

**ИНТЕРНАУКА**  
*internauka.org*

СБОРНИК СТАТЕЙ ПО МАТЕРИАЛАМ  
LXXVI МЕЖДУНАРОДНОЙ  
НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ



№9(70)

ISSN 2587-862X

Москва, 2023

**ИНТЕРНАУКА**  
*internauka.org*

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Сборник статей по материалам LXXVI международной  
научно-практической конференции*

№ 9 (70)  
Сентябрь 2023 г.

Издается с июля 2017 года

Москва  
2023



# TECHNICAL SCIENCES: PROBLEMS AND SOLUTIONS

*Proceedings of LXXVI international scientific-practical conference*

№ 9 (70)  
September 2023

Published since July 2017

Moscow  
2023

УДК 62  
ББК 30  
Т38

**Т38 Технические науки: проблемы и решения.** сб. ст.  
по материалам LXXVI междунар. науч.-практ. конф. – № 9 (70). –  
М., Изд. «Интернаука», 2023. – 38 с.

## **Оглавление**

<b>Доклады конференции на русском языке</b>	<b>5</b>
<b>Секция 1. Аэрокосмическая техника и технологии</b>	<b>5</b>
ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ	5
Толкачев Александр Викторович Яблокова Наталья Александровна	
<b>Секция 2. Информационные технологии</b>	<b>13</b>
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ НАТО	13
Клетсков Роман Андреевич Астратов Вячеслав Александрович Светлолобов Матвей Васильевич Земсков Вадим Дмитриевич	
<b>Секция 3. Строительство и архитектура</b>	<b>21</b>
ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОКРЫТИЕМ ИЗ ТЕПЛОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА	21
Алшахван Аладдин Хадж Хамди Капа Валид	
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ СКЛАДСКИМИ ЗАПАСАМИ В СИСТЕМЕ ЭФФЕКТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	25
Ситникова Елизавета Эдуардовна Шестакова Алена Петровна	
<b>Секция 4. Электротехника</b>	<b>30</b>
МАГНИТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА НА ГЕРКОНЕ	30
Жуматаев Нурлыбек Шакаевич Рахимбердинова Дилара Муратовна Колесников Евгений Николаевич Исенов Жанат Сансызбаевич	

## СЕКЦИЯ 4.

### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

#### МАГНИТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ТОКА НА ГЕРКОНЕ

***Жуматаев Нурлыбек Шакаевич***

*докторант кафедры «Электроэнергетика»,  
НАО «Торайгыров университет»,  
Республика Казахстан, г. Павлодар*

***Рахимбердинова Дилара Муратовна***

*постдокторант кафедры  
«Электротехника и автоматизация»,  
доктор PhD «Электроэнергетика»  
НАО «Торайгыров университет»,  
Республика Казахстан, г. Павлодар*

***Колесников Евгений Николаевич***

*постдокторант кафедры  
«Электротехника и автоматизация»,  
доктор PhD «Электроэнергетика»  
НАО «Торайгыров университет»,  
Республика Казахстан, г. Павлодар*

***Исенов Жанат Сансызбаевич***

*докторант кафедры «Электроэнергетика»,  
НАО «Торайгыров университет»,  
Республика Казахстан, г. Павлодар*

#### АННОТАЦИЯ

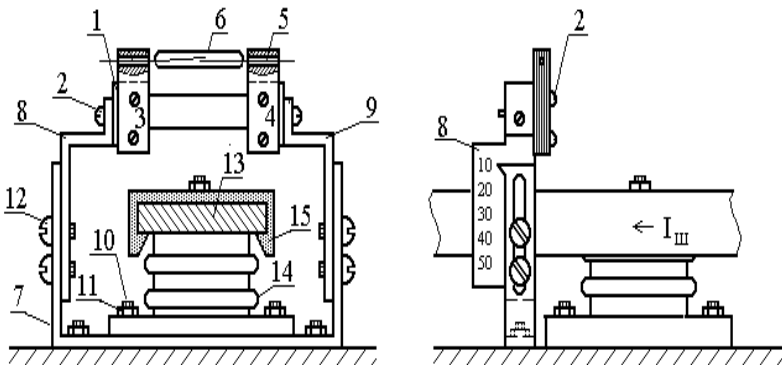
Традиционно для защиты электрических объектов от электрических повреждений применяют токовую защиту, измерительным преобразователем которой являются трансформаторы тока. Иногда в силу конструктивных особенностей электроустановок монтаж трансформатора тока не представляется возможным. Тогда эту проблему можно решить применением токовой защиты электрических объектов на магнитных преобразователях тока с герконом.

