

И.Г. Полищук, В.О. Банденок, М.Э. Скоробогатов, В.А. Алексеенко

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ПЕРСПЕКТИВЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ В СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Аннотация. Техническое обслуживание железнодорожного транспорта является важным фактором эксплуатации и безопасности. С помощью проверок можно диагностировать неисправности и снизить риск последствий отказа во время эксплуатации. Любая серьезная неисправность железнодорожного транспортного средства может оказать значительное влияние на экономику и безопасность. В настоящее время для диагностики технического состояния железнодорожных транспортных средств можно использовать множество инструментов. В статье проведён обзор устройств для комплексной оценки показателей надёжности реле железнодорожной автоматики, а также перспективы использования методов акустической диагностики.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, электромагнитные реле, автоматика, акустическая диагностика, метод.

I.G. Polishchuk, V.O. Bandenok, M.E. Skorobogatov, V.A. Alekseenko

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

PROSPECTS FOR ASSESSING THE STATE OF ELECTROMAGNETIC RELAYS IN SYSTEMS OF RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS BY THE METHOD OF ACOUSTIC CONTROL

Abstract. Rail transport maintenance is an important operational and safety factor. With the help of checks, faults can be diagnosed and the risk of the consequences of a failure during operation can be reduced. Any major malfunction of a railway vehicle can have a significant economic and safety impact. Currently, many tools can be used to diagnose the technical condition of railway vehicles. The article reviews devices for a comprehensive assessment of the reliability indicators of railway automation relays, as well as the possibility of using acoustic diagnostic sensors.

Key words: railway transport, electromagnetic relays, automation, acoustic diagnostics, method.

Введение

Электромагнитные реле обеспечивают хорошо зарекомендовавшее себя решение для переключения нагрузок в различных областях применения. Первые модели электромагнитных реле начали появляться в первой половине XVIII века, и являлись переключателем с электрическим приводом [1]. Основной принцип большинства реле заключается в использовании электромагнита для приведения в действие механизма переключения [2-4]. Реле используются для управления цепями с помощью сигнала малой мощности и обеспечивают полную изоляцию между устройством управления и контролируемой цепью.

Электромагнитные реле имеют множество применений [5], так впервые они использовались в телефонии и телефонных станциях, а также в ранних вычислительных системах. Современные области применения реле по-прежнему многочисленны и разнообразны: усиление сигнала, переключение больших объемов энергии при небольшой рабочей мощности, промышленный контроль станков, передаточных машин и другого последовательного управления.

Преимуществами электромагнитных реле являются их способность выдерживать высокие токи и скачки перенапряжения, а также отсутствие тока утечки. Однако их главным недостатком является ожидаемая продолжительность жизни, которая невелика по сравнению с их твердотельным аналогом [6]. Ограничение надежности электромагнитных реле связано с механическим износом внутренних переключающих элементов, фактически, срок службы

реле может определяться сроком службы контактов. Залипание якоря и сваривание контактов могут привести к нарушениям условий безопасности в критически важных системах, таких как электрическая централизация и автоблокировка, а также к затратам, связанным с задержкой поездов.

Традиционные методы оценки показателей надёжности электромагнитных реле

Надёжностью электромагнитных реле было посвящено множество исследований [7-13]. Прогнозирование срока службы реле, определяется с помощью таких показателей деградации, как динамическое контактное сопротивление, время срабатывания, время отпускания, продолжительность отскока, коэффициент флуктуации. Кроме того, важным фактором, влияющим на надёжность реле является окружающая среда, так, перенос материала в контактный зазор, совместное влияние энергии дуги и форма контактной поверхности негативно воздействуют на скорость разрушения контактного зазора.

Разработка методов измерений и автоматизированных измерительных стендов для проверки параметров реле железнодорожной автоматики началась еще в 70-е годы XX века. Изначально для измерения механических параметров без снятия кожуха предлагалось использовать токовихревой измеритель перемещения якоря, который позволял получить на выходе напряжение пропорциональное координате якоря.

