследования ряд размеров соответствует изменению относительного диаметра выхлопной трубы d_3 от 0,65 до 0,8. Выходная улитка (раскручиватель) является неотъемлемой частью разрабатываемого циклона ввиду его назначения. Размеры улитки и выходного патрубка приняты по размерам улиточного закручивателя с целью упрощения изготовления и уменьшения гидравлического сопротивления.

Выбор рациональных конструктивных параметров циклона производился на основе сравнительных испытаний различных моделей в одинаковых условиях. Для этих целей, в соответствии с требованиями единой методики сравнительных испытаний [4], был разработан и изготовлен стенд (рисунок 1).

На примере рассмотрим схему аспирации (рисунок 2) аспирационной установки В-1 находящейся в здании перегрузки шихтовального двора, предназначенной для удаления и очистки воздуха от конвейеров № 611 и 612. Проект 1239896 ВАМИ г. Ленинград, год ввода 1987 г.

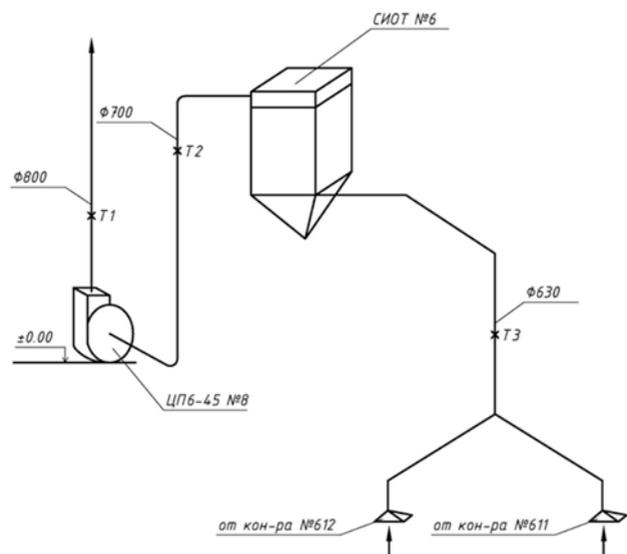


Рисунок 2 – Схема аспирации аспирационной установки В-1 АО «АК»

Таблица 1 – Параметры работы аспирационной установки

Наименование показателей	Единица измерения	Показатели работы	
		проектные	фактические
Тип очистной установки		СИОТ №6	СИОТ №6
На входе	м ³ /час	14500	13254
На выходе	м ³ /час	14900	14124
Гидравлическое сопротивление	кгс/м ³	130	147
Температура воздуха на входе	°С	18	14
Температура воздуха на выходе	°С	18	14
Подсос воздуха в аппарате	%	2,76	6,6
Условная скорость в аппарате	м/с	2,0	1,9
Концентрация пыли в очищаемом воздухе на входе	г/м ³	2,0	0,753
Концентрация пыли в очищаемом воздухе на выходе	г/м ³	0,12	0,0428
Расход воды на орошение	л/час	2800	2050
Давление воды на орошение	кгс/м ³	1,2-1,4	1,2-1,4
КПД аппарата	%	93,8	93,9

Технические сведения об оборудовании установки [5].

Таблица 2 – Вентилятор

Данные	Тип	№	Диаметр всаса мм	Размер выхлопа	Производ. м ³ -час	Полный напор в кг-м ³	Диаметр шкива в мм	Число об. мин.
По проекту	ЦП6-45	8	564	487X487	15000	70	280	800
В натуре	ЦП6-45	8	564	487X487	14380	62	280	800

Таблица 3 – Электродвигатель

Данные	Тип	Мощность, квт	Число об-мин.	Диаметр шкива в мм.	Вид передачи
По проекту	4А200L4	45	1500	150	кл. ременная
В натуре	4А200L4	45	1500	150	кл. ременная

Таблица 4 – Результаты испытаний за 2019 год.

Определяемые характеристики	Единицы измерений	Точки отбора		
		До аппарата	После аппарата	После вентилятора
Температура воздуха в воздуховоде	°С	25	25	-
Гидравлическое сопротивление	мм.вод.ст	58		-
Объем воздуха, проект	м ³ /ч	15000		
Объем воздуха, факт	м ³ /ч	13478	13999	14277
Скорость воздуха в воздуховоде	м/сек	12,0	10,1	7,9

Концентрация пыли	г/м ³	2,015	0,053	-
Выбросы пыли	кг/час	27,159	0,742	-
Выбросы пыли	г/сек	-	0,206	-
Выбросы пыли ПДВ	г/сек	-	0,209	-
Подсос воздуха	%	3,9		-
Площадь воздухопроводов	м ²	0,312	0,385	0,502
Эффективность работы установки	%	97,3		-
Тип очистной установки	-	СИОТ №6 d-1596		

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. - М.: Металлургия, 1986.
- 2 Алиев Г.М.-А. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок. Учебник для СПТУ - М.: Металлургия, 1988. 368 с.
- 3 Асмолова Е.В. Совершенствование процессов и аппаратов сухого пылеулавливания аэродинамическими способами (в производствах огнеупоров)
- 4 Банит Ф.И., Мальгин А.Д. Пылеулавливание и очистка газов в промышленности строительных материалов. М.: Стройиздат, 1979. 352 с.
- 5 Беспамятнов Г.П., Богушевская К.К., Беспамятнова А.В., Кротов Ю.А. и др. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе и воде. - Л.: Химия, 1975.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ВЫХОДЕ ИЗ ВОЗДУШНОЙ ФОРСУНКИ

САДЫКОВА С. Б.

докторант, Алматинский университет энергетики и связи
имени Г. Даукеева, г. Алматы

Современные газотурбинные камеры сгорания должны удовлетворять нормам по выбросам NO_x, CO и др., в соответствии со стандартами EPA (Environmental Protection Agency). NO_x всегда вызывал серьезную обеспокоенность в связи с его вредным воздействием на окружающую среду и здоровье человека. NO_x вступает в реакцию с атмосферой и вызывает кислотные дожди. Он также реагирует с летучими органическими соединениями и разрушает озон. Из-за этих и многих других вредных эффектов возник особый интерес к снижению выбросов NO_x при проектировании камер сгорания двигателя.

На стадии проектирования камеры сгорания (КС) газовой турбины были опробованы несколько методов для введения и впрыскивания воздуха и топлива в камеру сгорания. Так как основная цель - это снижение вредных веществ в атмосфере.

Чтобы достичь этого, необходимо к конструкциям камер сгорания энергетических газотурбинных двигателей (ГТД) наряду с традиционными требованиями, такими как обеспечение процесса выгорания с высокой полнотой, равномерного или заданного профиля температур газов перед турбиной, невысоких гидравлических потерь в камере, устойчивости горения, эффективного охлаждения металла пламенной трубы и других горячих элементов, предъявлять требования к минимальной токсичности отработавших газов во всем диапазоне режимов работы ГТД [1].

В современном мире науки достаточно много исследований по созданию модели процесса горения в камере сгорания газотурбинной установки, позволяющих прогнозировать характеристики выбросов.

Например, в 1998г. в Оксфорде на международном семинаре по проблемам вычислительной гидродинамики моделирование турбулентности (а именно, прямое численное моделирование и моделирование крупными вихрями) было признано одним из трех актуальных научных направлений (вместе с решением сопряженных задач аэромеханики и проблем окружающей среды). Следует подчеркнуть, что на протяжении полутора минувших столетий многие выдающиеся умы аэрогидромехаников внесли свой вклад в эволюцию взглядов на турбулентность и сегодня, на этапе индустриального развития вычислительной гидродинамики десятки и сотни тысяч специалистов во всем мире занимаются расчетами различных турбулентных течений [2].

Турбулентность выполняет важную роль при подготовке топлива воздушной смеси (ТВС) в камерах сгорания газотурбинных двигателей и установок. Примером является математическая модель Тумановского [1], которая основана на решении полной системы дифференциальных уравнений турбулентного переноса и замыкаемой моделями турбулентности и диффузионного горения, адекватно отражающая рабочие процессы в осесимметричных камерах сгорания, с помощью которой получены новые данные по интенсивности тепломассообмена и выгорания, полям концентраций оксидов азота в объеме камеры сгорания, по влиянию геометрических характеристик фронтального устройства на структуру температурного поля и температурный режим стенок пламенной трубы. На этой основе оптимизированы конструкции

камер сгорания для достижения минимальных вредных выбросов и высоких экономических показателей на переменных и рабочих режимах работы ГТУ.

Первые экспериментальные данные о влиянии турбулентности на распространение пламени были опубликованы Дамкёлером [3] для пламени в пропановоздушной смеси. Эти данные указывали на то, что скорость турбулентного распространения пламени является функцией скорости потока и не зависит от масштаба турбулентности. Многие из исследователей, в частности Карлович [6] и Вестенберг [3], показали увеличение турбулентности в пламени.

В работе [5] приводится, что в условиях камеры сгорания ГТД для определения эмиссий оксидов азота необходимо учитывать и другие параметры, которые определяются из выражений

$$\bar{N} = \frac{Z_s^2}{\Psi \tau} \quad Dm = \frac{\bar{N}}{K_1 K_e^{n-1}} \quad (1)$$

$$\tau = \rho_e V_{3,2} / G_e$$

тогда

$$EINO_x = \frac{10^3 \Psi}{Z_s^2 \rho_s} \mu_{NO_x} \omega_e^r \varphi(Dm) \tau, \quad (2)$$

где $EINO_x$ - индекс эмиссии оксидов азота.

Формулы (1), (2) характеризуют влияние неравновесности состава продуктов горения и времени реакции на конечную концентрацию NO_x . Вышеуказанные аналитические выкладки показывают, что на образование NO влияют не только величины таких параметров как температура - T , концентрации реагирующих веществ - Z , время пребывания и давление, но и их флуктуации. Например: неравномерность поля температур, структура течения газов в зоне высоких температур и турбулентность потока в горелке [4].

Таким образом, очевидно, что при проектировании камер сгорания необходимы так называемые турбулизаторы. Турбулизация путем закручивания воздушного потока влияет на характер образования NO_x . При закрутке воздушного потока увеличивается подсос рециркулирующих газов к корню струи, что может снизить C_{NO_x} за счет некоторого понижения температуры. С другой – интенсификация смешения топлива с воздухом укорачивает факел, увеличивает уровень максимальных температур в нем и сдвигает температуру-максимум к

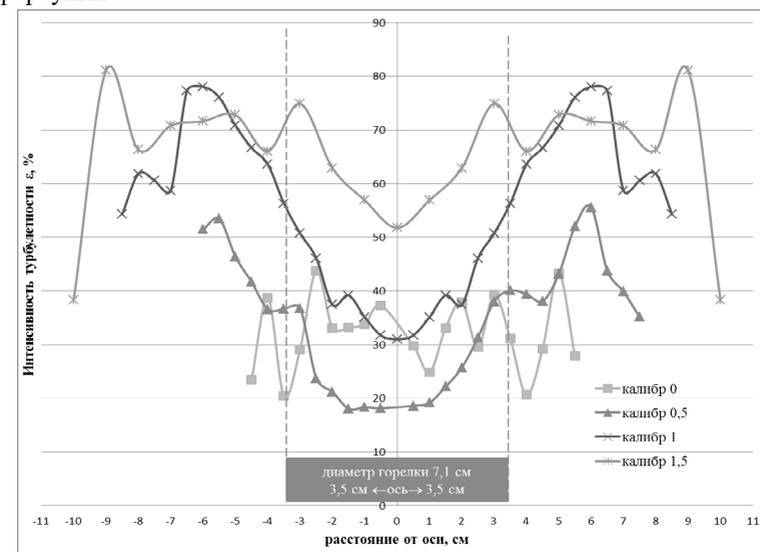
горелке. Это, в свою очередь, должно приводить к росту концентрации NO_x . Очевидно, при определенных условиях может преобладать тот или иной фактор, что и объясняет некоторые разночтения в литературе по поводу влияния степени закрутки потока в горелке на образование NO_x . [5].

Из-за сложных физико-химических процессов, протекающих в камерах сгорания, исследования влияния конструкций топливо сжигающих устройств, структуру потока необходимо провести в изотермических условиях. Поэтому были проведены экспериментальные исследования интенсивности турбулентности потока на выходе из микромодульной воздушной форсунки, которая описывается в работе [7].

Размеры исследуемой воздушной форсунки: диаметр 71 мм, длина 250 мм. На входе форсунки имеется один завихритель с $\beta=40^\circ$, а на выходе два завихрителя последовательно – угол первого $\beta=30^\circ$ (направление закрутки противоположенную сторону к входному), а второго $\beta=20^\circ$ (направление закрутки совпадает с входным).

Интенсивность турбулентности замерялась с помощью термоанемометра на выходе из исследуемой форсунки на расстояниях 0; 0,5; 1; 1,5 калибр. Результаты исследования приводятся на графике 1.

График 1 – Интенсивность турбулентности на выходе из воздушной форсунки



Как показывает анализ результатов изотермического исследования из графика 1. Интенсивность турбулентности на выходе из воздушной форсунки на больших расстояниях. При калибре 0 средняя интенсивность турбулентности составляет 31-32 %, а ширина распространения этой ε приблизительно равна диаметру форсунки. В калибре 0,5 пульсация средней скорости потока распространена в области превышающую диаметр микро модуля на 40%, а средняя ε в данной области $\approx 35\%$. С ростом калибра ширина области с высокой интенсивностью турбулентности тоже увеличивается, в калибрах 1 и 1,5 она составляет 140 и 180 мм соответственно. А средняя ε в этих же калибрах 55 и 65 %. Также из графика 1 заметно, что во всех калибрах по оси наблюдается низкая ε , а самые максимальные значения устанавливаются по краям области распространения интенсивности турбулентности. Это обусловлено тем, что выходной завихритель, который имеет угол установки лопаток $\beta=20^\circ$, сильно закручивает поток и поэтому в центре возникает зона низких давлений. А поток из-за преобладания тангенсальной составляющей скорости распространяется по сторонам, интенсивно смешиваясь с окружающим его потоком.

Если организовать подачу топлива или «обедненной» топливо воздушной смеси через такую воздушную форсунку, то можно обеспечить интенсивное турбулентное горение топлива. Завихрительные лопатки, смешивая топливо с окислителем, повысят флуктуацию их молекул, что в свою очередь приведет к улучшению экологических и энергетических характеристик процессов сжигания топлива в камерах сгорания ГТД.

Таким образом, зная интенсивность турбулентности за форсункой, я смогу вносить корректировку на эмиссии оксидов азота.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Тумановский А.Г. Разработки и исследования малотоксичных камер сгорания энергетических газотурбинных установок. Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.т.н. –Москва, 1993. -50 с.
- 2 Белов И.А., Исаев С.А. Моделирование турбулентных течений. Учебное пособие. Балт.гос. техн. ун-т. СПб., 2001. 108 с.
- 3 Гупта А. и др. Закрученные потоки: Пер. с англ./Гупта А., Лилли Д., Сайред Н. – М.: Мир, 1987.
- 4 Кузнецов В.Р. Образование окислов азота в камерах сгорания ГТД// Труды ЦИАМ.- N 1086, 1933.
- 5 Механизм образования оксидов азота [Электронный доступ]. - Режим доступа: <https://poznayka.org/s82830t1.html>

6 Lilley D. G., Int. J. Computers and Fluids, 4, p. 45 (1976)

7 Достияров А.М., Достиярова А.М., Садыкова С.Б., Картджанов Н.Р. Микро модульные воздушные форсунки для кольцевой камеры сгорания ГТД / Вестник КазНУТУ №6 (2019), с. 451-456.

ОБЗОР ПРОБЛЕМ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА

САРАКЕШОВА Н. Н.

м.т.н., ассистент, Казахский Арготехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

Развитие высокоэффективных энергосберегающих технологий является на сегодняшний день задачей государственной важности. Это объясняется, в основном, значительно более высокой (в 3 - 4 раза), чем в экономически развитых странах Западной Европы и Америки, энергоемкостью промышленного и сельскохозяйственного производства, значительными затратами энергии в жилищно-коммунальном хозяйстве, приводящими к нерациональному расходованию невозполняемых запасов органического топлива, излишним затратам общественного труда. Принятый закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.01.2019 г.), последовавшие за ним подзаконные акты определяют основные направления деятельности научных и производственных организаций, в том числе в повышении и в развитии энергосберегающих технологий.

Одним из направлений экономии невозполняемых запасов органического топлива является применение для генерации установок, работающих с использованием энергии возобновляемых источников. Генерация электроэнергии и теплоты на установках, использующих энергию возобновляемых источников, является на сегодняшний день одним из бурно развивающихся направлений развития мировой энергетики. Доля энергии, генерированной с их применением в общем энергетическом балансе, со временем непрерывно возрастает.

Традиционно к возобновляемым источникам относят энергию солнца, ветра, геотермальную энергию Земли, гидроэнергию. Возобновляемым источником энергии является также и биотопливо. К биотопливу относятся древесина, солома, продукты переработки растительной массы, а также отходы животноводства и птицеводства.

Биотопливо используется в твердом, жидком и газообразном виде. Биотопливо в газообразном виде носит название биогаз.

Истощение запасов нефти и традиционных энергоресурсов, рост цен на них и обострение экологических проблем обусловили глобальный интерес к разработке и использованию биогазовой технологии для получения механической, тепловой, электрической энергии и биоудобрений. Биогазовая технология может быть использована для переработки многих видов органических отходов, навоза, сточных вод, отходов сельскохозяйственных культур и производства, улучшая экологическую обстановку местности. Тот факт, что животные неполно усваивают энергию растительных кормов и более половины этой энергии уходит в виде навоза, позволяет рассматривать последний не только как ценное сырье для органических удобрений, но и как мощный возобновляемый источник энергии.

Одним из перспективных видов альтернативного моторного топлива, производимого из местного биосырья, является биогаз, индустрия которого появилась за короткий промежуток времени во многих странах мира. Если в 1980-х годах в мире насчитывалось около 8 млн. установок для получения биогаза суммарной мощностью в 1,7-2 млрд. м³ в год, то в настоящее время данные показатели соответствуют производительности только одной страны - Китая.

Пионером в коммерческом использовании биогазовых заводов для получения биогаза является Дания. Суммарная годовая энергетическая мощность производителей биогаза Дании, получаемого из всех источников, в настоящее время составляет от 4 до 6-1015 Дж, а к 2008г. планируется дальнейшее увеличение до 8-1015 Дж. В Дании эксплуатируется 18 биогазовых заводов, способных ежегодно обрабатывать 1,2 млн.т. биомассы (75% отходов животноводства и 25% - других органических отходов), давая при этом до 45 млн. м³ биогаза, что эквивалентно 24 млн. м³ природного газа.

В США работают более десяти крупных биогазовых заводов, один из которых подает вырабатываемый биогаз в газораспределительную сеть Чикаго. В США получили широкое распространение установки для использования отходов на небольших скотоводческих фермах с поголовьем до 150 единиц крупного рогатого скота.

В фермерских хозяйствах Европы и Канады распространены установки производительностью до 100 - 200 м биогаза, что обеспечивает хозяйство тепловой энергией летом на 100%, а зимой - 30-50%. Большое количество биогаза производится также и при переработке твердых бытовых отходов городов: в США - 9 • 1015

Дж., Германии - 14 • 1015 Дж., Японии - 6 • 1015 Дж, а в Швеции - 5 • 1015 Дж. [1, с. 11-15, 2, с. 2].

В Китае эксплуатируется более 5 млн. семейных биогазовых реакторов, ежегодно производящих 1,3 млн. м³ биогаза, что обеспечивает газом для бытовых нужд свыше 35 млн. человек. Действует 24 000 биогазовых очистительных сооружений для обработки отходов городов; работают около 190 биогазовых электростанций с ежегодным производством 3-109 Вт.ч. Биогазовая продукция Китая оценивается в 33-1015 Дж [3, с. 224, 4, с. 140].

Одним из путей рациональной утилизации навоза и других органических отходов является их анаэробное сбраживание, что обеспечивает обезвреживание и сохранение их как органического удобрения при одновременном получении биогаза.

Биогаз - это смесь из 50-80% метана CH₄, 20-50% углекислого газа CO₂, 1% сероводорода (H₂S) и незначительных следов азота N₂, кислорода O₂, и водорода H₂, а так же продуктов метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения, осуществляемого специфическим природным биоценозом анаэробных бактерий различных физиологических групп. Энергия, заключенная в 1 м³ биогаза (20-25 МДж), эквивалентна энергии 0.6 м природного газа, 0.74 л нефти или 0.66 л дизельного топлива. Соотношение CH₄ и CO₂ зависит от исходного субстрата и характеристики процесса брожения (температуры, времени пребывания массы в реакторе и загрузки его рабочего пространства).

Использование биогаза как топлива возможно как при его сжигании в котлах для производства теплоты в виде пара или жидкого теплоносителя, так и при сжигании в камерах сгорания газотурбинных установок и в цилиндрах газопоршневых агрегатов. Наличие в сыром биогазе значительной доли (30-50 %) негорючих газов, в первую очередь двуокиси углерода, делает использование биогаза в ГТУ и ГПА более предпочтительным, чем в котлах, т.к. в этих случаях CO_г выступает в качестве части рабочего тела этих установок. При сжигании же в топках котлов CO₂ является балластом. Однако сжигание биогаза в котлах для получения теплоты также нашло практическое применение, и использование такого рода установок может привести к достижению положительного результата.

Теплотворная способность биогаза оставляет 22.29 МДж/ м и 1 м³ его эквивалентен 0,7-0,8 кг условного топлива. В результате брожения из 1 т органического вещества (по сухой массе) получается 350.600 м³ биогаза, при этом КПД превращения энергии органических веществ в биогазе 80.90%. [5, с. 15-30, 4, с. 141, 6, с. 11-15].

Эффективность использования биогаза составляет 55% для газовых плит, и от 24% для двигателей внутреннего сгорания. Наиболее эффективный путь использования биогаза - это комбинация тепловой и электрической энергии, при которой можно достичь до 88% эффективного КПД, что является лучшим видом использования биогаза для крестьянских ферм и отдельных хозяйств [7, с. 72-77].

По своему химическому составу, биогаз напоминает природный газ и может быть применен в автотракторных двигателях внутреннего сгорания. По данным Шведских и Швейцарских ученых, биогаз может использоваться в ДВС, так как по экологическим характеристикам биогаз на 75% чище дизельного топлива и на 50% чище бензина. Токсичность биогаза для человека на 60% ниже традиционного топлива. Продукты его сгорания практически не содержат канцерогенных веществ. Влияние отработавших газов двигателей, работающих на биогазе, на разрушение озонового слоя на 60-80% ниже, чем у нефтяных видов топлива [8, с. 2-3].

Однако создание ДВС, работающих на газе с такой низкой теплотой сгорания как у биогаза, представляет определенные трудности. Они обусловлены необходимостью сохранения мощности и экономичности работы базового двигателя на эксплуатационных режимах, сохранения его надежности, обеспечения устойчивости на всех режимах, минимальных конструктивных доработок базового двигателя и т.д. В этой связи целесообразнее использовать не биогаз, а получаемый из него биометан. Для этого из биогаза удаляют CO_2 , водяной пар, сероводород и другие примеси. Очистка биогаза от двуокси углерода (CO_2) может производиться различными способами. К наиболее распространенным методам относятся: промывка газов через жидкие поглотители (например, воду), вымораживание, адсорбция при низких температурах, после чего полученный газ имеет практически однородный состав, содержащий 90,97 % CH_4 с теплотой сгорания 35,40 МДж/м³. [9, с. 92-104, 6, с. 11-15, 10, с. 56, 11, с. 140-160].

Переработанные в биогазовых реакторах органические отходы превращаются в ценные биоудобрения, которые содержат значительное количество питательных веществ, и могут быть использованы в качестве органических удобрений и кормовых добавок. Образующиеся при сбраживании гумусные материалы улучшают физические свойства почвы, а минеральные вещества, служат источником энергии и питанием для деятельности почвенных микроорганизмов, что способствует повышению усвоения питательных веществ растениями. Основное преимущество биоудобрения заключается в сохранении легко

усваиваемой формы практически всего азота и других питательных веществ, содержащихся в исходном сырье [10, с. 56, 12, с. 52-29].

Выбор метода определения эффективности энергогенерирующих установок является исключительно важной задачей. Анализ методологических подходов авторов показывает, что для анализа термодинамической эффективности установок, генерирующих один вид энергии, рекомендуется применение энергетического метода термодинамического анализа и использование энергетического коэффициента полезного действия, являющегося отношением полученной полезной энергии к ее затратам. При анализе же термодинамической эффективности установок, генерирующих энергию различных видов [13, с. 296, 14, с. 158, 15, с. 288], рекомендуется использовать эксергетический метод термодинамического анализа.

Рассматриваемые в работе установки в большинстве своем являются установками когенерационного типа, вырабатывающими электроэнергию и теплоту, которые представляют собой энергии различного вида. По этой причине в работе был применен эксергетический метод термодинамического анализа.

Следует отметить, что, несомненно, при решении вопросов внедрения тех или иных установок, либо внесения тех или иных схемных, конструктивных или режимных изменений в существующих установках, необходимо основываться на методе определения технико-экономических показателей установок. Однако определение термодинамической эффективности представляет собой составную часть метода определения технико-экономических показателей. Термодинамический анализ показывает границы возможного применения рассматриваемых технических решений. Кроме того, термодинамический анализ, позволяющий определить эксплуатационные экономические характеристики, входящие в технико-экономические показатели, играет важную роль в решении вопросов внедрения оборудования.

Точность определения эффективности применения энергосберегающих мероприятий в энергогенерирующих установках, представительность полученных при анализе результатов в значительной степени зависит от правильного выбора критериев и методов оценки эффективности. Так, при исследованиях эффективности работы установок одновременно генерирующих энергию различных видов (например, электроэнергию и теплоту) предпочтительно использовать эксергетический метод термодинамического анализа, основанный на определении эксергетического КПД установки.

В настоящей работе предложена модификация эксергетического метода термодинамического анализа, то есть метод разности эксергетических КПД. Предложенный метод основан на определении изменения эксергетического КПД установок после проведения каких-либо энергосберегающих мероприятий - технологических или конструктивных усовершенствований, направленных на повышение их энергетической эффективности, и влияния различных факторов на это изменение эксергетического КПД. Предложенный метод, принципиально не отличаясь от традиционного метода эксергетического анализа, позволяет упростить оценку эффективности внедрения энергосберегающего мероприятия, особенно в тех случаях, когда существует несколько возможных способов повышения энергетической эффективности работы какого-либо устройства, сравнить ожидаемые результаты внедрений энергосберегающих мероприятий между собой.

Непрерывное увеличение потребление газа в мире, а также повышенные экологические требования к действующим и создаваемым энергетическим объектам, необходимость значительного повышения энергетической эффективности экономики Казахстана требуют существенного развития научных исследований в этой области знаний. Настоящая работа - это попытка внести посильный вклад в развитие научных знаний в области повышения эффективности работы энергогенерирующего оборудования энергетических систем и комплексов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кириллов, Н. Г. Альтернативные виды моторного топлива из биосырья для с/х автотракторной техники, достижения науки и техники в АПК, № 2, 2002. стр 11-15.
- 2 Schumacher L.G., Borgelt S.C., Hires W.G.: Fueling a Diesel Engine with methyl ester soybean oil. // Liquid Fuels from Renewable Resources- Proceedings of an Alternative Energy Conference. Nashville, TN. 1992.
- 3 Мамедова М.Д., Васильев Ю.Н. Транспортные двигатели на газе. М.: Машиностроение, 1994. -224 с.
- 4 Ибрагим Ахмед Руфай. Использование вторичного тепла автономных энергоустановок для анаэробной переработки навоза. Диссертация ФГОУ ВПО «Ргаг университет МСХА имени К. А. Тимирязева, канд. тех. наук. -М.: 2006. 140 с.
- 5 В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер, Биогаз Теория и Практики, перевод с немецкого и предисловие М. И. Серебряного, УДК 631.371:63.002.8 Москва, КОЛОС, 1982, 15-140 с.

6 Кириллов, Н. Г. Альтернативные виды моторного топлива из биосырья для с/х автотракторной техники, достижения науки и техники в АПК, № 2, 2002. стр 11-15.

7 Чумаков В.Л., Эффективное использование продуктов анаэробного сбраживания навоза. Текст. / Чумаков В.Л., Имад С.С. Белаль. // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. Горячкина. Агроинженерия. № 3(23) 2007. - С. 72-77.

8 Кримов Николай. На чем поедем в XXI веке?: Альтернативные моторные топлива. // Энергетика и промышленность России. №3., 2002.

9 Гелатуха Г.Г., Железная Т.А., Маценюк З.А. Концепция развития биоэнергетики в Украине./ Промышленность техника, 1999. Т.21. №.6. С. 94-102.

10 AOAD, Agricultural Information, Documentation and Statistics Center, 2003.

11 CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Energy and Biomass Engineering, volume V, LCCN98-93767, ISBN0-929355-97-0 Published by ASAE 1999. PP-140-160.

12 Насоновский М.Л., Савченко В.И., Митрохин П.А.: Надежность двигателя внутреннего сгорания при использовании альтернативных видов топлив. Сборник научных трудов МГАУ имени В. П. Горячкина. / под редак. Г.М. Кутькова. М. 1999. С. 52-59.

13 Бродянский В.М. Эксергетический метод термодинамического анализа. / М.: Энергия, 1973. - 296 с.

14 Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: Учебное пособие для вузов. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 158 с.

15 Бродянский В.М., Фратшер В., Михалек к. Эксергетический метод и его приложения. Под ред. В.М. Бродянского. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 288 с.

СНИЖЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ФУТЕРОВКАХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ АГРЕГАТОВ

КАРМАНОВ А. Е.

PhD, ассоц. профессор, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ТАЙЖАНОВА К. С.

магистрант, кафедра «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

На современном этапе развития производство не стоит на месте, а стремительно расширяется. Современные технологии позволили увеличить масштабы различных производств, но это увеличение также требует увеличения потребления энергоресурсов, которые имеют свой ограниченный запас, что в итоге приводит к истощению природных ресурсов. Таким образом, проблема сокращения энергоресурсов, при увеличивающемся спросе на них становится одной из глобальных проблем человечества. Эта проблема с каждым годом приобретает все большую актуальность, это связано как с осознанием факта их ограниченности, так и с интенсивно увеличивающимся потреблением.

Высокотемпературные агрегаты (нагревательные, сушильные, обжиговые плавильные устройства и ковши для разлива стали и других металлов), футеруются огнеупорными материалами. Срок службы высокотемпературных агрегатов, во многом, определяется сроком службы футеровки. При термическом воздействии на футеровку печи возникают такие физические явления, как термическое расширение, пластическая деформация и растрескивание, которые определяют возможность осуществления термотехнологического процесса, стойкость футеровки без нарушения геометрических форм рабочей камеры, длительность эксплуатации и технико-экономические показатели процесса получения целевого продукта

При разогреве и работе оборудования в футеровке возникают термические напряжения. Причина их возникновения заключается в неравномерном распределении температуры в различных частях кладки или ограничении возможности теплового расширения тела. Как правило, к термическим напряжениям, разрушающим материал, ведёт слишком высокая скорость разогрева агрегатов. Для предотвращения разрушения футеровки под действием возникающих при нагревании, необходимо ее работу вести в режиме, обеспечивающем величину скорости роста напряжений ниже скорости их релаксирования. Но, с другой стороны, чрезмерное затягивание процесса разогрева

приводит не только к перерасходу топлива, но и увеличению простоя оборудования в ремонте, что также сказывается на себестоимости продукции. Таким образом, процесс разогрева необходимо вести с максимально возможными скоростями, обеспечивающими возникновение температурных напряжений не превышающих предел прочности материалов футеровки при данной температуре.

Пусковые операции очень ответственны для оборудования, обеспечивающего эти режимы, так как требуются максимально высокие значения таких показателей надежности, как готовность к использованию, достоверность функционирования и безотказность [1].

Последовательность операций при пуске и разогреве высокотемпературных агрегатов определяется как техникой безопасности, так и необходимостью повышать рабочую температуру в агрегате с такой скоростью, которая диктуется назначением установки и видом огнеупорных материалов, из которых высокотемпературный агрегат выполнен. Эти операции следующие: подготовка к разогреву агрегата и разогрев агрегата.

Здесь играют роль две составляющих: с одной стороны – высокая скорость разогрева необходима для быстрого запуска агрегата в работу с сокращением времени простоя и увеличением длительности рабочей кампании агрегата, что для предприятий выгодно и с экономической (получение большего количества продукции и прибыли), и с технической (сокращение времени пусковых операций) точки зрения. С другой стороны, неоправданное повышение температуры может привести к нарушению целостности обмуровки (футеровки), что приведёт к экономическим затратам и дополнительному простоям оборудования в ремонте.

Подготовка к разогреву агрегата начинается с тщательного визуального осмотра установки и очистки установки от строительного мусора. Вслед за этим выполняется сушка агрегата. Различные виды растворов, которые применяют для выполнения огнеупорной кладки, а также сами огнеупорные материалы содержат влагу.

Если не выполнить предварительную сушку установки, то при резком подъеме температуры вода начнет интенсивно испаряться, что приведет к растрескиванию кладки [2].

Сушку выполняют:

- воздухом или дымовыми газами (за счёт конвекции);
- открытым пламенем (за счёт излучения).

При проведении процесса сушки воздухом или дымовыми газами имеется значительное преимущество – легче разработать и использовать

схему, в соответствии с которой проводить процесс регулирования температуры потока и, как следствие, температуры поверхности футеровки и скорости её прогрева. При разогреве футеровки излучением сложнее регулировать тепловой поток на футеровку, особенно на начальном этапе разогрева. Для этого необходимо производить розжиг высокотемпературного агрегата с помощью ряда горелок, для которых необходимо предусмотреть последовательность включения при условии сохранения геометрического расположения контура факела.

Факел создаётся горелками, установленными с условием соблюдения равенства углов между ближайшими осями, проходящими через центры минимум двух горелок на стенде с учетом того, что одна из них располагается в центре верхней плоскости стенда, при этом значение углов α рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{n-1}, \quad (1)$$

где n – общее количество горелок, выбираемое в зависимости от требуемой максимальной тепловой мощности и от которого зависит режим включения горелок.

Если количество горелок не более четырёх, то после включения центральной горелки производят одновременное включение остальных горелок, а если количество горелок больше четырёх, то после включения центральной горелки включение остальных горелок производят в две стадии, при этом на первой стадии – включаются периферийные горелки через одну, а на второй – все оставшиеся.

Запуск ВТА должно проводиться с соблюдением определенных правил с целью избежания возможных взрывов. Перед запуском горелок (форсунок) необходимо:

1 проверить установку, чтобы исключить всякую возможность непредвиденного скопления газа в каких-либо элементах объема установки или скопления мазута на поду или в других местах;

2 проверить состояние устройства для сжигания топлива, трубопроводов и задвижек (кранов), установленных на трубопроводах;

3 обеспечить установку форсунок и горелок точно по оси горелочного отверстия;

4 плотно закрыть все задвижки и вентили на мазутопроводах, газопроводах и воздухопроводах, так как в дальнейшем их следует открывать в строго установленном порядке.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кашеев И.Д. Стрелов К.К. «Испытание и контроль огнеупоров» М-«интернет инжиниринг» 2003.

2 Режим сушки и первого разогрева следует контролировать с помощью технологических термомпар. Инструкция по выполнению футеровок тепловых агрегатов методом торкретирования ВСН 412-80, М: 1980.

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨНДІРУ ҮШІН АЗ КӨМІРТЕКТІ ТЕХНОЛОГИЯ ҮШІН ҚАЗАҚСТАНДЫҚ КӨМІРДІ ГАЗДАНДЫРУДЫ ПАЙДАЛАНУ

ТЮТЕБАЕВА Г. М.

т.ғ.к., аға оқытушы,

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ.

ТОЙЫНБЕКОВА А. Қ.

магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ.

Қазақстанның отын ресурстарының негізгі түрлерінің бірі көмір болып табылады, олардың қорлары республиканың алыс перспективаға деген ішкі қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін ғана емес, сондай-ақ экспортқа да жеткілікті. Республикада Қазақстанның индустриялық орталықтарына қатысты тиімді географиялық жағдайы бар 400-ге жуық кен орны бар. Болашақта көмірдің негізгі тұтынушылары Қазақстанның солтүстік және шығыс өңірлерінің жылу электр станциялары мен ірі қазандықтары болып қалады.

