

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

№ 4 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

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/FYZZ1289>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

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

<https://doi.org/10.48081/XTQQ5433>***Е. Н. Колесников¹, Д. М. Рахимбердинова², А. О. Юсупова³**^{1,2,3}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2334-5146>²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2985-9498>³ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5516-3024>*e-mail: jeka89_pvl@mail.ru

ӨНДІРІСТІК АСУТП ҚҰРАМЫНДАҒЫ ҮШ ФАЗАЛЫ ТРАНСФОРМАТОРДЫ ҚОРҒАУ ҚҰРЫЛҒЫСЫ

Электр энергетикалық жүйелерде үш фазалы үш орамалы трансформаторлар кең таралған. Оларда жиі кездесетін тұйықталулардың бірі-айналмалы тұйықталу (БЗ). Олардан қорғау үшін қазіргі уақытта дәстүрлі ток қорғаныстары әрдайым қолданылады. Дегенмен, олардың БЗ-ға сезімталдығы төмен. Қазіргі уақытта магниттік ток трансформаторларында үш фазалы қуат трансформаторларының жоғары сезімтал қорғаныстары пайда болды. Олар дизайны бойынша қарапайым, арзан және мұндай трансформаторды орамдарындағы барлық тұйықталулардан қорғай алады.

Бұл мақалада қорғаныс шкафын қолдана отырып, магниттік ток трансформаторларында үш фазалы күштік трансформаторды қорғауды жүзеге асыру ұсынылған.

Адам-машина интерфейсін іске асыру үшін SCADA жүйелерімен жабдықталған автоматтандырылған жұмыс орындары (АЖО) арқылы ақпаратты жинауды және технологиялық процестерді басқаруды жүзеге асыратын өнеркәсіптік контроллерлер базасындағы ақпараттық желінің құрылымы ұсынылған

Шкафтың дизайны, оның электрлік қосылыстары сипатталған. M911E мастер-модулі, m932c интеллектуалды модулі құрамында TREI-5B-05 контроллерлерінің заманауи желісін пайдалану ұсынылды. өнеркәсіптік контроллерге негізделген қорғаныс шкафын пайдалану қорғауды өндірістік желіге біріктіруге мүмкіндік береді. Технологиялық процесті басқарудың автоматтандырылған жүйесінің

(БАЖП) құрамында қорғауды басқару қалқанынан да, сол жерде де жедел персонал басқара алады.

Кілтті сөздер: Үш фазалы трансформатор, айналмалы тұйықталу, қорғаныс шкафы, ақпараттық желі құрылымы, өндірістік желіге интеграция.

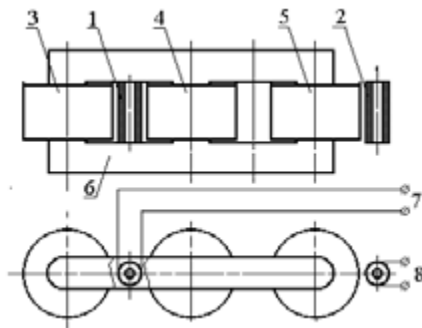
Кіріспе

Ең көп таралған электр машиналарының бірі-үш фазалы үш орамалы трансформаторлар. Олардағы ең көп кездесетін тұйықталулардың бірі бұрылыс тұйықталу (БЗ) екені белгілі [1,1-6.]. Электр тогын қорғау жеткілікті сезімталдыққа ие емес. Осыған байланысты олардан негізгі қорғаныс газды қорғау болып табылады [2,36-6],[4;5;6]. Олар жоғары сезімталдыққа ие, бірақ оларды «құрғақ» трансформаторларда қолдануға болмайды, сонымен қатар олардың жұмыс уақыты майдың температурасына және басқа да көптеген факторларға байланысты.

Сондықтан магниттік ток трансформаторларында (МТТ) жоғары сезімтал қорғаныстарды әзірлеу өзекті болып табылады.

Материалдар мен әдістері

[7,1-6],[8,1-6] 1-суретте көрсетілген айналмалы тұйықталудан қорғауды ұсынады. Осы суреттен көріп отырғанымыздай, үш фазалы трансформаторда 1 және 2 МТТ, 3, 4 және 5 фазалы А, В және С орамаларының катушкалары бар өзектерге 6 трансформатордың магниттік желісі орналастырылған.