Модернизированные стенды для измерения механических параметров реле без снятия кожуха предполагали использование дополнительно к токовихревому датчику положения якоря оптоэлектронный измерительный преобразователь на базе лазерного излучателя и пироэлектронного приемника излучения.

Следующее поколение устройств для комплексной оценки показателей надёжности появилось после активного внедрения во все области науки и техники микроконтроллеров, позволяющих получать и обрабатывать информацию в цифровом виде [14-16]. Были представлены автоматизированный комплекс РТУ для проверки характеристик реле (АРМ-РТУ-Р) и для проверки релейных блоков железнодорожной автоматики (АРМ-РТУ-Б). Автоматизированный комплекс позволяет вычислять механические параметры реле: совместный ход контактов; неодновременность замыкания и размыкания контактов; межконтактные зазоры в различных положениях якоря. Кроме этого, АРМ-РТУ-Р позволяет определять наличие дребезга контактов, а также наличие или отсутствие прямого и полного срабатывания.

Для получения точной характеристики механизма отказа может потребоваться несколько параметров деградации. Из-за сложности определения модели, которая может предсказать ухудшение состояния всего электромагнитного реле, большинство методов оценки надёжности были основаны на методах временных рядов и регрессии. Однако результаты такой оценки показали, что на прогнозируемую точность большое влияние оказывают сложные вариации характерных параметров, и в результате она иногда становится слишком низкой, чтобы ее можно было принять. Поэтому для повышения точности был предложен метод оценивания надёжности электромагнитных реле с помощью акустической диагностики.

Применение метода акустического контроля на железнодорожном транспорте

В области акустической диагностики было разработано множество методов. Большинство из них сосредоточены на диагностике состояния подшипников осей, поскольку они относятся к критически важным компонентам безопасности, и их выход из строя всегда приводит к серьезным последствиям. Одним из наиболее сложных методов акустической диагностики является метод акустической эмиссии, используемый для диагностики неисправностей колесной оси.

Акустическая диагностика железнодорожных транспортных средств является относительно простым методом, который можно использовать для обнаружения потенциальных неисправностей в движущихся частях устройств, например двигателях, колесных парах, трансмиссиях, валах, компрессорах. В случае сбоя на таком устройстве

степень неисправности показывает наличие доминирующей частоты, которой не было на совершенно новом устройстве или во время последнего измерения.

Преимущество этого метода заключается в том, что нет необходимости разбирать какую-либо часть устройства и можно контролировать большой диапазон параметров.

Необходимым оборудованием для акустической диагностики является звуковой анализатор с несколькими входами. Полезно использовать несколько входных данных для сравнения параметров и оценки статистических данных. Для локализации конкретной неисправности можно использовать акустическую камеру с заранее заданным диапазоном частот.

Для обнаружения неисправности необходимо выполнить осмотр реле. Если требуется диагностика оборудования железнодорожного транспортного средства (например, компрессоров, вентиляционных отверстий и т.д.), достаточно обнаружения на неподвижном транспортном средстве.

Схему системы акустической диагностики можно увидеть на рисунке 1, собранная информация в конечном итоге будет сохранена в базе данных, расположенной в диспетчерской, для дальнейшего анализа.

