

Торайғыров университетінің хабаршысы  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Вестник Торайғыров университета

---

# Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия  
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 2 (2023)

Павлодар

Энергетическая серия  
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития  
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,  
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и  
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/ABAC7746>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

*к.т.н., доцент*

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*  
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*  
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*  
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*  
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*  
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*  
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*  
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

**Акишев К. М., Тулегулов А. Д., Байжарикова М.,  
Аманкул Т., Ергеш М.**

Электр энергиясын тұтынуды бақылау, есепке алу және  
деректерді жинау бойынша міндеттерді шешу үшін  
NB-IoT технологиясының мүмкіндіктері .....12

**Андреева О. А., Гоненко Т. В., Любецкая М. А., Азаматов М. Т.**

Жылу алмасу аппараттарын басқарудың интеллектуалды  
жүйесін қолдану .....25

**Әмірхан М. Н., Искакова К. А.**

Күн панеліне арналған трекер жүйесі .....36

**Балтин А. Т., Ахметбаев Д. С., Таткеева Г. Г., Асаинов Г. Ж.**

Қазақстан Республикасында 20 кВ арату желілерінің сенімділігін .....49

**Барукин А. С., Мащрапов Б. Е., Клецель М. Я.**

2п қайталама орамдарымен және 2п түзеткіштерімен  
трансформаторы бар түрлендіргіш қондырғылардың  
ресурс үнемдейтін дифференциалды қорғанысы .....61

**Волгин М. Е., Волгина Е. М., Кислов А. П.**

Реактивті қуатты оңтайлы басқару арқылы өнеркәсіптік  
кәсіпорындардың 6–10 кВ электр желілерінің тиімділігін арттыру .....72

**Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.**

Энергия жабдығының түтік-кеуекті құрылымдарында  
жылу алмасуын көрсету .....85

**Глуценко Т. И., Бедыч Т. В., Фёдорова М. Л.,**

**Исабекова Б. Б., Бижанов Н. У.**

Автономды энергиямен қамтамасыз ету үшін балама технологиялар .....94

**Жалмагамбетова У., Турсын М.**

Тұзды алудың технологиялық процесінің  
автоматтандырылған жүйесін жаңғырту .....106

**Жумагулов М. Г., Баубек А. А., Грибков А. М.,**

**Глазырин С. А., Долгов М. В.**

Төмендетуді зерттеу және оларды арттыру әдістері .....118

**Исабеков Д. Д., Бобров В. Я., Марковский В. П.**

Электрқондырғылардың ресурс үнемдейтін ток қорғаныстары .....130

**Исенов С. С., Шерьязов С. Қ.**

Жаңартылатын көздер базасында электрмен  
жабдықтау жүйелерінің жай-күйі мен дамуын талдау .....140

**Испулов Н. А., Султанова М. Ж., Оспанова Ж. Ж.,**

**Джусупова Э. М.**

Микроконтроллерге негізделген ауаны жылытуды басқару жүйесі .....153

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<b>Кисабекова А. А., Красников А. С., Алпысова Г. К.</b> Түрлендіргіш люминофоры бар жарықдиод үшін потенциалды материал $\text{LuNbO}_4:\text{Bi}$ , Eu ниобат спектроскопиясы.....	166
<b>Қасым Р. Т., Толгенова А. С., Соболева Л. А., Болатбеков З. А., Сериков Т. Г.</b> Интерфейстер арасындағы ақпаратты ультра кең жолақты көп антенналы сымсыз тасымалдаудың моделі .....	178
<b>Митрофанов А. В., Абдуллина Г. Г., Дюсова Р. М., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г.</b> Қайнаған қабаты бар аппараттан бөлшектерді тасымалдаудың математикалық моделі .....	186
<b>Мусагажинов М. Ж., Мехтиев А. Д.</b> Телекоммуникация жүйелерін дамытудың әлемдік үрдісін ескере отырып, ТОБЖ жүйесінің техникалық жай-күйін мониторингтеу жүйелерінің қазіргі жай-күйіне шолу және оларды дамыту .....	193
<b>Мустафина Р. М., Мускенова Г. О., Уразалимова Д. С.</b> 2020–2021 жылдарындағы энергетикалық трилемманың талаптарын Қазақстанда орындалуы.....	204
<b>Муталова Ж. С., Қасымова А. Х., Сулейменова Р. З., Абдығаликова Г. А., Исакова Г. О.</b> Ашық кодты DSpace, KoHa және Evergreen кітапхана жүйелеріне салыстырмалы талдау .....	212
<b>Никифоров А. С., Кучербает М. С., Хамитов М. С.</b> Кокс пештерінің температуралық әсерлерді есептеудің кейбір аспектілері .....	224
<b>Ногай А. С., Ногай А. А., Өскенбаев Д. Е., Ногай Е. А., Дүйсенғазина Н. Н.</b> Натрий-иондық аккумуляторлардағы $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ поликристалына негізделген катодтың құрылымы мен электрохимиялық қасиеттері .....	234
<b>Онгар Б., Смагулова Г. К., Сарсенбаев Е. А., Нурмадиева Э. А., Сеитбек Е. Е.</b> Стационарлық режимдерді есептеуде электр желілерінің режимдерін модельдеу және оңтайландыру .....	247
<b>Орынбаев С. А., Токмолдаев А. Б., Абдлахатова Н. Ш., Рибейро Л. Ф., Жүсіп Т. С.</b> Жамбыл облысы мысалында, Оңтүстік Қазақстанның геотермалды көздерімен, ауылдық жерлердегі тұтынушыларды жылумен жабдықтау.....	260
<b>Оспанова Н. Н., Мукушев М. А., Аканова А. С.</b> Павлодар облысының техногендік қалдықтарын пайдаланатын құрылыс материалдарының сипаттамаларын таңдаудың ақпараттық жүйесін әзірлеу .....	271