Республиканың жұмыс істеп тұрған көмір кен орындарында көмір өндіруді дамытудың әлеуетті техникалық мүмкіндіктері 2030 жылға қарай жылына 121,8 млн.т бағаланады.

Кесте 1 – ҚР көмір өндіру болжамы

	Болжам, млн тонн		
	2020 ж.	2025 ж.	2030 ж.
Көмір өндіру	107	112	120
Экспорт	27	27	27
Меншікті қажеттілік	80	85	93

Электр станцияларының қазандық агрегаттарында органикалық отынды жағу кезінде қоршаған ортаға зиянды шығарындылардың эмиссиясын азайтудың бірнеше жолдары мен әдістері бар:

Көмірдің минералдық бөлігі мен күкіртті қосылыстарын физикалық және химиялық тазалау әдістерімен дайындау сатыларында жағуға немесе өндеуге дейін жою:

Отынды жағу процесін режимдік және конструкциялық факторлармен оңтайландыру арқылы көмірді жағу сатысында азот оксидтерінің түзілуін бәсеңдетуді, оттыққа күкірт диоксидінің қосылуын қамтамасыз ететін тиісті реагенттер-жұтқыштарды беруді тікелей қамтамасыз ететін;

Электр энергиясын өндірудің елеулі ПӘК-ін ұлғайтуды қамтамасыз ететін көмірді жағудың жаңа технологияларын әзірлеу:

Көмірдің минералдық бөлігі мен күкіртті қосылыстарын цикл ішіндегі қайта өндеу - газдандыру, пиролиз, күйдіру жолымен алып тастау;

Тиісті газ тазарту аппараттарын орнату арқылы күлден, күкірт оксидінен және азоттан шығатын түтін газдарын тазарту.

Перспективада 2030 жылға дейін көмірді өндіру және кешенді қайта өндеу жөніндегі жаңа технологияларды енгізу, оның ішінде кенбайлықтардың компоненттерін неғұрлым толық пайдалануға және айналымға тасталған және баланстан тыс кен орындарын тартуға мүмкіндік беретін көмірді газдандыруды енгізу көзделеді.

Отын циклішілік газдандыруы бар газ генерациялайтын - бу-газ қондырғысы бар энергетикалық бу-газ қондырғысының симбиозын әзірлеу негізіне химиялық өнеркәсіпте пайдаланылған газдандырудың технологиялық процестері мен энергетикалық қондырғылардың талаптарын қанағаттандыратын газ генерациялайтын жабдықтар алынды.

Жүргізілген зерттеулер көрсеткендей, мұндай симбиоздан ең үлкен техникалық-экономикалық және экологиялық әсер алу үшін газ генерациялайтын қондырғы БГҚ құрамына толығымен интеграциялануы тиіс. Бұл ретте бу-газ технологияларын пайдалану көмір энергетикасын дамытудың неғұрлым перспективалы бағыты болып табылады деп есептеледі. Шаң-көмірмен салыстырғанда осы технологияның маңызды артықшылығы олардың жоғары экологиялық сипаттамалары болып табылады.

Қазіргі уақытта газ генераторлы процестердің 70-тен астам түрі бар, олардың бір бөлігі өнеркәсіптік масштабтарда пайдаланылады.

Бұл процестер екі негізгі сыныпқа бөлінеді. Газдандырылатын материалды және газдандырушы құралдарды газдандыру

температурасына (900-1200°C) дейін қыздыру үшін эндотермиялық процестерді жүргізу үшін қажетті жылу газдандырылатын отынның бір бөлігін көміртегі диоксидіне дейін оттегіде жағу есебінен жүргізілетін газдандырудың автоотермиялық процестері. Автоотермиялық процестерде отынның бір бөлігін жағу және газдандыру бірыңғай газ генераторлық көлемде бірге өтеді [1, 34 б.].

Газдандырудың алотермиялық процестерінде жағу және газдандыру бөлінген және жылу газдандыру процесінің шығу тегі үшін бірыңғай газ генераторлық көлем ішіндегі жылу беруші қабырға арқылы немесе газдандырылатын ортаға енгізілетін автономды қыздырылған жылу тасымалдағыштың көмегімен жүргізіледі [2, 23 б.].

Қазіргі уақытта көмірді газдандырудың өнеркәсіптік процестерінің әртүрлі модификациялары игерілген. Егер қазіргі заманғы өнеркәсіптік газ генераторларының конструктивтік ерекшеліктері мен жұмыс істеу принципін талдасақ (қазіргі уақытта Өнеркәсіптік масштабқа газ генераторларының тағы оннан астам құрылымы жеткізілген), төрт негізгі инженерлік шешімді бөліп көрсетуге болады.

1. 1926 жылы қайнаған қабаты бар газ генераторын Фриц Винклермен (BASF концерні) құру. Бұл технология HTW (Hoch-Temperatur Winkler) және KRW (Kellogg-Rust-Westinghouse) және т.б. қазіргі заманғы процестерге негіз болды.

2. 1932 ж. «Лурги» фирмасының 3 МПа қысыммен жұмыс істейтін қабаттық газ генераторын әзірлеуі. Газдандыру процесін қарқындалу үшін жоғары қысымды пайдалану барлық заманауи өнеркәсіптік газ генераторларда іске асырылған.

3. 1944-45 жылдары сұйық қож шығаратын шаңкөмір газ генераторын Генрих Копперс және Фридрих Тотцек әзірлеу. Бұл типтегі бірінші өнеркәсіптік аппарат 1952 жылы Финляндияда салынған. Сұйық қож шығаратын газдандырудың шаңкөміртекті принципі Копперс - Тотцек газ генераторы негізінде, Техасо аппаратында және т.б. әзірленген Destec, Shell, Prenflo өнеркәсіптік аппараттарында іске асырылған.

4. Техасо фирмасының 1950-ші жылдары ауыр мұнай қалдықтарын өндеу үшін газдандырыштарды әзірлеуі. Барлығы 160-тан астам осындай қондырғылар салынған. 1970-ші жылдары сукөмір суспензиясын газдандыру үшін Техасо аппаратының модификациясы жасалды. Көмірді аппаратқа сукөмір суспензия түрінде беру принципі Destec газ генераторында да қолданылды.

Қазіргі уақытта жаңа газ генераторларын құру үшін басқа да бірқатар техникалық шешімдер дамуда. Оларға жатқызуға болады:

✓ сыртқы жылу тасымалдағышты, оның ішінде ядролық реактордың жылуын пайдалану; тұздар, темір, кож балкымаларында газдандыру:

- ✓ екі-үш сатылы газдандыру;
- ✓ плазмадағы газдандыру;
- ✓ каталитикалық газдандыру;

Көмірді газдандырудың өнеркәсіптік технологияларын құру бойынша жұмыстарды талдау келесі технологиялық қағидаттар іске асырылған газ генераторы неғұрлым перспективалы деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

- ✓ бір сатылы автотермиялық реакторды пайдалану;
- ✓ ұсақ дисперсті отынды пайдалану, әдетте, 100 мкм дейін;
- ✓ жоғары қысымды пайдалану-көп жағдайда 3 МПа. Жоғары қысымды пайдалану әрекеті тиімсіз болды, өйткені конструкцияның күрделенуіне және сенімділіктің азаюына әкелді;
- ✓ жоғары температурадағы газдандыру-1500-2200°C. Жоғары шегі конструкциялық материалдардың ыстыққа беріктігімен, ал төменгі - калыпты сұйық кож шығару температурасымен шектеледі.

Кесте 2 – Әр түрлі көмірді газдандырғыштардың негізгі сипаттамалары

Атауы	Газификатор түрі		
	үйінді қабаты бар	қайнаған қабатымен	ағынмен газдандыру арқылы
Шығарылатын күлдің жағдайы	Құрғақ, сұйық	кұрғақ, агломерацияланған	сұйық
Жүктелетін көмірдің жағдайы	кесек	ұнтақтағыш	Шаң, су-көмір суспензия
Оттегіге қажеттілік	Шағын	Жоқ немесе орташа	жоғары
Шығыстағы газдардың температурасы, °С	430-540	870-980	1260-1500
Процестің ерекшеліктері	Генераторлық газда көмірсутектер, шайыр және май бар	Ұшу жылдамдығы жоғары жанғыш заттың болуына байланысты қажет	Көмірдің химиялық энергиясының көп мөлшері жылуға өтеді

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Сүлейменов К. А. Стационарлық және айналмалы қайнаған қабатпен оттықтардағы төмен сортты көмірді жағу және газдандыру

технологиясын әзірлеу. Техника ғылымдарының докторы ғылыми дәрежесін алу үшін диссертация.

2 Жылу электр станцияларына арналған технологиялар. Жылу энергетикасы, 1999 ж., № 8, 20-25 б.

3 Ш. Ч. Чокин, Т. С. Сартаев, А. Ф. Шкрет. Қазақстанның энергетика және электрлендіру. Алма-Ата, Ғалым, 1990 ж. 334 б.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ АГРЕГАТОВ ТЭС

ТҮРКИСТАН А. Т.

магистрант, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

АКАЕВ А. М.

доктор PhD, доцент, Восточно-казахстанский государственный технический университет имени Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ОРАЗОВА Г. О.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ТАЛИПОВ О. М.

доктор PhD, асоп. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Тепловая электрическая станция (ТЭС) – сложная многокомпонентная система, состоящая из большого числа подсистем и агрегатов [1]. При проектировании и эксплуатации ТЭС некоторым агрегатам уделяется недостаточно внимания, их тепловые потери считаются естественными. К таким агрегатам и системам можно отнести турбогенераторы, трансформаторы ТЭС, систему смазки подшипников вала турбины и турбогенератора, систему непрерывной продувки котлов. Потери теплоты ряда рабочих сред, например, отработавшего пара турбин, традиционно считаются неизбежными из-за низкого потенциала теряемой теплоты, хотя наличие низкопотенциальных теплопотерь ведет к существенному понижению энергетической эффективности ТЭС. Только в конденсаторах турбин крупных электростанций теряется до 500 МВт тепловой мощности.

С учетом этого одним из наиболее актуальных вопросов эксплуатации ТЭС является разработка технологий, позволяющих регенерировать (возвращать в цикл) теплоту низкого потенциала. Одним из путей решения этой задачи является использование низкотемпературных потоков топлива и воздуха, потребляемых котлами ТЭС, в качестве хладагентов агрегатов и сред – источников низкопотенциальных выделений.

Рассмотрим тепловую электростанцию как систему, состоящую из совокупности агрегатов, работающих с потоками энергии. По существу, ТЭЦ - это механизм преобразования химической энергии топлива в полезную электрическую и тепловую энергию. Как любой механизм станция имеет определенный КПД, это означает, что часть энергии топлива уходит из цикла станции в виде ряда побочных потоков энергии, которые включают в себя потери теплоты с уходящими газами, с продувочной водой, с отработавшим паром турбин, в электроагрегатах, за счет трения в механических устройствах и т.д.

В то же время существует ряд потоков, поступающих в цикл станции извне, они обладают низким физическим потенциалом, близким к потенциалу окружающей среды. К ним можно отнести подпиточную воду, дутьевой воздух и топливо [2].

Принцип регенерации теплоты на ТЭЦ заключается в передаче части теплоты, рассеиваемой при преобразовании химической энергии топлива в полезную энергию, низкопотенциальным средам, используемым в цикле станции. Примерами являются: подогрев воздуха и питательной воды уходящими газами, использование продувочной воды для подогрева топлива, подогрев питательной и добавочной питательной воды паром отборов и конденсатом турбин.

Основной проблемой при регенерации теплоты низкого потенциала является низкие значения температурного напора между потоками выделяемой теплоты и средами, поступающими в цикл станции, что усложняет теплообмен между ними [3].

Практически все основные агрегаты электростанции имеют определенные тепловыделения. Общие сведения обзорного характера приведены в таблице 1. Агрегаты и рабочие среды со значительными тепловыделениями рассмотрены более подробно ниже.

Таблица 1 – Тепловыделения различных агрегатов ТЭС, способы их регенерации, теряемая теплота

Система, агрегат	Элемент системы	Тепловые потоки	Регенерация	Потери теплоты
Котел		уходящие газы	Регенерируют часть теплота в хвостовых поверхностях нагрева (водяных экономайзерах, Воздухоподогревателя)	Отводят через трубу в атмосферу при 120 - 180 °С
		продувочная вода	Расширяют в сепараторах непрерывной продувки, после чего охлаждают, используют в охладителях непрерывной продувки для нагрева питательной воды	Рассол сбрасывают в канализацию при 70 °С
		через ограждения	Осуществляют отопление котельного цеха	Потери в окружающую среду
		шлаки и зола	-	Сбрасывают на золоотвалы
		ограждения	-	Теплота уходит в атмосферу
	Мельницы	масло	-	Охлаждают в масловодяных теплообменниках технологической водой, воду охлаждают в градирнях атмосферным воздухом
	сушильный агент	Нагретый воздух подают в топку при замкнутой схеме 1781	Отводят в атмосферу, через дымовую трубу при разомкнутой схеме	
Паротурбинные установки	турбина	масло		Охлаждают в водяных маслоохладителях с 65 до 40 °С воду охлаждают в градирне.
	турбо генератор	водород воздух	Воздух, при воздушном охлаждении используют для отопления [66]	Водород охлаждают с 95 до 40 °С технологической водой, которую охлаждают в градирнях
	трансформатор	масло	-	Трансформаторное масло охлаждают в воздушных маслоохладителях с 90 до 40 °С, путем пропускания атмосферного воздуха через них, воздух отводят в атмосферу
	конденсатор	отработавший пар	Устраивают встроенный теплофикационный пучок в конденсаторе, который используют как первую ступень подогрева сетевой воды	Охлаждают технологической водой при температуре 34-40 °С, которую охлаждают в градирнях, прудах-охладителях или сбрасывают в водоемы
		эжектируемая паровоздушная смесь	-	Выбрасывают эжекторами во внутреннее пространство главного корпуса ТЭЦ

Система водо-подготовки	градирня	теплота технологической воды	-	Охлаждают атмосферным воздухом с 40 до 20 °С
	деаэраторы	выпар	Используют выпар для подогрева питательной воды	Охлажденный до 40 - 100 °С выпар отводят в атмосферу
	декарбонизаторы	нагретый воздух (выпар)		Отводят в атмосферу
Топливная система	емкости разогретого мазута	ограждения	-	Теплота уходит в атмосферу
Тепловые сети	через стенки	-	Теплота уходит в окружающую среду	

Исходя из анализа данных тепловыделения агрегатов ТЭС, целью работы является разработка технологий повышения ее экономичности путем регенерации низкопотенциальных потоков теплоты агрегатов и систем станции. В ходе решения поставлены следующие задачи:

- 1) выявление агрегатов и систем - источников «бросовой» низкопотенциальной теплоты на тепловых электростанциях [4];
- 2) разработка общей концепции повышения энергетической эффективности ТЭС путем регенерации низкопотенциальной теплоты;
- 3) разработка технических решений, позволяющих реализовать на практике разработанную концепцию повышения энергетической эффективности с использованием низкотемпературных потоков дутьевого воздуха;
- 4) исследование энергетической и экологической эффективности разработанных технологий [5].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика Текст.: Учебное пособие / Г.Н. Абрамович. - М.: Наука, 1991. 600 с.
- 2 Агабабов, В.С. Влияние детандер-генераторных агрегатов на тепловую экономичность тепловых электрических станций Текст.: автореф. дис. . докт. тех. наук. : 05.14.14 / Агабабов Владимир Сергеевич. М., 2003. - 37 с.
- 3 Аксенов, Д.Т. Использование энергоохладительных комплексов в целях энергосбережения Текст. / Д.Т. Аксенов, А.Н. Герцен. // Промышленная энергетика. - 2004. - №2. - С. 10-13.
- 4 Алентьев, А.Н. Статистические методы обработки результатов физического эксперимента Текст.: учебное пособие / А.Н. Алентьев, А.Г. Ильчинко, А.Ю. Токов. Иваново: ИГЭУ, 2007. - 143 с.

5 Александров, А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок Текст. / А.А. Александров. - М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 158 с.

ТҮРКІСТАН ҚАЛАСЫНДА БУ-ГАЗДЫҚ ҚОНДЫРҒЫНЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЭНЕРГИЯМЕН ЖАБДЫҚТАУ

ТЮТЕБАЕВА Г. М.

т.ғ.к., аға оқытушы, С. Сейфуллин атындағы
Қазақ агротехникалық университеті, Нұр-Сұлтан қ.

АМАНГЕЛДІ А. Н.

магистрант, С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ.

Түркістан қаласында халық санының жоспарлы өсуіне және Оңтүстік Қазақстан облысының әкімшілік орталығы болуына байланысты жаңа облыс орталығында қазіргі заманғы жылу электр станциясын салу өзекті мәселе болып тұр.

Түркістан қаласында электр энергиясын ең көп тұтыну мөлшері 29МВт, бірақ болашақ жоспарға сәйкес Түркістан қаласының экономикасы дамиды деп күтілуде, Сондықтан 2030 жылға қарай Түркістанда электр энергиясын тұтыну 100МВт-қа дейін өседі.

Аймақтың болашақ дамуында Түркістан қаласында қуаттылығы шамамен 50МВт электр энергиясын және жылу энергиясын салу жоспары бар.

Газ Түркістанға Бейнеу-Бозой-Шымкент магистралі арқылы кіреді.

Зерттеулер мен халықаралық тәжірибелер көрсеткендей, әр түрлі типтегі жылу электр станцияларын пайдалану және дамыту электр станцияларының тиімділігін артырудың негізгі бағыты болып табылады.

Қазіргі кезде бу-газдық қондырғының пайдалы әсер коэффициенті 55-60%, бұл осы электр қондырғысының басты ерекшелігі. Бу-газдық блокта бу-қуаттық блокқа қарағанда құрылыс циклы аз. Бу-газдық қондырғының құрылыс кезеңі 9-12 айды құрайды. БГҚ-дағы газ және турбокомпрессордағы сығылған ауа газ турбиналық қондырғының жану камерасына жеткізіледі, онда жоғары температураға дейін өнімдердің жануы қыздырудың пайда болуымен органикалық отынның жану процесі жүреді. Жану өнімдері қайтадан ауамен араласады нәтижесінде пайда болған газдар газдық турбинаға жіберіледі.

Газдық турбинада газдың кеңею процесі орын алады және турбокомпрессор мен электр генератор жетегіне кететін шығындардың газ турбиналық цикл жұмысы жасалады.

Газдық турбинада шығарылатын газ утилизатор–қазандығына бағытталады, утилизатор–қазандықта газды мұздату процесінде су буына ауысады, ал су буы жоғары қысымды цилиндрден және төмен қысымды цилиндрден құрылған бу турбинасына жеткізіледі және шығарылған газдар атмосфераға жіберіледі.

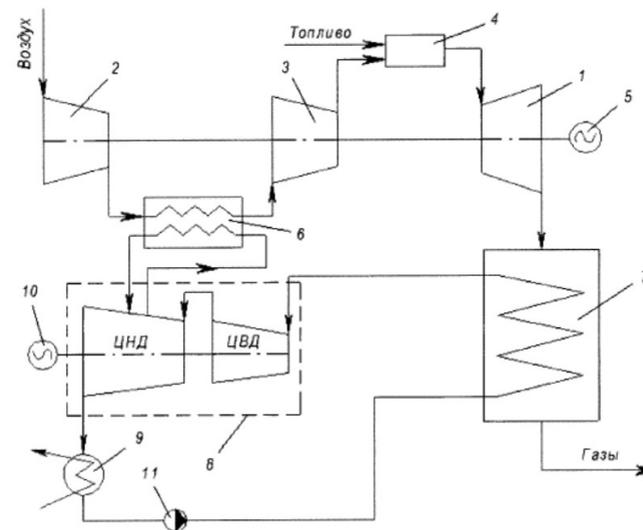
Бу турбинасында су буының кеңею процесі жүреді және электр генератор жетегіне шығындалатын бу күштік циклының пайдалы жұмысы орындалады.

Бу турбинада шығарылатын су буы конденсаторға жеткізіледі, мұнда циркулярлы сумен жылу алмасу процесінде су буының конденсациясы пайда болады, ал пайда болған конденсат насосы утилизатор–қазандығына жіберіледі.

Осы БГҚ жұмыс процесінің кемшілігі электр станциясының бу-газдық қондырғысы төмен сенімділікке және төмен жұмыс тиімділігіне ие, себебі төмен қысымды цилиндрде ішінара өткізілген су буының бу турбинасында аралық қыздыру жүрмейді [1 б.]. Аралық қызып кету болмаған кезде су буының конденсаторлық типін бу турбинасының төмен қысымды цилиндрінен шығуы кезінде су буының ылғалдылығы жоғарылайды, бұл төмен қысымды цилиндрдің соңғы сатыларында пышақтарының эрозиялық тозуына байланысты оның сенімділігін төмендетеді. Бұл конденсация түріндегі бу турбинасының жұмыс тиімділігін төмендетеді, өйткені бу күші циклінде су буына қосымша жылу берілмейді. [2, 13 б.]. Сондықтан бу турбинасының су буының төмен қысымды цилиндрінде ішінара өткізілген аралық қыздыру қолданбағанда конденсатты типті бу турбинасының және электр станциясының бу газдық қондырғысының жұмысының тиімділігі, сенімділігі төмендейді. БГҚ жұмысының сенімділігі мен тиімділігін арттыру мақсатында бірқатар шешімдер ұсынылады. Оның біреуі келесідей.

Түркістан қаласындағы БГҚ-ға БГҚ-ның пайдалы әсер коэффициентін арттырудың заманауи әдісін қолдануға болады. Ол үшін төмен қысымды цилиндрге жартылай өткізілген будың аралық қызып кетуін жүзеге асыру қажет. Бу газды турбиналық қондырғының ауа компрессорының төмен қысымды сатысында сығымдау процесі кезінде қыздырылған ауаның жылуымен жылытады.

Ұсынылған шешім бу газдық қондырғының сенімділігін және тиімділігін арттырады.



Сурет 1 – Аралық ауа салқындатқышындағы төмен қысымды цилиндрде будың қызып кетуінің БГҚ схемасы.

1-газ турбины, 2-төмен қысымды турбогенератор, 3-жоғары қысымды турбогенератор, 4-қалдық жылу қазандығы, 6-бу конденсатты турбина, 9-конденсатор, 10-электр генератор, 11-сорғы

Аралық ауа салқындатқышында бу турбинасының төмен қысымды цилиндріндегі будың құрғақтық деңгейі артады, сонымен бірге турбинада жартылай өткізілген су буының жылу беруі де артады.

Бұл шешім газ турбиналық қондырғының екі сатылы турбокомпрессордағы сығымдау жұмысының төмендеу есебінен газ турбиналық қондырғының пайдалы әсер коэффициенті артуына әкеледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Кудинов А.А., Зиганшина С.К., Хусаинов К. Р. Изобретение к патенту Способ работы парогазовой установки электростанции. Бюл. №16 от 29.05.02017.

2 Неуймин В.М. О некоторых проблемах, связанных с внедрением ПГУ. Надежность и безопасность энергетики. 2012. №2. с. 12-17.

3 Попырин Л.С., Волков Г.А., Дильман М.Д. Обоснование вида структурной схемы конденсационных парогазовых установок с учетом надежности / Известия РАН. Энергетика, № 3, 2000.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННО-ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСТОПКИ КОТЛОВ

ТЮТЕБАЕВА Г. М.

ст. преподаватель, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

МАКЗУМОВА А. К.

магистрант, Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Нур-Султан

В 2010 году Российской Федерацией, Республиками Беларусь и Казахстан был заключен договор о поэтапном переходе на производство более качественных бензинов. Этот договор послужил еще одним шагом на пути к защите окружающей среды. В этой связи уменьшится производство мазута, и казахстанские нефтеперерабатывающие заводы будут заинтересованы в производстве высокооктановых бензинов, остро встанет вопрос о безмазутной растопке угольных котлов.

На Международной выставке ЭКСПО-2017, проходившей в Казахстане, Казахским национальным университетом имени аль-Фараби был представлен проект технологии безмазутной растопки котлоагрегатов ТЭС города Алматы из любого теплового состояния с высокими значениями технико-экономических и экологических показателей.

На данный момент Республика Казахстан входит в топ десять стран мира, являющихся крупнейшими производителями угля на мировом рынке. На долю Республики приходится около 3% от общемирового экспорта угля, а геологические запасы углей оцениваются в 150 млрд. тонн [1, с. 276].

Уголь – основное энергетическое топливо для большинства тепло- и электростанций не только Казахстана, но и мира. Стоит обратить внимание, что потребность в энергетическом угле с каждым годом имеет тенденцию возрастать, в среднем на 6%. Бурное развитие топливно-энергетического комплекса влечет за собой потребность в увеличении электрической и тепловой мощностей на ТЭС и соответственно ростом потребления угля в промышленных масштабах.

Мазут на теплоэлектростанциях используют в качестве вспомогательного топлива в целях растопки котлоагрегатов из разных тепловых состояний и подсветки факела в топке. Ежегодно от 25 до 27 тыс. тонн мазута расходуется в этих целях. На сегодняшний день стоимость мазута продолжает неуклонно расти. Кроме того, существует ряд негативных факторов использования совместного сжигания угля с мазутом. Это: возрастание механического недожога топлива, что

впоследствии ведет к снижению коэффициента полезного действия-брутто котлов, повышение выбросов в атмосферу таких соединений как оксиды серы, азота, пятиоксида ванадия, а также ускорение высокотемпературной коррозии поверхностей нагрева котлов и сокращение срока эксплуатации стационарного оборудования ТЭС. [2, с. 6]

Вопрос о вытеснении мазута и природного газа из топливно-энергетического хозяйства ТЭС стал как никогда актуален. Была предложена принципиально новая плазменно-энергетическая технология (ПЭТ) использования топлива. По этой технологии сжигание происходит на ионно-электронном (или физико-химическом) уровне. Отказавшись от традиционного метода, основанном на атомно-молекулярном уровне, применение ПЭТ может улучшить контроль процесса горения топлива и добиться максимально высоких показателей энергоэффективности, исключается необходимость в использовании вспомогательного топлива, в связи с тем, что двухкомпонентное топливо воспламеняется и горит устойчиво.

Существенное улучшение процесса горения можно добиться путем разделения потока пылеугольной смеси на две неравные части, меньшая из которых проходит область действия электродуговой плазмы, а вторая – охлаждая стенки в пространстве двух труб, соединяется с получившейся смесью топке и выступают инициаторами химических превращений.

Модель процесса описывает двухфазный (частицы+воздух) химически реагирующий поток, распространяющийся в канале с внутренним источником тепла (электрическая дуга, факел плазмотрона или протекающие экзотермические химические реакции) или без него. Частицы и газ, равномерно перемешанные, поступают в камеру термохимической подготовки топлива. Газ нагревается от источника тепла и нагревает частицы, по мере достижения которыми температуры выделения летучих начинается их выход в газовую фазу в соответствии с кинетическим механизмом этого процесса.

Кинетическая схема модели включает следующие стадии: выделение летучих из угля; термохимические превращения летучих в газовой фазе; газификация коксового остатка (всего 51 реакция) [3, с. 3-4].

В Казахстане безмазутная технология растопки котлоагрегатов была успешно проверена в 1987 и 1996 годах на ТЭЦ №2 в Усть-Каменогорске и ТЭЦ №3 в Алматы соответственно.

Ниже приведен опыт с котлом БКЗ-160-100Ф барабанного типа, паропроизводительностью 160 т/ч, оснащенный шестью

плоскофакельными горелками, расположенный на ст.№6 АГРЭС в Алматы [4].

Горелка с плазмотроном представляет собой конструкцию «труба в трубе», состоит она из внешней и внутренней труб; и плазмотрона, соединенного к трубе меньшего диаметра через патрубок (рисунок 1а).

Жаропрочная сталь служит материалом для внутренней трубы. Модернизированные горелки расположены по периметру, вместо горелок № 3 и № 6 как видно из рисунка 2.

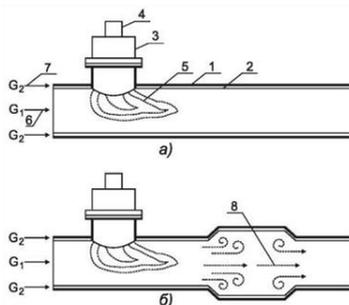


Рисунок 1 – Два варианта модернизированных плазменных горелок:

- а) первый вариант; б) второй вариант: 1 – пылепроводная труба;
- 2 - внутренняя жаропрочная труба для разделения потока аэросмеси;
- 3 - патрубок плазмотрона; 4 – плазмотрон; 5 - плазменный факел;
- 6 – G1 поток аэросмеси, проходящий ЭТХПТ;
- 7 – G2 поток аэросмеси, охлаждающий камеру ЭТХПТ;
- 8 - камера автотермического режима



Рисунок 2 – Конфигурация горелок котлоагрегата

Принцип действия состоит в разделении потока пылеугольной смеси, меньшая из частей поступает во внутреннюю трубу, проходит область воздействия электродуговой плазменной струи, которая направлена перпендикулярно к оси горелки, нагревается до температуры выделения летучих веществ и частичной газификации коксового остатка. Высокореакционное двухкомпонентное топливо, получившееся в результате, движется непосредственно в топку котла. Вторая часть реагентов тем временем, проходя через промежуток между трубами вместе со вторичным воздухом, не только охлаждает стенки труб и создает тем самым тепловую изоляцию, но и стабилизирует процесс горения, смешиваясь с полученным топливом в топке. [5, с. 77]

30 мая и 6 июня 1996г. на Алматинской ГРЭС было проведено две безмазутных растопки котла БКЗ-160-100Ф из холодного состояния на экибастузском каменном угле зольностью 45% и теплотой сгорания 3511 ккал/кг (R90=12-15%).

Котел БКЗ-160-100Ф барабанного типа паропроизводительностью 160 т/ч с сухим шлакоудалением. Номинальное давление 9,8 МПа и температура перегретого пара 540°C. Система пылеприготовления индивидуальная с промбункером. Топочная камера в плане имеет размеры 6,565*7,168 м². По углам топочной камеры расположены четыре блока прямоочных щелевых горелок, расположенные в два яруса (по 2 горелки в блоке) и направленных по касательной к окружности диаметром 0,66м. Производительность каждой из 8 пылеугольных горелок по топливу составляет 4 т/ч. Угольная пыль подается в горелки горячим воздухом (t = 350°C) с номинальным расходом 4850 нм³/ч на одну горелку, что соответствует концентрации пыли в аэросмеси 0,65 кг/кг.

Для обычной растопки котла и подсветки пылеугольного факела предусмотрены четыре мазутные форсунки с расходом мазута 1т/ч.

Для осуществления безмазутной растопки котла в диагональные горелки нижнего яруса №1, №3 и горелку №6 верхнего яруса перпендикулярно оси горелок установлены электродуговые плазмотроны В, А и С соответственно.

Для образования камеры термохимической подготовки топлива, лежащей в основе технологии безмазутного воспламенения углей, канал аэросмеси в месте установки плазмотрона разделен на две части перегородкой из нержавеющей стали. Электропитание плазмотронов постоянного тока осуществлялось от тиристорных преобразователей.

Подготовка котла к растопкам производилась в соответствии с «Инструкцией по эксплуатации котлоагрегата ВКЗ-160-100Ф».

Обе растопки проведены примерно в одинаковых условиях с одним только различием: первая растопка проводилась на трех плазмотронах А, В и С (плазмотрон С был включен на 30 мин. вначале растопки и затем отключен), а вторая - на двух плазмотронах А и В. Поэтому ниже описаны усредненные режимные параметры, зафиксированные, в ходе обеих растолок.

Перед растопкой котла давление пара - 0 атм, температура воздуха - 40-50°C, температура пыли в бункере - 75-80°C. Плазмотроны были поочередно включены на среднюю мощность 120-140кВт ($I=350-4500$, $U=300-350V$).

После зажигания дуги на плазмотронах, установленных в пылеугольных горелках, на эти горелки была подана азросемь (первоначальный расход пыли 2-2,2 т/ч, первичного воздуха - 1800-2000 $nm^3/ч$). Воспламенение факелов в топке наблюдалось через 2-3 сек после подачи пыли. Постепенно расход пыли и первичного воздуха на горелки с плазмотронами был увеличен до 3 т/ч через каждую. Температура пылеугольного факела на выходе в топочное пространство достигала 1200-1300°C, а его длина 5-6 м. При этих параметрах наблюдалось образование ядра факела ярко желтого цвета в центре топке. Через 3,5 часа от начала растопки давление в барабане котла достигло 94 атм, а температура перегретого пара - 505°C, температура вторичного воздуха - 340°C, а температура уходящих газов составила 165°C. При этих режимных параметрах котел был подключен к главному паропроводу. После чего была подана пыль на все горелки обоих ярусов при работающих плазмотронах. Давление в барабане котла поднялось до 96 атм, а температура пара - до 5400°C. После достижения устойчивого режима работы котла (через 20 мин после подключения к паровой магистрали) оба плазмотрона были поочередно отключены. Скорость подъема давления в барабане не превышала 0,4 атм/мин, а температуры пара - 2,4 град/мин, что соответствовало регламенту растопки котла на мазуте.

На одну растопку в среднем было израсходовано 16,5 т угля, вместо 12 т топочного мазута. Относительные затраты электроэнергии на плазмотроны составили 1,2-1,42 от тепловой мощности пылеугольных горелок.

После завершения второй растопки (06.06.96 г.) нагрузка котла из-за повышения зольности угля снизилась до 65% от номинальной, составив 105 т пара в час. Поэтому была проведена подсветка пылеугольного факела плазмотроном в горелке №3. Для этого мощность плазмотрона была увеличена до 160 кВт ($I=4006$, $U=400V$),

а расход пыли через горелку №3 - до 4 т/ч. Через 15-20 мин горение пылеугольного факела в топке стабилизировалось, нагрузка котла возросла до 150 т/ч и плазмотрон был отключен.

Учитывая вышеуказанное, делаем вывод, что применение ПЭТ для активации и поддержания горения пылеугольного факела, по сравнению с традиционными методами, более эффективно. За время проведения опыта грубых нарушений в работе модернизированных плазменных горелочных устройств выявлено не было. Соответствие температуры наружной поверхности трубы и температуры стенки пылепровода подтверждает обоснованность подобного конструктивного решения данных горелок. Пространство между наружной и внутренней трубой не забивалось. Проанализировав опытным путем состав дымовых газов, приходим к выводу о наличии автотермического режима в горелке. После отключения плазмотронов наблюдалось повышение концентрации NO_x и CO , но вдвое меньше, чем первоначальные, которые были до их включения. Вывод, пылевоздушная смесь в горелке (второй вариант плазменной горелки) продолжала горение и только по прошествии получаса после отключения плазмотронов значения NO_x и CO увеличились вдвое.

Таким образом, оснащение пылеугольных ТЭС плазменно-топливной системой (ПТС) позволит решить ряд задач: стабилизацию горения пылеугольного факела в топочном пространстве при пониженных нагрузках котлоагрегатов; вытеснение мазута при факельном сжигании низкосортных углей; устранение известных негативных последствий совместного сжигания твердого и жидкого топлив в одном топочном объеме, которые приводят к снижению экономичности и надежности работы котлоагрегатов.

Ожидаемые результаты при использовании технологии безмазутной растопки котлоагрегатов: снижение механического недожога топлива на 10-15%; увеличение показателя КПД на 2-5%; снижение скорости высокотемпературной коррозии экранных поверхностей нагрева; повышение надежности эксплуатации оборудования котельного цеха; снижение вредных выбросов NO_x и SO_x на 30-40% (в случае использования до этого высокосернистого мазута).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ермагамбет Б. Т., Касенов Б. К. Чистые угольные технологии: теория и практика // Караганда: «TENGRILtd», 2013. – 276 с.
- 2 Мергалимова А. К., Алияров Б.К., Парамонов А.М. Исследование и разработка технологии замены резервного мазута на газообразное топливо // Алматы: Диссертация, 2018 г.

3 Оспанов Б. С. Разработка и исследование плазменного растопочного узла для прямоточных пылеугольных горелок котлов БКЗ-160-100Ф (на примере ТЭЦ-3 г. Алматы) // Алматы: Автореферат, 1998 г.

4 Акт промышленных испытаний безмазутной растопки котла БКЗ – 160 - 100Ф ст.№6 АГРЭС с использованием электродуговых плазмотронов // Алматы, 1996 г.