## ABSTRACT

Traditionally, current protection is used to protect electrical objects, a measuring transducer, which is current transformers. Sometimes efforts to structurally include current transformer electrical installations are not possible. Then this problem can be solved by using current protection of electrical objects on magnetic current converters with a reed switch.

В настоящее время практически всегда в токовых защитах электрических объектов 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 этих электрических объектов установка ТТ, а следовательно, и реализации их токовой защиты сопряжена со значительными сложностями [4,5].

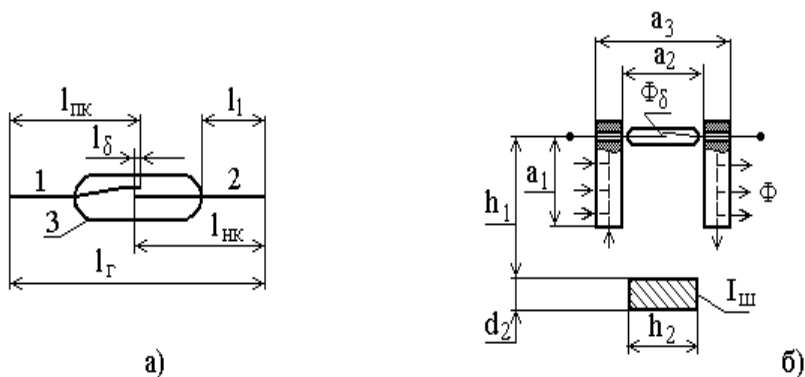
В ряде случаев эту проблему удается решить, если в качестве измерительного преобразователя и реагирующего органа токовой защиты использовать магнитные преобразователи тока (МПТ). Конструкции некоторых из МПТ приведены в [6]. Особое место среди этих МПТ занимает МПТ с контактной системой в виде геркона. Конструкция этого МПТ приведена на рисунке 1. Она представляет собой H – образную стойку 1 выполняемая из листового текстолита. К этой стойке с помощью четырех винтов 2 прикреплены магнитопроводы 3 и 4 из ферромагнитного материала. Каждый магнитопровод у верхнего торца имеет отверстие. В них при монтаже вставляются контакты 5 геркона 6.



*Рисунок 1. Конструкция и установка МПТ с герконом*

На электрической установке Н – образная стойка 1 закрепляется с помощью неподвижной стойки 7 и двух подвижных стоек 8 и 9. Неподвижная стойка 7 прикрепляется к электрической установке с помощью шпилек 10 и гаек 11. При этом подвижные стойки 6 и 9 закрепляются на неподвижной стойке 7 с помощью винтов 12. В свою очередь токоведущая шина 13 защищаемой электроустановки закрепляется на ней с помощью изоляторов 14. Для защиты МПТ от электрического пробоя на шине устанавливается изоляция 15. Следует добавить, что в соответствии с [1] МПТ с двумя расположенными параллельно магнитопроводами достаточно хорошо защищен от магнитных полей соседних проводников с током.

Основные виды конструкций герконов приведены в [7]. Из [7] видно, что наиболее прост замыкающий геркон. Его конструкция и размещение его элементов в нем приведены на рисунке 2,а. Такой геркон представляет собой гибкий 1 и жесткий 2 ферромагнитные контакты, которые запаяны в баллон 3 из стекла. Эти контакты в герконе являются магнитопроводами. Причем контакт 1 дополнительно выполняет роль пружины. Размеры элементов, например, геркона типа КЭМ-1 приведены в таблице 1.