<b>Рахадилев Б. К., Даутбеков М. К., Журерова Л. Г., Степанова О. А., Акаев А. М.</b> Жылу электр станцияларының энергетикалық жабдықтарының бөліктеріне детонациялық бурку арқылы жабындарды алу технологиясы.....	282
<b>Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н., Жуматаев Н. Ш., Новожилов Т. А.</b> Магниттік ток түрлендіргіштерінің құрылымдық ерекшеліктері .....	295
<b>Сыдыкова Г. К.</b> Импульстік озонатордың жұмысын талдау .....	306
<b>Талипов С. Н.</b> QR кодтарын қолдана отырып, студенттердің сабаққа қатысу анализаторын жасау .....	317
<b>Чныбаева Д. М., Цыба Ю. А.</b> Сымсыз цифрлық технология құралдарымен магистральдық құбырдың технологиялық және техникалық мониторингі .....	326
<b>Ярославцев М. В., Талипов О. М., Исабеков Ж. Б., Калтаев А. Г., Анарбаев А. Е.</b> Арналандырылған стектердің редакторының көмегімен паллеттеу тапсырмаларына робот-манипуляторларды қолдану тиімділігін арттыру.....	343
Авторлар туралы ақпарат .....	352
Авторларға арналған ережелер.....	381
Жарияланым этикасы.....	392

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Акишев К. М., Тулегулов А. Д., Байжарикова М., Аманкул Т., Ергеш М.</b> Возможности технологии NB-IoT для решения задач по контролю, учету и сбору данных потребления электроэнергии.....	12
<b>Андреева О. А., Гоненко Т. В., Любецкая М. А., Азаматов М. Т.</b> Применение интеллектуальной системы управления теплообменными аппаратами .....	25
<b>Әмірхан М. Н., Искакова К. А.</b> Трекерная система для солнечной батареи .....	36
<b>Балтин А. Т., Ахметбаев Д. С., Таткеева Г. Г., Асаинов Г. Ж.</b> Исследование снижения надежности распределительных сетей 20 кВ в Республике Казахстан и методы их повышения.....	49
<b>Барукин А. С., Машрапов Б. Е., Клецель М. Я.</b> Ресурсосберегающая дифференциальная защита преобразовательных установок с трансформатором с 2n вторичными обмотками и 2n выпрямителями .....	61
<b>Волгин М. Е., Волгина Е. М., Кислов А. П.</b> Повышение эффективности электрических сетей 6–10 кВ промышленных предприятий путём оптимального управления реактивной мощностью .....	72
<b>Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю., Генбач Н. А.</b> Визуализация теплообмена в капиллярно-пористых структурах энергооборудования .....	85
<b>Глуценко Т. И., Бедыч Т. В., Фёдорова М. Л., Исабекова Б. Б., Бижанов Н. У.</b> Альтернативные технологии для автономного энергообеспечения .....	94
<b>Жалмагамбетова У., Турсын М.</b> Модернизация автоматизированной системы технологического процесса извлечения соли.....	106
<b>Жумагулов М. Г., Баубек А. А., Грибков А. М., Глазырин С. А., Долгов М. В.</b> Использование водомазутной эмульсии в вихревых горелочных устройствах .....	118
<b>Исабеков Д. Д., Бобров В. Я., Марковский В. П.</b> Ресурсосберегающие токовые защиты электроустановок.....	130
<b>Исенов С. С., Шерьязов С. Қ.</b> Анализ состояния и развития систем электроснабжения на базе возобновляемых источников .....	140