5 Мессерле В. Е., Буянтуев С. Л. безмазутная технология растопки котлов с использованием систем плазменного воспламенения топлива (на примере котлоагрегата БКЗ-420-140-10С Улан-Баторской ТЭЦ-4 // Улан-Батор, Гусинозерск: Диссертация, 1999 г.

ТЕПЛОФИКАЦИЯ Г. ПАВЛОДАРА. ВЫБОР СХЕМЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

ЧУМАРОВ Ф. Ф.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

НИКИФОРОВ А. С.

д.т.н., зав. кафедрой «Теплоэнергетика»,
ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

г. Павлодар областной центр Павлодарской области Республики Казахстан расположен на северо-востоке, на реке Иртыш. Является крупным промышленным центром страны, топливно-энергетическим ядром республики.

Масштабное развитие электрификации г. Павлодара и области берет свое начало с единого государственного плана развития народного хозяйства -плана ГОЭЛРО от 22 декабря 1920 года [1, стр. 8]. Значение Павлодарского региона неоднократно упоминалось в трудах ГОЭЛРО, отмечалось что область богата природными и сырьевыми ресурсами, что немаловажно в электрификации всей страны. К 1940 году мощность всех электростанций области составляла около 2 МВт [1, стр. 9].

Первая крупная электростанция города прибыла в областной центр в 1942 году вместе с оборудованием прядильной фабрики с г. Полтавы, мощность электростанции составляла 1 МВт. Электростанция была смонтирована на территории завода «Октябрь». Состав электростанции входили: паровой котёл, паровая турбина и электрогенератор, через год электростанция введена в строй среди действующих. В качестве топлива использовались кузнецкие угли Киселевского месторождения. Параметр паровой турбины и котла – рабочее давление было 12 ата,

напряжение генератора 525 вольт [1, стр.9]. Непосредственное участие в монтаже, пуске и наладке электростанции принимал участник Бойко Федор Константинович, работавший на заводе «Октябрь» энергетиком. Которого мы знаем в последствии как профессора, доктора технических наук, академика АН РК, ректора Павлодарского Индустриального Института.

Теплофикация г. Павлодаре имеет свое начало с 1962 года с момента ввода магистрали тепловой сети от ТЭЦ-2. До этого момента теплоснабжение областного центра осуществлялось от котельных, которые располагались в разных частях города. Необходимо отметить, что что теплофикация города имело ряд недостатков, так, к примеру тепловые пункты не всегда имели элеваторные узлы, регулирование как местное, так и на источнике тепловой энергии имело место в порядке исключения, чем данность, течи, неисправности на тепловых сетях имелись в больших количествах. Первая схема теплоснабжения города была разработана в 1956 году, теплофикация города осуществлялось цехом тепловых сетей в составе ТЭЦ-2 с 1964 года, в последствии в 1971 году распоряжением Совета Министров Казахской ССР было создано предприятие тепловых сетей в составе «Павлодарэнерго» с этого момента начинается когенерация областного центра [1, стр. 153].

Современное теплоснабжение города осуществляется от трех теплоисточников- ТЭЦ АО «Алюминий Казахстана», ТЭЦ-2 АО «Павлодарэнерго», ТЭЦ-3 АО «Павлодарэнерго». Теплоснабжение осуществляется по двухтрубной системе тепловой сети, в границах раздела тепловой сети между станциями, график тепловой сети- 110/60°C. В настоящий момент протяжённость тепловых сетей составляет 742,2 км, в том числе сетей потребителей 322,3 км. Распределением тепловой энергии потребителям для удовлетворения потребностей в виде отопления, вентиляции и горячего водоснабжения осуществляет ТОО «Павлодарские тепловые сети». Предприятие эксплуатирует магистральные и квартальные тепловые сети, насосные и подкачивающие насосные станции, центральные тепловые пункты (далее ЦТП). Совокупность устройств тепловых сетей имеет систему автоматики и защит от превышения давления, приборов измерения количества сетевой воды и регулирования параметров теплоносителя в зависимости от температуры наружной температуры воздуха. Система защит и блокировок работает только в отопительный сезон.

Схема подключения вода водяных подогревателей (далее ВВП) преимущественно двухступенчатое последовательное, закрытого типа. От центральных тепловых пунктов система трубопроводов включает

в себя: два трубопровода тепловой сети на микрорайон, трубопровода горячего водоснабжения и трубопровода циркуляции. Сетевая вода на микрорайон подается насосами отопления, для нужд горячего водоснабжения (далее ГВС) -насосом циркуляции. По Усольскому микрорайону в ЦТП используется независимая схема подключения тепловых сетей. Потребителями тепловой энергии от теплоисточников г. Павлодара являются население города, юридические лица и социальные объекты. Жилых домов находящихся на обслуживании кооперативов собственников квартир -1117, на балансе домовых комитетов – 179. Также теплоснабжение жилых домов осуществляется через тепловые пункты потребителя на прямую по зависимой схеме теплоснабжения.

Сегодня с учетом застройки города Павлодара, встаёт вопрос по способу подключения потребителей к тепловым сетям. Чтоб ответит на этот вопрос необходимо произвести анализ схем подключения потребителей к тепловым сетям через различные виды тепловых пунктов. Тепловые пункты бывают следующих типов: центральные тепловые пункты, блочные тепловые пункты, индивидуальные тепловые пункты. Рассмотрим каждую схему подключения по отдельности.

ЦТП предназначены для получения и распределения тепловой энергии для нужд потребителей в виде отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Имеет ряд недостатков, следующего характера: высокие потери тепловой энергии; потери сетевой воды; коррозия труб холодного и горячего водоснабжения; низкая эффективность работающего оборудования; сложная конфигурация оборудования; отключение большого количества потребителей в случае ремонта; отключение оборудования ЦТП и потребителей в случае проведения гидравлических испытаний на прочность и плотность в весенний летний период; отсутствие водоподготовки на ЦТП для нужд горячего водоснабжения; неудобства при одновременном отключении горячего водоснабжения и отопления.

Положительные стороны ЦТП, следующие: высокая надежность работы оборудования; автоматизация тепловых процессов теплотехнического оборудования; затраты на обслуживание оборудования меньше за счет автоматизации процессов.

Изображение ступени вода водяного подогревателя ЦТП показана на рисунке 1, как видно из рисунка ступень вода водяного подогревателя состоит из кожуха трубных секций, где происходит подогрев холодной воды до температуры до 55-60 °С.



Рисунок 1 – Ступень ВВП ЦТП

Блочные тепловые пункты (БТП)-предназначены для получения и распределения тепловой энергии для нужд потребителей в виде отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Может располагаться как в отдельном стоящем здании, так и в специально отведенном помещении, подходит, как и для ЦТП, так и для индивидуальных тепловых пунктов (далее ИТП).

Имеет ряд недостатков, следующего характера: высокая стоимость комплектующих по сравнению с ИТП; не удобства монтажа, часто помещения тепловых пунктов не пригодно для установки оборудования; доводка подсоединения инженерных коммуникации помещения тепловых пунктов и оборудования БТП; ограничение в возможностях применения схем подсоединения и оборудования в виду ограниченности в выборе по сравнению с ИТП.

Положительные стороны БТП, следующие: высокое качество сборки и монтажа оборудования; компактность оборудования требует малую площадь, в пределах до 25 м²; автоматизация тепловых процессов, поддержание требуемых параметров согласно заданным; надежность работы оборудования; гарантия завода изготовителя на комплектующие; сроки поставки и монтажа оборудования БТП; снижение затрат на эксплуатацию, при минимальном количестве обслуживающего персонала. БТП показан на изображении рисунка 2:

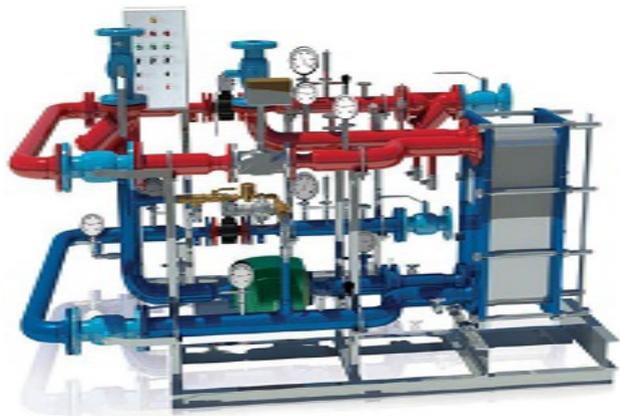


Рисунок 2 – Блочный тепловой пункт

ИТП предназначены для получения и распределения тепловой энергии для нужд потребителей в виде отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Располагается в помещении, специально оборудованном для эксплуатации непосредственно самим потребителем.

К минусам ИТП можно отнести следующее: теплоснабжение одного потребителя; увеличение стоимости при модернизации в случае подключения нескольких потребителей; увеличение нагрузки на электрические сети при эксплуатации насосов и системы автоматики и защиты; увеличение нагрузки на трубопроводы холодной воды; коррозионность труб холодного и горячего водоснабжения; повышение требования к уровню образования специалистов, обслуживающий данный вид оборудования; подпоры канализации в подвальных помещениях; стесненность помещений для обслуживания; доступность помещений для посторонних лиц; дорогая стоимость оборудования, ввиду отсутствия отечественного и использование импортного оборудования; возможность появления в помещениях тепловых пунктов грунтовых вод.

К плюсам ИТП можно отнести следующее: малые габариты оборудования для монтажа и дальнейшей эксплуатации; увеличение надежности во время эксплуатации; низкая стоимость монтажа оборудования; низкие потери теплоносителя во время эксплуатации; равномерное распределение тепловой энергии потребителю по фасадное регулирование здания; отключение одного потребителя в случае ремонта.

ИТП показан на изображении рисунка 3:



Рисунок 3 – Индивидуальный тепловой пункт

Вместо заключения можно сказать следующие, что различные типы тепловых пунктов предназначены для получения и распределения тепловой энергии потребителю и отличаются между собой следующим образом: расположением по месту, в отдельно стоящем здании или в тех подполье здания; комплектом оборудования в зависимости от разновидности теплового пункта и количества подключенных потребителей.

Однозначный выбор в пользу одного из них нельзя сделать, не проведя дополнительных исследований. Так как имеются следующие проблемы, с которыми сталкивается теплоснабжающая организация во время эксплуатации: износ основного и вспомогательного оборудования; тепловые потери по всей протяженности тепловых сетей; сверхнормативные потери теплоносителя из-за утечек теплоносителя; низкий КПД насосных агрегатов; разрегулировка теплотехнического оборудования потребителей «перетопы» в начале и конце отопительного сезона. Только с учётом существующих проблем, плюсов и минусов имеющихся схем подключения потребителей к тепловым пунктам, проанализировав гидравлические и тепловые режимы можно будет сделать выбор в пользу той или иной схемы подключения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Приумножая энергию поколений: история становления и развития энергетики Павлодарской области. - Павлодар: ЭКОЭКО, 2015. - 400 с. / под редакцией А.М. Сафарбакова.

2 СП РК 4.02-108-2014 «Проектирование тепловых пунктов».

3 Громов, Н. К. Городские теплофикационные системы / Н.К. Громов. - М.: Энергия, 1978. - 256 с.

4 Отчёт работы комитета КЭА по проблемам теплоснабжения и тепловых сетей за 2018 год/интернет ресурс: [phttp://www.kea.kz/texts/reports/tep2018.pdf](http://www.kea.kz/texts/reports/tep2018.pdf)

5 Тенденции развития центрального теплоснабжения в Европе и в России/Энергетика в России и мире. Переток.RU/интернет ресурс: <https://peretok.ru/infographics/702/13214/>

6 Энергетика: история, настоящее и будущее/ интернет ресурс: <http://energetika.in.ua/ru/>

НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

КАРМАНОВ А. Е.

доктор PhD, асоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ШАЙКИШЕВ Н. К.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В условиях современного рынка электроэнергии предъявляются повышенные требования к надежности и экономичности генерирующего оборудования ТЭС. К мощным теплофикационным турбинам предъявляются дополнительные требования, обусловленные необходимостью длительной работы турбин в течение отопительного периода без остановов. Как показывает опыт эксплуатации, у каждого типоразмера турбин в ряде узлов имеются конструктивные недостатки, устранение которых могло бы значительно повысить их надежность. Кроме того, за время, прошедшее с момента ввода в эксплуатацию турбин, появились новые разработки, применение которых также могло бы значительно повысить надежность и экономичность уже эксплуатируемых агрегатов.

Проблема надежности всегда занимала центральное место в функционировании и планировании развития энергетических систем и электростанции. Это определяется высокой зависимостью нормальной жизнедеятельности значительного количества людей и других потребителей от энерго и теплоснабжения. Повышение надежности работы энергетических систем способствует не только развитию отечественной энергетики, но и определяет важнейшие социально-технические признаки современного общества, а именно снижения рисков возникновения техногенных катастроф. Одним из важных моментов решения проблемы надежности является изучение эрозии проточных частей паровых турбин, ее прогнозирование и разработка эффективных противозэрозионных мероприятий. Это важно не только

для традиционных типов энергетических, теплофикационных и приводных турбин тепловых и атомных электростанций и атомных энергетических установок, но является актуальным также для турбин геотермальных электростанций из-за чрезвычайно агрессивных свойств рабочего тела. Сказанное определяет актуальность проблемы снижения эрозионного повреждения проточных частей некоторых эксплуатирующихся типов отечественных паротурбинных установок и исключения интенсивного протекания этого явления у вновь проектируемых паровых турбин.

Отрицательные последствия вызывающего эрозионный износ воздействия потока многофазного рабочего тела на поверхность конструктивных элементов проточной части турбин связаны с механическими и химическими явлениями, протекающими в поверхностных слоях материала и обуславливающими реализацию усталостного и (или) коррозионно-усталостного механизмов повреждения их структуры. Эрозионный унос металла с поверхности эродирующих конструктивных элементов приводит к снижению показателей экономичности и надежности отдельных паровых турбинных ступеней и отражается на соответствующих показателях работы паротурбинной установки в целом. Согласно экспериментальным исследованиям, для рабочих лопаток, проработавших 60 тыс. ч и находящихся на стадии развитого износа (средняя высота неровностей поверхности составляла ~1 мм), профильные потери в 1,4 раза оказываются выше по сравнению с исходными неэродированными лопатками. Эрозия поверхности входных кромок рабочих лопаток на стадии развитого износа может снижать коэффициент полезного действия последней ступени цилиндра низкого давления мощной паровой турбины на 5,0-6,5 %. Эрозионные изъявления поверхности рабочих лопаток являются также инициаторами усталостных трещин. Это особенно характерно для теплофикационных паровых турбин, значительную часть времени эксплуатирующихся на частичных режимах при повышенном уровне действующих в пере лопаток динамических напряжений от переменных аэродинамических сил. Отмеченное обуславливает снижение показателей надежности лопаточного аппарата эродирующих паровых турбинных ступеней. Согласно данным испытаний восьмидесяти четырех паровых турбин осредненной мощности 142 МВт, интенсивность потока отказов рабочих и сопловых лопаток ступеней давления составляет $0,333 \cdot 10^{-6}$ и $0,127 \cdot 10^{-6}$ ч⁻¹ соответственно, а у рабочих лопаток турбин К-210-130 ЛМЗ наработка на отказ составила 52,9 тыс.ч. Вследствие названных

причин для ряда паровых турбин действительный срок службы рабочих лопаток последних ступеней оказывается меньше расчетного: у турбин K200-130 ЛМЗ он составляет около 80 % от расчетного, у турбин K-300-240 ЛМЗ при неблагоприятном конструктивном оформлении парового выхлопа у торцов рабочих лопаток ресурс может снижаться до 70-80 тыс. ч. В результате, к примеру в США на долю рабочего облопачивания двух последних ступеней частей низкого давления приходится до 58 % общего числа остановов турбин, в турбинах K-300-240 ЛМЗ замены рабочих лопаток этих же ступеней составляют 99 %, а в турбинах геотермальных электростанций 26 % аварий паровых турбин являются следствием чрезмерного эрозионного износа. Суммарный экономический ущерб от эрозии лопаточного аппарата за первые шесть лет эксплуатации одной конденсационной турбины типа K-300-240 ХТГЗ достигал 110-120 тыс. руб. (в ценах 80-х г.г. прошлого века), а по данным EPRI суммарный убыток фирм США из-за отказов лопаточных аппаратов в течение 80-х г.г. прошлого века составил около 1,5 млрд. долл., причем скорость его роста имеет тенденцию к увеличению [1].

При статистическом анализе экспериментальных данных об эрозионном изнашивании эксплуатирующихся паровых турбин следует учитывать наличие различных видов случайного разброса величин показателей эрозии конструктивных элементов проточной части: межтурбинного и внутритурбинного. Для турбин с несколькими цилиндрами низкого давления последний вид разброса подразделяется на внутреступенчатый и межпоточный. Названные виды разброса количественных показателей эрозии обусловлены аналогичными видами разброса определяющих процесс эрозионного изнашивания конструктивных, материаловедческих и режимных эрозионнозначимых факторов. Внутреступенчатый разброс проявляется среди конструктивных элементов одной турбинной ступени и связан с неоднородностью свойств материала поверхности и поверхностных слоев эродирующих деталей, а также со случайными отклонениями в пределах полей допуска его конструктивных и установочных размеров. Межпоточный разброс, проявляющийся среди конструктивных элементов аналогичных ступеней различных потоков одной турбины, дополнительно связан со случайными допустимыми отклонениями влияющих на эрозию характерных размеров проточных частей. Например, в случае каплеударной эрозии входных кромок рабочих лопаток проявление межпоточного разброса их количественных показателей эрозии в значительной мере определяется неравенством межвенцовых зазоров в различных

турбинных ступенях. Межтурбинный разброс, проявляющийся при совместном статистическом анализе износа конструктивных элементов однотипных турбинных ступеней различных турбин одного типоразмера, дополнительно связан с несовпадением графиков работы паротурбинных установок в течение срока эксплуатации. Показатели износа конструктивных элементов, имеющих единичное применение в конструкции паровых турбин (корпуса турбин, обоймы диафрагм и т.д.), подвержены лишь межтурбинному виду разброса, а конструктивных элементов, имеющих массовое применение (рабочие и направляющие лопатки и т.д.) - всем перечисленным видам.

Таблица 1 – Активные методы уменьшения эрозионного износа

Метод	Способ
1 Удаление влаги из потока	Выносная сепарация влаги; Внутритурбинная сепарация влаги;
2 Испарение влаги	Обогрев сопловых лопаток; Вдвиг в поток перегретого пара;
3 Управление дисперсностью влаги	Введение в поток поверхностно-активных веществ

Следует подчеркнуть, что в реальных условиях все виды эрозии взаимосвязаны друг с другом и действуют одновременно. В условиях работы турбины можно выделить следующие виды эрозии: ударная, кавитационная, щелевая (размыв). Ударная эрозия рабочих лопаток последней ступени существенно снижает их экономичность и надежность. Кавитация это процесс образования, деления и схлопывания каверн (полостей) в жидкости вследствие динамического изменения давления и температуры. Кавитационные явления при течении воды и жидких пленок в паровых турбинах наиболее характерны при течении в зазорах и элементах запорно-регулирующей арматуры. Эрозионно-коррозионный износ прищелевой эрозии характерен для стыков неподвижных деталей вследствие образование щели (зазора) из-за недостаточной плотности разъема. Методы защиты элементов проточных частей турбины от влажнопаровой эрозии условно разделяют на 2 вида: активные и пассивные.

Таблица 2 – Пассивные методы уменьшения эрозионного износа

Метод	Способ
1 Технологические	Применение высокохромистой стали; Термообработка поверхностей; Электроискровое упрочнение поверхностей; Напайки из твердых сплавов; Лопатки из титановых сплавов;
2 Конструктивные	Переход на пониженную частоту ротора; Устранение зон концентрации влаги; Плавное изменение проточной части; Уменьшение толщины входных кромок лопаток; Увеличение зазора между сопловыми и рабочими решетками;

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лагереv А.В. Эрозия паровых турбин. – М.: Машиностроение, 2006.
- 2 Перельман Р.Г., Пряхин В.В. Эрозия элементов паровых турбин – М.: Энергоатомиздат, 1986.
- 3 Маликов Д.Е., Беляков А.В. Полнопрофильный ремонт лопаток паровых турбин.
- 4 Шубенко А.Л., Ковальский А.Э. Каплеударная эрозия лопаточных аппаратов паровых турбин. Прогнозирование и методы защиты.

**КОМПАКТНЫЙ ДВУХТОПЛИВНЫЙ
ПЕРЕДВИЖНОЙ ТЕПЛОГЕНЕРАТОР ДЛЯ СУШКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

ЯМАНБЕКОВА А. К.

докторант, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева,
г. Алматы

Теплогенератор стала одним из самых популярных приборов, используемых для создания комфортной среды для работы в холодное время года, также для обогрева склада, просушки оштукатуренной стены или ускорение высыхания бетона, а также в сельскохозяйственном промышленности, то есть для сушки зерна и т.д. [1, 43].

Известные на сегодняшний день теплогенераторы имеют следующие недостатки:

- завышенные габаритные размеры;
- невозможность регулирования расхода воздуха на смешение и контура температур на выходе;
- большая инерционность из-за наличия огнеупорной футеровки;
- высокий выброс NOx;
- большой расход топлива;
- малоэффективный процесс теплообмена между уходящими газами и воздухом [2, с. 648].

Для разработки компактных теплогенераторов, следует увеличить теплонапряженность огневой зоны, улучшить их аэродинамику и снизить токсичность [3]. В результате анализа литературных данных [4,5] и использования основ теории горения были определены следующие основные принципы организации рабочего процесса, при конструирования компактного теплогенератора [6, с. 2368]:

- 1) Разделение рабочего объема камеры сгорания на две зоны: зона горения и зона смешения;
- 2) Постепенный (ступенчатый) подвод первичного воздуха по длине зоны горения;
- 3) Обеспечение турбулизации потока в зоне горения;
- 4) Обеспечение стабилизации фронта пламени в зоне горения;
- 5) Оптимальное распределение концентраций топлива по сечениям зоны горения;
- 6) Охлаждение деталей, работающих в огневой зоне.

Отмеченные основные принципы организации рабочего процесса, конструирования и расчета теплогенератора в каждом конкретном случае дополняются другими положениями, связанными с особенностями проектируемого теплогенератора. Если необходимо сушка, в частности зерна пшеницы воздухом без смеси продуктов сгорания нужно в теплогенераторе установить воздушный теплообменник, желательно пластинчатый, так как эффективность пластинчатых теплогенераторов будет выше.

Задача, которая решает представленная полезная модель [7], заключается в создании эффективного двухтопливного передвижного теплогенератора с воздушной форсункой-стабилизатором, который позволит уменьшить габариты и соответственно сделает теплогенератор компактным, а также повысит интенсивность зоны горения и снизить выход токсичных газов NOx.

Теплогенератор, предлагаемой полезной модели относится к области энергетики, к военному и строительному сектору, а также к агропромышленному комплексу.

Технический результат – компактность, улучшение эффективности горения, возможность переноса теплогенератора.

Для достижения технического результата передвижной теплогенератор содержащий кожух, горелку, камеру сгорания, теплообменник с отводом дымовых газов и теплого воздуха, а также осевой вентилятор с электродвигателем отличается тем, что:

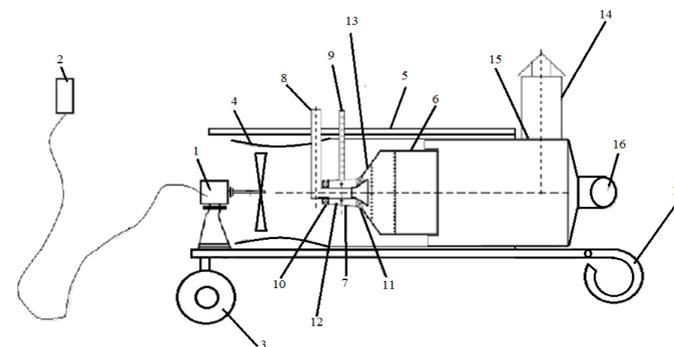
1. во фронте камеры сгорания установлено двухтопливная воздушная форсунка-стабилизатор с входными и выходными лопаточными завихрителями;

2. в горелке лопатки входного завихрителя установлены под углом $\beta_1 = 41^\circ$, а лопатки выходного завихрителя под углом $\beta_2 = 35^\circ$;

3. воздухоподогреватель (ТО) выполнен съемным;

4. ручка теплогенератора выполнена складывающейся и является второй опорной при установке.

Передвижной компактный теплогенератор в предлагаемой полезной модели работает следующим образом (рисунок 1): во фронтном устройстве 13 передней торцевой части камеры сгорания 6 устанавливаем воздушную форсунку-стабилизатор 7 с лопаточными входными 10 и выходными завихрителями воздуха 11, обеспечивающий турбулизацию потока, куда подается топливо через топливоподающие трубки 8 и 9, а подвод первичного воздуха осуществляется с помощью вентилятора 4. Жидкое топливо может подаваться через трубку 8, а газообразное через 9. Интенсификацию процессов горения и турбулизацию потока осуществляем с помощью лопаточного завихрителя 11 и ступенчатого подвода, а также организацией радиального течения струй воздуха, выходящих через отверстия в стенках по длине камеры сгорания 6.



1 – электродвигатель; 2 – вилка с электрокабелем; 3 – колесо; 4 – вентилятор; 5 – кожух; 6 – камера сгорания; 7 – воздушную форсунку стабилизатор; 8 – топливоподающая трубка для жидкого топлива; 9 – топливоподающая трубка для газообразного топлива; 10 – входной лопаточный завихритель; 11 – выходной лопаточный завихритель; 12 – полость предварительного смешения ТВС; 13 – фронтное устройство; 14 – труба вывода продуктов сгорания (дымовая труба); 15 – воздухоподогреватель (ТО); 16 – труба отвода горячего воздуха; 17 – складывающаяся ручка теплогенератора.

Рисунок 1 – Передвижной теплогенератор

В свою очередь турбулизация потока в зоне горения влияет на эффективность процесса горения. В результате интенсифицируются процессы тепло- и массообмена, улучшается смесеобразование и возрастает скорость распространения пламени [7].

В самом начале зоны горения у устья форсунки 7 через фронтное устройство 13 целесообразно подавать небольшое количество первичного воздуха GI для горения быстро испаряющихся самых мелких капель, обеспечивая необходимую для химической реакции температуру в этой зоне.

При ступенчатом подводе воздуха обеспечивается догорание мелких и горение испаряющихся средних и крупных капель. Также, дополнительно турбулизуется общий поток, интенсифицируется процесс перемешивания и горения в целом. Для полного выгорания топлива в идеальном случае в зону горения следует подать вполне определенное количество воздуха. Избыток воздуха нужен для облегчения и гарантирования смесеобразования, предупреждения химического недожога топлива и снижения уровня диссоциации, высокого при повышенных температурах процесса.

Создание такой конструкции теплогенератора дает возможность получить высокотурбулизированный поток с интенсивно проходящими в нем процессами смешения и выгорания топлива, а также позволяет преимущественно сократить выбросы оксидов азота.

Такой передвижной теплогенератор очень компактен, может сжигать два вида топлива с частичным предварительным перемешиванием топлива и воздуха в полости предварительного смешения ТВС 12, а также имеет теплообменник съемный (воздухоподогреватель) 15, где отвод теплого воздуха осуществляется через патрубок 16, а продукты сгорания через дымовую трубу 14.

ЛИТЕРАТУРА

1 Достияров А.М., Мусабеков Р.А., Яманбекова А.К. Возможности использования микрофакельной воздушной горелки для теплогенератора / А.М. Достияров, Р.А. Мусабеков, А.К. Яманбекова // Вестник АУЭС. – №4. – 2018. С. 43-52.

2 Достияров А.М., Мусабеков Р.А., Яманбекова А.К. Возможности использования микрофакельной воздушной горелки для теплогенератора / А.М. Достияров, Р.А. Мусабеков, А.К. Яманбекова // II Международная научно-практическая конференция «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2018: CENTRAL ASIA», 18 октября 2018 Астане, Казахстан. – 2018. С. 647-649.

3 Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984. – 280 с.

4 Лавров В.А. Процессы горения топлива и защита окружающей среды. М.: Машиностроение, 1981 г. – 373 с.

5 Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. – М.: Недра, 1984. – 238 с.

6 Abay Dostiyarov, Ruslan Umirzakov, Mukhabbat Abdireva, Ayaulym Yamanbekova. Heat generator impact on the grain drying mode and on the toxicity of combustion products. The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC. ISSN: 2146-5193, September 2018 Special Edition, p. 2366-2378.

7 Яманбекова А.К., Достияров А.М., Достиярова А.М. Передвижной теплогенератор. Заявление о выдаче патента РК на полезную модель. Регистрационный № 2019/1069.2. Дата подачи 06.12.2019.

3 Секция. Автоматтандыру, телемеханика және телекоммуникацияның өзекті мәселелері 3 Секция. Актуальные вопросы автоматизации, телемеханики и телекоммуникаций

DEVELOPMENT OF A SOLAR TRACKER CONTROL SYSTEM FOR RESIDENTIAL COTTAGE ON THE BASIS OF THE ARDUINO CONTROLLER

ABILKAIYRKYZY A.

student, G. Daukeev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty

KHAN S.

professor, G. Daukeev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, Almaty

Introduction. An environmental problem of a planetary scale and the foreseeable prospect of depletion of the Earth's fuel and energy resources are causing worldwide growth in new energy based on the large-scale use of the planet's renewable energy resources: solar radiation, wind, water flows, geothermal energy and biomass energy [1]. Today, more and more attention is paid to alternative energy in connection with the exhaustibility of traditional energy sources (oil, gas, coal, peat). Solar energy is a fairly young industry, but with a number of significant advantages: renewability, affordability, environmental friendliness, and safety. These qualities were the reason for the rapid development of renewable energy [2]. The main advantages of photovoltaic systems include the inexhaustibility of the energy resource, ease of installation, lack of moving parts, minimal need for care, and the absence of noise and vibration. Compared to other types of energy, solar energy as a whole is one of the most environmentally friendly types of energy. Also, the unified application in places where there is no centralized electricity distribution network and the quick payback of the solar battery are an incomparable advantage.

The relevance of the development of solar energy in the Republic of Kazakhstan and, accordingly, the necessary technical means - photovoltaic systems are determined by the following factors [3,4,5]:

– Kazakhstan has significant resources of solar energy. The potential solar energy production in the republic is estimated by specialists at 2.5 billion kWh per year. For comparison, for the entire 2016, all generating capacities of the republic generated 94,490.4 million kWh of electricity;

– At the same time, the solar power industry can gain wide geographical distribution, since about 70% of the territory of Kazakhstan belongs to areas with a predominance of sunny days in a year, where the duration of sunshine ranges from 2,800 to 3,000 hours. Until now, one of the main constraints was the lack of production of its own elements for solar stations, but, as mentioned above, now this obstacle has been removed - and more and more regions of the country decide to adopt this type of green generation [6];

– The presence of a large number of agricultural facilities, farms, towns, nomads, deprived of electricity. The number of settlements that do not have electricity, according to the magazine “Wind Energy in Kazakhstan” is about 5,000.

– Kazakhstan’s international obligations to improve the environmental situation and reduce greenhouse gas emissions.

However, solar energy can be used not only for consumption on an industrial scale, but for arranging autonomous (or parallel with a conventional power supply system) power supply of various objects.

There are two types of conversion of solar energy - into electrical and thermal. In turn, electrical installations are of two main types:

- solar energy heats water or another working fluid to a vapor state, steam is sent to a turbine rotating an electric generator;
- solar energy is converted directly into electrical energy using photocells [7].

Photovoltaic solar energy plant – this is the appropriate substitute for the usual electrical energy which is used in houses for powering electrical appliances. Photovoltaic cells will capture the energy which is generated from the sun and get it converted into electricity. The process of energy conversion is clean and simple and it does not involve injecting any kind of smoke or harmful chemicals into the atmosphere. A lot of companies have decided to have grids containing photovoltaic cells installed on their premises so that they can derive the maximum amount of energy from them and also reduce their dependence on the traditional forms of electrical energy.

PV systems range from small, rooftop-mounted or building-integrated systems with capacities from a few to several tens of kilowatts, to large utility-scale power stations of hundreds of megawatts. Nowadays, most PV systems are grid-connected, while off-grid or stand-alone systems account for a small portion of the market.

Thus, the object of the study is the use of sunlight to generate electricity, the subject of the study is to increase the efficiency of solar panels using a solar navigation system. The purpose of the study is devoted to the development of an automatic control system for a two-axis solar tracker based

on the Arduino Uno controller. The power supply system of an autonomous house with an AC output based on a photovoltaic solar battery in this consists of almost the same components as in the previous case, plus an inverter, i.e.

Elements of the solar power system is shown on figure 1:

1. Photovoltaic panels convert solar energy into electricity.
2. The inverter converts direct current from solar panels into alternating current needed to power electrical appliances.
3. The controller is a control panel for the solar photovoltaic system. The controller does not allow overloading the system or reverse current at night.
4. The electricity meter records how much electricity is supplied to the common network or how much is consumed if necessary, for example, in winter [8].



Figure 1 – A residential solar photovoltaic system

Basically, ordinary (stationary) solar panels operate with an efficiency of 18-20% of the energy received, this does not quite meet the energy needs [4]. In order to produce enough energy, you need to either improve the efficiency of the panels or find a way to get more energy from existing panels. Those panels that are used in everyday life are in a fixed position facing south at an angle of 45 degrees. This approach is extremely simple, but it does not produce as much energy as it could be.

One way to get more energy from the solar panel is to make it track the sun. The panels that track the Sun using a tracker produce 30% more energy (per day) than stationary. But not everyone is ready to switch to this renewable source for the following good reasons. Firstly, the cost of the

solar installation is higher, since it requires a moving mechanical support for the solar panel. Secondly, this installation requires stable maintenance and care, as it will be exposed to weather conditions outdoors all year round [9].

There are several different types of solar trackers (single-axis, dual-axis, planned), as well as ways to track the sun:

– A single-axis tracker moves your panels on one axis of movement, usually aligned with north and south. These setups allow your panels to arc from east to west and track the sun as it rises and sets.

– A dual-axis tracker allows your panels to move on two axes, aligned both north-south and an east-west. This type of system is designed to maximize your solar energy collection throughout the year. It can track seasonal variations in the height of the sun in addition to normal daily motion.

A solar tracking system is a specific device intended to move the PV modules in such a way that they continuously face the sun with the aim of maximizing the irradiation received by the PV array. A solar tracking system is composed of three well-differentiated components: the mechanism, the driving motors, and the tracking controller.

In this project, a two-axis tracker was developed (Figure 2). It works on two axes (X and Y), i.e. the panel rotates on four sides. This tracker is “active”: it is controlled using an Arduino microcontroller, using photo sensors to find the brightest light at any time of the day. This method gives the best results for generating electricity.

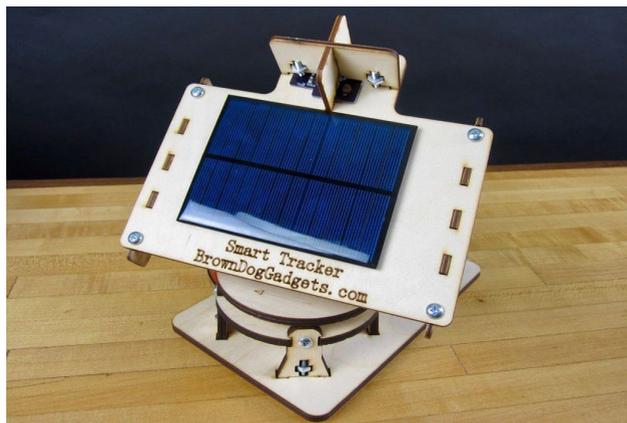


Figure 2 – Dual-axis solar tracker

Figure 3 shows the circuit diagram of the developed two-axis solar tracker.

Four photo resistors (LDR1-4) are used as sensors. They work by changing the resistance value depending on how much light falls on them. This sensor system monitors the decrease in power generation and determines the most favorable battery position.

