

А.В. Пультяков, М.В. Копанев, А.Д. Тароев, А.С. Шендрик

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

ПРИЁМНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СИСТЕМЫ ЗАДАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ТРЕНАЖЁРЕ ПО ПОИСКУ ОТКАЗОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ СТРЕЛОК И СИГНАЛОВ

Аннотация. В данной статье рассматривается задача разработки приёмного устройства системы задания неисправностей для тренажёра по отработке навыков по поиску отказов электрической централизации стрелок и сигналов типа БМРЦ учебной станции. Данная задача поставлена руководством Зиминской дистанции сигнализации, централизации и блокировки студентам для выполнения в рамках дипломного проектирования. В статье описана структура системы задания неисправностей, подробно рассмотрено назначение основных компонентов приёмного устройства и дано описание применяемых элементов. Приведена принципиальная электрическая схема разработанного приёмного устройства для системы задания неисправностей учебного тренажёра по поиску отказов электрической централизации стрелок и сигналов.

Ключевые слова: электрическая централизация стрелок и сигналов, тренажёр, система задания неисправностей, приёмное устройство, микроконтроллер.

A.V. Pulyakov, M.V. Kopanev, A.D. Taroev, A.S. Shendrik

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

RECEIVING DEVICE FOR TROUBLE SETTING SYSTEM IN SIMULATOR FOR SEARCHING FAULTS OF ELECTRIC CENTRALIZATION OF SWITCHES AND SIGNALS

Abstract. This article discusses the problem of developing a receiver for a fault setting system for a simulator for developing skills for finding failures in the electrical interlocking of switches and signals of the BMRTS training station type. This task was set by the leadership of the Ziminskaya distance of signaling, centralization and blocking to students for implementation within the framework of graduation design. The article describes the structure of the troubleshooting system, discusses in detail the purpose of the main components of the receiving device and describes the elements used. A circuit diagram of the developed receiving device for the system for setting malfunctions of a training simulator for searching for failures in the electrical interlocking of switches and signals is given.

Keywords: electrical centralization of arrows and signals, simulator, fault setting system, receiver, microcontroller

Введение

Среди устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) железнодорожного транспорта электрическая централизация стрелок и сигналов (ЭЦ), представляющая собой совокупность постовой и напольной аппаратуры, является самой ответственной и трудоёмкой с точки зрения проведения её технического обслуживания и ремонта. От её надёжной и безотказной работы зависит эффективность и качество поездной и маневровой работы на станциях и пропускная способность участков железных дорог [1, 2].

Для обеспечения бесперебойной работы устройств ЭЦ работниками дистанций СЦБ проводятся регламентные работы, направленные на предотвращение появления возможных отказов, которые могут приводить к негативным последствиям в виде задержек в движении поездов и маневровой работе, а также к отвлечению эксплуатационного штата на поиск и расследование их причин. Существующая система мониторинга отказов технических средств позволяет оперативно реагировать на возникающие отказы [3, 4, 5]. Однако на время поиска причин и дальнейшего устранения отказов значительно влияет уровень подготовки и профессионализм работников дистанций СЦБ. Эффективно оттачивать навыки поиска причин отказов позволяют учебные тренажёры с возможностью задания неисправностей.

Постановка задачи

В разработанном тренажёре была реализована одна горловина учебной станции, для которой в техническом классе был произведён монтаж и установка на релейные стативы 44 блоков наборной и исполнительной групп системы БМРЦ по альбому МРЦ-13, в соответствии с разработанным блочным планом.

Для скрытного задания неисправностей необходимо было разработать систему задания неисправностей, которая включает в себя передающее устройство, представляющее собой пульт преподавателя, и приёмные устройства, которые заранее размещаются непосредственно в блоках системы электрической централизации или на релейных стативах и позволяют имитировать отказы, типа «обрыв» или «замыкание» цепи. Приемник и передатчик реализованы на радиомодулях типа WL101-341 и WL102-341, работающие на частоте 433 МГц. Преподаватель с помощью передающего устройства с дисплеем и передатчиком при изучении той или иной темы будет выбирать номер задания неисправности путём нажатия на соответствующую номеру неисправности кнопку. Устройство передаст в радиоканал два байта (адрес приемника и номер неисправности).

