

Е.А. Соболева, В.А. Алексеенко, М.Э. Скоробогатов

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЛЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Аннотация. На сегодняшний день актуальной задачей в процессе реализации программ высшего образования является формирование у обучающихся практических навыков работы с реальным оборудованием. Нейтральные электромагнитные реле постоянного тока широко применяются в аппаратуре железнодорожной автоматики и телемеханики, поэтому знание основных принципов и особенностей их работы является необходимым условием для изучения систем управления движением поездов.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой специализированных лабораторных стендов для выполнения лабораторных работ с целью формирования практических навыков в рамках изучения дисциплин железнодорожной автоматики и телемеханики.

Ключевые слова: электромагнитное реле, лабораторный стенд, автоматика и телемеханика, электрические характеристики, временные параметры, нейтральные реле, постоянный ток.

E.A. Soboleva, V.A. Alekseenko, M.E. Skorobogatov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

DEVELOPMENT OF A LABORATORY STAND FOR THE STUDY OF ELECTRICAL CHARACTERISTICS AND TIME PARAMETERS OF A DC RELAY

Abstract. To date, an actual task in the process of implementing higher education programs is the formation of students' practical skills to work with real equipment. Neutral electromagnetic direct current (DC) relays are widely used in railway automation and telemechanic equipment, therefore, knowledge of the basic principles and characteristics of their operation is a prerequisite for studying train control systems.

The article study problem related to the development of specialized laboratory stands when performing laboratory work for the formation of practical skills as part of the study of disciplines of railway automation and telemechanic.

Keywords: electromagnetic relay, laboratory stand, automation and telemechanic, electrical rating, timing parameters, neutral relay, DC.

Введение

В настоящее время, несмотря на интенсивное развитие и широкое внедрение современных микропроцессорных и вычислительных устройств на железнодорожном транспорте, электромагнитные реле по-прежнему являются основными элементами систем регулирования движением поездов на перегонах и станциях [1, 2].

Широкое применение электромагнитных реле в устройствах автоматики на железнодорожном транспорте обусловлено высокой надежностью работы в сложных климатических условиях и относительной простотой эксплуатации (для обслуживания не требуется высококвалифицированный персонал и применения сложной измерительной техники) [2].

Оценка оснащения объектов железнодорожного транспорта системами сигнализации, централизации и блокировки, а также анализ развития современных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) показывают, что электромагнитные реле будут применяться еще достаточно длительный период времени [2, 3]. Прежде всего, это связано с тем, что схемотехника устройств ЖАТ довольно консервативна, к тому же до сих пор не разработаны полупроводниковые элементы, являющиеся равноценной заменой

электромагнитных реле первого класса надежности, обеспечивающие безопасность движения поездов [1, 4].

Поэтому, актуально, что в рамках изучения дисциплины «Инфраструктура железных дорог» для студентов специальностей «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», «Эксплуатация железных дорог» и «Технология транспортных процессов» предусмотрены лабораторные работы по исследованию конструкции и свойств электромагнитных реле железнодорожной автоматики и телемеханики.

Постановка задачи

На сегодняшний день для освоения компетенций, предусмотренных рабочей программой дисциплины в лаборатории «Системы автоматики, телемеханики и связи» кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» ИрГУПС в качестве лабораторного оборудования использовались отдельные реле и приборы, соединенные навесным монтажом, что создавало определенные неудобства при выполнении лабораторных работ.

В связи с этим было принято решение на основе подхода, разработанного преподавателями кафедры [5], создать полноценный стенд для изучения электрических характеристик и временных параметров электромагнитных реле постоянного тока.

При выборе реле, исследуемых с помощью стенда, учитывались класс надежности реле и принцип действия реле для установления их различия по электрическим характеристикам, время срабатывания и отпускания реле для установления их различия по временным параметрам. Нет необходимости исследовать все типы реле, так как реле одного принципа действия имеют схожие конструктивные особенности основных узлов.

После предварительного анализа в качестве исследуемой аппаратуры были выбраны реле разного принципа действия: комбинированные КМШ-750, нейтральные НМШ1-1800, РЭЛ2 и 1Н и поляризованные ПМПУШ-150/150, для исследования временных параметров были также добавлены реле (НМШМ1-180 и РЭЛ2М), имеющие конструктивное замедление. Характеристики выбранных типов реле приведены в таблице 1 [6].

