**аңдатпа**

**6D071800 – «Электр энергетика» мамандығы бойынша философия ғылымдарының докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алуға ұсынылған Айгул Жумагельдыевна Динмуханбетованың «АТҚ сақиналық сұлбаларын кеңейту арқылы электр станцияларда энергия үнемдеу» тақырыбындағы диссертациясына**

**Өзектілігі**

Электр энергетикасының міндеттерінің бірі электр станцияларынан электр энергиясының жеткіліксіз берілуін төмендету болып табылады. Жеткіліксіз берілу себептерінің бірі - кернеуі 330-750 кВ болатын ашық тарату құрылғылары (АТҚ) сұлбалары элементтерінің істен шығуы болады. Осы сұлбалардың сенімділігі мәселелерімен Балаков Ю.Н., Грудинский П.Г., Гук Ю.Б., Двоскин Л.И., Каратун В.С., Мисриханов М.Ш., Непомнящий В.А., Околович М.Н., Синьчугов Ф.И., Тремясов В.А., Фокин Ю.А., Шунтов А.В. және т. б. айналысты.

Әдебиеттерді талдау көрсеткендей, соңғы 50 жыл ішінде электр станцияларының АТҚ сұлбаларында еш өзгеріс болмаған және әлемде оларды жетілдірудің негізгі бағыты әуелік ажыратқыштарды элегазды және вакуумды ажыратқыштарға ауыстыру болып табылады. Элегазды ажыратқыштардың істен шығу жиілігі әуеліктерге қарағанда 10-35%-ға төмен. Әуеліктерді элегаздықтарға ауыстыру электр энергиясының жеткіліксіз берілуін 2,3-8,3%-ға азайтуға мүмкіндік береді (бағалау есептеудің кестелік-логикалық әдісімен жүргізілді, 2-бөлімде келтірілген). Алайда, төмен температурада элегаздықтар жиі істен шығады [1], кейде бұл апатты салдарға әкеледі, мысалы, 2018 жылы АҚШ-тағы атом станциясының ажыратуы [2]. Сонымен қатар, ендігі өндірістен шығарылмайтын әуе ажыратқыштары үшін мұндай мәселе жоқ. Жоғарыда айтылғандарға байланысты, АТҚ-да энергияны үнемдеу тек жаңа ажыратқыштар жасау арқылы өте тиімді деп санауға болмайды. Сондықтан АТҚ-да энергия үнемдеу тиімділігін арттыру жолдарын табу өзекті болып көрінеді.

**Зерттеу нысаны** электр станцияларында энергия үнемдеу болып табылады.

**Зерттеу пәні** – сақиналы сұлбалары бар электр станцияларының АТҚ-да энергия үнемдеу.

**Диссертация тақырыбының жалпы ғылыми (мемлекеттік) бағдарламалармен байланысы.** Тақырыбы бастамашыл және
2021-2023 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша жас ғалымдарды гранттық қаржыландыру аймағында 24.02.2021 жылғы №66-кму-2/1 ҒЗЖ (АР09058249 ЖТН) «Электрлік станциялардың ашық тарату құрылғыларының жаңа сұлбаларын құрастыру

|  |
| --- |
| [1] Дьяков А. Элегазовые выключатели не выдержали низких температур // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2011. – №5. – С. 44-46.[2] Preparing Circuit Breakers for Operation in Cold Weather // <https://www.nerc.com/pa/rrm/ea/Pages/Lessons-Learned> Document. 24.08.2018. |

жолымен энергияны үнемдеу» М/Б орындаумен байланысты.

**Жұмыстың мақсаты** – АТҚ сақиналы сұлбалар бар электр станцияларында энергияны үнемдеу тиімділігін арттыру, осы сұлбаларды жетілдіре отырып.

**Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды және шешілді:**

– АТҚ сақиналы сұлбаларының сенімсіздігіне байланысты электр энергиясының жеткіліксіз берілуін бағалау әдісін таңдау және оны жетілдіру;

– жетілдірілген әдіс бойынша есептеу алгоритмі мен бағдарламасын әзірлеу;

– АТҚ сақиналы сұлбалары бар электр станцияларында энергия үнемдеудің жаңа жолын табу;

– электр станцияларының АТҚ жаңа сақиналық сұлбаларын әзірлеу;

– оларды пайдаланудың тиімділігін негіздеу.

**Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсынымдардың негізділігі мен дұрыстығы расталады:** электротехниканың теориялық негіздерінің, сенімділік теориясының, электр станциялары мен релелік қорғаныс құрылысының іргелі ережелерін сауатты пайдалану, сондай-ақ жарияланымдар түріндегі апробация; Қазақстан Республикасында екі және Ресей Федерациясында екі патент алумен.