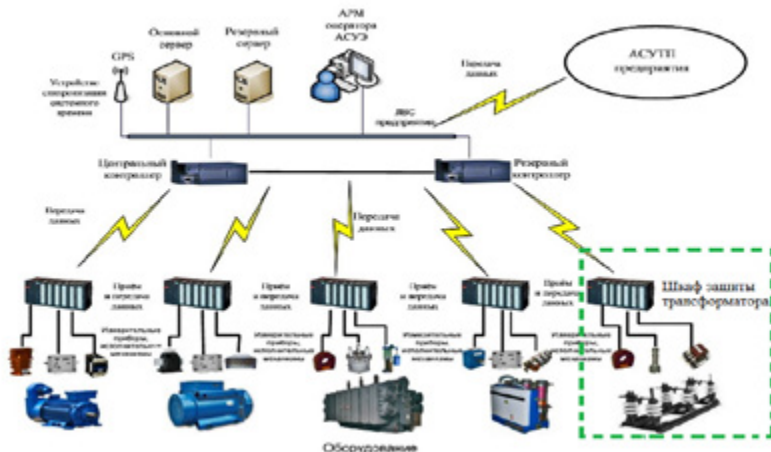


Сурет 1 – үш фазалы трансформатордың орамаларын айналмалы тұйықталудан қорғау құрылғысы

[8,2-6.]-де сипатталғандай, МТТ катушкаларын 7 және 8 терминалдармен қарсы тізбектей қосу кезінде, мұндай МТТ екі өлшеу катушкасынан шығатын ЭМӨ жұмыс режимінде нөлге тең болады. Трансформатордың орамаларында

тұйықталу пайда болған кезде [9;10], пайда болған ЭҚК қорғанысқа оның 2-3 бұрылысы жабылған кезде іске қосылуға мүмкіндік береді, бұл оның жоғары сезімталдығын тудырады.

Қазіргі уақытта барлық дерлік өндірістерде технологиялық процестерді басқарудың Орталықтандырылған автоматтандырылған жүйесі (ТП АБЖ) құрамында олардың жұмысын жұмысқа ауыстыру процесі жүргізілуде. Мұндай жүйе 2-суретте көрсетілгендей адам-машина интерфейсін іске асыру үшін SCADA жүйелерімен жабдықталған автоматтандырылған жұмыс орындары (Армалар) арқылы ақпаратты жинауды және технологиялық процестерді басқаруды жүзеге асыратын өнеркәсіптік контроллерлерге негізделген ақпараттық желінің құрылымы болып табылады.



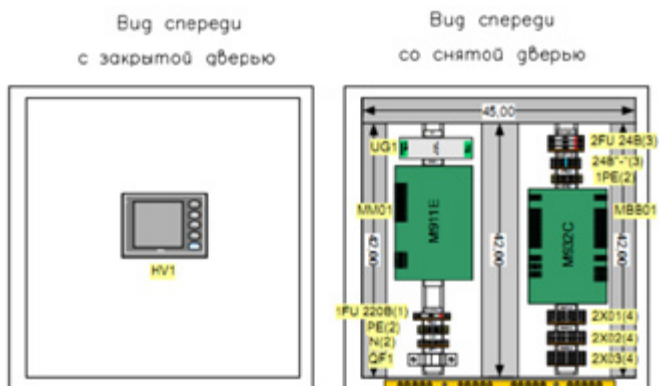
Сурет 2 – кәсіпорынның АСУТП құрылымындағы трансформаторды қорғау шкафы

МТТ-да үш фазалы трансформаторды қорғау үшін [4,5] өнеркәсіптік контроллерге негізделген қорғаныс шкафын қолдану қажет. TREI-5B-05 контроллерлерінің заманауи желісін пайдалану ұсынылады.

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырған зерттеу шеңберінде (грант № AP14972779) қорғау шкафына жобалау-конструкторлық құжаттама әзірленді.