Таблица 1 – Характеристики реле

Тип реле	Сопротивление обмоток, Ом	Напряжение отпускания, не менее, В	Напряжение срабатывания, не более, В	Напряжение переброса якоря, В	Номинальное напряжение питания, В	Предельное напряжение, В	Время отпускания, не менее, с
НМШ1-1800	2*900	6-9	16	-	24	45	-
ПМПУШ-150/150	2*150	-	-	10-16	24	36	-
КМШ-750	2*375	6	20	35-5	24	60	-
РЭЛ2	2*1200	4,5	16	-	24	32	-
1Н	2*675	5	16	-	24	32	-
РЭЛ2М	2*500	4	14,5	-	24	32	0,3 (0,27)
НМШМ1-180	1*180	2,3	7,5	-	12	20	0,40 (0,45)

Выбор вспомогательного оборудования и основных конструктивных решений основан на методике, описанной в работе [7].

В качестве источника питания для стенда выбран внешний источник постоянного напряжения и тока Masters RXN-305D. Внешний вид которого представлен на рисунке 1.

Основными характеристиками регулируемого источника постоянного напряжения и тока Masters RXN-305D [8] являются:

- входное напряжение – 110/220±10% В;
- выходное напряжение – 0-30 В;
- стабильность напряжения: ≤0,01% + 2 мВ;
- время восстановления ≤100 мкс;
- размеры – 32*17*20 см;
- вес – 5,2 кг.



Рис. 1. Источник постоянного напряжения и тока Masters RXN-305D

В качестве измерителя временных параметров выбрано устройство, которое используется в ремонтно-технологических подразделениях дистанций СЦБ – измеритель параметров реле Ф291 [9]. Внешний вид устройства представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Измеритель параметров реле Ф291

Основными характеристиками прибора для измерения временных характеристик Ф291 являются:

- входное напряжение – 220 В;
- потребляемая мощность – 20 В·А;
- измерение интервалов времени – до 100000 мс;
- класс точности – 0,005/0,004;
- размеры – 13,4*21*27 см;
- вес – 4 кг.

Разработка конструкции стенда

Конструкция лабораторного стенда разрабатывалась с учетом особенностей места расположения в учебной лаборатории кафедры «Автоматика, телемеханика и связь» и эргономики его использования обучающимися.

Коммутационная панель станда должна обеспечивать быстрый выбор исследуемых объектов с минимальными затратами усилий со стороны обучающихся. Стенд должен соответствовать всем требованиям охраны труда и электробезопасности.

При помощи станда можно исследовать следующие электрические характеристики электромагнитных реле:

- напряжение срабатывания;
- напряжение полного подъема;
- напряжение отпускания.

А также дополнительно временные параметры работы реле:

- время срабатывания фронтных контактов;
- время срабатывания тыловых контактов;
- время отпускания фронтных контактов;
- время отпускания тыловых контактов.

Особенности исследуемых характеристик и параметров электромагнитных реле железнодорожной автоматики и телемеханики подробно рассмотрены в [6, 10].

После определения перечня исследуемых объектов, выбора вспомогательного оборудования и описания исследуемых характеристик и параметров были разработаны электрическая схема и конструкция основной панели станда, представленные на рисунках 3 и 4 соответственно.