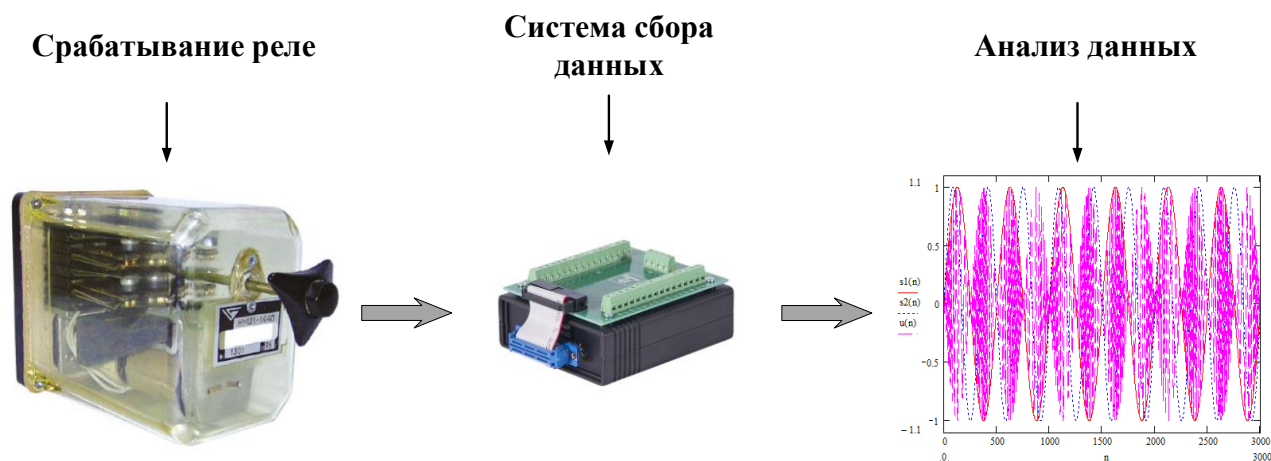


Рис. 1. Система мониторинга на основе акустической диагностики

Акустическая диагностика электромагнитного реле в целом требует особенно тщательного обоснования методики и режимов испытания; обычно такие испытания, как правило, являются сравнительными и проводятся на специальных стендах. При этих испытаниях обычно используются типовые испытательные машины и стенды для испытания на усталость, например, прессы с гидропульсаторами или специальные электромагнитные возбудители вибраций, работающие, как правило, в резонансном режиме. Исходными данными для разработки методики таких испытаний являются статические закономерности изменения нагрузок и напряжений.

Заключение

В последние годы интенсивно изучались возможности использования технической акустики в качестве инструмента для поиска качественного диагностического ответа на фактическое техническое состояние железнодорожных транспортных средств непосредственно в реальных условиях эксплуатации поездов на железных дорогах. На начальных этапах исследований в этой области были получены результаты, которые представляют широкий спектр возможностей для контроля и объективизации фактического технического состояния конструктивных элементов железнодорожных элементов.

В частности, использование акустического метода контроля позволит проводить проверку и анализировать фактическое техническое состояние реле железнодорожной автоматики и телемеханики, что будет способствовать увеличению их межповерочного интервала в РТУ.

