



Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет путей сообщения



ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И
СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ТЕЛЕМЕХАНИКИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ОМСК 2019

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет путей сообщения



**«ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»**

Материалы всероссийской научно-технической конференции
с международным участием

(28 ноября 2019 г.)

УДК 656.25: 621.31

ББК 39.27

Э 94

Эффективность и безопасность электротехнических комплексов и систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте: Материалы всероссийской научно-технической конференции с международным участием / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2019. 141 с.

В ноябре 2019 года в Омском государственном университете путей сообщения прошла всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Эффективность и безопасность электротехнических комплексов и систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте».

В конференции приняли участие обучающиеся и сотрудники ОмГУПС и других вузов России, Республики Казахстан, Грузии, Германии.

Представленные в сборнике материалы могут быть использованы при рассмотрении вопросов управления перевозочными процессами, движением поездов на железнодорожном транспорте с использованием современных устройств автоматики, телемеханики и связи, а также передовых технологий, обеспечивающих экономию трудовых и энергетических ресурсов, безопасность движения в различных условиях эксплуатации.

Материалы конференции могут быть полезны для научных сотрудников и специалистов, работающих в области железнодорожной автоматики и телемеханики.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Библиогр.: 107 назв. Табл. 6. Рис. 73.

Редакционная коллегия:

доктор техн. наук, доцент С. Г. Шантаренко;

канд. техн. наук, доцент С. А. Лунев (отв. редактор);

канд. техн. наук, доцент М. М. Соколов;

канд. техн. наук Е. В. Пономарев.

ISBN 978-5-949-41250-3

© Омский гос. университет
путей сообщения, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Леушин В. Б., Юсупов Р. Р. К вопросу о параметрах импульсных помех в канале АЛС-ЕН	5
Ахмедзянов Г. Г., Дремин В. В. Применение малообслуживаемых элементов рельсовой линии для повышения эффективности механизированного обслуживания пути	11
Борисенко, Д. В. , Соколов М. М. Автоматизация процесса идентификации жил кабеля в хозяйстве автоматики и телемеханики	18
Гришечко С. В., Лунев С. А., Романов М. С. О подключении перегонной аппаратуры АПК-ДК к цифровым каналам связи	24
Гришечко С. В., Романов М. С. Построение высокоскоростного канала связи на железнодорожном перегоне по технологии гигабитных пассивных оптических сетей	31
Давыдов А. И. Оценка уровня безопасности движения на железнодорожном переезде	37
Лисин С. Л. Применение дифференциальных Т-преобразований для расчета переходных процессов в рельсовых цепях	42
Лисин С. Л., Тарасов Е. М., Тарасова А. Е. Инвариантная оценка состояния рельсовой цепи при воздействии помех	47
Казанцев С. В., Казанцева И. С. Обслуживание КТСМ по состоянию	53
Мухигулашвили Н. Ю., Чаладзе М. И., Власенко С. В. Системы технического диагностирования для комплекса средств технического обслуживания «по состоянию»	59
Мухигулашвили Н. Ю., Коплатадзе М. Р., Власенко С. В. Техническое обслуживание «по состоянию» устройств железнодорожной автоматики и телемеханики	65
Присухина И. В. Экспериментальная проверка алгоритмов машинной классификации режимов работы рельсовой электротехнической системы на примере электрической рельсовой цепи	70
Ходкевич А. Г., Сероштанов С. С., Власенко С. В. Повышение безопасности движения поездов на железнодорожных переездах путем модернизации устройств автоматики и телемеханики	78
Пультяков А. В., Демьянов В. В., Скоробогатов М. Э. Влияние импульсных помех на сигналы автоматической локомотивной сигнализации	83
Брюхова А. С., Волкова Н. В., Шарапова Я. В. Применение лазерных методов для диагностики коррозионного состояния железобетонных конструкций	92
Бахтиярова Е. А., Сансызбай К. М. Анализ рисков в случае неосуществления модернизации существующих систем жат в Республике Казахстан	97

Кузнецов А. А., Горобей С. С., Петровнин В. С. Снижение потребления электрической энергии в электротехнических комплексах для поддержания температуры	105
Кузнецова М. А., Горлов А. В., Еркебаев А. Ж. Акустические измерения параметров различных дефектов при диагностировании силовых трансформаторов	112
Ларионов Г. В. Идентификация параметров вагонных замедлителей методом наименьших квадратов.....	118
Унгер Э. П., Устинова К. А., Присухина И. В. Разработка компьютерного стенда кодирования телемеханических сигналов	124
Ходкевич А. Г., Ключников М. В. Анализ повреждений линейных цепей от перенапряжения на перегонах с электротягой переменного тока.....	135

В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),
г. Самара, Российская Федерация

К ВОПРОСУ О ПАРАМЕТРАХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ В КАНАЛЕ АЛС-ЕН

В работе представлены результаты анализа параметров откликов от импульсных помех от постоянного тягового тока на выходе фильтра ФЛ-175. Показано, что длительность откликов минимальна, а интервалы между ними максимальны на уровне 16,5 мВ. Следовательно, на этом уровне степень влияния импульсных помех на прием сигнала АЛС-ЕН будет наименьшей.

Ключевые слова: импульсные помехи, постоянный тяговый ток, автоматическая локомотивная сигнализация АЛС-ЕН, параметры откликов, локомотивный фильтр, порог чувствительности приемника.

Vitaly B. Leushin, Ruslan R. Yusupov

Samara State Transport University (SSTU), Samara, the Russian Federation

TO THE QUESTION ABOUT IMPULSE NOISE PARAMETERS IN THE ALS-EN CHANNEL

The paper presents the results of the analysis of response parameters from impulse noise from direct traction current at the output of the FL-175 filter. It was shown that the duration of the responses is minimal, and the intervals between them are maximum at the level of 16.5 mV. Therefore, at this level, the degree of influence of impulse noise on the reception of the ALS-EN signal will be the smallest.

Keywords: impulse noise, direct traction current, ALS-EN automatic locomotive signaling, response parameters, locomotive filter, receiver sensitivity threshold.

На современных железных дорогах России широко применяются комплексное локомотивное устройство безопасности (КЛУБ) и безопасный локомотивный объединенный комплекс (БЛОК), в которых реализованы два

непрерывных канала связи с локомотивом с использованием индуктивно-рельсовой линии: АЛСН и АЛС-ЕН. В канале АЛСН-ЕН применяется модифицированный код Бауэра [1, 2] и сигнал с двукратной фазоразностной модуляцией ФРМ-2 с несущей на частоте 174,38 Гц. Учитывая особую ответственность систем КЛУБ и БЛОК в процессе регулирования движения поездов, в них непрерывно совершенствуется элементная база и процесс обработки сигналов локомотивным приемником. Для реализации этого необходимо иметь базу данных о параметрах помех, в частности, в канале АЛС-ЕН.

В работе [3] представлена методика оценки помехоустойчивости канала АЛС-ЕН при различных порогах чувствительности локомотивного приемника и мощности напольного генератора.

Данная работа посвящена статистическому анализу параметров импульсных помех от постоянного тягового тока [4], вызванных переключением схем управления тяговыми двигателями электровозов серии ВЛ10^у, полученных во время регистрации на Московской и Куйбышевской железных дорогах. Анализ параметров импульсных помех выполнен на выходе локомотивного фильтра ФЛ-175.

Полученные реализации были обработаны программой для ЭВМ, разработанной в СамГУПС [5]. Установлено, что импульсы следуют как пачками, так и одиночно. Определены математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение следующих параметров импульсных помех: количество импульсов в пачке; длительность пачки; длительность межимпульсных интервалов.

В качестве примера на рис. 1 представлены осциллограммы ЭДС импульсных помех при переключении схемы управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ10^у – из «сириесно-параллельное» в «параллельное»: а) – на выходе локомотивных приемных катушек; б) – на выходе ФЛ-175.

Переключение вызвало появление на входе локомотивного приемника четырех импульсов с максимальной амплитудой 9,2 В, которые в свою очередь вызвали появление откликов на выходе ФЛ-175 амплитудой более 30 мВ.

На рис. 2 представлены графики зависимости математического ожидания параметров откликов импульсных помех на выходе ФЛ-175 от порога анализа.

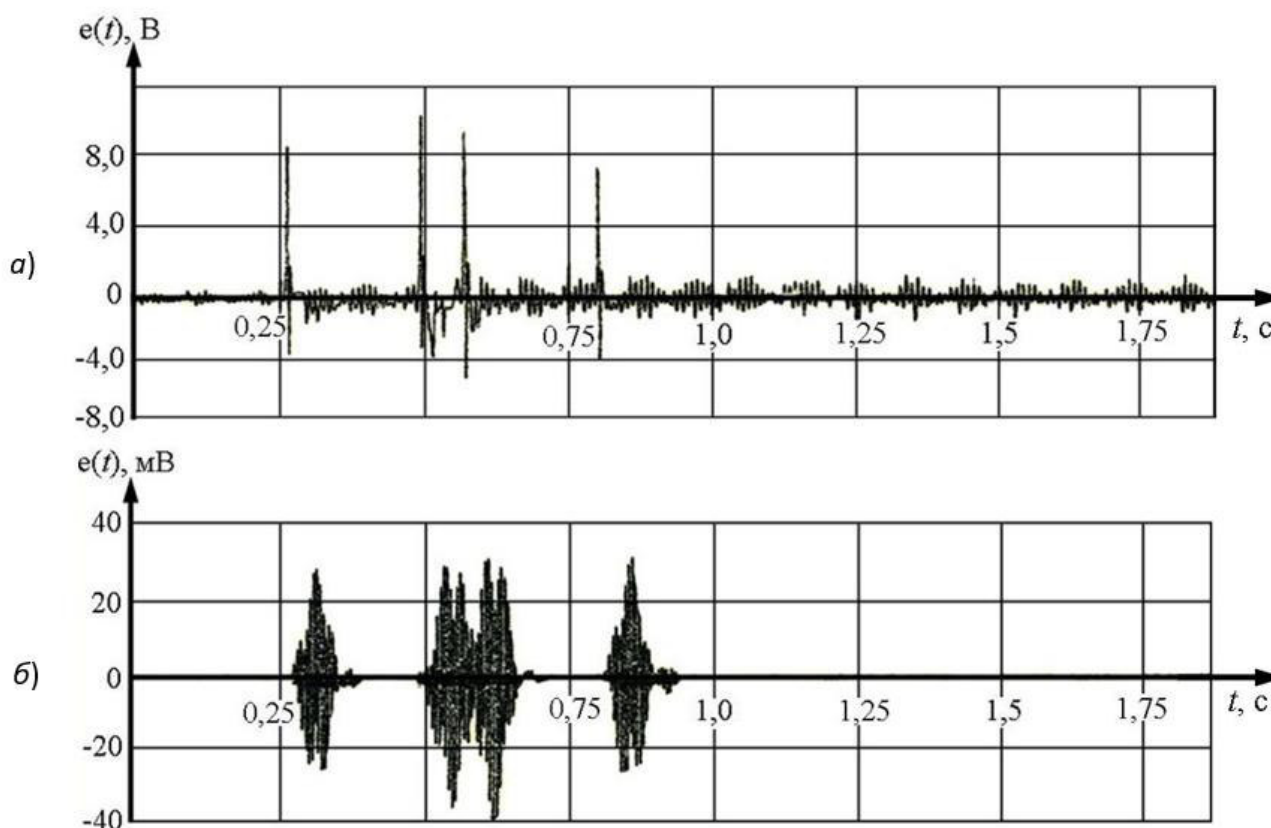


Рисунок 1 – Осциллограммы ЭДС импульсных помех при переключении схемы управления тяговыми двигателями электровоза ВЛ10У:

а) – на выходе локомотивных приемных катушек; б) – на выходе ФЛ-175

На графиках (рис. 2, а и б) представлены зависимости математического ожидания количества импульсов K в пачке и длительности пачки от порога анализа соответственно. Графики показывают, что с увеличением порога анализа количество импульсов в пачке и длительность пачки уменьшаются. На графиках (рис. 2, в и г) представлены зависимости математического ожидания длительности импульсов и длительности межимпульсных интервалов от порога анализа соответственно. На графиках видно, что на уровне порога анализа порядка 16,5 мВ длительность импульсов относительно других уровней низкая, а длительность межимпульсных интервалов высокая.

На рис. 3 представлены графики зависимости среднего квадратического отклонения параметров откликов импульсных помех на выходе ФЛ-175 от уровня порога анализа.

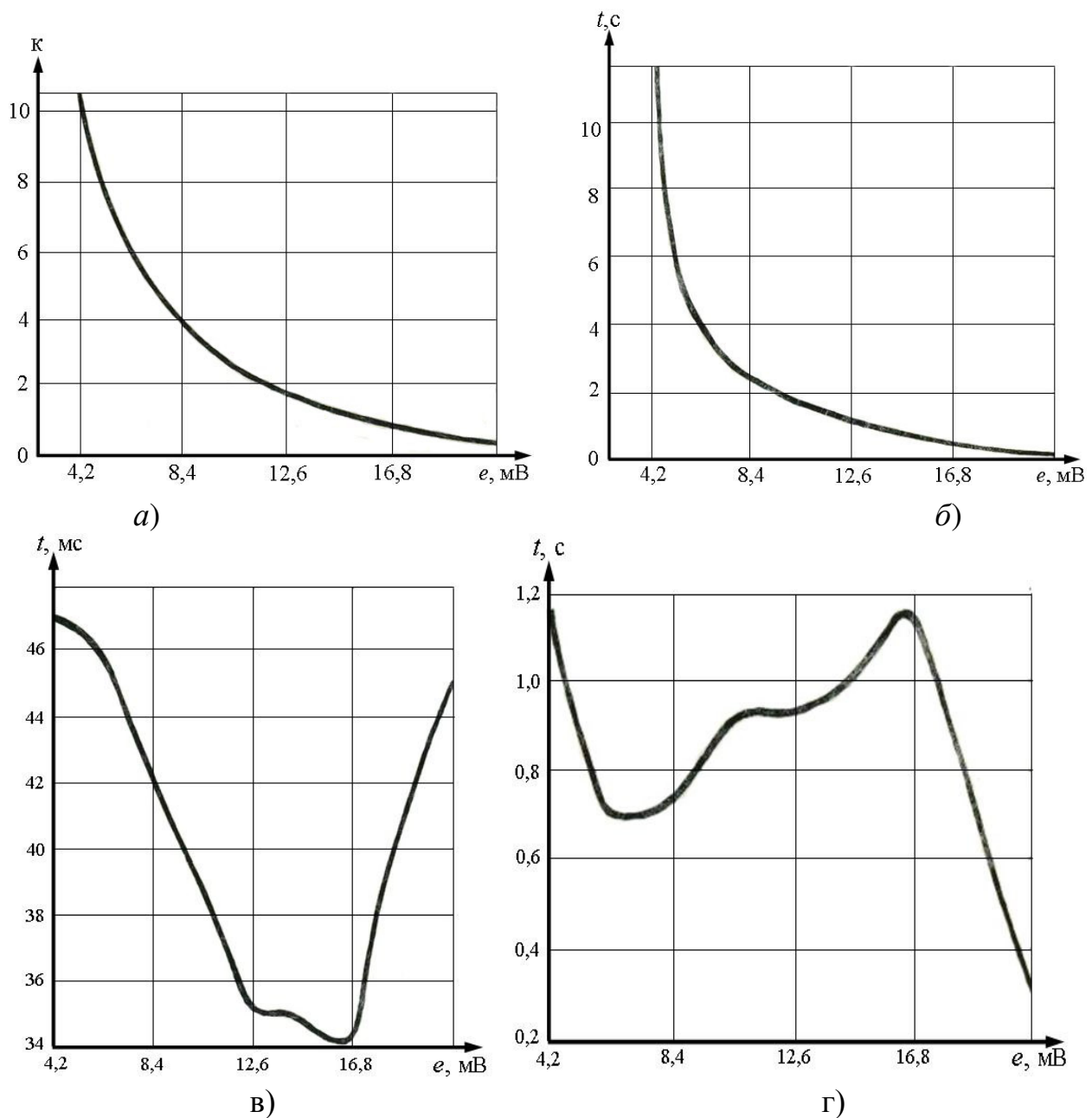
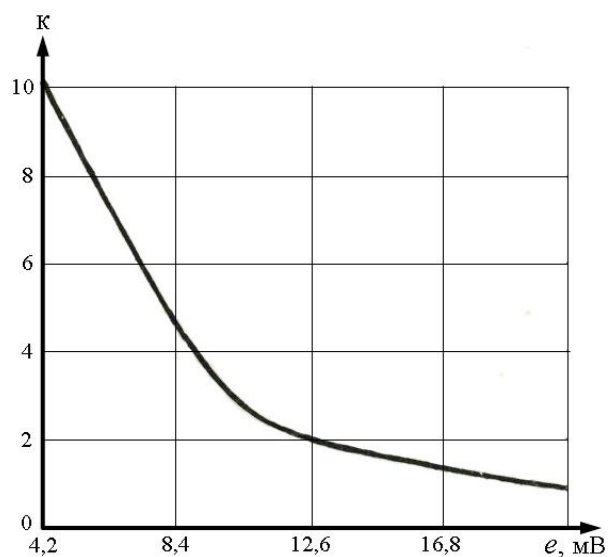
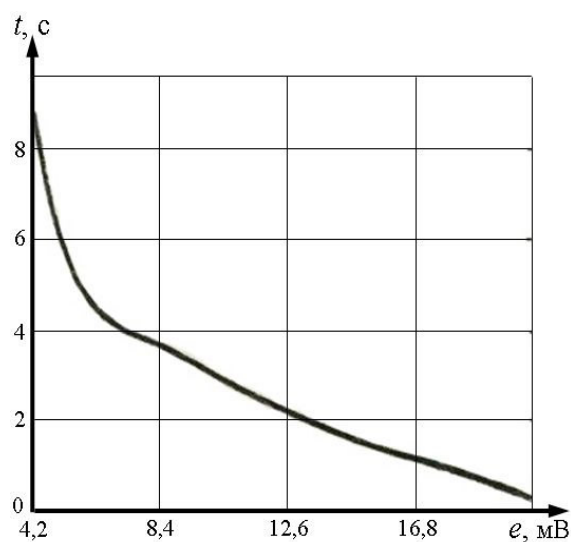


Рисунок 2 – Зависимости математического ожидания

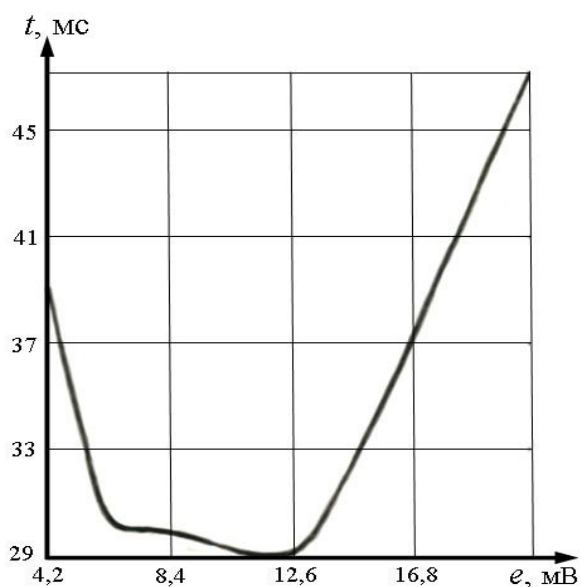
Графики (рисунок 3, а и б) представляют зависимости среднего квадратического отклонения количества импульсов в пачке и длительности пачки от порога анализа соответственно. Графики показывают, что с увеличением порога анализа количество импульсов в пачке и длительность пачки практически монотонно убывают.