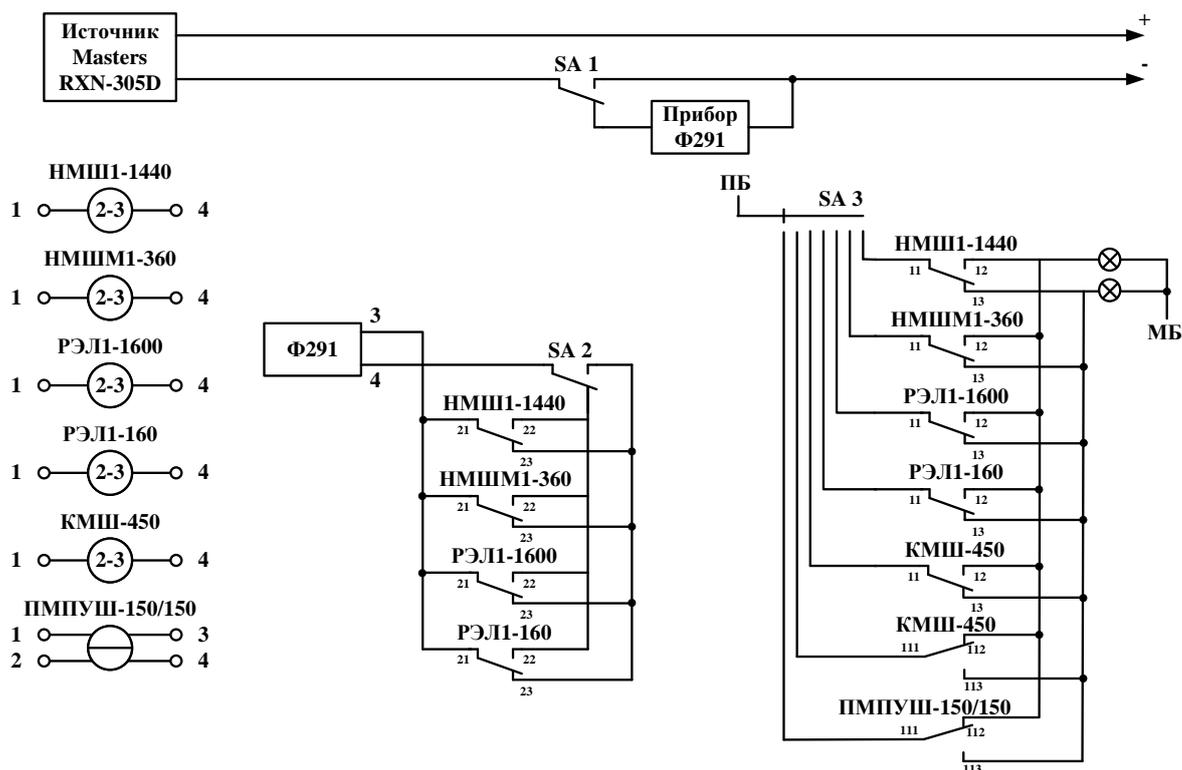


Рис. 3. Электрическая схема станда

Подключение исследуемых реле к измерительному оборудованию осуществляется при помощи галетных переключателей, а питание на обмотку подается через отдельные клеммные зажимы. Предусмотрена также световая сигнализация замыкания контактов реле.

Лицевая панель станда выполнена из стального листа толщиной 4 мм, который является жесткой конструкционной основой, необходимой для установки розеток

исследуемых реле. Под реле на лицевой панели нанесены их мнемосхемы и установлены клеммы для подключения источника питания. Также предусмотрена одна «пустая» розетка для подключения реле типа НМШ по выбору преподавателя. Над панелью будет находиться вспомогательное оборудование: регулируемый источник постоянного напряжения и тока Masters RXN-305D и прибор для измерения временных характеристик Ф291.