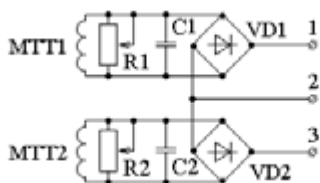
3-суретте көрсетілгендей, қорғаныс шкафы 500x400x220 өлшемді металл корпус болып табылады. Шкафта Автоматты Ажыратқышты, кернеу релесін, стартерді, TREI-5B-05 өнеркәсіптік контроллерін орнату қарастырылған:

M911E мастер-модулі, m932c интеллектуалды модулі. қорғаныс шкафының есігінде адам-машина интерфейсін іске асыру үшін Delta DOP-as 38 операторының панелі орналасқан.



Сурет 3 – қорғаныс шкафының жалпы көрінісі

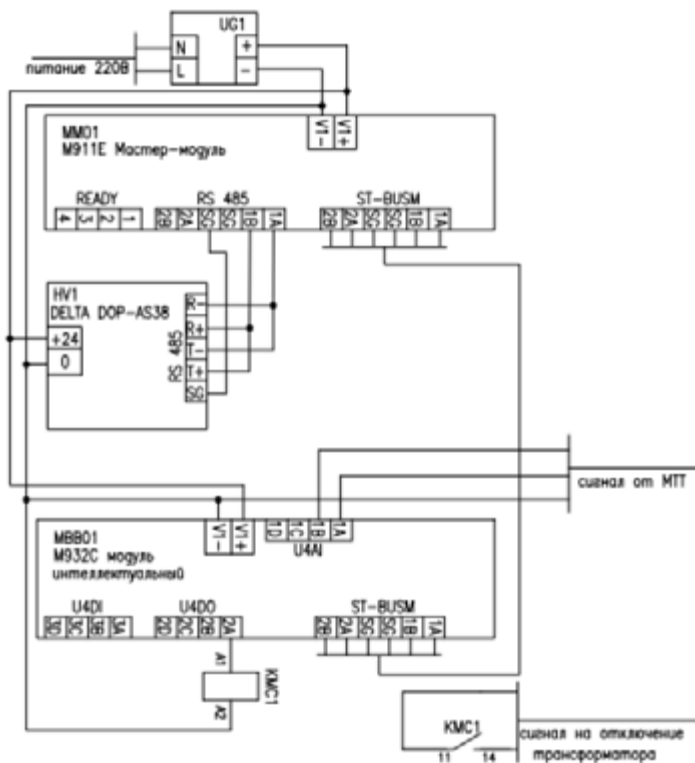
МТТ-да келтірілген ЭҚК шамасы және олардың фазалары орамаларға дейінгі арақашықтыққа қатты тәуелді болғандықтан, қорғаныста олардың орнын толтыру және қалыпты режимде туралау мүмкіндігі бар қосылыстар схемасы болуы керек.



Сурет 4 – қорғаныс шкафына МТТ электр қосылымының схемасы
4-суретте R1 айнымалы резисторлары мен C1 конденсаторларының

көмегімен туралау, сондай-ақ VD1 және VD2 көпірлерінің көмегімен

және бірінші және екінші МТТ түзету мүмкіндігі бар қорғаныс шкафына екі МТТ электрлік қосылымдары көрсетілген.



Сурет 5 – қорғаныс шкафының электр схемасы

5-суретте шкаф қосылыстарының электр схемасы көрсетілген. МТТ1 және МТТ2 магниттік ток трансформаторларының сигналдары үш фазалы қуат трансформаторының қорғанысы М932С интеллектуалды Модулінің аналогтық кернеу кірісіне қосылады.

Нәтижелер және талқылау

Қорғаныс шкафының контроллерінің жұмысы берілген жұмыс алгоритміне байланысты, оған сәйкес МТТ сигналдарын қосу, жиынтық сигналды берілген нүктемен салыстыру және трансформаторды асып кеткен кезде ажырату жүзеге асырылады. Трансформаторды өшіру контроллермен басқарылатын LC1 D09M7 маркалы KMS1 стартерінің күштік контактілерінің көмегімен жүзеге асырылады.

Оператор панелінің көмегімен шкафтың есігінде ағымдағы Қорғаныс күйінің дисплейі және оны қашықтан басқару мүмкіндігі жүзеге асырылады: жұмыстан шығару, қорғаныс орнатуды конфигурациялау.