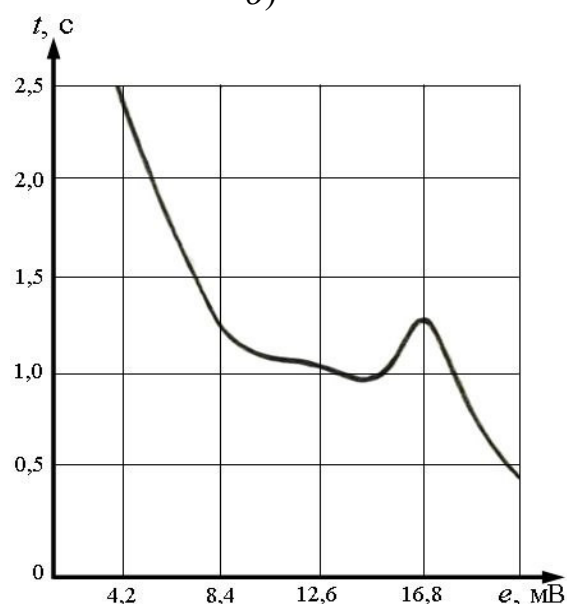
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3 – Зависимости среднего квадратического отклонения

На графиках (рисунок 3, в и г) представлены зависимости среднего квадратического отклонения длительности импульсов и межимпульсных интервалов соответственно. Установленные зависимости показывают, что характер изменения параметров помех, представленных на рисунках 2 и 3, идентичен.

Представленные результаты показывают, что в канале АЛС-ЕН в случае повышения чувствительности локомотивного приемника для снижения влияния импульсных помех от постоянного тягового тока целесообразно рассматривать значение порога чувствительности на уровне 16,5 мВ.

Список литературы

1. Лисенков, В. М. Теория автоматических систем интервального регулирования [Текст]. – М.: Транспорт, 1987. – 150 с.
2. Вековищев, А. В. Система АЛС расширенной значности с индуктивно-рельсовым каналом связи «путь-локомотив» [Рук]: дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.22.08 / Моск. ин-т инженеров ж.-д. трансп. им. Ф. Э. Дзержинского. – Москва, 1989. – 149 с.: ил.
3. Леушин, В. Б. Метод исследования параметров импульсных помех в каналах АЛС [Текст] / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, Н. Е. Дудина, А. В. Вековищев // Исследования и разработки ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте: Межвуз. сб. науч. тр. с межд. уч. – Самара, СамИИТ, 2001. – Вып. 21. – С. 139 – 141.
4. Леушин, В. Б. Об одном методе статистического анализа параметров импульсных помех в каналах АЛС [Текст] / В. Б. Леушин, Р. Р. Юсупов, Н. Е. Дудина // Исследования и разработки ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте: Межвуз. сб. науч. тр. с межд. уч. – Самара, СамИИТ, 2001. – Вып. 21. – С. 142 – 144.
5. Юсупов, Р. Р., Леушин, В. Б., Барашкова, Н. Р. Регистратор ошибок при приёме сигналов автоматической локомотивной сигнализации [программа для ЭВМ]: Свид. 2010611184 Рос. Федерация: № 2009617145; заявл. 14.12.2009; зарег. 10.02.2010.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Леушин Виталий Бениаминович
Самарский государственный университет
путей сообщения (СамГУПС).
Свободы ул., д. 2-В, г. Самара, 443066,
Российская Федерация.
К.т.н., профессор кафедры «Автоматика,
телемеханика, связь на железнодорожном
транспорте» СамГУПС.
E-mail: leushinu@rambler.ru

Юсупов Руслан Рифович
Самарский государственный университет
путей сообщения (СамГУПС).
Свободы ул., д. 2-В, г. Самара, 443066,
Российская Федерация.
К.т.н., доцент кафедры «Автоматика,
телемеханика, связь на железнодорожном
транспорте» СамГУПС.
E-mail: ruskurs@rambler.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Leushin Vilalii Beniaminovich
Samara State Transport University (SSTU).
2B, Svoboda st. Samara, 443066,
the Russian Federation.
PhD in Engineering, Professor of the department
“Automatics, telemechanics and communication
on the railway transport” of SSUT.
E-mail: leushinu@rambler.ru

Yusupov Ruslan Rifovich
Samara State Transport University (SSTU).
2B, Svoboda st. Samara, 443066,
the Russian Federation.
PhD in Engineering, Associate Professor of the
department “Automatics, telemechanics and
communication on the railway transport” of SSUT.
E-mail: ruskurs@rambler.ru

Г. Г. Ахмедзянов, В. В. Дремин

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ МАЛООБСЛУЖИВАЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПУТИ

В статье рассматривается новое малообслуживаемое устройство для крепления дроссельной перемычки. Проведённый анализ существующих способов и устройств крепления дроссельной перемычки показал их общие недостатки, связанные с большой трудоемкостью и значительным влиянием вибрации шпалы на надежность крепления. Рассматриваемое устройство является малообслуживаемым, отличается надежностью и позволяет повысить производительность труда при механизированном обслуживании пути.

Ключевые слова: рельсовая линия, механизация путевых работ, дроссельные перемычки, дроссель-трансформатор, железобетонная шпала.

Gayaz G. Akhmedzyanov, Vladimirmr. V. Dremin

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

APPLICATION OF LOW-SERVICED ELEMENTS OF RAIL LINES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF MECHANIZED WAY SERVICE

The article discusses a new low-maintenance device for attaching a throttle jumper. The analysis of the existing methods and devices for attaching the throttle jumper showed their common disadvantages associated with the high complexity and significant effect of vibration of the sleepers on the reliability of attachment. The device in question is low-maintenance, reliable and allows to increase labor productivity with mechanized track maintenance.

Keywords: rail line, track mechanization, throttle jumpers, choke-transformer, reinforced concrete sleepers.

Стратегия развития холдинга "РЖД" на период до 2030 года в сфере содержания и ремонта инфраструктуры ставит задачу модернизации железнодорожного пути с применением элементов конструкций, обеспечивающих снижение стоимости жизненного цикла. В целях роста производительности труда и минимизации потребностей в «окнах» для ремонта объектов инфраструктуры холдинг реализует комплексную программу по

обновлению и расширению парка современной путевой техники [1]. Одной из проблем при внедрении современных методов комплексной механизации путевых работ являются помехи со стороны напольного оборудования СЦБ. Такие устройства, как светофоры, стрелочные переводы и дроссель-трансформаторы, являются преградой для работы электробаластеров, рихтовочных и снегоуборочных машин.

При текущем содержании пути и выполнении основных работ среднего и подъемного ремонта при подбивке шпал и рихтовке пути на станциях необходимо предварительно демонтировать имеющиеся дроссельные перемычки. Это увеличивает время технологического «окна», приводит к простоям техники и отвлечениям от основной работы электромехаников и электромонтёров СЦБ [2].

Согласно технологии монтажа устройств автоматики и телемеханики, на железнодорожном транспорте на участках с железобетонными шпалами перемычки прокладывают по специально уложенным деревянным брускам, прикрепляемым к рельсам или шпалам при помощи скоб. Перемычки прокладывают по брускам, прикрепляя к ним через каждые 30-40 см скобы из оцинкованной стальной проволоки диаметром 5 мм. Под скобы подкладывают разрезанные изоляционные трубки (обрезки оболочек кабеля) [3]. Недостатками указанного способа крепления являются недолговечность деревянных элементов (средний срок службы 2-3 года), а также сложность установки перемычек, так как необходимо сначала закрепить перемычки на брусках, а затем закрепить бруски на шпале. Необходимость демонтировать брус из шпального ящика при выполнении механизированных работ по содержанию и ремонту пути, приводит к значительным трудозатратам.

Другой способ монтажа дроссельных перемычек заключается в сверлении отверстий в железобетонных шпалах для крепления их дюбелем. Недостатком такого способа является нарушение конструкции шпалы, приводящее к сокращению срока ее эксплуатации и появлению возможности короткого замыкания рельсовой цепи через арматуру шпалы. К тому же опыт использования данного способа крепления на Западно-Сибирской железной дороге показывает его низкую надежность – вибрации шпалы при проследовании подвижного состава приводят к выпадению дюбеля и всего крепления.

Еще одним способом монтажа дроссельных перемычек является использование специальных креплений. Существуют различные конструкции таких креплений. На рис. 1 показан держатель для электротяговых

соединителей (чертеж 17572-50-00 альбом ТО-139-2009), они выпускаются двух типов: подрельсовый (предназначен для пропуска перемычек и соединителей под подошвой рельса с обеспечением электрической изоляции между проводами и подошвой рельса) и проходной (предназначен для фиксации проводов вдоль трассы прокладки перемычек и соединителей, с обеспечением изоляции проводов от земли). Недостатком такого способа крепления является то, что забиваемый в балласт проходной держатель слабо держится в крупном щебне и зачастую возникает необходимость дополнительно применять деревянные бруски для расшивки перемычек.



Рисунок 1 – Держатель для электротяговых соединителей, дроссельных и других перемычек

Другим типом конструкции крепления является усовершенствованное крепление в форме хомута (разработка Волгоградского литейно-механического завода - филиала ОАО «ЭЛТЕЗА» патент ПМ RU 121514 U1 E01B26/00) [4]. Данное изделие (рис. 2) устанавливается непосредственно на железобетонную шпалу и позволяет выполнять монтаж перемычек с обеих сторон шпалы. Недостатками этого устройства являются сложность изготовления и обслуживания скобы из-за большого количества деталей.

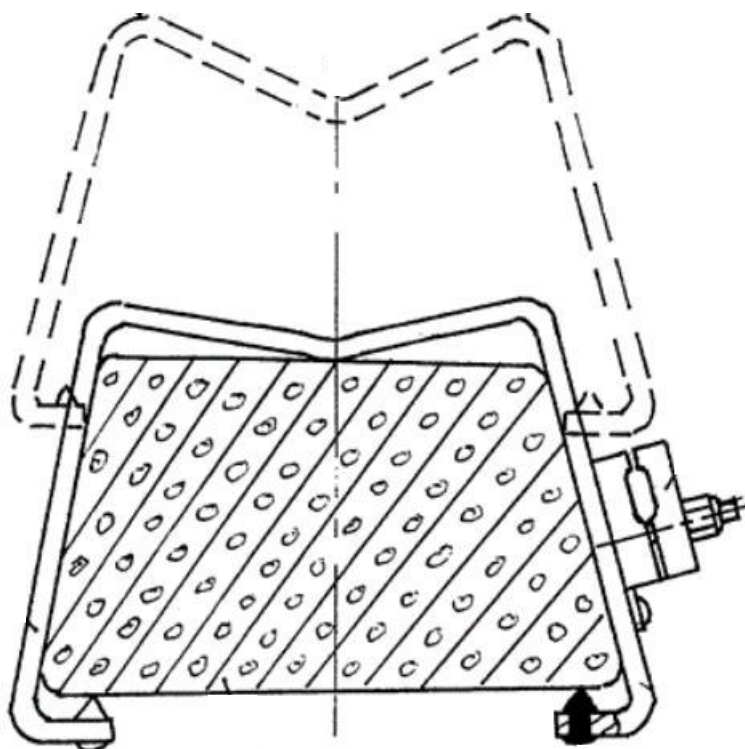


Рисунок 2 – Крепление для установки дроссельных перемычек на железобетонных шпалах

Все описанные способы крепления дроссельных перемычек отличаются трудоемкостью крепления и обслуживания перемычек и недостаточной защитой от вибраций вызванных движением поездов. Существенным недостатком этих способов являются необходимость частого осмотра и обслуживания разборных частей и расположение конструкции в середине междушпального пространства, что требует привлечение обслуживающего персонала для демонтажа дроссельных перемычек при работе комплекса путевых машин. Авторами предложена новая конструкция малообслуживаемого устройства для крепления дроссельной перемычки.

Конструкция малообслуживаемого устройства и его крепление к железобетонной шпале показано на рисунке 3. Устройство содержит кронштейн специальной формы (1) закрепляемый к закладному болту (2) железобетонной шпалы (3), изолирующий элемент (4) для тросов дроссельной перемычки (5), болт с гайкой (6) для зажима тросов с изолирующим элементом. Главной особенностью малообслуживаемого устройства является выполнение несущего и крепящего элемента в виде одной детали. Отдельно следует выделить расположение элементов крепления и закрепляемой дроссельной перемычки на боковой поверхности шпалы ниже плоскости опоры рельса на шпалу.

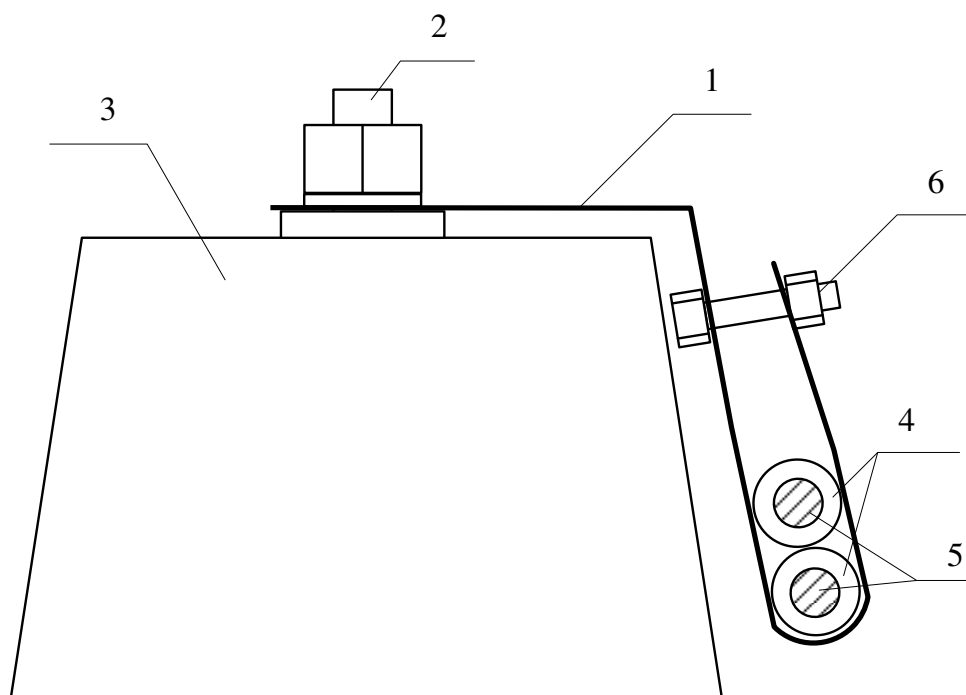


Рисунок 3 – Малообслуживаемое устройство для крепления дроссельной перемычки

Закрепление дроссельной перемычки осуществляется следующим образом. На существующие закладные болты железобетонных шпал, под гайку, устанавливаются кронштейны, при этом существующая изоляция закладного болта от рельса не нарушается. На тросы дроссельных перемычек в месте крепления к кронштейну одевается изолирующие элементы. Тросы дроссельных перемычек вместе с изолирующим элементом зажимаются в кронштейне с помощью болтов. С помощью кронштейнов дроссельная перемычка надежно удерживается на скошенной боковой поверхности железобетонной шпалы, обеспечивая необходимое расстояние от подошвы рельса.

Кронштейн выполняется из полосы листового железа толщиной 3-5 мм путем изгиба в специальном приспособлении. Изолирующий элемент может быть выполнен из наружной оболочки кабеля СБПУ или применены другие изолирующие материалы.

Преимуществами малообслуживаемого устройства для крепления дроссельной перемычки являются:

- надежная работа в условиях постоянной вибрации за счет минимального количества составных деталей и двойной изоляции (изоляция закладного болта и изолирующий элемент устройства);

- сокращение трудозатрат обслуживающего персонала на монтаж дроссельной перемычки;

- беспрепятственная работа путевой техники в районе подключения дроссельных перемычек.

Экономический эффект от внедрения малообслуживаемого устройства для крепления дроссельной перемычки определяется следующими факторами:

- сокращением затрат при изготовлении устройства, обусловленным малым количеством и простотой его деталей;

- сокращением затрат при эксплуатации, связанным с уменьшением времени на обслуживание рельсовых цепей, в том числе при производстве механизированных путевых работ;

- сокращением затрат при новом строительстве железнодорожных путей, обусловленной малой трудоемкостью работ по монтажу устройства и креплению дроссельной перемычки.

Использование малообслуживаемого устройства для крепления дроссельной перемычки позволит повысить надежность работы рельсовых цепей. Рассмотрим показатели надежности рельсовой цепи с малообслуживаемым устройством для крепления дроссельной перемычки. Расчет аппаратной надежности рельсовой цепи числовой кодовой автоблокировки при электротяге постоянного тока. Интенсивности отказов элементов рельсовой цепи взяты из [5]. Среднее время работы до отказа определяется:

$$T_{рц} = 1/(\lambda_{по} + \lambda_{тр} + \lambda_{дп} + \lambda_{дт} + \lambda_{ис} + \lambda_{сс} + \lambda_{дя}), \quad (1)$$

где $\lambda_{по}$ – интенсивность отказа питающего оборудования рельсовой цепи,

$\lambda_{тр}$ – интенсивность отказа трансмиттеров и реле,

$\lambda_{дп}$ – интенсивность отказа дроссельной перемычки,

$\lambda_{дт}$ – интенсивность отказа дроссель-трансформатора,

$\lambda_{ис}$ – интенсивность отказа изолирующего стыка,

$\lambda_{сс}$ – интенсивность отказа стыкового соединителя,

$\lambda_{дя}$ – интенсивность отказа дешифраторной ячейки.

Расчет показал что среднее время работы рельсовой цепи с малообслуживаемым устройством для крепления дроссельной перемычки до отказа $T_{рц} = 44\,643 \text{ ч} \approx 5 \text{ лет}$.

Таким образом, внедрение малообслуживаемого устройства для крепления дроссельной перемычки на сети железных дорог позволит повысить производительность труда и сократить продолжительность «окон» для ремонта

объектов инфраструктуры. Дополнительно улучшение технологии крепления дроссельной перемычки к шпале позволит уменьшить число отказов рельсовых цепей, что в свою очередь позволит уменьшить время unplanned задержек поездов.

Список литературы

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года (основные положения) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rzd.ru>.
2. Селиверов, Д. И. Исследование влияния напольного оборудования СЦБ на производство работ по выправке и подбивке железнодорожного пути. Д. И. Селиверов, М. А. Смоленская // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: Сборник статей по материалам XXVII студенческой международной научно-практической конференции. – Н.: С, 2014. – № 12. – С. 162 – 169.
3. Асс, Э. Б. Монтаж устройств автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте / Е. Б. Асс, Г. П. Маслов. – М.: Транспорт, 1991. – 336 с.
4. Венецианов, А. В. Первая партия / А. В. Венецианов // Гудок. – 2013. – № 24 – С. 2.
5. Аркатов, В. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание / В. С. Аркатов, Ю. А. Кравцов, Б. М. Степенский. – М.: Транспорт, 1990. – 295 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ахмедзянов Гаяз Гумарович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
Тел.: (3812) 311872.
E-mail: 1zzzz1omsk@gmail.com

Дремин Владимир Валентинович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
Тел.: (3812) 311872.
E-mail: dremin-vladimir@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Akhmedzyanov Gayaz Gumarovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.
Docent at the Department of «Automatics and telemechanics» OSTU.
Phone: (3812) 311872.
E-mail: 1zzzz1omsk@gmail.com

Dremin Vladimir Valentinovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.
Docent at the Department of «Automatics and telemechanics» OSTU.
Phone: (3812) 311872.
E-mail: dremin-vladimir@yandex.ru

Д. В. Борисенко, М. М. Соколов

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖИЛ КАБЕЛЯ В ХОЗЯЙСТВЕ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В статье рассмотрены технические решения по автоматизации процесса идентификации соответствия жил кабелей в хозяйстве автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта с применением специальных кодов и технических средств.

Ключевые слова: кабельная жила, ремонт и обслуживание кабеля, генератор, приемник, кодирование

Dmitry V. Borisenko, Maxim M. Sokolov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

AUTOMATIC IDENTIFICATION OF CABLE WIRES IN RAILWAY SIGNALING SYSTEMS

The identification of wires in a long cable presents a challenge when performed in the field. Railway signaling systems use long cables, and any maintenance or repair activities involving cables pose a significant workload on technicians. The automation of cable wire identification would improve the productivity of the personnel. In this article, we describe a set of devices that could implement the required automation.

Keywords: cable wire, cable repair and maintenance, generator, receiver, encoding.