**Жұмыстың ғылыми жаңалығы:**

1. Кернеуі 330-750 кВ АТҚ сақиналы сұлбалары бар электр станцияларында қосымша ажыратқышты енгізу арқылы энергия үнемдеу тиімділігін арттыру ұсынылды: 1) блок трансформаторы мен оның екі ажыратқышы арасында; 2) дәстүрлі сұлбада барлардың әрқайсысына тізбектей; 3) тізбектей қосылғандарға (алдыңғы тәсіл бойынша) параллель ыстық резерв түрінде.

2. Электр энергиясының жеткіліксіз берілуін есептеудің біз нақтылаған кестелік-логикалық әдісін қолдану негізінде бұл тәсілдердің орындылығы математикалық тұрғыдан негізделген.

3. Бұл әдіс электр беріліс желілеріндегі тұрақсыз қысқа тұйықталуды, апаттық жағдайлардың қабаттасуын және ажыратқыштар сенімділігінің заманауи моделін ескеру жолымен нақтыланды. Есептеу алгоритмі
(А.С. Барукин және Д.Ә Әмірбекпен бірлесіп) әзірленген.

**Жұмыстың жаңа ғылыми нәтижелері:**

1. Генераторлық ажыратқыштары жоқ блоктары бар АТҚ сұлбаларын қайта жаңарту кезінде бірінші және екінші әдіс әуе ажыратқышын элегаздыға ауыстырудан гөрі тиімді, ал жаңадан салуда үшінші әдіс тиімдірек екендігі көрсетілген.

2. АТҚ-ның үшбұрышты, бесбұрышты және алтыбұрышты жаңа сұлбалары құрастырылды (олар патенттелген).

3. АТҚ стандартты емес сақиналық сұлбаларының энергия үнемдеу тиімділігін есептеу мүмкіндігі жасалды. Жетілдірілген кестелік-логикалық әдістің алгоритмі мен бағдарламасы құрылды.

**Ғылыми нәтижелердің практикалық маңызы:**

1. Генераторлық ажыратқыштары жоқ блоктары бар АТҚ-ның жаңа сұлбалары бірінші әдіс бойынша қайта құру кезінде энергия үнемдеу тиімділігін әуе ажыратқышын элегаздыққа ауыстырудан гөрі, екінші әдіс бойынша – төртбұрышта және кернеуі 330 кВ бесбұрышта (үшінші әдіс бойынша – электр станцияларын жобалау кезінде) арттыруға мүмкіндік береді.

2. Жобалау кезінде, егер элегазды және генераторлық ажыратқыштарды пайдаланса, ұсынылған сұлбалар дәстүрлімен салыстырғанда электр станцияларын салуға арналған шығындарды бірінші тәсіл бойынша 0,3-1,3%, екінші тәсіл бойынша – 2,2-6,6%, ал үшінші тәсіл бойынша – 4,1-10,2% азайтуға мүмкіндік береді.

3. Генераторлық ажыратқыштар болған кезде әуе ажыратқышын элегаздыға ауыстыру кернеуі 750 кВ «алтыбұрыш» сұлбасы үшін ғана тиімді.

4. Аталған (ғылыми жаңалықтың үшінші тармағында) ескерулер кестелік-логикалық әдіс бойынша есептеу нәтижелерін 5-10% нақтылауға мүмкіндік береді.

**Жұмыстың практикалық құндылығы:**

1. АТҚ-ның ұсынылған сақиналы сұлбалары, дәстүрлілермен салыстырғанда, жобалау кезінде элегазды және блоктарда генераторлық ажыратқыштары бар электр станцияларын салуға жұмсалатын шығындарды азайтуға мүмкіндік береді: бірінші тәсіл бойынша 0,3-1,3%, екінші тәсіл бойынша – 2,2-6,6% және үшінші тәсіл бойынша – 4,1-10,2%. Қайта жаңарту кезінде, генератор ажыратқыштары болмаған кезде, блок трансформаторы мен оның екі ажыратқыш арасында қосымша элегазды ажыратқышты қосу электр энергиясының жеткіліксіз берілуін 6,3-12,4%-ға, ал әуелікті элегаздыққа ауыстыру - 2,3-3,9%-ға азайтады.

2. Сонымен қатар, ұсынылған сұлбалардың қосымша күрделі салымдардың өтелімділігі 2-4 ай.