В данной статье рассматривается приёмное устройство для системы задания неисправностей разработанного тренажёра по поиску отказов электрической централизации стрелок и сигналов. Приемники будут располагаться в релейном помещении, большая часть из которых будет размещена внутри блоков системы БМРЦ, а некоторые на верхушках релейных стативов. Каждый приемник будет иметь уникальный адрес и иметь возможность реализовать до 6 неисправностей.

Приёмное устройство для системы задания неисправностей

Идея создания приемного устройства состоит в том, чтобы иметь возможность с одного передающего устройства отправлять команды по радиоканалу на несколько приемников, и после обработки команды нужный приемник разрывал бы какую-либо цепь в релейном блоке, в котором он будет установлен. Разрыв цепи будет осуществляться непосредственно через контакты малогабаритного реле приёмного устройства.

Разрабатываемое приемное устройство будет получать питание 24 В непосредственно из блока БМРЦ, в который он будет вмонтирован. В основе устройства лежит плата Arduino Pro Mini на микроконтроллере ATmega328PA и приёмник WL101-341 [6, 7, 8].

Характеристики платы Arduino Pro Mini – рабочее напряжение 5 В, 14 цифровых входов, 6 аналоговых входов, постоянный ток через вход/выход до 40 мА, тактовая частота 16 МГц, вес 5 г. Плата выбрана в первую очередь из-за её маленьких размеров и хорошей производительности. Платформа содержит 14 цифровых входов и выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, резонатор, кнопку перезагрузки и отверстия для монтажа выводов. Блок из шести выводов может подключаться к кабелю FTDI или плате-конвертеру Sparkfun для обеспечения питания и связи через USB.

Приёмник WL101-341 имеет высокую чувствительность (-108 dBm) и производительность с низким энергопотреблением. Модуль использует встроенный интерфейсный малошумящий усилитель, фильтры и резонатор частоты схемы. Пределы напряжения питания составляют 3,0 – 3,6 В, потребление 6,5 мА. Модуль приемника WL101-341 имеет четыре вывода: VIN и GND – линии питания, остальные два вывода DO соединены между собой и представляют собой выход демодулированных данных [8].

Данный приемник является супергетеродинным и имеет частоту, настроенную на кристалл, поэтому не требует ручной настройки. Супергетеродинный радиоприёмник (супергетеродин) – один из типов радиоприёмников, основанный на принципе преобразования принимаемого сигнала в сигнал фиксированной промежуточной частоты (ПЧ) с последующим её усилением. Основное преимущество супергетеродина перед радиоприёмником прямого усиления в том, что наиболее критичные для качества приёма части приёмного тракта (узкополосный фильтр, усилитель ПЧ и демодулятор) не должны перестраиваться под разные частоты, что позволяет выполнить их со значительно лучшими характеристиками.

Схема приемного устройства представлена на рис. 1.