Библиографический список

1. Храмой А. В. О двух важных этапах в истории электроавтоматики (рус.) // *Электричество* : журнал. — 1950. — Декабрь. — С. 72—77.
2. Сороко, В. И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики / В. И. Сороко, Ж. В. Фотькина // *Справочник*: в 4 кн. Кн. 2. - 4-е изд. - М.: ООО "НПФ "Планета", 2013 - 1048 с.
3. Коллакот, Р. А. Диагностирование технического оборудования / Р. А. Коллакот ; под ред. Ю. Н. Мясникова; пер. с англ. – Л. : Судостроение, 1980.
4. Иванов, Д. И. Прогнозирование надежности электромагнитных реле / Д. И. Иванов, Ю. В. Гуськов // *Дорожно-транспортный комплекс: состояние, проблемы и перспективы развития* : статьи участников XX Республиканской технической научно-практической конференции, Чебоксары, 18 марта 2021 года. – Чебоксары: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» волжский филиал, 2021. – С. 8-12. – EDN UELBXH.
5. Филина, А. В. Использование электромагнитного реле для автоматического перезапуска устройства / А. В. Филина, Д. А. Казакова // *Энерго- и ресурсосбережение - XXI век* : Материалы XIX международной научно-практической конференции, Орёл, 10–12 ноября 2021 года / Под редакцией А.Н. Качанова, Ю.С. Степанова. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2021. – С. 48-51. – EDN КНАВНК.
6. Бабий, А. С. Нейтральные реле систем железнодорожной автоматики и телемеханики / А. С. Бабий // *Вопросы устойчивого развития общества*. – 2021. – № 6. – С. 743-749. – EDN AEUOVP.
7. Baranov, L. A. The object according state prediction to diagnostic data / L. A. Baranov, E. P. Balakina, A. I. Godyaev // *Journal of Physics: Conference Series, Vladivostok*, 07–08 октября 2021 года. – Vladivostok, 2021. – P. 012121. – DOI 10.1088/1742-6596/2096/1/012121. – EDN ИААВRF.
8. Грачев, Г. Н. Автоматизированный комплекс ремонтно-технологического участка для проверки реле и релейных блоков / Г. Н. Грачев, К. О. Колюжный, Ю. А. Липовецкий // *Автоматика, телемеханика и связь*. – 1993. – № 5. – С.19–21.
9. Разгонов, А. П. Стенд для автоматической проверки параметров реле СЦБ / А. П. Разгонов, А. Н. Байдуж // *Автоматика, телемеханика и связь*. – 1991. – № 2. – С. 13–16.
10. Соболева, Е. А. Разработка лабораторного стенда для исследования электрических характеристик и временных параметров реле постоянного тока / Е. А. Соболева, В. А. Алексеенко, М. Э. Скоробогатов // *Молодая наука Сибири*. – 2022. – № 3(17). – С. 126-133. – EDN DTEZZT.
11. Миронов, Б. М. Разработка лабораторной установки для исследования временных параметров электромагнитных реле с использованием микропроцессорного контроллера / Б. М. Миронов // *Транспортная инфраструктура Сибирского региона*. – 2018. – Т. 1. – С. 325-328. – EDN XSHYGT.
12. Тренажеры для изучения микропроцессорных систем ЖАТ / С. А. Лунев, С. В. Гришечко, С. Л. Лисин [и др.] // *Автоматика, связь, информатика*. – 2019. – № 5. – С. 40-42. – DOI 10.34649/AT.2019.5.5.004. – EDN TQILGV.
13. Копанев, М. В. Формирование профессиональных компетенций при выполнении лабораторного практикума с применением специализированных лабораторных стендов / М. В. Копанев, В. А. Алексеенко // *Проблемы и пути развития профессионального образования* : Сборник статей Всероссийской научно-методической конференции, Иркутск, 15–18 апреля 2019 года. – Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 182-185. – EDN KSTXBM.
14. Теория и применение цифровой обработки сигналов / пер. с англ. Б. Гоулд ; под ред. Ю. И. Александрова. – М. : Мир. – 1982. – 848 с.

15. Оценка эффективности локомотивного цифрового фильтра АЛСН при помощи полунатурных измерений / М. Э. Скоробогатов, А. В. Пультяков, В. В. Демьянов, В. А. Алексеенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1(81). – С. 62-69. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_62. – EDN НКУСЛР.

16. Пультяков, А. В. Комплексные решения по повышению устойчивости работы устройств автоматической локомотивной сигнализации на участках с электротягой переменного тока / А. В. Пультяков, Ю. А. Трофимов, М. Э. Скоробогатов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2015. – Т. 1. – С. 328-332. – EDN UNWJAP.

REFERENCES

1. Khramov A.V. On two important stages in the history of electroautomatics (Russian) // *Electricity: journal*. - 1950. - December. - S. 72-77.

2. Soroko, V. I. Equipment for railway automation and telemechanics / V. I. Soroko, Zh. V. Fotkina // *Handbook: in 4 books. Book. 2.* - 4th ed. - M.: OOO "NPF "Planeta", 2013 - 1048 p.

3. Kollakot, R. A. Diagnostics of technical equipment / R. A. Kollakot; ed. Yu. N. Myasnikova; per. from English. - L.: Shipbuilding, 1980.

4. Ivanov, D. I. Forecasting the reliability of electromagnetic relays / D. I. Ivanov, Yu. V. Guskov // *Road transport complex: state, problems and development prospects: articles of the participants of the XX Republican Technical Scientific and Practical Conference, Cheboksary, March 18, 2021.* - Cheboksary: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Automobile and Highway State Technical University (MADI)" Volga branch, 2021. - P. 8-12. – EDN UELBXH.

5. Filina, A. V. The use of an electromagnetic relay for automatic restart of the device / A. V. Filina, D. A. Kazakova // *Energy and resource saving - XXI century: Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference, Orel, 10–12 November 2021 / Edited by A.N. Kachanova, Yu.S. Stepanova.* – Oryol: Oryol State University named after I.S. Turgenev, 2021. - S. 48-51. – EDN KHABHK.