<b>Испулов Н. А., Султанова М. Ж., Оспанова Ж. Дж., Джусупова Э. М.</b> Система управления нагрева воздуха на основе микроконтроллера .....	153
<b>Кисабекова А. А., Красников А. С., Алпысова Г. К.</b> Спектроскопия ниобата $\text{LuNbO}_4:\text{Bi}, \text{Eu}$ – потенциального материала для светодиодов с преобразующим люминофором .....	166
<b>Қасым Р. Т., Толегенова А. С., Соболева Л. А. Болатбеков З. А., Сериков Т. Г.</b> Модель сверхширокополосной многоантенной беспроводной передачи информации между интерфейсами.....	178
<b>Митрофанов А. В., Абдуллина Г. Г., Дюсова Р. М., Ахмедьянова Г. К., Айгожина Д. Г.</b> Математическая модель уноса частиц из аппарата с кипящим слоем .....	186
<b>Мусагажинов М. Ж., Мехтеев А. Д.</b> Обзор современного состояния и развития систем мониторинга технического состояния системы ВОЛС .....	193
<b>Мустафина Р. М., Мусекенова Г. О., Уразалимова Д. С.</b> Выполнение требований энергетической трилеммы в Казахстане в 2020–2021 годах.....	204
<b>Муталова Ж. С., Қасымова А. Х., Сулейменова Р. З., Абдыгаликова Г. А., Исакова Г. О.</b> Сравнительный анализ библиотечных систем с открытым кодом DSpace, Koha и Evergreen.....	212
<b>Никифоров А. С., Кучербаев М. С., Хамитов М. С.</b> Некоторые аспекты расчета печей прокалики кокса на температурные воздействия.....	224
<b>Ногай А. С., Ногай А. А., Ускенбаев Д. Е., Ногай Э. А., Дюсенгазина Н. Н.</b> Структура и электрохимические свойства катода на основе поликристалла $\text{Na}_2\text{FePO}_4\text{F}$ в натрий ионных аккумуляторах .....	234
<b>Онгар Б., Смагулова Г. К., Сарсенбаев Е. А., Нурмадиева Е. А., Сейтбек Э. Э.</b> Моделирование и оптимизация режимов электросети в расчетах на стационарный режим.....	247
<b>Орынбаев С. А., Токмолдаев А. Б., Абдлахатова Н. Ш., Рибейро Л. Ф., Жүсіп Т. С.</b> Потенциал геотермальных источников Южного Казахстана, на примере Жамбылской области, для теплоснабжения потребителей сельской местности.....	260
<b>Оспанова Н. Н., Мукушев М. А., Аканова А. С.</b> Разработка информационной системы выбора характеристик строительных материалов с использованием техногенных отходов Павлодарской области .....	271

**Рахадиллов Б. К., Даутбеков М. К., Журерова Л. Г.,  
Степанова О. А., Акаев А. М.**

Технология получения покрытий методом детонационного  
напыления на деталях энергетического оборудования  
тепловых станций .....282

**Рахимбердинова Д. М., Новожилов А. Н., Колесников Е. Н.,  
Жуматаев Н. Ш., Новожилов Т. А.**

Конструкционные особенности магнитных преобразователей тока.....295

**Сыдыкова Г. К.**

Анализ работы импульсного озонатора .....306

**Талипов С. Н.**

Разработка анализатора посещаемости студентов  
с использованием QR-кодов .....317

**Чныбаева Д. М., Цыба Ю. А.**

Технологический и технический мониторинг магистрального  
трубопровода средствами беспроводной цифровой технологии .....326

**Ярославцев М. В., Талипов О. М., Исабеков Ж. Б.,  
Калтаев А. Г., Анарбаев А. Е.**

Повышение эффективности применения роботов-манипуляторов  
для задач паллетизации при помощи специализированного  
редактора схем укладки .....343

Сведения о авторах .....352

Правила для авторов .....381

Публикационная этика .....392

## CONTENT

**Akischev K. M., Tulegulov A. D., Baizharikova M.,  
Amankul T., Yergesh M.**  
Capabilities of NB-IoT technology for solving tasks of monitoring,  
accounting and collecting data on electricity consumption .....12

**Andreyeva O., Gonenko T., Lyubetskaya M., Azamatov M.**  
Application of an intelligent control system for heat exchangers .....25

**Amirkhan M. N., Iskakova K. A.**  
Tracker system for solar battery .....36

**Baltin A. T., Akhmetbayev D. S., Tatkeeva G. G., Asainov G. Zh.**  
Study of reliability reduction of 20 kV distribution networks  
in the Republic of Kazakhstan and methods of their improvement .....49

**Barukin A. S., Mashrapov B. E., Kletsel M. Ya.**  
Resource-saving differential protection of converter installation  
with a transformer with 2n secondary windings and 2n rectifiers .....61

**Volgin M. E., Volgina E. M., Kislov A. P.**  
Improving the efficiency of 6–10 kV power grids of industrial  
enterprises through optimal reactive power control .....72

**Genbach A. A., Bondartsev D. Yu., Genbach N. A.**  
Visualization of heat exchange in capillary porous structures  
of power equipment .....85

**Glushchenko T. I., Bedych T. V., Fyodorova M. L.,  
Issabekova B. B., Bizhanov N. U.**  
Alternative technologies for autonomous power supply .....94

**Zhalmagambetova U., Tursyn M.**  
Modernization of the automated system  
technological process of salt extraction .....106

**Zhumagulov M. G., Baubek A. A., Gribkov A. M.,  
Glazyrin S. A., Dolgov M. V.**  
Use of oil-water emulsion in swirl burners .....118

**Issabekov D. D., Bobrov V. Ya., Markovskiy V. P.**  
Resource-saving current protections for electrical installations .....130

**Issenov S. S., Sheryazov S. K.**  
Analysis of the state and development of electricity supply  
systems based on renewable sources .....140

**Ispulov N. A., Sultanova M. Zh., Ospanova Zh. Dzh.,  
Jussupova E. M.**  
Air heating control system based on microcontroller .....153

**Kissabekova A. A., Krasnikov A. S., Alpyssova G. K.**  
Spectroscopy of niobate  $\text{LuNbO}_4:\text{Bi, Eu}$  – potential material  
for leds with a conversion luminophore .....166