3. Есептеудің жаңа алгоритмі және бағдарламасы тек дәстүрлі сұлбалардың ғана емес (Ю.Б. Гуктың жетекшілігімен әзірленген "TOPAS" бағдарламасы сияқты), сонымен қатар ұсынылған сұлбалардың да электр энергиясын жеткіліксіз беріуін есептеуге және оны дәлірек жасауға мүмкіндік береді.

**Қорғауға ұсынылады:**

1. Электр станцияларының жаңа сақиналық сұлбалары.

2. Электр станцияларындағы АТҚ-ның дәстүрлі және ұсынылған сақиналы сұлбаларын салу кезіндегі шығындарды және қайта жаңарту кезіндегі залалдарды, электр энергиясының жеткіліксіз берілуін есептеудің алгоритмі, бағдарламасы және нәтижелері.

3. Есептеулер нәтижелерін талдаудан алынған қорытындылар.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертацияның негізгі ережелері «ХІХ Сатпаев оқулары» Халықаралық ғылыми конференциясында (Павлодар, 2019), «Техникалық ғылымдар: мәселелер мен шешімдер» 37-ші халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында (Мәскеу, 2020) және КАҚ Торайғыров университетінің «Электр энергетикасы» кафедрасының отырысында баяндалды.

**Жарияланымдар.** Зерттеу нәтижелері 7 ғылыми еңбекте жарияланды, оның ішінде: 5 жарияланым КОКСОН ұсынған басылымдарда, оның ішінде Қазақстан Республикасының 2 патенті, Ресей Федерациясының 2 патенті және «Торайғыров университетінің Хабаршысы» ғылыми журналындағы мақала; халықаралық конференция материалдарындағы екі жарияланым. Бірлескен авторлықтағы жарияланымдарда ізденушінің жеке үлесі - кемінде 65%.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертация кіріспеден, үш бөлімнен, қорытындыдан және үш қосымшадан тұрады. Жұмыс компьютерлік мәтіннің 67 бетінде басылған, 11 сурет, 13 кестені қамтиды. Пайдаланылған әдебиеттер тізімі 66 атаудан тұрады.

**Бірінші бөлімде** «Электр станцияларының АТҚ сұлбаларында электр энергиясының жеткіліксіз берілуін есептеу әдістері» электр станцияларының АТҚ дәстүрлі сақиналық сұлбалары және ықтималдық теориясына негізделген есептеудің негізгі әдістері қарастырылған. Оларға мыналар жатады: логикалық-ықтималдық (істен шығу-ағашы, ықтималдық, кестелік-логикалық), логикалық-аналитикалық, топологиялық, минималды жолдар мен қима әдісі, ықтималдық экономикалық-математикалық моделі, режимдік сенімділік. Олардың ерекшеліктері сипатталған, сенімділік көрсеткіштерін сандық бағалау үшін математикалық модельдердің түрі анықталған.

АТҚ сұлбаларында электр энергиясының жеткіліксіз берілуін салыстырмалы бағалау үшін кестелік-логикалық әдіс таңдалды. Оның артықшылығы электрмен жабдықтаудың қысқа және ұзақ мерзімді үзілістеріне әкелетін мүмкін болатын апаттардың барлық түрлерін ескеруі және кең апробациялық мүмкіндігі. Бұл әдістің кемшіліктері - электр беріліс желілеріндегі тек тұрақты қысқа тұйықталуларды (сәтсіз АҚҚ) есепке алу және апаттық жағдайлардың қабаттасуын есепке алмау, ажыратқыштың істен шығуының оңайлатылған, оның барлық істен шығулары тек «екі жаққа ҚТ» түрінде ғана жинақталған, моделін пайдалану, сондай-ақ АТҚ стандартты емес сұлбаларында электр энегиясының жеткіліксіз берілуін бағалаудың мүмкін еместігі.

Бұл кемшіліктерді жою әдісті жетілдіруге мүмкіндік берді. Осының негізінде электр станцияларының АТҚ сұлбаларында (А.С. Барукин және
Д.Ә. Әмірбекпен бірлесіп) электр энергиясының жеткіліксіз берілуін есептеудің жаңа алгоритмі мен бағдарламасы құрылды.

Бөлімде АТҚ сұлбасына қосымша ажыратқышты енгізу арқылы электр энергиясының жеткіліксіз берілуін азайту мүмкіндігі негізделген.

