

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

---

№ 3 (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/MEBG1583>

---

**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 алқасы – 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>
Кошкеков 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

МРНТИ 44.29.31

<https://doi.org/10.48081/RNTU2908>

**\*А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, Д. К. Имангазинова<sup>2</sup>,  
Т. А. Новожилов<sup>3</sup>, Ж. С. Исенов<sup>4</sup>**

<sup>1,2,4</sup>Торайғыров Университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

<sup>3</sup>Омский Государственный Технический Университет,  
Российская Федерация, г. Омск

\*e-mail: [dinarraigul@mail.ru](mailto:dinarraigul@mail.ru)

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7530-5034>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0773-1781>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0293-7852>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2388-602X>

## **СПОСОБ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕКЦИИ СО «СКРЫТЫМ» ПОВРЕЖДЕНИЕМ В ТРЕХФАЗНЫХ ОБМОТКАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

Трехфазные электрические машины переменного тока имеют одинаковое исполнение статора и фазного ротора. Для их защиты от коротких замыканий иногда используются защиты на кольцевом измерительном преобразователе, обладающие высокой чувствительностью к витковым замыканиям. Их отключение от сети электрической машины высокочувствительной защитой иногда приводит к тому, что в обмотках статора или фазного ротора образуется секция со «скрытым» повреждением. Надежное без травмирования изоляции остальной части обмотки выявление места расположения секции со «скрытым» повреждением дает возможность осуществить временный ремонт электрической машины, а, следовательно, многократно сократить время и стоимость ее ремонта.

Для выявления секции со «скрытым» повреждением в трехфазных обмотках электрических машин, оснащенных кольцевым измерительным преобразователем можно воспользоваться способом, в котором из электрической машины

*вынимают ротор, электромагнитный индуктор устанавливают поочередно на все соседние зубцы ее магнитопровода статора или фазного ротора. При этом наличие замкнувшихся витков в диагностируемой секции определяют по появлению ЭДС в кольцевом измерительном преобразователе.*

*Предлагаемый способ выявления секции со «скрытым» повреждением в трехфазных обмотках электрических машин позволяет повысить надежность диагностирования, сократить число используемого для диагностики оборудования и упростить процесс диагностики.*

*Ключевые слова: Электрические машины, трёхфазные обмотки, витковые замыкания, «скрытые» повреждения, поиск поврежденной секции, кольцевой измерительный преобразователь, магнитный индуктор.*

## **Введение**

Отличительной особенностью трехфазных синхронных генераторов, двигателей и компенсаторов, а также асинхронных генераторов и двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором является одинаковое исполнение обмоток статора [1, с 69] [2;3]. В соответствии с [4] обмотка статора является одним из самых ненадежных элементов конструкции этих электрических машин. При этом одним из основных видов ее повреждения является витковое замыкание. Так в высоковольтных электрических машинах с секционированной обмоткой статора на витковое замыкание приходится порядка 22% от всех замыканий в обмотке статора [5;6].

Как известно из практики эксплуатации электрических машин одной из основных причин возникновения короткого замыкания в секционированной обмотке статора является нарушение целостности витковой изоляции между лежащими рядом витками. При этом в точке соприкосновения витков [4;5] возникает электрическая дуга и начинается плавление замкнувшихся проводников, а затем и проводников лежащих рядом с ними. Секционная изоляция более массивна, чем витковая. Поэтому первоначально увеличение размеров повреждения происходит в пределах одной секции. И если защита электрической машины обладает достаточно высокой чувствительностью к витковым замыканиям [7], то

размеры повреждения не выходят за ее пределы. При этом достаточно часто образуется секция со «скрытым» повреждением, обнаружить которое визуальным способом не удастся.

