

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 (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/ZSHT7059>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.,

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора
Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*
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>
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., доцен;</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/IJYC8604>***А. Н. Новожилов, Д. К. Имангазинова***Торайгыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар***e-mail: dinaraigul@mail.ru*

МЕТОДЫ ПОИСКА ПОВРЕЖДЕННОЙ СЕКЦИИ В ТРЁХФАЗНЫХ ОБМОТКАХ

Отличительной особенностью трехфазных электрических машин переменного тока является одинаковое исполнение статора и фазного ротора. При этом отключение таких электрических машин высокочувствительной защитой от витковых замыканий в обмотках статора или фазного ротора достаточно часто образуется секция со «скрытым» повреждением. В работе рассматриваются все наиболее известные методы определения секции со «скрытыми» повреждениями обмоток статора и фазного ротора.

Значительная из них относится к тем методам поиска поврежденной секции в обмотках статора и фазного ротора, в которых диагностирующими признаком повреждения является потемневшая, обуглившаяся или сгоревшая изоляции. При этом этот диагностирующий признак может возникнуть под действием токов как в процессе работы электрической машины, так и в процессе диагностирования с помощью подключения к ней специальных средств.

Другая часть методов основана на использовании для поиска поврежденной секции в обмотках статора и фазного ротора магнитных полей, которые индуктируют в замкнувшихся витках поврежденной секции ток создающий свое локальное магнитное поле. При этом определение места нахождения этих магнитных полей осуществляется по разному. В связи с этим в работе

осуществляется оценка достоинств и недостатков всех этих методов.

Ключевые слова: Электрические машины, трёхфазные обмотки, витковые замыкания, «скрытые» повреждения, поиск поврежденной секции.

Введение

В электроэнергетике трехфазные электрические машины служат для преобразования электрической энергии в механическую энергию и наоборот [1;2;3]. Такое преобразование обычно осуществляется с помощью синхронных: генераторов, двигателей и компенсаторов, а также асинхронных генераторов и двигателей с короткозамкнутым и фазным ротором. Отличительной особенностью всех этих электрических машин является одинаковое исполнение обмоток статора и фазного ротора.

Как показывает практика эксплуатации этих электрических машин, чаще всего возникновение КЗ в обмотке статора или фазного ротора начинается со снижения диэлектрической прочности или повреждения витковой изоляции. При достаточном межвитковом напряжении в точке соприкосновения витков с такой изоляцией [4; 5]. Ее появление вызывает плавление замкнувшихся проводников, а затем и лежащих рядом проводников. Секционная изоляция более массивна, чем витковая. Поэтому, независимо от места расположения точки КЗ в пазу, первоначально увеличение размеров повреждения происходит в пределах одной секции. При этом, если защита электрической машины обладает высокой чувствительностью к витковым замыканиям (ВЗ) [6], то размеры повреждения не выходят за пределы поврежденной секции. В связи с этим достаточно часто образуется секция со «скрытым» повреждением. Определение места расположения секции со «скрытым» повреждением в обмотках статора и фазного ротора возникшей в результате ВЗ может осуществляться по разному.

Материалы и методы

Наиболее простым и не требующим специального оборудования является способ, в котором место повреждения обмотки статора или фазного ротора определяется визуально, то есть путем внешнего осмотра секций ремонтным персоналом. При этом диагностирующими признаком

повреждения является потемневшая, обуглившаяся или сгоревшая изоляции.

Достоинство этого способа заключается в его простоте. А основным недостатком является то, что при «скрытом» повреждении изоляции секции не всегда удастся ее обнаружить в том случае, когда релейная защита достаточно быстро отключила электрическую машину и остановила развитие аварии.

Если таким образом обнаружить поврежденную секцию не удастся, то можно воспользоваться способом, при котором обмотку фазы статора на некоторое время подключают к источнику пониженного напряжения, например, к сварочному трансформатору [7]. При этом поврежденную секцию обнаруживают по появлению дыма, потемнению или возгоранию изоляции.

Основным недостатком этого способа является то, что, нагрев поврежденной секции до получения необходимого результата может привести к повреждению изоляции прилегающих к ней секций.