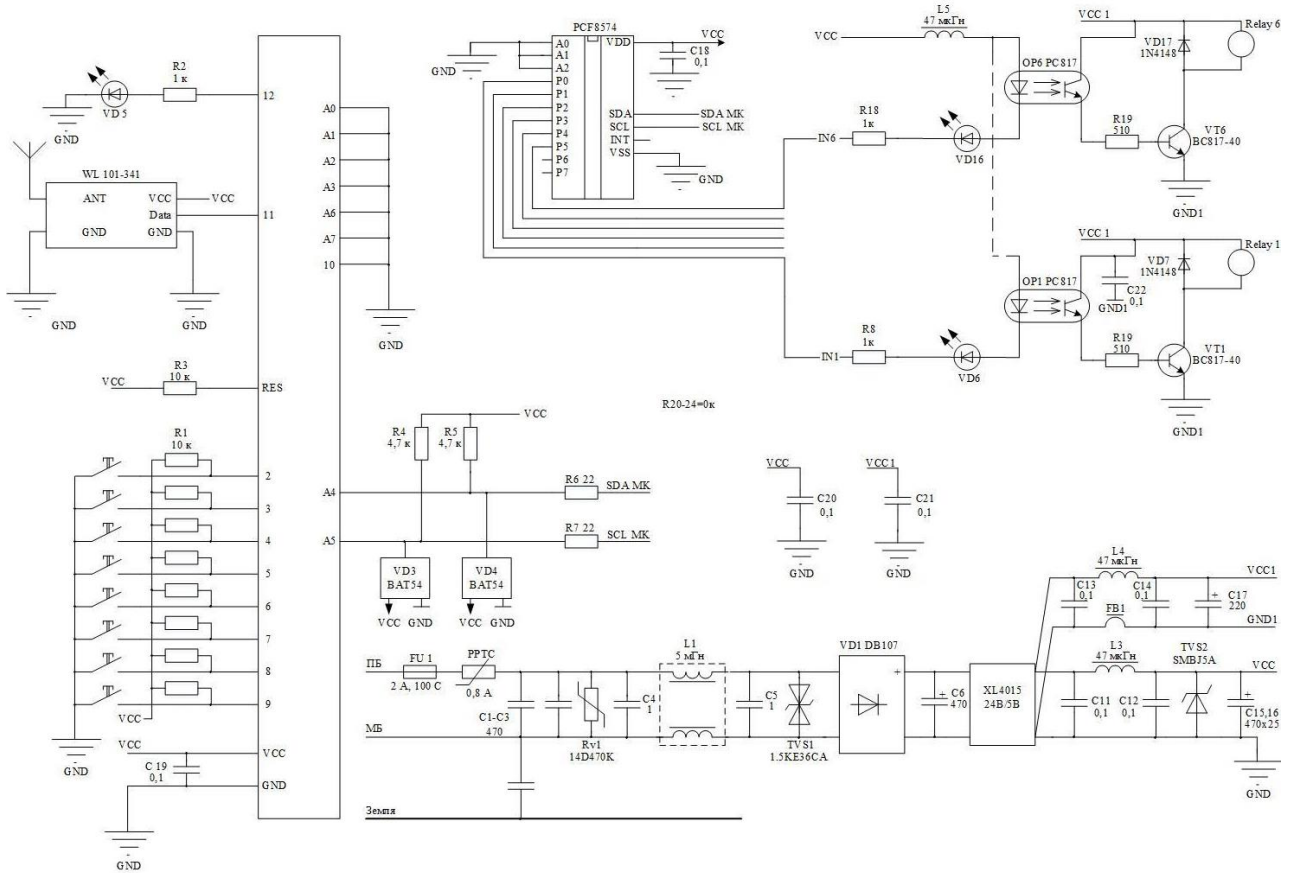


Рис. 1. Принципиальная схема приемного устройства

На основании этой схемы была разработана двухсторонняя монтажная плата, внешний вид которой представлен на рис. 2 и 3. Плата была разработана в программе Sprint LayOut 6.0 с учетом реальных размеров некоторых элементов, которые использованы в схеме.