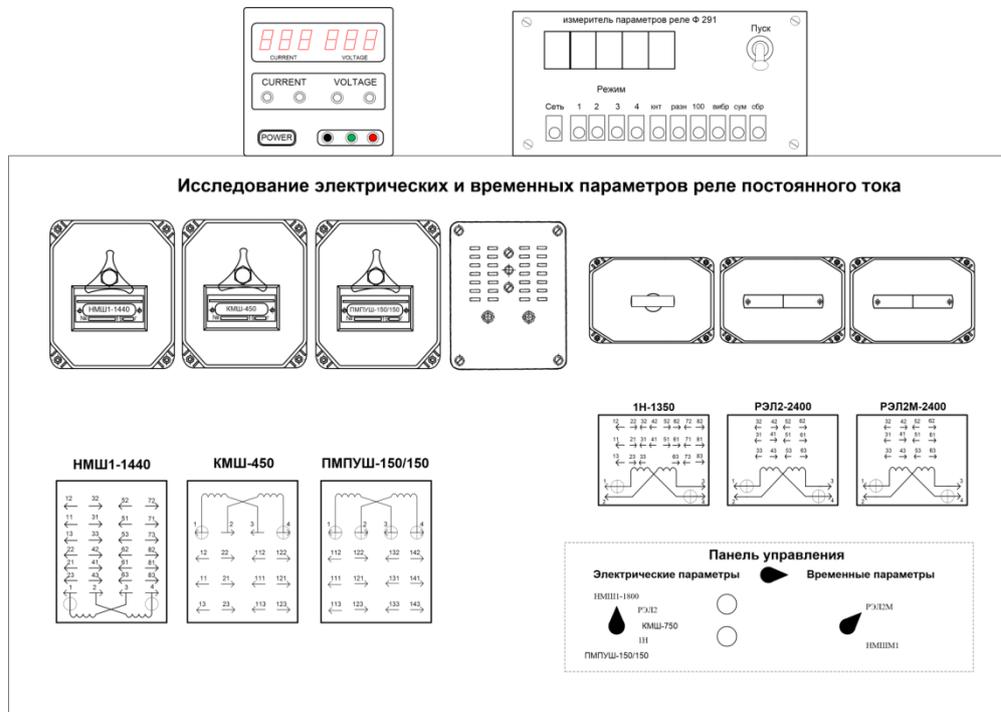


Рис. 4. Конструкция основной панели стенда

Подключение исследуемых реле к измерительному оборудованию осуществляется при помощи галетных переключателей. Питание на обмотку подается через отдельные клеммные зажимы.

Данная конструкция стенда позволяет обеспечивать изучение принципов работы и исследование основных электрических характеристик и временных параметров электромагнитных реле постоянного тока, применяющихся в устройствах автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте [6]. На данный момент выполняются завершающие этапы разработки, такие как:

- изготовление лицевой панели стенда;
- изготовление облицовочных материалов;
- выполнение монтажа аппаратуры и электрических соединений;
- финальная сборка и проверка режимов работы.

Также в обязательном порядке, до внедрения в учебный процесс, будут рассмотрены вопросы электробезопасности и охраны труда при работе с данным стендом.

Следует отметить, что окончательное доведение разработанных технических решений до уровня, необходимого для полноценного использования в учебном процессе выполняется в течение двухгодичного цикла. При этом выявляются неудачные технические, методические и организационные решения и выполняется их анализ для недопущения повторения подобных случаев.

Как показывает практика знания, умения и навыки, полученные при использовании подобного учебно-лабораторного оборудования, помогают обучающимся усваивать

программу учебных дисциплин, а также осуществлять плавный переход к практической деятельности.

Заключение

В статье рассматриваются вопросы разработки лабораторного стенда, построенного на основе реальной аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики. Применение подобных стендов в учебном процессе позволит повысить эффективность обучения студентов, в рамках освоения учебных дисциплин, посвященных вопросам построения и применения систем ЖАТ.

Подобный подход позволяет создавать у обучающихся более глубокое понимание технологических процессов по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту объектов систем обеспечения движения поездов на основе знаний об особенностях функционирования электромагнитных реле.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электромагнитные реле железнодорожной автоматики [Электронный ресурс] URL: <https://works.doklad.ru/view/CXCcSScv9uQ.html> (Дата обращения 19.02.2022)
2. Белькевич, М. В. Повышение качества эксплуатации микропроцессорных устройств / М. В. Белькевич, А. В. Пультяков, Р. В. Лихота, В. А. Алексеенко // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 1. – С. 24-27.
3. Бабий, А. С. Нейтральные реле систем железнодорожной автоматики и телемеханики / А. С. Бабий // Вопросы устойчивого развития общества. – 2021. – № 6. – С. 743-749.
4. Комнатный, Д. В. Безопасность аппаратуры систем железнодорожной автоматики и телемеханики при воздействии электромагнитных помех / Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар.науч.-практ. конф. (Гомель, 26–27 ноября, 2020 г.) : в 5 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С.26 – 28.
5. 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.
6. 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.
7. Алексеенко, В. А. Повышение вовлеченности обучающихся в учебный процесс за счет активного участия в проектировании учебно-лабораторного оборудования / М. В. Копанев, В. А. Алексеенко // Проблемы и пути развития профессионального образования : Сборник статей Всероссийской научно-методической конференции, Иркутск, 19-22 апреля 2021 года. [Электронный ресурс] URL: <https://ojs.irgups.ru/index.php/education/article/view/352> (Дата обращения 28.02.2022)
8. Лабораторный блок питания Masters 305D [Электронный ресурс] URL: <https://abc.ru/catalog/laboratornyj-blok-pitania-masters-305d-134123.html> (Дата обращения 16.02.2022)
9. Ф291 Измеритель параметров [Электронный ресурс] URL: https://www.elektrika1.ru/Chastotomeri_izmeriteli_vremennih_parametrov_Ch3/product/F291_izmeritel_parametrov/ (Дата обращения 16.02.2022)

10. Целищев В. А. Теоретические основы автоматики и телемеханики / В. А. Целищев // лабораторный практикум – Иркутск: ИрГУПС, 2013. –56с.