Статистика показывает, что на долю кабельных линий приходится порядка 25% от общего числа отказов службы автоматики и телемеханики ОАО «РЖД». При этом потери поездо-часов от отказов кабелей СЦБ составляют примерно 35% от общего времени задержки поездов. Такая большая доля времени задержки поездов связана со временем поиска и устранения повреждений кабелей.

Наиболее частой причиной отказов кабелей СЦБ является обрыв кабельных жил (74 %), на втором месте – механическое повреждение кабеля (10 %). Далее следуют сообщение кабельных жил (9 %) и понижение сопротивления изоляции кабелей (7 %).

Существующая технология идентификации жил кабеля СЦБ не позволяет

оперативно и достоверно обеспечить его правильную разделку при вводе или модернизации станции, а также восстановить кабель в случае повреждения.

Решением данной проблемы является совершенствование технологии технического обслуживания и ремонта кабельных линий в кабельном хозяйстве автоматики и телемеханики путем автоматизации процесса идентификации соответствия жил кабеля на его концах с применением специальных кодов и технических средств [1].

В рамках научно-исследовательской работы «Совершенствование технологии технического обслуживания и ремонта кабельных линий в хозяйстве автоматики и телемеханики» (протокол от 25 декабря 2019 №ВЧ-57 ФАЖТ) для решения данной проблемы научным коллективом Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) в течение текущего года осуществлялась разработка малогабаритного устройства для идентификации соответствия жил кабеля.

Устройство представляет собой задающий генератор (передатчик), подключаемый на одном конце кабеля (до 60 жил одновременно), и цифровой приемник-индикатор номера жилы, подключаемый на втором конце кабеля.

Структурная схема устройства, приведена на рисунке 1.

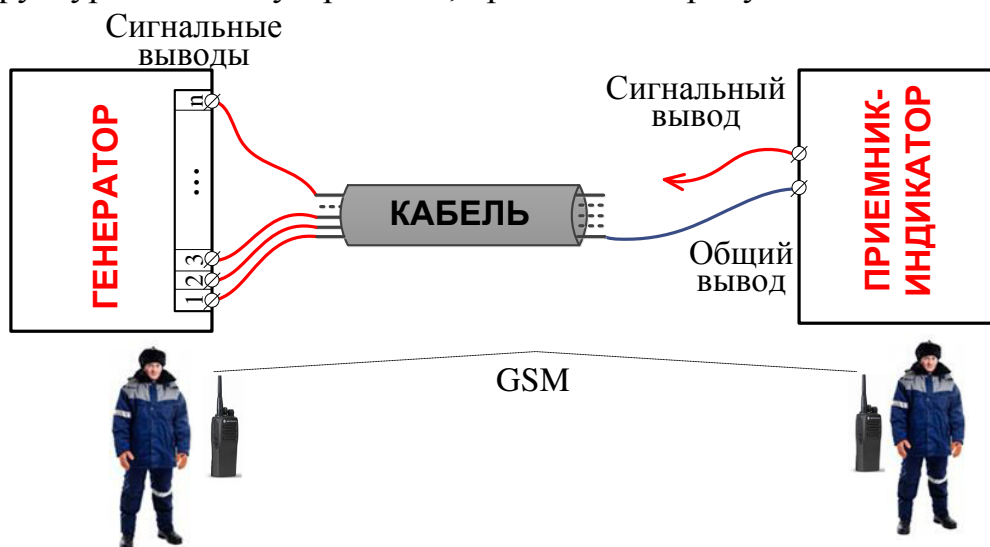


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для идентификации соответствия жил кабеля

На текущем этапе выполнения работы достигнуты следующие результаты.

Проведены патентные исследования по рассматриваемой теме, выявлено, что патентная чистота «Совершенствование технологии технического обслуживания и ремонта кабельных линий в хозяйстве автоматики и

телемеханики» обеспечена с достаточной степенью достоверности.

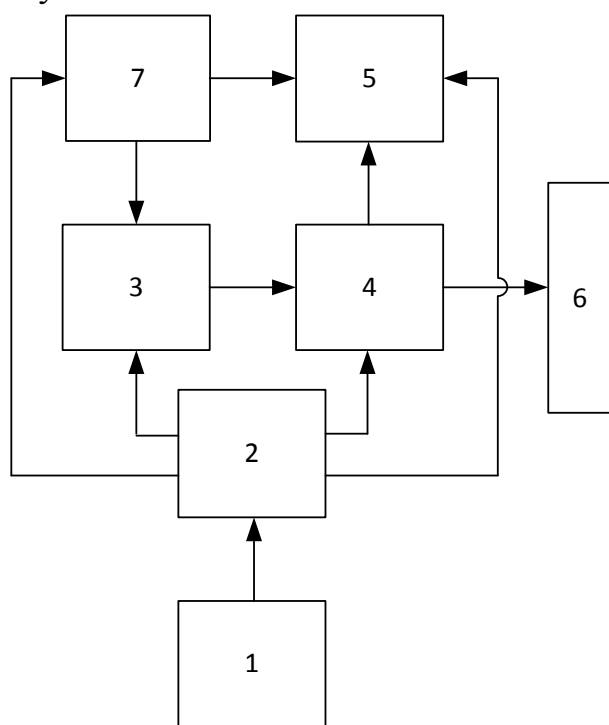
Рассмотрены варианты применения помехозащищенного кода для решения задачи автоматизации процесса идентификации жил кабеля. На основании максимальной жилности кабеля и кодов, применяемых в хозяйстве автоматики и телемеханики, предложено использовать код Хэмминга вида $n = N + K = 6 + 3 = 9$ (разрядов).

На основании выбранного кода, обоснованы и разработаны алгоритмы кодирования и номеров жил кабеля генератором и их декодирования приемником. При этом учтена специфика применения устройств в условиях железнодорожного транспорта.

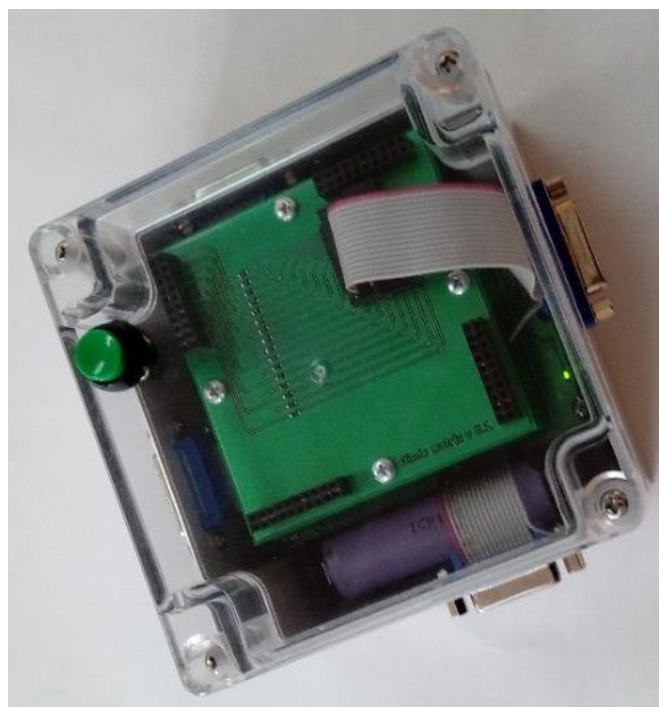
Изготовлен опытный образец устройства для идентификации соответствия жил кабеля, включающего в себя:

- генератор, подключаемый на одном конце кабеля. Структурная схема и внешний вид генератора приведены на рисунке 2;

- приемник-индикатор, подключаемый на другом конце кабеля. Структурная схема и внешний вид приемника-индикатора приведены на рисунке 3.



а



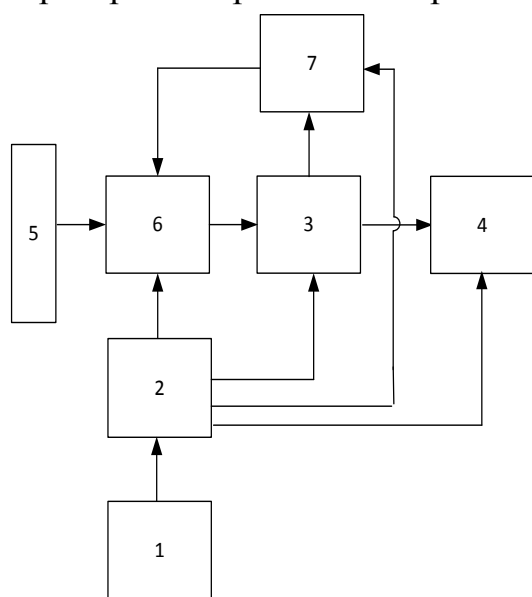
б

Рисунок 2 – Генератор устройства для идентификации соответствия жил кабеля:

а – структурная схема, б – внешний вид

Генератор (рис. 2) работает следующим образом.

Включают устройство нажатием кнопки на блоке управления 2, что приводит к подаче с блока питания 1 питания на генератор номера жилы 3, блок коммутации 4 и блок индикации 5. Жилы прозваниваемого кабеля подключают к разъему для подключения кабеля 6, через который осуществляется их соединение с выходом блока коммутации 4. Генератор номера жилы 3, при наличии питания, на свой выход непрерывно выдает импульсные последовательности, представляющие собой номера жил, закодированные помехоустойчивым кодом. С выхода генератора номера жилы 3 импульсные последовательности поступают на вход блока коммутации 4. Блок коммутации 4 осуществляет коммутацию сигнала с выхода генератора номера жилы 3 с разъемом для подключения кабеля 6.



а



б

Рисунок 3 – Приемник-индикатор устройства для идентификации соответствия жил кабеля:

а – структурная схема, б – внешний вид

Дополнительно, сигналы со входов транслируются блоком коммутации 4 на блок индикации 5 с целью информирования об исправной работе устройства. При необходимости изменения типа помехоустойчивого кода, которым кодируются номера жил, а также изменения скорости передачи номеров жил, переключками на блоке управления 2 устройство переводится в режим настройки. В этом режиме включается программатор 7, а генератор номера жилы 3 прекращает выдачу номеров жил на свой выход. Программатор 7 устанавливает режим работы устройства путем посылки сигналов программирования на генератор номера

жилы 3. Индикация режима настройки выполняется блоком индикации 5 по соответствующему сигналу от программатора 7.

Приемник-индикатор работает следующим образом.

Включают устройство нажатием кнопки на блоке управления 2, что приводит к подаче с блока питания 1 питания на дешифратор номера жилы 3, блок индикации 4, компаратор 6 и блок подстройки порогового напряжения 7. Жила, номер которой требуется определить, а также дополнительная произвольная жила кабеля, которая служит общим проводом, подключаются к разъему для подключения кабеля 5, через который они соединяются с компаратором 6. На второй вход компаратора, от блока подстройки порогового напряжения, поступает пороговое напряжение. Компаратор выполняет сравнение порогового напряжения с напряжением в жиле, номер которой требуется определить. Результат сравнения в виде логического нуля или логической единицы передается в дешифратор номера жилы 3. Дешифратор номера жилы 3, получая от компаратора 6 последовательность логических нулей и единиц, интерпретирует ее как комбинацию помехозащищенного кода и выполняет ее декодирование. Результат декодирования представляет собой номер жилы, который и передается в блок индикации 4 для отображения. При обнаружении ошибок в коде номера жилы, дешифратор номера жилы 3 формирует сигнал ошибки, который передается в блок подстройки порогового напряжения 7. По этому сигналу блок подстройки порогового напряжения 7 изменяет пороговое напряжение, поступающее на компаратор 6, влияя тем самым на результат сравнения.

На разработанные схемные решения получены патенты на полезные модели [2, 3, 4] и изобретение [5].

Представленное устройство прошло лабораторные испытания и предварительные натурные испытания на действующем кабеле ст. Омск-Пассажирский. По результатам испытаний получены, в целом, положительные заключения и рекомендации по доработке. Произведена доработка опытного образца устройства, учтены замечания производства.

Расчетный эффект от автоматизации процесса идентификации жил кабеля составляет в средней около 58 минут на один кабель. При плановой модернизации системы электрической централизации экономический эффект может достигать 200 000 рублей на одну станцию.

Список литературы

1. Соколов, М. М. Совершенствование технологии технического обслуживания и ремонта кабельных линий в хозяйстве автоматики и

телемеханики / М. М. Соколов, Д. В. Борисенко / Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Материалы научной конференции, посвященной Дню российской науки // Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2019. – С. 243 – 247.

2. Борисенко, Д. В. Задающий генератор (передатчик) устройства для прозвонки кабеля (патент на полезную модель) / Д. В. Борисенко, И. В. Присухина, М. М. Соколов // Пат. 178678 РФ, МПК G 01 R 31/02. № 2017143230; Заявлено 11.12.2017; Оpubл. 17.04.2018. Бюл. № 11.

3. Борисенко, Д. В. Индикатор (приемник) устройства для прозвонки кабеля (патент на полезную модель) / Д. В. Борисенко, М. М. Соколов // Пат. 180728 РФ, МПК G 01 R 31/02. № 2017143231; Заявлено 11.12.2017; Оpubл. 21.06.2018. Бюл. № 18.

4. Борисенко, Д. В. Индикатор (приемник) устройства для прозвонки кабеля (патент на полезную модель) / Д. В. Борисенко, М. М. Соколов // Пат. 187413 РФ, МПК G 01 R 31/02. №2018126409; Заявлено 17.07.2018; Оpubл. 05.03.2019. Бюл. № 7.

5. Борисенко, Д. В. Устройство для определения номера жилы кабеля (патент на изобретение) / Д. В. Борисенко, К. П. Сивков, М. М. Соколов // Пат. 2667685 РФ, МПК G01R 31/02), G01R 31/26, G01R 31/309 № 2017132229; Заявлено 20.04.2017; Оpubл. 24.09.2018. Бюл. № 27.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Борисенко Дмитрий Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,

Российская Федерация.

Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.

Тел.: (3812) 311872.

E-mail: BorisenkoDV@omgups.ru

Соколов Максим Михайлович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,

Российская Федерация.

Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.

Тел.: (3812) 311872.

E-mail: SokolovMM@omgups.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Borisenko Dmitry Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m, Omsk, 644000,

the Russian Federation.

Docent at the Department of «Railway Signaling and Interlocking» OSTU.

Phone: (3812) 311872.

E-mail: BorisenkoDV@omgups.ru

Sokolov Maxim Mikhailovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m, Omsk, 644000,

the Russian Federation.

Docent at the Department of «Railway Signaling and Interlocking» OSTU.

Phone: (3812) 311872.

E-mail: SokolovMM@omgups.ru

С. В. Гришечко, С. А. Лунев, М. С. Романов

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

О ПОДКЛЮЧЕНИИ ПЕРЕГОННОЙ АППАРАТУРЫ АПК-ДК К ЦИФРОВЫМ КАНАЛАМ СВЯЗИ

В статье предложено техническое решение для подключения датчиков съема информации о состоянии аппаратуры сигнальной точки системы АПК-ДК к цифровым каналам связи на железнодорожном перегоне.

Ключевые слова: мониторинг, цифровизация, Ethernet, цифровой канал связи, микроконтроллер, компаратор, последовательный интерфейс, модуль преобразования аналогового сигнала.

Sergey V. Grishechko, Sergey A. Lunev, Mihail S. Romanov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

ABOUT CONNECTION OF A RAILROAD TRACK EQUIPMENT APC-DC TO DIGITAL COMMUNICATION CHANNELS

The article describes the technical solution for connection information removal sensors on a condition of the system APC-DC signal point equipment to digital communication channels on a railroad track.

Keywords: monitoring, digitization, Ethernet, digital communication channel, microcontroller, comparator, serial interface, analog signal conversion module.

Повышение эффективности работы железнодорожного транспорта невозможно без обеспечения высокого уровня надежности устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Контроль состояния перегонной и станционной аппаратуры ЖАТ обеспечивают такие системы технического диагностирования и мониторинга (СТДМ), как «Автоматизация диагностирования и контроля устройств СЦБ» (АДК-СЦБ), «Аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля» (АПК-ДК) и другие. С получением более полного перечня показателей состояния перегонных объектов появляется возможность увеличить глубину поиска отказов и оперативно устранять предотказные состояния. Проведение большого количества измерений, а также потребность в получении дополнительной

информации о состоянии аппаратуры сигнальной точки ведёт к увеличению объёма обрабатываемой и передаваемой информации. Для реализации этого необходимо наличие высокоскоростного цифрового канала связи между перегонном и станцией, что позволит пользоваться всеми возможностями цифровой техники, а именно: подключение устройств на перегоне к станционной сети, возможность передачи видео и аудио информации с перегона, съём данных с большего количества датчиков, возможность выхода с сигнальной точки перегона в локальную сеть дистанции СЦБ, включая подключение к глобальной вычислительной сети интернет. В работах [1,2] были рассмотрены возможные варианты организации связи перегонных устройств (блок-поста) и сервера дистанции СЦБ для передачи необходимого объёма диагностической информации и показана возможность организации высокоскоростного цифрового канала связи с использованием стандарта SHDSL.bis по физической паре, по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС), с использованием сотовой связи (технология GPRS/GSM) или беспроводной локальной сети (технология «Wi-Fi» по стандарту IEEE 802.11x в не лицензируемых диапазонах частот 2,4 ГГц, 5 ГГц).

В работе [3] показана организация беспроводной связи между датчиками СТДМ АПК-ДК. Передача данных с переезда на центральный пункт диагностирования АПК-ДК организуется с использованием GSM-канала. На переезде предусматриваются: установка GSM-модема, автомата диагностики сигнальной установки (АДСУ-24/16) и модулей измерителей тока и детектор кодов (ИТДК), а на центральном пункте диагностирования и мониторинга (ЦПДМ) – GSM-роутер с антенной. GSM-роутер через интерфейс Ethernet подключается к концентратору информации АПК-ДК для передачи данных на ЦПДМ.

Вместе с тем на большинстве участков Западно-Сибирской железной дороги для контроля перегонных устройств установлены автоматы контроля сигнальной точки (АКСТ) системы мониторинга АПК-ДК, которые не поддерживают пакетную передачу данных по протоколу Ethernet. В этом случае передача информации от перегонных датчиков СТДМ на станцию по любому типу цифрового канала связи без преобразования выходного сигнала АКСТ невозможна. Поэтому необходимо преобразовать частотный циклический код, генерируемый АКСТ, в пакеты стандарта Ethernet и передать их по цифровому каналу связи. Пакеты с информацией должны приниматься на станции и передаваться в концентратор линейного пункта, а также при помощи специального графического интерфейса отображаться на ноутбуке или мониторе компьютера.

Для решения данной задачи авторами было разработано устройство сопряжения АКСТ с цифровым каналом связи – модуль преобразования аналогового сигнала (МПАС), которое в своем составе содержит микроконтроллер, Ethernet модуль и блок питания (рис. 1).

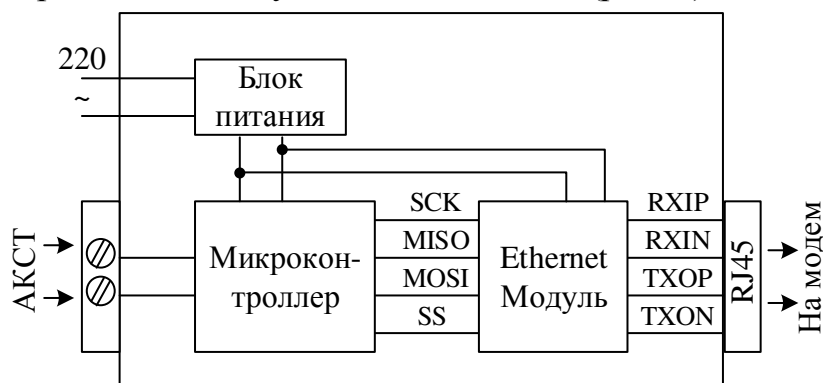


Рисунок 1 – Структурная схема модуля преобразования аналогового сигнала

Микроконтроллер выполнен на базе микропроцессора ATmega328p [4] и установлен в плату с обвязкой Arduino Uno [5].