<b>Kassym R. T., Tolegenova A. S., Soboleva L. A., Bolatbekov A., Serikov T. G.</b> A model of ultra-wideband multi-antenna wireless transmission of information between interfaces.....	178
<b>Mitrofanov V., Abdullina G. G., Dyusova R. M., Ahmedyanova G. K., Aigozhina D. G.</b> Mathematical model of particle entrainment from a fluidized bed .....	186
<b>Musagazhinov M. Zh., Mekhtiev A. D.</b> Overview of the current state and development of monitoring systems for the technical condition of the fiber optic system, taking into account the global trend in the development of telecommunications systems.....	193
<b>Mustafina R. M., Mussekenova G. O., Urazalimova D. S.</b> Meeting the requirements of the energy trilemma in Kazakhstan in 2020–2021 .....	204
<b>Mutalova Zh., Kasymova A., Suleimenova R., Abdylgalikova G., Issakova G.</b> Comparative analysis of open source library systems DSpace, Koha and Evergreen.....	212
<b>Nikiforov A. S., Kucherbayev M. S., Khamitov M. S.</b> Some aspects of the calculation of coke furnaces for temperature effects .....	224
<b>Nogai A. S., Nogai A. A., Uskenbaev D. E., Nogay E. A., Dyusengazina N. N.</b> Structure and electrochemical properties of a cathode based on Na <sub>2</sub> FePO <sub>4</sub> F polycrystal in sodium-ion batteries.....	234
<b>Ongar B., Smagulova G. K., Sarsenbaev Ye. A., Nurmadiyeva E. A., Seitbek Ye. Ye.</b> Modeling and optimization of power network modes in stationary mode calculations .....	247
<b>Orynbayev S. A., Tokmoldaev A. B., Abdlakhatova N. Sh., Ribeiro I. F., Zhusup T. S.</b> The potential of geothermal sources in southern Kazakhstan for heat supply to rural consumers, the case of the Zhambyl region.....	260
<b>Ospanova N. N., Mukushev M. A., Akanova A. S.</b> Development of the information system for the selection of characteristics of building materials using man-made waste of Pavlodar region .....	271
<b>Rakhadilov B. K., Dautbekov M. K., Zhurerova L. G., Stepanova O. A., Akaev A. M.</b> Technology of obtaining coatings by detonation coating on parts of power equipment of thermal power plants.....	282
<b>Rakhimberdinova D. M., Novozhilov A. N., Kolesnikov E. N., Zhumataev N. Sh., Novozhilov T. A.</b> Design features of magnetic current converters.....	295

<b>Sydykova G. K.</b> Analysis of the operation of the pulse ozonator.....	306
<b>Talipov S. N.</b> Development of a student attendance analyzer using QR codes .....	317
<b>Chnybayeva D. M., Tsyba Yu. A.</b> Technological and technical monitoring of the main pipeline by means of wireless digital technology .....	326
<b>Yaroslavtsev M. V., Talipov O. M., Isabekov Z. B., Kaltayev A. G., Anarbayev A. E.</b> Increasing the efficiency of palletizing robots with specialized laying schemes editor .....	343
Information about the authors.....	352
Rules for authors .....	381
Publication ethics .....	392

**TECHNOLOGY OF OBTAINING COATINGS  
BY DETONATION COATING ON PARTS OF POWER  
EQUIPMENT OF THERMAL POWER PLANTS**

*This article presents the results of a study of Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-NiCr coatings applied by detonation sputtering on samples of heat-resistant steel 12Kh1MF (DIN 14MoV63). Experimental studies of the interdependence between the technological parameters of the coating process and the resulting microstructure and properties of coatings, depending on the operating mode of the detonation gun, have been carried out. It was found that during detonation spraying, the structural-phase composition and tribological properties of the applied coating change depending on the degree of filling the barrel with the C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>/C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> gas mixture. The results of the influence of process parameters on the microstructure and properties of coatings were obtained by X-ray diffraction analysis, according to which the phases Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>23</sub>C<sub>6</sub> and CrNi<sub>3</sub> were determined, the physical characteristics of the coating were determined as microhardness, roughness and tribological properties.*

*Keywords: combined heat and power plant, boiler heating surfaces, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>-NiCr, detonation spraying, steel 12Kh1MF.*

МРНТИ 621.313.3

<https://doi.org/10.48081/QJFC6445>

**\*Д. М. Рахимбердинова<sup>1</sup>, А. Н. Новожилов<sup>2</sup>,  
Е. Н. Колесников<sup>3</sup>, Н. Ш. Жуматаев<sup>4</sup>, Т. А. Новожилов<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

<sup>5</sup>Омский государственный технический университет,  
Российская Федерация, г. Омск

\*e-mail: [Di\\_lara83@mail.ru](mailto:Di_lara83@mail.ru)

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ  
МАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА**

*Для построения токовых защит электрических сетей и электроустановок традиционно применяются трансформаторы тока и токовые реле. В силу конструкционных особенностей целого ряда элементов электроэнергетических систем установка трансформаторов тока и, следовательно, токовой защиты, построенной на них, сопряжена со значительными сложностями. Вместо традиционно используемых измерительных преобразователей тока в виде трансформатора тока и реагирующего органа в виде токового реле предлагается использовать магнитный преобразователь тока, который выполняется на базе магнитной и контактной системы токового реле РТ-40.*