**Екінші бөлімде** «Сақиналық сұлба элементі мен оның ажыратқыштары арасына ажыратқыш енгізу арқылы энергияны үнемдеу» АТҚ-ның дәстүрлі сақиналық сұлбаларымен энергия үнемдеу тиімділігі және блок трансформаторы (немесе электр желісі) мен оның ажыратқыштары арасына қосымша ажыратқышты қосу арқылы оларды жоғарылату мүмкіндігі бағаланады – бірінші тәсіл. АТҚ-ның дәстүрлі сұлбаларының қалыпты және жөндеу режимдеріндегі жұмысы егжей-тегжейлі қарастырылды. Қарастырылған дәстүрлі сұлбалардың сенімділігін ескере отырып, электр энергиясын жеткіліксіз беру және электр станцияларын салу шығындарын есептеу нәтижелері ұсынылған. Жетілдірілген сұлбалар үшін жаңа режимдерді қарастыруды қажет ететін ұқсас есептеу жасалды. Сонымен қатар, энергия үнемдеу әсерін, яғни ұсынылған сұлбаларды дәстүрлілермен салыстырғанда қайта жаңарту кезінде залалды және салу шығындарын азайтуды анықтау формулаларында қосымша қосылған ажыратқыштар мен жердің құны ескерілді. АТҚ-ның дәстүрлі төртбұрышты, бесбұрышты және алтыбұрышты сұлбаларында әуе ажыратқыштарын (ӘА) элегаздылыққа (ЭА) ауыстыру генераторлық ажыратқышы бар блоктармен электр энергиясының жеткіліксіз берілуін 4,5-8,3%-ға, ал оларсыз – 2,3-3,9%-ға (1-кесте 7б.), ал үшбұрыш сұлбасында 1%-ға дейін азайтуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Блоктардағы генераторлық ажыратқышсыз кернеуі 750-330 кВ АТҚ сақиналық сұлбаларында блок трансформаторы мен оның ӘА арасына қосымша ӘА (ЭА) қосу ӘА-ты ЭА-қа ауыстыруға қарағанда тиімдірек. Желілерге осындай ұқсас қосулар жасау энергияны үнемдеуге әсер етпейді.

Біз жетілдірген кестелік-логикалық әдісті қолдану – дәстүрлі АТҚ сұлбаларында электр энергиясының жеткіліксіз берілуін есептеу нәтижелерін
5-10%-ға нақтылауға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

**Үшінші бөлімінде** «АТҚ-ның сақиналы сұлбаларындағы ажыратқыштарды екі есе және үш есе көбейту арқылы энергия үнемдеу» дәстүрлі сұлбадағы ажыратқыштардың әрқайсысына тізбектей қосымша ажыратқыш (екінші тәсіл) және алдыңғы тәсіл бойынша тізбектей жалғанған екеуіне параллель ажыратқышты ыстық резервке қосу арқылы (үшбұрыш пен бесбұрыш патенттелген) – үшінші тәсіл; екі қосымша ажыратқыштарды: біріншісін бұрыннан бар ажыратқыштың әрқайсысына тізбектей, ал екіншісін блок (желі) және оның екі ажыратқышы арасына (алтыбұрыш патенттелген) қосу арқылы алынған жаңа сұлбалар қарастырылған. Олардың жұмыс режимдері сипатталған және электр энергиясының жеткіліксіз берілуін азайту, осы жеткіліксіз берілуден болатын залалды және электр станцияларын салу шығындарын есептеу нәтижелері ұсынылған.

Құрастырылған және дәстүрлі сұлбаларды энергияны үнемдеу тиімділігі бойынша салыстырмалы талдау, мынаны көрсетті: блоктарында генераторлық ажыратқыштары жоқ сақиналық сұлбаларда әуелік ажыратқыштарды элегаздыққа ауыстырудан қарағанда бірінші тәсіл бойынша қайта жаңарту көп дәрежеде тиімді, ал екінші тәсіл бойынша – төртбұрышта және 330 кВ кернеудегі бесбұрышта тиімді. Әуелік ажыратқыштармен орындалған дәстүрлі сұлбада элегазды ажыратқышты пайдалана отырып қайта жаңарту бірінші тәсіл бойынша залалды 6,3-12,2%, екінші тәсіл бойынша 3,5-9,8%, ал әуелік ажыратқышты элегаздыққа ауыстыруы 2,2-3,8% (1-кесте 7б.) азайтуға әкелуі мүмкін. Электр станцияларын салу кезінде шығындардың ең көп азаюы (4,1-10,2%) үшінші тәсіл (2-кесте 8б.) арқылы болуы мүмкін.

**Жұмыс нәтижелері келесілерге әкеледі:**

Электр станцияларының ашық тарату құрылғыларында (АТҚ) энергияны үнемдеу тиімділігін арттырудың жаңа бағыты ұсынылады, бұл ретте сұлбаға қосымша ажыратқыштар енгізіледі.