К аналогичным результатам может привести использование для поиска поврежденной секции установка, которая изображена на рисунке 1. Для ее реализации статор 1 с помощью корпуса 2 электродвигателя закрепляется на экспериментальной установке 3. Соосно с ним на специальной стойке 4 устанавливается стальной цилиндр 5.

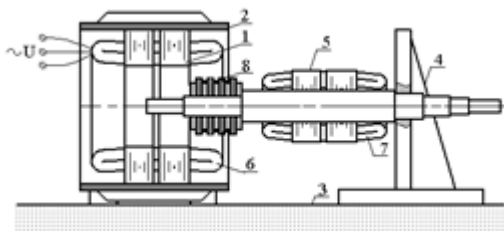


Рисунок 1 – Проверка обмотки статора на межвитковое замыкание

При проверке обмотки 6 статора 1 на ВЗ этот цилиндр вместо ротора двигается в статор. При этом обмотка 6 статора подключается к трехфазному напряжению. Если в ней ВЗ отсутствует, то величина тока во всех трех фазах обмотки статора будет одинаковая. При наличии в обмотке статора ВЗ появляется сильное гудение и нагрев этой обмотки статора в

области расположения замкнутых витков, а также дым и запах горелой изоляции. В данном случае определение места расположения поврежденной секции определяется приблизительно по месту расположения точки наибольшего нагрева обмотки статора.

При проверке фазной обмотки 7 ротора на этой экспериментальной установке его вместо стального цилиндра вдвигается в статор. При этом к трехфазному напряжению через контактные кольца 8. подключается обмотка 6 ротора. Наличие ВЗ в этой обмотке также обнаруживается по сильному гудению и нагреву обмотки в области расположения замкнутых витков.

Так как точно обнаружить приведенными способами поврежденную секцию не всегда удастся, то можно воспользоваться способом замера напряжения на секциях обмотки статора. Этот способ основан на том, что приложенное к обмотке статора напряжение распределяется равномерно по ее секциям, а число витков во всех секциях одинаково. Таким образом, напряжение на всех целых секциях будет одинаковым, а напряжение на секции с замкнутыми витками соответственно несколько меньше.

Для реализации этого способа обмотку статора подключают к источнику трехфазного напряжения такой величины, при которой ток в этой обмотке не превысит его номинальное значение. Замер напряжения каждой его секции осуществляется с помощью вольтметра, подключаемого выводам секций при снятой с них изоляции. Иногда в электрических машинах вместо снятия изоляции обмотки статора используется менее травматичный прокол изоляции в межсекционных переключках. Для чего применяют специальный измерительный щуп. Следует добавить, что этот способ можно использовать для поиска поврежденной секции в фазной обмотке ротора.

Этот способ прост в реализации. Однако его практически невозможно использовать в машинах с всыпными обмотками, так как в них, как правило, межсекционные соединения скрыты. В то время в высоковольтных машинах возникает проблема качественного восстановления целостности изоляции в местах ее прокола на машинах высокого напряжения.

Этого можно избежать, если воспользоваться простым способом, изложенным в [8], а его реализация приведена на рисунке 2. Это способ

поиска секции с замкнувшимися витками основан на измерении изменения конфигурации вращающегося магнитного поля вдоль воздушного зазора электрической машины. Для его реализации электрическая машина разбирается, а ее ротор вынимается и статора. Затем в этом статоре создают вращающееся магнитное поле. Для этого на обмотку статора подают трехфазное напряжение. Его величину выбирают таким, чтобы ток в обмотке статора не превышал номинальный. С этой целью обычно в качестве источника питания применяют либо один трехфазный понижающий трансформатор, либо три одинаковых однофазных понижающих трансформатора.