*Предложенные конструкции магнитного преобразователя тока различаются методами его крепления и выставления порога срабатывания, а также способами защиты от напряжения в токоведущей шине. Это дает возможность реализовывать простые и дешевые, однофазные и трехфазные токовые защиты для низковольтных электрических сетей и электроустановок с классом напряжения до 1000В, а также высоковольтных электроустановок напряжением 6–10 кВ. Таким образом, магнитные преобразователи тока представляют отдельный класс простых в изготовлении и установке защит электрических сетей и электрических установок от КЗ, для реализации которых не требуется трансформатор тока.*

*Ключевые слова: Токовые защиты, измерительный преобразователь тока, реагирующий орган, магнитный преобразователь тока, геркон.*

### Введение

Традиционно при реализации токовых защит электрических сетей и электроустановок в качестве измерительного преобразователя тока используется трансформатор тока (ТТ), а в качестве реагирующего органа токовое реле [1–3]. Однако из-за конструктивных особенностей целого ряда элементов электроэнергетических систем установка ТТ, а, следовательно, и реализация их токовой защиты сопряжена со значительными сложностями [4,5]. Это вызвано тем, что установка ТТ чаще всего требует врезки его в цепь питания, а сам ТТ имеет довольно значительные размеры.

В ряде случаев эту проблему удастся решить, если в качестве измерительного преобразователя и реагирующего органа токовой защиты использовать геркон. В свою очередь использование геркона для этих целей дополнительно требует разработки устройства для его крепления и выставления порога срабатывания, а также способов защиты от напряжения в токоведущей шине. Кроме того, при срабатывании геркона его контакты начинают замыкаться и размыкаться с удвоенной частотой сети. Что требует при реализации применения дополнительного устройства в виде расширителя импульсов и источника его питания. В значительной мере, избежать перечисленных недостатков можно, если для построения токовой защиты использовать магнитные преобразователи тока (МПТ) которые выполняются на базе магнитной и контактной системы токового реле РТ-40.

### Материалы и методы

Наиболее простым в изготовлении является МПТ с одним магнитопроводом [6–8]. При его выполнении из реле РТ-40, у реле откручивают основание, удаляются коммутационные провода и отрезают часть алюминиевой стойки. Контактная система реле РТ-40 и ее крепление остается без изменения. Конструкция такого МПТ приведена на рисунке 1,а где 1 – алюминиевая стойка; 2 – контактная система; 3 – магнитопровод; 4 – якорь; 5 – винты для крепления магнитопровода к стойке 1.

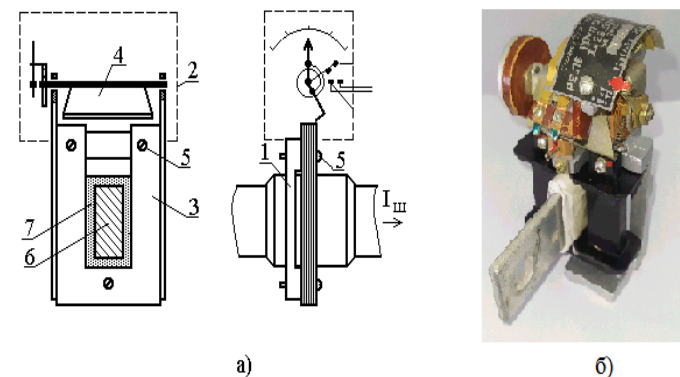


Рисунок 1 – Конструкция и установка МТТ с одним магнитопроводом

Для установки и закрепления МПТ на шине 6 используют изоляцию 7. Ее выполняется их стеклоткани в виде ленты, которую пропитывают лаком или эпоксидной смолой. Затем эту ленту намазывают на шину до толщины достаточной для плотной посадки МПТ. Такой монтаж МПТ на шине 6 после высыхания пропиточного лака лаком или эпоксидной смолой позволяет надежно закрепить МПТ на шине и защитить обслуживающий персонал от поражения электрическим током при обслуживании этого МПТ. Например, при выставлении порога срабатывания. Внешний вид МПТ приведен на рисунке 1,б.

Основным недостатком МПТ такой конструкции является то, что для его монтажа также требуется разборка шины. Что несколько ограничивает область его использования. Как правило, МПТ такой конструкции может использоваться в качестве защиты от КЗ электрических сетей и электроустановок напряжением ниже 1000В.

Эту проблему можно решить путем использования МПТ, который также выполняется на базе магнитной и контактной системы токового реле РТ-40 [9, 10], но имеет два расположенных параллельно магнитопровода. Конструкция этого МПТ и его размещение на токоведущей шине, а также внешний вид показаны на рисунках 2,а и 2,б. Этот тип МПТ также предназначен для защиты от токов КЗ электрических сетей и электрических установок с напряжением до 1000В.