Поиск такой секции является актуальной проблемой. Эта актуальность заключается в том, что в соответствии с [8] при витковом замыкании даже в одной секции завод – изготовитель рекомендует заменить в электрической машине сердечник статора с обмоткой. Однако такой ремонт очень дорог и требует значительного времени. Этого в значительной мере можно избежать, если осуществить временный ремонт в виде исключения поврежденной секции из схемы. При этом поврежденная секция разрезается в головке ее лобовой части. Такой ремонт сопровождается возникновением некоторой несимметрии машины. Однако это мало сказывается на ее работе, особенно у нее на одну фазу тихоходных машин приходится большое число секций. Как показала практика эксплуатации асинхронных машин с вырезанной секции, такие машины после удаления их схемы обмотки статора одной секции способны проработать еще несколько лет.

#### **Материалы и методы**

Определение места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотках статора и фазного ротора возникшей в результате ВЗ может осуществляться по-разному [9].

Однако, если диагностируемая электрическая машина оснащена кольцевым измерительным преобразователем (КИП), то в этом случае для поиска места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотках проще всего воспользоваться способом диагностики состояния обмотки статора электрической машины предложенном в [10].

Этот способ определения места расположения секции со «скрытым» повреждением в трехфазной обмотке статора электрической машины, оборудованной КИП с использованием магнитного индуктора, заключается в следующем. Для выявления места расположения в обмотках статора секции со «скрытым» повреждением электромагнитный индуктор, устанавливают поочередно на все соседние зубцы его магнитопровода. При каждой такой установке с помощью этого электромагнитного индуктора создают магнитный поток, который проходит по соседним зубцам сердечника статора и пересекает плоскость диагностируемой секции. И

если в этой секции имеются замкнувшиеся витки, то под воздействием этого магнитного потока в них наводится ЭДС и возникает ток. Этот ток создает магнитное поле замкнувшихся витков, которое в зоне лобовых частей будет индуцировать в КИП ЭДС. Таким образом, наличие ЭДС в КИП говорит о наличии замкнувшихся витков в диагностируемой секции, а место расположения электромагнитного индуктора на магнитопроводе статора указывает на место расположения поврежденной секции.

Устройство, реализующее этот способ определения места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотках статора электрической машины показано на рисунке 1.

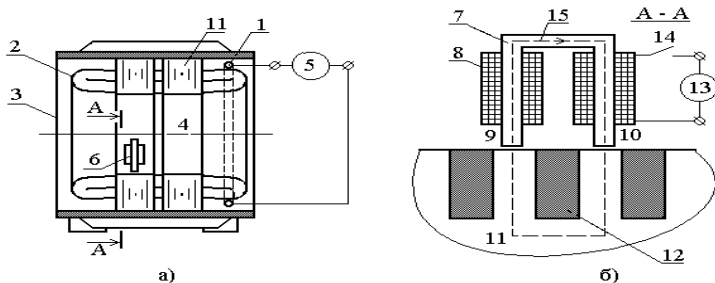


Рисунок 1 – Схемы устройства для реализации способа определения места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотке статора

Одним из основных элементов этого устройства является КИП 1, который в процессе эксплуатации электрической машины используется в качестве измерительного преобразователя защиты от витковых замыканий. При изготовлении электрической машины КИП 1 прикрепляется к лобовым частям 2 обмотки статора или корпусу 3 машины так, как показано на рисунке 1, а. При этом его плоскость должна быть перпендикулярна оси 4 вращения ротора, а его геометрический центр находился на этой оси. То есть такой КИП, по сути, является элементом конструкции этой электрической машины. При диагностике обмотки статора к выводам КИП присоединяется измерительный прибор 5 в виде вольтметра или осциллографа.

Электромагнитный индуктор 6 используется для формирования магнитного поля в определенных частях магнитопровода. Его конструкция

показана на рисунке 1, б. Из этого рисунка видно, что основными элементами магнитного индуктора является П – образный магнитопровод 7 и обмотка 8. При диагностике ножки 9 и 10 его магнитопровода устанавливаются поочередно на все соседние зубцы магнитопровода 11 статора. Таким образом, диагностируемая секция 12 обмотки статора оказывается расположенной между этими зубцами. Подключение обмотки 8 электромагнитного индуктора 6 к источнику питания 13 осуществляется с помощью выключателя 14. Таким образом, если контакты выключатель 14 замкнуты, то через плоскость диагностируемой секции будет проходить магнитный поток 15.