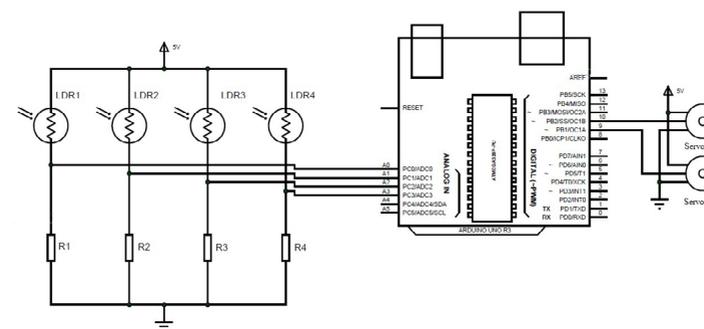


Figure 3 – Schematic diagram of the connections of the control system of the solar tracker

There are two ways to implement the movement of the solar tracker, which is designed to track the movement of the sun to get maximum efficiency from solar panels.:

- By time (according to the formula);
- Using solar sensors (photoresistors)

The electricity received from the Sun can be used, for example, to power the following electrical appliances (Table 1), where the average electricity consumption is used in a residential cottage, where 2-3 people live, provided that a gas stove is used [10].

In this project, the layout of the solar tracker was based on the Arduino microcontroller. The code essentially measures the light intensity from all photoresistors, then compares signal from the two vertical and two horizontal sensors to see who receives more light. If the difference exceeds a small threshold, the Arduino tells the servo to move in this direction to direct the panel toward the light source. If the light falls below a certain level on both sensors, then it is defined as night time, and the panel again moves east for sunrise.

Table 1 – Electrical Appliances Energy Consumption

Electrical Appliances	Energy consumption
Class A ++ refrigerator with a consumption of 600 W * h / day	600 W * h
Well pump (800 W, 2 hours / day)	1600 W * h
Energy-saving lighting lamps (10 pcs. For 20 W for 3 hours / day)	600 W * h
40 «LCD TV (100 W, 3 hours a day)	300 W * h
Smartphone Charger (10 W, 3 hours)	30 W * h
Notebook (50 W, 5 hours a day)	250 W * h
Vacuum cleaner (1500 W, works 30 minutes or 0.5 hours)	750 W * h
Microwave (1500 W, works 15 minutes or 0.25 hours)	375 W * h
Electric kettle (2000 W, works 10 minutes or 0.17 hours)	340 W * h
Other electrical appliances with a consumption of	155 W * h / day
Total	5 kWh per day

During the development of the project were created a control system for the layout of the solar tracker photovoltaic power station (PPS and a control program were developed in LabVIEW streaming programming environment). To monitor the energy generated from the photopanel, a monitoring program and an interface were developed in the LabVIEW stream programming environment, with the help of which it is possible to track what voltage and current the electric energy is receiving (Figure 4). It is also possible to calculate the power before and after inversion and energy supplied to consumers.

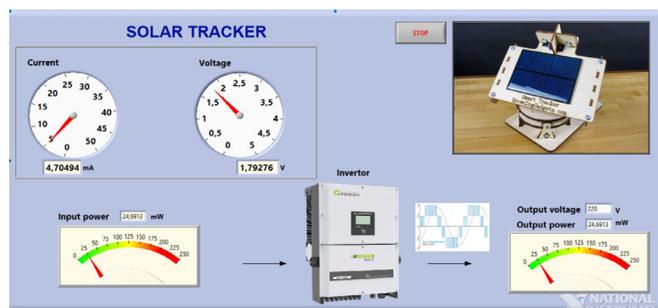


Figure 4 – The interface in LabVIEW streaming programming environment

Conclusion. This project is part of the scientific work devoted to the development of a distributed power supply network for a residential

cottage. The task is important, because it will allow the energy consumer to independently manage the redistribution of energy from several sources that he has.

REFERENCES

- 1 http://portal.tpu.ru:7777/departments/kafedra/espp/literatura/Tab2/Lukutin_S_elsnab.pdf
- 2 <https://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=17771>
- 3 https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30445263#pos=70;-27
- 4 <http://1kz.biz/battery/artiklsfe.htm>
- 5 <http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/04/22/345049>
- 6 <https://kursiv.kz/news/otraslevye-temy/2017-11/k-razvitiyu-solnechnoy-energetiki-rk-podtalkivayut-mirovye-tendencii>
- 7 Голицын М.В. Альтернативные энергоносители / Голицын М.В., Голицын А.М., Пронина Н.В.; Отв.ред.Голицын Г.С. – М.: Наука, 2004. – 159 с.
- 8 <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techsys.htm>
- 9 Рахимов К. Е., Хан С. Г., Стояк В. В. Система автоматизации гелио – навигационной установки для автоматической ориентации приемников солнечной энергии. Сб.труд. VIII междуна. науч.-практ. конф. – Москва: РУДН, 2009 – 445 с.
- 10 <https://www.solnechnye.ru/gotovye-resheniya/solnechnaya-elektrostanciya-avtonomnogo-pitaniya.htm>

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И РАЗРАБОТКА МАКЕТА СОЛНЕЧНОГО ТРЕКЕРА

БЕКЖАН А. Ш., УРАЗАК М. А., УТАРАЛИЕВА М. Т.,
СЕЙТҚАЗЫ А. О., ШАЛАБАЕВ Б. К.

студенты, Алматинский университет энергетики и связи
имени Г. Даукеева, г. Алматы

ХАН С. Г.

профессор, к.т.н., Алматинский университет энергетики и связи
имени Г. Даукеева, г. Алматы

ТЛЕУБАЕВА Ж. С.

магистр, Алматинский университет энергетики и связи
имени Г. Даукеева, г. Алматы

В последние годы крайне популярно стало понятие «возобновляемые источники энергии (ВИЭ)». Общество и специалисты дают

неоднозначную оценку возможности их широкого применения и колеблются от восторженных до пессимистических.

Как показал энергетический кризис 1970-х годов в капиталистических странах, трудно постоянно наращивать энерговооруженность производства, основываясь лишь на традиционных источниках энергии (нефти, угле, газе). Необходимо не только изменить структуру их потребления, но и шире внедрять нетрадиционные, альтернативные источники энергии.

В отличие от ископаемых топлив нетрадиционные формы энергии не ограничены геологически накопленными запасами и могут быть использованы безмерно. Это означает, что их использование и потребление не ведет к неизбежному исчерпанию запасов.

Структура мирового энергохозяйства к сегодняшнему дню сложилась таким образом, что четыре из каждых пяти произведенных киловатт получаются, в принципе, тем же способом, которым пользовался первобытный человек для согревания, то есть при сжигании топлива, или при использовании запасенной в нем химической энергии, преобразовании ее в электрическую на тепловых электростанциях. Конечно, способы сжигания топлива стали намного сложнее и совершеннее. Возросшие требования к защите окружающей среды потребовали нового подхода к энергетике.

К нетрадиционным и возобновляемым источникам энергии относят солнечную, ветровую и геотермальную энергию, энергию морских приливов и волн, биомассы (растения, различные виды органических отходов).

Приведем анализ положительных и отрицательных качеств ВИЭ.

К положительным качествам ВИЭ относятся повсеместная распространенность и доступность большинства их видов, их экологическая чистота. Эксплуатационные затраты по использованию нетрадиционных источников не содержат топливной составляющей, так как энергия этих источников фактически бесплатная.

Отрицательные качества - это малая плотность потока (удельная мощность) и изменчивость во времени большинства ВИЭ. Первое обстоятельство заставляет создавать большие площади энергоустановок, «перехватывающие» поток используемой. Это приводит к большой материалоемкости подобных устройств, а, следовательно, к увеличению капиталовложений по сравнению с традиционными энергоустановками.

В качестве примера в таблице представлены значения так называемого штрафного экологического балла для различных видов используемого источника энергии, который дает возможность

некоторого безразмерного количественного учета их отрицательного влияния на окружающую среду.

Эти баллы рассчитаны с учетом различных негативных факторов воздействия на окружающую среду (таблица 1).

Таблица 1 – Штрафной экологический балл для различных видов используемого источника электроэнергии

Топливо/технология	Штрафной экологический балл
Бурый уголь	1735
Нефтяное топливо	1398
Каменный уголь	1356
Ядерное топливо	672
Солнечные фотоэлектрические элементы	461
Природный газ	267
Ветер	65
Малые ГЭС	5

В Алматинском университете энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева на кафедре «Автоматизация и управление» ведется НИРС по теме «Исследование различных видов возобновляемых источников энергии и разработка макета солнечного трекера».

Задача этого проекта – разработать решение, которое позволяло бы увеличить эффективность существующих методов преобразования солнечной энергии в электрическую и тепловую, которую планируется решить с помощью рассматриваемой разработки – трекер слежения за Солнцем. Это устройство позволяет определять направление солнечного излучения по двум осям с точностью до 10 градусов и передавать эту информацию на установку, которая будет осуществлять поворот на нужный угол. Для стандартных солнечных панелей это позволит повысить коэффициент полезного действия (КПД). Для устройств с параболическим концентратором использование трекера является необходимым условием его работы. Солнечный трекер представляет собой электронно-механическую систему, предназначенную для наведения солнечных панелей на Солнце. Система отслеживает положение Солнца на небосводе, и управляет сервоприводом, который поворачивает панели в соответствующем направлении. Применение подобного трекера позволяет получить максимальную производительность от солнечных батарей.

Большинство самодельных трекеров встречающихся в интернете собраны на Arduino, для определения положения Солнца используются фотодатчики. В зависимости от степени освещенности и взаимного расположения фотодатчиков, выполняется поворот в сторону наибольшего освещения. У такого способа имеются недостатки: неизвестно как поведет себя система в облачную погоду; низкая помехозащищенность в плане реагирования на лунный свет и яркие источники света, а также на отдельные облака. Из-за наличия вышеперечисленных недостатков, группа студентов разработала свой вариант экономичного солнечного трекера на сервоприводах, обеспечивающего слежение за Солнцем по всей видимой области неба в любое время, независимо от географического местоположения.

Метод слежения за Солнцем

Положение Солнца на небе можно определить не только по освещенности фотодатчиков, но и по формулам небесной механики, исходя из географических координат точки наблюдения и точного времени.

Для наведения солнечных панелей нужно определить горизонтальные координаты Солнца, это высота и азимут. Центр данной системы координат совпадает с местонахождением наблюдателя, расчеты ведутся относительно плоскости математического горизонта.

Высота h – это угол между плоскостью математического горизонта и направлением на светило, отсчитывается от 0° до $+90^\circ$ к зениту, и от 0° до -90° к надиру.

Азимут A – угол между полуденной линией (грубо говоря, направление на юг) и линией пересечения плоскости математического горизонта с плоскостью вертикального круга светила. Отсчитывается от точки юга в сторону суточного вращения небесной сферы в пределах $0^\circ \dots 360^\circ$, или от 0° до $+180^\circ$ к западу и от 0° до -180° к востоку. Горизонтальные координаты светила постоянно изменяются, вследствие суточного вращения Земли.

Ниже приведены формулы для вычисления высоты и азимута светила:

$$h = \arcsin(\sin\delta \cdot \sin\phi + \cos\delta \cdot \cos\phi \cdot \cos t);$$

$$A = \arctan2(\cos\delta \cdot \sin t, \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos t - \sin\delta \cdot \cos\phi),$$

где δ – склонение светила, t – часовой угол светила, ϕ – широта точки наблюдения ($0^\circ \dots +90^\circ$ для северного полушария, $0^\circ \dots -90^\circ$ для южного, 0° – экватор).

$$\arctan2(y, x) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{y}{x}\right) & x > 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) + \pi & y \geq 0, x < 0 \\ \arctan\left(\frac{y}{x}\right) - \pi & y < 0, x < 0 \\ +\frac{\pi}{2} & y > 0, x = 0 \\ -\frac{\pi}{2} & y < 0, x = 0 \\ \text{undefined} & y = 0, x = 0 \end{cases}$$

Как видно для расчета горизонтальных координат, необходимо вычислить склонение и часовой угол светила. Эти координаты относятся к первой экваториальной системе координат, где основной плоскостью является плоскость небесного экватора.

Склонение δ – угол между плоскостью небесного экватора и направлением на светило, отсчитывается от 0° до $+90^\circ$ в сторону северного полюса, и от 0° до -90° в сторону южного полюса.

Часовой угол t – двугранный угол между плоскостью небесного меридиана и кругом склонения светила. Отсчитывается в сторону суточного вращения небесной сферы, к западу от верхней точки небесного экватора, в пределах $0^\circ \dots 360^\circ$, или от 00:00 до 24:00 (в часовой мере). Также часовой угол может измеряться в пределах от 0° до 180° (от 00:00 до 12:00) к западу и от 0° до -180° (от 00:00 до -12:00) к востоку. Часовой угол равен 0 в момент верхней кульминации светила, для Солнца в истинный полдень (не всегда совпадает с моментом времени, когда часы показывают 12:00 по местному времени).

Так же можно привести формулы склонения Солнца в зависимости от времени года. Но в рамках данной статьи эта задача не рассматривается.

Разрабатываемая конструкция будет позволять ориентировать солнечную батарею по высоте и азимуту, сервопривод азимута при этом будет стоять неподвижно и вращать сервопривод высоты вместе с кронштейнами. Так же, планируется собрать схему на микроконтроллере PIC16F876A, который обладает большим объемом памяти, чем Arduino, и содержит множество периферийных модулей.

Ниже приведены фотографии с процесса сборки конструкции солнечного трекера.

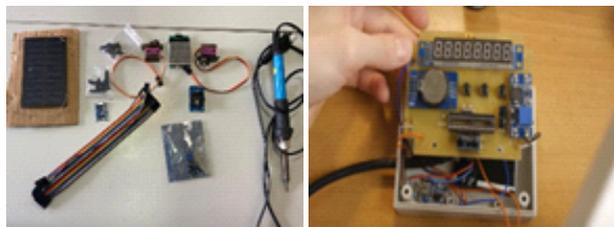


Рисунок 1 – Сборка печатной платы

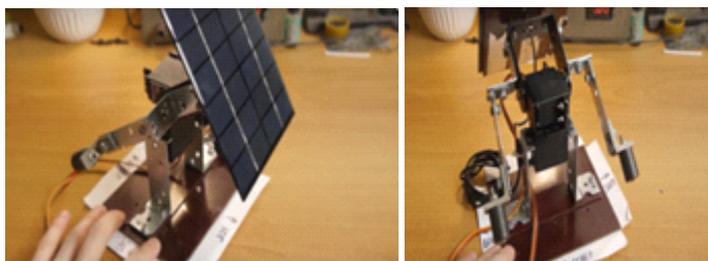


Рисунок 2 – Собранная конструкция с сервоприводом

Работа студентов 2 курса по теме «Исследование различных видов возобновляемых источников энергии и разработка макета солнечного трекера» проводится в рамках научного кружка на кафедре «Автоматизация и управление» НАО АУЭС. Данная работа преследует цель привлечения молодых и талантливых людей к задачам выбранной будущей специальности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии / под редакцией П.П.Безруких. СПб.: Наука, 2008.
- 2 Шпильрайн Э.Э. Возобновляемые источники энергии и их перспективы. М.: Наука, 2006.
- 3 Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. КНОРУС, 2012.
- 4 Денисов В.В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие. Феникс, 2014.

GPS ТРЕКЕР КӨМЕГІМЕН ТРАНСПОРТТЫ МОНИТОРИНГТЕУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ

БИСЕНБАЙ М. Ж.

магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.

НАЛИБАЕВ Е. Д.

PhD докторы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ.

Қазіргі уақытта ыңғайлы қозғалыс пен жүк тасымалдаудағы негізгі құрал - автокөлік, ол транспорт жүйесінің негізгі элементі болып табылады. Автокөлік - жолаушылар мен жүк тасымалдаудағы үлкен сұранысқа байланысты шағын және орташа қашықтыққа жүк тасымалдау үшін ең оңтайлы транспорт түрі.

Кез келген коммерциялық кәсіпорынға қалыптасқан нарықтық жағдайларды ескере отырып, үлкен бәсекелестік болған жағдайда тұрақты өсуді қамтамасыз ету өте қиын. Пайда өсуінің азаюына немесе мүлдем болмауына әсер ететін негізгі факторлар бар. Ең маңызды факторлардың бірі – тапсырыс берушіні көлікпен қамтамасыз ету жылдамдығы, автопарк санын көбейту қаржылық тұрғыдан тиімсіз, сондықтан автопаркте пайдалану тиімділігін арттыру мәселелері туындайды. Қазіргі уақытта автопарк қызметін бақылау мен жоспарлаудың заманауи мүмкіндіктері бар. Мекемелерде тапсырыс берушіге ыңғайлы және жылдам қызмет көрсету мүмкіндігін бағалау үшін көліктердің орналасуын қадағалау, сондай-ақ неғұрлым тиімді маршруттық нүктелерді жасау қажеттілігі туындайды.

Көлік үшін жанар-жағар май материалдарын (ЖЖМ) сатып алуға арналған шығындар кәсіпорындық шығындардың негізгі бөліктерінің бірі құрайды, бұл мәселеде жүргізушілер мен экспедиторлардың адалдығы маңызды рөл атқарады, жанар-жағар май шығынын бақылау және есепке алу жүйелерінің болмауына байланысты олар өз кезегінде көлік құралының жүріс мөлшерін өзгертуі және жанар-жағар майды төгуі мүмкін. Осы жерден жүргізушінің көлік құралын жеке мақсатта қолдануына байланысты жанар-жағар май шығынының артуы, пайда көлемінің төмендеуі секілді тәртіп бұзушылықтар туындайды.

Мекемеге тиесілі көлік құралын пайдалану кезінде жүргізушінің әрекетін бақылау қажет, себебі жылдамдық режимін бұзу автокөліктің сынуы секілді материалдық шығын ғана емес, тасымалданатын жүктің немесе адамның зақымдануына, сондай-ақ мекенің беделіне нұқсан келтіруі мүмкін. Қажетті кешенді бақылау жүйесін қолданбай, аталған залал мен бұзушылықтар түрін жою мүмкін емес.

Заманауи технологияларды дамыған кезеңінде салыстырмалы түрде қымбат емес спутниктік GPS жүйесі транспортты мониторингілеуге мүмкіндік береді. Оны пайдалану автопарк жұмысын толық бақылауды қамтамасыз етеді.

Жылжымалы объектілерді анықтауға арналған жердің спутниктік жүйелері жылжымалы объект, Жердің жасанды серігі (ЖЖС) мен жер үсті станциясы арасында сигнал беруді қамтамасыз ететін радиожелілерді пайдалануға негізделеді, бұл ретте жоғарыда аталған объектілер жүйенің пайдаланатын конфигурациясына және объектінің координаттарын анықтау әдісіне байланысты радиотехникалық жабдықтармен жабдықталады.

Барлық жүйе жұмысының негізіне ғарышта жүйемен өлшенген жерсеріктер тобына дейінгі қашықтықты есептеу негізінде жердегі объектілердің орналасу координаттарын анықтау идеясы салынған, бұл ретте жерсеріктер дәл үйлестірілген есептеу нүктелерінің рөлін атқарады.

Жүйенің басты міндеті – объектілердің орналасқан жері мен қозғалысы туралы ақпаратты жинау орталығында жылжымалы объектілердің орнын ауыстыруын бақылау [1].

Автокөлікті анықтау жүйесінің құрылымы

Қазіргі уақытта көптеген кәсіпорындар мен ұйымдарда автопарктің көлік құралдарының орналасуы мен жай-күйін нақты уақыт режимінде бақылау, сондай-ақ оларға жүргізуші үшін маңызды және үйлестіруші ақпаратты беру қажеттілігі туындайды.

Іс жүзінде барлық мүдделі диспетчерлік қызметтер қазіргі уақытта өз көлігінің қозғалысын бақылау мен қадағалауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін қандай да бір техникалық құралдарды қолданады. Алайда, қолданыстағы құралдар толық жетілдірілмеген, автоматтандыру және шынайылық дәрежесі төмен деңгейде.

Соңғы жылдары көліктегі диспетчерлік ақпаратты автоматты түрде жинауды жүзеге асыруға, сондай-ақ көлікке ақпаратты жіберуге мүмкіндік беретін жаңа сенімді техникалық жүйелер мен құралдарды енгізу туралы нақты міндет қойылды. Мұндай жүйені құру және енгізу нақты уақыт режимінде олардың орналасқан жеріне қарамастан, осы жүйе шеңберінде қызмет көрсетілетін көлік құралдарының орналасқан жері туралы ақпаратты автоматты түрде жинауды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Бұл ретте жүйе құралдары объектілердің орналасқан жерінің географиялық координаттарын автоматты түрде есептеп, оларды үйлестіруші серверге, содан кейін тиісті диспетчерлік пункттерге беретін болады. Ақпарат диспетчерлік

пункттен диспетчердің бастамасы бойынша объектіден сұралуы мүмкін және объектіге қажетті ақпаратты беру мүмкіндігі бар [2].

Жүйенің құралдары басқарудың коммерциялық мақсаттарын шешуге мүмкіндік береді, сондай-ақ объектілер қозғалысының қауіпсіздігін арттырады, сәйкесінше адам өмірін қорғауға ықпал етеді. Авариялық жағдайда қалған транспорт құралының орналасқан жері туралы деректер тиісті іздестіру-құтқару қызметтеріне берілуі мүмкін. Жүргізілген зерттеулер жылжымалы объектілерден жедел ақпарат алуға мүдделі пайдаланушылардың келесі санаттары бар екенін анықтады, оның ішінде негізгілеріне тоқталсақ:

- Жолаушылар тасымалын ұйымдастыру үшін автомобиль және басқа көлікті пайдаланатын әкімшіліктер;
- Жүктерді тасымалдау үшін жылжымалы автомобиль объектілерін пайдаланатын ұйымдар.

Әлеуетті пайдаланушылар ұсынған ақпаратты жинау және орынды анықтау жүйелеріне қойылатын талаптарды талдау нәтижелеріне сүйенсек:

- Объектінің орналасқан жерін автоматты түрде анықтау және оператордың орнатылған құрылғының жұмысына араласуын талап етпейтін серверге деректерді беру қажеттілігі. Бұл ретте орналасқан жерді анықтау дәлдігіне қойылатын талаптар бірнеше метрден жүз метрге дейін болады. Объектілердің кейбір санаттары қатаң белгіленген маршруттар бойынша (автомобильдер, автобустар, поездар, маршруттық көлік) қозғалады, ал такси және басқалары қозғалу еркіндігіне ие;
- Құрылғыдан серверге дейінгі ақпаратты жеткізу жылдамдығына қойылатын талаптар бірнеше секундтан бірнеше минутқа дейінгі аралықты қамтиды;
- Анықтамалар саны - минутына бірнеше реттен - сағатына бірнеше ретке дейінгі аралықта;
- Көлік құралынан диспетчерлік пунктке және кері қарай қосымша ақпаратты беру мүмкіндігінің болуы;
- Құрылғылар монтаждау жұмыстарында қарапайым және қымбат болмауы керек және автономды қуат көздерінен жұмыс істей алуы керек;
- Сервермен байланыс болмаған жағдайда келесі жіберу үшін орналасқан жері туралы деректерді сақтауға арналған ішкі жады болуы тиіс.

Жылжымалы объектілердің орналасқан жерін бақылау жүйелерін пайдалану мен сатып алуға көптеген автокөлік кәсіпорындары мүдделі [3].

Жүйе бағалы жүктердің, жеңіл, жүк көлігінің және басқа да мобильді объектілердің қозғалуын нақты уақыт режимінде бақылау мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс, орналасқан жерін анықтаудың дәлдігі 50 метрге дейін, сондай-ақ көліктен авариялық ақпарат алу мүмкіндігі болуы қажет.

Жүйенің құрамына объектілерден ақпарат бір мезгілде келіп түсуі тиіс диспетчерлік орталықтар кіруі керек. Диспетчерлік орталықтардан объектілердің орналасқан жері мен жай-күйі туралы сұрау салу мүмкіндігі, сондай-ақ оларға ақпарат беру көзделуі тиіс [4].

GPS трекер – орналасқан объектіні бақылауды жүзеге асыру, объектінің қозғалысын бақылау, онымен байланыс үшін деректерді қабылдау және беру құралы. Трекер бақыланатын нысанның орналасқан жерін дұрыс анықтау үшін Global Positioning System (GPS) пайдаланады. GPS трекері GPS терминалы немесе GPS локаторы деп те аталады.

GPS терминалы көліктің, адамдардың, жүктердің, жануарлардың және басқа да қозғалысқа бақылау жасау қажет объектілердің орналасқан жерінің координаттарын алу үшін қолданылады. Құрылғы объект туралы алынған деректерді берілген уақыт аралығы сайын немесе белгіленген алгоритмге сәйкес сақтайды, содан кейін оларды GPRS немесе GSM арнасы көмегімен қолдау серверіне радиобайланыс арқылы жібереді. Серверден деректер ақпаратты өңдеудің бағдарламалық қамтамасыз етуі орнатылған пайдаланушының компьютеріне түседі. Сонымен қатар серверге орнатылған бағдарламалық қамтамасыз ету бар деректерді беру нұсқасы бар, мұндай жағдайда қолданушы Web-браузер арқылы мониторинг жүйесіне қол жеткізе алады, оператор парақшасына кіру үшін деректер енгізіледі және одан әрі жұмыс істеу үшін мониторинг бағдарламасының интерфейсі ашылады. Терминалдың қозғалысын нақты уақыт режимінде немесе оның жұмыс уақытының кез келген аралығында бақылауға болады.

Транспортты бақылау үшін GPS жүйесін пайдаланудың артықшылықтары:

- Автокөліктің жүріс көлемін қысқарту. Қозғалыс маршруттарын оңтайландыру, көлік ағынын қайта бағыттау есебінен ағымдағы жағдайға байланысты жүрісті 5-15% қысқартуға қол жеткізіледі.

- «Адами факторды» алып тастау. Автокөлікті бақылау жүйесі жүргізушілердің жеке мақсаттарында пайдалануын немесе «артық» рейстерді жасауын шектейді.

- Транспортты пайдалану тиімділігін арттыру. Нақты уақыт режимінде бақылау мен сауатты автоматтандырылған диспетчерлеу – техниканың тұрып қалу уақытын төмендетуге және жүк көлігінің жүктелу деңгейін арттыруға мүмкіндік береді.

- Клиенттерге қызмет көрсету сапасын жақсарту. Көлікті тұрақты бақылау негізінде тиімді басқаруды ұйымдастыру клиенттерге қызмет көрсету жылдамдығын арттыруға, туындаған даулы жағдайларды тез шешуге мүмкіндік береді.

- Жанар-жағар май шығынын 15-30% - ға жуық азайту [5].

Спутниктік мониторингтің диспетчерлік жүйесі

Транспортты мониторингтеу жүйесі – бұл спутниктік навигациялық технологияларға негізделген жүйе, ол автопарккі басқару мен бақылауды айтарлықтай жеңілдетуге, көлікті мониторингілеу мен диспетчерлеу жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді. Алғашқы автокөлік компьютерлері XX ғ. 80-ші жылдары пайда болды және уақыт өте келе сымсыз желілерге қосылған болатын. Сымсыз байланыстың жылдам дамуы және телекоммуникациялық желілерді жабу аймақтарының ұлғаюының арқасында бүгінгі таңда көлік мониторингінің барлық сервистері нақты уақыт режимінде бақылау қызметін ұсынады. Көлік мониторингі жүйесін енгізген немесе жоспарлаған мекемелерде жүйелер көбінесе кәсіпорындардың ресурстарын басқару жүйелерімен, ERP-жүйелермен интеграцияланады және әдетте келесі сервистерден тұрады:

1. Автопарк қызметінің тиімділігін арттыру үшін спутниктік навигация жүйелері мен датчиктер негізінде көлік құралының қашықтықтан мониторингтеу және автомобильдің негізгі жүйелерінің диагностикасы;

2. Көлікті диспетчерлендіру жүйесі – көлікті қашықтықтан мониторингтеу және жүргізушілермен байланысты қамтамасыз ету, навигация, маршруттарды оңтайландыру, логистика, белгілі бір оқиғалар туралы хабарлау қызметтері;

3. Мекеменің операциялық тиімділігін жақсартуға мүмкіндік беретін қызметкерлердің мобильді мониторингі және кәсіпорын жүйелеріне қолжетімділікті жеңілдету;

4. Қауіпті және бағалы жүктердің мониторингі;

5. Жүргізушілерді бақылау жүйесі – ЖЖМ шығындарын қысқарту, қағаз-құжат айналымын қысқарту мақсатында кәсіпорын жүргізушілерінің тапсырмаларды орындауын талдау;

6. Жалақыны есептеу және жүргізушілердің еңбек режимін сақтауы жөніндегі нормалардың орындалуын бақылау [6].

Қорытынды

Осы жұмыс шеңберінде көлікке GPS спутниктік жүйесі арқылы мониторинг және диспетчерлендіру жүйесінің кешені жобаланды. Бұл кешен кәсіпорынның тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін көптеген міндеттерді шешеді.

Жұмыс қорытындысы бойынша бұл жоба келесідей мәселелерді шешуге мүмкіндік береді:

1. Көлік құралының нақты орнын анықтау мүмкін еместігі;
2. Жанар-жағар майды жүргізушінің құйып алуы;
3. ЖЖМ артық шығындарын тудыратын маршруттың ауытқуы;
4. Көлікті жеке мақсатта пайдалану;
5. Жүргізушінің белгіленген орналасу нүктесін сақтамауы;
6. Жүргізушілердің жол-көлік ережелерін бұзуы.

Жүйені қолдану объектілердің орналасқан жерін визуалды түрде көрсету есебінен тұтынушыға тасымалдау жылдамдығын артып, нәтижесінде көлік негізін қалау үшін ең қолайлы нүктелер пайда болады, бұл клиенттерге қызмет көрсету сапасын жақсартады. Мониторинг жүйесіндегі статистиканы талдау көлік бағыттарын оңтайландыруға, жолдағы ағымдағы жағдайға байланысты қайта бағыттауға мүмкіндік береді, бұл жүріс пен жанар-жағармай материалдарының төмендеуіне, нәтижесінде шығындарының да төмендеуіне әкеледі. Жүйенің болуы жол ережелерін бұзуға дағдыланған жүргізушілерге жылдамдықты шектеуге итермелейді, бұл көліктің қызмет ету мерзімін ұлғайтады және жол қауіпсіздігін арттырады, нәтижесінде жүк тасымалының қауіпсіздігі және компанияның имиджі жоғарылайды. Көлікті мақсатсыз пайдалануды жояды. Жазатайым оқиғалардың санын азайту әлеуметтік төлемдер мен көлік құралын жөндеу құнын төмендетуге әкеледі. Пайдаланылған сәйкестендіру кілттері диспетчерлерге көлік құралын басқаратын жүргізушіні анықтауға мүмкіндік береді. Бағдарлама ашық стартер тізбегімен бірге ұрлықтан қосымша қорғаныс жасайды. Осы жүйені енгізгеннен кейін жанар-жағар май шығыны 15-30% -ға азаяды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 Кузьмина А.А., Грановский В.А. Автомобильный транспорт. - учебное пособие: Краснодар. – 2012 г. с. 188
- 2 Карташевич А.Н., Белоусов В. А. Диагностирование автомобилей. –практикум. Научно-издательский центр ИНФРА-М. – 2015 г. с. 208
- 3 Н.В. Пеньшин. Общий курс транспорта: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 132 с.
- 4 Набоких В.А. «Системы электроники и автоматики автомобилей»: учебное пособие для вузов 2015 г. - 204 стр.
- 5 <https://gps.shturman.kz/oborudovanie/gps>
- 6 Генике А. А., Г. Г. Побединский «Глобальные спутниковые системы определения местоположения». - М.: Картгеоцентр, 2004. - с. 350.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ПАВЛОДАРСКОМ ВЫСШЕМ КОЛЛЕДЖЕ УПРАВЛЕНИЯ

БОТАНОВ А. В.

студент, Павлодарский высший колледж управления, г. Павлодар

БЕЛОЗЕРОВА М. Ю.

преподаватель, Павлодарский высший колледж управления, г. Павлодар

Данный проект разработан для упрощения сбора данных о температуре и влажности в архиве Павлодарского высшего колледжа управления.

Эксплуатация данного устройства упростит сбор и структурирование данных о температуре и влажности в архиве. Так как для сохранности ценных бумаг и документов необходимо соблюдать определенную температуру и влажность. Данное устройство частично автономно и способно собирать данные о температуре и влажности, записывая их на SD-карту в таблицу, которая просматривается через Excel. Благодаря встроенным часам реального времени данные собираемые датчиком привязаны к времени и записываются в специальную таблицу. Собранный прибор исключает необходимость самостоятельного сбора информации о экологическом состоянии архива. Макет прост в использовании и не требует специальных знаний и навыков для работы с ним и его обслуживания. Пользователю необходимо только установить устройство в нужное место и подключить к источнику питания. Данный проект соответствует всем заявленным требованиям заказчика.

Для считывания и хранения данных необходимо наличие компьютера с картридером для подключения SD-карты и набор программного обеспечения для работы с файлами формата CSV.

Общий обзор среды программирования. Для реализации проекта использовалась модель Arduino UNO. Arduino – это сердце конструктора, в котором нет конечного, определённого набора деталей, и нет ограничений в разнообразии того, что можно собрать. Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это платформа, предназначенная для «physical computing» с открытым программным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью

приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере (напр.: Flash, Processing, MaxMSP). Платы могут быть собраны пользователем самостоятельно или приобретены в сборе. Среда разработки программ с открытым исходным текстом доступна для бесплатного скачивания [1, с. 13].

Язык программирования Arduino является реализацией Wiring, схожей платформы для «physical computing», основанной на мультимедийной среде программирования Processing [1, с. 47].

Среда разработки. Интегрированная среда разработки, ИСР (англ. Integrated development environment – IDE), также единая среда разработки, ЕСР – комплекс программных средств, используемый программистами для разработки программного обеспечения (ПО).

Среда разработки включает в себя: текстовый редактор, компилятор и/или интерпретатор, средства автоматизации сборки, отладчик.

Существует несколько сред разработки для работы с Arduino:

– Arduino IDE. В ней имеется весь необходимый минимум для разработки программ: написание кода, проверка кода, компиляция, загрузка скетча в Ардуино, монитор последовательного порта. Все, кто работал в серьёзных средах разработки типа JetBrains IDEA, Microsoft Visual Studio или Quartus, наверняка отметят, что среда Arduino IDE довольно аскетична: ничего лишнего, и особых удобств она не предлагает [1, с. 48];

– PROGRAMINO. Это платная среда разработки, но её можно опробовать в течение 14-ти дней бесплатно. Programino, как и другие среды разработки, требует, однако, чтобы у вас была установлена Arduino IDE. При первом запуске программы следует в настройках указать путь к исполняемому файлу arduino.exe. Для этого идём в меню настройки: Options Editor Settings. Появится окно, в котором нужно будет указать пути к директории с Arduino IDE и сопутствующими библиотеками. Теперь мы готовы писать программы в Programino;

– Analog Plotter. Это средство позволяет визуализировать вам то, что приходит в COM-порт от Arduino. Этот инструмент может быть полезным, например, для отображения показаний во времени каких-нибудь аналоговых датчиков: температуры, влажности, давления, освещённости и других;

– B4R (Basic for Arduino) Ещё одна альтернатива Arduino IDE – B4R, или «Basic for Arduino». Эта среда разработки уникальна тем,

что использует язык Basic, а не Си. Она также поддерживает функцию автодополнения кода. Кроме того, она полностью бесплатна.

При первом запуске среда B4R также требует указать путь к директории с Arduino IDE и, при необходимости, дополнительным нестандартным библиотекам и общим модулям.

В центральной части находится поле для редактирования кода. В правой – область вкладок и сами вкладки: доступных библиотек, модулей скетча, журнала и поиска. Тем не менее, удобство этой среды и наличие хорошего руководства от разработчиков полностью окупает эти недостатки.

Ардуино и разновидности плат. Проект Arduino является открытым - документации, чертежи, прошивки имеются на официальном сайте и доступны всем желающим. Это значит, про наличие желания, умения, материалов и средств, любой может спаять себе эту плату. Более того, производитель может свободно вносить свои изменения в исходную схему. Тем не менее, официальный разработчик не разрешает сторонним производителям использовать название «Arduino» без разрешения. Поэтому платы, выпущенные по открытой лицензии чаще всего имеют либо наименования вида «***Duino», либо свои названия. UNO - это наиболее популярная и распространенная модель. Обычно, когда речь заходит об Arduino, имеется в виду именно эта плата.