Для поиска поврежденной секции на внутренней поверхности магнитопровода статора помещают небольшой стальной шарик, например, от подшипника качения. Если обмотки статора исправны, то образованное током в них вращающееся магнитное поле равномерно. В этом случае шарик будет катиться равномерно по внутренней поверхности магнитопровода. Если одна из обмоток имеет ВЗ, то ток в замкнувшихся витках дополнительно к вращающему полю создает свое локальное пульсирующее с частотой 50 Гц. В связи с этим шарик остановится в месте расположения поврежденной секции. Если этого не происходит, то напряжение питания статора следует повысить. Однако в этом случае для предотвращения перегрева обмоток статора следует ограничивать время проверки.

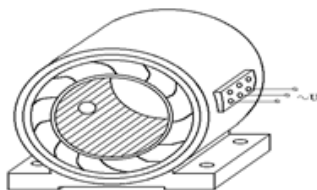


Рисунок 2 – Расположение элементов при определении поврежденной секции с помощью шарика

Кроме того, следует учитывать, что шарик с приличной скоростью может выскочить из корпуса электрической машины. Для предотвращения этого корпус электрической машины следует уложить на поверхность стола лобовой частью, а во внутреннюю полость сердечника статора

поместить опору для шарика в виде круга, например, из картона. В этом случае под воздействием собственного веса и магнитного поля статора шарик будет катиться по этому кругу, не вылетая за пределы электрической машины.

Недостатком этого способа поиска поврежденной секции является то, что он не позволяет точно определить пазы, в которые расположена поврежденная секция.

Достаточно совершенным и чувствительным способом выявления поврежденной секции обмотки статора являются способ, по которому работает выпускаемый промышленностью аппарат типа ЕЛ-1 [9]. Работа этого аппарата основана на измерении магнитного поля короткозамкнутых витков датчиком магнитного поля, который устанавливается на два зубца у одного из торцов сердечника статора. Это магнитное поле создается током в этих витках. В свою очередь ток в короткозамкнутых витках возникает под воздействием на них магнитного поля электромагнитного индуктора. Это индуктор устанавливается на те же два зубца, но у другого торца сердечника статора.

Схема устройства для реализации этого способа приведена на рисунке 3, где 1 и 2 – зубцы сердечника статора; 3 – паз сердечника статора; 4 – секция обмотки статора; 5 – индуктор магнитного поля; 6 – датчик магнитного поля; 7 – источник переменного тока; 8 – цифровой вольтметр.

Индуктор 5 магнитного поля представляет собой П-образный сердечник из ферромагнитного материала, на который наматывается обмотка. При диагностировании обмотки статора он устанавливается на два соседних зубца его сердечника. При подаче на его обмотку напряжения от источника 7 переменного тока в магнитной системе из сердечника статора, двух его зубцов и сердечника электромагнитного индуктора возникает магнитный поток Φ .

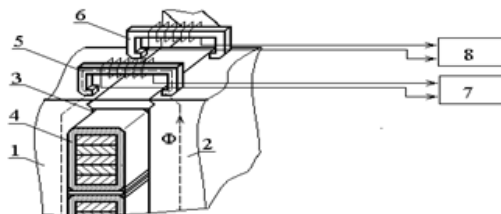


Рисунок 3 – Схема устройства для определения места расположения поврежденной секции

Датчик 6 магнитного поля также выполнен в виде П-образного сердечника из ферромагнитного материала, на который наматывается обмотка. Эта обмотка подключается на вход цифрового вольтметра. При диагностировании обмотки статора он устанавливается на те же зубцы.

В результате, если диагностируемая секция 4 не имеет замкнувшихся витков, то ток в ее витках возникающий под воздействием магнитного потока Φ от индуктора 5 магнитного отсутствует. В результате магнитное поле от витков секции, а, следовательно, напряжение на выходе обмотки датчика 6 магнитного поля будут равны нулю.

Если в диагностируемой секции имеются замкнувшиеся витки, то в этих витках под воздействием магнитного потока Φ от индуктора 5 магнитного поля появится ток. Этот ток создает поле, которое измеряется датчиком 6 магнитного поля. При этом на его выходе появится напряжение, о наличии которого проинформирует цифровой вольтметр 8.

Недостатком этого устройства является сложность реализации, вызванная наличием аксиальной составляющей магнитного поля в сердечнике статора от индуктора 5 магнитного поля. В связи с этим на выходе магнитного датчика 6 всегда имеется некоторое напряжение даже при отсутствии замкнувшихся витков в диагностируемой секции.

Однако такой способ определения места расположения поврежденной секции в обмотке статора оказался настолько удачным, что был использован в автоматических устройствах для испытания межвитковой изоляции и для выявления короткозамкнутых витков в обмотках статоров электрических машин [10; 11].

Несколько иначе построен способ выявления короткозамкнутых витков в обмотке статора электрических машин приведенный в [12].

Устройство для реализации этого способа содержит индукторы магнитного поля для индуктирования ЭДС в обмотке статора, датчики магнитного поля с П-образными сердечниками и индикатор, подключаемый к катушкам датчиков магнитного поля. Электрическая схема предлагаемого устройства и конструкция датчика магнитного поля приведены на рисунках 6,а и 6,б соответственно.

Источник переменного тока 1 питает систему из индукторов 2, 3 и 4 магнитного поля, которые индуктируют ЭДС в обмотке статора. Индуктор 4 магнитного поля предназначен для выравнивания электромагнитное поле вблизи обмотки 5 статора, которое создается индукторами 2 и 3 магнитного поля. Такое расположение индукторов магнитного поля позволяет получить ЭДС в короткозамкнутом витке, которая будет не зависеть от расположения этого витка в обмотке.

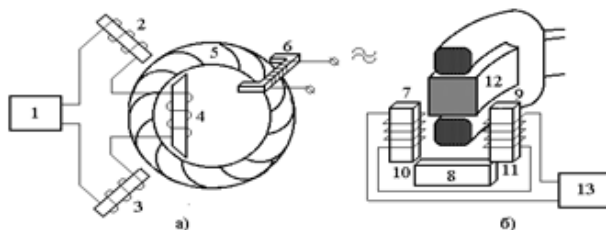


Рисунок 6 – Электрическая схема устройства для определения поврежденной секции и конструкция датчика магнитного поля

П-образный сердечник датчика 6 магнитного поля имеет сложную магнитную систему. Он состоит из трех ферромагнитных стержней 7, 8 и 9. Кроме того, эта магнитная система имеет два регулируемых воздушных зазора 10 и 11. Эти воздушные зазоры позволяют компенсировать влияние зазоров между сердечником статора 12, а также стержнями 7 и 9. Обмотки 13 и 14 соединяются согласно – последовательно. Такая конструкция в датчике 6 магнитного поля позволяет получить ЭДС на его выходе его обмотки, которая не будет зависеть от места расположения замкнувшегося витка. В этом случае количество короткозамкнутых витков в секции можно определить по величине этой ЭДС, которая замеряется вольтметром 13.

Недостатком этого устройства для выявления короткозамкнутых витков в обмотке статора является сложность конструкции и реализации, а

также невозможность использования на электрических машинах с недостаточно точно изготовленной лобовой части, имеющей малый вылет.

В некоторой степени этих недостатков лишено устройство для контроля качества обмоток статора и фазного ротора электрических машин [13], электрическая схема которого приведена на рисунке 7.

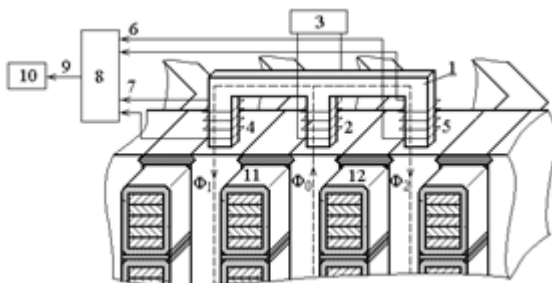


Рисунок 7 - Электрическая схема устройства для определения поврежденной секции и конструкция датчика магнитного поля

В этом устройстве для определения короткозамкнутых витков обмоток электрических машин измерительный элемент выполняют в виде Ш-образного магнитопровода 1 с обмотками. Его выполняют из ферромагнитного материала. Обмотка 2 возбуждения располагается на среднем стержне магнитопровода. Она подключается к источнику переменного тока 3. Сигнальная обмотка содержит две одинаковые катушки 4 и 5 намотанные на крайние стержни. Выводы этих катушек подключается к входам 6 и 7 схемы сравнения 8 двух электрических величин, на выход 9 которой подключается вольтметр 10.

Это устройство для определения короткозамкнутых витков обмоток электрических машин работает следующим образом. Для проверки целостности обмотки статора электрическая машина отключается от сети и разбирается с выемом ротора. В этом случае ток в элементах обмотки статора отсутствует. При подключении обмотки 2 возбуждения магнитопровода к источнику 3 переменного тока в элементах сердечника статора возникает магнитный поток . В Ш-образном магнитопроводе 1 он разделяется на одинаковые магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 . И если секции 11 и 12 обмотки статора не повреждены, то ЭДС индуцируемые в катушках 4 и 5

магнитными потоками и будут одинаковыми. Следовательно, напряжения на входах 6 и 7 схемы сравнения 8 также будут одинаковы, а напряжение, показываемое вольтметром 10, будет равно нулю.

Если, например, секция 11 обмотки статора повреждена, то в ее замкнутых витках магнитным потоком будет индуцироваться ЭДС, под действием которой в этих витках возникнет ток. Этот ток создает локальный магнитный поток, который накладывается на магнитный поток. В этом случае ЭДС индуцируемые в катушках 4 и 5 магнитными потоками и будут не одинаковыми. Следовательно, напряжения на входах 6 и 7 схемы сравнения 8 также будут не одинаковы, а вольтметр 10 покажет наличие напряжения.

Аналогичным образом осуществляется поиск секции с замкнутыми витками в обмотке фазного ротора асинхронного двигателя.

Как известно шаг по пазам статоров различных электрических машин различен. В связи с этим основным недостатком этого устройства для выявления короткозамкнутых витков в обмотке статора является сложность в изготовлении такой конструкции Ш-образного магнитопровода, с помощью которой можно было бы диагностировать электрические машины с различной величиной шага по пазам.

Результаты и обсуждение

Использование высокочувствительных защит от ВЗ, как правило, приводит к тому, что размер повреждения обмотки статора при ВЗ не выходит за пределы одной секции. При этом часто достаточно часто образуются секции со «скрытым» повреждением.

Анализ рассмотренных методов поиска поврежденной секции со «скрытым» повреждением в трехфазных обмотках показал, что окончательный выбор метода в каждом конкретном случае зависит от его возможностей и сложности его реализации.

Выводы

При отключении высокочувствительной защиты от ВЗ часто образуются секции со скрытыми секциями. Для того чтобы определить секции со скрытыми повреждениями существуют методы. В статье приводится обзор существующих методов, дается краткий анализ достоинств и недостатков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Петров, Г. Н.** Электрические машины. Ч. 2. Асинхронные и синхронные машины. – М. – Л. : Энергия, 1968. – 224 с.
- 2 **Вольдек, А. И.** Электрические машины. – Л. : Энергия, 1978. – 832 с.
- 3 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины. – М. : Энергия, 1980. – 909 с.
- 4 **Корогодский, В. И., Кужеков, С. Л., Паперно, Л. Б.** Релейная защита электродвигателей напряжением выше 1000 В. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 248 с.
- 5 **Ермолин, Н. П., Жерихин, И. П.** Надежность электрических машин. – Л. : Энергия, 1976. – 247 с.
- 6 **Виноградов, Н. В.** Обмотчик электрических машин. – М. : Высшая школа, 1973. – 344 с.
- 7 **Деро, А. Р.** Неполладки в работе асинхронного двигателя. – Л. : Энергия, 1976. – 97 с.
- 8 Как проверить состояние обмотки электрического двигателя [текст] [Электронный ресурс] – URL: – <https://remontka.com/1044-kak-proverit-sostoyanie-obmotki-elektricheskogo-dvigatelya/?ysclid=lqq53t04ei978513270>
- 9 Прибор для проверки обмоток электрических аппаратов и машин [текст] [Электронный ресурс] – URL: – <https://www.samarapribor.ru/main/el-15.html>.
- 10 А. С. № 597993. СССР. Автоматическое устройство для испытания межвитковой изоляции и выявления короткозамкнутых витков в обмотках статоров электрических машин / Бакрадзе, Г. Г., Каджая, М. М., Тедошвили, Р. В., Эбралидзе, Р. В.; опубл 05.03.1978., Бюл № 10 – 5с.
- 11 А. С. № 1071977. СССР. Устройство для испытания межвитковой изоляции обмоток статоров электрических машин / Зедгинидзе, Т. Г., Ноникашвили, Д. А., Ткешелашвили, З. А., Чачанидзе, О. В., Читишвили, К. М., Эбралидзе, Р. В.; опубл 07.02.1984., Бюл № 5 – 7с.
12. А. С. № 182795. СССР. Устройство для выявления короткозамкнутых витков / Буневичус, Б. А., Гинкас, М. Л., Альперавичус, Х. А.; опубл 09.06.1966., Бюл № 12 – 4с.