Определение места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотках статора электрической машины осуществляется следующим образом. Электромагнитный индуктор 6 устанавливаются поочередно на все соседние зубцы магнитопровода 11 статора так, как это показано на рисунке 1, б. Если в диагностируемой секции 14 обмотки статора имеются замкнувшиеся витки, то в этом случае пересечение плоскости этих витков магнитным потоком 15 вызовет появление в них ЭДС и соответственно тока. Протекание тока по замкнувшимся виткам сформирует их магнитное поле. При этом магнитное поле лобового рассеяния этих витков будет пересекать плоскость КИП и индуцировать в его обмотке ЭДС. Наличие ЭДС в КИП контролируется вольтметром 5. Таким образом, если ЭДС на выходе КИП не равна нулю, то диагностируемая секция имеет замкнувшиеся витки.

Использование установленного в электрической машине КИП и электромагнитного индуктора позволяет также определять место расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотке фазного ротора в этом случае способ диагностики заключается в следующем.

В соответствии с рисунком 2 для выявления секции со «скрытым» повреждением в трехфазной обмотке фазного ротора асинхронного двигателя его частично разбирают. При этом фазный ротор 1 частично выдвигают из статора 2 в сторону расположения КИП 3. При этом его относительно статора размещают так, чтобы его лобовая часть 4 совпала с плоскостью кольцевого измерительного преобразователя 3. В этом положении он закрепляется с помощью специальной стойки 5.

Для поиска секции со «скрытым» повреждением обмотки фазного ротора 1, также как при диагностировании обмотки статора, используются КИП 3 и магнитный индуктор 6. Выводы КИП подключаются к вольтметру 7.

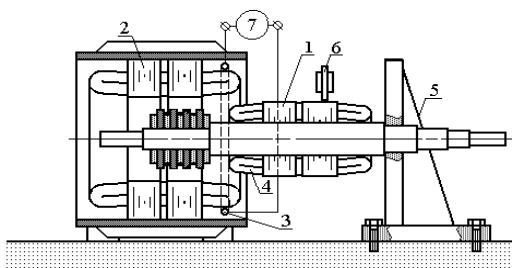


Рисунок 2 – Схемы устройства для реализации способа определения места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотке фазного ротора

Установка электромагнитного индуктора 6 на зубцы фазного ротора 1 в процессе диагностирования аналогична тому, как это осуществляется на рисунке 1, б. При диагностике ножки его магнитопровода также устанавливаются поочередно на все соседние зубцы магнитопровода фазного ротора 1. Таким образом, диагностируемая секция обмотки фазного ротора всегда оказывается расположенной между этими зубцами, а ее плоскость будет пересекать магнитный поток.

Если диагностируемая секция обмотки фазного ротора не повреждена, то в ней замкнувшиеся витки отсутствуют. В этом случае пересечение плоскости этой секции магнитным потоком, созданным электромагнитным индуктором 6, ток в ее витках не вызовет. В связи с этим магнитное поле лобового рассеяния этой секции фазного ротора будет отсутствовать. Поэтому электродвижущая сила КИП 3 и напряжение на его выводах будут равны нулю. Таким образом, если ЭДС КИП 1, наличие которой контролируется вольтметром 7, равна нулю, то замкнувшиеся витки в диагностируемой секции отсутствуют.

Если диагностируемая секция обмотки фазного ротора 1 повреждена, то часть ее витков будет замкнута. В этом случае пересечение плоскости этой секции магнитным потоком, вызванным электромагнитным



индуктором 6, вызовет появление тока в замкнутых витках, их магнитного поля лобового рассеяния и электродвижущей силы КИП 3. В связи с этим ЭДС КИП 3 будет не равна нулю.

Таким образом, ЭДС в кольцевом измерительном преобразователе 3 появляется только в случае наличия в диагностируемой секции обмотки фазного ротора 1 замкнутых витков. Поэтому появление напряжения на выводах КИП 3 контролируемое вольтметром 7 указывает на то, что эта секция повреждена. То есть в ней присутствуют замкнутые витки.

### **Результаты и обсуждение**

Проверка эффективности данного способа поиска поврежденной секции осуществлялась на Сургутской ГРЭС-1. В качестве экспериментального использовался двигатель привода дымососа мощностью 1250 кВт выведенного в ремонт после отключения его релейной защитой при коротком замыкании в его обмотке статора. После демонтажа двигатель подвергся полной разборке. Поврежденные секции в его обмотке статора были определены по видимым повреждениям их изоляции. Для проверки данного способа на поврежденном двигателе был смонтирован одновитковый КИП с трансформатором тока 400,5 [11]. В качестве электромагнитного индуктора использовалось устройство, внешний вид которого изображен на рисунке 3.

Проведенная ремонтным персоналом с участием одного из авторов диагностика обмотки статора экспериментальной машины показала, что предлагаемый способ позволяет надежно и достаточно просто выявлять поврежденные секции.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого способа для диагностики состояния обмотки статора заключается в возможности надежно без травмирования изоляции остальной части обмотки выявлять место расположения секции с замкнутыми витками. Что позволит провести временный ремонт электрической машины, а, следовательно, многократно сократить время и стоимость ее ремонта.

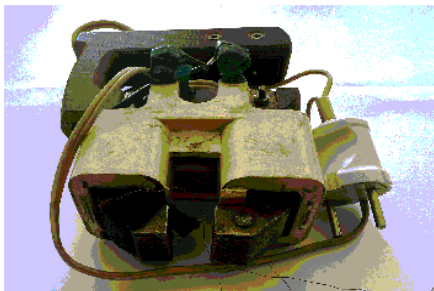


Рисунок 3 – Внешний вид магнитного индуктора, изготовленного на базе магнитной системы магнитного пускателя третьей величины

### **Выводы**

1 Предлагаемый способ выявления секции со «скрытым» повреждением в трехфазных обмотках электрических машин позволяет повысить надежность диагностирования, сократить число используемого для диагностики оборудования и упростить процесс диагностики.

2 Надежное выявление секции со «скрытым» повреждением в трехфазных обмотках электрических машин позволяет осуществить ее временный ремонт с вырезанием поврежденной секции.

3 Временный ремонт электрической машины с вырезанием поврежденной секции сопровождается некоторой несимметрией ее магнитной системы. Однако при этом электрическая машина способна проработать еще несколько лет до ее капитального ремонта с полной сменой ее трехфазной обмотки.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 **Петров, Г. Н.** Электрические машины. Ч. 2. Асинхронные и синхронные машины [Текст]. – М. – Л. : Энергия, 1968. – 224 с.

2 **Вольдек, А. И.** Электрические машины [Текст]. – Л. : Энергия, 1978. – 832 с.

3 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины [Текст]. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.

4 **Корогодский, В. И., Кужеков, С. Л., Паперно, Л. Б.** Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1000 В [Текст]. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.

5 **Сыромятников, И. А.** Эксплуатация изоляции генераторов. Изоляция электрических машин [Текст]. – М. : Госэнергоиздат, 1958. - 255с.

6 **Кулаковский, В. Б.** Работа изоляции в генераторах [Текст]. – М. : Энергоиздат, 1981. – 254с.

7 **Клецель, М. Я., Новожилов, А. Н., Поляков, В. Е.** Защита двигателей от витковых замыканий на кольцевом преобразователе [Текст]. – Изв. Вузов. Электромеханика, 1986, №3, с. 118 – 125.

8 **Соколов, Р. И.** Ремонт электродвигателей атомных электростанций [Текст]. -М.: Энергоиздат, 1982. – 102с.

9 **Новожилов, А. Н., Имангазинова, Д. К.** Методы поиска поврежденной секции в трехфазных обмотках [Текст]. // Вестник ПГУ. Секция энергетическая. – 2024. - №2. -С.254–265

10 Пат. RU № 2 808798 С1, МПК H02H 3/08; H02K 11/27. Способ диагностики состояния обмотки статора электрической машины [Текст] / **Новожилов, А. Н., Новожилов, Т. А., Имангазинова, Д. К., Исенов, Ж. С.** – Заявка №2023104406, заявл. 28.02.2023; опубл. 05.12.2023, Бюл. № 34.

11 **Новожилов, А. Н.** Моделирование процессов в системе защиты асинхронных двигателей от витковых замыканий [Текст].// Электричество. – 1998. – №1. – С.56–59

## REFERENCES

1 **Petrov, G. N.** Elektricheskie mashiny. CH.2. Asinhronnye i sinhronnye mashiny [Electric machines. Part 2. Asynchronous and synchronous machines] [Text]. – Moscow – Leningrad : Energiya, 1968. – 224 p.

2 **Vol'dek, A. I.** Elektricheskie mashiny [Electric machines] [Text]. – Leningrad : Energiya, 1978. – 832 p.

3 **Ivanov-Smolenskij, A. V.** Elektricheskie mashiny [Electric machines] [Text]. – Moscow : Energiya, 1980. – 909 p.

4 **Korogodskij, V. I., Kuzhekov, S. L., Paperno, L. B.** Relejnaya zashchita elektrodvigatelej napryazheniem vyshe 1000 V [Relay protection of electric

motors with a voltage above 1000 V] [Text]. – Moscow : Energoatomizdat, 1987. – 248 p.

5 **Syromyatnikov, I. A.** Eksplyuatsiya izolyacii generatorov. Izolyaciya elektricheskikh mashin [Operation of generator insulation. Insulation of electrical machines] [Text]. – Moscow : Gosenergoizdat, 1958. – 255p.

6 **Kulakovskij V.B.** Rabota izolyacii v generatorah [Isolation work in generators] [Text]. – Moscow: Energoizdat, 1981. – 254 p.

7 **Klecel' M. YA., Novozhilov A. N., Polyakov V. E.** Zashchita dvigatelej ot vitkovykh zamykanij na kol'cevom preobrazovatele [Protection of motors from loop circuits on the ring converter] [Text]. – Izv. Vuzov. Elektromekhanika, 1986, №3, P. 118 – 125.

8 **Sokolov, R. I.** Remont elektrodvigatelej atomnyh elektrostancij [Protection of motors from loop circuits on the ring converter] [Text]. - Moscow: Energoizdat, 1982. – 102 p.

9 **Novozhilov, A. N., Imangazinova, D. K.** Metody poiska povrezhdennoj sekcii v trekhfaznykh obmotkah // Vestnik PGU. Sekciya energeticheskaya. [Text]. – 2024.- №2. –P .254–26

10 Pat. RU № 2 808798 S1, MPK N02N 3/08; N02K 11/27. Sposob diagnostiki sostoyaniya obmotki statora elektricheskoy mashiny [A method for diagnosing the state of the stator winding of an electric machine] / Novozhilov A. N., Novozhilova T. A., Imangazinova D. K., Ivanov J. S. [Text]. – Zayavka №2023104406, zayavl. 28.02.2023; opubl. 05.12.2023, Byul. № 34.

11 **Novozhilov, A. N.** Modelirovanie processov v sisteme zashchity asinhronnykh dvigatelej ot vitkovykh zamykanij [Text]. // Elektrichestvo. – 1998.- №1. – P.56–59

Поступило в редакцию 22.07.24

Поступило с исправлениями 23.07.24

Принято в печать 05.09.24

\**А. Н. Новожилов<sup>1</sup>, Д. К. Имангазинова<sup>2</sup>, Т. А. Новожилов<sup>3</sup>, Ж. С. Исенов<sup>4</sup>*  
<sup>1,2,4</sup> Торайгыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ

<sup>3</sup> Омбы мемлекеттік техникалық университеті,

Ресей Федерациясы, Омбы қ.

22.07.24 ж. баспаға түсті.

23.07.24 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

## **ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫНЫҢ ҮШ ФАЗАЛЫ ОРАМАЛАРЫНДА «ЖАСЫРЫН» ЗАҚЫМДАНУЫ БАР СЕКЦИЯНЫ АНЫҚТАУ ТӘСІЛІ**

*Айнымалы токтың үш фазалы электр машиналарында статор мен фазалық ротордың өнімділігі бірдей. Оларды қысқа тұйықталудан қорғау үшін кейде айналмалы тұйықталуға жоғары сезімталдығы бар сақиналы өлішеу түрлендіргішіндегі қорғаныстар қолданылады. Оларды жоғары сезімтал қорғаныспен электр машинасының желісінен ажырату кейде статор немесе фазалық ротор орамаларында «жасырын» зақымдануы бар бөлімнің пайда болуына әкеледі. Ораманың қалған бөлігін жарақаттамай сенімді оқшаулау «жасырын» зақымдануы бар секцияның орналасқан жерін анықтау электр машинасын уақытша жөндеуге мүмкіндік береді, демек, оны жөндеу уақыты мен құнын бірнеше рет қысқартады.*

*Сақиналы өлішеу түрлендіргішімен жабдықталған электр машиналарының үш фазалы орамаларында «жасырын» зақымдануы бар бөлімді анықтау үшін ротор электр машинасынан шығарылатын әдісті қолдануға болады, электромагниттік индуктор оның статор немесе фазалық ротордың магниттік құбырының барлық іргелес тістеріне кезектесіп орнатылады. Бұл жағдайда диагноз қойылған бөлімде жабық бұрылыстардың болуы сақиналы өлішеу түрлендіргішінде ЭҚК пайда болуымен анықталады.*

*Электр машиналарының үш фазалы орамаларында "жасырын" зақымдануы бар бөлімді анықтаудың ұсынылған әдісі диагностиканың сенімділігін арттыруға, диагностика үшін қолданылатын жабдықтардың санын азайтуға және диагностика процесін жеңілдетуге мүмкіндік береді.*

*Кілтті сөздер. Электр машиналары, үш фазалы орамалар, айналмалы тұйықталулар, «жасырын» зақымданулар, зақымдалған бөлімді іздеу, сақиналы өлішеу түрлендіргіші, магниттік индуктор.*

\*A. N. Novozhilov<sup>1</sup>, D. K. Imangazina<sup>2</sup>, T. A. Novozhilov<sup>3</sup>,  
Zh. Issenov<sup>4</sup>

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

<sup>3</sup>Omsk State Technical University, Omsk, Russian Federation

Received 22.07.24

Received in revised form 23.07.24

Accepted for publication 05.09.24

## **A METHOD FOR DETECTING SECTIONS WITH "HIDDEN" DAMAGE IN THREE-PHASE WINDINGS OF ELECTRIC MACHINES**

*Three-phase alternating current electric machines have the same design of the stator and the phase rotor. To protect them from short circuits, protections on an annular measuring transducer are sometimes used, which are highly sensitive to winding circuits. Their disconnection from the mains of an electric machine with highly sensitive protection sometimes leads to the formation of a section with «hidden» damage in the windings of the stator or phase rotor. Reliable identification of the location of the section with "hidden" damage without injuring the insulation of the rest of the winding makes it possible to carry out temporary repairs of the electric machine, and, consequently, significantly reduce the time and cost of its repair.*

*To identify a section with a «hidden» damage in the three-phase windings of electric machines equipped with an annular measuring converter, you can use a method in which the rotor is removed from an electric machine, an electromagnetic inductor is installed alternately on all adjacent teeth of its stator or phase rotor magnetic circuit. In this case, the presence of closed turns in the diagnosed section is determined by the appearance of EMF in the annular measuring transducer.*

*The proposed method for detecting sections with "hidden" damage in three-phase windings of electric machines makes it possible to increase the reliability of diagnosis, reduce the number of equipment used for diagnostics and simplify the diagnostic process.*

*Key words: Electrical machines, three-phase windings, winding circuits, «hidden» damages, search for a damaged section, ring measuring transducer, magnetic inductor.*

Теруге 10.09.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

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

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4277

Сдано в набор 10.09.2024 г. Подписано в печать 30.09.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

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

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4277

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайгыров университеті

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

«Toraighyrov University» баспасы

Торайгыров университеті

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

67-36-69

e-mail: [kereku@tou.edu.kz](mailto:kereku@tou.edu.kz)

[www.vestnik-energy.tou.edu.kz](http://www.vestnik-energy.tou.edu.kz)