Arduino Uno - это устройство на основе микроконтроллера ATmega328 (datasheet). В его состав входит все необходимое для удобной работы с микроконтроллером: 14 цифровых входов/выходов (из них 6 могут использоваться в качестве ШИМ-выходов), 6 аналоговых входов, кварцевый резонатор на 16 МГц, разъем USB, разъем питания, разъем для внутрисхемного программирования (ICSP) и кнопка сброса. Для начала работы с устройством достаточно просто подать питание от AC/DC-адаптера или батарейки, либо подключить его к компьютеру посредством USB-кабеля.

Так как Arduino - открытый проект. Изготавливать платы может любой производитель, имеющий для этого все необходимое. При этом, качество сборки может быть различным в зависимости от того, ответственно ли подходит к работе конкретный издатель. Зачастую платы-клоны ничуть не уступают по качеству оригинальным итальянским продуктам.

Число выводов непосредственно влияет на число подключаемой периферии, которую можно использовать: сервоприводы, светодиоды, датчики разных типов, кнопки, модули, а также все остальное. Платы снабжаются выводами двух видов - аналоговыми и цифровыми. У

цифровых выводов имеется лишь два значения: HIGH и LOW. Первое демонстрирует присутствие тока на выводе, а второе - отсутствие. У аналогового тоже имеется два значения, которые могут считываться цифровыми.

Аналоговые выводы выдают напряжение в диапазоне 0-1024, где первое значение соответствует 0 вольт, а последнее 5 вольт. Можно изменить диапазон значений путем трансляции опорного напряжения на особый вывод. Допускается использование любого аналогового выхода аналогично цифровому. Однако использование цифрового в качестве аналогового просто невозможно.

Основные компоненты проекта. Для создания датчика температуры и влажности необходимо было объединить все собранные детали и установить их в один корпус для удобства пользования и дополнительной защиты. Что бы данный дипломный проект мог стабильно функционировать были использованы следующие комплектующие:

- Arduino Uno 3;
- часы реального времени (Тройка-модуль);
- SD картридер (Тройка-модуль);
- датчик температуры и влажности;
- аккумулятор Power Shield (Li-Ion, 2000 мА ч);
- Tройка Slot Shield;
- TM1637 4-х разрядный модуль дисплей.

Arduino Uno 3. Arduino – торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции Arduino.

Arduino может использоваться как для создания автономных объектов автоматики, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы.

Часы реального времени (ЧРВ, RTC – англ. Real Time Clock) – электронная схема, предназначенная для учёта хронометрических данных (текущее время, дата, день недели и др.), представляет собой

систему из автономного источника питания и учитывающего устройства. Чаще всего часы реального времени встречаются в вычислительных машинах, хотя на самом деле ЧРВ присутствуют практически во всех электронных устройствах, которые должны хранить время [2, с. 196].

Название «real-time clock» используется в английском языке для различения от тактовых генераторов (которые в английском языке называются «clock signals»). Тактовые генераторы не ведут счёт в «человеческих» единицах исчисления времени.

Несмотря на то, что часы реального времени могут быть реализованы без использования специализированных устройств, применение специализированной схемы для ЧРВ позволяет добиться более низкого энергопотребления, освобождения центрального процессора для критичных по времени задач, обеспечить более высокую точность.

GPS-приёмники могут ускорять процесс включения, сравнивая время в собственных ЧРВ со временем последнего получения сигнала от спутника (если предыдущее включение было несколько часов назад, то ранее найденные спутники всё ещё могут быть использованы и определение координат начнётся быстрее) [1, с. 201].

Картридер – это компактное устройство для быстрого считывания карт памяти, флешек и других типов памяти.

Существует множество разных видов картридеров. В данном случае был выбран картридер, специальный для Arduino.

Датчик температуры и влажности способен определять температуру и влажность окружающей среды.

Данные температуры и влажности датчик отдаёт по одному проводу в виде цифрового сигнала [1, с. 188]. Это позволяет передавать данные на расстояние до нескольких десятков метров. В данном проекте был установлен датчик DHT11.

DHT11 – это цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Датчик DHT11 не обладают высоким быстродействием и точностью, но зато прост, недорог и отлично подходит для обучения и контроля влажности в помещении [3, с. 381].

Электрический аккумулятор – химический источник тока, источник ЭДС многоразового действия, основная специфика которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование для накопления энергии и автономного электропитания различных

электротехнических устройств и оборудования, а также для обеспечения резервных источников энергии в медицине, производстве, транспорте и в других сферах.

Принцип действия аккумулятора основан на обратимости химической реакции. Работоспособность аккумулятора может быть восстановлена путём заряда, то есть пропуском электрического тока в направлении, обратном направлению тока при разряде. Несколько аккумуляторов, объединённых в одну электрическую цепь, составляют аккумуляторную батарею [4, с. 155]. В данном проекте был выбран Аккумулятор Power Shield Li-Ion, 2000 мА·ч.

Тройка Slot Shield – это плата расширения для быстрой сборки компактных устройств, которая совместима с платформами для разработки форм-фактора Arduino Uno, Один Slot Shield вмещает до 6 модулей.

Дисплей – это электронное устройство, предназначенное для визуального отображения информации. Дисплеем в большинстве случаев можно назвать часть законченного устройства, используемую для отображения цифровой, цифро-буквенной или графической информации электронным способом 1 с. 213-225.

Модуль 4 LED это уже готовое устройство на драйвер-чипе TM1637 способное сэкономить порты ввода/вывода на вашем микроконтроллере для вывода 4-х значных значений и разделительной дроби.

Хранение данных. При выполнении проекта информацию о собранных данных было принято решение хранить в виде таблицы. Для более удобного доступа к данным был выбран вариант хранения в таблице Excel в формате CSV.

CSV это текстовый формат, предназначенный для представления табличных данных. Каждая строка файла – это одна строка таблицы. Значения отдельных колонок разделяются следующими символами: запятой, точкой с запятой, двоеточием.

Большинство программ понимают под CSV более общий формат DSVгуен (англ. delimiter-separated values – значения разделённые разделителем), допускающий использование иных символов в качестве разделителя. В частности, в русской и других локалях запятая по умолчанию зарезервирована под десятичный разделитель. Поэтому как разделитель используется точка с запятой или табуляция (формат TSV).

Несмотря на наличие RFC, на сегодняшний день под CSV, как правило, понимают набор значений, разделённых какими угодно разделителями, в какой угодно кодировке с какими угодно окончаниями строк и множеством различных способов экранирования спецсимволов.

Это значительно затрудняет перенос данных из одних программ в другие, несмотря на всю простоту реализации поддержки CSV.

Подключение библиотек для работы датчиков. Для корректной работы всех датчиков на одной плате необходимо скачать и указать путь к подключаемым дополнительным библиотекам для работы микросхем. Чаще всего библиотеки выкладываются в виде ZIP-архива или просто папки. Название этой папки является названием библиотеки. Внутри папки будет файл с расширением .cpp, файл с расширением .h, а также текстовый файл keywords.txt, папка с примерами examples и другие файлы, требуемые библиотекой. В Arduino IDE есть набор стандартных библиотек, которые используются очень часто. Эти библиотеки поддерживают все примеры, которые включены в Arduino IDE. Стандартные библиотеки поддерживают функции для работы с наиболее распространенным периферийным оборудованием, например: серводвигатели или LCD экранами. Подключаемые библиотеки представлены ниже [2, с.102]:

- Wire.h нужна для корректной работы датчика;
- TROYKARTC.h нужна для подключения часов реального времени;
- SPI.h необходима для работы нескольких устройств;
- SD.h это библиотека для работы SD картридера;
- DHT.h это библиотека датчика температуры и влажности.

Так же для того что бы настроить часы реального времени необходимо их настроить, задав все необходимые параметры. Необходимо по отдельности прописать данные о времени и даты, и привязать датчик температуры и влажности к времени.

После того как часы и библиотеки настроены необходимо подключить дисплей. Для инициализации карты памяти и дальнейшей ее работы нужно использовать определенный код. Для считывания и корректного сохранения данных с датчика температуры и влажности необходимо настроить его. Так же в данном коде формируются результаты и заносятся в таблицу. Для исключения возможности случайного удаления файла для записи данных, необходимо сделать так, чтобы он автоматически создавался. Необходимо создать файл для записи и по его доступности сохранять в нем данные. Для корректной работы кнопки необходимо ее настроить [2, с. 40] такие как: кнопка, резисторы, медные провода и монтажная плата. Так же для закрепления всех элементов датчика вместе было принято решение использовать медные провода.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Соммер У. Электроника. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino.- СПб.: БВХ-Петербург, 2012.
- 2 Петин В.А. 77 проектов на Arduino. – М.: ДМК Пресс, 2020.
- 3 Карвинен Т., Карвивен К., Валтокарри В. Делаем сенсоры: проекты сенсорных устройств на базе Arduino и Raspberry Pi – М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2015.
- 4 Ревич Ю. В. Занимательная электроника – СПб.: БХВ-Петербург, 2015.

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ

ВАСИЛЬЕВ В. О.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Под технологией проектирования процессов функционирования человеко-машинной системы по вероятностным и нечетким показателям эффективность, качество, надежность [1] понимается комплекс методов, способов и средств, обеспечивающих автоматизированное хранение, обработку, передачу и отображение информации, используемой при исследовании и проектировании процесса функционирования человеко-машинной системы.

Технология регламентирует следующее:

- требования к составу и форме представления типовых информационных элементов – типовая функциональная единица и типовая функциональная структура, а также к подключаемым производственно-логическим базам знаний;
- процедуры задания множества альтернатив, ограничений и отношения предпочтения (критерия оптимальности);
- средства управления ходом решения задачи оптимизации и модификации оптимизационной модели;
- доступ к справочникам (архиву) оптимизационных моделей и их элементов;
- экранные формы отображения промежуточных результатов и решения задачи оптимизации.

В основу предлагаемой технологии проектирования положены следующие общие методологические принципы [3]:

1. Принцип проблемной ориентированности. Описание процесса функционирования осуществляется на языке проблемной области оптимального проектирования человеко-машинной системы. В качестве модели описания и оценки показателей эффективности, качество, надежность используется объектно-ориентированная функциональная сеть.

2. Принцип целостности. Процесс функционирования одновременно задается в пяти пространствах: функций, состояний, элементов, событий и показателей.

3. Принцип совмещения объектно-ориентированной и структурной технологии проектирования процесс функционирования человеко-машинной системы. Основной является технология объектно-ориентированного проектирования и связанная с ней модель процесса функционирования - объектно-ориентированная функциональная сеть. Причем, функциональная структура системы может быть первично представлена в виде блок-схем алгоритмов с использованием структурной технологии, а затем уже в объектно-ориентированной форме. Состояния процесса функционирования либо привязаны к конкретному элементу (например, составному), либо являются системными.

4. Принцип интеграции вероятностного и нечеткого описания показателей процесса функционирования человеко-машинной системы. Отдельные фрагменты объектно-ориентированной функциональной сети могут иметь как вероятностные модели показателей, так и нечеткие.

5. Принцип взаимно однозначного соответствия алгоритмической (объектной) составляющей процесса функционирования человеко-машинной системы и вероятностного и (или) нечеткого описания показателей эффективности, качество, надежность, с последующей их оценкой.

6. Принцип типовых функциональных структур, единиц и объектов (классов) в процессе функционирования человеко-машинной системы. Данный принцип позволяет организовать оценку показателей эффективности, качество, надежность через последовательность эквивалентных преобразований объектно-ориентированной функциональной сети, в частности - замену некоторых типовых функциональных структур на эквивалентные им типовые функциональные единицы и расчетом характеристик типовых функциональных единиц как функций от характеристик типовых функциональных единиц, входящих в указанные типовые функциональные структуры.

7. Принцип многомерности человеко-машинной системы. Продукт труда, получаемый на выходе процесс функционирования человеко-машинной систем, может иметь дефекты различных типов.

8. Принцип альтернативности процесс функционирования человеко-машинная система. На любом уровне рассмотрения процесс функционирования человеко-машинная система возможно задание альтернативных фрагментов объектно-ориентированная функциональная сеть.

9. Принцип оптимизации процесс функционирования человеко-машинной системы. При синтезе процесса функционирования человеко-машинной системы на модели объектно-ориентирования функциональной сети выбираются наилучшие варианты в соответствии с целевой функцией и необходимыми условиями оптимальности и допустимости частичных решений.

10. Принцип учета влияющих факторов (внешней среды) и ситуаций в человеко-машинной системы на показатели типовых функциональных единиц и структуру процесса функционирования человеко-машинной системы. Данный принцип реализуется подключением к объектно-ориентированной функциональной сети соответствующей продукционно-логической базы знаний.

11. Принцип эквивалентных преобразований задач оптимизации на объектно-ориентированную функциональную сеть к постановкам оптимизационных задач на других моделях. К таким моделям относятся, в первую очередь, полумарковские процессы и продукционно-логические системы.

На рис. 1 представлена связь основных процедур и баз данных (знаний) технологии проектирования процесса функционирования человеко-машинной системы.

Гибридная экспертная система проектирования процессов функционирования ЧМС и принятия решений ИНТЕЛЛЕКТ-2

Технология проектирования процессов функционирования человеко-машинная система по вероятностным и нечетким показателям наиболее полно реализована в гибридной экспертной системе ИНТЕЛЛЕКТ-2, а также частично и в других программных системах: ИНТЕЛЛЕКТ, ДИФУС и ОПТЭРС [2, 3].

Гибридная экспертная система ИНТЕЛЛЕКТ-2 предназначена для автоматизации проектирования процесса функционирования человеко-машинной систему на основе вероятностных и нечетких показателей

эффективность, качество, надежность методом последовательной оптимизации и предоставляет пользователю следующие основные возможности:

1. Задавать множество альтернатив процесса функционирования человеко-машинной системы в форме альтернативного графа с использованием структурной и (или) объектно-ориентированной технологий. Множество типовых функциональных структур, входящих в суперпозицию функциональной сети (функционально-семантическая сеть), определяется типовая функциональная структура “Условие”.



Рисунок 1 – Связь основных процедур и баз данных технологии проектирования

2. Вести справочники элементов человеко-машинной системы, используемых функций и типовой функциональной единицей в объектно-ориентированном виде.

3. Подключать произвольную производственно-логическую базу знаний в форме Пролог-программы и транслировать оптимизационную модель, а также любую ее составляющую, в Пролог-программу.

4. Определять критерий оптимальности и ограничения задачи оптимизации на основе вероятностных или нечетких показателей.

5. Проводить оценку мощности и трудоемкости получения эффективных решений для всех типовых функциональных единиц альтернативного графа.

6. Выбирать оптимальный алгоритм направленного перебора.

7. Задавать управляющие параметры для алгоритма оптимизации.

8. Управлять ходом решения задачи оптимизации.

9. Выделять множество эффективных решений для произвольной типовой функциональной единицы в альтернативном графе.

10. Отображать результаты проектирования и запоминать их в архив решений.

Гибридная экспертная система ИНТЕЛЛЕКТ-2 (рис.2) функционирует на ПЭВМ типа IBM PC в операционной среде Win32, языке программирования C++Builder и Visual Prolog [4, 5].

В множество типовой функциональной структуры (ТФС), отражаемых в Списке 1 (рис. 2), входят:

- ТФС “Тождественная”;
- ТФС “Последовательные рабочие операции”;
- ТФС “Параллельные рабочие операции “И””;
- ТФС “Параллельные рабочие операции “ИЛИ””;
- ТФС “Функциональный контроль”;
- ТФС “Функциональный контроль с доработкой”;
- ТФС “Развилка”;
- ТФС “Диагностический контроль”;
- ТФС “Диагностический контроль с восстановлением работоспособности”;
- ТФС “Рабочая операция с диагностическим контролем и ремонтом”;
- ТФС “ k - кратное выполнение рабочей операции “И””;
- ТФС “ k - кратное выполнение рабочей операции “ИЛИ””;
- ТФС “Условие”.

В Окне 4 (рис. 2) отражаются номера типовой функциональной единицы, входящих в альтернативный граф, для всех четыре типов

– рабочая операция, функциональный контроль, диагностический контроль и “Предикат”, а также имена файлов ранее сохраненных в альтернативный граф (или подграфов).

В ИНТЕЛЛЕКТ-2 применяется трехуровневое одновременное представление альтернативного графа в Окнах 1-3. В Окне 3 отражается ЭТФЕ (родитель выделенной в Окне 1 другой ЭТФЕ) на некотором k -2-ом уровне альтернативного графа (корневая вершина альтернативного графа - 0-ой уровень!). Ее структурные альтернативы выводятся в Окно 1 на k -1-ый уровень, где и расположена выделенная ЭТФЕ.

Структурные альтернативы выделенной ЭТФЕ располагаются в Окне 2 - k - ый уровень альтернативны граф.

В правом нижнем углу главной форме гибридной экспертной системы ИНТЕЛЛЕКТ-2 отражается информация по типовой функциональной единицы, находящимся в Окне 1- имеются или нет структурные и параметрические альтернативы, оценка мощности и трудоемкости получения эффективных альтернатив (только для выделенной типовой функциональной единицы).

Имеется возможность задавать альтернативы непосредственно в форме алгоритма. Для этого служит следующее окно гибридной экспертной системы ИНТЕЛЛЕКТ-2 (рис. 3).

При работе системы используются механизм BDE (Borland Database Engine) и база данных в формате DBASE [5]. Рассмотрим указанные возможности гибридной экспертной системы ИНТЕЛЛЕКТ-2 более подробно.

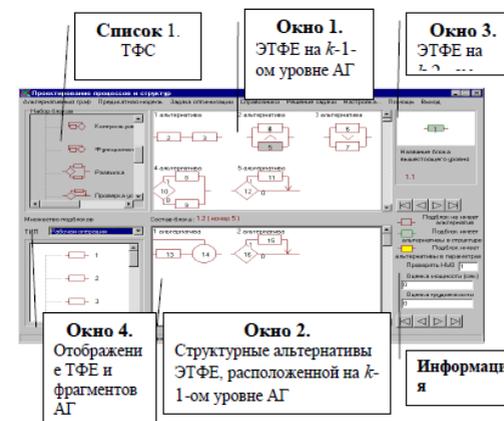


Рисунок 2 – Главная форма гибридной экспертной системы ИНТЕЛЛЕКТ-2

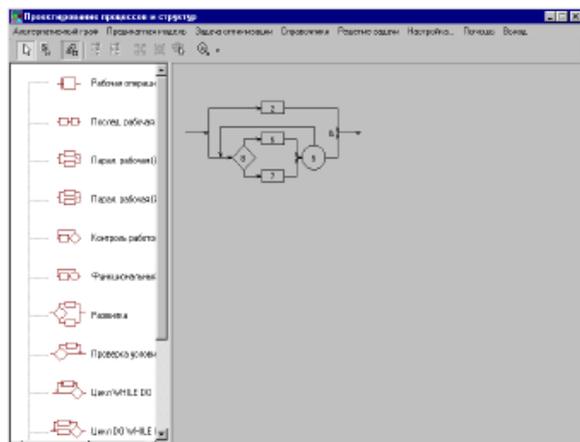


Рисунок 3 – Окно задание альтернатив в форме алгоритма

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник / А.Н. Адаменко, А.Т. Ашероф, И.Л. Бердников и др.; Под общ. ред. А.И. Губинского и В.Г. Евграфова. - М.: Машиностроение, 1993. - 528 с.
- 2 Губинский А.И. Оптимизация эрготехнических систем / Губинский А.И., Гречко Ю.П., Гриф М.Г., Цой Е.Б., Яковлев Б.А. - М., 1981. - 40 с.- (Препринт № 4325 / АН СССР. Науч. Совет по комплекс. проблеме «Кибернетика»).
- 3 Гриф М.Г. Проектирование и оптимизация процессов функционирования человеко-машинных систем // В сб. «Научный вестник НГТУ». 2002. № 2(13). Новосибирск: Изд-во НГТУ. С. 41-62.
- 4 Стерлинг Л. Искусство программирования на языке Пролог / Стерлинг Л., Шапиро Э. //Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. – 235 с.
- 5 Borland C++ Builder. Энциклопедия пользователя /Пер. с англ. – Киев: ДиаСофт, 1997. - 884 с.

ВЕТРОДВИГАТЕЛЬНОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО – ТУРБОПАРУС

ДРОБИНСКИЙ А. В.

к.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

БРУС Т. М.

учитель-исследователь физики и астрономии,
Гимназия № 3 для одаренных детей, г. Павлодар
ЖУМАБЕКОВ Р.

ученик 8 класса, Гимназия № 3 для одаренных детей, г. Павлодар

Ветроэнергетика на сегодняшний день является самой быстрорастущей отраслью среди альтернативных источников энергии. За последние двадцать лет эта область превратилась из экзотического явления в стремительно развивающееся направление, где разработаны более эффективные и надежные технологии, стоимость которых за десять лет снизилась вдвое, что позволило наладить их коммерческое производство. Современная ветровая турбина способна производить электричества в 180 раз больше, чем 20 лет назад.

По поверхности Земли ресурсы возобновляемой энергии распределены значительно равномернее и доступнее, чем залежи угля, и месторождения нефти, газа или урана. В настоящее время доля возобновляемых ресурсов в производстве всех видов энергии в мире занимает порядка 13,5 %, доля возобновляемых ресурсов в производстве электроэнергии - 18 %. Прогнозируется дальнейший рост доли возобновляемых источников энергии.

Потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) значительно превосходит потребление энергии всем населением Земли. При этом перспективы развития ветровой энергии в 100 раз больше, чем у гидроэнергии. В настоящее время работающие ветроэнергетические установки (ВЭУ) снабжают человечество только тысячной долей необходимой энергии. Китай, на сегодня, лидер в этой области.

Ветер является наиболее доступным источником энергии. Начиная с 2009 года средний годовой прирост суммы мощностей ветрогенераторов во все мире, составлял в среднем 38 – 40 ГВт.

В соответствии со Стратегическим планом развития РК до 2020 года доля ВИЭ в общем объеме электропотребления должна составить более 3% – к 2020-му.

Особенно быстро ветроэнергетика развивается в Китае, США, Германии, Индии, Японии. По прогнозам специалистов, мощность мировой ветроэнергетики достигнет к 2020 году более 1500 ГВт.

Наряду со значительными запасами ископаемого органического топлива Республика Казахстан обладает и обширными запасами возобновляемых ресурсов и источников энергии (солнечной, ветровой, гидравлической, геотермальной, энергии биомассы и твердых бытовых отходов, водородной и др. альтернативной энергетики).

Технический потенциал возобновляемых ресурсов и источников энергии только по ветру составляет около 1 820 млрд. кВт.ч в год, что в 25 раз превышает объем потребления всех топливно-энергетических ресурсов РК, а экономический потенциал определен более чем в 110 млрд. кВт/ч, что в 1,5 раза больше годового внутреннего потребления энергоресурсов в Республики Казахстан.

На энергетическом форуме «Инновации в энергетику – Казахстан 2050» было озвучено, что в Казахстане к 2050 году доля возобновляемых источников энергии в структуре электроэнергетики вырастет до половины, «В рамках перехода Казахстана к «зеленой экономике» долю ВИЭ планируется довести до 30% к 2030 году и до 50% к 2050 году. Природные условия в РК создают возможности для развития подобной генерации [1].

По данным министерства энергетики, выработка электроэнергии объектами ВИЭ в РК составила 1,35 млрд кВтч. Доля ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии – 1,3%. При этом количество объектов ВИЭ планируется довести до 95 в 2020 году и 119 – в 2021 году. В ближайшие два года установленная мощность электростанций, работающих на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), вырастет до 3 ГВт,

По состоянию на первое января 2019 года общая установленная мощность электростанций Казахстана составляла 21901,9 МВт. Концепция по переходу на «зеленую экономику», где главными стратегическими задачами являются планы довести долю ВИЭ в общем объеме производства электроэнергии до 3% к 2021 году, 10% к 2030, а к 2050 году доля ВИЭ должна составлять не менее половины всего совокупного энергопотребления [2].

В столице Казахстана в октябре 2019 года завершился III Саммит по возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Цель Саммита – обсуждение «за» и «против» использования возобновляемых источников энергии, а также воплощение лучших идей и эффективных решений, призванных внести вклад в построение «зеленого» будущего нашей страны и всего мирового сообщества.

В своей приветственной речи исполнительный директор Фонд Первого Президента Республики Казахстан-Елбасы Асет Исекешев

отметил что Фонд будет поддерживать направление развития ВИЭ в Казахстане, поскольку зеленая энергетика является одним из важнейших направлений развития экономики страны. Он озвучил, что в Казахстане сегодня работает 81 объект ВИЭ, общей мощностью более 900 МВт. Доля пока еще не значительна, но основная работа еще впереди». «В понимании людей «зеленая» экономика – это солнечная или ветровые станции. Но это не так. «Зеленая» экономика – это другая ступень развития и другой образ жизни: экологический транспорт, правильное и экономное использование воды, тепла и электроэнергии, внедрение новых подходов в строительстве, правильное отношение к сбору и утилизации мусора, новые подходы к формированию зеленой атмосферы в городах (парки, скверы), зеленое сельское хозяйство. Это имеет огромный эффект для природы, и экономия как физических так и финансовых ресурсов, не только для страны и города, но и для каждого человека», – сказал он [3].

Сегодня ветроэнергетика активно развивается, и одной из ее задач является разработка ветродвигателей, эффективно работающих при низких значениях скорости ветра. Особый интерес представляют конструкции устройств использующих энергию ветра для перемещения транспортных средств. В некоторых из них, кинетическая энергия ветра преобразуется во вращательное движение вала ветродвигателя. Крутящий момент вала через передаточный механизм преобразуется в поступательное движение транспортного средства. Например, в ветромобиле DWFTTW [4], работающем от силы ветра, ветер вращает пропеллер, и вращательное движение передается колесам. Экипаж разогнал ветромобиль до скорости 60 км/час, что в 2,86 раза быстрее скорости дующего его ветра во время испытаний.

В других разработках для движения транспортных средств используется так называемый «эффект Магнуса», основным преимуществом которого является возможность движения транспортного средства при низких, и наиболее часто повторяющихся скоростях ветра 2–6 м/с [5].

Эффект Магнуса - физическое явление, возникающее, когда поток жидкости или газа обтекает вращающееся тело. При вращении летящего тела вокруг него начинают циркулировать близлежащие слои воздуха, возникает разница давлений, что создает дополнительную силу. В результате тело меняет направление движения.

В судостроении ярким примером применения эффекта Магнуса являются корабли с турбопарусами вместо обычных. В числе первых из них было роторное судно Антона Флеттнера (1885–1961). Германский

авиационный инженер и изобретатель Флеттнер вошел в историю мореплавания как человек, пытавшийся заменить паруса. Идея Флеттнера заключалась в том что вращающийся объект создает вокруг себя вихревое движение. Разница давлений создает поперечную силу, направленную от стороны, где направление вращения и направление потока ветра противоположны, к стороне, где они совпадают.

В отличие от обычного парусного судна, в 1924 году он создал роторный корабль, который представлял собой необычное судно с двумя огромными трубами (роторами) на носу и на корме. При этом, площадь ротора и его масса были в несколько раз меньше, чем площадь парусного вооружения. Пустотелым ротором было намного проще управлять, да и в производстве он был достаточно дешев. При испытаниях никаких серьезных недостатков выявлено не было. Но в конце 1920-х грянул экономический кризис. Компания, содержащая ротор разорилась, проводить испытания прекратили и о роторных парусах надолго забыли.

Роторами Флеттнера снова заинтересовались в 80-х годах XX в., когда ученые начали предлагать различные меры по смягчению потепления климата, снижению загрязнения, более рациональному расходованию топлива. Одним из первых о них вспомнил исследователь глубин француз Жак-Ив Кусто (1910–1997). Он задумался над созданием судна с современным двигателем, мощность которого обеспечивал бы ветер - чистый, бесплатный, возобновляемый источник энергии. И взгляд команды исследователей обратился в прошлое - к изобретению немецкого инженера Антона Флеттнера, эффективность которого была проверена и доказана на практике. Кусто и группа инженеров решили возродить проект двигателя. [4]

В апреле 1985 года в порту Ла-Рошель была спущена на воду «Алкиона» - первый полноценный корабль Кусто, оборудованный турбопарусами.

Турбопарус Кусто отличается от роторного паруса Флеттнера. В поперечном сечении турбопарус представляет собой нечто вроде вытянутой и скругленной с острого конца капли. По бокам «капли» расположены воздухозаборные решетки, через одну из которых (в зависимости от необходимости движения вперед или назад) производится отсос воздуха. Для максимально эффективного засасывания ветра в воздухозаборник на турбопарусе установлен небольшой вентилятор, приводимый в движение электромотором. Это создает разрежение с одной из сторон турбопаруса. А дальше действует эффект Магнуса: разрежение с одной стороны, как

результат - поперечная сила, способная приводить судно в движение. Турбопарус работает как крыло: с одной стороны его воздух протекает медленнее, чем с другой, создавая движущую силу. Для того чтобы турбопарус всегда был повернут к ветру наиболее выгодной стороной, он оборудован специальными датчиками и установлен на поворотной платформе [4].

Турбопарус, работая как вспомогательный движитель, прилично сберегает энергию дизельного двигателя и, экономя топливо, он способствует уменьшению загрязнения окружающей среды.

Турбопарус представляет собой полый цилиндр, снабженный специальным насосом. Насос создает разрежение с одной стороны турбопаруса, закачивая воздух внутрь паруса, наружный воздух начинает течь вокруг турбопаруса с разной скоростью и корабль начинает двигаться в перпендикулярном давлению воздуха направлении. Два турбопаруса установленные на корабле команды Кусто «Алкион» позволяли экономить до 50% горючего.

В качестве экспериментальных исследований авторами была создана модель в виде тележки с двигающимися колесами. На нее установлен электродвигатель. Из плотного картона был сделан цилиндрический ротор и установлен в вертикальном положении на тележку. Ротор приводится во вращение электромотором, работающим от батарейки напряжением 9 вольт. Направление вращения цилиндра по либо против часовой стрелки, задавалось переключателем.

В первой части эксперимента переключателем ротор привели в движение. Цилиндр вращался, но тележка стояла на месте без движения.

Во второй части эксперимента был создан дополнительный поток воздуха. Для создания воздушного потока, направленного перпендикулярно возможному и реальному движению тележки, во время опыта использовали вентилятор. Ротор привели в движение, направили на него поток воздуха, и тележка начала двигаться. Это доказывает наше предположение о том, что если на модель с вращающимся цилиндром направить поток воздуха, то она придет в движение. При изменении направления вращения ротора тележка начинает двигаться в противоположную сторону, иллюстрируя эффект.

Эксперимент показал, что если в поток воздуха поместить вращающийся цилиндр, ось которого перпендикулярна направлению воздушного потока, то цилиндр начинает увлекать за собой воздух. Скорость обтекания цилиндра потоком в направлении вращения становится больше, чем в отсутствие вращения, а давление меньше. С другой стороны цилиндра, где скорость вращения направлена в

противоположную направлению потока ветра, скорость обтекания становится меньше, а давление - больше. Появляется разность давлений и сила, действующая на цилиндр в направлении, перпендикулярном потоку. Начинает действовать эффект Магнуса, и тележка приходит в движение.

Проанализировав данные, полученные в ходе эксперимента, можно сделать вывод, что тележка с турбопарусом работает благодаря эффекту Магнуса. Для движения модели турбопаруса необходимы два условия: вращающийся цилиндр и направленный на него поток воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Стратегия «Казахстан -2050».
- 2 <https://kapital.kz/economic/79175/mocshnost-kazahstanskih-elektrostancij-vyrastet-do-3- gvt>.
- 3 <http://astanasolar.kz/ru/news/mirovaya-solnechnaya-energetika-ustanovlennaya-moshchnost-ses>.
- 4 Ветроавтомобиль DWFTTW.
- 5 Бычков Н.М. Ветроагрегат с эффектом Магнуса: 1. Результаты модельных исследований // Теплофизика и аэромеханика. 2004. Т. 11, № 4, стр. 583-596.

LABVIEW ГРАФИКАЛЫҚ БАҒДАРЛАМАЛАУ ОРТАСЫНДА ВИРТУАЛДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ СТЕНДТІ ӨЗІРЛЕУ

ЗЕЙНУЛЛИЕВ А., АМАНОВА Б.

2 курс, студенттер, Ф. Дәукеев атындағы

Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.

ХАН С. Г.

к.т.н., профессор, Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті, Алматы қ.

ТЛЕУБАЕВА Ж. С.

магистр, аға оқытушы, Ф. Дәукеев атындағы Алматы энергетика
және байланыс университеті, Алматы қ.

Қазақстанның қазіргі дамуы жағдайында кез келген оқу орнының табысты қызметінің кепілі жоғары білімді студенттерді шығару болып табылады. Ол үшін оқытудың тиімділігі жоғары және нәтижелі жүйесін құру қажет.

Білім беруде заманауи ақпараттық технологияларды қолдану студенттердің дербес және қашықтықтан оқыту мүмкіндігіне қол жеткізу үшін тиімді құралдардың бірі болып табылады. National Instruments

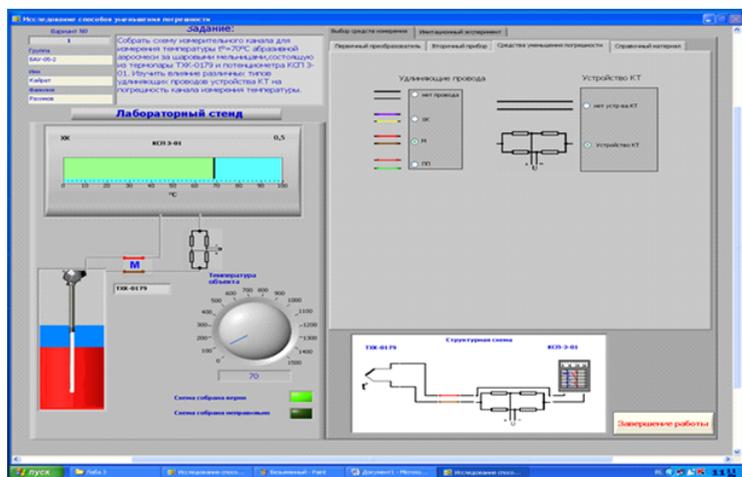
(АҚШ) технологияларын пайдалана отырып, дербес компьютерді нақты сигналдармен жұмыс істеу үшін заманауи зертханалық станцияға айналдыруға болады. Өлшеуіш ақпаратты жинау және өңдеудің компьютерлік жүйелерінің қолданбалы бағдарламалық қамтамасыз етілуін құру үшін бүгінде объектілі-бағытталған бағдарламалау принципін пайдаланатын мамандандырылған құралдар қолданылады. Мұндай құралдардың арасында ең дамыған және әмбебап болып National Instruments фирмасының LabVIEW графикалық бағдарламалау ортасы болып табылады. Ni LabVIEW пакетінің функционалдық мүмкіндіктерінің қарапайымдылығы, қол жетімділігі, әртүрлілігі өлшеудің көптеген процестерін модельдеуге мүмкіндік береді

LabVIEW графикалық бағдарламалау пакеті «Автоматтандыру және басқару» мамандығының студенттерін оқыту үшін виртуалды зертханалық жұмыстарды (ВЗЖ) әзірлеу үшін Г. Даукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университетінде (АЭЖБУ) қолданылады. «Автоматтандыру және басқару» кафедрасының оқу процесіне енгізілген 9 зертханалық жұмыстарды қамтитын «Метрология және өлшеу» пәні бойынша ВЗЖ кешені әзірленген [2].

Виртуалды зертханалық жұмыстарды әзірлеу кезінде имитациялық модельдеу әдісі қолданылды. Моделдеуші алгоритмдерді өлшеуіш арналарын әзірленген ВЛР талқылап қателік туындайтын өлшеуіш каналдардағы өлшеу кезінде кіріс шаманың (температураның, қысымның және т. б.), және деректер қателіктерің азайтуға әр түрлі тәсілдер қолдануға мүмкіндік береді [3]. Виртуалды өлшеу құралдарын құру кезінде олардың физикалық аналогтарына ерекше көңіл бөлінді. Сыртқы түрі, басқару органдарының бірегейлігі, нәтижелерді ұсыну нысаны және өлшеу қателігі сақталды, қателіктің кездейсоқ құраушысы есепке алынды.

«Температураны өлшеу қателіктерін азайту тәсілдерін зерттеу» ВЗЖ интерфейсі 1-суретте келтірілген.