**Рисунок 2. Расположение элементов замыкающего геркона (а) и расчетная схема МПТ с герконом (б)**

**Таблица 1.**

**Размеры элементов контактной системы геркона КЭМ-1**

<b>Параметры</b>	<b>КЭМ-1</b>
Размеры колбы по стеклу, мм	$\varnothing 5,4 \times 52$
Полная длина $l_r$ , мм	78
Длина подвижного электрода $l_{пк}$ , мм	40
Длина неподвижного электрода $l_{нк}$ , мм	40
Длина $l_\delta$ , мм	2,5
Ширина контактов $h_\delta$ в области воздушного зазора, мм	
Величина воздушного зазора $\delta_r$ , мм	0,5

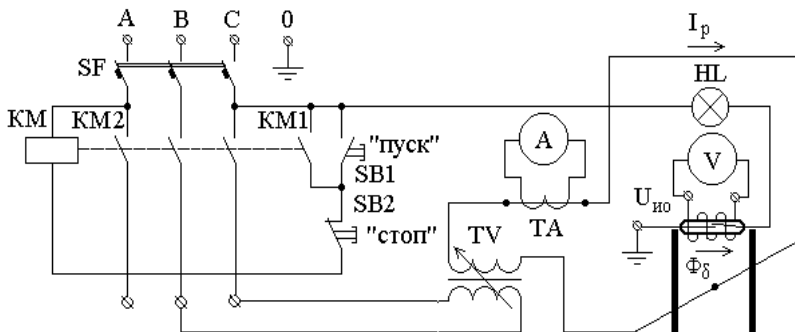
Размеры элементов расчетной схемы МПТ, конструкция которого показана на рисунке 1, приведены в таблице 1.

Как видно из рисунка 2,6 магнитный поток  $\Phi_\delta$  в магнитной системе МПТ создается током  $I_{ш}$  в шине. В соответствии с [7] контакты геркона замыкаются в том случае, когда магнитный поток в его воздушном зазоре достигнет величины  $\Phi_{\delta,ср}$ . При этом величина  $\Phi_{\delta,ср}$  зависит только от типа геркона. Проще всего она определяется опытным путем. Для чего можно воспользоваться экспериментальной установкой, электрическая схема которой приведена на рисунке 3.

**Таблица 2.**

**Параметры магнитной системы МПТ и токоведущей шины**

<b>Размеры элементов магнитопровода МПТ и шины</b>	<b>Величина</b>
Длина $a_1$ магнитопровода, мм	30
Расстояние $a_2$ между магнитопроводами, мм	48
Габаритный размер МПТ $a_3$ , мм	78
Размеры поперечного сечения магнитопровода, мм	5 и 15
Толщина шины с током $d_2$ , мм	6
Ширина шины с током $h_2$ , мм	22



**Рисунок 3. Схема для исследования параметров магнитной системы МПТ с герконом**

В этой экспериментальной установке для определения величины  $\Phi_{\delta, \text{cp}}$  в качестве шины с током использовался круглый проводник диаметром 8 мм, который размещался на расстоянии  $h_1$  от магнитной системы геркона равном 20 мм. Регулировка тока  $I_{\text{ш}}$  в этом проводнике осуществлялась с помощью сварочного трансформатора TV марки ТДМ-317 У2.

Для измерения тока в проводнике использовался трансформатор тока ТА марки ТК-20 1000/5 и амперметр А типа Э59, с пределами измерения 2,5А и 5,0А и классом точности равный 0,5. Подключение экспериментальной установки к электрической сети напряжением 0,4кВ осуществлялось с помощью автоматического выключателя SF типа ПА-50 и магнитного пускателя КМ марки ПМЕ-210.