Ұсынылған контроллер MOD BUS өнеркәсіптік интерфейсімен жұмыс істеуді қолдайды, бұл оны қорғалатын трансформатордың жанында немесе кәсіпорынның басқару тақтасында орнатуға мүмкіндік береді. Интерфейс оны кез-келген өндірістің қолданыстағы АСУТП құрамына оңай қосуға мүмкіндік береді. АСУТП құрамында шкафты операторды басқарудың жоғарғы деңгейінен қашықтан басқаруға болады.

Қорытынды

1 Әзірленген қорғаныс шкафы үш фазалы күштік трансформаторды өндірістің АСУТП құрамында екі МТТ-да электр зақымдануынан қорғау құрылғысының жұмысын жүзеге асыра алады.

2 Өнеркәсіптік контроллерге негізделген қорғаныс шкафын пайдалану қорғауды өндірістік желіге біріктіруге мүмкіндік береді. Қорғаныс шкафы жергілікті және қашықтан қорғауды басқаруға мүмкіндік береді.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі қаржыландырды (грант № AP14972779).

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Казакул, А. А., Кушнарёва, Ю. А.**, Анализ количества работающих трансформаторов на подстанциях филиалов АО «ДРСК». Главный энергетик. 2022;10.

2 **Блэкбурн, Дж. Льюс, Томас, Дж. Домин**, «Релейная защита: Принципы и их применение, Четвертое издание», CRC Press, 2014.

3 **Уолтер, А. Э.**, Теория и применение релейной защиты, Marcel Dekker Inc. Нью-Йорк, Базель, 2004.

4 **Шабад, М. А.** «Защита трансформаторов и распределительной сети», Энергоиздат, – 1981 [in Russian].

5 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А.** Релейная защита однофазного трансформатора на магнитных трансформаторах тока / – Павлодар: Изд-во ПГУ, – 2017 г. – 117 с. с ил.

6 **Чернобровов, Н. В.** Релейная защита. – 4-е издание [Текст] / Чернобровов Н. В. –М. : Энергия, 1974. – 680с.

7 **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Колесников, Е. Н.**, Иннов. пат. №26738 РК. МПК H02H 7/04. Устройство защиты трехфазного трансформатора от замыканий обмоток /опубл. 15.03.13, Бюл. №3. – 3 с.

8 **Колесников, Е. Н., Новожилов, Т. А., Иسنнов, Ж. С., Талипов О. М.**, «Устройство защиты трехобмоточного трансформатора на двух магнитных

трансформаторах тока» // Вестник ТОО, Энергетическая серия, №2, 2024 г., С. 166–179. <https://doi.org/10.48081/VMFW1810>

9 **Симони, К.**, Основы электротехники [Foundations of Electrical Engineering], The Maximillan Company, Нью-Йорк, 1963.

10 **Бобров, Леонард С.**, «Основы электротехники», Oxford University Press, 2013.

REFERENCES

1 **Kazakul, A. A., Kushnaryova, Yu. A.**, Analiz kolichestva rabotayushhix transformatorov na podstanciyaх filialov АО «DRSK» [Analysis of the number of working transformers at substations of branches of JSC «DRSK»]. Glavny'j e'nergetik. 2022;10.

2 **Blackburn, J. Lewis, Domin, Thomas J.**, «Protective Relaying : Principles and Applications, Fourth Edition», CRC Press, 2014.

3 **Walter, A.** Elmore, Protective Relaying Theory and Applications, Marcel Dekker Inc. New York, Basel, 2004..

4 **Shabad, M. A.** «Protection of transformers of distribution networks», Energoizdat, – 1981 [in Russian].

5 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A.** Relejnaya zashhita odnofaznogo transformatora na magnitny'x transformatorax toka [Relay protection of a single-phase transformer on magnetic current transformers] / – Pavlodar: Izd-vo PGU, – 2017g. – 117 p. s il.

6 **Chernobrovov, N. V.** Relejnaya zashhita [Relay protection]. – 4-e izdanie [Text] / Chernobrovov N.V. – Moscow: E'nergiya, 1974. – 680p.

7 **Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A., Kolesnikov, E. N.**, Innov. pat. №26738 RK. MPK N02N 7/04. Ustrojstvo zashhity` trexfaznogo transformatora ot zamy`kanij obmotok [Three-phase transformer protection device against winding short circuits] / opubl. 15.03.13, Byul. №3. – 3 p.