13 А. С. №501367. СССР. Устройство для определения короткозамкнутых витков обмоток электрических машин / Горбачевский, В. В., Иванов, В. В., Милоков, А. И.; опубл 30.01.1976., Бюл. №4 - 5с.

REFERENCES

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

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

3 **Ivanov-Smolenskij, A. V.** Elektricheskie mashiny [Electric machines] – 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]. – Moscow : Energoatomizdat, 1987. – 248 p.

5 **Ermolin, N. P., ZHerihin, I. P.** Nadezhnost' elektricheskikh mashin [Reliability of electric machines]. – L. : Energiya, 1976. – 247 p.

6 **Vinogradov, N. V.** Obmotchik elektricheskikh mashin [The winder of electric machines]. – Moscow : Vysshaya shkola, 1973. – 344 p.

7 **Dero, A. R.** Nepoladki v rabote asinhronnogo dvigatelya [Malfunctions in operation of an asynchronous motor]. – L.: Energiya, 1976. – 97 p.

8 Kak proverit' sostoyanie obmotki elektricheskogo dvigatelya [How to check the winding condition of an electric motor] [Electronic resource]. – URL: <https://remontka.com/1044-kak-proverit-sostoyanie-obmotki-elektricheskogo-dvigatelya/?vsclid=lqq53t04ei978513270> [Text].

9 Pribor dlya proverki obmotok elektricheskikh apparatov i mashin [A device for checking the windings of electrical devices and machines] [Electronic resource]. – URL: <https://www.samarapribor.ru/main/el-15.html> [Text].

10 А. С. № 597993. SSSR. Avtomaticheskoe ustrojstvo dlya ispytaniya mezhvitkovoј izolyacii i vyyavleniya korotkozamknutyh vitkov v obmotkah statorov elektricheskikh mashin [An automatic device for testing inter-turn insulation and detecting short-circuited turns in stator windings of electric

machines] / Bakradze, G.G., Kajaya, M.M., Tedoshvili, R.V., Ebralidze, R.V.; opubl 05.03.1978., Byul № 10 – 5p.

11 A. S. № 1071977. SSSR. Ustrojstvo dlya ispytaniya mezhvitkovojo izolyacii obmotok statorov elektricheskikh mashin [A device for testing inter-turn insulation of stator windings of electric machines] / Zedginidz, T. G., Nonikashvili, D. A., Tkeshelashvili, Z. A., Chachanidze, O. V., Chitishvili, K. M., Ebralidze, R.V.; opubl 07.02.1984., Byul № 5 – 7p.

12 A. S. № 182795. SSSR. Ustrojstvo dlya vyyavleniya korotkozamknutykh vitkov / Bunevichus, B.A., Ginkas, M.L., Al'peravichus, H.A [A device for detecting short-circuited coils / Bunevicius, B.A., Ginkas, M.L., Alperavicius, H.A]; opubl 09.06.1966., Byul № 12 – 4p.