1. Зерттеулер АТҚ-ның сақиналық сұлбаларында энергия үнемдеуді, бізбен жақсы апробацияланған және жетілдірілген А.С. Барукин және
Д.Ә. Әмірбекпен бірлесіп) кестелік-логикалық әдіс арқылы есептеу нәтижелерін салыстыру негізінде жүргізілді. Жетілдіру ЭБЖ-дегі тұрақсыз қысқа тұйықталуларды есепке алудан, апаттық жағдайлардың қабаттасуын және ажыратқыштар сенімділігінің заманауи моделін есепке алудан, сондай-ақ дәстүрлі ғана емес, АТҚ-ның жаңа сұлбаларында да энергия үнемдеу тиімділігін есептеуге мүмкіндік беретін есептеу алгоритмі мен бағдарламасын әзірлеуден тұрады.

2. Кернеуі 330-750 кВ сақиналы сұлбалы АТҚ-ы бар электр станцияларында қосымша ажыратқышты енгізу арқылы энергияны үнемдеу тиімділігін арттыру ұсынылды: 1) блок трансформаторы мен оның екі ажыратқышы арасында; 2) дәстүрлі сұлбада тұрған ажыратқыштардың әрқайсысына тізбектей қосылған; 3) тізбектей қосылғандарға (алдыңғы тәсіл бойынша) паралелль ыстық резерв түрінде. Бұл тәсілдерді қолданудың орындылығы математикалық негізделген.

3. АТҚ-ның үшбұрышты, бесбұрышты және алтыбұрышты жаңа сұлбалары құрастырылды (олар патенттелген).

4. Қайта жаңарту кезінде генераторлық ажыратқыштарсыз блоктары бар АТҚ-ның барлық жаңа сұлбалары бірінші тәсіл бойынша әуелік ажыратқышты элегаздыққа ауыстырудан гөрі, екінші тәсіл бойынша – төртбұрышта және кернеу 330 кВ кезінде бесбұрышта (үшінші тәсіл бойынша – электр станцияларын жобалау кезінде) энергия үнемдеу тиімділігін көбірек арттыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған сұлбалардан қарағанда генераторлық ажыратқыштар болған кезде әуелік ажыратқышты элегаздыққа ауыстыру тек кернеуі 750 кВ алтыбұрышты сұлба үшін пайдалануға тиімдірек.

5. ЭС жаңадан салу кезінде ұсынылған сұлбалар дәстүрлі сұлбалармен салыстырғанда, егер элегазды және генераторлық ажыратқыштар қолданса бірінші тәсіл бойынша 0,3-1,3%, екінші – 2,2-6,6%, ал үшінші – 4,1-10,2% шығындарды азайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ұсынылған сұлбаларда күрделі салымдардың өтелімділігі 2-4 ай.

6. Электр станцияларында АТҚ – ның сақиналық сұлбаларын қайта жаңартуды жоспарлай отырып, ЭС персоналы 4-тармақ бойынша, ал жобалау ұйымдары ЭС-н жаңадан салуға жұмсалатын шығындарды есептеу кезінде
5-тармақ бойынша жұмыс нәтижелерін пайдалану мүмкіндігін қарастырғандары жөн, өйткені ЭС-ның көпшілігі үшін екі нұсқада да энергия үнемдеудің тиімділігі әуелік ажыратқышты элегаздыққа қарапайым ауыстырумен салыстырғанда едәуір жоғары.

1-кесте – Әуелік ажыратқышты (ӘА) элегаздыққа (ЭА) ауыстыру және қосымша ажыратқыштарды қосу жолымен сақиналық сұлбаларды қайта жаңарту кезіндегі электр энергиясының жеткіліксіз берілуін (W) және залалын (У) азайту