Бұл ВЗЖ-да термоэлектрлік түрлендіргіштердің ұзартқыш сымдарының әртүрлі типтерінің температурасын өлшеу қателігіне және қоршаған ортаның температурасын компенсациялау құрылғысына әсері зерттеледі. Осы мақсатта жұмыста ұзартатын сымдардың үш үлгісінің модельдері әзірленді, ұзартатын сымдардың әртүрлі типтерінің комбинациялары және әртүрлі градуировкалардың термопаралары зерттеледі. Сонымен қатар, термопардың бос ұштарының температурасына автоматты түрде түзету енгізетін КТ құрылғысының моделі әзірленді. Жұмыста студент 5 экспериментті орындауы керек [4].



Сурет 1 – “Температураны өлшеу қателіктерін азайту тәсілдерін зерттеу” ВЗЖ интерфейсі

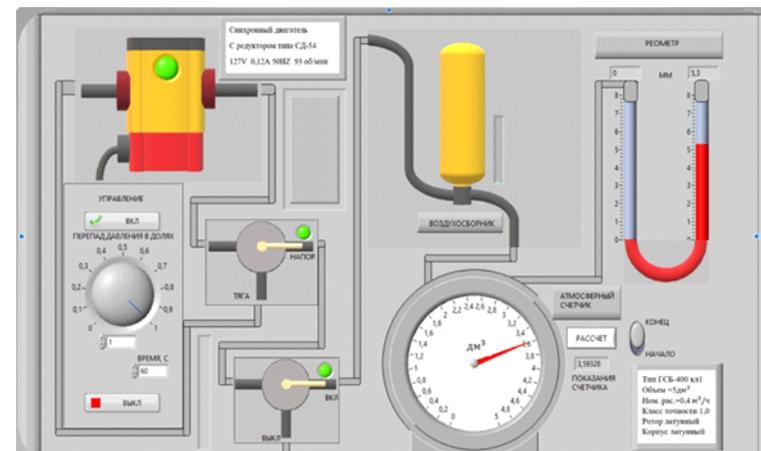
Қазіргі уақытта оқытушылар С. Г. Хан мен Ж. С. Тлеубаеваның жетекшілігімен студенттік ғылыми үйірменің жұмысы аясында “Автоматтандыру және басқару” кафедрасының басқа пәндері бойынша ВЗЖ әзірлеу жалғасуда.

Мақалада «Өлшеудің техникалық құралдары» пәні бойынша «Реометрдің көмегімен газдың аз шығындарын өлшеу. Реометрді өлшемдеу және тексеру» зертханалық жұмыс бойынша ВЗЖ әзірленуі қаралады. ВЗЖ интерфейсі 2-суретте көрсетілген.

Реометр-газдың көлемді шығынын өлшеуге арналған аспап; шығын өлшегіштің бір түрі. Реометрдің әрекеті газ келіп түсетін құбырда орнатылған құрылғы ағынының (диафрагма, капилляре) тарылтатын қимадағы қысымның ауытқуын өлшеуге негізделген. Газ шығынына бір мәнді тәуелділікпен байланысты қысымның ауытқуы дифманометрмен өлшенеді, оның шкаласы, әдетте, газ шығынының бірлігінде — см³/мин, л/сағ. Реометр өнеркәсіптік және зертханалық қондырғыларда, мысалы суды хлорлауға арналған аппараттарда, газдардың құрамын және т. б. сандық талдауға арналған аспаптарда газдың аздаған шығынын (104 л/с дейін) өлшеу үшін қолданылады.

Қондырғы компрессорды іске қосатын синхронды қозғалтқыштан тұрады. Қозғалтқышты қосу “басқару” панеліндегі қосқыштың көмегімен жүзеге асырылады. “Басқару” панелінде тарылтушы құрылғыдағы (металл капиллярлы түтікшедегі) үлестердегі қысымның

ауытқуы және компрессордың жұмыс уақыты беріледі. Компрессордан ауа ағынының пульсациясын азайту үшін ауа жинағыш қызмет етеді. Компрессор ауа жинағышқа ауаны айдау режимінде жұмыс істей алады, бұл үшін жұмыс режимінің қранын “арын” күйіне орнатады. “Тартқыш” қраны жағдайында компрессор ауа жинағыштан ауаны сорып алады және онда сиретуді жасайды. Ауа жинағыштан ауа атмосфералық газ есептегішіне беріледі. Газ есептегіштен ауа реометрге түседі, ол металл капиллярлы түтіктен және U-тәрізді сұйық манометрден тұрады.



Сурет 2 – «Реометрдің көмегімен газдың аз шығындарын өлшеу. Реометрді өлшемдеу және тексеру» ВЗЖ интерфейсі

“Реометрлердің көмегімен газдың аз шығындарын өлшеу. Реометрлерді градуирлеу және тексеру” “Lab VIEW ортасында орныдау методикасы келесідей. Өз деректерін енгізгеннен кейін (тегі, аты және тобы) студент тапсырманы алады, оның орындалуы екі кезеңнен тұрады:

- реометрді өлшемдеу;
- реометрді тексеру.

Сұйықтықтың немесе газдың көлемді шығыны теңдеу бойынша табылуы мүмкін:

$$Q_0 = \frac{\mu \xi}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}} F_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)}$$

Алынған формулаға кіретін коэффициент μ , ξ , m өлшеуге және теориялық негіздеуге қиын, сондықтан оларды α шығысының жалпы коэффициентімен есепке алуға ыңғайлы:

$$\alpha = \frac{\mu \xi}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}}$$

Осы реометр үшін α , F_0 және $\sqrt{2}$ шамаларын тұрақты деп санауға және оларды K бірыңғай коэффициентіне топтастыруға болады:

$$Q = K \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} . \quad (1)$$

Статикалық арын өртүрлілігі ΔP арқылы өлшенеді. Қысымның ауытқуын өлшеу кезінде тұйықтаушы сұйықтықтың үлес салмағын ескеру қажет:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = h \rho_{ж} , \quad (2)$$

Мұндағы, h - реометрдегі сұйықтық бағандары деңгейінің айырмасы;

$\rho_{ж}$ - сұйықтық тығыздығы (су)

(2) формулаға (1) формуланы қоямыз:

$$Q = K \sqrt{\frac{h \rho_{ж}}{\rho}} . \quad (3)$$

Осылайша, газ шығыны оны реометрмен өлшеген кезде сұйықтық бағандарының h , тұндырғыш сұйықтық көлемі бірлігінің салмағы $\rho_{ж}$ және ρ өлшенетін газ көлемі бірлігінің салмағы айырмасымен анықталады.

Реометрді градуирлеу кезінде әдетте тәуелділік белгіленеді:

$$h = C Q_0^2 , \quad (4)$$

Мұндағы, $C = \rho / K^2 \rho_{ж}$ - бұл реометр үшін тұрақты шама болып табылады.

(4) өрнегі Q мен h арасындағы параболикалық тәуелділікті, демек шкаланың біркелкі емес сипатын көрсетеді.

Реометрден шаманы анықтай отырып, $Q_0 = 0$ -ден $Q_0 = \max$ -ке дейінгі шкаланы құруға болады.

Қондырғыны жұмысқа дайындау. Ол үшін "жұмыс режимі" қранын "арын" күйіне орнату керек. "Ағынның бағыты" қранын "қосу" күйіне орнатылады. Басқару тақтасында синхронды қозғалтқышты қосу керек.

h \max -қа дейін 0.1 h_{\max} , 0.2 h_{\max} және т. б. тең бақылау үшін басқару панеліндегі қысымның ауытқуын орната отырып, атмосфералық газ есептегіштің көрсеткіштерін (ауа көлемі, дм³) ауаның белгілі бір аралығынан алып тастау керек. Тәжірибе ұзақтығы газ есептегіші бойынша анықталатын $V > 1$ дм³ шарттарынан таңдалады.

Әрбір өлшеу нүктесі үшін C тұрақты реометрін есептеу және C орташа мәнін анықтау .

(4) градуирлеу кестесін құру және тәуелділік графигін құру. Бұл кестеде жеке өлшеулердің нәтижелеріне сәйкес нүктелері қолданылады.

Тексеру хаттамасы газ есептегішінің алу уақытының көрсеткіштерімен және U -тәрізді манометрдің (реометрдің) көрсеткіштерімен толтырылады. Реометрдің абсолютті қателігі уақыт бірлігінде реометр мен газ есептегішінің көрсеткіштерінің айырмашылығы ретінде анықталады.

Виртуалды стендпен жұмыс аяқталғаннан кейін студент (3) формуланы қолданып, реометр қателігінің теориялық есебін жүргізуі тиіс. Оларды имитациялық эксперименттің нәтижелерімен салыстыру.

Осылайша, қорытынды жасай отырып, мынаны атап өткім келеді: виртуалды аспаптар кездейсоқ қателікті қалыптастыру бағдарламасымен жабдықталған, бұл өлшеу процедурасының нақты көрінісіне кепілдік береді.

Осы бағдарламаның көмегімен бірнеше рет эксперименттердің нәтижелерін статистикалық өңдеуді жүргізуге болады: математикалық күтуді, орташа квадраттық ауытқуды, дисперсияны автоматты түрде есептеу, бөлу заңын орнату, осы заң үшін гистограмма құру.

Құрылған виртуалды зертханалық жұмыстар өлшеулерді жүргізу уақытын және материалдық құралдарды физикалық стендтерге үнемдеуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1 Батоврин В.К. Lab View: практикум по основам измерительных технологий. – ДМК пресс М, 2005.

2 Хан С.Г. Комплекс виртуальных лабораторных работ по курсу «Метрология и измерения» для студентов специальности «Автоматизация и управление». Научно-техн. журнал «Вестник АУЭС», № 3/2 (10), 2010, б. 97-102.

3 Син В.Ф., Хан С.Г. Разработка программного обеспечения с использованием среды графического программирования LABVIEW для моделирования процесса измерения температуры. Сб.труд. VII науч.-практ. конф. «Образоват., науч. и инж. технологии в среде LABVIEW и технологии National Instruments», Москва, 2008 – б. 125-127.

4 Янбулатов И.А., Рахимов К.Е., Хан С.Г. Разработка виртуальной лабораторной работы «Исследование способов уменьшения погрешностей канала измерения температуры» в среде LABVIEW. Тез. докладов межвуз. студ. науч. конф. «Студент и научно-техн. прогресс»: Изд-во КарГТУ, 2008 - б. 380-381.

СОЗДАНИЕ СЛОВАРЯ ТЕХНИЧЕСКИХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ТЕРМИНОВ «ENGLISH FOR IT»

МИХОВ Д. П., РАХИМОВ Д. Д.

студенты, Павлодарский высший колледж управления, г. Павлодар

ЯЗЕНКО Л. Г., САБАНТАЕВА Г. С.

преподаватели, Павлодарский высший колледж управления, г. Павлодар

В современном мире автоматизируются практически все сферы жизни и деятельности человека. Автоматизация позволяет повысить производительность труда, улучшить качество продукции, оптимизировать процессы управления, отстранить человека от производств, опасных для здоровья. Автоматизация, за исключением простейших случаев, требует комплексного, системного подхода к решению задачи. Цель: Создать автономный глоссарий для студентов средне-специального образования ИТ направлений.

ИТ технологии прочно вошли в нашу жизнь сейчас сложно найти человека не имеющего смартфон. Мы пользуемся многими онлайн переводчики, но в условиях плохой интернет сети они бесполезны. Так же мы не могли найти именно автономный словарь технических терминов. Многие из тех словарей, которые мы находили были не удобны в использовании, и не обладали тем содержимым, которое нас бы устраивало.

Задача: Создать глоссарий не зависящий от интернета и содержащий не только слова, но и термины.

Глоссарий-словарь узкоспециализированных терминов в какой-либо отрасли знаний с толкованием, иногда переводом на другой язык, комментариями и примерами. Собрание глосс (иноязычных или непонятных слов в тексте книги с толкованием) и собственно глоссарии стали предшественниками словаря.

В конце XX века и в первое десятилетие XXI века с появлением общедоступных компьютерных программ и веб-сайтов - систем автоматического (машинного) перевода их в обиходе стали называть программами-переводчиками, и это название часто сокращается до «переводчик». В настоящей статье рассматриваются аспекты работы переводчиков-людей. В проекте мы совместили две дополняющих друг друга части.

Основной задачей было решить для какого типа устройств будет глоссарий, выбор пал на персональный компьютер, основной инструмент нашей профессии.

Глоссарий имеет форму web страницы но не требует постоянного интернет соединения [1].

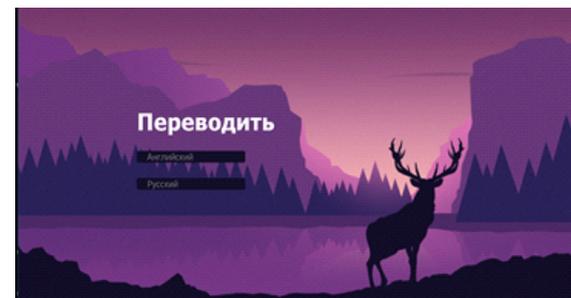


Рисунок 1 – Словарь

Мы создали автономную версию приложения для ПК используя возможности css

CSS формальный язык описания внешнего вида документа, написанного с использованием языка разметки.

Преимущественно используется как средство описания, оформления внешнего вида веб-страниц, написанных с помощью языков разметки HTML и XHTML, но может также применяться к любым XML-документам, например, к SVG или XUL [2].

Полиязычие как важное направление развития человечества осознавалось давно. Сегодня невозможно представить себе, что где-то ещё существуют страны, люди которых владели бы только одним

языком. И в реальности нет цивилизованных государств, где жила бы только одна нация. Для нормального функционирования любого многонационального государства весьма существенно формирование двуязычия и полиязычия.

Важнейшей стратегической задачей образования Казахстана является, с одной стороны, сохранение лучших казахстанских образовательных традиций, с другой, обеспечение выпускников школ международными квалификационными качествами, развитие их лингвистического сознания, в основе которого – овладение государственным, родным и иностранными языками.

В своём Послании к народу в 2009 году «Новый Казахстан в новом мире» Президент Республики Казахстан Н.А. Назарбаев отметил, что в целях обеспечения конкурентоспособности страны и ее граждан предложена поэтапная реализация культурного проекта «Триединство языков», согласно которому необходимо развитие трех языков: казахского как государственного языка, русского как языка межнационального общения и английского как языка успешной интеграции в глобальную экономику.

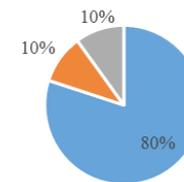
Полиязычие – основа формирования поликультурной личности. Полиязычным можно назвать человека, говорящего, понимающего и умеющего в различных ситуациях общения пользоваться иностранными языками. Изучение иностранного языка еще не говорит о получении образования. О полиязычном образовании можно говорить в тех случаях, когда на изучаемом иностранном языке преподаются еще другие учебные дисциплины, например, литература изучаемого языка, страноведение и т.п.

Именно по этой причине основной курс развития нашего глоссария состоит в продвижении полиязычия при этом помогая студенту среднего специального образования в изучении языков [3,4].

Для тестирования приложения были выбраны две равные группы студентов их задача была протестировать глоссарий и рассказать, что им понравилось.

Для этого мы заранее установили приложение на компьютеры. Главной положительной чертой было то, что приложение полностью автономно и не зависит от интернета.

80% процентам студентам понравилось приложение, 10% Нуждается в доработке и 10% не достаточно большая база.



■ Понравилось ■ Нуждается в доработке ■ Выразили пожелания

Вывод: Основная задача заключалась в автономности глоссария и она была достигнута.

ЛИТЕРАТУРА

1 Агальцов, В.П. Информатика для экономистов: Учебник / В.П. Агальцов, В.М. Титов. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 448 с.

2 Золотова, Е.В. Основы кадастра: Территориальные информационные системы: Учебник для вузов / Е.В. Золотова. - М.: Фонд «Мир», Акад. Проект, 2016. - 416 с.

3 Иностраный язык по специальности 050905 «Социальная работа» (бакалавриат). Шетел тілі 050905 «Әлеуметтік жұмыс» (бакалавриат) мамандығы бойынша. – Астана, 2005. – 24 с. (В соавторстве с Нуржановой М.У., Ахметовой Б.Б. и др.)

4 Пути самостоятельного совершенствования иноязычных речевых умений и навыков студентов во внеаудиторное время в медиатеке // Актуальные вопросы повышения качества и перспективы развития высшего образования в Республике Казахстан: Материалы респуб. науч.-метод. конф. (16 марта 2004 г.). – Караганда: Изд-во КарГУ, 2004. – С.284-286. (В соавторстве с Асановой Д.Н.).

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ РАБОТЫ ПОЕЗДНОГО ДИСПЕТЧЕРА

ОРАЗОВА Г. О.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

УРАЗАЛИМОВА Д. С.

ст. преподаватель, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Одним из путей повышения уровня автоматизации и интеллектуализации диспетчерского управления является создание

автоматизированных рабочих мест для диспетчерского персонала (АРМ ДНЦ), обеспечивающих экспертную поддержку принятия решений поезвному диспетчеру в трудно прогнозируемой поездной обстановке и информационно-сложных технологических ситуациях. В настоящем подразделе приводятся основные требования к создаваемому АРМ ДНЦ и общая архитектура интегрированной системы диспетчерское управление, в рамках которой предполагается функционирование интеллектуальных прогнозирующих моделей. Анализируется работа поездного диспетчера, на основе чего выявляется класс задач, требующих первоочередной автоматизации. Обзор известных подходов и методов в области моделирования сложных динамических процессов и оптимизации графиков движения, на основе которого выбираются наиболее перспективные методы решения поставленных в диссертации задач.

В основе организации перевозочных процессов на ж.д. транспорте лежит график движения поездов, который отражает план эксплуатационной работы железной дороги. Реализация плана эксплуатационной работы возлагается на поездного диспетчера, который, руководствуясь действующим графиком движения, фактическим движением находящихся на участке поездов, планом формирования поездов, а также рядом нормативных правил и положений, осуществляет оперативное управление перевозками. Основные правила, которыми руководствуется диспетчер в своей работе, сформулированы в ПТЭ и имеют эвристический характер, предписывая действия, которые ДНЦ и дежурные по станциям должны выполнять в различных технологических ситуациях.

Поездной диспетчер, осуществляя руководство движением поездов на участке, осуществляет мониторинг поездной обстановки и прогнозирует по графику исполненного движения план прибытия и отправления поездов по основным станциям участка на ближайшие 4-6 ч. Однако, часто выполнить точный оперативный прогноз развития поездной обстановки вручную, учитывая многочисленные ограничения и аспекты организации движения ж.д. транспорта, невозможно, особенно в условиях ограниченности времени на анализ ситуации и принятие решения. Поэтому, современные интегрированные системы диспетчерское управление должны располагать автоматизированными средствами оперативного прогнозирования, которые позволяли бы диспетчеру адекватно оценивать текущую ситуацию и принимать обоснованные решения. Математическое обеспечение АРМа ДНЦ составляет разрабатываемый в настоящей диссертации новый класс

интеллектуальных моделей, на основе которых осуществляется прогнозирование технологического процесса и обеспечиваются «подсказки» диспетчеру о развитии поездной обстановки на несколько часов вперед.

Разработка математического обеспечения АРМа ДНЦ и его интеграция в структуру автоматизированной системы диспетчерское управление должны осуществляться с учетом специфики архитектуры системы диспетчерское управление, условий ее функционирования и эксплуатации, а также с учетом эксплуатационно-технологических требований, предъявляемых к системе. В настоящем подразделе приводятся основные требования к создаваемому АРМу ДНЦ и общая архитектура интегрированной системы диспетчерское управление, в рамках которой предполагается функционирование интеллектуальных прогнозирующих моделей.

Агрегатный принцип построения системы на базе РКП обеспечивает высокую унификацию, технологичность в серийном производстве, а функциональная и структурная децентрализация системы на основе локальной сетевой архитектуры РКП обеспечивает ее высокую надежность.

Информационное сообщение диспетчерское управление является высоко интегрированной системой, включающей в себя ряд функциональных подсистем [6], приведенных ниже на рисунке 1.



Рисунок 1 – Функциональные подсистемы информационное сообщение диспетчерское управление (пунктиром выделены объекты исследований)

Подсистема контроля и управления, реализующая на ЦПУ функции непрерывного технологического контроля ТС и ТУ (установка и отмена маршрутов, управление стрелками, сигналами, переездами и т.д.).

Диалоговая подсистема, поддерживающая функции человеко-машинного взаимодействия персонала с «ДЦ-ЮГ с РКП», обеспечивает реализацию воздействий диспетчерского персонала, их логическую проверку и передачу в другие подсистемы, а также связь с ДЦ соседних участков, смежными системами и дорожными ЦУП.

Подсистема моделирования, прогноза и поддержки принятия решений, включающая средства ведения ГИД, решает задачи моделирования и прогнозирования процессов движения поездов, анализа ГИД и поддержки принятия решений в нештатных ситуациях.

Подсистема отображения предназначена для преобразования и выдачи на периферийные средства информации, поступающей от других подсистем. В целях повышения надежности подсистемы отображения информации и максимальной адаптации оперативных зон видеотерминалов к индивидуальным диспетчерским управлением особенностям ДНЦ каждый из возможных информационных фрагментов отображается на любом видеотерминале. Средства управления видеотерминалами обеспечивают графический режим. Поездная динамическая модель ведется на основе объективных данных, полученных техническими средствами в режиме реального времени. Информация о состоянии станционных путевых объектов обновляется в режиме реального перевозочного процесса.

Подсистема нормативно-справочной информации содержит данные двух видов: постоянные и условно-постоянные. К первым относятся характеристики полигона управления: профиль участка, пути пропуска и остановки поездов с опасными и негабаритными грузами на станциях, длина приемо-отправочных путей в условных вагонах и т.п. Условно-постоянной является информация, которая остается постоянной в течение продолжительного времени, например, временные ограничения скорости на участке, «окна» для выполнения профилактических и ремонтных работ, натурный лист состава, места выхода ремонтных бригад.

Подсистема протоколирования работы ДЦ («черный ящик») является обязательной и обеспечивает фиксацию управляющих воздействий оперативного персонала, поездную обстановку, сбои функционирования, результаты диагностирования и регламентных проверок после восстановления работоспособности устройств. Данные протоколируются на АРМ ДНЦ или сервере. Как правило, запись осуществляется в двух форматах: в виде текстового и двоичного (бинарного) файла. В первом случае протокол содержит строки с указанием времени, станции и действий диспетчера (установка маршрута, перевод стрелки и т.п.) или событий в системе (неисправность светофора, потеря контроля стрелок и др.).

Подсистема самоконтроля и диагностики реализует функции диагностики и телеконтроля состояния технических средств «ДЦ-ЮГ с РКП» и устройств СЦБ, а также обмен РКП с ИВК АДК-СЦБ. По одному каналу передачи дискретной информации через РКП АДК-СЦБ

получает от ДЦ информацию о состоянии устройств СЦБ и отказах каналов дискретного ввода.

В контексте данной диссертационной работы особо важной является подсистема моделирования, прогнозирования и экспертной поддержки принятия решений, выделенная на рисунке 1 пунктирной линией. Она включает в себя средства анализа, обработки и оптимизации графиков движения, интеллектуальные модели прогнозирования поездной обстановки, а также модели экспертной поддержки принятия решений. Разработка этих моделей является основным объектом исследования настоящей диссертации.

Одной из основных задач подсистемы моделирования, прогнозирования и экспертной поддержки принятия решений является моделирование развития технологического процесса в условиях неопределенности с целью прогнозирования возникновения нестандартных технологических ситуаций и принятия упреждающих решений. Эти задачи решаются с использованием специальных поддерживающих моделей, входящих в АРМ ДНЦ.

ЛИТЕРАТУРА

1 Иванченко В.Н., Ковалев С.М., Шабельников А.Н. Новые информационные технологии: интегрированная информационно-управляющая система автоматизации процессов расформирования поездов. Учебник. - Ростов н/Д. Рост. Гос. Ун-т путей сообщения, 2002. - 276 с.

2 Башлыков А.А., Вагин В.Н., Еремеев А.П. Экспертные системы поддержки интеллектуальной деятельности операторов АЭС // Вестник МЭИ. - М.: Изд-во МЭИ, 1995. - С. 27-36.

3 Емельянов В.В. и др. Введение в интеллектуальное имитационное моделирование сложных дискретных систем и процессов. - М.: АНВИК. 1998.

4 Федорчук А.Е. Новые информационные технологии: автоматизация технического диагностирования и мониторинга устройств ЖАТ: учебник для вузов ж.д. тр-та / Федорчук А.Е. и др. РГУПС, - Ростов н/Д, 2008. - 443 с.

5 Еремеев А.П., Королев Ю.И. Сети Петри как инструмент для разработки интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени // Гибридные и синергетические интеллектуальные системы: теория и практика. Материалы 1-го международного симпозиума/ под ред. проф. А.В. Колесникова. - Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012, часть 2, с. 108-117.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

ТРОЯН А. С.
магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар
ХОМУТОВ В. И.
магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

Президент Республики Казахстан Касым-Жомарт Токаев поставил перед руководящим составом Казахских министерств вести в работу искусственный интеллект.

Искусственный интеллект – свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека; наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ.

ML – это обучение систем, обладающих элементами слабого искусственного интеллекта. Сильным искусственным интеллектом (Strong AI) называют обобщенный искусственный разум (Artificial general intelligence), который теоретически может быть воплощен некоторой гипотетической машиной, проявляющей мыслительные способности, сравнимые с человеческими способностями. Теория когнитивного обучения строится на основе предположения, что человек обладает способностью к обучению, имеет необходимые стимулы и может структурировать, и сохранять накопленную информацию. То же самое относится к ML. Его можно считать версией когнитивного обучения, но адаптированного для компьютера.

Первопроходцами ML были Артур Сэмюэль, Джозеф Вейцбаум и Фрэнк Розенблатт. Первый получил широкую известность созданием в 1952 году самообучающейся программы Checkers-playing, умевшей, как следует из названия, играть в шашки. Возможно, более значимым для потомков оказалось его участие вместе с Дональдом Кнутом в проекте TeX, результатом которого стала система компьютерной верстки, вот уже почти 40 лет не имеющая себе равных для подготовки математических текстов. Второй в 1966 году написал виртуального собеседника ELIZA, способного имитировать (а скорее, пародировать) диалог с психотерапевтом. Очевидно, что своим названием программа обязана героине из пьесы Бернарда Шоу. А дальше всех пошел Розенблатт. Он в конце 1950-х в Корнельском университете построил систему Mark I Perceptron, которую условно можно признать первым нейрокомпьютером.

Теория машинного обучения зародилась практически одновременно с появлением первых компьютеров и на протяжении последних

70 лет является активно развивающейся дисциплиной. Ее постоянное развитие вызвано ростом возможностей современных вычислительных систем, еще более стремительным ростом объемов данных, доступных для анализа, а также постоянным расширением области применения методов машинного обучения на все более широкий класс задач обработки данных.

Машинное обучение работает с объектами – элементарными единицами данных, естественным образом, возникающими в конкретных задачах, которые характеризуются наблюдаемыми переменными скрытыми переменными, принимающими значения из некоторых заранее известных множеств. Главной задачей машинного обучения является автоматическое определение взаимозависимостей между наблюдаемыми и скрытыми переменными объекта, с тем, чтобы для произвольного объекта по его наблюдаемым компонентам можно было оценить возможные значения скрытых компонентов [1, с. 77].

Мы смотрим на людей, моделируем их поведение путем наблюдения, а затем пытаемся повторить то, что они делают. Это вид обучения. Такое эвристическое моделирование представляет собой один из способов машинного обучения, однако, это не единственный способ.

Но существует множество простых приемов, с помощью которых эту систему можно обмануть. Прекрасный пример распознавание человеческих лиц. Посмотрите на лица разных людей. Наверное, всем известно, что существуют технологии для моделирования на основе определенных точек на лице, скажем, уголков глаз. Не хочу вдаваться в интеллектуальные секреты, но есть некоторые области, между которыми можно построить углы, и эти углы обычно не особо меняются со временем. Но вот вам показывают фотоснимки людей с широко открытыми глазами или гримасами в области рта. Такие люди пытаются сбить эти алгоритмы с толку, искажая черты своего лица. Вот почему вам нельзя улыбаться на фотографии в паспорте. Но машинное обучение уже ушло далеко вперед. У нас есть такие средства, как Eigenface, и другие технологии для моделирования поворота, и искажения лиц, позволяющие определить, что это одно и то же лицо.

Со временем эти инструменты становятся все лучше. И порой, когда люди пытаются запутать процесс обучения, мы также учимся на их поведении. Так что этот процесс саморазвивающийся, и в этом плане идет постоянный прогресс. Рано или поздно цель будет достигнута, и да, машина будет находить только горы. Она не пропустит ни одной горы и никогда не будет сбита с толку стаканчиком мороженого.

В случае применения методов машинного обучения для обработки торговых данных, чаще используют именно метод технического анализа цель заключается в том, чтобы понять, может ли алгоритм точно определять паттерны поведения акции во времени. Тем не менее, машинное обучение может использоваться также для оценки и прогнозирования результатов деятельности компании для дальнейшего использования при фундаментальном анализе. В конечном итоге, наиболее эффективным методом автоматизированного предсказания цены акций и генерирования инвестиционных рекомендаций является гибридный подход, сочетающий в себе подходы фундаментального и технического анализа.

Автоматизация технологических и производственных процессов позволяет наращивать производственные мощности, улучшать качество продукции, ускорять и оптимизировать процессы управления, повысить безопасность труда и отстранить человека от выполнения опасных работ. Для многих задач автоматизация позволяет достигать показателей, которые в принципе невозможно достичь ручным трудом. Исторический опыт свидетельствует, что автоматизация также повышает производительность труда: в США в 1900 году на сектор сельского хозяйства приходилось около 40% рабочих мест, к 2000 году этот показатель снизился до 2%. Машинное обучение (англ. machine learning, ML) – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач. Для построения таких методов используются средства математической статистики, численных методов, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов, различные техники работы с данными в цифровой форме [2, с. 245].

Машинное обучение как большой раздел искусственного интеллекта. Искусственный интеллект, как научная область активно развивается с 30-ых годов XX века. В 1952 году Артур Самуэль создал первую шашечную игру для IBM 701 и чуть позже добавил в эту программу способность к самообучению. Другими словами компьютер научили играть в шашки. Таким образом, Артура Самуэля можно назвать пионером в области искусственного интеллекта. Учёные разрабатывали алгоритмы, создавали много исследовательских проектов. И в 1959 году им удалось создать первую нейронную сеть. Наибольшая активность в этой области происходила в 60-х и 70-х годах. В то время казалось, что Искусственный интеллект – это близкое будущее, что, в общем, не удивительно, т.к направление прогрессировало

невероятно быстро. Компьютеры все чаще обыгрывали лучших шахматистов, а на исследования в области искусственного интеллекта выделялись огромные деньги. Однако к 1973 году стало понятно, что не все так хорошо, как кажется. В этом году был опубликован так называемый отчет Лайтхилла документ «Искусственный интеллект: Общий обзор», также известен под названием «Зима Искусственного интеллекта», дающий крайне пессимистические прогнозы для основных направлений отрасли. (Самое интересное, что сам Лайтхилл никакого профессионального отношения к искусственному интеллекту не имел.

Любая технология должна решать конкретные задачи. Чтобы описать все применения машинного обучения потребуется отдельная статья, но можно выделить несколько основных областей. Это предиктивная аналитика (скоринг, отток, определение лучшего предложения, сопутствующих товаров и т.д.), анализ текста (отзывы в интернете, модерация контента, темы обращений и т.д.), речевая аналитика и видеоаналитика.

Машинное обучение имеет высокую практическую значимость для многих отраслей, от госсектора, транспорта и медицины до маркетинга, продаж, финансов и страхования. Существует огромное количество способов его применения – например, прогнозное обслуживание, оптимизация цепи поставок, распознавание мошенничества, персонализация здравоохранения, сокращение дорожного трафика, рациональное планирование расписания полетов и многие другие.

В настоящее время машинное обучение способствует революционным изменениям в обслуживании. Практически у любой компании большое количество запросов разделяется на ограниченное число категорий, и многие из них легко прогнозируются. Отвечать на них вполне могут чатботы на основе алгоритмов машинного обучения, которые помогают им все точнее реагировать на запросы клиентов. Это сокращает время ожидания и уменьшает число недовольных, что делает бизнес более эффективным. Такие чатботы позволяют менеджерам по работе с клиентами заняться обработкой уникальных жалоб и запросов, которые действительно требуют вмешательства человека [3, с. 88].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Флах П. Машинное обучение. – М.: ДМК Пресс, 2015. –71-80 с.
- 2 Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 359 с.
- 3 Девятков В. В. Системы искусственного интеллекта / Гл. ред. И. Б. Фёдоров. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 352 с.

4 Секция. Электр техникасы және электр технологиялар 4 Секция. Электротехника и электротехнологии

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

БРЮСОВ Д. В.

магистрант, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

КИБАРТАС В. В.

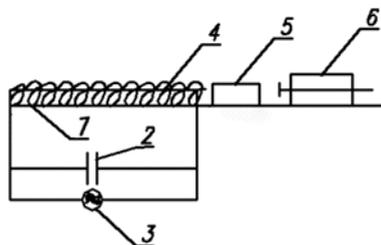
к.т.н., ассоц. профессор, ПГУ имени С. Торайгырова, г. Павлодар

В течение последних 30 лет индукционный нагрев развивался быстрее других электротермических процессов. Это объясняется большими технологическими и экономическими преимуществами индукционного нагрева, касающимися требуемой энергии, качества продукции, производственной гибкости и общей эффективности.

При индукционном нагреве энергия, поступающая от источника электропитания, преобразуется в энергию переменного магнитного поля, которое, поглощаясь нагрузкой, преобразуется в тепловую энергию, нагрева нагрузку.

Индукционная установка – это совокупность индуктора, конденсаторной батареи, преобразователя частоты, системы перемещения заготовки, электрической аппаратуры. Принципиальная схема индукционной установки приведена на рисунке 1.

Индукционные нагревательные устройства подразделяются на следующие группы: в зависимости от применяемого преобразователя частоты – с питанием от машинного генератора, с питанием от тиристорного преобразователя, с питанием промышленной частоты (без преобразователя); в зависимости от числа параллельно установленных индукторов – одноручьевые (один индуктор) и двухручевые (два индуктора). Из-за усложнения ремонта и обслуживания увеличение числа ручьев более двух в одном нагревателе нецелесообразно. При необходимости иметь более двух ручьев следует увеличить число индукционных установок [1, с. 20].



1 – индуктор; 2 – конденсаторная батарея; 3 – преобразователь тока повышенной частоты в ток высокой частоты; 4 – нагреваемые заготовки; 5 – подающиеся заготовки; 6 – толкатель

Рисунок 1 – Принципиальная схема индукционной установки

Высокая эффективность процесса нагрева равносильна энергосбережению и автоматически ведет к экономичности технологии. Для повышения эффективности процессов индукционного нагрева необходимо принимать во внимание множество факторов. Важен правильный выбор частоты в соответствии с размерами и материалом загрузки и задачей нагрева. Точное согласование и хорошая связь между индуктором и загрузкой обеспечивают более высокий электрический КПД. Для получения коэффициента мощности $\cos\phi$, близкого к единице, и снижения дорогой и неэффективной реактивной мощности необходимы конденсаторы. Эта компенсация обеспечивает более высокий общий КПД. Более экономичное и рациональное использование электрической энергии достигается также за счет уменьшения электрических потерь в индукторе. Один из методов, используемых в промышленности, состоит в применении многослойных индукторов, имеющих более низкое электрическое сопротивление. Кроме того, можно моделировать процессы нагрева с помощью численных программ на компьютерах для определения потенциальной возможности достижения лучших параметров установок, условий нагрева и снижения энергопотребления. Это очень важно как при модернизации уже существующих индукционных нагревателей, так и при проектировании новых установок [2, с. 104].

При создании новой нагревательной установки, прежде всего, необходимо решить, какая технология нагрева, электрическая или газовая, предпочтительна с позиций экономики, экологии и качества изделия. Было принято решение в пользу индукционной нагревательной установки. Исследования показывают, что потребление энергии, CO_2 -эмиссия и стоимость могут быть снижены при использовании

электрического нагрева вместо газового. Как пример, камерная газовая печь сравнивалась с кузнечным индукционным нагревателем. Совокупная энергия, требуемая для всего процесса нагрева, учитывалась путем анализа каждого этапа процесса. В результате этих расчетов было установлено, что конечная энергия, необходимая для технологии индукционного нагрева, составляет половину потребности технологии газового нагрева (см. рисунок 2).