Для регистрации результатов эксперимента применялся цифровой вольтметр V типа DT2002. Он подключается к измерительной обмотке ИО, намотанной на геркон и содержащей 200 витков. Контроль момента срабатывания геркона производился появлению свечения лампы HL. Как показали эксперименты, замыкание контактов геркона происходило при токе  $I_{\text{ш}}$  в проводнике равном 170А. При этом напряжение  $U_{\text{ио}}$  на измерительной обмотке равнялось 0,102В.

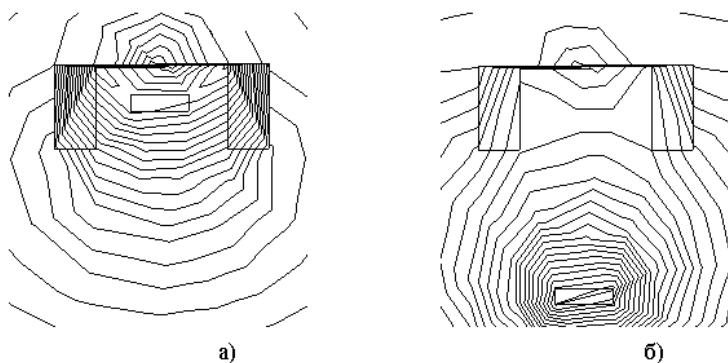
При такой величине напряжения  $U_{\text{ио}}$  индуцируемого магнитным потоком  $\Phi_{\delta, \text{cp}}$  в измерительной обмотке средняя величина действующего значения этого индукции магнитного поля в воздушном зазоре геркона типа КЭМ-1 можно определить как

$$B_{\delta, \text{cp}} = U_{\text{ио}} / 4,44 f w_{\text{ио}} S_{\text{ио}} = 0,102 / 4,44 \times 50 \times 200 \times 48 \times 10^{-6} = 0,048 \text{Тл},$$

где  $w_{ио}$  - число витков в измерительной обмотке;  $S_{ио}$  - площадь витка измерительной катушки равная  $48\text{м}^2$ .

Таким образом, МПТ с произвольной магнитной системой будет срабатывать в том случае, когда средняя величина действующего значения индукции магнитного поля в воздушном зазоре геркона типа КЭМ-1 достигнет величины  $0,048\text{Тл}$ .

Как видно из рисунка 2,б величина магнитного потока  $\Phi_{\delta}$  в воздушном зазоре зависит от типа геркона, размеров элементов магнитной системы МПТ, размеров и конфигурации шины, расстояния между магнитной системой геркона и шиной, а также от величины тока  $I_{ш}$  в ней.



*а – при расстоянии  $h_1 = 10$  мм; б – при расстоянии и  $h_1 = 80$  мм*

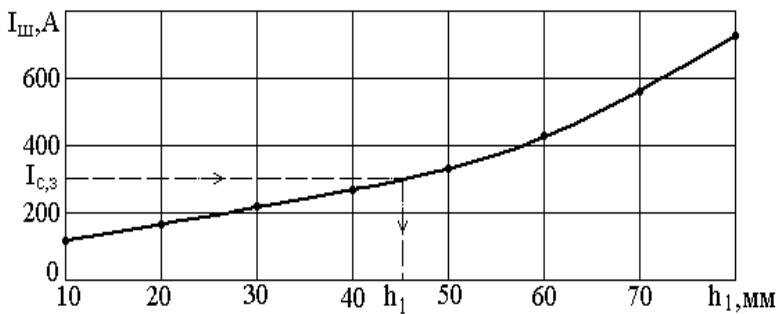
**Рисунок 4. Картины магнитного поля МПТ с герконом**

В связи с этим ее расчет, в общем виде, представляет собой сложную задачу. Значительно проще для этого использовать программный комплекс ELCUT [8]. Результаты моделирования распределения магнитного поля в магнитной системе МПТ с герконом, размеры которых взяты из таблиц 1 и 2 при расстояниях  $h_1 = 10$  мм и  $h_1 = 80$  мм показано на рисунках 4,а и 4,б.