6. Babiy, A.S. Neutral relays of railway automation and telemechanics systems / A.S. Babiy // *Issues of sustainable development of society.* - 2021. - No. 6. - P. 743-749. – EDN AEUOV.

7. Baranov, L. A. The object according state prediction to diagnostic data / L. A. Baranov, E. P. Balakina, A. I. Godyaev // *Journal of Physics: Conference Series, Vladivostok, 07–08 октября 2021 года.* – Vladivostok, 2021. – P. 012121. – DOI 10.1088/1742-6596/2096/1/012121. – EDN IHAWRF.

8. Grachev, G. N., Kolyuzhny K. O., Lipovetsky Yu. A. Automated complex of the repair and technological area for testing relays and relay blocks // *Automation, telemechanics and communication.* - 1993. - No. 5. - С.19–21.

9. Razgonov, A.P. Stand for automatic testing of the parameters of the signaling relay / A.P. Razgonov, A.N. Baiduzh // *Automation, telemechanics and communication.* - 1991. - No. 2. - S. 13-16.

10. Soboleva, E. A. Development of a laboratory stand for the study of electrical characteristics and time parameters of a DC relay / E. A. Soboleva, V. A. Alekseenko, M. E. Skorobogatov // *Young Science of Siberia.* - 2022. - No. 3 (17). - S. 126-133. – EDN DTEZZT.

11. Mironov, B. M. Development of a laboratory facility for the study of time parameters of electromagnetic relays using a microprocessor controller / B. M. Mironov // *Transport infrastructure of the Siberian region.* - 2018. - Т. 1. - S. 325-328. – EDN XSHYGT.

12. Lunev S. A., Grishechko S. V., Lisin S. L. [et al.] Simulators for studying ZhAT microprocessor systems // *Automation, communication, informatics.* - 2019. - No. 5. - P. 40-42. – DOI 10.34649/AT.2019.5.5.004. – EDN TQILGV.

13. Kopanov, M. V. Formation of professional competencies when performing a laboratory workshop using specialized laboratory stands / M. V. Kopanov, V. A. Alekseenko // *Problems and ways of developing professional education: Collection of articles of the All-Russian Scientific and*

Methodological Conference, Irkutsk , April 15–18, 2019. - Irkutsk: Irkutsk State University of Communications, 2019. - P. 182-185. – EDN KSTXBM.

14. Theory and application of digital signal processing / per. from English. B. Gould; ed. Yu. I. Aleksandrova. – M.: Mir. - 1982. - 848 p.

15. Evaluation of the efficiency of the locomotive digital filter ALSN using semi-natural measurements / M. E. Skorobogatov, A. V. Pulyakov, V. V. Demyanov, V. A. Alekseenko // Bulletin of the Rostov State Transport University. - 2021. - No. 1 (81). - S. 62-69. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_1_62. – EDN HKUSLR.

16. Pulyakov, A. V. Integrated solutions to improve the stability of the operation of automatic locomotive signaling devices in areas with AC electric traction / A. V. Pulyakov, Yu. A. Trofimov, M. E. Skorobogatov // Transport infrastructure of the Siberian region. - 2015. - Т. 1. - S. 328-332. – EDN UNWJAP.

Информация об авторах

Полищук Игорь Геннадьевич – студент группы ЭЖД.1-19-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: gothic147@mail.ru

Банденок Владимир Олегович – студент группы ЭЖД.1-19-1, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: bandenok.vova@mail.ru

Скоробогатов Максим Эдуардович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Skor_maxim@mail.ru

Алексеенко Владимир Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: bezvoprosov03@mail.ru

Information about the authors

Polishchuk Igor Gennadyevich – Student group EZD.1-19-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: gothic147@mail.ru

Bandenok Vladimir Olgovich – Student group EZD.1-19-1, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: bandenok.vova@mail.ru

Skorobogatov Maxim Eduardovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Remote Control and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Skor_maxim@mail.ru

Alekseenko Vladimir Aleksandrovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Remote Control and Communication, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: bezvoprosov03@mail.ru