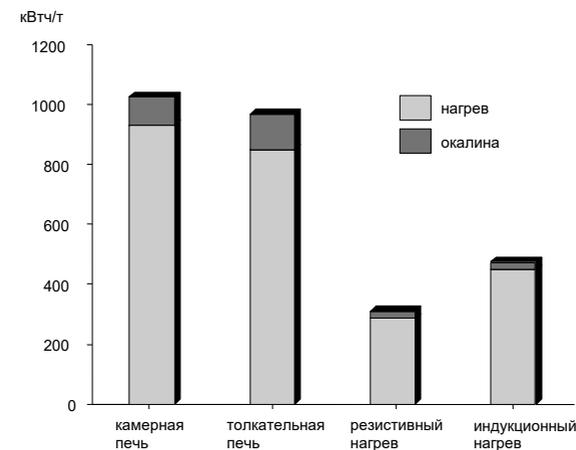


Рисунок 2 – Сравнение необходимой конечной энергии для нагрева материала различными технологиями для последующей кузнечной обработки

Для газового нагрева очень высока доля энергии, необходимой для возмещения потерь металла (окалина). Кроме того, для газового нагрева должно использоваться большее количество сырья из-за более сильного окисления материала. Потребность в первичной энергии для индукционного нагрева иногда может быть несколько выше, чем для традиционных технологий, но множество преимуществ компенсируют этот недостаток.

Другой пример снижения энергопотребления и CO_2 -эмиссии дает сравнение различных технологий нагрева кромок стальных полос (см. рисунок 3). Благодаря эффективности индукционного нагрева при его применении необходимая конечная энергия снижается на 80 % по сравнению с роликовой печью камерного типа и на 73% по сравнению с газовой печью. Таким образом, этой технологии индукционного нагрева должно быть отдано предпочтение. [3, с. 106].

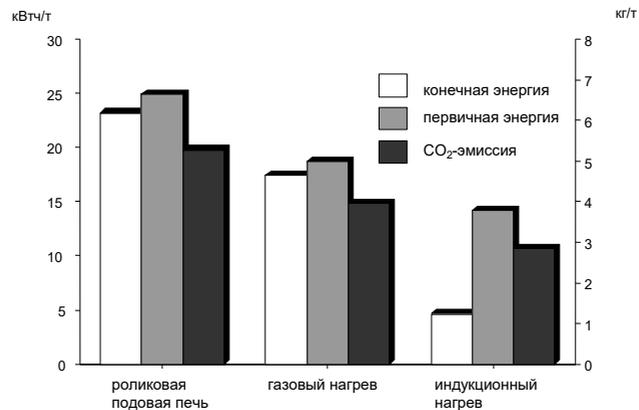


Рисунок 3 – Сравнение необходимой конечной и первичной энергии, а также CO₂-эмиссии при нагреве стальной ленты

Среди различных процессов электронагрева для нагрева под ковку, наиболее эффективными являются электроконтактный и индукционный. На рисунке 4 изображены зависимости расхода энергии для различных диаметров и длин заготовок, которые показывают, что при индукционном нагреве оптимальный КПД и соответствующий ему минимальный расход энергии, равный приблизительно

350 кВт·ч/т, может быть получен только тогда, когда активный диаметр индуктора максимально приближен к диаметру заготовки.

Так как часто для того, чтобы выполнить производственную программу, приходится в одном индукторе нагревать заготовки различных диаметров, необходимо иметь в виду, что вышеупомянутый минимум расхода энергии может быть получен только для самых больших диаметров заготовок, которые могут пройти через катушку индуктора. Расход энергии растет с уменьшением диаметра заготовки. Диаграмма, приведенная на рисунке 3, характеризуют применение трех индукторов (с активными диаметрами 70 мм, 100 мм и 130 мм) для нагрева стальных заготовок, имеющих диаметры от 40 мм до 130 мм. В установках индукционного нагрева расход энергии увеличивается от 350 до 450 кВт·ч/т при работе на полном уровне мощности индукционного нагревателя.

Работа индукционного нагревателя на меньших уровнях мощности приводит к дальнейшему увеличению расхода энергии до 500 кВт·ч/т, соответствующему 50% нагрузке от величины номинальной мощности (показано пунктирными линиями на рисунке 4).

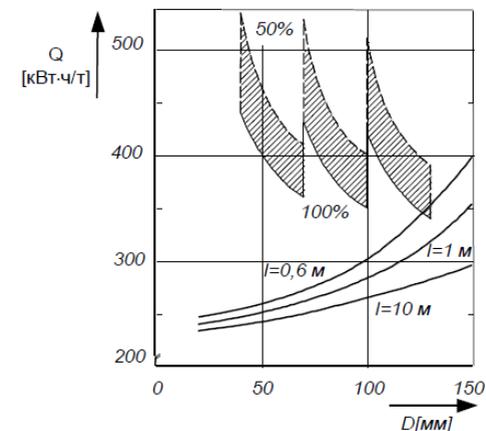


Рисунок 4 – Зависимости удельного расхода энергии установок электроконтактного нагрева от диаметра и длины заготовки (заштрихованные области соответствуют характеристикам индукционного нагрева)

Анализ энергетической эффективности нагрева металлических изделий показал более высокую эффективность применения индукционного нагрева по сравнению с электрическими и газовыми печами. Индукционный нагрев предоставляет широкие возможности для осуществления термических процессов, кроме высокой плотности энергии и быстрого нагрева он имеет и ряд других преимуществ. [4, с. 35].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Петров П.А, Крутина Е.В, Калпин Ю.Г. Нагрев и нагревательные устройства в кузнечном производстве: Пособие для вузов. – М.: МГТУ «МАМИ», 2010. – 110 с.
- 2 Алифёров А.И, Луци С, Индукционный и электроконтактный нагрев металлов: монография: Изд-во НГТУ – 2011. – 411 с.
- 3 Алифёров А.И, Бааке Э, Барглик Д и др, Технологии индукционного нагрева. Интенсивный курс Специализация I. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2013. – 172 с.
- 4 Davies E.J. Conduction and Induction Heating. - London (UK): Ed. Peter Peregrinus Ltd – 1990.
- 5 Алифёров А.И, Бааке Э, Барглик Д и др, Теоретические основы и аспекты электротехнологий. Физические принципы и реализация.

Интенсивный курс. Основы I. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ» – 2013. – 359 с.

6 Rudnev V, Loveless D, Cook R, Black M, Handbook of induction heating. New York: Marcel Dekker inc – 2003. – 850

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОНАГРЕВА

ГОНЕНКО Т. В.

к.т.н., доцент, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ХАЦЕВСКИЙ В. Ф.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, Республика Казахстан

ХАЦЕВСКИЙ К. В.

д.т.н., профессор, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

Традиционные задачи ускорения научно–технического прогресса включают в себя экономию энергетических и материальных ресурсов, развитие новых технологических процессов, автоматизацию производства и очевидно, что в целом использование электротехнологий конкурентоспособно практически во всех отраслях промышленного производства.

В настоящее время существенно изменилось функционально–техническое отношение к использованию электротехнологий. Дальнейшее развитие экономики в России предполагает бережное и рациональное использование не только электроэнергии, но и других топливно–энергетических ресурсов. При развитии рыночных механизмов в промышленности, в сельском хозяйстве и в быту можно ожидать перестройки всего топливно–энергетического баланса с ресурсодобычания на ресурсосбережение, внедрение новых энергосберегающих технологий. И в этом плане становится актуальным создание современного нагревательного электротехнологического оборудования для использования в традиционных областях промышленности, в сельском хозяйстве, в теплоэнергетике для решения проблем децентрализации и резервирования систем теплоснабжения.

В общем энергетическом балансе сельского хозяйства наибольший расход электроэнергии связан с электрификацией животноводческих помещений. В настоящее время тепло для нужд сельского хозяйства

получают в основном при сжигании твердого и жидкого топлива в местных тепловых установках.

Применение электронагрева часто позволяет усовершенствовать процесс, так как при этом повышаются его качественные показатели, экономятся энергия и труд, связанный с уходом за установкой и др.

Отопление с помощью электрической энергии экономически оправдано в следующих случаях: когда для использования другого вида энергии требуются значительные капитальные затраты - строительство новой котельной; когда есть трудности в обеспечении топливом; когда необходимо учитывать экологический фактор - чистоту окружающей среды; когда использование электрической энергии в ночное время выравнивает суточный график электрической нагрузки.

Необходимо отметить, что применение в сельскохозяйственном производстве централизованных электрических паровых котлов менее целесообразно, чем использование специализированных электротепловых установок; это определяется следующими причинами:

- выработка электротепла в точках его непосредственного использования целесообразнее централизованной выработки, так как в первом случае исключается теплопроводная сеть, значительно упрощается система управления, эксплуатации;

- при применении электрического нагрева в большинстве случаев возможна более совершенная технология процесса, исключающая применение пара.

Однако электрический нагрев все еще не занял подобающего места в сельском хозяйстве, не используются те выгоды, какие может дать его широкое применение.

Одной из причин этого является отсутствие необходимых нагревательных устройств. Создание эффективных современных электронагревательных устройств и установок для сельского хозяйства – важная задача, так как в сельской местности кустарно изготавливают примитивные конструкции, которые весьма несовершенны и небезопасны в эксплуатации.

Удовлетворение потребностей сельскохозяйственного производства в электрическом нагреве требует значительного расширения номенклатуры выпускаемого оборудования.

Электрообогрев можно осуществить с помощью открытых нагревателей, ламп инфракрасного нагрева, трубчатых электронагревателей (ТЭНов) и специальных нагревателей. Применение открытых нагревателей не может найти широкого применения в сельском хозяйстве, так как они не обеспечивают достаточно безопасных условий работы.

Лампы инфракрасного нагрева характеризуются незначительным сроком службы (примерно 1000...2000 ч) и повышенными требованиями к условиям их транспортировки. Кроме того, применение ламп инфракрасного нагрева в ряде случаев связано со специфическими требованиями. Например, излучаемый лампами свет оказывает отрицательное биологическое действие на некоторых животных.

На основании выполненного анализа [1, с. 10] установлено, что для обеспечения нужд сельскохозяйственного производства необходимы следующие виды электротермического оборудования:

1. Водонагреватели емкостью 200, 400, 800 и 1600 л – наиболее массовые и универсальные установки.

2. Установки для отопления овощехранилищ, встраиваемые в кондиционеры, мощностью 16, 25 и 50 кВт на напряжения 220 и 380 В.

3. Установки для отопления и вентиляции птицеводческих и животноводческих помещений. Во ВНИИЭТО разработаны пять типоразмеров таких установок на 16, 25, 40, 60 и 100 кВт, а также передвижной электрокалорифер с тремя ступенями мощности, максимальная из которых составляет 18 кВт.

4. Нагреватели для брудеров и клеток для обогрева цыплят и молочных поросят. Следует отметить, что за рубежом для устройств инфракрасного нагрева применяют керамические электронагреватели.

5. Электронагреватели для подогрева перед запуском в зимнее время двигателей тракторов и автомобилей при безгаражном их содержании.

6. Отопительные устройства радиаторного типа для отопления служебных, общественных и производственных помещений в условиях сельского хозяйства

Нагревательные устройства должны отвечать повышенным требованиям в части выбора материалов, оборудования и качества лакокрасочных и антикоррозийных покрытий.

Характерная особенность сельскохозяйственных животноводческих помещений заключается в высокой влажности воздуха и наличии в нем углекислого газа, аммиака и сероводорода. При выборе и применении того или иного нагревательного устройства необходимо проверить, соответствует ли оно ветеринарным, техническим и биологическим требованиям.

Важное место в снижении себестоимости продукции сельскохозяйственного производства занимает надежность и безотказность работы электротермического оборудования. Для создания установок, отвечающих этим требованиям, необходимо обеспечить:

1. защиту металлоконструкции и ее элементов от действия агрессивной среды;

2. создание высокоэффективных электронагревателей, длительно работающих в условиях сельскохозяйственного производства.

Для защиты металлоконструкций применяют специальные стали и материалы, стойкие к действию агрессивной среды. В такой среде наносят на их поверхность специальное лакокрасочное защитное покрытие.

Технические параметры устройств для нагрева воды должны удовлетворять одному из главных условий – обеспечивать достаточно длительную работу на водяном теплоносителе без применения специальных водоподготовительных технологий. Применительно к условиям резервирования централизованного теплоснабжения наиболее доступным источником теплоносителя является вода водопроводной сети. Вместе с тем возникает необходимость размещения оборудования в габаритах подсобных помещений обогреваемых объектов. Это наряду с требованием к единичной тепловой мощности устройство обуславливает задачу разработки надежной электроустановки большой удельной мощности.

Освоенные промышленностью установки с теплоэлектронагревателями имеют максимальную плотность теплового потока на уровне 4...8 Вт/см². Приемлемой удельной мощностью обладают серийно выпускаемые электродные котлы. Удовлетворяя требованиям компактности и простоты конструктивного исполнения, они подвержены образованию отложений на электродах и поэтому не характеризуются длительным ресурсом. Промышленный теплоэлектронагреватель с плотностью теплового потока 4...6 Вт/см² при использовании водопроводной воды с содержанием солей общей жесткости 6...7 мг-экв/л ограничен в ресурсе скоростью роста отложений накипи. При толщине последних 0,5 мм ресурс теплоэлектронагревателя составляет 800...1000 ч. Электродные котлы сохраняют свои нагрузочные характеристики в течение 60...80 ч, в затем происходит деградация мощности из-за накопления на поверхности электродов отложений с низкой теплопроводностью. Таким образом, создание мощных электронагревательных установок отопления сопряжено с необходимостью преодолевать затруднения в виде ограничения ресурса работы теплоэлектронагревателя.

В связи с вышеизложенным возникает задача обеспечения ресурса теплоэлектронагревателей применительно к специфическим условиям теплообмена, характерным для высоких плотностей теплового потока и реализуемым при создании устройств большой удельной мощности.

В настоящее время, как наиболее перспективные, существует ряд конструкций и технологий изготовления плоских нагревательных элементов [2, с. 127]. Одним из достоинств плоских нагревателей является их компактность. Плоские электронагреватели не требуют дополнительных сооружений (топливных баков, устройств для сжигания топлива и т.д.).

Анализ различных технологий, используемых для изготовления плоских нагревательных систем, позволяет выделить как наиболее перспективные плазменные технологии нанесения тонких слоев из электроизоляционных и проводящих материалов. В настоящее время созданы плазменно-напыленные плоские нагреватели, позволяющие обеспечивать введение больших мощностей в нагреваемый объем воды за счет увеличения нагревающей поверхности при плотностях теплового потока

$q_s \geq 1 \cdot 10^4 \text{ Вт/м}^2$. Использование таких нагревателей перспективно при создании индивидуальных аккумуляционных систем нагрева воды. При территориальном совмещении с местом потребления воды обеспечивается нагрев воды до $T \leq 70 \text{ }^\circ\text{C}$ с минимальным перепадом температуры между нагревателем и аккумуляционным объемом воды. Такие соотношения технических параметров позволяют выделить сравнительно новую самостоятельную область для электротехнологического оборудования, в котором возможно снизить интенсивность протекания процессов накипеобразования и обеспечить необходимые потребительские свойства оборудования. На рисунке 1 приведены примеры конструктивного исполнения таких устройств.

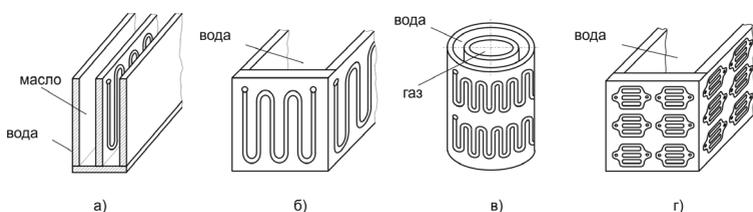


Рисунок 1 – Конструктивные решения установок нагрева воды и воздуха

Маслонаполненный плоский нагреватель (рис. 1, а) может использоваться для нагрева воздуха и воды. Аккумуляционные установки (рис. 1, б, г), представляющие собой бак с нанесенными на него композиционно электропроводящими и резистивным слоями, также могут использоваться для нагрева воздуха и воды.

Причем конструктивное решение на рисунке 1, г позволяет вводить дифференцирование удельной поверхностной мощности нагрева q_s по высоте. На рисунке 1, в представлены аккумуляционно-конвективные системы, которые могут снабжаться устройствами для принудительного движения воздуха в центральной полости с аккумуляцией энергии в кольцевой полости, заполненной нагреваемой водой. Верхние и нижние группы нагревателей такой системы могут иметь различные удельные поверхностные мощности нагрева q_s .

ЛИТЕРАТУРА

1 Хацевский К.В., Гоненко Т.В. Энергоэффективные технологии электронагрева жидкостей и газов: Монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – 176 с.

2 Хацевский В.Ф., Гоненко Т.В., Хацевский К.В. Современные энергосберегающие технологии и установки электронагрева: Монография – Павлодар: Изд-во Кереку, 2014. – 166 с.

РЕЖИМЫ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ТЕМНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ, ЭЛЕМЕНТОВ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ГИБКИХ ЛЕНТОЧНЫХ И СИЛОВОЙ НАГРУЗКИ

ПТИЦЫН Д. В.

ассистент, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ПТИЦЫНА Е. В.

Член-корреспондент АЭН РФ, д.т.н., профессор, Омский государственный
технический университет, г. Омск, Российская Федерация

КУВАЛДИН А. Б.

Академик АЭН РФ, Заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор,
Московский энергетический институт, г. Москва, Российская Федерация

Актуальность. Применение тока сложной формы (ТСФ) в электротехнологии позволяет получать позитивные технологические и энергетические эффекты. Объектом и предметом исследования являются установки с темными инфракрасными излучателями, элементы нагревательные гибкие ленточные и режимы их работы при питании ТСФ. В работе также рассмотрена возможность совместного питания ТСФ технологической и силовой нагрузки (электродвигателей) от одного источника, которые используются в приводах вспомогательных механизмов.

Предпосылки применения ТСФ. В [1, с. 259] доказано, в металле могут распространяться электромагнитные волны низкой частоты (геликоны и альфвеновские волны). В газоразрядной плазме могут возбуждаться ленгмюровские колебания частотой от 16 до 2000 Гц [2, с. 272-273]. В [3, с. 48, 168-179] доказано, что низкочастотные внешние воздействия влияют на энергетические показатели излучателей: в люминесцентных лампах низкого давления уменьшается величина анодно-катодного падения потенциала и анодно-катодных потерь мощности, наблюдается рост световой отдачи столба при частоте 200-400 Гц. Подобное изменение световой отдачи столба разряда происходит за счет уширения радиального распределения возбужденных атомов ртути на уровнях 63P, что облегчает выход резонансного излучения. Тепловое движение излучающих (поглощающих) атомов вызывает в линейчатых спектрах газового разряда дополнительное уширение энергетических уровней и соответствующих спектральных линий. В работах Г. Меккера установлено влияние частоты тока на излучение газового разряда [4, с. 371]. В работах О.А. Попова, С.А. Свитнева установлено [5, с. 79-82] повышение эффективности источников ультрафиолетового излучения. Трубчатые бесферритные индукционные ультрафиолетовые лампы, наполненные смесью аргона и ртути целесообразны для обеззараживания воды и воздуха. Они имеют высокий коэффициент полезного действия и высокие мощности 150-500 Вт. В [6, с. 494-504 с.] доказано, эффективно воздействующими частотами для инфракрасных излучателей являются частоты в диапазоне 102÷103 Гц. Например, в установках со светлыми излучателями электромагнитная составляющая способна повлиять на процесс излучения. При протекании тока в излучателе возникает омический нагрев. Энергия передается электронам, находящимся в тепловом движении. Под действием поля электроны перемещаются со средней дрейфовой скоростью. При неупругих столкновениях происходит термическое возбуждение атомов, которые переходят в состояние с меньшей энергией и испускают фотоны. Имеет место процесс излучения электромагнитных волн. При передаче тепла излучением, часть тепловой энергии на поверхности излучателя превращается в энергию электромагнитных колебаний (видимые лучи). Следовательно, внешняя вынуждающая сила (электромагнитная составляющая), наряду с температурной составляющей, в условиях резонансного совпадения частот обуславливает изменение его фотометрических и радиометрических, колориметрических параметров.

Практическая целесообразность. Высокую скорость нагрева, экологичность (отсутствие продуктов сгорания топлива), простоту управления температурным режимом обеспечивает нагрев диэлектрических материалов в высокочастотных электромагнитных полях. Высокочастотный нагрев (1,76 – 152,5 МГц) используется во многих процессах сушки: для порошковых; капиллярных; пористых; капиллярно-пористых и коллоидных материалов (сушка паковок нитей и других изделий легкой промышленности, брикетов сена и т.д.). Однако имеет место проблема неравномерности температурного поля и снижение качества продукции. Недостатками являются также сложность и стоимость оборудования [7, с. 113-121, 8, с. 23-27]. В [9], напротив, доказано применение инфракрасного нагрева для повышения качества сварных соединений.

На различных предприятиях, например, нефтеперерабатывающих заводах находят применение системы электрообогрева: погружные нагреватели, фланцевые погружные нагреватели, проточные электронагреватели, каналные нагреватели воздуха, мощность которых может составлять более 5 МВт, а температура нагрева до 800 °С. Современные системы обогрева могут использовать резистивный кабель, скин-систему, или саморегулирующийся кабель с различными изоляциями: InWarm Wool; InWarm Flex. Так, применение скин-систем – стержневых индукторов и индукторно-резистивных систем нагрева потребовало разработки методики расчета мощности потерь на гистерезис [10, с. 36-44].

Однако в литературе не нашло отражение влияние ТСФ на эффективность работы устройств электрообогрева, и вопросы их совместной работы с установками инфракрасного нагрева.

Привод вспомогательных механизмов в установках с инфракрасными излучателями реализован с использованием асинхронных электродвигателей. Поэтому в работе также исследованы режимы совместной работы электродвигателей и технологической нагрузки (при питании от одного источника).

Экспериментальные исследования. Вопросы совместной работы технологической и силовой нагрузки в режимах с питанием ТСФ в литературе не нашли отражения.

Исследования выполнены с использованием методов теоретических основ электротехники, теории колебаний, теории электрических машин.

Целью работы являются исследования режимов темных инфракрасных излучателей, элементов нагревательных гибких ленточных, асинхронных электродвигателей при изменении параметров

электрических режимов (амплитуды и частоты питающего напряжения (тока)) для разработки рекомендаций по выбору эффективных режимов при их совместной работе.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

– разработать методику исследований на физических моделях установок с темными инфракрасными излучателями, элементами нагревательными гибкими ленточными и асинхронного двигателя;

– по результатам исследований разработать рекомендации по выбору эффективных режимов работы технологической и силовой нагрузки, что необходимо для разработки алгоритмов автоматического управления режимами установок с темными излучателями, элементами нагревательными гибкими ленточными и вспомогательных механизмов.

Представленные в работе результаты выполнены в сравнении двух электрических режимов: в обычном режиме с питанием током частотой 50 Гц, в новом режиме при питании ТСФ без постоянной составляющей. В обычном режиме питание нагрузки осуществлялось от однофазного трансформатора 220/110В с переключением ступеней напряжения без возбуждения А-Х₁, А-Х₃. Во втором режиме – через трансформатор - через однофазный трансформатор и дроссель насыщения. Для регулирования формы питающего напряжения (тока) можно использовать тиристоры и дроссели насыщения. В работе представлены результаты исследований при подключении дросселя.

Объекты исследования. Эксперименты выполнены на физических моделях установок с темными инфракрасными излучателями. К узлу нагрузки подключали темный инфракрасный излучатель керамический фирмы «НОМАКОН» типа ИКН-203-0,1/230-2 мощностью 100 Вт с плоской излучающей поверхностью 60×60 мм мощностью 100 Вт. Корпус из керамического материала. Внутри корпуса электроспираль из многокомпонентного сплава (суперфехраль) и термопара. В качестве устройства электрообогрева использовался элемент нагревательный гибкий ленточный типа ЭНГЛ-2 – 0,05/220-2,6 (напряжение 220 В, номинальная мощность 0,05 кВт, длина нагревателя 2,6 м, ширина 23 мм, толщина 3,3 мм, предельная температура на поверхности – 60 °С, удельное тепловыделение 40 Вт/м, степень защиты IP47, климатическое исполнение УХЛ1, материал изоляции пищевой полиэтилен. В качестве силовой нагрузки выбран однофазный асинхронный электродвигатель типа АИРЕ 56А4 У2 (заводской номер ENR35-38969) монтажное исполнение IM 1081, IP55, мощность 0,120 кВт, напряжение питающей

сети 220 В, ток 1.2 А, номинальная скорость 1400 об/мин. В опытах асинхронный электродвигатель работал в режиме холостого хода.

Приборы. Для измерения электрических параметров - анализатор качества электрической энергии типа ANALYST 2060 (погрешность тока ±1.5%, погрешность напряжения ±1.0%, погрешность активной мощности ±2.5%, погрешность полной мощности ±2.5%, погрешность реактивной мощности ±2.5%, погрешность коэффициента мощности ±3 градуса, погрешность расхода электроэнергии ±3%), а также амперметр, вольтметр. Для измерения температуры поверхности излучения использована термопара ТХА, встроенная в темный керамический инфракрасный излучатель ИКН-200 и таймер. Для исследования температурных полей инфракрасных излучателей использовали тепловизор типа Testo 885-2, серийный номер № 2358782, объектив стандартный 300, тип детектора – 3200х240 пикс., температурная чувствительность < 30 Мк, спектральный диапазон – 8-14, температурный диапазон – -20°С +100°С (0°С +350°), измерение высоких температур – +350, погрешность – ±2°С (±2%). По результатам исследований получены файлы радиометрических термограмм, обработанные с использованием программного обеспечения, входящего в комплект портативного тепловизора Testo 885-2. Тепловизор визуализировал ИК-излучение (мощность излучения) от каждой точки ИК-излучателя и бесконтактно измерял температуру его поверхности, то есть пересчитывал мощность излучения в температуру поверхности излучателя.

Исследованы режимы совместной работы установок с темными излучателями, элементами нагревательными гибкими ленточными и силовой нагрузки (асинхронного электродвигателя). В опытах определяли диапазон изменения температуры нагрева темного излучателя в заданном временном интервале. Получены термограммы нагрева поверхности темного излучателя в сравниваемых электрических режимах. Для элемента нагревательного гибкого ленточного показатели работы в обычном режиме при питании переменным током частотой 50 Гц, выпрямленным током, ТСФ с постоянной составляющей и без нее дано в [10, с. 36-44]. В [11, с. 50-56] рассмотрены индивидуальные характеристики установок с темными инфракрасными излучателями различного исполнения: с нагревателем из многокомпонентного сплава (суперфехраль Fe-Cr-Al) в корпусе из огнеупорного керамического материала НОМАКОН и трубчатого нагревателя ТЭН 60 А13 / 0,4 S 220 R 30 Ф-2. Для темного керамического излучателя НОМАКОН установлено изменение скорости подъема температуры.

Составляющие мощности, потребляемой из сети, значение коэффициента мощности нагрузки представлены в табл. 1. Установлено, при питании от узла нагрузки установок с темным излучателями, установки системы обогрева с элементом нагревательным гибким ленточным и силовой нагрузки коэффициент мощности составил в обычном режиме 0.68, а в новом режиме увеличился до 0.97. Для темного ИК-излучателя при обеспечении в технологическом процессе заданной скорости подъема температуры появляется возможность улучшения энергетических показателей установки при переходе на более низкую ступень ПБВ (РПН) трансформатора [11, с. 50-56, 12, с. 93-99]. Отключение темного излучателя в новом режиме не ухудшило показатели работы оставшегося в работе элемента нагревательного и силовой нагрузки. Показатели работы элемента нагревательного гибкого ленточного и силовой нагрузки даны в табл. 2. Значение коэффициента мощности в сети в сравниваемых режимах соответственно было 0.53 и 0.96. Индивидуальные показатели - коэффициент мощности элемента нагревательного в обычном и новом режимах составил 0.83.

Таким образом, в новом режиме с питанием ТСФ включение или отключение технологической нагрузки не ухудшает показатели работы оставшихся в работе потребителей.

Таблица 1 – Показатели работы в обычном и новом электрических режимах однофазного асинхронного электродвигателя типа АИРЕ 56А4 У2, темного излучателя и элемента нагревательного гибкого ленточного

Наименование электрического режима	Мощность из сети			Коэффициент мощности	Напряжение в узле питания, В
	Активная, Р, кВт	Реактивная, Q, квар	Полная, S, кВА		
1. Обычный режим: переменный ток 50 Гц	0.088	0.094	0.129	0.68	115.0
2. Новый режим: ТСФ без постоянной составляющей	0.087	0.018	0.089	0.97	115.0

Таблица 2 - Показатели работы в обычном и новом электрических режимах однофазного асинхронного электродвигателя типа АИРЕ 56А4 У2 и элемента нагревательного гибкого ленточного

Наименование электрического режима	Мощность из сети			Коэффициент мощности	Напряжение в узле питания, В
	Активная, Р, кВт	Реактивная, Q, квар	Полная, S, кВА		
1. Обычный режим: переменный ток 50 Гц	0.061	0.097	0.115	0.53	115.0
2. Новый режим: ТСФ без постоянной составляющей	0.056	0.015	0.058	0.96	115.0

Выводы

1. Установлено, диапазон эффективно воздействующих частот для исследуемой технологической составляет $10^2 \div 10^3$ Гц. В темных излучателях электромагнитная составляющая влияет на электрон-фононные взаимодействия и тепловое излучение. В ферромагнитных материалах ТСФ влияет на процессы перемагничивания стали [7, 11].

2. Доказано, применение ТСФ с эффективно воздействующими частотами $10^2 \div 10^3$ Гц позволяет получить положительные эффекты: в установках с темными излучателями, элементами нагревательными возможно регулирования скорости подъема температуры; обеспечить работу установок с темными излучателями и элементами нагревательными на более низкой ступени ПБВ (РПН) трансформатора, с более высоким значением коэффициента мощности при снижении индуктивности его обмоток.

3. Установлено, что индивидуальные показатели работы установок с темными излучателями и элементами нагревательными не снижаются при совместной работе и питании ТСФ.

4. Для получения позитивных технологических и энергетических эффектов целесообразно регулировать форму и амплитуду питающего напряжения (тока). Этот принцип регулирования разумно использовать и при совместной работе, исследуемой технологической и силовой нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Крэкнелл, А. / А. Крэкнелл, К. Уонг. – Англия, 1973 / Поверхность Ферми: пер. с англ. / Под ред. В.Я. Кравченко. – М. : Атомиздат, 1977. – 352 с.

2 Грановский, В.Л. Электрический ток в газе. Установившийся ток [Текст] / Грановский В.Л., под ред. Л.А. Сена и В.Е. Голанта. – М.: Изд-во Наука, 1971. – С. 543.

3 Рохлин, Г. Н. Разрядные источники света: - 2-е изд., перераб и доп. / Г.Н. Рохлин. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – С. 48, С. 442-445.

4 Финкельбург, В. Электрические дуги и термическая плазма [Текст] / В. Филькенбург, Г. Меккер. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961. - 371 с.

5 S. A. Svitnev, O.A. Popov Plasma parametrs spatial distribution of low-pressure ferrite-free inductive discharge //Light and Engineering 2011.1. P. 79-82.

6 Птицына, Е.В. Влияние электромагнитной составляющей на процессы в темных и светлых инфракрасных излучателях // Е.В. Птицына, Д.В. Птицын, А.Б. Кувалдин // Электромагнитное поле и материалы (фундаментальные физические исследования). XXVII Междунар конф.: материалы: - М.: МЭИ, 2019. – С. 494–504.

7 Качанов, А.Н. Моделирование процесса высокочастотного нагрева влажной древесины в вакуумно-диэлектрической сушильной камере / А.Н. Качанов, Д.А. Коренков // Вестник КрасГАУ. – 2016. _9 (120). – С. 113–121.

8 Качанов, А.Н. Описание электромагнитного поля в плоском конденсаторе при высокочастотном нагреве длинномерных диэлектриков / А.Н. Качанов, Д.А. Коренков // Промышленная энергетика. – 2016. - № 9. – С. 23–27.

9 А.с. 1682101 SU, МКП В23К 37/00. Инфракрасный нагреватель для сварных соединений. / В.М. Борзаковский, Н.С. Кирпач, заявл. 31.05.89; опубл. 07.10.1991. Бюл. №37.

10 Птицына, Е.В. / Е.В. Птицына, Д.В. Птицын, А.Б. Кувалдин / Элементы нагревательные гибкие ленточные в режиме с питанием током сложной формы // Омский научный вестник. 2019. №2 (164). - С. 36–44.

11 Птицына, Е.В. Исследование режимов работы установок с темными и светлыми излучателями при питании током сложной формы / Е.В. Птицына, Д.В. Птицын, А.Б. Кувалдин // Промышленная энергетика. 2019. №12. – С. 50–56.

12 Птицына, Е.В. / Е.В. Птицына, Д.В. Птицын, А.Б. Кувалдин / Режимы работы силовой и технологической нагрузки // Энерго-ресурсосбережение XXI век: материалы междунар. науч. – практ. конф. (2-4 декабря 2019). – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева. 2019. - С. 93–99.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУДОВОСТАНОВИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ В КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

ХАЦЕВСКИЙ В. Ф.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, Республика Казахстан

ХАЦЕВСКИЙ К. В.

д.т.н., профессор, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ГОНЕНКО Т. В.

к.т.н., доцент, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

В настоящее время решающим фактором повышения производительности труда, улучшения качества выпускаемой продукции, экономии сырья и энергии является автоматизированная система управления технологическими процессами. Особенностью автоматизации технологического процесса рудовосстановительной электропечи является тот факт, что в ее ванне непрерывно взаимодействуют электрические, химические, газо- и гидродинамические процессы, и в результате этого основные технико-экономические показатели печи - производительность (Π) и удельный расход электроэнергии ($W_{уд}$) могут изменяться в широких пределах и возникает задача при большом общем числе воздействующих факторов выявить наиболее важные и изучить их влияние на результаты технологического процесса [1, с. 24].

Решить поставленную задачу с учетом особенности технологии производства ферросплавов позволяет использование математической теории эксперимента и, особенно, ее раздела - планирование экстремальных экспериментов, универсальные методы которого позволяют разграничить и анализировать результаты действия на объект совместно взаимодействующих факторов. Применение аппарата математической статистики служит не только для обработки результатов эксперимента, но средством его оптимальной организации, т.е. позволяет минимизировать число опытов и формализовать задачу интерпретации результатов эксперимента в виде математической модели исследуемых процессов.

Из всего объема производимых ферросплавов наиболее распространенными являются кремнистые (ферросилиций) и марганцевые (силикомарганец и ферромарганец) сплавы. При этом, особое место среди них занимает силикомарганец, являющийся комплексным раскислителем, вполне заменяющий углеродистый

ферромарганец и ферросилиций при раскислении выплавляемых сталей. Производство силикомарганца за последнее десятилетие удвоилось при общем росте объема производства ферросплавов. Это создает благоприятные условия для значительного расширения производства легированных сталей [2, с. 68].

Основная часть производимого силикомарганца выплавляется в настоящее время в закрытых рудовосстановительных электропечах с установленной мощностью трансформатора 63 МВА. Существующие в настоящее время представления и анализ априорной информации о процессе производства силикомарганца позволили определить основные величины, которые должны входить в математическую модель этого процесса в качестве независимых факторов.

В результате реализации технологического процесса выплавки силикомарганца производится очень важная товарная продукция, поэтому на интервалы варьирования факторов (разницу между основным и нижним значениями каждого фактора или верхним и основным значениями) необходимо накладывать жесткие ограничения, связанные с риском получения брака дорогостоящей продукции и выведения из строя высокоэффективного технологического оборудования. Диапазон изменения факторов, влияющих на показатели выплавки силикомарганца, установлены на основе длительной эксплуатации электропечей в квазистационарных режимах. К этим факторам относятся:

1. Фактическая активная мощность электропечи $X_1 = P = 46 \dots 62$ МВт;
2. Содержание марганца в рудной части шихты $X_2 = G_m = 39 \dots 49$ %;
3. Содержание восстановителя в шихтовой смеси $X_3 = g_k = 10 \dots 22$ %;
4. Содержание в шихтовой смеси отходов силикомарганца предыдущей выплавки $X_4 = g_o = 3 \dots 12$ %.