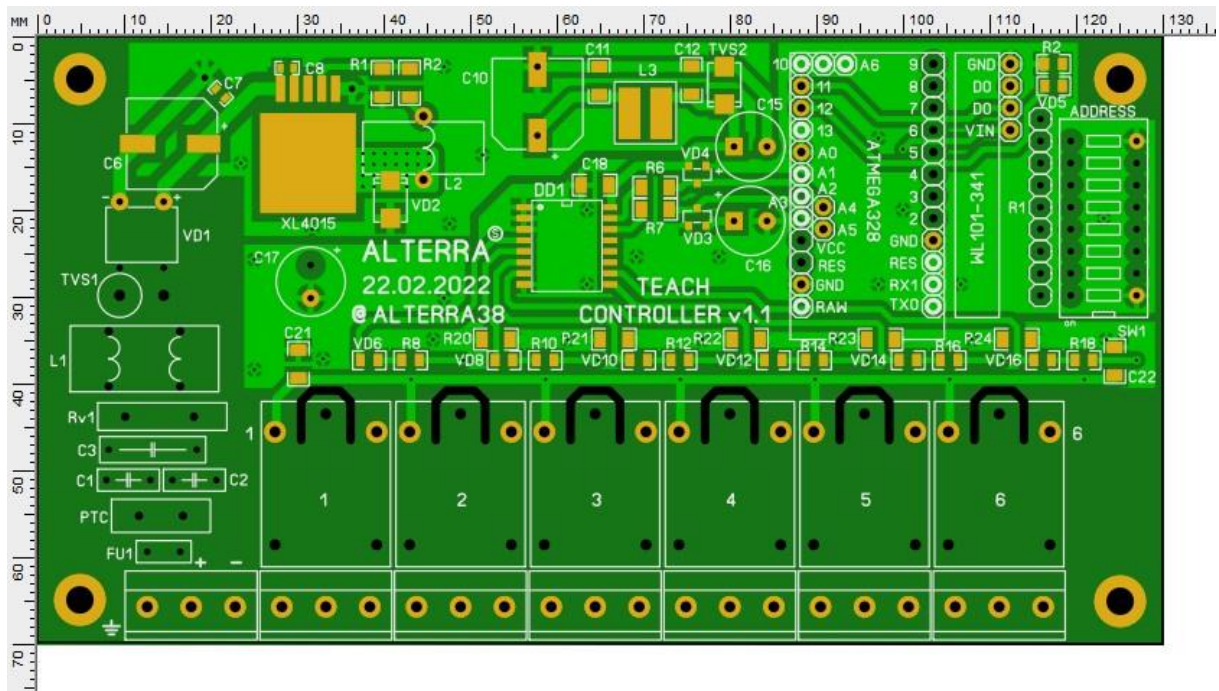


Рис. 2. Лицевая сторона монтажной платы

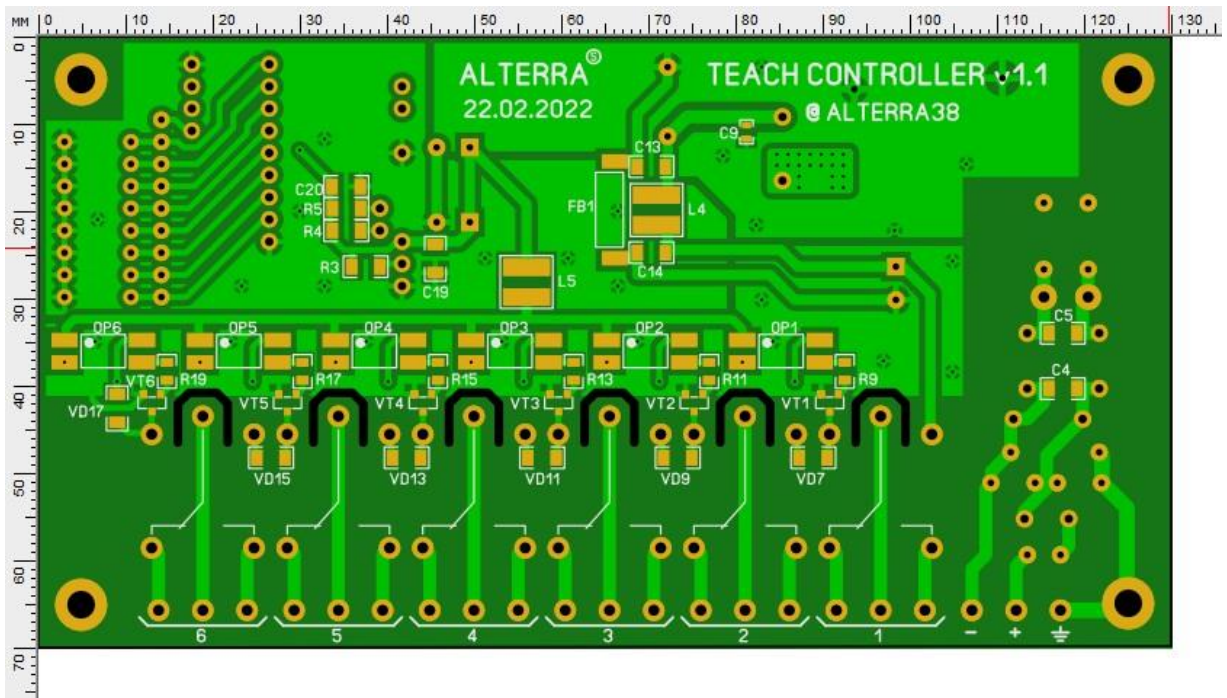


Рис. 3. Обратная сторона монтажной платы

При сборке схемы использовались SMD компоненты, а именно резисторы, конденсаторы, диоды и транзисторы. Применение SMD элементов позволяет обеспечить компактные размеры устройства. Так же у SMD компонентов есть другой большой плюс в сравнении с классическими радиоэлементами, у которых всегда есть паразитные параметры. Это может быть паразитная индуктивность или емкость. В SMD компонентах эти параметры минимизированы, потому как их габариты очень малы. Вследствие этого улучшается качество передачи слабых сигналов, а также возникают меньшие помехи в высокочастотных схемах, благодаря меньшим значениям паразитных параметров.

Внешний вид собранного на плате приёмного устройства представлен на рис. 4.