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| АТҚ сұлбасы | U, кВ | PБЛ, МВт | W, 106 кВт·с/жыл | ААЭА-на, % | Блок тр-р мен оның екі ӘА арасында ӘА(ЭА),% | АА (ЭА) тізбекті АА қосуы, % | W, 106 кВт·с/жыл | ААЭА-на, % | Блок тр-р мен оның екі АА арасында АА(ЭА),% | АА (ЭА) тізбекті АА қосуы, % |
| ВВ | ЭВ | ΔW  | ΔУРЕК  | ΔW | ΔУРЕК | ΔW | ΔУРЕК | ВВ | ЭВ | ΔW | ΔУРЕК | ΔW | ΔУРЕК | ΔW | ΔУРЕК |
| **Генераторлық ажыратқыштары бар блоктармен**  | **Генераторлық ажыратқыштары жоқ блоктармен** |
| төртбұрыш | 750  | 1200 | 327 | 304 | 7,1 | 6,6 | (0,6) | (0,3) | 9,1 (11,4) | 8,5 (11) | 2444 | 2375 | 2,8 | 2,7 | 8,7 (9,5) | 8,6 (9,4) | 9,5 (10) | 9,4 (9,8) |
| 800 | 201 | 189 | 5,8 | 4,9 | (0,8) | (0,4) | 7,5 (9,8) | 6,6 (9) | 1568 | 1525 | 2,7 | 2,6 | 8,7 (9,5) | 8,6 (9,4) | 9,4 (9,9) | 9,3 (9,7) |
| 500 | 800 | 221,3 | 203 | 8,3 | 7,5 | (2,9) | (2,7) | 12,3 (12,8) | 12 (12,2) | 1460 | 1421 | 2,7 | 2,6 | 6,1 (6,5) | 6 (6,5) | 7,2 (7,4) | 7,1 (7,3) |
| 500 | 99 | 93 | 6,1 | 5,4 | (1,9) | (1,6) | 9,3 (9,8) | 8,4 (9,2) | 786 | 764 | 2,8 | 2,7 | 7 (7,7) | 6,9 (7,7) | 8,2 (8,4) | 8,1 (8,2) |
| 300 | 38,7 | 36,6 | 5,4 | 3,7 | - | - | 7,1 (7,7) | 4,7 (6) | 333 | 323 | 3 | 2,8 | 7 (8,1) | 6,8 (8) | 8,7 (8,9) | 8,4 (8,6) |
| 330 | 300 | 45,1 | 42,4 | 6 | 4,9 | - | - | 12,5 (12,7) | 11 (11,6) | 330 | 318 | 3,5 | 3,4 | 7,6 (8) | 7,5 (7,9) | 9,5 (9,8) | 9,3 (9,5) |
| бесбұрыш | 750  | 1200 | 309,1 | 291 | 5,9 | 5,2 | (0,3) | - | 6,2 (9,4) | 5,5 (8,8) | 2454 | 2388 | 2,7 | 2,6 | 8,2 (9,1) | 8,1 (9) | 7,4 (8,3) | 7,3 (8,1) |
| 800 | 196,2 | 184,8 | 5,8 | 4,7 | (0,6) | (0,1) | 6,3 (9,5) | 5,1 (8,4) | 1563 | 1521 | 2,7 | 2,6 | 8,2 (9,2) | 8,1 (9) | 7,4 (8,3) | 7,2 (8,1) |
| 500 | 1000 | 255 | 238,8 | 6,4 | 6,1 | (1,6) | (1,5) | 7,1 (8,3) | 6,7 (7,9) | 1903 | 1856 | 2,5 | 2,4 | 5,8 (6,3) | 5,8 (6,3) | 5,5 (6) | 5,5 (5,9) |
| 800 | 184,6 | 176,3 | 4,5 | 4,1 | (3,4) | (3,2) | 7 (7,8) | 6,3 (7,4) | 1500 | 1466 | 2,3 | 2,2 | 5,8 (6,4) | 5,8 (6,4) | 5,7 (6) | 5,6 (5,9) |
| 500 | 91 | 86,6 | 4,8 | 3,9 | (2,1) | (1,7) | 7,1 (8,1) | 5,8 (7,2) | 786 | 765 | 2,7 | 2,6 | 7 (7,9) | 6,9 (7,5) | 6,9 (7,5) | 6,3 (7,3) |
| 330 | 300 | 37,4 | 35,5 | 5,1 | 3,4 | - | - | 8,4 (10,4) | 6,7 (8,7) | 332 | 321 | 3,3 | 3,1 | 7,5 (8) | 7,4 (7,9) | 8,3 (8,7) | 8,1 (8,3) |
| алтыбұрыш  | 750  | 1200 | 485,5 | 452 | 6,9 | 6,4 | (1,1) | (0,8) | 1,1 (4,7) | 0,6 (4,2) | 3916 | 3762 | 3,9 | 3,8 | 10,8 (12,3) | 10,7 (12,2) | 2,7 (4,6) | 2,7 (4,5) |
| 800 | 304 | 284,5 | 6,4 | 5,5 | (1,4) | (1) | 0,7 (4,2) | - (3,3) | 2491 | 2394 | 3,9 | 3,8 | 10,9 (12,4) | 10,7 (12,2) | 2,7 (4,6) | 2,6 (4,5) |
| 500 | 800 | 311 | 287,5 | 7,5 | 7,1 | (3,7) | (3,5) | 5,6 (8,1) | 5,1 (7,8) | 2219 | 2142 | 3,5 | 3,4 | 7,7 (8,8) | 7,7 (8,8) | 2,1 (3,6) | 2 (3,5) |
| 500 | 140,8 | 133 | 5,5 | 4,8 | (2,6) | (2,3) | 5,1 (7,4) | 4,1 (6,7) | 1211 | 1170 | 3,4 | 3,3 | 8 (9,1) | 7,9 (9,1) | 5,5 (6,4) | 5,4 (6,3) |
| 300 | 56,4 | 53,1 | 5,8 | 4 | - | - | 5,1 (7,8) | 2,7 (6) | 506 | 488 | 3,4 | 3,2 | 7,6 (9,1) | 7,5 (9) | 6,8 (7,6) | 6,5 (7,4) |
| 330 | 300 | 62 | 58,4 | 5,8 | 4,6 | - | - | 8,4 (9,2) | 7,2 (7,9) | 500 | 481 | 3,9 | 3,8 | 8,3 (9) | 8,2 (8,9) | 7,2 (7,6) | 7 (7,4) |