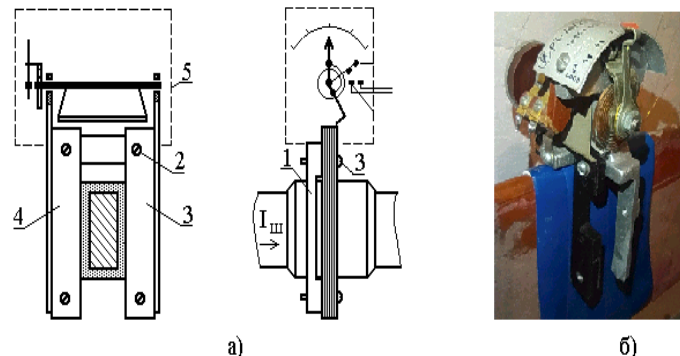


Рисунок 2 – Конструкция и установка МПТ с двумя расположенными параллельно магнитопроводами в сетях до 1000В

При изготовлении МПТ с двумя расположенными параллельно магнитопроводами из реле РТ-40, у этого реле удаляют основание и коммутационные провода, а затем отрезают ту часть алюминиевой стойки, которая располагается между магнитопроводами. Таким образом несущим элементом в этом МПТ будет являться алюминиевая П-образная стойка 1. На этой стойке с помощью четырех винтов 2 закрепляются магнитопроводы 3 и 4. Контактная система 5 токового реле РТ-40 не переделывается.

Крепление МПТ на шине осуществляется также с помощью изоляции, выполненной из стеклоткани, пропитанной лаком или эпоксидной смолой. Использование МПТ такого типа в электрических сетях и электрических установках с напряжением до 1000В определено типом используемой изоляции.

Конструкция МПТ с двумя, расположенными параллельно, магнитопроводами и его установка для реализации токовой защиты сети с напряжением выше 1000В показана на рисунке 3. Эта конструкция МПТ отличается от конструкции, приведенной на рисунке 2, механизмом его крепления на электрической установке. Этот механизм крепления представляет собой систему стоек 1, 2 и 3, 4 из немагнитного материала, которые между собой скрепляются с помощью винтов 5. Алюминиевая стойка 6 с магнитопроводами 7, 8 и контактной системой 9 прикрепляется к стойкам 1 и 3 с помощью винтов 10. При этом стойки 2 и 4 закрепляются на электрической установке с помощью гаек 11. Что обеспечивает возможность перемещения алюминиевой стойки 1 относительно токоведущей шины 12 и выбирать порог срабатывания МПТ. При этом шина 12 к защищаемой электрической установке крепится с помощью опорного изолятора 13. В качестве контактной системы этого МПТ используется контактная система токового реле серии РТ-40.

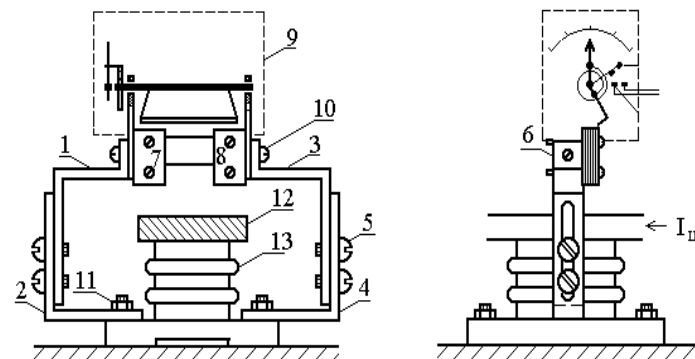


Рисунок 3 – Конструкция и установка МПТ с двумя магнитопроводами в сетях с напряжением 6кВ

Разновидностью этого МПТ является МПТ с горизонтальным расположением двух магнитопроводов. Конструкция такого МПТ приведена на рисунке 4. В этой конструкции МПТ несущая стойка 1 выполняется из листового текстолита. К ней, как в предыдущей конструкции МПТ прикрепляется контактная система 2, а также с помощью винтов 3 магнитопроводы 4 и 5.

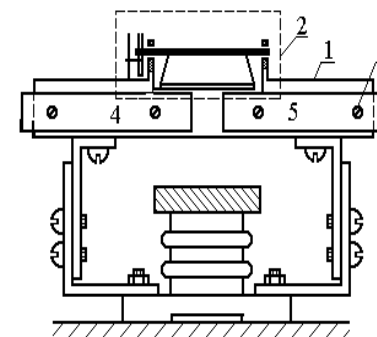


Рисунок 4 – Конструкция МПТ с двумя магнитопроводами лежащими в одной плоскости

Трехфазный МПТ для защиты от КЗ электроустановки с напряжением до 1000В показан на рисунке 5. Он отличается от однофазного МПТ на рисунке 3 только конструкцией магнитной системы. Она имеет четыре расположенных

параллельно магнитопровода, которые крепятся к несущей стойке 1 из листового алюминия или текстолита, на которой с помощью восьми винтов 2 закрепляются магнитопроводы 3 – 6. Якорь 7 выполняется такой длины, чтобы он имел одинаковые воздушные зазоры 8 со всеми магнитопроводами.

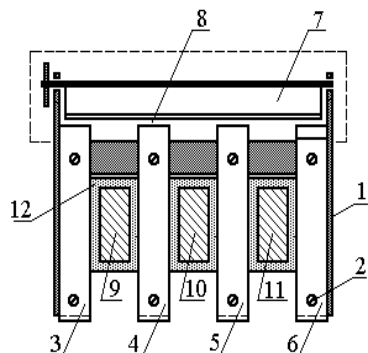


Рисунок 5 – Конструкция трехфазного МПТ

При реализации токовой защиты электрической сети или электроустановки трехфазный МПТ закрепляется на шинах 9–11 фаз с помощью изоляции 12. Сопоставление конструкций МПТ на рисунках 2 и 5 показывает, что трехфазный МПТ немного сложнее однофазного. В тоже время на его основе можно построить трехфазную токовую защиту, которая будет не только защищать все три фазы электрической сети или электроустановки от КЗ, но и, вероятно, будет чувствительнее защит от КЗ на однофазном МПТ.

