

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

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/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*

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

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

***Д. М. Рахимбердинова¹, А. Н. Новожилов²,
Е. Н. Колесников³, Н. Ш. Жуматаев⁴, Т. А. Новожилов⁵**

^{1,2,3,4}Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

⁵Омский государственный технический университет,

Российская Федерация, г. Омск

*e-mail: 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.

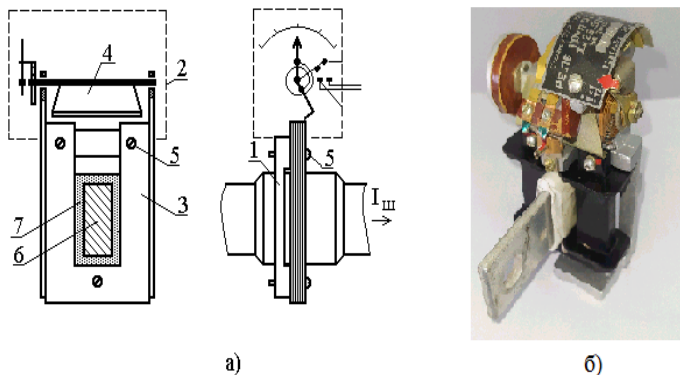


Рисунок 1 – Конструкция и установка МПТ с одним магнитопроводом

Для установки и закрепления МПТ на шине 6 используют изоляцию 7. Ее выполняется из стеклоткани в виде ленты, которую пропитывают лаком или эпоксидной смолой. Затем эту ленту намагивают 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.

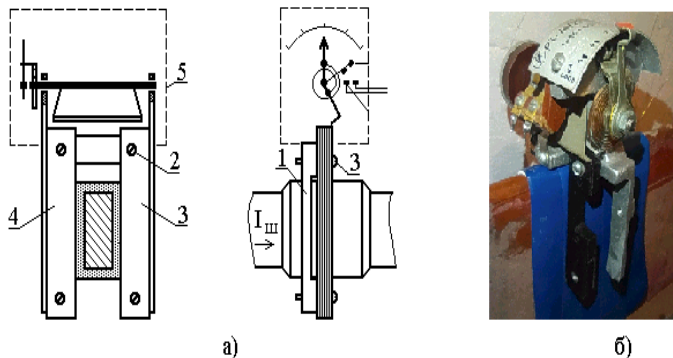


Рисунок 2 – Конструкция и установка МПТ с двумя расположенными параллельно магнитопроводами в сетях до 1000В

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.

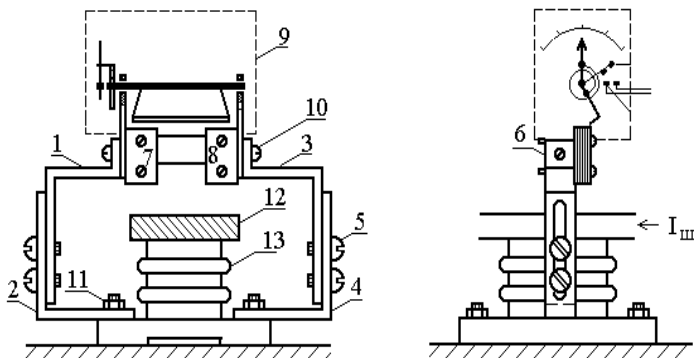


Рисунок 3 – Конструкция и установка МРТ с двумя магнитопроводами в сетях с напряжением 6кВ

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

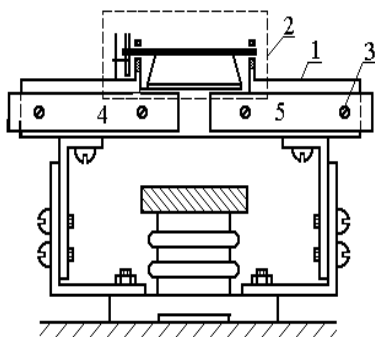


Рисунок 4 – Конструкция МРТ с двумя магнитопроводами лежащими в одной плоскости

Трехфазный МРТ для защиты от КЗ электроустановки с напряжением до 1000В показан на рисунке 5. Он отличается от однофазного МРТ 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.

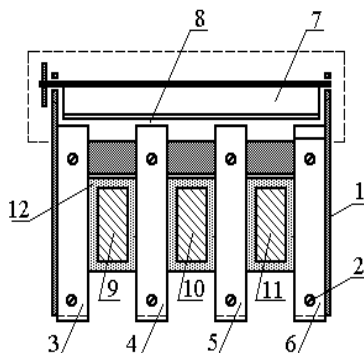


Рисунок 5 – Конструкция трехфазного МПТ

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.

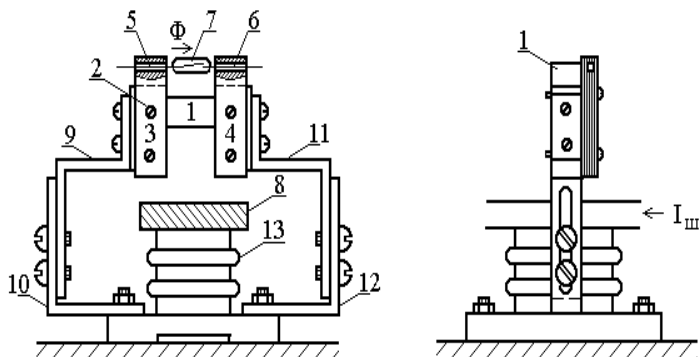


Рисунок 6 – Конструкция и установка МПТ с герконом в сети напряжением 6 кВ

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 Иннов. 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] // Omskiy 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., Kanashev, 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. MPK 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. Рахимбердинова¹, А. Н. Новожилов², Е. Н. Колесников³,
Н. Ш. Жуматаев⁴, Т. А. Новожилов⁵*

^{1,2,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

⁵Омбы 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 шинасындағы 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. Rakhimberdinova¹, A. N. Novozhilov², E. N. Kolesnikov³,
N. Sh. Zhumataev⁴, T. A. Novozhilov⁵

^{1,2,3,4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

⁵Omsk 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.

Теруге 20.06.2023 ж. жіберілді. Басуға 30.06.2023 ж. қол қойылды.
Электрондық баспа
17,5 Мб RAM
Шартты баспа табағы 22,67. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 4103

Сдано в набор 20.06 2023 г. Подписано в печать 30.06 2023 г.
Электронное издание
17,5 Мб RAM
Усл. печ. л. 22,67. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Мыржикова
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 4103

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
E-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik-energy.tou.edu.kz