2-кесте – ЭС салу кезіндегі элегазды ажыратқышты дәстүрлі және ұсынылатын сұлбалар үшін W және арналған шығындар (З) есептеулерінің нәтижелері

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| АТҚ сұлба | Дәстүрлі | Ұсынылған бірінші сұлба ҰС1, екінші ҰС2, үшінші ҰС3 генератор ажыратқыш бар блоктармен (жоқ кезінде) |
| U, кВ | PБЛ, МВт | Wдәс, 106 кВт·с/жыл | Здәс, 109 тг/жыл | Блок трансформатор мен оның екі ЭА арасында ЭА, ҰС1 | ЭА тізбектей ЭА қосу, ҰС2 | Тізбекті қосылған ЭА қатарлас ыстық резервте ЭА, ҰС3 |
| WҰС1, 106 кВтч/год | ΔУқ.ж.%  | ЗҰС1, 109 тг/год  | ΔЗҰС1, % | WҰС2, 106 кВтч/год | ΔУқ.ж., % | ЗҰС2, 109 тг/год | ΔЗҰС2, % | WҰС3, 106 кВтч/год | ЗҰС3, 109 тг/год | ΔЗҰС3, % |
| төртбұрыш | 750  | 1200 | 304 | 447 | 304 | - | 448 | - (7,2) | 274 | 9,3 | 417,5 | 6,6 (7,7) | 262 | 406 | 9,1 (8,3) |
| 1000 | 242 | 363 | 242 | - | 364 | - (7,2) | 220 | 8,4 | 341 | 6 (7,7) | 211 | 333 | 8,3 (8,2) |
| 800 | 189 | 287 | 189 | - | 288 | - (7,1) | 172 | 8,3 | 270 | 5,9 (7,6) | 165 | 264 | 8,1 (8,2) |
| 500 | 800 | 203 | 296 | 199,3 | 1,3 | 292,5 | 1,2 (4,4) | 186 | 7,3 | 279,5 | 5,6 (4,9) | 184 | 277,2 | 6,4 (5,1) |
| 500 | 93 | 153 | 92,6 | - | 152,5 | 0,3 (5,1) | 86 | 6,7 | 146,3 | 4,4 (5,7) | 85 | 145 | 5,2 (5,9) |
| 300 | 36,6 | 74 | 37,2 | - | 75 | - (5,2) | 34 | 5,2 | 71,6 | 3,3 (5,9) | 33 | 71 | 4,2 (6,1) |
| 330 | 300 | 42,4 | 77 | 44 | - | 79 | - (4,6) | 38,3 | 8,6 | 73 | 5,2 (5,9) | 37,2 | 72 | 6,6 (6,3) |
| бесбұрыш | 750  | 1200 | 291 | 438 | 292 | - | 440 | - (7,1) | 265 | 8,3 | 412,3 | 5,9 (7,2) | 252,6 | 401,7 | 8,5 (8,2) |
| 1000 | 236,3 | 362 | 237 | - | 363 | - (7) | 215 | 8,1 | 340,8 | 5,8 (7,2) | 205,4 | 332 | 8,2 (8,2) |
| 800 | 184,8 | 288 | 185 | - | 289 | - (7) | 168 | 7,9 | 271,4 | 5,7 (7,1) | 161 | 265 | 8 (8,1) |
| 500 | 1000 | 238,8 | 357 | 234,8 | 1,6 | 353 | 1,1 (4,4) | 223 | 6,4 | 341 | 4,5 (4,6) | 218 | 336,5 | 5,7 (5) |
| 800 | 176,3 | 271,7 | 173 | 1,7 | 268,5 | 1,2 (4,4) | 165 | 6,1 | 260,3 | 4,2 (4,6) | 163 | 258,4 | 4,9 (5) |
| 500 | 86,7 | 148,5 | 86 | 0,2 | 148,3 | 0,1 (5,1) | 80,6 | 6 | 142,6 | 4 (5,4) | 79 | 141,5 | 4,7 (6) |
| 330 | 300 | 35,5 | 71,2 | 37 | - | 72 | - (4,6) | 33,2 | 4,8 | 69 | 3,1 (5,5) | 32,4 | 68,3 | 4,1 (5,8) |
| алтыбұрыш  | 750  | 1200 | 452 | 667 | 451,4 | - | 668 | - (8,9) | 435 | 3,1 | 651 | 2,4 (2,7) | 382 | 599 | 10,2 (12,3) |
| 1000 | 366,5 | 548 | 366,2 | - | 549 | - (8,9) | 353 | 3 | 535 | 2,4 (2,7) | 310,5 | 493,5 | 10 (12,3) |
| 800 | 284,5 | 433 | 284,3 | - | 433 | - (8,9) | 274,5 | 2,6 | 423,4 | 2,2 (2,6) | 242,2 | 392 | 9,5 (12,3) |
| 500 | 800 | 287,5 | 428 | 282 | 1,7 | 422,5 | 1,3 (5,6) | 275,8 | 3,7 | 416,3 | 2,7 (1,6) | 259 | 400 | 6,5 (7,6) |
| 500 | 133 | 223 | 132 | 0,4 | 222 | 0,4 (5,9) | 126,6 | 4,1 | 216,6 | 2,8 (3,9) | 121 | 211 | 5,4 (7,4) |
| 300 | 53,2 | 109 | 54 | - | 110,4 | - (5,7) | 50 | 3,7 | 106,6 | 2,6 (4,7) | 48 | 104,6 | 4,3 (7,1) |
| 330 | 300 | 58,4 | 111 | 61 | - | 113 | - (5,1) | 54,5 | 5,3 | 107,2 | 3,4 (4,5) | 48 | 104,7 | 5,6 (6,9) |
| Ұсынылған сұлбалардың қосымша капитал салымның өтелімділігі 2-4 ай  |