13 A. S. №501367. SSSR. Ustrojstvo dlya opredeleniya korotkozamknutykh vitkov obmotok elektricheskikh mashin [A device for determining short-circuited coils of windings of electric machines] / Gorbachevsky, V. V., Ivanov, V. V., Milyukov, A. I; opubl 30.01.1976., Byul. №4 – 5p.

Поступило в редакцию 25.04.24.

Поступило с исправлениями 30.04.24.

Принято в печать 02.06.24.

**А. Н. Новожиллов, Д. К. Имангазинова*

Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

25.04.24 ж. баспаға түсті.

30.04.24 ж. түзетулерімен түсті.

02.06.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ҮШ ФАЗАЛЫ ОРАМАЛАРДАҒЫ ЗАҚЫМДАЛҒАН БӨЛІМДІ ІЗДЕУ ӘДІСТЕРІ

Үш фазалы айнымалы ток электр машиналарының айрықша ерекшелігі статор мен фазалық ротордың біркелкі жұмыс істеуі болып табылады. Бұл жағдайда мұндай сезімталдығы жоғары электр машиналарының статордың немесе фазалық ротордың орамаларында бұрылыс ақауларынан қорғаныс арқылы ажыратылуы көп ретте «жасасырын» зақымданған секцияның

пайда болуына алып келеді. Жұмыста статор мен ротор орамаларының «жасырын» зақымдалуы бар секцияларды анықтаудың барлық танымал әдістері талқыланады.

Олардың маңызды бөлігі статор және фазалық ротор орамаларында зақымдалған учаскені іздеу әдістеріне жатады, онда зақымдану диагностикалық белгісі күңгірттенген, күйген немесе күйген оқшаулау болып табылады. Сонымен қатар, бұл диагностикалық белгі токтардың әсерінен электр машинасының жұмысы кезінде де, оған арнайы құралдарды қосу арқылы диагностикалық процесс кезінде де пайда болуы мүмкін.

Әдістердің тағы бір бөлігі статор мен фазалық ротордың орамаларында зақымдалған учаскені іздеу үшін магнит өрістерін қолдануға негізделген, ол зақымдалған секцияның тұйықталған бұрылыстарында өзінің жергілікті магнит өрісін тудыратын тоқты индукциялайды. Сонымен бірге бұл магнит өрістерінің орналасқан жерін анықтау әртүрлі тәсілдермен жүзеге асырылады. Осыған байланысты жұмыста барлық осы әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері бағаланады.

Кілтті сөздер. Электр машиналары, үш фазалы орамдар, қысқа тұйықталу, «жасырын» зақымдану, зақымдалған бөлікті іздеу.

A. N. Novozhilov, D. K. Imangazinova

Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

Received 25.04.24.

Received in revised form 30.04.24.

Accepted for publication 02.06

METHODS OF SEARCHING FOR A DAMAGED SECTION IN THREE-PHASE WINDINGS

A distinctive feature of three-phase AC electrical machines is the identical design of stator and phase rotor. When such electrical machines are switched off by highly sensitive protection against turn faults in the

windings of the stator or phase rotor, a section with “hidden” damage is often formed in this case. The work discusses all the most well-known methods for identifying sections with “hidden” damage to the stator and wound rotor windings.

A significant part of them relates to those methods of searching for a damaged section in the stator and phase rotor windings, in which diagnostic sign of damage is darkened, charred or burnt insulation. Moreover, this diagnostic sign can arise under the influence of currents both during the operation of electrical machine and during the diagnostic process by connecting special means to it.

Another part of methods is based on use of magnetic fields to search for a damaged section in the windings of stator and phase rotor, which induce a current in closed turns of the damaged section that creates its own local magnetic field. At the same time, determining the location of these magnetic fields is carried out in different ways. In this regard, the work evaluates advantages and disadvantages of all these methods.

Keywords: Electrical machines, three-phase windings, turn faults, «hidden» damage, search for a damaged section.

Теруге 03.06.2024 ж. жіберілді. Басуға 28.06.2024 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

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

Тапсырыс №4248

Сдано в набор 03.06.2024 г. Подписано в печать 28.06.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

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

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

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

Заказ № 4248

«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