8 **Kolesnikov, E. N., Novozhilov, T. A., Isenov, Zh. S., Talipov, O. M.**, «Ustrojstvo zashhity` trexobmotochnogo transformatora na dvux magnitny'x transformatorax toka» // Vestnik TОО, E'nergeticheskaya seriya, № 2, 2024 g., P. 166–179. <https://doi.org/10.48081/VMFW1810>

9 **Simonyi, K.**, Foundations of Electrical Engineering, The Maximillan Company, New York, 1963.

10 **Leonard S. Bobrow** «Foundations of electrical engineering», – Oxford University Press, 2013.

06.10.24 ж. баспаға түсті.

22.10.24 ж. түзетулерімен түсті.

04.12.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

**Е. Н. Колесников¹, Д. М. Рахимбердинова², А. О. Юсупова³*^{1,2,3}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

Поступило в редакцию 06.10.24

Поступило с исправлениями 22.10.24

Принято в печать 04.12.24

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА В СОСТАВЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АСУТП

В электроэнергетических системах наибольшее распространение получили трехфазные трехобмоточные трансформаторы. Одним из наиболее часто встречающихся в них замыканий является витковое замыкание (ВЗ). Для защиты от них в настоящее время практически всегда используются традиционные токовые защиты. Однако они имеют низкую чувствительность к ВЗ. В настоящее время появились высокочувствительные защиты трехфазных силовых трансформаторов на магнитных трансформаторах тока. Они просты по конструкции, дешевы и способны защитить такой трансформатор от всех видов замыканий в их обмотках.

В данной статье предложена реализация защиты трехфазного силового трансформатора на магнитных трансформаторах тока с использованием шкафа защиты.

Представлена структура информационной сети на базе промышленных контроллеров, которая осуществляет сбор информации и управление технологическими процессами через автоматизированные рабочие места (АРМы), оснащенные SCADA системами для реализации человеко-машинного интерфейса

Описана конструкция шкафа, его электрические соединения. Предложено использовать современную линейку контроллеров TREI-5B-05, в составе мастер-модуля M911E, интеллектуального модуля M932C. Использование шкафа защиты на базе промышленного контроллера позволяет реализовать интеграцию защиты в производственную сеть. В составе автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) защита может управляться оперативным персоналом как со щита управления, так и по месту.

Ключевые слова: Трехфазный трансформатор, витковое замыкание, шкаф защиты, структура информационной сети, интеграция в производственную сеть.

*E. N. Kolesnikov¹, D. M. Rakhimberdinova², A. O. Yusupova³

^{1,2,3}Toraighyrov University, The Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Received 06.10.24

Received in revised form 22.10.24

Accepted for publication 04.12.24

PROTECTION DEVICE FOR A THREE-PHASE TRANSFORMER AS PART OF A PRODUCTION CONTROL SYSTEM

Three-phase transformers with three windings are common in electric power systems. One of the most common short circuits they experience is a short circuit in rotation (WC). Currently, traditional current protections are always used to protect them. However, they are less sensitive to DB. Currently, highly sensitive protections for three-phase power transformers have appeared in magnetic current transformers. They are simple in design, inexpensive and able to protect such a transformer from all short circuits in its windings.

This article presents the implementation of three-phase transformer power protection in magnetic current transformers using a protective cabinet.

To implement the human-machine interface, the structure of an information network based on industrial controllers that collect information and manage technological processes through automated workstations equipped with SCADA systems is presented

The cabinet design and its electrical connections are described. As part of the M911E main module, the m932c intelligent module, it was proposed to use a modern line of TREI-5b-05 controllers. The use of a protective cabinet based on an industrial controller makes it possible to integrate protection into the production line. As part of an automated process control system (ACS), protection can be controlled by operational personnel both from the control panel and on site.

Keywords: Three-phase transformer, winding circuit, protection cabinet, information network structure, integration into the production network.

Теруге 04.12.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Mb RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4317

Сдано в набор 04.12.2024 г. Подписано в печать 30.12.2024 г.

Электронное издание

29.9 Mb RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4317

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz