

МОБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЯКОРНЫХ ОБМОТОК КОЛЛЕКТОРНЫХ МАШИН

Шестаков И.В.¹

¹Омский государственный университет путей сообщения, Россия

Аннотация

Целью данной статьи является совершенствование существующих технических средств диагностирования состояния межвитковой изоляции. Рассматриваются средства, основанные на использовании принципа волновых откликов (ВО). В статье представлена конструкция мобильного устройства для тестирования изоляции якорных обмоток коллекторных машин по методу волновых откликов, описаны схемные решения и предложен алгоритм функционирования предлагаемого устройства.

Ключевые слова: метод волновых откликов, техническое диагностирование, межвитковая изоляция, алгоритм тестирования, автоматизация, диагностический критерий.

Актуальность проблемы, постановка задачи исследования

Изоляция электрических машин в процессе эксплуатации подвержена комплексному воздействию факторов различной природы. В результате происходит нарушение целостности изоляции и, как следствие, снижается величина коэффициента полезного действия, возникают локальные перегревы, а при отсутствии принятия своевременных мер, – выход из строя электрической машины. Таким образом, вовремя не обнаруженный отказ изоляции обмоток электрических машин ведет к значительным финансовым потерям. Особую значимость раннее выявление отказов и ускорения деградационных процессов приобретает в условиях повсеместного перехода от планового обслуживания оборудования к обслуживанию по состоянию [1].

Определение состояния межвитковой изоляции, само по себе, является сложным технологическим процессом, так как его невозможно реализовать методом прямых измерений, например, измерением сопротивления корпусной изоляции. Особенно остро вопрос диагностирования состояния межвитковой изоляции якорных обмоток стоит на железнодорожном транспорте, так как электрический подвижной состав железных дорог оборудован, в основном, тяговыми и вспомогательными электродвигателями постоянного тока.

Эксперименты и их результаты

Основной задачей исследований, проводимых автором, является разработка безопасной методики, позволяющей выявлять наличие повреждений в якорных обмотках коллекторных машин электрического подвижного состава железных дорог без изъятия якоря.

В данный момент активно ведется работа по определению применимости метода волновых откликов для решения поставленной задачи. Данный метод применяется в мировой практике для выявления повреждений обмоток силовых трансформаторов [2], изъятых якорей коллекторных машин [3] и асинхронных электродвигателей [4-6].

По итогам проведения ряда успешных испытаний по получению волновых откликов в якорных обмотках машин 2ПБ90МГ, 2ПН100Л, ПН-205, ПЗ1Н, ЭД-107 построен специализированный стенд [7]. Разработанный стенд, при всех своих преимуществах, не обладает мобильностью, необходимой для проведения эксплуатационных испытаний. На основании опыта, полученного при создании лабораторного стенда, а также в результате унификации электрических схем был создан прототип мобильного устройства для тестирования состояния изоляции якорных обмоток коллекторных машин методом волновых откликов (далее мобильное устройство) (рис. 1).

Алгоритм работы стенда заключается в следующем. Обмотка подключается к источнику постоянного тока через быстродействующий электронный ключ, рассчитанный на соответствующие режимы коммутации активно-индуктивной нагрузки. Управляющие сигналы поступают от контроллера на модуль гальванической развязки. В блоке гальванической развязки формируются сигналы управления драйвером ключа и сигнал синхронизации для устройства фиксации отклика. Под действием управляющих сигналов драйвер открывает и закрывает ключ, что вызывает кратковременное протекание тока в тестируемой обмотке. После того как протекание тока прерывается, в якорной обмотке возникает колебательный затухающий процесс, который фиксируется осциллографом. Параметры данного волнового процесса анализируются в соответствии с установленным алгоритмом.

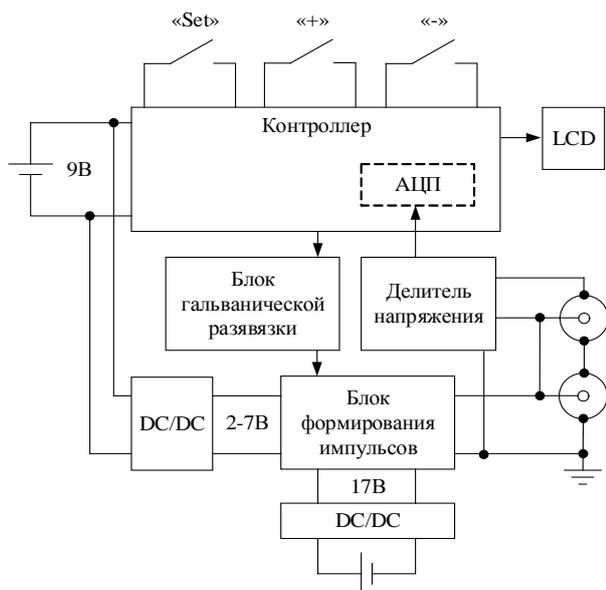


Рис. 1. Структурная схема мобильного устройства тестирования состояния изоляции якорных обмоток коллекторных машин методом волновых откликов

Установлено, что возникновение в обмотке межвиткового замыкания, эквивалентного замыканию двух соседних коллекторных пластин, приводит к заметному увеличению амплитуды волновых затухающих колебаний, при одновременном повышении их частоты [1]. Данный факт позволяет говорить о перспективности применения метода для раннего обнаружения межвитковых замыканий якорной обмотки, возникающих в процессе эксплуатации электродвигателя. Также отметим, что применение метода волновых откликов не подразумевает изъятия якоря или проведения серьёзных вмешательств в конструкцию электродвигателя. Для проведения испытаний необходимо только подсоединить соответствующие выводы испытательного оборудования к щёткам или соответствующим выводам клеммной коробки электродвигателя.

При построении мобильного устройства, технические решения, применённые в лабораторном стенде, дополнены контроллером Arduino на базе микроконтроллера AVR ATmega 328, обеспечивающим реализацию алгоритмов тестирования, а также ввод и вывод данных [8, 9]. Питание устройства осуществляется от двух батарей, обеспечивающих ему полную автономность. Для управления устройством на лицевой панели размещено три кнопки: «Set», «+» и «-». Вывод информации осуществляется на LCD-дисплей размером 12x2 символов. Для подключения измерительных кабелей от щёток тестируемого электродвигателя и входа осциллографа в верхней части устройства размещены два стандартных разъёма типа BNC. Пример подключения мобильного устройства приведён на рис. 2.

В ситуации, когда нет возможности применить для испытаний осциллограф, предусмотрен вывод ос-

новных параметров волновых откликов (период, амплитуда, обобщенный диагностический коэффициент [10]) на LCD-дисплей устройства, что позволяет производить испытания без применения дополнительных технических средств. Данная функция реализуется в результате того, что через делитель напряжения сигнал с входа блока поступает на вход АЦП контроллера.



Рис. 2. Пример подключения мобильного устройства тестирования состояния изоляции якорных обмоток коллекторных машин методом волновых откликов

При помощи специального алгоритма контроллер находит точки минимумов в каждом периоде волновых откликов и, на основании полученных данных, автоматически вычисляет параметры волновых откликов. Упрощённый алгоритм работы мобильного устройства представлен на рис. 3.

Для возможности обработки сигнала при помощи АЦП контроллера необходимо провести процедуру автоматической калибровки устройства. Калибровка заключается в подборе оптимальных значений параметров диагностических импульсов, при которых значения напряжения на входе АЦП не превышают заданного порога. Порог может быть изменён путём перепрограммирования контроллера. По умолчанию значение порога соответствует 0.7 входного диапазона АЦП.

При испытаниях в режиме «Простой тест» параметры диагностирующих импульсов могут быть изменены при помощи кнопок на лицевой панели устройства. В режиме «Автотест» изменение параметров диагностических импульсов невозможно. Но в этом режиме есть возможность выводить информацию о годности/негодности изоляции на основании установленных критериев, например, при изменении значения обобщенного диагностического параметра на 10% и более в процессе поворота якоря.

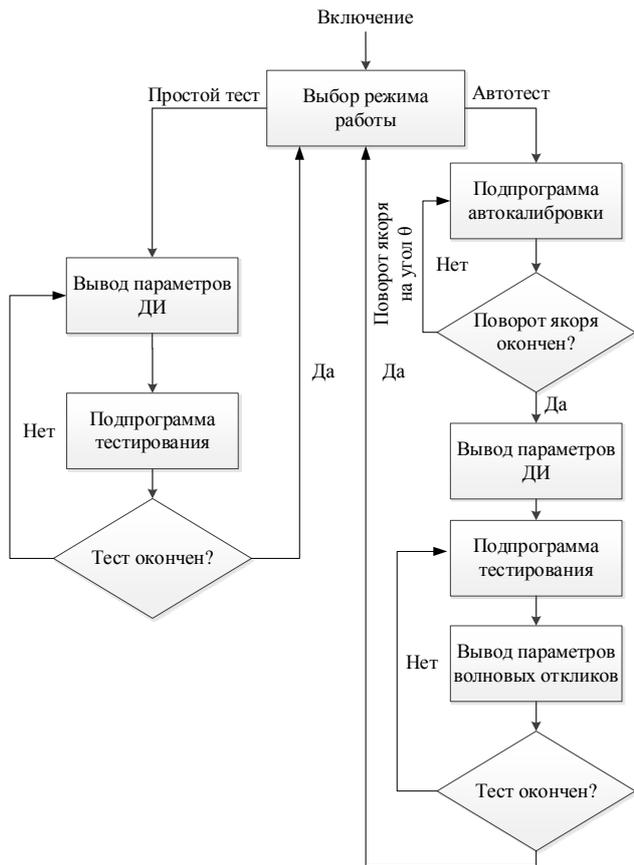


Рис. 3. Упрощенный алгоритм работы мобильного устройства тестирования состояния изоляции якорных обмоток коллекторных машин методом волновых откликов

Заключение

Разработанное и описанное в статье устройство обладает достаточной функциональностью для проведения необходимых научных исследований и эксплу-

атационных испытаний. Опыт, полученный при разработке мобильного устройства, является основой для разработки автоматизированной системы комплексного диагностирования состояния изоляции (АСКДИ) [11].

Список литературы

1. Харламов В.В., Шкодун П.К., Шестаков И.В. Тестирование межвитковой изоляции якорной обмотки тягового электродвигателя по методу волнового отклика // Известия Транссиба. 2015. №2(22). С. 39–45.
2. Lavrinovich V.A., Lavrinovich A.V., Mytnikov A.V. Development of advanced control state technology of transformer and electric motor windings based on pulsed method // Technical and Physical Problems of Power Engineering / Proceedings of 8th International Conferences, 5-7 September 2012, Ostfold University College, Fredrikstad, Norway, pp. 82-85.
3. Бегиев А.И., Тихонов В.А. Диагностическое оборудование для проверки якорей и статоров электродвигателей // Ремонт & Сервис. 2009. №1. С. 58–62.
4. Воробьев Н.П., Воробьева С.Н., Суханкин Г.В., Герцен Н.Т. Методы и приборы диагностирования изоляции асинхронных двигателей // Ползуновский вестник. 2011. №2/2. С. 261–269.
5. Decner A., Glinka T., Polak A. Diagnostic Tests Method of Turn to Turn Insulation. Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne. 2008, no.79, pp. 103-106.
6. Pollak A. The use of DC current to testing condition of the insulation of electrical machines // Przegląd Elektrotechniczny. 2013, no.1, pp. 123-131.
7. Харламов В.В., Шкодун П.К., Шестаков И.В. Испытательный стенд для тестирования межвитковой изоляции якорной обмотки тяговых электродвигателей подвижного состава // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава / Материалы третьей всероссийской науч.-техн. конф. с международным участием. Омск: ОмГУПС. 2015. Часть 1. С.90-95.
8. Пономаренко В.И., Караваев А.С. Использование платформы Arduino в измерениях и физическом эксперименте // Известия Вузов ПНД. 2014. Т.22. №4. С. 77-90.
9. Fisher D.K., Gould P.J. Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research // Modern Instrumentation. 2012. no.1. pp.8-20.
10. Харламов В.В., Шкодун П.К., Шестаков И.В. Применение методики волнового отклика для контроля технического состояния изоляции якорных обмоток машин постоянного тока // Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств / Материалы всероссийской науч.-техн. конф. с международным участием. Омск: ОмГУПС. 2015. С.77-83.
11. Харламов В.В., Шкодун П.К., Шестаков И.В. Автоматизированная система комплексной диагностики состояния изоляции тяговых электродвигателей // Известия Транссиба. 2015. №4(24). С. 62-68.

Материал поступил в редакцию 01.06.16

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

MOBILE DEVICE FOR DIAGNOSIS OF THE STATE OF ANCHOR WINDING ISOLATION IN COMMUTATOR MACHINES

Shestakov Ignat Valentinovich – Postgraduate Student
Omsk State Transport University, Russia. Phone: +7-9136-47-56-68. E-mail: igndrag@gmail.com

Abstract

The aim of this article is improvement of turn-to-turn insulation diagnostics technics, based on wave response method. Hardware and circuit design of mobile device for DC motors armature coils insulation testing are given. Operational algorithm of mobile devise is suggested.

Keywords: wave response method, technical diagnosis, turn-to-turn insulation, testing algorithm, automation, diagnostic aid.

References

1. Harlamov V.V., Shkodun P.K., Shestakov I.V., Testirovanie mezhvitkovoy izolyacii yakornoj obmotki tyagovogo ehlektrodvigatelya po metodu volnovogo otklika [Traction motor turn-to-turn insulation testing by wave response method] // Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]. 2015, vol. 2, no. 2, pp. 39–45. (In Russ.)
2. Lavrinovich V.A., Lavrinovich A.V., Mytnikov A.V. Development of ad-

- vanced control state technology of transformer and electric motor windings based on pulsed method. Proceedings of 8th International Conferences on "Technical and Physical Problems of Power Engineering". Fredrikstad: Ostfold University College, 2012, pp. 82-85.
3. Begiev A. I., Tihonov V. A. Diagnosticheskoe oborudovanie dlya proverki yakorej i statorov elektrodvigatelej [Diagnostics equipment for motor's armature and stator testing] // Repair & Service [Remont & Servis]. 2009 no.1, pp. 58–62. (In Russ.)
4. Vorob'ev N.P., Vorob'eva S.N., Suhankin G.V. Metody i pribory diagnostirovaniya izolyacii asinhronnyh dvigatelej [Methods and techniques for induction motor insulation testing] // Polzunovskiy vestnik [Polzunovskiy vestnik]. 2011, no. 2/2, pp. 261-269. (In Russ.)
5. Decner A., Glinka T., Polak A. Diagnostic Tests Method of Turn to Turn Insulation. – Zeszyty Problemowe – Maszyny Elektryczne. 2008, no. 79, pp. 103 – 106.
6. Pollak A. The use of DC current to testing condition of the insulation of electrical machines. – Przegląd Elektrotechniczny. 2013, no. 1, pp. 123–

- 131.
7. Harlamov V.V., Shkodun P.K., Shestakov I.V., Ispytatel'nyj stand dlya testirovaniya mezhvitkovoj izolyacii yakornoj obmotki tyagovyh ehlektrodvigatelej podvizhnogo sostava [Test-bench for diagnostics of traction motor armature coil turn-to-turn insulation] / Materialy III vsrossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem v trekh chastyah. Chast'1. Sekcija «Tehnologicheskoe obespechenie remonta i povysenie dinamicheskikh kachestv zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava» [Materials of III International Scientific & Technical Conference in 3 parts. Part 1. Technics of maintenance and improvement of rolling stock riding quality]. 2015. pp. 90–95. (In Russ.)
 8. Ponomarenko V.I., Karavaev A. S. Ispol'zovanie platformy Arduino v izmereniyah i fizicheskom ehksperimente [Using of Arduino platform for measurements and physics experiments] // Izv. Vuzov «PND» [Izvestiya VUZ. AND]. 2014, vol. 22, no. 4, pp. 77–90. (In Russ.)
 9. Fisher D.K., Gould P.J. Open-source hardware is a low-cost alternative for scientific instrumentation and research. *Modern Instrumentation*. 2012, vol. 1, p. 8.
 10. Harlamov V.V., Shkodun P.K., Shestakov I.V. Primenenie metodiki volnovogo otklika dlya kontrolya tekhnicheskogo sostoyaniya izolyacii yakornyh obmotok mashin postoyannogo toka [Applying of wave response method for armature coils of DC motors diagnostics] / Materialy vserossijskoj nauchno-tehnicheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Innovacionnye proekty i tekhnologii mashinostroitel'nyh proizvodstv [Materials of all-Russian Scientific & Technical Conference. Innovation projects and technologies in engineering industry]. Omsk: OSTU, 2014, pp.77-83. (In Russ.)
 11. Harlamov V.V., Shkodun P.K., Shestakov I.V., Avtomatizirovannaya sistema kompleksnoj diagnostiki sostoyaniya izolyacii tyagovyh ehlektrodvigatelej [Automated system for full diagnostics of traction motor insulation system] // Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]. 2015, vol. 23, no. 3, p. 62-68. (In Russ.)

Received 01/06/16

Шестаков И.В. Мобильное устройство для диагностирования состояния изоляции якорных обмоток коллекторных машин // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2016.Т.6. №2. С. 28-31

Shestakov I.V. Mobile device for diagnosis of the state of anchor winding isolation in commutator machines // *Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii* [Modern Problems of Russian Transport Complex]. 2016, vol. 6, no. 2, pp.28-31