REFERENCES

1. Elektromagnitnyye rele zheleznodorozhnoy avtomatiki [Electromagnetic relays for railway automation] // [Electronic resource] URL: <https://works.doklad.ru/view/CXCsSCcv9uQ.html> (accessed 19.02.2022)

2. Belkevich, M. V. Повышение качества эксплуатации микропроцессорных устройств / М. V. Belkevich, А. V. Pulyakov, R.V. Likhota, V. A. Alekseenko, // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 1. – С. 24-27.

3. Babiy, A. S. Neytral'nyye rele sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Neutral relays for railway automation and remote control systems] / A. S. Babiy // Issues of sustainable development of society. – 2021. – № 6. – p. 743-749.

4. Komnatnyy, D. V. Bezopasnost' apparatury sistem zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki pri vozdeystvii elektromagnitnykh pomekh [Safety of the equipment of railway automation and telemechanics systems under the influence of electromagnetic interference] / Transport security issues : materials of the X International scientific and practical. conf. (Gomel, 26–27 November, 2020) : в 5 ч. Ч. 1 / under total ed. U. I. Kulazhenko. – Gomel : BSUT, 2020. – p.26 – 28.

5. Kopanev M.V. Formirovaniye professional'nykh kompetentsiy pri vypolnenii laboratornogo praktikuma s primeneniym spetsializirovannykh laboratornykh stendov [Formation of professional competencies when performing a laboratory workshop using specialized laboratory stands]/ М. V. Kopanev, V. A. Alekseenko // Problems and ways of development of vocational education : Collection of articles of the All-Russian Scientific and Methodological Conference, Irkutsk, 15–18 April 2019 года. – Irkutsk: ISTU, 2019. – p. 182-185.

6. Soroko, V. I. Apparatura zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Railway automation and telemechanics equipment]/ V. I. Soroko, J. V. Fot'kinf // Directory: in 4 books. Book. 2. - 4th edition. – М.: LTD «SPCF PLANET», 2013 - 1048 p.

7. Alekseenko V.A. Povysheniye вовлеченности обучаемых в учебный процесс за счет активного участия в проектировании учебно-лабораторного оборудования [Increasing the involvement of students in the educational process through active participation in the design of educational and laboratory equipment] / М. V. Kopanev, V. A. Alekseenko // Problems and ways of development of vocational education : Collection of articles of the All-Russian Scientific and Methodological Conference, Irkutsk, 19-22 April 2021. – [Electronic resource] URL: <https://ojs.irgups.ru/index.php/education/article/view/352> (accessed 28.02.2022)

8. Laboratory power supply Masters 305D [Electronic resource] URL: <https://abc.ru/catalog/laboratornyj-blok-pitania-masters-305d-134123.html> (accessed 16.02.2022)

9. Ф291 Parameter Meter [Electronic resource] URL: https://www.elektrika1.ru/Chastotomeri_izmeriteli_vremennih_parametrov_Ch3/product/F291_Izmeritel_parametrov/ (accessed 16.02.2022)

10. Tselishchev V. A. Teoreticheskiye osnovy avtomatiki i telemekhaniki [Theoretical foundations of automation and telemechanics] / V. A. Tselishchev // Laboratory workshop – Irkutsk: ISTU, 2013. –56 p.

Информация об авторах

Соболева Екатерина Антоновна – студентка группы СОД.2-19-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: ekaterina2002soboleva@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

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

Information about the authors

Soboleva Ekaterina Antonovna – student of group SOD.2-19-1, Faculty of Transport Support Systems, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: ekaterina2002soboleva@mail.ru

Alekseenko Vladimir Aleksandrovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Automation, Telemechanics and Communications», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: bezvoprosov03@mail.ru

Skorobogatov Maksim Eduardovich – Candidate of Engineering Sciences, Senior lecturer of the Chair «Automation, Telemechanics and Communications», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: skor_maxim@mail.ru