**ЖАРИЯЛАНЫМДАР**

1. Kletsel M.Ya., Barukin A.S., Dinmukhanbetova A.Zh. Analysis of the methods for assessing the reliability of schemes of outdoor switchgears of electrical stations and substations // Жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының «XIX Сәтбаев оқулары» атты халықаралық ғылыми конференциясының материалдары. – Павлодар 2019. – Т. 21. – Б. 71-74.

2. Богдан В.А., Клецель М.Я., Барукин А.С., Динмуханбетова А.Ж. Екі генератор-трансформатор блогы және үш желісі бар электрлік станцияның ашық тарату құрылғысы // №2713447 РФ патенті. 05.02.20 жарияланды, №4 бюл. – 9 б.

3. Динмуханбетова А.Ж. Электр станцияларының АТҚ сұдбаларының сенімділігін есептеу әдісін таңдау / Техникалық ғылымдар: мәселелер мен шешімдер: жариял. материалдар бойынша. XXXVII халықаралық. ғылыми.-практ. конф. – М.: Интернаука, 2020. – Б. 102-108.

4. Богдан А.В., Клецель М.Я., Барукин А.С., Динмуханбетова А.Ж., Калтаев А.Г. Генератор-трансформатор блогы және екі желісі бар электрлік станцияның ашық тарату құрылғысы // №2744474 РФ патенті. 10.03.21 жарияланды, №7 бюл. – 9 б.

5. Барукин А.С., Динмуханбетова А.Ж., Клецель М.Я., Мельников В.Ю. Открытое распределительное устройство электрической станции с тремя блоками генератор-трансформатор и тремя линиями // Патент №35130 РК. опубл. 09.07.21, Бюл. №27. – 5 с.

6. Барукин А.С., Динмуханбетова А.Ж., Клецель М.Я., Леньков Ю.А. Үш генератор-трансформатор және үш электр желісі бар электрлік станцияның ашық тарату құрылғысы // ҚР № 35131 патенті. 09.07.21 жарияланды, №27 бюл. – 5 с.

7. Клецель М.Я., Барукин А.С., Динмуханбетова А.Ж., Әмірбек Д.Ә. Электрстанцияларының сақиналы сұлбаларының элементтерінің сеңімділігінің электр энергиясының жеткіліксіздігіне әсері// «Торайғыров университетінің» Хабаршысы Ғылыми журналы, Энергетикалық сериясы №1. – Павлодар 2022. – Б. 99-110.