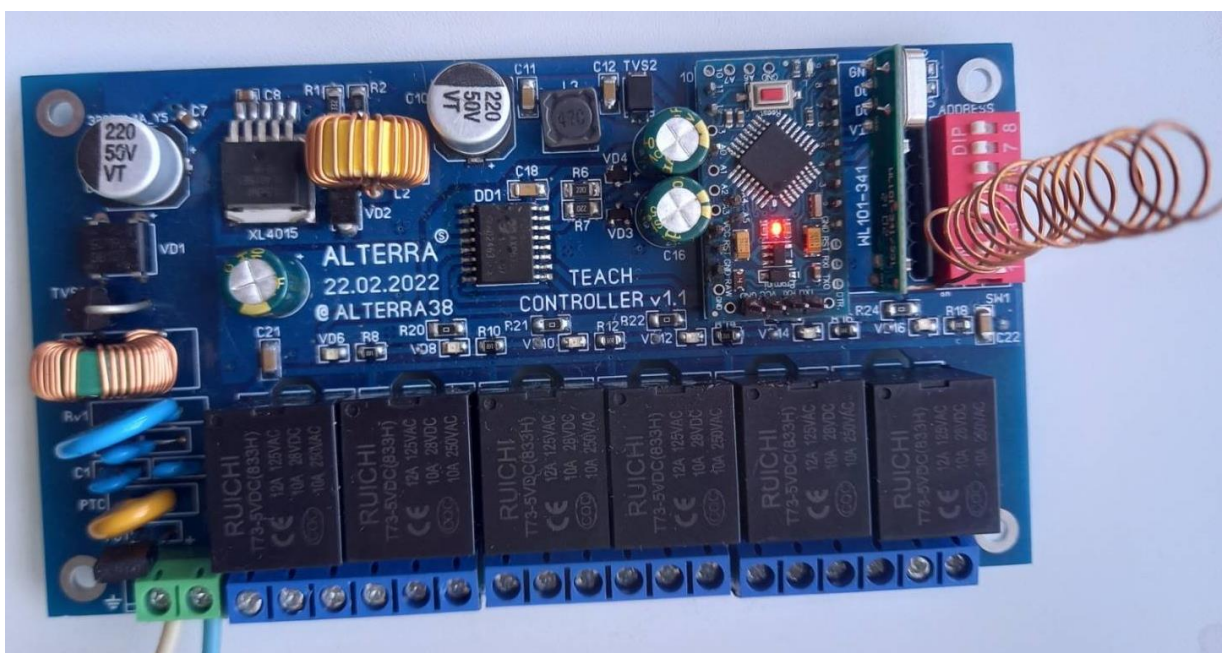


Рис. 4. Внешний вид собранного на плате приёмного устройства

Емкость системы по числу приёмных устройств составляет 254 штуки и позволяет задать до 1524 отказов. Универсальность программного обеспечения не требует адаптации скетчей для каждого приемного устройства отдельно. Данное приемное устройство можно применять и в других сферах, как умный выключатель/включатель. После того как электромеханик найдет неисправность, необходимо выключить реле в приёмном устройстве.

Программное обеспечение для управления микроконтроллером Arduino Pro Mini написано на языке C++. Задача микроконтроллера – принять информацию с передатчика, определить принятый адрес и команду, и если адрес совпал с адресом приемного устройства, установленного на dip-переключателе, то запустить команду на исполнение. Информация принимаемая от передатчика состоит из двух байт, первый байт – это адрес приемника, которому посылается команда, а второй байт непосредственно номер реле, которое необходимо включить.

В начале программы необходима установка библиотек (#include) – это некий программный код, хранящийся не в скетче, а во внешних файлах. В библиотеке хранятся различные методы и структуры данных, которые нужны для упрощения работы с датчиками, индикаторами, модулями и другими компонентами. Фрагмент скетча для управления микроконтроллером представлен на рис. 5.

```
void setup() {
  ET.begin(details(komanda));
  Serial.begin(9600); //задаем скорость общения с компьютером
  Wire.begin();
  PCF8574_write(output_relay);

                                                                    // инициализация ввода-вывода

  vw_set_ptt_inverted(true);
  vw_setup(2000); // скорость приема
  vw_set_rx_pin(11); // считывание с 11 пина
  vw_rx_start(); // запуск режима приема
}
```

Рис. 5. Фрагмент скетча

На всех приемных устройствах одинаковые платы с dip-переключателями, позволяющими задавать уникальный адрес устройства. Поэтому разработанный скетч является универсальным для всех приемников.

Заключение

Разработанное приёмное устройство для системы задания неисправностей тренажёра по поиску отказов электрической централизации стрелок и сигналов имеет компактные размеры и удобно для скрытого размещения его в блоках БМРЦ. Внутри одного блока БМРЦ может быть реализовано до 6 неисправностей по разным цепям схемы. При получении сообщения из 2-х байт в одном из приемников включается нужное реле и своими контактами разрывает цепь внутри блока. Тем самым будет смоделирована типичная и одна из самых распространенных неисправностей систем СЦБ – переходное сопротивление на контактах реле внутри блока БМРЦ.