Из этих рисунков видно, что конфигурация магнитных полей при постоянной величине тока в шине, а следовательно магнитный поток  $\Phi_{\delta}$  в воздушном зазоре геркона, зависит только от расстояния  $h_1$ . То есть при заданном значении тока  $I_{ш}$  и известной величине  $\Phi_{\delta,ср}$  расстояние  $h_1$  можно будет определить по зависимости  $h_1 = f(I_{ш})$ . Эта зависимость полученная расчетным путем с помощью программного комплекса ELCUT. для магнитной системы и геркона КЭМ-1 приведена на рисунке 5. Как показали исследования проведенные в [9]

погрешность моделирования магнитных полей с использованием этого комплекса не превышает 10-15%.

Из этого рисунка видно, что, например, при токе  $I_{c,з}$  срабатывания токовой защиты равном, например, 300А расстояние  $h_1$  должно равняться примерно 45 мм. При этом ток срабатывания ТО и МТЗ рассчитывается по математическим выражениям приведенным в [1-3].



**Рисунок 5. Схема определения расстояния  $h_1$  по заданной величине тока  $I_{c,з}$  срабатывания защиты**

Как видно из рисунка 2 требуемое расстояние между контактной системой геркона и токоведущей шиной легко устанавливается с помощью несущих стоек 8 и 9 по меткам на шкале МПТ нанесенной на несущей стойке 8.

#### Выводы

1. Использование в качестве измерительного преобразователя тока и реагирующего органа МПТ позволяет отказаться от дорогостоящего трансформатора тока. Что значительно удешевляет токовую защиту.

2. Использование геркона в качестве контактной системы МПТ приводит к упрощению его конструкции.

3. МПТ с герконом может использоваться в токовых защитах электрических сетей и электроустановок с током срабатывания 125-700А.

Это исследование было профинансировано Комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан грант ИРН АР14972775.

#### Список литературы:

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

2. Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. Основы техники релейных защит. – М.: Энергоатомиздат 1984. – 232 с.
3. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. – М.: Высшая школа.- 1991. – 495 с.
4. Казанский В.Е. Измерительные преобразователи тока в релейной защите. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 240с.
5. Новожилов Т.А., Новожилов А.Н., Волгина Е.М. Область использования магнитных трансформаторов тока в электроэнергетике. // Омский научный вестник. –2018. -№3 (147). С. 67-73.
6. Рахимбердинова Д.М., Новожилов А.Н., Колесников Е.Н., Жуматаев Н.Ш., Новожилов Т.А. Конструкционные особенности магнитных преобразователей тока // Вестник ПГУ. – 2023. – №2. – С. 304-313.
7. Карабанов С.М., Майзельс Р.М., Шоффа В.Н. Магнитоуправляемые контакты (герконы) и изделия на их основе. – Долгопрудный.: Издательский дом «Интеллект», 2011. – 408 с.
8. ELCUT. Моделирование электромагнитных, тепловых и упругих полей методом конечных элементов. Версия 6.5. Руководство пользователя. [Электронный ресурс] / ООО «Тор». - Санкт-Петербург, 2021. URL: [https://elcut.ru/downloads/manual\\_r.pdf](https://elcut.ru/downloads/manual_r.pdf).
9. Новожилов Т.А., Асаинова Д.К., Жуматаев Н.Ш., Новожилов Т.А. Магнитный трансформатор тока с контактом. // Вестник машиностроения. – 2022. -№3, С. 53-56.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

*Сборник статей по материалам LXXVI международной  
научно-практической конференции*

№ 9 (70)  
Сентябрь 2023 г.

В авторской редакции

Мнение авторов может не совпадать с позицией редакции

Подписано в печать 19.09.23. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 2,38. Тираж 550 экз.

Издательство «Интернаука»  
123182, г. Москва, ул. Академика Бочвара ул., д. 5, корпус. 2, к. 115  
E-mail: mail@internauka.org

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1