В качестве Ethernet модуля используется плата Ethernet Shield [6], позволяющая работать в локальных вычислительных сетях для приёма и передачи данных в сети Интернет.

Схема подключения МПАС к АКСТ представлена на рисунке 2.

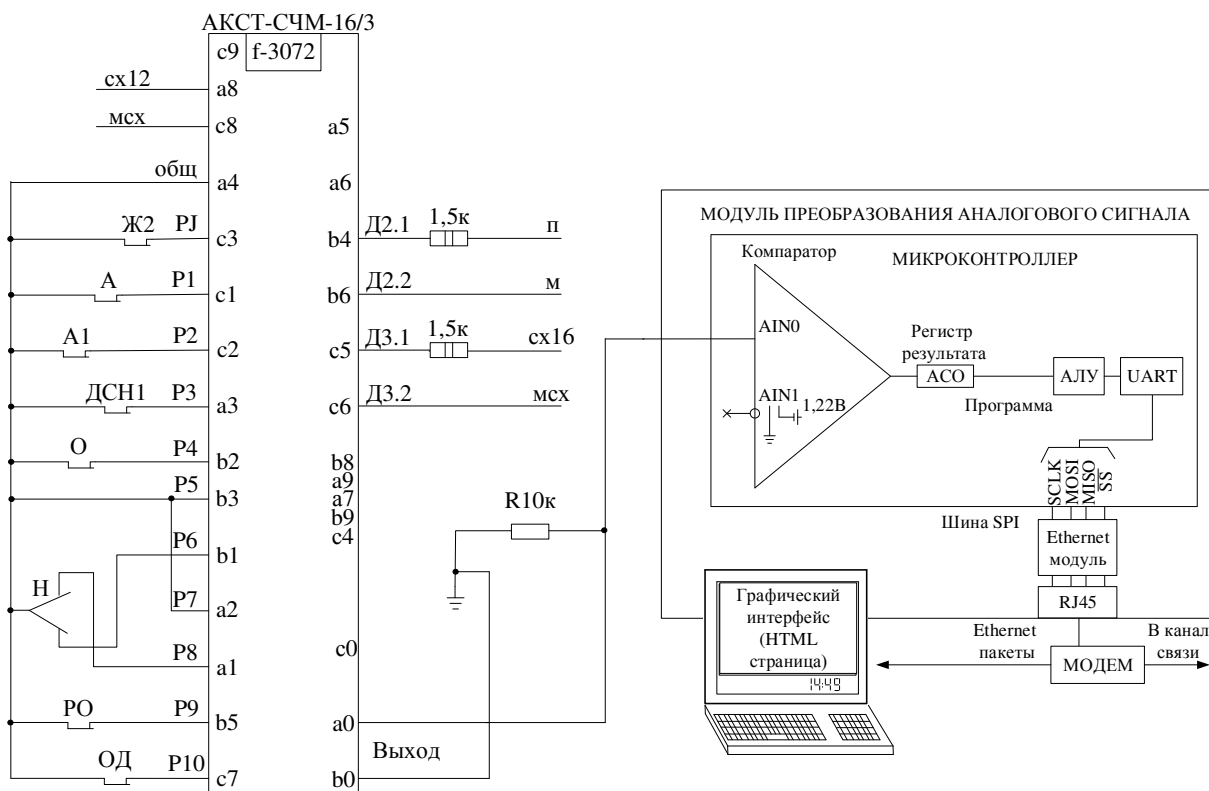


Рисунок 2 – Схема подключения МПАС к АКСТ

Преобразование выходного сигнала АКСТ осуществляется встроенным в микроконтроллер ATmega328p аналоговым компаратором.

Настройка работы компаратора в микроконтроллере выполняется при помощи регистра конфигураций ACSR программным способом.

В работе модуля используется внутренний источник опорного напряжения для компаратора AIN1 1,22В.

Сигнал переменного тока (частоты тонального диапазона) амплитудой от 8 до 14 В с выхода АКСТ поступает на неинвертирующий вход компаратора. Сигнальный провод от АКСТ замыкается на землю через сопротивление 10 кОм. Принятый от АКСТ сигнал сравнивается с опорным напряжением. Если амплитуда сигнала на неинвертирующем входе больше опорного, то в регистре результата (АСО) записывается «0». Если меньше опорного, записывается «1». Информация, находящаяся в АСО обрабатывается программой с целью определения номера и качества принятого импульса (интервала).

В соответствии со структурой выходного сигнала АКСТ [7], качество импульса и интервала определяется его длительностью при помощи непрерывного циклического подсчёта значений из АСО. Если на выходе АКСТ присутствует сигнал с амплитудой 8 В в течении 0,5 или 1,0 секунды, то на неинвертирующем входе компаратора в течении этого времени напряжение превышает значение опорного. Таким образом, зная количество отсчётов произведённых во время приёма такого сигнала можно определить длину импульса.

Во время интервала кодовой посылки на неинвертирующем входе компаратора внутренне опорное напряжение будет превышать внешнее напряжение со стороны АКСТ. По количеству отсчетов произведенных за это время можно определить длительность интервала.

Информация об отсчетах, сделанных во время импульса (интервала) из регистра результата поступает на АЛУ (арифметико-логическое устройство).

Далее производится математический анализ отсчётов, в ходе которого определяется одно из пяти возможных значений сигнала генерируемого АКСТ [7].

При дешифрации сигнала амплитудной модуляции инкрементировались характерные переменные и по их значению определялись номер и качество импульса.

Информация о номере и качестве импульсов и интервалов отправляется из АЛУ в регистр последовательного интерфейса UART. Из него информация по SPI интерфейсу поступает на Ethernet модуль, который формирует пакеты (кадры) Ethernet.

В пакете Ethernet содержится информация необходимая для работы графического интерфейса, выполненного в виде HTML страницы, которую можно открыть по IP адресу присвоенному устройству типа АКСТ.

Для обработки сигнала с датчика типа АКСТ-Ч может быть также применена конструкция МПАС. При этом изменяется алгоритм работы программы. Для дешифрации частотно модулированного сигнала АКСТ-Ч, необходимо измерять время от одного перехода из единицы в ноль до другого перехода из единицы в ноль, что дает возможность определить частоту принимаемого сигнала от АКСТ-Ч. При смене частоты фиксируется смена импульса, далее определяется качество импульса по сумме длительностей периодов предыдущей частоты. По размеру такой суммы можно определить качество импульса и отобразить на графическом веб-интерфейсе информацию о состоянии датчика, отвечающего за обработанный номер импульса. Внешний вид разработанной для АКСТ с амплитудной модуляцией веб-страницы представлен в табл. 1.

Таблица 1

Веб-страница сигнальной точки N5 ($f=3072$)

№ п/п	датчик/реле	состояние
0	путевое реле Ж	под током
1	аварийное реле А	под током
2	аварийное реле А1	под током
3	реле ДНС	под током
4	огневое реле О	под током
5	реле №5	под током
6	реле №6	под током
7	реле №7	под током
8	реле направлений Н	под током
9	реле №9	без тока
10	реле дополнительное огневое ОД	под током
11	датчик схода изостыков ИС	без тока
12	датчик питания дешифраторной ячейки ДЯ	под током
13	датчик полюса СХ12	под током
14	контрольный импульс 1	получен
15	контрольный импульс 2	получен
16	контрольный импульс 3	получен

Веб-интерфейс МПАС представляет собой таблицу, в которой содержится информация о контролируемых параметрах сигнальной точки. Таблица состоит из трёх столбцов и семнадцати строк. В первом столбце указаны по порядку номера импульсов АКСТ, нулевой номер относится к интервалам между импульсами. На датчик, который формирует ширину интервалов (выводы с3-а4) подключают путевое реле Ж (рис. 2). Три последних номера относятся к импульсам не несущим информацию о датчиках, и в них передаётся служебная информация для контроля корректного приёма кодовой посылки. Второй столбец содержит в себе наименования реле и полюсов напряжений, которые соответствуют датчикам АКСТ. Третий столбец содержит в себе информацию о состоянии датчика.

В строке для путевого реле ячейка с информацией о состоянии датчика подсвечена зелёным светом если путевое реле под током (участок свободен) или красным цветом если путевое реле без тока (участок занят).

Остальные информационные ячейки при исправном состоянии датчика, т.е. под током обозначены белым цветом (цвет фона) и неисправное состояние, т.е. без тока обозначены оранжевым цветом.

Значения датчиков обновляются в фоновом режиме. Страница не обновляется целиком, а только фрагментарно в зависимости от изменения обстановки на сигнальной точке.

Для местного программного обеспечения информация, поступающая от модулей МПАС является не стандартной, т.е. без конвертирования данные не могут быть использованы. Подобный опыт сопряжения разных стандартов данных под одно программное обеспечение существует.

Список литературы

1. Гришечко, С. В. Организация передачи диагностической информации с временного блок-поста / С. В. Гришечко, С. А. Лунев // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: Образование-Наука-Производство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. (Чита, 7 декабря 2017 г.). – Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2017. – Т.1. – С. 205 – 209.

2. Гришечко, С. В. К вопросу об организации передачи диагностической информации с временного блок-поста / С. В. Гришечко, С. А. Лунев, С. А. Сушков // «Символ науки» международный научный журнал.– Уфа, 2018. – № 5. – С. 44 – 47.

3. Технические решения 39499777-15-ТР-03. Передача данных между устройствами АПК (СТДМ) по каналам связи GSM-сетей: утв. Управлением

автоматики и телемеханики ЦДИ филиала ОАО «РЖД» 10.08.2015. – СПб., 2015. – 13 с.

4. 8-bit AVR Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash ATmega48PA/88PA/168PA/328P Datasheet. Atmel Corporation, 2009.

5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduino-master.ru/platy-arduino/plata-arduino-uno/>.

6. W5100 Datasheet Version 1.1.8 © 2008~2009 WIZnet Co., Inc. All Rights Reserved.

7. Типовые материалы для проектирования 410726-ТМП «Система диспетчерского контроля и диагностики устройств железнодорожной автоматики и телемеханики АПК-ДК». СПб. – ГИПРОТРАНССИГНАЛСВЯЗЬ, – 2006.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гришечко Сергей Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000, Российская Федерация.
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
Тел.: 8-913-970-57-10.
E-mail: svgrishechko@mail.ru

Лунев Сергей Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000, Российская Федерация.
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.

Романов Михаил Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000, Российская Федерация.
Аспирант кафедры «Электрические машины и общая электротехника» ОмГУПС.
Тел.: 8-951-423-92-67.
E-mail: mihalich9992@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Grishechko Sergey Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000, the Russian Federation.
Docent at the Department of «Railway Signalling and Interlocking » OSTU.
Phone: 8-913-970-57-10.
E-mail: svgrishechko@mail.ru

Lunev Sergey Alexandrovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000, the Russian Federation.
Docent at the Department of «Railway Signalling and Interlocking » OSTU.

Romanov Mihail Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
5, Marx av.m Omsk, 644000, the Russian Federation.
Post graduate student at the Department of «Electrical machinery and General electrical engineering » OSTU.
Phone: 8-951-423-92-67.
E-mail: mihalich9992@yandex.ru

С. В. Гришечко, М. С. Романов

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ПОСТРОЕНИЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО КАНАЛА СВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПЕРЕГОНЕ ПО ТЕХНОЛОГИИ ГИГАБИТНЫХ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

В статье предложено решение по проектированию гигабитной пассивной оптической сети на железнодорожном перегоне, произведён расчёт оптического бюджета для топологии сети подобранной с учётом особенностей расположения сигнальных установок (железнодорожной аппаратуры).

Ключевые слова: топология сети, оптический бюджет, высокоскоростной цифровой канал связи, железнодорожный перегон.

Sergey V. Grishechko, Mihail S. Romanov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

CONSTRUCTION OF A HIGH-SPEED COMMUNICATION CHANNEL ON THE RAILWAY STRETCH USING THE GIGABIT PASSIVE OPTICAL NETWORKS TECHNOLOGY

The article proposes a solution for the Gigabit passive optical network design on a railway stretch, the optical budget calculation for the network topology selected taking into account the location of signal installations peculiarities (railway equipment).

Keywords: speed of algorithms, time cost, convolution.

Одним из важнейших путей повышения эффективности работы железнодорожного транспорта является обеспечение безотказной работы устройств СЦБ и связи.

Поставленная задача подразумевает модернизацию, переоборудование, усовершенствование систем автоматики и связи. Обеспечение надёжности и безопасности каналов передачи данных между перегонном и станцией является одним из важнейших направлений повышения эффективности работы железнодорожного транспорта. Через данный канал может передаваться информация о состоянии перегонной аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ).

Внедрение цифрового канала связи между перегоном и станцией поможет увеличить объёмы передаваемых данных, (расширить функциональные возможности действующих систем мониторинга), повысить безопасность и надёжность линии передачи.

Актуальность данного направления обуславливается стратегией научно-технического развития холдинга ОАО «РЖД» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года: «Развитие систем диагностики и мониторинга, включая ручные измерительные системы, обеспечивающие объективность измерений, должно строиться на принципах разумной достаточности при обеспечении безопасности движения и заданного уровня надёжности перевозочного процесса. Приоритет приобретает развитие данных систем наряду с метрологическим обеспечением измерений, а также автоматизация прогнозирования развития ситуаций на базе этих измерений. Создание высокоэффективной иерархической системы сбора и обработки результатов диагностики и мониторинга в едином высокоточном координатном пространстве должно быть увязано с единой интеллектуальной системой управления перевозочным процессом» [1].

В цифровом канале связи благодаря методам кодирования реализована надёжная помехозащищённость сигнала при высоких скоростях передачи данных. Кроме того, современные стандарты шифрования защищают канал связи от несанкционированного доступа.

Одним из перспективных направлений развития систем передачи данных является технология пассивных оптических сетей. В отличие от систем, использующих в качестве среды передачи медные жилы или радиоэфир, оптическое волокно не подвержено помехам со стороны электроустановок и обладает отличной электромагнитной совместимостью, а также защитой данных от несанкционированного доступа. Применение пассивных разветвителей (делителей) – сплиттеров позволяет осуществлять передачу сигнала на десятки километров без ретрансляции [2].

Пропускная способность сети, выполненной по технологии GPON (Gigabit Passive Optical Network) позволит осуществлять мониторинг устройств автоматики, телемеханики и связи на перегоне с использованием различных цифровых датчиков, передачу видео и аудио информации с перегона. Также, станет возможным выход в локальную сеть предприятия, включая подключение

к глобальной вычислительной сети интернет. Всё это важно для устранения предотказных состояний, поиска причин появления перемежающихся (кратковременных) отказов и повышения надёжности работы устройств ЖАТ в целом.

В сетях GPON определяющий критерий корректной работы – затухание сигнала в линии, так как создается пассивная оптоволоконная среда передачи различных топологий, в которой разделение канала между абонентами осуществляется при помощи узлов, не требующих внешнего источника питания [3].

Особенность железнодорожного перегона заключается в последовательном размещении устройств АиТ, с приблизительно равными расстояниями между ними.

В связи с данной особенностью необходимо подобрать наиболее эффективную топологию сети. На рис. 1 представлена структурная схема подключения элементов GPON сети для перегона А-Б участка Омск-Исилькуль Западно-Сибирской железной дороги.

Аппаратура канала состоит из приемопередающих модулей центрального узла (OLT) и удаленных абонентских узлов (ONT) связанных между собой оптоволоконным кабелем. Для ответвления линии применяются сварные сплиттеры (FBT) и планарные сплиттеры (PLC). После сплиттеров сигнал разделяется на ветви и по оконечным оптическим абонентским кабелям поступает к ONT. Таким образом один модуль приёмопередатчика OLT может передавать информацию нескольким абонентским устройствам ONT [4].

Сплиттеры FBT позволяют неравномерно делить оптическую мощность. Такое свойство необходимо, если при построении сети предусматриваются ответвления для абонентов, которые находятся на разном расстоянии от места разветвления. Характер разветвления и распределение мощности сигнала записывается в следующей форме: 1х2 30/70 (разветвление на два выхода, один из которых имеет уровень сигнала 30% от входного, другой 70%). У планарных сплиттеров затухание сигнала меньше, чем у сварного сплиттера (FBT). Сигнал в таких разветвителях делится на равные части [5].

В статье произведено моделирование сети GPON на перегоне А-Б, длина которого составляет 22000 метров, количество сигнальных установок равно 11.

Главным критерием при расчете данной сети является выполнение следующего условия в соответствии с формулой [6]:

$$\Delta P > \alpha_{max}, \quad (1)$$

где ΔP , дБ – оптический бюджет линии;

α_{max} , дБ – максимально возможное затухание в PON сети – затухание оптической линии связи на участке от передатчика до самого удаленного приемника (определяется классом передатчика и приёмника).

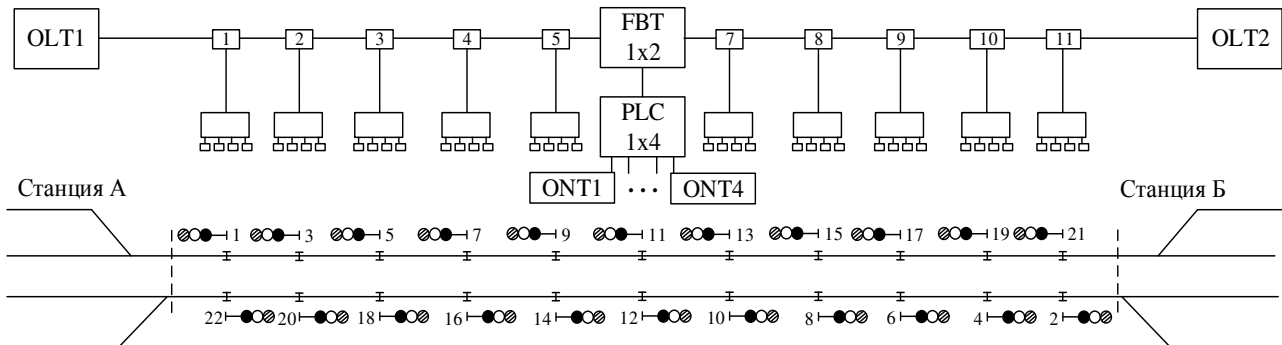


Рисунок 1 – Структурная схема подключения элементов GPON сети для перегона А-Б

Оптический бюджет линии определяется по формуле [6]:

$$\Delta P = Tx - (-Rx), \quad (2)$$

где Tx , дБм – уровень мощности передатчика;

Rx , дБм – чувствительность приемника.

По структурной схеме сети на перегоне А-Б произведен расчёт затухания от OLT до самого отдалённого абонентского узла ONT с учётом, что на каждый FBT сплиттер приходится 2 сварных соединения и на последней паре сплиттеров FBT и PLC дополнительно одно сварное и механическое соединения. Длина волны для восходящего потока данных (наименьшее затухание) 1310 нм [3].

Схема пропорционального деления затухания уровня сигнала представлена на рис. 2

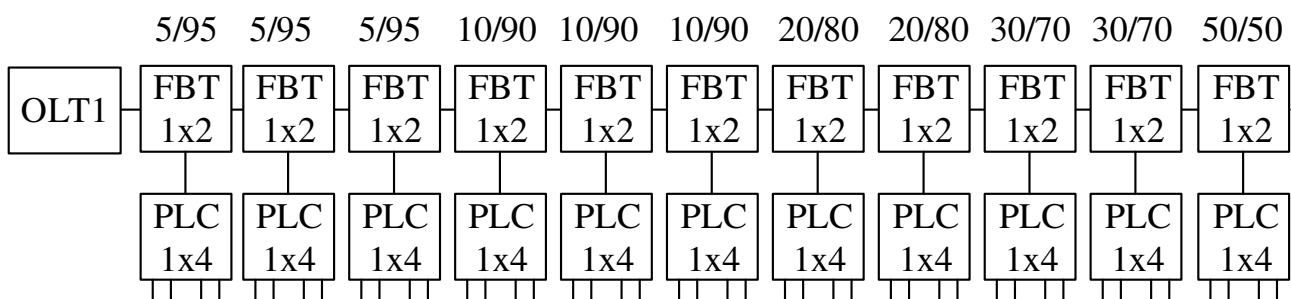


Рисунок 2 – Структурная схема GPON сети с использованием FBT сплиттеров неравномерно делящих оптическую мощность

Формула для определения суммарного затухания всех элементов цепи [6]:

$$A_{\Sigma} = \alpha * L_{\Sigma} + A_w * N_w + A_c * N_c + A_s, \text{ дБ} \quad (3)$$

где A_{Σ} – суммарное затухание сигнала;

α – затухание сигнала на 1км оптоволокну на длине волны 1310 нм;

L_{Σ} – суммарная длина оптоволокну от OLT-а до конечного узла;

A_w – затухание сигнала на сварном соединении;

N_w – количество сварных соединений на пути следования сигнала от OLT-а до конечного узла;

A_c – затухание сигнала на механическом соединении

N_c – количество механических соединений на пути следования сигнала от OLT-а до конечного узла;

A_s – суммарное затухание сигнала на каскаде сплиттеров;

Суммарное затухание всех элементов цепи в соответствии с формулой 3

$$A_{\Sigma} = 0,24 \cdot 22 + 0,05 \cdot 23 + 0,2 \cdot 1 + (0,35 \cdot 3 + 0,6 \cdot 3 + 1,06 \cdot 2 + 1,57 \cdot 2 + 3,17 + 7,4) = 25,13 \text{ дБ}$$

учитывая эксплуатационный запас в 3 дБ получаем $\alpha_{max} = 28,13$ дБ

Рассчитаем оптический бюджет линии на примере оборудования OLT Class B+ по формуле 2 [6]

$$\Delta P = 5 - (-28) = 33 \text{ дБ}.$$

Проверка выполнения условия 1

$$33 \text{ дБ} > 28,13 \text{ дБ}.$$

Условие выполнено, следовательно, GPON сеть рассчитана корректно, и доступна для проектирования.

Опираясь на расчёт, изложенный в данной статье можно сделать вывод, что система передачи данных, выполненная по технологии пассивных оптических сетей подходит для использования на перегоне А-Б.

В перспективе развитие эксплуатационных возможностей цифровой сети GPON позволит удовлетворить потребность компании ОАО РЖД в цифровизации результатов диагностики и мониторинга в едином высокоточном координатном пространстве для увязки с единой интеллектуальной системой управления перевозочным процессом [1].

Список литературы

1. Стратегия научно-технического развития холдинга «Российские железные дороги» на период до 2020 года и перспективу до 2025 года «Белая книга» / ОАО «РЖД». 2015. 63 с.

2. Гришечко, С. В. Организация передачи диагностической информации с временного блок-поста / С. В. Гришечко, С. А. Лунев // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: Образование-Наука-Производство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. (Чита, 7 декабря 2017 г.) / ЗаБИЖТ ИрГУПС. – Чита. – 2017. – Т.1. С. 205 – 209.

3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Интернет источник: <https://lantorg.com/article/15-chastyh-voprosov-o-GEPON>.

4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ic-line.ru/2-4-3-topologiya-tipa-shina>.

5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prointech.ru/kb/passivnye-komponenty-vols/opticheskie-splittery.html>

6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eltexsl.ru/optical-power-budget>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гришечко Сергей Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.

Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.

Тел.: 8-913-970-57-10.

E-mail: svgrishechko@mail.ru

Романов Михаил Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.

Аспирант кафедры «Электрические машины и общая электротехника» ОмГУПС.

Тел.: 8-951-423-92-67.

E-mail: mihalich9992@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Grishechko Sergey Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.

Docent at the Department of «Railway Signalling and Interlocking » OSTU.

Phone: 8-913-970-57-10.

E-mail: svgrishechko@mail.ru

Romanov Mihail Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644000,
the Russian Federation.

Post graduate student at the Department of «Electrical machinery and General electrical engineering » OSTU.

Phone: 8-951-423-92-67.

E-mail: mihalich9992@yandex.ru

А. И. Давыдов

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПЕРЕЕЗДЕ

Статья посвящена вопросам создания единой методологии по обследованию железнодорожных переездов на предмет безопасности движения и выработке соответствующих административных и технических мероприятий для конкретных железнодорожных переездов и в их близи.

Ключевые слова: железнодорожный переезд, безопасность, факторный анализ.

Alexey I. Davydov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF SAFETY AT THE LEVEL CROSSING

The article is devoted to the creation of a unified methodology for the inspection of railway crossings for traffic safety and the development of appropriate administrative and technical measures for specific railway crossings and in their vicinity.

Keywords: railway crossing, safety, factor analysis.

Безопасность на железнодорожных переездах является одной из актуальных задач транспорта и инфраструктуры. В связи с ростом автомобильного транспорта, увеличивается количество автомобильных дорог и переездов.

На сегодняшний день на сети железных дорог общего пользования Российской Федерации насчитывается около 11 тысяч железнодорожных переездов, из них только на 2300 переездах установлено различные устройства заграждения. В настоящее время организуются пересечения на разных уровнях, но порой это сделать невозможно или экономически не выгодно. Поэтому проблема одноуровневых пересечений автомобильного и железнодорожного транспорта остается важной.

В настоящее время по поручению Президента РФ внедряется Стратегия безопасности дорожного движения на среднесрочный период до 2024 года [1]. Основными направлениями являются: изменение поведения участников дорожного движения, повышение защищенности детей и пешеходов, развитие

работ по организации дорожного движения, совершенствование системы управления безопасности и т.д.

Аварии на железнодорожных переездах приводят к большим жертвам и значительным экономическим потерям. Финансовые потери при аварии могут достигать сотен миллионов рублей. Угроза аварии существенно увеличивается при перевозке опасных грузов из-за возможности катастрофического исхода.

При классификации переездов по категориям в настоящее время учитываются только размеры движения автомобилей и поездов и не учитываются индивидуальные особенности каждого конкретного переезда. Часто информации об объемах движения недостаточно для адекватного принятия решений об оборудовании переездов новыми техническими средствами. Поэтому технология ранжирования и обследования переездов нуждается в совершенствовании.

С целью решения этой проблемы в Омском государственном университете путей сообщения разработан состав и технология заполнения специального документа, отражающего особенности обеспечения безопасности движения на каждом конкретном переезде, – паспорт безопасности.

В состав паспорта входят числовые значения следующих качественных показателей:

- объемы движения поездов;
- объемы движения автомобилей;
- максимальные массы поездов;
- максимальные скорости поездов.
- Кроме того, в паспорте оценивается:
- наличие технических средств;
- видимость светофоров;
- статистика внештатных ситуаций.

Так же, считаем необходимым в паспорте безопасности железнодорожного переезда отражать список как уже внедрённых изменений по повышению безопасности движения, так перспективный план оснащения переезда.

По каждому показателю по результатам обработки ретроспективной информации о внештатных ситуациях на конкретных переездах, на основании экспертных оценок и, применив методы интеллектуального анализа данных [2-4], производится ранжирование каждого фактора в зависимости от его влияния на безопасность движения. Рассмотрим оценку каждого фактора в отдельности.

Согласно Инструкции по эксплуатации железнодорожных переездов № ЦП-566 основными факторами, на основании которых производится

определение категории переезда, являются объем движения поездов на поездоучастке, где расположен переезд и объем движения автомобилей непосредственно по переезду. Балльная оценка этих показателей приведена на рис. 1 и 2. Эта информация имеется в отчетности дирекции управления движением и государственной инспекции безопасности дорожного движения.

<5	6-30	31-50	51-70	71-90	>100
0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 1 – Балльная оценка объема движения поездов (пар поездов)

<50	51-150	151-500	501-1000	1001-1500	>1500
0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 2 – Балльная оценка объема движения автомобилей

Согласно теоретическим основам тяговых расчетов, на тормозной путь поезда оказывают решающее влияние такие показатели, как масса поезда и его скорость в начале торможения. Чем больше масса и скорость, тем больше вероятность неблагоприятного исхода внештатной ситуации на переезде. На рис. 3 и 4 приведена балльная оценка этих факторов. Эти исходные данные имеются в отчетности дирекции тяги и формах статистической отчетности ЦО-2 и ТО-2 (раздел 3).

<1500	1501-3000	3001-4000	4001-5000	5001-6000	>6001
0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 3 – Балльная оценка максимальных масс поездов на поездоучастке (тыс. т)

<40	40-70	71-90	91-120	121-160	>160
0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 4 – Балльная оценка максимальных скоростей поездов (км/ч)

При оценке уровня безопасности на железнодорожном переезде важно учитывать, какие технические средства уже установлены на объекте. Соответствующие балльные оценки приведены на рис. 5.

+доп. шлагбаум	+УЗП	+шлагбаум	+светофор	нет светофора
0 баллов	1 балл	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 5 – Балльная оценка наличия установленных технических средств на переезде

Очень важное значение имеет видимость точки пересечения с автомобильной дороги переездных светофоров и самого переезда. Предлагаемые оценки для этого фактора, приведены на рис. 6.

>330	330-200	110-200	81-109	30-80	<30
0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 6 – Балльная оценка условий видимости переезда (метров)

Оценивая уровень безопасности на объекте транспортной инфраструктуры, считаем необходимым учитывать имеющуюся статистику о нарушениях и авариях на этом объекте. Балльная оценка приведена на рис. 7. При отсутствии показателя значение считается равным 3 баллам.

<7 нарушений в неделю	7-15 нарушений в неделю	15-20 нарушений в неделю	>20 нарушений в неделю	1-2 аварии в год	>2 аварий в год
0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов

Рисунок 7 – Балльная оценка статистики внештатных ситуаций на переезде

Итоговое значение показателя безопасности на конкретном объекте определяется по формуле:

$$Пб = \frac{\sum_i p_i}{\sum_i p_{\max i}} \cdot 100, \quad (1)$$

где p_i – значение i -го фактора для конкретного переезда;

$p_{\max i}$ – максимально возможное значение i -го фактора.

Таким образом, в результате получаем шкалу значений показателя безопасности, представленную на рис. 8.



Рисунок 8 – Ранжирование расчётного значения показателя безопасности на переезде

Определив для каждого железнодорожного переезда значения составляющих и комплексное значение показателя безопасности, возможно, выделить объекты, нуждающиеся в скорейшей модернизации. У специалистов департамента безопасности движения, службы пути и службы автоматики и телемеханики появляется инструмент для формирования комплексного плана повышения безопасности движения на железных дорогах. Только от предотвращения задержек грузовых и пассажирских поездов в целом по сети железных дорог РФ ежегодно может быть сэкономлено порядка 3 миллионов рублей. А важнейшим результатом работ по повышению безопасности на железнодорожных переездах являются спасенные человеческие жизни.

Список литературы

1. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018 – 2024 годы. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. № 1-р.
2. Журавлёв, Ю. И. Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения / Ю. И. Журавлёв, В. В. Рязанов, О. В. Сенько. – М.: Фазис, 2006. – 176 с.
3. Зиновьев, А. Ю. Визуализация многомерных данных / А. Ю. Зиновьев. – Красноярск: Изд. Красноярского государственного технического университета, 2000. – 180 с.
4. Чубукова, И. А. Data Mining: Учебное пособие / И. А. Чубукова. – М.: Интернет-университет информационных технологий: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2006. – 382 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Давыдов Алексей Игоревич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.
К.т.н., доцент кафедры «Информатика и компьютерная графика» ОмГУПС.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Davidow Aleksey Igorevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.
Docent at the Department of "Informatics and computer graphics" OSTU.

С. Л. Лисин

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ Т-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЯХ

В статье рассматривается применение дифференциальных Т-преобразования для расчета переходных процессов в рельсовых цепях, приведены результаты расчетов.

Ключевые слова: рельсовая цепь, система дифференциальных уравнений, переходный процесс, дифференциальные Т-преобразования, алгоритм расчета.

Sergei L. Lisin

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

APPLICATION OF DIFFERENTIAL T-TRANSFORMATIONS FOR CALCULATION OF TRANSITION PROCESSES IN RAIL CHAINS

The article discusses the use of differential T-transforms for the calculation of transients in rail circuits, the calculation results are presented.

Keywords: rail circuit, system of differential equations, transient, differential T-transforms, calculation algorithm.

Актуальность расчета переходных процессов в рельсовых цепях обусловлена необходимостью обеспечения надежной и безопасной работы полупроводниковой и микропроцессорной элементной базы, которая в настоящее время широко применяется в рельсовых цепях. А также для оценки эффективности устройств защиты от коммутационных воздействий и перенапряжений тягового тока и грозовых разрядов в рельсовых цепях.

Трудности расчета переходных процессов в рельсовых цепях связаны с наличием в их составе распределенных и нелинейных элементов. Предлагается для расчета переходных процессов в рельсовых цепях использовать дифференциальные Т-преобразования [1], которые позволяют алгебраизировать дифференциальные уравнения практически одинаковым образом, как линейные, так и нелинейные. Достоинствами данного преобразования являются:

- простота и наглядность прямых и обратных преобразований, что позволяет автоматизировать процесс расчета;
- возможность построения моделей переходных процессов в рельсовых цепях любой сложности, для всех режимов работы;
- универсальность построенных моделей для различных параметров рельсовых цепей.

Схемы замещения и системы дифференциальных уравнений, описывающие распространение сигналов в рельсовых цепях, достаточно полно рассмотрены в [2], поэтому в данной статье не рассматриваются.

Для перевода системы дифференциальных уравнений описывающих распространения сигналов в рельсовой цепи в область T -изображений удобно использовать преобразования вида:

$$i(k) = \frac{H^k}{k!} \left(\frac{\partial^k i(t)}{\partial t^k} \right) \div i(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{t}{H} \right)^k I(k);$$

$$U(k) = \frac{H^k}{k!} \left(\frac{\partial^k U(t)}{\partial t^k} \right) \div U(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \left(\frac{t}{H} \right)^k U(k)$$

где $\frac{H^k}{k!}$ – масштабная функция

$I(t), u(t)$ – оригиналы исследуемых функций

H – масштабная постоянная, имеющая размерность времени;

K – дискретный аргумент ;

$I(k), U(k)$ – T - дискреты изображающих функций для конечных значений аргумента

$\div$ – символ соответствия между оригиналами $i(t), u(t)$ и изображениями $I(k)$ и $U(k)$.

В область T -изображений также переводятся уравнения, описывающие начальные и граничные условия.

Распространение сигналов в рельсовой и кабельных линиях рельсовой цепи описывается уравнениями в частных производных. Для представления в виде T -изображений по координате изменения длины x выполняется конечно разностная аппроксимация функций токов и напряжений $i(x, t)$, $u(x, t)$, а по времени t выполняется перевод с помощью T -преобразований (1).

Рельсовая и кабельная линия делятся на N одинаковых участков. Частные производные по x заменяются их разностными аппроксимациями в виде центральных разностей:

$$\frac{dU_i(k)}{dx} \approx \frac{U_{i+1}(k) - U_{i-1}(k)}{2h} = N \frac{U_{i+1}(k) - U_{i-1}(k)}{2l};$$

$$\frac{dI_i(k)}{dx} \approx \frac{I_{i+1}(k) - I_{i-1}(k)}{2h} = N \frac{I_{i+1}(k) - I_{i-1}(k)}{2l},$$

где $h = l/(N-1)$; l – длина линии; $U_i(k)$, $I_i(k)$ – значение функции $U_x(k)$, $I_x(k)$ в точках $x = x_i = ih = il/N$, при $i = 1, 2, \dots, N$.

И разностей по концам рельсовой или кабельной линии при $x=0$ и $x=l$

$$\frac{dU_o(k)}{dx} \approx \frac{U_1(k) - U_o(k)}{h}; \quad \frac{dU_N(k)}{dx} \approx \frac{U_N(k) - U_{N-1}(k)}{h};$$

$$\frac{dI_o(k)}{dx} \approx \frac{I_1(k) - I_o(k)}{h}; \quad \frac{dI_N(k)}{dx} \approx \frac{I_N(k) - I_{N-1}(k)}{h}.$$

Полученная система Т-уравнений является алгебраической системой линейных уравнений и решается одним из известных методов, например, методом Гаусса относительно $k+1$ дискрет изображений токов и напряжений в схеме замещения рельсовой цепи.

Для нахождения оригиналов исследуемых функций токов и напряжений удобно использовать метод припасовывания локальных Т-уравнений [1]. При использовании метода припасовывания вначале выбирается масштабная постоянная H из условия обеспечения численной устойчивости решения. Временной интервал, на котором требуется найти решение, представляется как

$$[0, T] \quad t_i = i \cdot H; \quad i = 1, \dots, n; \quad n = T/H,$$

где $[0, T]$ – совокупность моментов t_i , отстоящих друг от друга на интервале припасовывания. Задавая значения токов и напряжений при $t=0$, то есть начальные условия для первого интервала припасовывания, и придавая аргумент K целочисленные значения, вычисляют дискреты искомых токов и напряжений. После этого осуществляется контроль точности представления исследуемых функций заданным числом дискрет (заданным числом членов ряда Тейлора) по формуле:

$$|x^{i-1} - x'^{i-1}| \leq E;$$

$$x'^{i-1} = X_{i-1}(0) = \sum_{k=0}^n (-1)^k X_i(k);$$

где x'^{i-1} – вычисленное значение оригинала функции тока или напряжения в начале интервала припасовывания;

$X_i(k)$ – Т-дискреты токов и напряжений для i -го шага припасовывания;

n – число вычисленных дискрет;

E – наперед заданное число, определяющее необходимую точность вычислений;

X_{i-1} – оригинал исследуемой функции в начале $(i-1)$ –го интервала припасовывания.

Если условие точности выполняется, то по формулам (1) вычисляются оригиналы исследуемых функций в конце i -го интервала припасовывания. Затем полученные значения оригиналов функций для i -го интервала припасовывания задаются как начальные условия для $(i+1)$ – го интервала припасовывания и так далее. Если на одном из интервалов припасовывания условие не выполняется, то для обеспечения точности вычисления необходимо определять большее количество дискрет, либо уменьшать интервал припасовывания.

С помощью указанных преобразования были проведены вычисления длительности переходного процесса t_{nn} для различных длин рельсовой линии l , удельного сопротивления изоляции рельсовой линии r_u и удельной величины емкости рельсовой линии C для нормального режима работы рельсовой цепи. Некоторые результаты вычислений показаны на рис.1, рис.2, рис. 3.

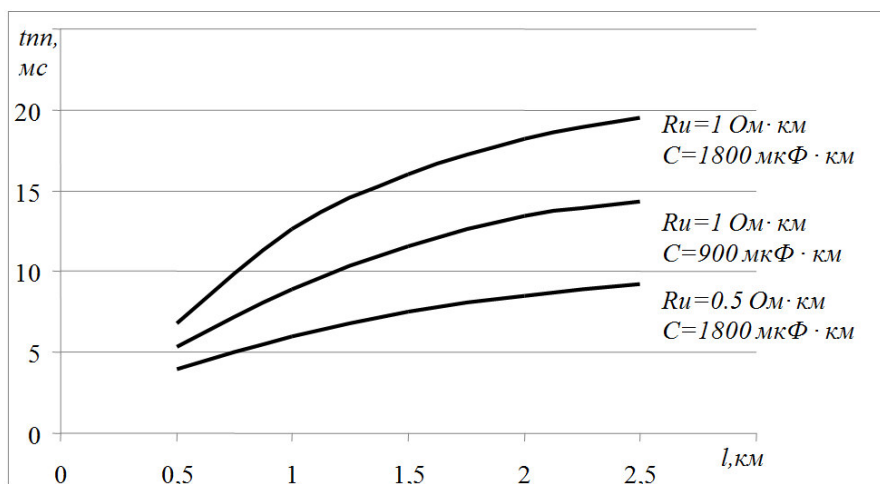


Рисунок 1 – График зависимости

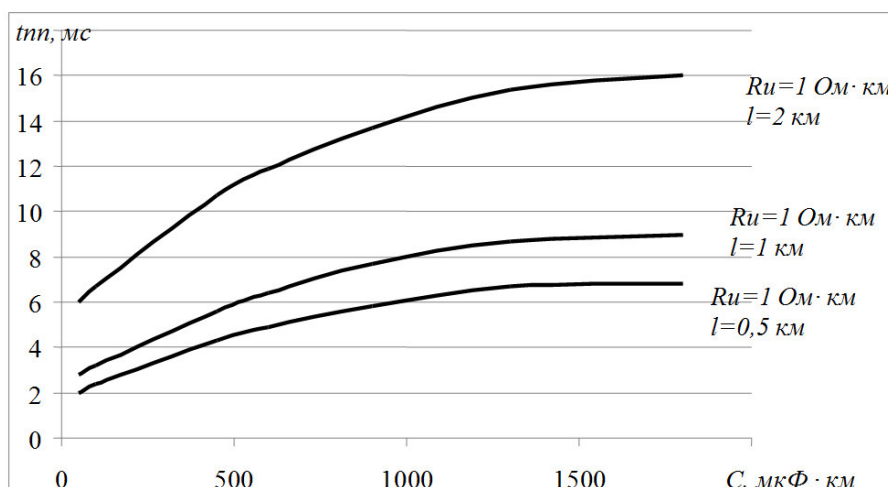


Рисунок 2 – График зависимости

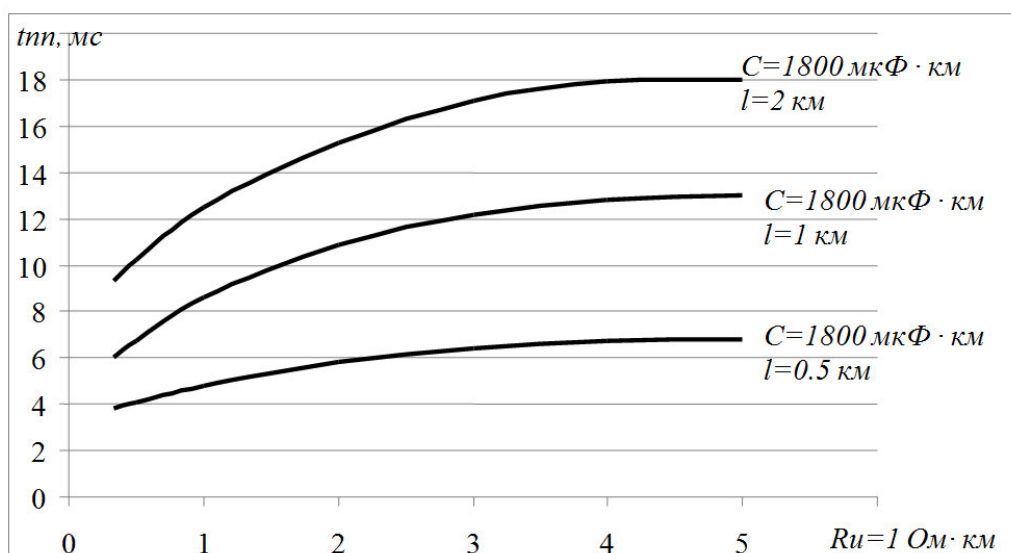


Рисунок 3 – График зависимости

Для оценки влияния коммутационных перенапряжений и грозовых разрядов на аппаратуру рельсовой цепи и устройств защиты необходимо с помощью дифференциальных T -преобразований вычислять токи и напряжений в цепи, как функции от времени. По которым определять пиковые значения, временные и энергетические параметры токов и напряжений, протекающих в рельсовой цепи в результате воздействий.

Список литературы

1. Пухов, Г. Е. Дифференциальный анализ электрических цепей / Г. Е. Пухов. – Киев: Наук. Думка, 1982. – 496 с.
2. Брылеев, А. М. Теория, устройство и работа рельсовых цепей / А. М. Брылеев, Ю. А. Кравцов, А. В. Шишляков. – М.: Транспорт, 1978. – 344 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Лисин Сергей Леонидович

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,

Российская Федерация.

Доцент кафедры «Автоматика и
телемеханика» ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-18-72.

E-mail: lisinsl@rambler.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Lisin Sergei Leonidovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m, Omsk, 644046,

the Russian Federation.

Docent at the Department of «Railway
Signalling and Interlocking» OSTU.

Phone: (3812) 31-18-72.

E-mail: lisinsl@rambler.ru

С. Л. Лисин¹, Е. М. Тарасов², А. Е. Тарасова²

¹Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

²Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС),
г. Самара, Российская Федерация

ИНВАРИАНТНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОМЕХ

В статье рассматривается применение принципа инвариантности для оценки состояния рельсовых цепей при наличии помех на входе путевого приемника.

Ключевые слова: рельсовая цепь, путевого приемник, эквивалентная помеха, инвариантная оценка.

Sergei L. Lisin¹, Evgeny M. Tarasov², Anna E. Tarasova²

¹Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

²Samara, State Transport University (SSTU), Samara, the Russian Federation

INVARIANT ESTIMATION OF THE STATE OF THE RAIL CHAIN UNDER THE INFLUENCE OF INTERFERENCE

The article deals with the application of the invariance principle to assess the state of rail circuits in the presence of interference at the input of the track receiver.

Keywords: rail circuit, track receiver, equivalent interference, invariant estimation.

Эквивалентный фактический ток на входе путевого приемника рельсовой цепи представляет совокупность сигнального тока и тока эквивалентной помехи:

$$I_{\Sigma\phi} = I_{\text{сигн}} + I_{\Sigma n}$$

Для оценки влияния тока эквивалентной помехи на работу рельсовой цепи в [1] были предложены обобщенные критерии чувствительности к наложению нормативного шунта и обрыву рельсовой линии:

$$K_{\text{шнп}} = 1 / [(K_z / K_{\text{вн}}) Z_{\text{по}} (K_c / Z_{\text{пошн}}) + 1 / (K_z Z_{\text{по}} (I_n \text{ ср} / I_{\Sigma\text{шн}}))],$$

$$K_{\text{орп}} = 1 / [(K_z / K_{\text{вн}}) Z_{\text{по}} (K_c / Z_{\text{нок}}) + 1 / (K_z Z_{\text{по}} (I_n \text{ ср} / I_{\Sigma\text{нк}}))],$$

где: $Z_{\text{по}}$, $Z_{\text{пошн}}$ – модуль сопротивления передачи основной схемы замещения в нормальном режиме и при наложении нормативного шунта;

$I_{\Sigma\text{шн}}$ – эквивалентный ток помехи на входе путевого приемника при наложении нормативного шунта;

$Z_{пок}$ – модуль сопротивления передачи основной схемы замещения в контрольном режиме;

$I_{эк}$ – эквивалентный ток помехи на входе путевого приемника при обрыве рельсовой нити;

K_m - коэффициент, учитывающий коммутационный износ;

K_c - коэффициент, учитывающий изменения питающей сети;

K_t – температурный коэффициент;

K_z - коэффициент запаса.

Анализ работы рельсовых цепей, приведенный в [1] по выше указанным формулам, показал, что для обеспечения безопасной работы рельсовых цепей необходимо либо сокращать предельно допустимую длину рельсовых цепей, либо увеличивать минимально допустимое сопротивление изоляции рельсовой линии. То есть ухудшать эксплуатационные характеристики рельсовых цепей. При эксплуатации рельсовых цепей в предельно допустимых условиях, например, при минимально допустимых сопротивлениях изоляции рельсовая цепь становится небезопасной при помехе больше нуля, так как $K_{инп}$ становится меньше единицы. График зависимости $K_{инп}$ от величины эквивалентной помехи, выраженной в процентах от величины сигнального тока на входе путевого приемника при $R_{и}=R_{и \text{ мин доп}}$, $K_{ор}=1$ показан на рис. 1.

Влияния помех оказывается еще весомее при использовании более чувствительных и быстродействующих приемников, по сравнению с электромагнитными реле. Например, реле типа ИВГВ и микропроцессорных путевых приемников в тональных рельсовых цепях. В первом случае приходится сокращать предельно-допустимую длину рельсовой цепи и увеличивать минимально-допустимое сопротивление изоляции рельсовой линии при расчете нормали. Во втором, уходить в спектр тональных частот и использовать низкочастотную модуляцию основной несущей частоты тонального спектра. Что приводит к значительному усложнению и удорожанию аппаратуры рельсовой цепи. При этом, в обоих случаях подавление помехи осуществляется с помощью фильтров.

Представляется целесообразным не бороться с влиянием помех, а наоборот, выделять помеху и использовать ее для оценки состояния рельсовой цепи. Одним из путей, позволяющих реализовать такую оценку, является применение принципа инвариантности.

Для осуществимости инвариантности необходимо и достаточно выполнение двух условий:

- наличие в рельсовой цепи двух каналов передачи сигнала между точкой возмущения (помехой) и точкой достижения инвариантности (входом путевого приемника);
- физическая реализуемость дополнительного канала.

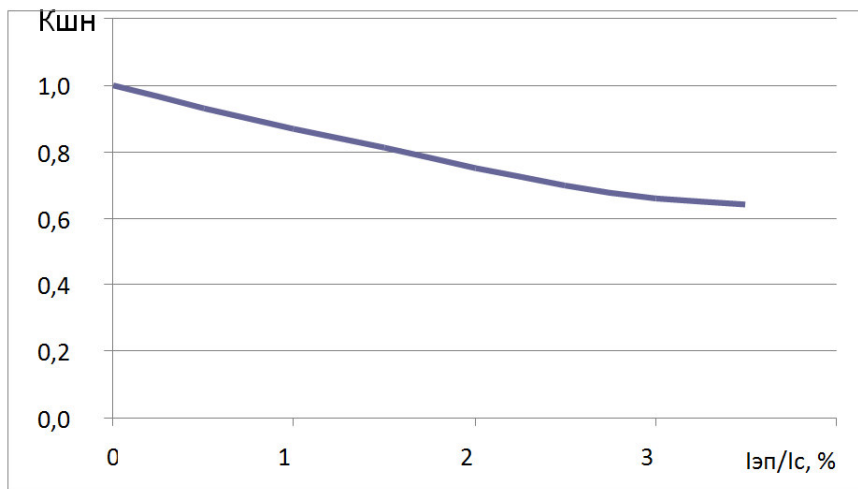


Рисунок 1 – График зависимости

Так как возмущающее воздействие носит аддитивный характер, структурная схема двухканального принципа компенсации возмущений приведена на рис. 2.

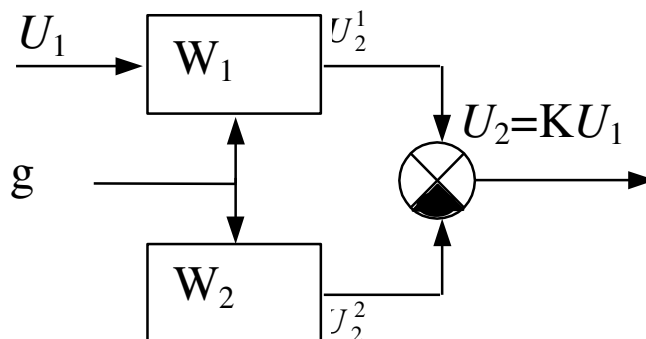


Рисунок 2 – Структурная схема

В качестве вычислителя в данном случае использовано разностное звено, и уравнения компенсации имеют вид

$$U_2^1 = KU_1 + F(g) \text{ в канале } W_1,$$

$$U_2^2 = F(g) \text{ в канале } W_2,$$

$$U_2 = U_2^1 - U_2^2 = KU_1 \text{ в разностном звене.}$$

Здесь, $F(g)$ –случайная функция возмущения, действующая на оба канала передачи информации g , K – константа.

В общем случае, разностное уравнение преобразования в решающем устройстве двухканального инвариантного классификатора состояний с временным разделением каналов, имеет вид

$$U_2^1(t_1) - U_2^2(t_2) = U_2,$$

где $U_2^1(t_1)$ - напряжение на выходе основного канала во временном промежутке T_1 ,

$U_2^2(t_2)$ – наведенное напряжение на выходе компенсационного канала во временном промежутке T_2 .

Структурно-функциональная схема технической реализации принципа в импульсных рельсовых цепях с временным разделением сигналов, показана на рис. 3.

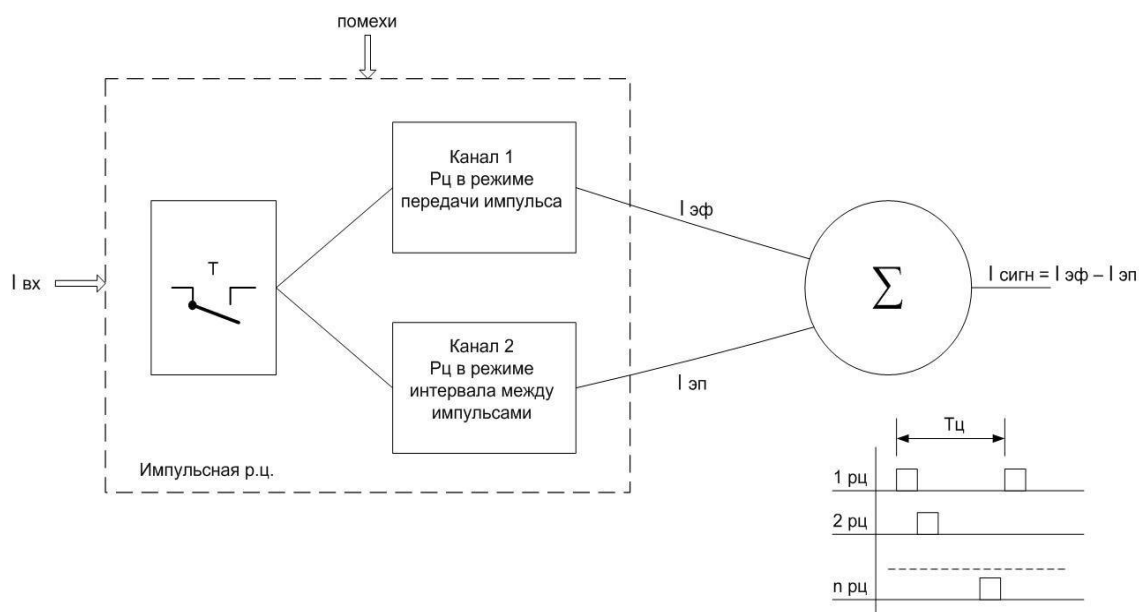


Рисунок 3 – Структурно-функциональная схема

Оценка состояния рельсовой цепи проводится по разнице эффективного фактического тока на входе путевого приемника в импульсе и тока эквивалентной помехи в интервале между импульсами. Например, как это предложено в [2].

Добиться полной компенсации помехи в реальных условиях невозможно, вследствие изменения параметров помехи во времени, а также в связи с тем, что помеха может иметь импульсный, следовательно, вероятностный характер. Поэтому при разработке рельсовых цепей целесообразно задавать величину максимально допустимой недокомпенсации помехи.

Результаты моделирования вероятности недокомпенсации эквивалентной помехи от импульсных помех, параметры которых приведены в [3], представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты моделирования

Длительность импульса в цикле оценки, мс	Длительность интервала в цикле оценки, мс	Величина недокомпенсации эквивалентной помехи, %				
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
150	400	0.67	0.76	0.82	0.93	0.96
100	450	0.65	0.78	0.87	0.94	0.99

Результаты моделирования показывают возможность компенсации не менее 70 процентов от величины эквивалентной помехи.

Использование принципа инвариантности в рельсовых цепях позволяет обеспечить нечувствительность к воздействию аддитивных и параметрических возмущений соответствующим выбором структурной схемы инвариантной рельсовой цепи. Так при использовании многоканальных активных схем формирования каналов возможно обеспечение инвариантности к параметрическим воздействиям на каналы передачи информации (рельсовые линии) с разностным или логометрическим вычислителем в приемнике рельсовой цепи. При использовании полуактивных схем организации каналов передачи информации, удачно компенсируются аддитивные помехи. Применение многоканальных принципов организации инвариантности особенно актуально при использовании микропроцессорных классификаторов состояний рельсовых линий, т.к. программно – аппаратные возможности позволяют реализовать многоуровневую систему обработки полученной информации и организовать n каналов по виду возмущений. В то же время организация виртуальных многоканальных схем компенсации возмущений не предполагает полный отказ от защитных устройств, в том числе фильтров, а лишь является дополнительной формой компенсации возмущений.

В тоже время выявление помехи в составе совокупного сигнала на входе путевого приемника позволит повысить безопасность работы расширить функциональные возможности рельсовых цепей в предельных эксплуатационных условиях, проконтролировать неисправность изолирующих стыков и кабеля.

Список литературы

1. Брылеев, А. М. Влияние величины эквивалентной помехи на входе путевого приемника на параметры и работу рельсовых цепей / А. М. Брылеев, С. Л. Лисин, Д. В. Шалягин. – М.: деп. рук. № 5370, указатель ВИНТИ «Депонированные научные работы», 1990. – № 12. – С. 80.
2. А.с 1794763 СССР, МКИ В61L 23/16. Способ контроля свободного состояния рельсовой линии / А. М. Брылеев, С. Л. Лисин, А. М. Тарасов, Е. П. Пиманов; ОмИИТ СССР. – Оpubл.– 1993. – БИ №6.
3. Беляков, И. В. Теория и методы реализации адаптивных систем контроля состояний рельсовых линий.: Дисс. ... доктора технических наук. – М.:МИИТ, 1996. – 386с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лисин Сергей Леонидович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
Тел.: (3812) 31-18-72.
E-mail: lisinsl@rambler.ru

Тарасов Евгений Михайлович

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС).
Свободы ул., д. 2-В, г. Самара, 443066,
Российская Федерация.
Заведующий кафедрой «Электротехника» СамГУПС, профессор, доктор технических наук.
Тел.: 8- 9272970833.
E-mail: e.tarasov@samgups.ru

Тарасова Анна Евгеньевна

Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС).
Свободы ул., д. 2-В, г. Самара, 443066,
Российская Федерация.
Студентка факультета Системы обеспечения безопасности движения СамГУПС.
Тел.: 8- 9272970833.
E-mail: tarasova.ann@list.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Lisin Sergei Leonidovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Docent at the Department of «Railway Signalling and Interlocking» OSTU.
Phone: (3812) 31-18-72.
E-mail: lisinsl@rambler.ru

Tarasov Yvgeny Mikhailovich

Samara State Transport University (SSTU).
2B, Svoboda st. Samara, 443066,
the Russian Federation.
Head of the Department "Electrical Engineering» SSTU.
Proff, D. in Technical Sciences.
Phone: 8- 9272970833.
E-mail: e.tarasov@samgups.ru

Tarasova Anna Yvgenyevna

Samara State Transport University (SSTU).
2B, Svoboda st. Samara, 443066,
the Russian Federation.
Student of the faculty of traffic safety Systems SSTU.
Phone: 8- 9272970833.
E-mail: tarasova.ann@list.ru

С. В. Казанцев¹, И. С. Казанцева²

¹Западно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД»,

²Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ОБСЛУЖИВАНИЕ КТСМ ПО СОСТОЯНИЮ

В статье сформулированы предложения по обслуживанию устройств КТСМ, а также повышению эффективности работы хозяйства автоматики и телемеханики на основе использования параметров, измеряемых средствами диагностики.

Ключевые слова: КТСМ, погодные условия, железная дорога.

Sergey V. Kazantsev¹, Irina S. Kazantseva²

¹West Siberian railway –JSC«RZD»,

²Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

MAINTENANCE OF A MULTIFUNCTIONAL COMPLEX OF TECHNICAL EQUIPMENT

The article contains proposals for servicing multifunctional complex of technical equipment devices, as well as improving the efficiency of the automation and telemechanics facilities based on the use of parameters measured by diagnostic tools.

Keywords: multifunctional complex of technical equipment, weather, railway.

Изменение технологии обслуживания устройств КТСМ Обеспечение решения таких актуальных задач, как внедрение малолюдных технологий в эксплуатации устройств и систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), сокращение трудозатрат на их техническое обслуживание; сокращение расходов в результате определения предотказных ситуаций, возможно в том числе и за счет изменения технологии обслуживания устройств КТСМ.

В настоящее время существующие графики обслуживания установок КТСМ включают в себя еженедельное и годовое выполнение работ, что занимает основную часть рабочего времени, в которое входит в том числе и перемещение электромехаников до этих установок. Наибольшие трудозатраты приходятся на обслуживание установок с пунктами контроля локомотивов (ПКЛ), где применяются КТСМ01Д. Установки КТСМ01Д по сравнению с КТСМ02 имеют слабо развитую диагностику их технического состояния,

устаревшее оборудование и большее время на обслуживание. Поскольку установки КТСМ01Д с ПКЛ совмещены с КТСМ02, рассмотрим некоторые работы по техническому обслуживанию КТСМ02, имеющего диагностику работы комплекса и сопутствующие работы смежных организаций.

Работа (в соответствии с технико-нормировочной картой ТНК ЦШ 0558-2018) по проверке работы БСК и УБП занимает значительное время на замену аккумуляторной батареи при ее неисправности. Контроль напряжений питаний осуществляется системой диагностики, причем при данной проверке источник бесперебойного питания переключается на батарею, с целью проверки ее исправности. Работа (ТНК ЦШ 0562-2016) по проверке состояния железнодорожного полотна совместно с бригадиром пути включает в себя основные измерения ширины колеи и просадки пути. В работе (ТНК ЦШ 0558-2018) по проверке соединительных коробок (ДО, РЦ) наибольшее время занимает открытие-закрытие коробок, чем проведение измерений, которые можно проводить в помещении установки на низовых клеммах. Проверка трассы кабельной линии связи (ТНК ЦШ 0578-2016) и кабельных муфт (ТНК ЦШ 0592-2016) требуется в основном перед проведением земляных работ при капитальном ремонте пути сторонними организациями. Как правило, трассы кабелей СЦБ и связи КТСМ проходят совместно или в небольшом отдалении и осматриваются работниками СЦБ с проверкой состояния кабельных муфт. Работы (ТНК ЦШ 0568-2016, ТНК ЦШ 0570-2016) по проверке установочных размеров и комплексной проверке напольных камер КНМ-05 имеют диагностические параметры, по которым можно определить предотказное состояния устройства. Обслуживание АРМов ЛПК включает в себя работы (ТНК ЦШ 0550-2018, ТНК ЦШ 0553-2018, ТНК ЦШ 0564-2016, ТНК ЦШ 0566-2016) по внешнему осмотру и диагностике стационарного оборудования, проверке показаний и анализу работы аппаратуры и подсистемы КТСМ 02ДС, КТСМ 02 БТ, выполняемые один раз в неделю. Если рассмотреть технологию выполнения работ, то осмотры, чистки, проверки самого оборудования можно выделить в одну группу, а работы связанные с программным обеспечением в другую группу.

При анализе предотказных состояний, представленных на рис. 1, и влияния погодных условий, изображенных на рис. 2, на Западно-Сибирской железной дороге, в том числе снежных заносов, установлено, что КТСМ подвержено влиянию погодных условий в определенные месяцы: ноябрь-декабрь и январь-февраль.



Рисунок 1 – Анализ предотказных состояний КТСМ на Западно-Сибирской железной дороге

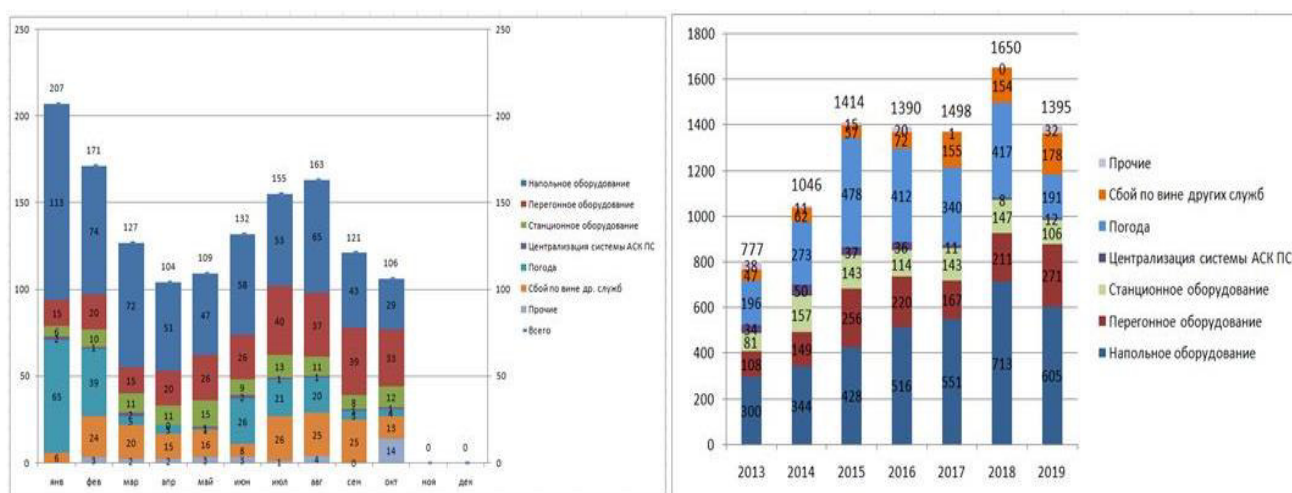


Рисунок 2 – Диаграмма влияния погодных условий за 2018 год и диаграмма влияния погодных условий за 2013-2019 года

На основании вышеизложенного авторами предлагается изменить периодичность технического обслуживания КТСМ при выполнении отдельных видов работ. Работы, проводимые по состоянию, необходимости, наступлению события с контролем средствами диагностики: (ТНК ЦШ 0558-2018, 1 раз в 3 месяца) проверка работы БСК и УБП; (ТНК ЦШ 0560-2016, 2 раза в год) проверка силового перегонного оборудования; (ТНК ЦШ 0573-2016, ТНК ЦШ 0563-2016, 1 раз в год) окраска напольного оборудования; (ТНК ЦШ 0578-2016, 1 раз в год) проверка трассы кабельной линии с передачей работниками СЦБ

проверки состояния кабельных муфт (п.11.1.9 3168p); (ТНК ЦШ 0562-2016 1 раз в 3 месяца) проверка состояния железнодорожного полотна.

Работы по обслуживанию на установках КТСМ02 (ТНК ЦШ 0567-2016 внешний осмотр и очистка КТСМ-02БТ и ТНК ЦШ 0554-2018 напольного оборудования, 1 раз в неделю) и для КТСМ-01Д (ПКЛ) (ТК № 17 очистка напольного оборудования, 1 раз в неделю) являются сезонными. Как показывает анализ предотказных состояний, выполнять работу требуется в зимние месяцы из-за снежных заносов и в июне из-за высокой температуры и дождей. Соответственно можно изменить периодичность обслуживания на сезонное и в период сильных снегопадов. С целью сокращения затрат на следование к месту и очистку установок в указанные месяцы авторами предлагается привлекать для этого работников, проживающих рядом с установками КТСМ (табельные ПЧ и бывшие работники, ДПО при очистке платформ, сельский населенный пункт) по гражданско-правовому договору.

Кроме того, предлагается увеличить периодичность выполнения на следующие работы. Проверку соединительных коробок (ДО, РЦ) (ТНК ЦШ 0556-2018, 1 раз в месяц) проводить с периодичностью 1 раз в год, а измерение проводить в помещении установки на низовых клеммах с периодичностью 1 раз в 3 месяца за счет контроля прохода датчиков осей и длины рельсовой цепи средствами диагностики. Работы (ТНК ЦШ 0568-2016, ТНК ЦШ 0570-2016, 1 раз в месяц) по проверке установочных размеров и комплексной проверке напольных камер КНМ-05 изменить на 1 раз в квартал. Обслуживание АРМов ЛПК включает в себя работы (ТНК ЦШ 0550-2018, ТНК ЦШ 0553-2018, ТНК ЦШ 0564-2016, ТНК ЦШ 0566-2016, 1 раз в неделю) внешний осмотр и диагностика станционного оборудования, проверка показаний и анализ работы аппаратуры и подсистемы КТСМ 02ДС, КТСМ 02 БТ, выполняемые один раз в неделю. Предлагается также провести разделение технологии обслуживания на осмотры, чистки, проверки самого оборудования с периодичностью 1 раз в квартал и проверку функционирования программного обеспечения с периодичностью 1 раз в месяц.

Для этого предлагается использование программ удаленного доступа для проверки функционирования и анализа программного обеспечения АРМа ЛПК. За счет этого передать эти работы на рабочее место дежурного инженера АРМ ЦПК. При этом появится возможность дистанционного изменения программного обеспечения и настроек АРМа ЛПК, что позволит снизить трудозатраты и потери времени на перемещения электромехаников непосредственно на посты КТСМ, что видно на рис. 3.

Затраты времени на проход до устройств КТСМ (для учета в программе ЕКАСУИ (шифр 15)).																		
№ пп	Обслуживаемое устройство	остановочный пункт (о.п.)	расстояние от о.п. до КТСМ, км	Время прохода от о.п. до КТСМ, мин	Проезд электропоездом до станции или о.п. в зависимости от станции отправления в минутах								Время прохода ШН до КТСМ, в часах					
					Каратканск	Колония	Валерино	Калачинская	Кормиловка	Сыропятское	Московка (Деповская)	Омск	Козачков	Пинт	Шанин	Дьяков	Граф	Саенко
1	Каратканск_н	Забулга	0,302	3,62	6,00	30,00	53,00	67,00	99,00	116,00	131,00	167,0	0,16	0,56	0,94	1,18	2,58	2,84
2	Каратканск_ч	2850 КМ	0,424	5,09	6,00	17,00	40,00	54,00	86,00	103,00	138,00	154,0	0,18	0,37	0,75	0,98	2,38	2,65
3	Колония_н	---	2,788	33,46	14,00		23,00	37,00	69,00	86,00	121,00	137,0	0,79	0,56	0,94	1,17	2,57	2,84
4	Колония_ч	---	2,838	34,06	14,00		23,00	37,00	69,00	86,00	121,00	137,0	0,80	0,57	0,95	1,18	2,58	2,85
5	Валерино_н	2812 КМ	0,710	8,52	14,00	17,00	6,00	20,00	52,00	69,00	104,00	120,0	0,83	0,43	0,24	0,48	1,88	2,14
6	Валерино_ч	2797 КМ	2,205	26,46	55,00	31,00	6,00	7,00	39,00	56,00	91,00	107,0	1,36	0,96	0,54	0,56	1,96	2,22
7	Калачинск_н	---	2,410	28,92	64,00	40,00	15,00		32,00	49,00	84,00	100,0	1,55	1,15	0,73	0,48	1,88	2,15
8	Калачинск_ч	---	2,615	31,38	64,00	40,00	15,00		32,00	49,00	84,00	100,0	1,59	1,19	0,77	0,52	1,92	2,19
9	Осокино_ч	2771 КМ	1,026	12,31	81,00	57,00	32,00	17,00	13,00	30,00	65,00	81,0	1,56	1,16	0,74	0,49	1,29	1,56
10	Кормиловка_н	2771 КМ	0,320	3,84	81,00	57,00	32,00	17,00	13,00	30,00	65,00	81,0	1,41	1,01	0,60	0,35	1,15	1,41
11	Кормиловка_ч	2752 КМ	0,065	0,78	103,00	79,00	54,00	39,00	6,00	10,00	45,00	61,0	1,73	1,33	0,91	0,66	0,76	1,03
12	Сыропятское_н	2752 КМ	0,405	4,86	103,00	79,00	54,00	39,00	6,00	10,00	45,00	61,0	1,80	1,40	0,98	0,73	0,83	1,10
13	Сыропятское_ч	2736 КМ	0,838	10,06	124,00	100,00	75,00	60,00	27,00	9,00	24,00	40,0	2,23	1,83	1,42	1,17	0,57	0,83
14	Московка_н	2726 КМ	1,120	13,44	136,00	112,00	87,00	72,00	39,00	21,00	12,00	28,0	2,49	2,09	1,67	1,42	0,42	0,69

Рисунок 3 – Учет перемещения электромехаников

В случае сбоев в работе установок КТСМ появляется возможность оперативного вмешательства в работу, проведения выключения установки по предотказным состояниям и внезапно возникшим отказам до момента ложного срабатывания. Наилучшей платной (серверная часть) для корпоративного использования программой удаленного доступа является Radmin 3.0. Существуют также бесплатные программы удаленного доступа, встроенные в операционную систему «WINDOWS» и самостоятельные «AEROADMIN», «AMMY ADMIN», «ANY DESK», «TEAM VIEWER».

В данной работе рассмотрены предложения по изменению обслуживания устройств КТСМ, оптимизации численности и повышение эффективности работы хозяйства автоматики и телемеханики. Внедрение разработанных предложений на Западно-Сибирской железной дороге экономически обосновано, позволяет обеспечить безопасность движения поездов, сократить расходы, максимально использует существующие системы диагностирования и мониторинга повышает эффективность эксплуатации технических средств. Позволяет перейти к современной стратегии обслуживания устройств (от обслуживания по регламенту к обслуживанию по состоянию) и как результат – сокращению эксплуатационных расходов, расширению зон обслуживания.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства российской федерации от 17.06.2008 г. № 877-Р «О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской федерации до 2030 года».
2. Инструкция по размещению, установке и эксплуатации средств автоматического контроля технического состояния подвижного состава на ходу поезда, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 18 марта 2016 г. №469р.
3. Карты технологического процесса ТНК ЦШ 2018 КТСМ-02 от 19 октября 2018 г.
4. Карты технологического процесса КТП ЦШ 2016 КТСМ-02 от 28 октября 2016 г.
5. Технология обслуживания КТСМ01 от 05 мая 2004 года.
6. Положение об организации разработки и реализации проектов бережливого производства в ОАО «РЖД», утвержденное распоряжением ОАО «РЖД» от 14 марта 2019 г. № 473/р
7. Заикин, А. Д. Управление экономикой «Производственно-хозяйственная деятельность дистанций сигнализации, централизации и блокировки»: Учебное пособие / А. Д. Заикин, В. А. Одинцов. – Москва, 2017.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Казанцев Сергей Валерьевич

Западно-Сибирская железная дорога – филиал ОАО «РЖД».
Леконта д. 4, г. Омск, 644020, Российская Федерация.
Ревизор по безопасности движения.
Тел.: (3812) 44-33-19.
E-mail: rb-kazantsevsv@vsr.rzd

Казанцева Ирина Сергеевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046, Российская Федерация.
Студентка кафедры Телекоммуникационные, радиотехнические системы и сети». Тел.: 8- 9136648411.
E-mail: irina_smirnova_99_99@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kazantsev Sergey Valeryevich

West Siberian railway –JSC«RZD ».
4, Lekonta st., Omsk, 644020, the Russian Federation.
Inspector for traffic safety.
Phone: (3812) 44-33-19.
E-mail: rb-kazantsevsv@vsr.rzd

Kazantseva Irina Sergeevna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av. m, Omsk, 644046, the Russian Federation.
Student of the Department of “Telecommunications and radio engineering systems”.
Phone: 8- 9136648411.
E-mail: irina_smirnova_99_99@mail.ru

Н. Ю. Мухигулашвили¹, М. И. Чаладзе¹, С. В. Власенко²

¹Грузинский технический университет, г. Тбилиси, Грузия,

²Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСА СРЕДСТВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ «ПО СОСТОЯНИЮ»

Проанализирована стратегия технического обслуживания (ТО), основанная на планово-предупредительном методе. Для обеспечения высокого качества технической эксплуатации и сокращения расходов, предложено разработать новую стратегию ТО на базе систем технической диагностики и мониторинга, автоматического непрерывного контроля состояния устройств ЖАТ, что даст возможность постепенного перехода на прогрессивный метод технического обслуживания «по состоянию». Системы технической диагностики и мониторинга рассмотрены по виду диагностирования и степени участия человека в процессе диагностирования. Использование средств технической диагностики и мониторинга (СТДМ) и полного или частичного резервирования с автоматическим переключением на резерв позволит автоматизировать технологические процессы, в частности – техническое обслуживание, повысить надежность и безопасность движения поездов. Предложена функциональная схема комплекса средств технического обслуживания «по состоянию» – модель организации автоматизированного и автоматического технического обслуживания на основе существующих на сегодняшний день устройств диагностирования, резервирования и автоматической конфигурации. Предложены разработанные авторами устройства автоматического непрерывного диагностирования состояния изоляции изолирующих стыков рельсовых цепей и метод определения предотказного состояния изоляции изолирующего стыка для включения в комплекс средств технического обслуживания «по состоянию».

Ключевые слова: автоматическое обслуживание, непрерывное диагностирование, предотказное состояние.

Nina I. Mukhigulashvili¹, Merab I. Chaladze¹, Sergey V. Vlasenko²

¹Georgian technical university, Tbilisi, Georgia,

²Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

TECHNICAL DIAGNOSTIC SYSTEMS FOR THE COMPLEX OF MAINTENANCE MEANS "CONDITION"

The maintenance strategy (MOT) based on the preventative planning method is analyzed. To ensure the high quality of technical operation and reduce costs, it was proposed to develop a new maintenance strategy based on systems of technical diagnostics and monitoring, automatic

continuous monitoring of the status of ZhAT devices, which will make it possible to gradually switch to a progressive method of maintenance “as-is”. Systems of technical diagnostics and monitoring are considered by the type of diagnosis and the degree of human participation in the diagnosis process. The use of technical diagnostics and monitoring (STDM) and full or partial redundancy with automatic switching to the reserve will automate technological processes, in particular - maintenance, increase the reliability and safety of train traffic. A functional scheme of a set of technical maintenance facilities “as per condition” is proposed - a model for organizing automated and automatic maintenance based on the existing diagnostic, backup and automatic configuration devices. Devices developed by the authors for automatic continuous diagnostics of the state of insulation of insulating joints of rail circuits and a method for determining the precautionary state of insulation of an insulating joint for inclusion in the complex of maintenance tools “according to state” are proposed.

Keywords: automatic maintenance, continuous diagnosis, pre-failure condition.

Стратегия регламентного технического обслуживания (ТО), основанная на планово-предупредительном методе обслуживания, не соответствует обеспечению надежности современных ответственных технологических процессов по затратам беспрецедентно большого времени на определение характера повреждения, локализации его места и по определению предотказного состояния и передачи информации о ожидаемом отказе. Зачастую регламентные работы не совпадают с состоянием устройства в предотказном положении или же зачастую имеет место регламентное обслуживание работоспособных узлов, что вызывает задержку движения и нецелесообразную трату средств. Поэтому для обеспечения высокого качества технической эксплуатации и сокращения расходов на нее, весьма существенным является разработка новой стратегии ТО на базе систем технической диагностики и мониторинга, автоматического непрерывного контроля состояния устройств ЖАТ, что даст возможность постепенно перейти на прогрессивный метод технического обслуживания «по состоянию». Автоматизация технического обслуживания АТО базируется на использовании алгоритмов диагностирования стационарных и перегонных устройств.

Системы технического диагностирования классифицируют по виду диагностирования и по степени участия человека в процессе диагностирования. Различают системы тестового и рабочего (функционального) диагностирования. К системам рабочего диагностирования относятся системы, в которых процесс определения технического состояния связан с подачей только рабочих воздействий на технический объект, без отключения объекта диагностирования от работы. В таком случае средства диагностирования являются пассивными — только воспринимают информацию. В отличие от них, в системах тестового диагностирования процесс определения технического состояния объекта связан с

подачей специальных тестовых воздействий и кратковременным отклонением объекта диагностирования от работы. Системы тестового диагностирования являются активными – вырабатывают тестовые сигналы и фиксируют реакцию диагностируемого объекта. Системы диагностирования могут также быть гибридными и включать в себя как рабочее, так и тестовое диагностирование.

По степени участия человека в процессе диагностирования системы делятся на ручные, автоматизированные и автоматические. К системам автоматизированного диагностирования относятся системы с частичным участием человека. Наиболее совершенным является автоматическое диагностирование, т.к. исключает влияние человеческого фактора на результат. СТДМ СЖАТ относятся к системам рабочего диагностирования, но в основном не имеют достаточно совершенных средств по анализу диагностической информации и требуют частичного вмешательства человека с целью обработки данных.