В ряде случаев при реализации МПТ контактную систему от токового реле серии РТ-40 можно заменить герконом. Конструкция высоковольтного МПТ с герконом приведена на рисунке 6. Она представляет собой Н – образную стойку 1, например, из стеклотекстолита, к которой с помощью четырех винтов 2 прикреплены магнитопроводы 3 и 4 из ферромагнитного материала с отверстиями у их верхнего торца. В эти отверстия при монтаже вставляются контакты 5 и 6 геркона 7. При этом геркон 7 устанавливается так, чтобы его воздушный зазор находился между магнитопроводами 3 и 4.

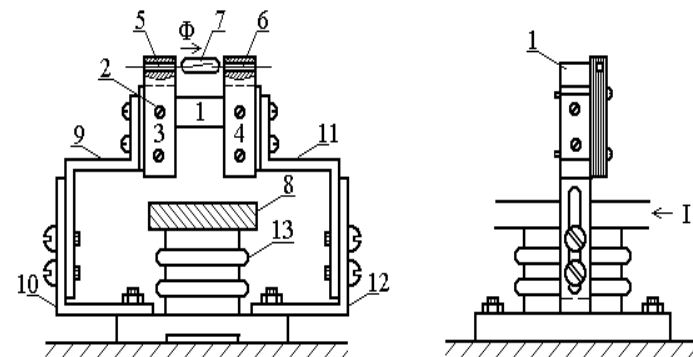


Рисунок 6 – Конструкция и установка МПТ с герконом в сети напряжением 6 кВ

На электрической установке такой МПТ и токоведущая шина 8 закрепляются помощью стоек 9–12 и изолятора 13 так, как это показано на рисунке 6. В соответствии с [1] МПТ с двумя расположенными параллельно магнитопроводами достаточно хорошо защищены от магнитных полей соседних проводников с током.

#### Результаты и обсуждения

Исходя из изложенного, можно предположить, что МПТ образуют новый класс простых в изготовлении и установке защит электрических сетей и электрических установок от КЗ, для реализации которых не требуется трансформатор тока.

#### Информация о финансировании

Это исследование было профинансировано Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН АР14972775).

#### Выводы

Основой магнитного преобразователя тока является магнитная и контактная системы, выполняемые на базе элементов токового реле серии РТ-40, а также элементы их крепления к электрической установке, выбор которых определяется классом рабочего напряжения и местом его расположения при реализации токовой защиты.

#### Список использованных источников

1 Федосеев, А. М. Релейная защита электрических систем. – М. : Изд-во Энергия, 1976. – 559 с.

2 **Беркович, М. А., Молчанов, В. В., Семенов, В. А.** Основы техники релейных защит. – М. : Изд-во Энергоатомиздат, 1984. – 376 с.

3 **Андреев, В. А.** Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М. : Изд-во Высшая школа, 1991. – 495 с.

4 **Казанский, В. Е.** Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М. : Изд-во Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.

5 **Новожилов, Т. А., Новожилов, А. Н., Волгина, Е. М.** Область использования магнитных трансформаторов тока в электроэнергетике // Омский научный вестник. – 2018. – №3. – С. 67–73.

6 **Новожилов, А. Н., Асаинова, Д. К., Жуматаев, Н. Ш. и др.** Магнитный трансформатор тока с контактом // Вестник машиностроения. – 2022. – № 3. – С. 53–56.

7 **Novozhilov, A. N., Assainova, D. K., Zhumataev, N. Sh., Novozhilov, T. A.** Switched magnetic current transformer // Russian Engineering Research, 2022, – № 6. – P. 579–582.

8 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Асаинова, Д. К., Канашев, Н. К.** Максимальная токовая защита на магнитном трансформаторе тока с контактом // Вестник ПГУ. – 2020. – №1(147). – С. 327–334.

9 **Инов. пат. 36016 РК. МПКН02Н3/28.** Устройство максимальной токовой защиты токопровода / Новожилов А. Н., Новожилов Т. А., Асаинова Д. К.; опубл. 23.12.22, Бюл. №51. – 3 с.

10 **Novozhilov, T. A., Novozhilov, A. N., Assainova, D. K.** Experimental study of a magnetic current transformer with a contact // Science and innovations 2021: development directions and priorities : proceed. of the internat. conf. – 2021. – P. 110–114.

## References

1 **Fedoseev, A. M.** Relejnaya zashchita elektricheskikh sistem [Relay protection of electrical systems]. – Moscow : Energia Publishing House, 1976. – 559 p.

2 **Berkovich, M. A., Molchanov, V. V., Semenov, V. A.** Osnovy tekhniki relejnyh zashchit [Fundamentals of relay protection technology]. – Moscow : Energoatomizdat Publishing House, 1984. – 376 p.

3 **Andreev, V. A.** Relejnaya zashchita i avtomatika sistem elektrosnabzheniya [Relay protection and automation of power supply systems]. – Moscow : Izd-vo Vysshaya shkola, 1991. – 495 p.

4 **Kazanskij, V. E.** Izmeritel'nye preobrazovateli toka v relejnoj zashchite [Measuring current converters in relay protection]. – Moscow: Izd-vo Energoatomizdat, 1988. – 240 p.