Не зная заранее, какой определенный вид может приобрести функция цели (Y), воспользуемся разложением ее в степенной ряд и получим, таким образом, математическую модель исследуемого процесса в виде полинома (уравнения регрессии):

$$Y = b_o + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (1)$$

где Y - исследуемый параметр (функция цели); b_o, b_i, b_{ij} - коэффициенты уравнения регрессии; i, j - номера факторов; n - количество независимых факторов; x_i, x_j - кодированные значения факторов X_i, X_j .

$$x_i = \frac{X_i - X_{icp}}{X_{imax} - X_{icp}}; \quad -1 \leq x_i \leq 1; \quad x_{icp} = \frac{1}{2}(X_{imax} + X_{imin}). \quad (2)$$

В качестве основных технико-экономических показателей при выплавке силикомарганца были приняты производительность (Π) и удельный расход электроэнергии ($W_{y\delta}$). Первоначально план эксперимента проводился в семнадцати точках. В результате этого были получены осредненные параметры плавок силикомарганца в соответствующих точках матрицы планирования экспериментов.

Для нахождения коэффициентов регрессии b_i использовались первые 16 опытов. Вычисления производились по формуле

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N x_{iu} y_u, \quad (3)$$

где i - номер таблицы матрицы планирования; u - номер опыта по матрице, проведенного в независимых условиях, т.е. номер строки; N - общее количество опытов.

После оценки коэффициентов регрессионной модели и исключения членов с незначимыми коэффициентами получены уравнения регрессии:

$$\Pi = 252,68 + 42,43x_1 + 16,03x_2 + 14,36x_3 + 11,01x_4 + 2,86x_1x_2 + 4,71x_1x_3 + 1,61x_1x_4 - 2,54x_2x_3 - 1,09x_2x_4; \quad (4)$$

$$W_{y\delta} = 4770,16 - 251,4x_1 - 87,78x_2 - 109,59x_3 - 68,56x_4 + 12,76x_1x_2 - 27,62x_1x_3 - 14,44x_1x_4 + 14,89x_2x_3 + 6,39x_2x_4. \quad (5)$$

Полученные коэффициенты при независимых переменных в уравнениях регрессии определяют интенсивность влияния каждого из факторов на значения исследуемых параметров. Величина коэффициента соответствует вкладу конкретного фактора в величину исследуемого параметра при переходе фактора с основного уровня на верхний или нижний уровень. Если коэффициент имеет знак плюс, то с увеличением фактора исследуемый параметр увеличивается, а если минус - уменьшается.

Проверка адекватности полученных уравнений регрессии показала, что они точно воспроизводят значения производительности (Π) и удельного расхода электроэнергии ($W_{y\delta}$) в граничных точках

плана. Опытные же значения их в центре плана значительно отличаются от значений, рассчитанных по уравнениям:

$$|\bar{Y}_1 - \hat{Y}_1| = 27,1 > 0; \quad |\bar{Y}_2 - \hat{Y}_2| = 171,3 \gg 0.$$

Для получения адекватных моделей был использован метод преобразования независимых переменных, изложенный в [2, с. 94], сущность которого заключается в том, что применяются новые переменные ξ_i , функционально связанные со старыми факторами степенной зависимостью $\xi_i = X_i^{\alpha_i}$ при ($\alpha_i \neq 0$). Для нахождения констант преобразования в виде показателей α_i были поставлены дополнительные опыты, которые определили характер центральных сечений поверхностей отклика $Y_1 = F_1(X_1, X_2, X_3, X_4)$ и $Y_2 = F_2(X_1, X_2, X_3, X_4)$.

Таким путем был получен новый вид независимых переменных:

$$\text{для } (II): \xi_1 = P^{0,7}; \quad \xi_2 = G_m^{0,4}; \quad \xi_3 = g_k^{0,8}; \quad \xi_4 = g_o^{0,9};$$

$$\text{для } (W_{y\partial}): \xi_1 = P^{-0,25}; \quad \xi_2 = G_m^{-0,4}; \quad \xi_3 = g_k^{-0,7}; \quad \xi_4 = g_o^{-1,2}.$$

Использование новых переменных позволило значительно улучшить регрессионные модели, при этом отклонения $|\bar{Y}_1 - \hat{Y}_1|$ и $|\bar{Y}_2 - \hat{Y}_2|$ стали меньше доверительных интервалов для Y_1 и Y_2 .

После преобразований, связанных с переходом от кодированных факторов x_i к истинным X_i уравнения регрессии для определения производительности (Π) и удельного расхода электроэнергии ($W_{y\partial}$) при выплавке силикомарганца имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \Pi = & -18,5 - 22,76P^{0,7} - 6,29G_m^{0,4} - 8,93g_k^{0,8} + 5,52g_o^{0,9} + 8,15P^{0,7}G_m^{0,4} + \\ & + P^{0,7}g_k^{0,8} + 0,36P^{0,7}g_o^{0,9} - 4,42G_m^{0,4}g_k^{0,8} - 1,57G_m^{0,4}g_o^{0,9}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} W_{y\partial} = & 1769,3 + 4738,4P^{-0,25} - 24415,1G_m^{-0,4} + 8649,9g_k^{-0,7} + 1639,1g_o^{-1,2} + \\ & + 71119,8P^{-0,25}G_m^{-0,4} - 24893,4P^{-0,25}g_k^{-0,7} - 5362,9P^{-0,25}g_o^{-1,2} + \\ & + 24466G_m^{-0,4}g_k^{-0,7} + 3290,8G_m^{-0,4}g_o^{-1,2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Сравнение результатов расчетов по полученным моделям с результатами экспериментальных исследований на действующих электропечах показали, что погрешность расчетов не превышает 10 % и является вполне приемлемой для решения технических задач.

Из анализа полученных зависимостей $\Pi = F_1(X_i)$ и $W_{y\partial} = F_2(X_i)$ следует, что одним из основных факторов, наиболее сильно влияющих на (Π) и ($W_{y\partial}$) является фактическая мощность P электропечи. Для достижения минимальных потерь производительности печи (Π) и поддержания оптимального значения удельного расхода электроэнергии ($W_{y\partial}$) при работе ее в условиях ограничений энергопотребления со снижением активной мощности (P) на период $\tau_{опр}$ до минимально возможного значения, следует принять меры по изменению значений других факторов (G_m, g_k, g_o) до максимального значения в обоснованном диапазоне. На рисунках 1...4 приведены зависимости производительности печи $\Pi = F_1(X_i)$ и удельного расхода электроэнергии $W_{y\partial} = F_2(X_i)$ при выплавке силикомарганца при варьировании одного из факторов, входящих в область факторного пространства.

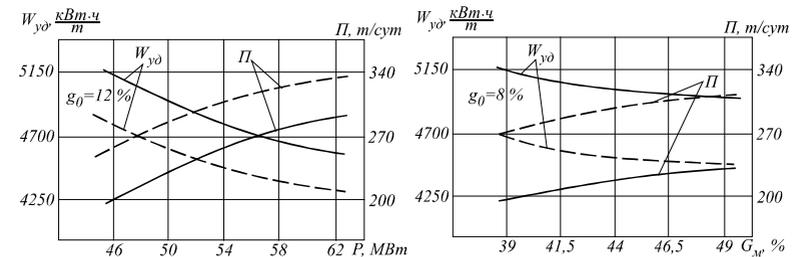


Рисунок 1 - Зависимость производительности и удельного расхода электроэнергии от мощности печи при: $G_m = 41\%$, $g_k = 10\%$ (сплошная); $G_m = 48\%$, $g_k = 20\%$ (штриховая)

Рисунок 2 - Зависимость производительности и удельного расхода электроэнергии от содержания марганца в шихте при: $P = 48$ МВт, $g_k = 10\%$ (сплошная); $P = 58$ МВт, $g_k = 20\%$ (штриховая)

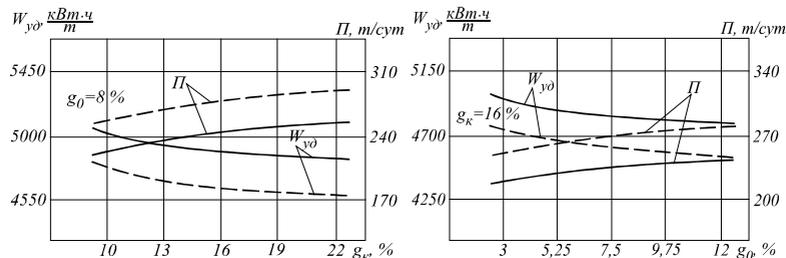


Рисунок 3 – Зависимость производительности и удельного расхода электроэнергии от содержания восстановителя в шихте при: $P = 48$ МВт, $G_m = 48\%$ (сплошная); $P = 58$ МВт, $G_m = 41\%$ (штриховая)

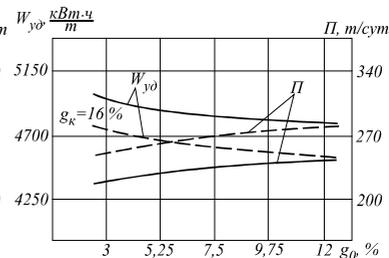


Рисунок 4 – Зависимость производительности и удельного расхода электроэнергии от содержания в шихте отходов при: $P = 48$ МВт, $G_m = 48\%$ (сплошная); $P = 58$ МВт, $G_m = 41\%$ (штриховая)

Применение методов планирования эксперимента для определения технико-экономических показателей производства силикомарганца в мощных рудовосстановительных электропечах РПЗ-63 позволило по результатам ограниченного числа опытов получить модели технологических процессов, которые могут применяться на действующих электропечах для расчета основных показателей производства как в квазистационарных, так и нестационарных режимах эксплуатации.

Полученные зависимости качественно справедливы и для электропечей других мощностей, выплавляющих силикомарганец [3, с. 75]. При этом выполнен также комплекс теоретических и экспериментальных исследований по определению зависимостей основных технико-экономических показателей производства других видов ферросплавов в рудовосстановительных электропечах различной мощности.

Результаты этих исследований позволили создать алгоритмы изменения основных технико-экономических показателей рудовосстановительных печей для использования их в существующих автоматизированных системах управления технологическими процессами при изменениях составляющих шихты в процессе работы, а также прогнозировать изменения основных технико-экономических показателей рудовосстановительных электропечей при уменьшении их мощностей в исследованном диапазоне на период квазистационарного режима работы электропечей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Хацевский В.Ф. Нестационарные режимы работы рудовосстановительных электропечей. - Павлодар: ТОО НПФ "ЭКО", 2001. - 144 с.
- 2 Гасик М.И., Хитрик С.И., Тищенко К.И. Повышение качества марганцевых концентратов и ферросплавов. – М: Металлургия, 2009. - 228 с.
- 3 Хацевский В.Ф., Чердниченко В.С. Проблемы ресурсосбережения при эксплуатации рудовосстановительных электропечей. //Сб. науч. трудов НГТУ "Экологически перспективные системы и технологии. Ресурсосбережение". – 2002. – Вып. 5. – С. 74-86.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИНДУКЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

ХАЦЕВСКИЙ К. В.

д.т.н., профессор, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ГОНЕНКО Т. В.

к.т.н., доцент, Омский государственный технический университет,
г. Омск, Российская Федерация

ХАЦЕВСКИЙ В. Ф.

д.т.н., профессор, ПГУ имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, Республика Казахстан

В проектной практике существуют и в равной мере используются два вида методов расчета двухэлементных систем нагрева. К первому виду относятся методы, в основу которых положено формальное сходство схем замещения индукционной системы нагрева и воздушного трансформатора, а методы расчета второго вида основаны на точной теории поглощения электромагнитных волн в металле.

Методы расчета первого вида, не учитывая ряд специфических особенностей индукционных систем за счет искусственного упрощения и применения эмпирических и теоретических коэффициентов, позволяют в ряде случаев проводить расчеты двухэлементных систем нагрева. Методы расчета второго вида, использующие точную теорию, основанную на физических представлениях происходящих процессов и позволяющих проанализировать электромагнитные явления в системе нагрева при различных условиях, позволяют с помощью применения коэффициентов, приближающих рассматриваемую систему к идеальной, провести расчеты более широкого ряда нагревательных

систем. В проектной практике обе методики применяются в равной мере и дают близкие результаты. На основании этого в настоящей работе будут рассмотрены методы расчета для трехэлементной системы нагрева, базирующиеся на обоих видах теории нагрева. Однако при разработке метода расчета первого вида будут учтены особенности взаимосвязей, выявленных при анализе системы нагрева на основе теории поглощения электромагнитных волн в металле [1, с. 228].

Рассмотрим отрезок длинного многовиткового коаксиального индуктора, внутри которого помещена нагрузка, а с наружной стороны индуктор окружен экраном (рис. 1).

Электромагнитное поле данной системы на основании принципа наложения можно рассматривать как поле индуктора и поле токов, протекающих в нагрузке и экране. При этом будем учитывать, что намагничивающая сила обеих токонесущих слоев равномерно распределена по высоте. Для рассмотрения взаимосвязи в системе примем расчетную схему цилиндрического индуктора, эквивалентную системе, приведенной на рис. 1. Построения эквивалентной расчетной схемы базируется на следующих допущениях [2, с. 66], позволяющих в доступной форме провести анализ поточераспределений в системе с достаточной точностью и обеспечить сходимость расчетных и экспериментальных данных:

1) магнитное поле в данной системе можно считать плоскопараллельным, симметричным и не зависящим от координаты j реальный индуктор заменяется двумя контурами с эквивалентными намагниченными намагничивающими силами снаружи и внутри индуктора;

2) токонесущий слой нагрузки заменяется контуром с эквивалентной намагничивающей силой;

3) токонесущий слой экрана заменяется контуром с эквивалентной намагничивающей силой [3, с. 202].

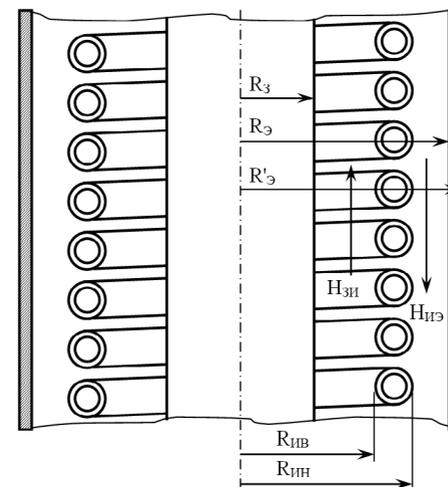


Рисунок 1 – Система цилиндрического индуктора с нагрузкой в полости индуктора и экраном, охватывающим индуктор с внешней стороны

Задача расчета электромагнитного поля настоящей системы сводится к решению уравнений Максвелла относительно векторов напряженности электрического и магнитного поля при равенстве касательных и нормальных составляющих напряженности электрического и магнитного поля на поверхности раздела нагрузки, воздушных зазоров и экрана [4, с. 118]. Граничные условия дополнительно характеризуются скачком, который претерпевает касательная составляющая напряженности магнитного поля при переходе через токовый слой, равный плотности тока. На основании изложенного, граничные условия определяются:

- на границе раздела поверхности нагрузки и воздушного зазора:

$$\dot{H} = \dot{H}_{31} = \dot{J}_{31,0} \quad (1)$$

- на границе раздела воздушного зазора и внутренней поверхности индуктора:

$$\dot{H}_{31} = (\dot{J} \cdot W_{1,0})_{31} \quad (2)$$

- на границе раздела наружной поверхности индуктора и воздушного зазора:

$$\dot{H}_{10} = (\dot{J} \cdot W_{1,0})_{10} \quad (3)$$

- на границе раздела воздушного зазора и поверхности экрана:

$$\dot{H}_{\text{ИЭ}} = \dot{H}_{\text{Э}} = \dot{J}_{\text{Э1,0}} \quad (4)$$

- равенство нулю напряженности магнитного поля на внешней поверхности экрана.

Последнее граничное условие определяется равенством нулю внешней напряженности магнитного поля бесконечного экрана, который можно рассматривать как солениод.

Приняв удельные электрические сопротивления и магнитные проницаемости элементов системы постоянными, можно записать действующие значения напряженностей магнитного и электрических полей в загрузке и экране:

$$\dot{H}_{\text{r}} = \dot{A}I_0 \left(\sqrt{j} \cdot \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right) + \dot{B}K_0 \left(\sqrt{j} \cdot \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right) \quad (5)$$

$$\dot{E}_{\text{r}} = -\sqrt{j} \frac{\rho\sqrt{2}}{\Delta} \left[\dot{A}I_1 \left(\sqrt{j} \cdot \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right) + \dot{B}K_1 \left(\sqrt{j} \cdot \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right) \right] \quad (6)$$

где $I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right)$, $I_1 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right)$, $K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right)$, $K_1 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right)$ - модифицированные (видоизмененные) функции Бесселя нулевого и первого порядка соответственно первого и второго рода от аргумента $\left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta} \right)$;

\dot{A} , \dot{B} постоянные интегрирования, определяемые из граничных условий.

Приведенные выражения напряженностей электрического и магнитного полей, дополненные граничными условиями, дают следующие выражения искомых величин:

- для загрузки (при $R \leq R_3$):

$$\dot{H}_3 = \dot{H}_{\text{ЗИ}} \frac{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)}{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)} \quad (7)$$

$$\dot{E}_3 = -\sqrt{j} \frac{\rho_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \cdot \dot{H}_{\text{ЗИ}} \frac{I_1 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)}{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)} \quad (8)$$

- для экрана (при $R_3 \leq R \leq R'_3$):

$$\dot{H}_3 = \dot{H}_{\text{ИЭ}} \frac{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) - K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)}{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) - K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)} \quad (9)$$

$$\dot{E}_3 = -\sqrt{j} \frac{\rho_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \cdot \dot{H}_{\text{ИЭ}} \frac{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) - K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)}{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) - K_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right) \cdot I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)} \quad (10)$$

Из выражений (7)...(10) определяется сопротивление единичного квадрата загрузки и экрана:

$$\dot{Z}_{\text{Э}} = \frac{\dot{E}_{\text{ЗИ}}}{\dot{H}_{\text{ЗИ}}} = \sqrt{j} \frac{\rho_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \cdot \frac{I_1 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)}{I_0 \left(\sqrt{j} \frac{R_3\sqrt{2}}{\Delta_3} \right)} = r_{\text{Э1,0}} + jx_{\text{Э1,0}} \quad (11)$$

$$= 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot d_3 \sqrt{\rho_3 \mu_3 f} \cdot (F_{\text{ОЦ}} + jG_{\text{ОЦ}})$$

$$\dot{Z}_{\text{Э}} = \frac{\dot{E}_{\text{ИЭ}}}{\dot{H}_{\text{ИЭ}}} = r_{\text{Э1,0}} + jx_{\text{Э1,0}} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot d_3 \sqrt{\rho_3 \mu_3 f} (F_{\text{ВПП}} + jG_{\text{ВПП}}) \quad (12)$$

Функции FOЦ, FBПЦ, GOЦ, GBПЦ приведены на рис. 2 – рис. 4 в зависимости от относительной координаты и относительной толщины экрана в уточненном виде при $\frac{R\sqrt{2}}{\Delta} = 5$ и $\frac{R\sqrt{2}}{\Delta} = 9$.

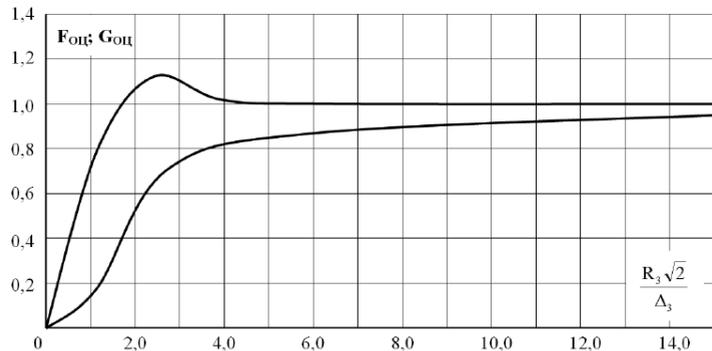


Рисунок 2 – Значение функций $F_{оц}$ и $G_{оц}$ для металлического цилиндра в зависимости от относительного радиуса цилиндра

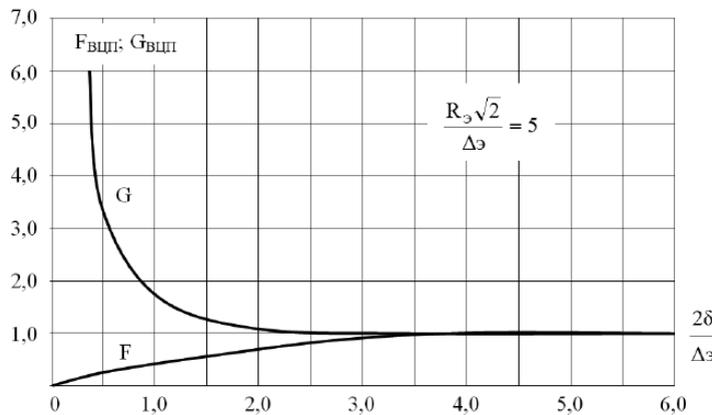


Рисунок 3 – Значение функций $F_{вцп}$ и $G_{вцп}$ для полого немагнитного металлического цилиндра (нагрев изнутри) в зависимости от относительной толщины стенки цилиндра при $\frac{R_э \sqrt{2}}{\Delta_э} = 5$

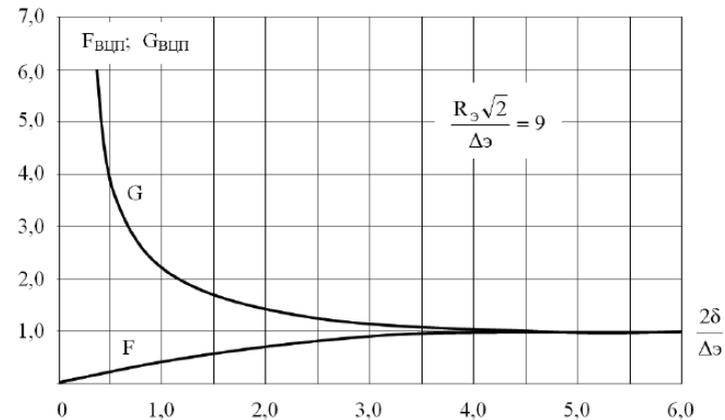


Рисунок 4 – Значение функций $F_{вцп}$ и $G_{вцп}$ для полого немагнитного металлического цилиндра (нагрев изнутри) в зависимости от относительной толщины стенки цилиндра при $\frac{R_э \sqrt{2}}{\Delta_э} = 9$

Выражения (11) и (12) позволяют определить активные мощности, выделяющиеся в нагрузке и экране, и реактивные мощности на единицу длину системы.

$$P_{31,0} = H_{3И}^2 \cdot r_{31,0} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot d_3 \cdot \sqrt{\rho_3 \mu_3 f} \cdot H_{3И}^2 \cdot F_{оц} \quad (13)$$

$$P_{3q1,0} = H_{3И}^2 \cdot r_{31,0} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot d_3 \cdot \sqrt{\rho_3 \mu_3 f} \cdot H_{3И}^2 \cdot G_{оц} \quad (14)$$

$$P_{Э1,0} = H_{ИЭ}^2 \cdot r_{Э1,0} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot d_э \cdot \sqrt{\rho_э \mu_э f} \cdot H_{ИЭ}^2 \cdot F_{вцп} \quad (15)$$

$$P_{Эq1,0} = H_{ИЭ}^2 \cdot r_{Э1,0} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot d_э \cdot \sqrt{\rho_э \mu_э f} \cdot H_{ИЭ}^2 \cdot G_{вцп} \quad (16)$$

Полученные выражения позволяют решить задачу расчета мощностей, выделяющихся в нагрузке, экране и индукторе, находящихся в электромагнитной взаимосвязи.

ЛИТЕРАТУРА

1 Хацевский К.В. Энергосберегающие индукционные установки для нагрева и обработки воды // Система управления экологической безопасностью: сб. тр. VIII заочной междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – С. 226-230.

2 Хацевский В.Ф., Гоненко Т.В., Хацевский К.В. Современные энерго-сберегающие технологии и установки электронагрева [монография]. – Павлодар: Кереку, 2014. – 166 с.

3 Хацевский В.Ф. Современные индукционные установки для нагрева и обработки жидкостей // Вестник ПГУ. – Павлодар: Кереку, 2016. – С. 200-204.

4 Хацевский К.В., Гапон А.Е. Электромагнитные процессы в индукционном электронагревателе (статья) // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 6-й междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2017. – С. 117-120.

МАЗМҰНЫ

Предисловие 3

Пленарлық отырыс Пленарное заседание

Бойко Г. Ф.
«Этапы большого пути» 5

Крутоус С. Ф.
Одна страничка из жизни академика 10

Токтаганов Т. Т.
Ректор-созидатель 12

1 Секция. Электр энергетикасындағы өзекті мәселелер және олардың шешу жолдары

1 Секция. Актуальные проблемы в электроэнергетике и пути их решения

Балтабекова С. Д., Ауельбек М. А.
Возможные перспективы работы виртуальных электростанций
в Казахстане 15

Ахметбаев Д. С., Каусылов А. С., Үсіпбеков Н. Ә., Ерболкызы Г.
Управляемая компенсация параметров дальней линии электропередачи 20

Ахметбаев Д. С., Рахманова Г. А., Үсіпбеков Н. Ә., Баймуханова Т. А.
Моделирование узла нагрузки 27

**Ахметбаев Д. С., Каусылов А. С., Ерболкызы Г.,
Баймуханова Т. А., Рахманова Г. А.**
Повышение напряжения – основное средство увеличения пропускной
способности и дальности электропередачи 34

**Говорун В. Ф., Говорун О. В., Марковский В. П.,
Шапкенов Б. К., Потяга Л. А.**
Опасность излучения энергии электромагнитного поля частотой 50 Гц
в окружающее пространство 39

Говорун В. Ф., Говорун О. В., Шапкенов Б. К., Марковский В. П.
Системы переменного тока на основе устройств FAST с высокой
эффективностью передачи электрической энергии 50

Говорун В. Ф., Говорун О. В., Марковский В. П., Шапкенов Б. К.
Электромагнитные процессы в длинных линиях с электроснабжением
от высокочастотных высоковольтных резонансных генераторов 59

Данилов М. А., Волгин М. Е.
Повышение эффективности системы электроснабжения собственных нужд
на электростанциях большой мощности 68

Кислов А. П., Нефтисов А. В., Джусупов А. К. Создание малого инжинирингового предприятия по предоставлению услуг внедрения ВИЭ	72
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Kislov A. P., Tuyluyuganova L. B., Talipov O. M. The ground fault along the line	82
Kaidar A. B., Kaidar M. B., Shapkenov B. K., Kislov A. P., Markovskiy V. P., Talipov O. M. Several new methods of transforming the measured quantity using optical and mass state methods	90
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Дюсенов К. М. Альтернативные высокоэффективные электрические технологии для обогрева жилых и промышленных объектов	98
Клецель М. Я., Машрапов Б. Е., Барукин А. С., Мусаев Ж. Б., Мызовский К. В. О новой, заложенной при поддержке Бойко Ф. К., системе релейной защиты	105
Никитин К. И., Поляков Д. А., Пугач В. Н., Юрчук Д. А. Система сбора данных для мониторинга состояния изоляции кабелей из сшитого полиэтилена	110
Потяга Л. А., Бексултанов А. Д., Марковский В. П., Шапкенов Б. К. Развитие солнечной энергетики в Казахстане по сравнению с другими государствами	119
Сабырбеков А. Е., Ашимова А. К. Актуальные проблемы в электроэнергетике и пути их решения	127
Терещенко Н. А., Маковецкий С. С., Шевченко Д. М., Никитин К. И. Резистор для диагностики изолятора ВЛЭП 6-35 кВ	133
Zhigalo S., Uakhitova A. B. Improving the efficiency of the group of electric motors	139
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кислов А. П., Жумадилова А. К. Анализ электробезопасности на объектах промышленности и рекомендации по снижению электротравматизма	143
Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Марковский В. П., Шапкенов Б. К., Кислов А. П. Снижение аварийности электроснабжения 0,38 кВ АПК за счет оптимизации параметров токовых защит	149
Shapkenov B. K., Markovskiy V. P., Kislov A. P., Kaidar A. B., Kaidar M. B. The fault protection scheme of a distribution system	159
Юсупов К. А., Яшков В. А. Надежность электроснабжения в условиях резконтинентального и засушливого климата на примере Атырауского региона	166

2 Секция. Жылуэнергетиканың қазіргі мәселелері 2 Секция. Современные проблемы теплоэнергетики

Абенова Г. М. Системный анализ надежности автоматических систем управления технологических процессов тепловых электрических станций	171
Абжекеева А. З., Карманов А. Е. Условия работы огнеупорных материалов ВТУ	174
Айтмагамбетова С. А., Айтмагамбетова Г. А. Ресурсосберегающие технологии получения тепловой энергии на основе использования брикетированных бытовых отходов с дальнейшей реализацией их на энергетическом рынке	177
Алияров Б. К., Әкімбек Г. Ә. Способ определения относительной абразивности сыпучих веществ	182
Алимгазин А. Ш., Алимгазина С. Г., Бергузинов А. Н. Применение теплонасосных технологий для повышения эффективности работы промышленных предприятий Павлодарской области за счет утилизации низкопотенциальных выбросов теплоты оборудования	187
Ахметов Б. М., Оришевская Е. В. Нужен ли Казахстану мусоросжигательный завод	198
Байдюсенов Г. Н., Абильдинова С. К. Исследование влияния внешних факторов на теплозащитные свойства изоляционных материалов	201
Борисова Н. Г. Формирование компетенций в области информационных технологий у студентов теплоэнергетиков	205
Бражанова Д. К., Стояк В. В. Актуальные вопросы систем кондиционирования воздуха	211
Дуйсенбек Ж. С. Малотоксичные горелочные устройства для топливосжигающих устройств	215
Ерімбетов А. П., Тютеебаева Г. М. Бу турбинасының жұмыс сенімділігін арттыру мақсатында турбина бөлшектерін абразивті тозуды азайту әдістері	221
Жакупов А. М., Талипов О. М. Исследование методов диагностики неразрушающего контроля тепломеханического оборудования	225
Жиенбаева А., Кабдуалиева М. М. Использование ингибиторов для повышения антикоррозионных процессов в системах теплоснабжения	230
Зарлыканов А. М., Акаев А. М., Талипов О. М., Сыйхымбаева Т. Ж. Способы энергетической утилизации твердых и жидких отходов	237

Каиртаева А. Т., Кинжибекова А. К. Анализ работы системы регенеративного подогрева на тепловых электростанциях	241	Түркістан А. Т., Акаев А. М., Оразова Г. О., Талипов О. М. Анализ тепловыделения различных агрегатов ТЭС	319
Камарова С. Н., Абильдинова С. К., Расмухаметова А. С. Анализ работы системы подготовки топлива на примере ТЭЦ-2 г. Темиртау	245	Тютөбаева Г. М., Амангелді А. Н. Түркістан қаласында бу-газдық қондырғыны қолдану арқылы энергиямен жабдықтау	323
Капанова А. У. Разработка дубль-блока парогазовой ТЭС	249	Тютөбаева Г. М., Макзумова А. К. Перспективы использования плазменно-топливной системы для растопки котлов	326
Карманов А. Е., Фарифолла Б. Қ., Файзула М. А., Сайрамов Б. К. Проект «Теплого дома»	255	Чумаров Ф. Ф., Никифоров А. С. Теплофикация г. Павлодара. Выбор схемы подключения тепловых пунктов	332
Катранова Г. С. Основные направления улучшения экологических показателей ГТУ и ГТД	258	Карманов А. Е., Шайкишев Н. К. Надежность работы паровой турбины	338
Кожаметов Р. М., Акаев А. М., Талипов О. М., Асаева З. А. Обзор технологии современных методов газификации	262	Яманбекова А. К. Компактный двухтопливный передвижной теплогенератор для сушки сельскохозяйственных продуктов	342
Корабаева С. Д., Карманов А. Е. Исследование изменений структуры огнеупорных материалов футеровок высокотемпературных агрегатов	269	3 Секция. Автоматтандыру, телемеханика және телекоммуникацияның өзекті мәселелері 3 Секция. Актуальные вопросы автоматизации, телемеханики и телекоммуникаций	
Макаримов Ә. М., Акаев А. М., Уразалимова Д. С., Талипов О. М. Способы энергетической утилизации твердых и жидких отходов	274	Abilkaiyrkyzy A., Khan S. Development of a solar tracker control system for residential cottage on the basis of the Arduino controller	347
Карманов А. Е., Матаев Т. М. Топливные брикеты – высокотехнологичный продукт	278	Бекжан А. Ш., Уразак М. А., Утаралиева М. Т., Сейтказы А. О., Шалабаев Б. К., Хан С. Г., Тлеубаева Ж. С. Исследование различных видов возобновляемых источников энергии и разработка макета солнечного трекера	353
Мерғалиев Н. Т., Тютөбаева Г. М. Анализ воздействия на атмосферный воздух перевода на газ водогрейных котлоагрегатов на ТЭЦ-2 в городе Нур-Султан	281	Бисенбай М. Ж., Налибаев Е. Д. GPS трекер көмегімен транспортты мониторингтеу жүйесін құру	359
Наурыз Б. Қ. Горелка со встречно-закрученным течением воздушного потока	285	Ботанов А. В., Белозерова М. Ю. Система контроля температуры и влажности в Павлодарском высшем колледже управления	365
Приходько Е. В., Карманов А. Е., Шабалин И. В. Анализ процесса охлаждения футеровок высокотемпературных агрегатов	291	Васильев В. О. Технология и программное обеспечение проектирования процессов функционирования человеко-машинной системы	372
Рамазанов И. Ж., Никифоров А. С. Исследование и оптимизация схем аспирации цеха подготовки сырья АО «Алюминий Казахстана»	295	Дробинский А. В., Брус Т. М., Жумабеков Р. Ветродвигательное транспортное средство – турбопарус	379
Садыкова С. Б. Исследование интенсивности турбулентности на выходе из воздушной форсунки	300	Зейнуллиев А., Аманова Б., Хан С. Г. LabView графикалық бағдарламалау ортасында виртуалды зертханалық стендті әзірлеу	384
Саракешова Н. Н. Обзор проблем и эффективности использования биогаза	305		
Карманов А. Е., Тайжанова К. С. Снижение термических напряжений в футеровках высокотемпературных агрегатов	312		
Тютөбаева Г. М., Тойынбекова А. Қ. Электр энергиясын өндіру үшін аз көміртекті технология үшін қазақстандық көмірді газдандыруды пайдалану	315		

Михов Д. П., Рахимов Д. Д., Язенко Л. Г., Сабантаева Г. С. Создание словаря технических и профессиональных терминов «English for IT»	390
Оразова Г. О., Уразалимова Д. С. Проблемы автоматизации диспетчерского управления и интеллектуализации работы поездного диспетчера	393
Троян А. С., Хомутов В. И. Машинное обучение	399

4 Секция. Электр техникасы және электр технологиялар
4 Секция. Электротехника и электротехнологии

Брюсов Д. В., Кибартас В. В. Анализ энергетической эффективности применения индукционного нагрева металлических изделий	403
Гоненко Т. В., Хацевский В. Ф., Хацевский К. В. Перспективы применения энергоэффективного электронагрева	408
Птицын Д. В., Птицына Е. В., Кувалдин А. Б. Режимы совместной работы темных инфракрасных излучателей, элементов нагревательных гибких ленточных и силовой нагрузки	413
Хацевский В. Ф., Хацевский К. В., Гоненко Т. В. Автоматизация технологического процесса рудовосстановительной электропечи в квазистационарных режимах работы	421
Хацевский К. В., Гоненко Т. В., Хацевский В. Ф. Энергоэффективные технологии и режимы работы индукционных электронагревателей	427

F. K. BOIKONYŇ 100 JYLDYĠYNA ARNALĠAN
«F. K. BOIKO I MEREITOILYQ OQYLARY» ATTY
HALYQARALYQ ĠYLYMI-TEHNIKALYQ
KONFERENSIASYNYŇ
MATERIALDARY

1 TOM

Техникалық редактор: З. Ж. Шокубаева
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Басуға 20.02.2020 ж.
Әріп түрі Times.
Пішім 29,7 × 42 ¼. Офсеттік қағаз.
Шартты баспа табағы 25,3. Таралымы 500 дана.
Тапсырыс № 3572

«Toraighyrov University» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64.