Применение тренажеров с системой задания неисправностей для отработки навыков по поиску отказов электрической централизации стрелок и сигналов типа БМРЦ позволит повысить качество проведения технической учёбы работников дистанции СЦБ. Оттачивание навыков поиска причин отказов в постовых устройствах позволит сократить время устранения причин отказов и как следствие задержки в движении поездов. Разработанное приёмное устройство для системы задания неисправностей разработанного тренажёра позволит обеспечить качество и «чистоту» занятия, обеспечив скрытое от обучающихся работников внесение неисправности в блоки БМРЦ действующих устройств ЭЦ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системы железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. В 2 ч. / А.В. Горелик, Д.В. Шалыгин, Ю.Г. Боровков, В.Е. Митрохин и др.; под ред. А.В. Горелика. – М.: ФГБОУ «УМЦ по обр. на ж.-д. трансп.». 2012. – 477 с.
2. Техническая эксплуатация устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / Вл.В. Сапожников, Л.И. Борисенко, А.А. Прокофьев, А.И. Каменев / Под ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 336 с.
3. Пультяков А.В., Алексеенко В.А. Организация работы центров технической диагностики и мониторинга устройств автоматики и телемеханики на Восточном полигоне // Транспорт: наука, техника, управление. 2023. – №1. С. 23-28.
4. Пультяков А.В., Лихота Р.В., Алексеенко В.А. Техническая диагностика и мониторинг состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики на восточном полигоне. Мат-лы VI всерос. научн.-практ. конф. с междунар. участ. «Образование – наука – производство» – Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2022. С. 215-223.
5. Пультяков А.В., Алексеенко В.А., Лихота Р.В. Управление инцидентами в системе технической эксплуатации микропроцессорных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Транспорт Урала. – 2020. – №1(64). – С. 43-47.
6. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – СПб.: БХВПетербург, 2014. – 400 с.
7. Петин В.А. Arduino и Raspberry Pi в проектах Internet of Things. – СПб.: БХВПетербург, 2016. – 320 с.
8. WL101-341 и WL102-341 – Обзор супергетеродинного приемника и передатчика – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://micro-pi.ru/wl101-341-wl102-341>.

REFERENCES

1. Systems of railway automation, telemechanics and communication. At 2 p.m. / A.V. Gorelik, D.V. Shalyagin, Yu.G. Borovkov, V.E. Mitrokhin and others; ed. A.V. Gorelik. - M.: FGBOU «UMC according to arr. on the railway transp.». 2012. – 477 p.
2. Technical operation of devices and systems of railway automation and telemechanics: textbook. allowance for universities railway transp. / Vl.V. Sapozhnikov, L.I. Borisenko, A.A. Prokofiev, A.I. Kamenev / Ed. Vl.V. Sapozhnikova. – M.: Route, 2003. – 336 p.
3. Pulytyakov A.V., Alekseenko V.A. Organization of the work of centers for technical diagnostics and monitoring of automation and telemechanics devices at the Eastern test site // Transport: science, technology, management. 2023. – № 1. P. 23-28.
4. Pulytyakov A.V., Likhota R.V., Alekseenko V.A. Technical diagnostics and monitoring of the state of railway automation and telemechanics devices at the eastern range. Materials VI All-Russian scientific-practical conf. with international participation "Education – Science – Production" – Chita: ZabIZhT IrGUPS, 2022. P. 215-223.
5. Pulytyakov A.V., Alekseenko V.A., Likhota R.V. Incident management in the system of technical operation of microprocessor devices of railway automation and telemechanics // Transport of the Urals. – 2020. – № 1(64). – P. 43-47.
6. Petin V.A. Projects using the Arduino controller. – St. Petersburg: BKhVPeterburg, 2014. – 400 p.
7. Petin V.A. Arduino and Raspberry Pi in the Internet of Things projects. – St. Petersburg: BKhVPeterburg, 2016. – 320 p.
8. WL101-341 and WL102-341 – Overview of the superheterodyne receiver and transmitter – [Electronic resource]. Access mode: <https://micro-pi.ru/wl101-341-wl102-341>.

Информация об авторах

Пультяков Андрей Владимирович – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: pultyakov@irgups.ru;

Копанев Михаил Владимирович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: 9148964095@mail.ru;

Тароев Александр Дмитриевич – студент группы СОД.2-17-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: taroevad1999ad@gmail.com;

Шендрик Антон Сергеевич – студент группы СОД.2-17-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: anton.1911.shen@mail.ru

Authors

Pultyakov Andrei Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Automation, Telemechanics and Communications», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: pultyakov@irgups.ru;

Kopanev Mikhail Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of «Automation, Telemechanics and Communications», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: 9148964095@mail.ru;

Taroev Alexander Dmitrievich – student of the SOD.2-17-1 group, Faculty of «Transport Support Systems», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: taroevad1999ad@gmail.com;

Shendrik Anton Sergeevich – student of the SOD.2-17-1 group, Faculty of «Transport Support Systems», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: anton.1911.shen@mail.ru