5 **Novozhilov, T. A., Novozhilov, A. N., Volgina, E. M.** Oblast' ispol'zovaniya magnitnyh transformatorov toka v elektroenergetike [The field of use of magnetic current transformers in the electric power industry] // Omskij nauchnyj vestnik. – 2018. – № 3. – P. 67–73.

6 **Novozhilov, A. N., Asainova, D. K., Zhumataev, N. Sh. i dr.** Magnitnyj transformator toka s kontaktom [Magnetic current transformer with contact] // Vestnik mashinostroeniya. – 2022. – № 3. – P. 53–56.

7 **Novozhilov, A. N., Assainova, D. K., Zhumataev, N. Sh., Novozhilov, T. A.** Switched magnetic current transformer // Russian Engineering Research, 2022. – №6. – P. 579–582.

8 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Asainova, D. K., Kanashiev, N. K.** Maksimal'naya tokovaya zashchita na magnitnom transformatore toka s kontaktom [Maximum current protection on a magnetic current transformer with a contact] // Vestnik PGU. – 2020. – №1(147). – P. 327–334.

9 **Innov. pat. 36016 RK. МПК N02N 3/28.** Ustrojstvo maksimal'noj tokovoj zashchity tokoprovoda [The device of the maximum current protection of the current line] / Novozhilov A. N., Novozhilov T. A., Asainova D. K.; opubl. 23.12.22, Byul. №51. – 3 p.

10 **Novozhilov, T. A., Novozhilov, A. N., Assainova, D. K.** Experimental study of a magnetic current transformer with a contact // Science and innovations 2021 : development directions and priorities: proceed. of the internat. conf. – 2021. – P. 110–114.

Материал поступил в редакцию 20.06.23.

\*Д. М. Рахимбердинова<sup>1</sup>, А. Н. Новожилов<sup>2</sup>, Е. Н. Колесников<sup>3</sup>,  
Н. Ш. Жуматаев<sup>4</sup>, Т. А. Новожилов<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

<sup>5</sup>Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Омбы қ.

Материал 20.06.23 баспаға түсті.

## МАГНИТТІК ТОК ТҮРЛЕНДІРГІШТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

*Электр желілері мен электр қондырғыларының ток қорғанысын құру үшін дәстүрлі түрде ток трансформаторлары мен ток релелері қолданылады. Электр энергетикалық жүйелерінің бірқатар элементтерінің құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты ток трансформаторларын орнату, демек, оларға салынған ток*

қорғанысы айтарлықтай қиындықтармен байланысты. Дәстүрлі түрде қолданылатын ток түрлендіргіштерінің орнына Ток трансформаторы және Ток релесі түріндегі реактивті орган ретінде магниттік ток түрлендіргішін пайдалану ұсынылады, ол РТ-40 ток релесінің магниттік және байланыс жүйесі негізінде орындалады.

Магниттік ток түрлендіргішінің ұсынылған конструкциялары оны бекіту және іске қосу шегін шығару әдістерімен, сондай-ақ ток иінасындағы кернеуден қорғау әдістерімен ерекшеленеді. Бұл кернеуі 1000В дейінгі төмен вольтты электр желілері мен электр қондырғылары, сондай-ақ кернеуі 6–10 кВ жоғары вольтты электр қондырғылары үшін қарапайым және арзан, бір фазалы және үш фазалы ток қорғанысын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Осылайша, магниттік ток түрлендіргіштері электр желілері мен электр қондырғыларын қысқа тұйықталудан қорғауға және орнатуға оңай, оларды жүзеге асыру үшін Ток трансформаторы қажет емес әсеке класс болып табылады.

Кілтті сөздер: ток қорғанысы, токты өлшеу түрлендіргіші, реактивті орган, магниттік ток түрлендіргіші, қамыс қосқышы.

\* D. M. Rakhimberdinova<sup>1</sup>, A. N. Novozhilov<sup>2</sup>, E. N. Kolesnikov<sup>3</sup>,  
N. Sh. Zhumataev<sup>4</sup>, T. A. Novozhilov<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

<sup>5</sup>Omsk State Technical University, Russian Federation, Omsk.

Material received on 20.06.23.

## DESIGN FEATURES OF MAGNETIC CURRENT CONVERTERS

Current transformers and current relays are traditionally used to build current protections for electrical networks and electrical installations. Due to the structural features of a number of elements of electric power systems, the installation of current transformers and, consequently, current protection built on them is associated with significant difficulties. Instead of the traditionally used current measuring converters in the form of a current transformer and a reacting organ in the form of a current relay, it is proposed to use a magnetic current converter, which is based on the magnetic and contact system of the RT-40 current relay.

The proposed designs of a magnetic current converter differ in the methods of fixing it and setting the trigger threshold, as well as ways of protecting against voltage in the current-carrying bus. This makes it possible to implement simple and cheap, single-phase and three-phase current protection for low-voltage electrical networks and electrical installations with

a voltage class up to 1000V, as well as high-voltage electrical installations with a voltage of 6–10 kV. Thus, magnetic current converters represent a separate class of easy-to-manufacture and install protection of electrical networks and electrical installations from short circuit, for the implementation of which a current transformer is not required.

Keywords: Current protection, measuring current converter, reacting organ, magnetic current converter, reed switch.