Для поддержания безотказной и надежной работы средств СЖАТ необходимо заменить неэффективный планово-предупредительный метод обслуживания устройств СЖАТ на их обслуживание «по состоянию». Использование планово-предупредительных методов обслуживания в релейных системах стало очевидной необходимостью. Новые разрабатываемые микропроцессорные системы могут изменить и технологию обслуживания систем СЖАТ.

Использование средств технической диагностики и мониторинга (СТДМ) и полного или частичного резервирования с автоматическим переключением на резерв позволит автоматизировать технологические процессы, в частности – технического обслуживания, повысить надежность и безопасность движения поездов, а также выполнить переход с регламентного обслуживания на систему обслуживания «по состоянию» объекта, т.е. резервирование позволяет автоматически при отказах отдельных элементов и устройств переводить систему в работоспособное, но неисправное состояние, а также позволяет сократить трудовые затраты. Использование автоматизированных рабочих мест электромеханика с автоматическими и автоматизированными функциями также уменьшает объем работ эксплуатационного персонала, позволяет быстрее диагностировать и определять неисправности технических средств. Опыт замены релейных систем СЦБ на более совершенные микропроцессорные системы указывает на возможность значительного повышения производительности труда.

На рис.1 представлена функциональная схема комплекса средств технического обслуживания «по состоянию» – модель организации автоматизированного и автоматического технического обслуживания на основе существующих на сегодняшний день устройств диагностирования, резервирования и автоматического конфигурирования.

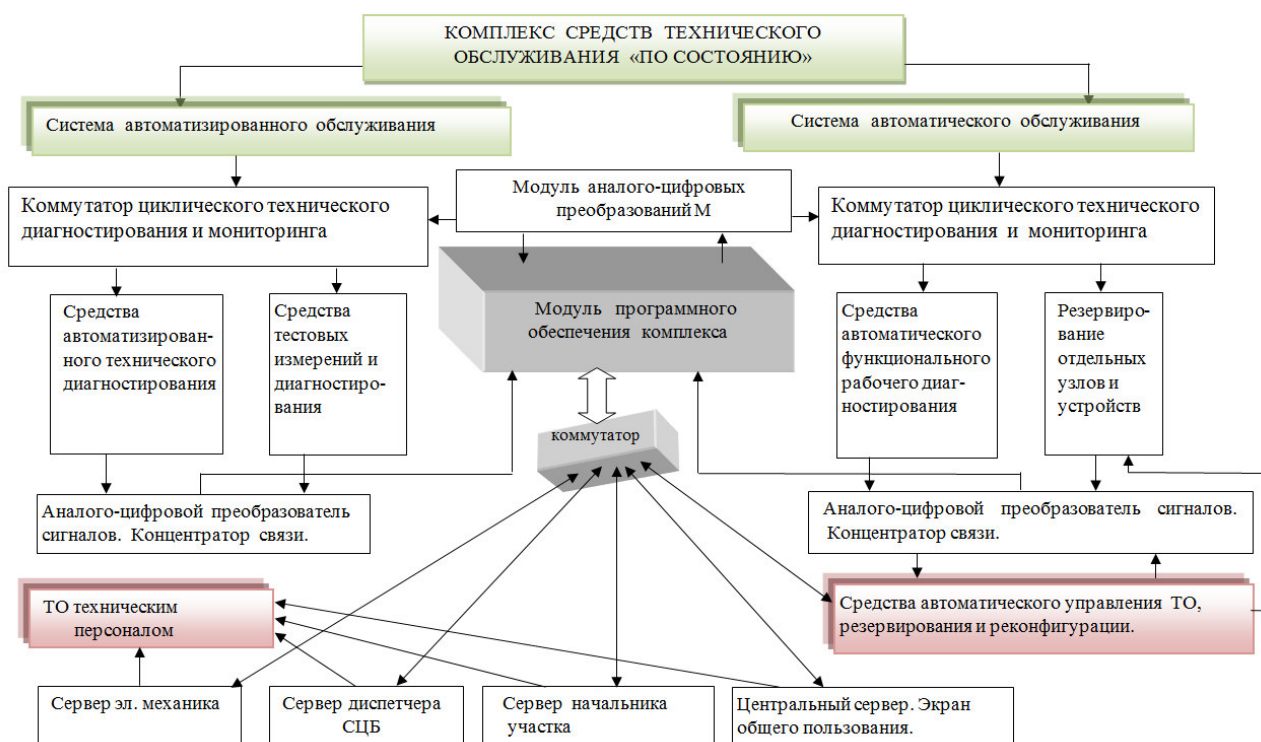


Рисунок 1 – Функциональная схема комплекса средств технического обслуживания «по состоянию»

В комплексе средств технического обслуживания «по состоянию» можно включить разработанные авторами устройства автоматического непрерывного диагностирования состояния изоляции изолирующих стыков рельсовой цепи. Предлагаемый метод основан на следующем принципе работы рельсовых цепей электрифицированных железных дорог: при исправном состоянии изоляции изолирующего стыка в промежуток рельса, от присоединения питающих и релейных перемычек до изолирующего стыка, ток не протекает и будет протекать только после повреждения изоляции изолирующего стыка. Фиксирование этого сигнала происходит с помощью индикатора магнитного поля переменного тока, установленного у подошвы рельса в указанном промежутке рельсовой цепи. Зафиксированное повреждение в автоматическом, непрерывном режиме передаётся обслуживающему персоналу.

В этот комплекс средств технического обслуживания «по состоянию» мы предлагаем использовать индикатор предотказного состояния изоляции изолирующего стыка. Метод контроля, который разработан на основе его конструкционной особенности и эксплуатационного анализа изолирующего стыка. Фиксация предотказного состояния изоляции изолирующего стыка, т. е. состояния до полного нарушения изоляции (до повреждения вертикального и обоих горизонтальных изолирующих фибр) происходит простым техническим

решением: с помощью постоянно подключённой к металлической накладке индикатора тока.

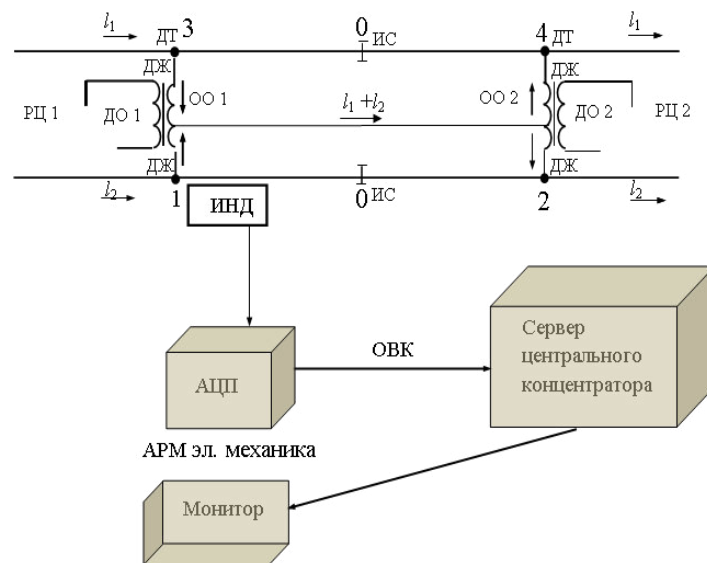


Рисунок 2 – Контроль состояния изоляции изолирующего стыка

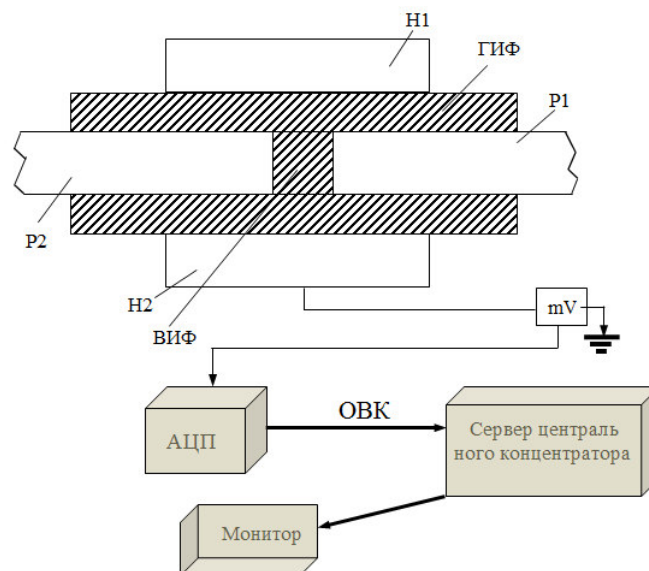


Рисунок 3 – Метод определения предотказного состояния изоляции изолирующего стыка

Обслуживание «по состоянию» устройств СЦБ позволяет существенно уменьшить объем выполняемых планово-предупредительных работ и своевременно, т.е. до отказа, снимать с эксплуатации еще нормально действующие устройства, которые обычно досрочно подвергаются диагностике и обслуживанию, а также требуют трудовых затрат линейных работников и работников контрольно-ремонтных пунктов.

Список литературы

1. Брейдо, А. И. Теория и методы повышения эффективности технического обслуживания комплексов устройств СЦБ и связи железнодорожного транспорта. – Дисс. на соиск. уч. степени доктора тех. наук. — Л.: ЛИИЖТ, 1985. – 342с.
2. Сепетый, А. А. Автоматизация диагностирования, мониторинга и технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – Дисс. на соиск. уч. степени кандидата тех. наук, РИИЖТ, Ростов-на-Дону, 2011. – 202с.
3. Мухигулашвили, Н. И. Повышение качества обслуживания рельсовых цепей. – Дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук, РИИЖТ, Ростов-на-Дону, 1991. – 289 с.
4. Ефанов, Д. В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 59 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мухигулашвили Нина Юзовна

Тбилисский технический университет.
Ул. Костава д.77, г.Тбилиси, 0175, Грузия.
Ассоц. Профессор железнодорожного департамента.
Тел.: +995595559095.
E-mail: ninom2008@Gmail.com

Чаладзе Мераб Индикоевич

Тбилисский технический университет.
Ул. Костава д.77, г. Тбилиси, 0175, Грузия.
Старший лаборант железнодорожногодепартамента.
Тел.: +995577034080.
E-mail: merabi_ooo@mail.ru

Власенко Сергей Валентинович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д.35, г.Омск, 644046, Российская Федерация.
доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
E-mail: vlassenko2000@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mukhigulashvili Nina Iuzovna

Georgian technical university.
77, Kostava st., Tbilisi, 0175, Georgia.
Dr.Eng, assoc. professor of the department Railway.
Phone: +995595559095.
E-mail: ninom2008@Gmail.com

Chaladze Merab Indikoevich

Georgian technical university
77, Kostava st., Tbilisi, 0175, Georgia.
Senior laboratory assistant of the department Railway.
Phone: +995577034080.
E-mail: merabi_ooo@mail.ru

Vlasenko Sergey Valentinovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644046, the Russian Federation.
Dr. Eng, assoc. professor of the department «Automatics and telemechanics» OSTU.
E-mail: vlassenko2000@mail.ru

Н. Ю. Мухигулашвили¹, М. Р. Коплатадзе¹, С. В. Власенко²

¹Грузинский технический университет, г. Тбилиси, Грузия,

²Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ «ПО СОСТОЯНИЮ» УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Проанализированы причины отказов систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ). Приведены ошибки, которые могут быть допущены при проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации устройств. Анализ причин отказов устройств СЖАТ свидетельствует о том, что большинство из них произошло вследствие несоблюдения правил производства работ или нарушения технологии обслуживания техники. Рассмотрены стратегии технического обслуживания. Наиболее совершенным и оптимальным является техническое обслуживание (ТО), определяемое по техническому фактическому состоянию устройств.

Для организации ТО «по состоянию» устройств необходимы средства технической диагностики и мониторинга (СТДМ), которые дают возможность в автоматическом режиме контролировать состояние устройств, выдавать информационные сообщения в случае отклонения параметров от допустимых величин, создавая таким образом предпосылки к переходу на новый, более совершенный и прогрессивный метод ТО устройств по их фактическому состоянию – ТО «по состоянию».

Ключевые слова: Автоматика, телемеханика, стратегия, обслуживание, «по состоянию».

Nina I. Mukhigulashvili¹, Maka R. Koplatadze¹, Sergey V. Vlasenko²

¹Georgian technical university, Tbilisi, Georgia,

²Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

“CONDITION” DEVICE MAINTENANCE RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS

The causes of failures of railway automation and telemechanics systems (SJAT) are analyzed. The errors that can be made during the design, manufacture, installation and operation of devices are given. An analysis of the causes of failures of the SJAT devices indicates that most of them occurred as a result of non-compliance with the rules for the performance of work or a

violation of technology for servicing equipment. Maintenance strategies reviewed. The most perfect and optimal is maintenance (TO), determined by the technical actual condition of the devices.

For the organization of maintenance “by state” of the devices, technical diagnostics and monitoring tools (STDM) are necessary, which make it possible to automatically monitor the status of devices, issue information messages in case parameters deviate from permissible values, thereby creating the prerequisites for the transition to a new, more advanced and a progressive method of maintenance of devices according to their actual state - maintenance “according to state”.

Keywords: Automation, telemechanics, strategy, service, “as-is”.

Количество и качество перевозок и безопасность движения поездов определяется состоянием технических средств и уровнем эффективности взаимодействия человека с техническими средствами. Именно человек выполняет основные операции по управлению движением поездов, обслуживанию и ремонту технических средств. Анализ эксплуатационных причин отказов устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) свидетельствует, что большинство из них происходит по причине нарушения требований инструкций при работе в нестандартной ситуации или при нарушении технологии обслуживания техники. Таким образом, надежность действующих устройств СЖАТ во многом зависит от того, насколько своевременно и технически грамотно они обслуживаются и ремонтируются.

Анализ причин отказов устройств СЦБ показывает, что большинство из них происходит вследствие несоблюдения правил производства работ или нарушения технологии обслуживания техники, т. е. по причине неудовлетворительного проектирования и изготовления изделий, а также некачественной проверки аппаратуры, нарушения технологической дисциплины. По данным статистического анализа причин неисправностей устройств СЖАТ, 72 % случаев приходится на ошибки монтажа и эксплуатации.

На рис.1 приведены ошибки, которые могут быть допущены при проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации устройств.

Для эффективной организации процесса ТО необходимо совершенствование действующих и создание новых технологий. Это позволит улучшить качество ТО устройств СЦБ, сократить длительность отказов, повысить безопасность движения поездов. Существуют несколько подходов к организации технического обслуживания (ТО).

Первый метод не требует существенного обслуживания устройства и

определяется его наработкой до отказа, не нуждается в больших материальных затратах и большом штате обслуживающего персонала. Такой метод применяется при 100%-ом резервировании или когда устройство не выполняет ответственных функции по обеспечению безопасности движения, в основном в микропроцессорных, высокого уровня надёжности, системах со встроенными средствами контроля и резервированием отдельных узлов.



Рисунок 1 – Ошибки при проектировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации устройств

Второй подход к ТО – обслуживание, определяемое временными интервалами, т.н. регламентное обслуживание. Он требует составления плана проводимых мероприятий ТО и наличия специальных бригад по обслуживанию устройств. Этот вид ТО достаточно дорогой и не всегда является оптимальным: зачастую регламентные работы не совпадают с состоянием устройства в предотказном положении или же имеет место регламентное обслуживание

работоспособных узлов, что вызывает нецелесообразную трату средств. Стратегии ТО, основанные на методике регламентного обслуживания, не соответствуют обеспечению надежности технических средств по определению в предотказном состоянии и дистанционной передачи информации об ожидаемом отказе.

Наиболее совершенным и оптимальным является третий подход к ТО – обслуживание, определяемое по фактическому техническому состоянию устройств. Данный метод сравнительно дешевый и не требует многочисленного штата обслуживающего персонала. При ТО «по состоянию» устройств дается возможность максимально использовать ресурс устройства.

Для перехода от стратегии регламентного ТО к стратегии ТО «по состоянию» устройств необходимо обеспечить непрерывный контроль функциональных узлов за счет встроенных и надстраиваемых средств контроля и анализа результатов осмотров и статистики. Средства технической диагностики и мониторинга (СТДМ) надстраиваются над существующими системами обеспечения движения поездов и дают возможность в автоматическом режиме контролировать состояние устройств, выдавать информационные сообщения в случае отклонения параметров от допустимых норм, создавая таким образом предпосылки к переходу на новый, более совершенный и прогрессивный метод ТО устройств по их фактическому состоянию – ТО «по состоянию».

Метод обслуживания «по состоянию» – это такой метод технического обслуживания, при котором необходимость выполнения тех или иных технологических операций определяется на основе оценки фактического состояния устройства, проведенной с помощью средств технической диагностики и мониторинга экспертным путем (например, при осмотрах, анализе статистики). На основе этой оценки следует сделать прогноз, когда нужно выполнить ТО или ремонт. Такой метод обслуживания безусловно позволяет уменьшить численность персонала и повысить производительность труда.

Список литературы

1. Брейдо А. И. Теория и методы повышения эффективности технического обслуживания комплексов устройств СЦБ и связи железнодорожного транспорта. – Дисс. на соиск. уч. степени доктора тех. наук. — Л.: ЛИИЖТ, 1985. – 342с.

2. Сепетый, А. А Автоматизация диагностирования, мониторинга и технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – Дисс. на соиск. уч. степени кандидата тех. наук, РИИЖТ, Ростов-на-Дону, 2011. – 202с.

3. Мухигулашвили, Н. И. Повышение качества обслуживания рельсовых цепей. – Дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук, РИИЖТ, Ростов-на-Дону, 1991. – 289 с.

4. Ефанов, Д. В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 59 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мухигулашвили Нина Юзовна

Тбилисский технический университет.
Ул. Костава д.77, Тбилиси, 0175, Грузия.
Ассоц. Профессор железнодорожного
департамента.
Тел.: +995595559095.
E-mail: ninom2008@Gmail.com

Коплатадзе Мака Романовна

Тбилисский технический университет.
Ул. Костава д.77, Тбилиси, 0175, Грузия.
Ассистент профессор железнодорожного
департамента.
Тел. : +995599526226 .
E-mail: koplatazemaka@gmail.com

Власенко Сергей Валентинович

Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д.35, Омск, 644046,
Российская Федерация.
доцент кафедры «Автоматика и
телемеханика» ОмГУПС.
E-mail: vlassenko2000@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mukhigulashvili Nina Iuzovna

Georgian technical university.
77, Kostava st., Tbilisi, 0175, Georgia.
Dr.Eng, assoc. professor of the department
Railway.
Phone: +995595559095.
E-mail: ninom2008@Gmail.com

Koplatadze Maka Romanovna

Georgian technical university.
77, Kostava st., Tbilisi, 0175, Georgia.
Assistant professor of the department Railway.
Phone: +995599526226.
E-mail: koplatazemaka@gmail.com

Vlasenko Sergey Valentinovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Dr. Eng, assoc. professor of the department
«Automatics and telemechanics» OSTU.
E-mail:vlassenko2000@mail.ru

И. В. Присухина

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АЛГОРИТМОВ МАШИННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕЛЬСОВОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ

В статье рассмотрены вопросы экспериментальной проверки алгоритмов машинной классификации режимов работы рельсовой цепи, являющейся самостоятельной электротехнической системой. Данные экспериментальных исследований по результатам обработки в среде Octave визуализированы, что доказывает разделимость нормального, шунтового и контрольного режимов работы рельсовой цепи. Показано, что классификация возможна в двух- и трехмерном пространстве информативных признаков. При исчезновении линейной разделимости классов данных предлагается использовать гауссовскую функцию ядра при классификации методом опорных векторов.

Ключевые слова: рельсовая электротехническая система, машинное обучение, среда Octave, метод опорных векторов, экспериментальные исследования

Ilena V. Prisukhina

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

EXPERIMENTAL APPLICATION OF STATE MACHINE CLASSIFICATION ALGORITHMS IN RAIL CIRCUIT AS A RAIL ELECTRIC SYSTEM

The details of experimental research to apply state machine classification algorithms are introduced. Visualization of a rail circuit data has proven the existence of three groups among its structure. The author deployed two approaches to classify experimental data: in two or three-dimensional feature space by means of support vector machines. If there is no linear separation (2D-case) its recommended to exploit Gaussian kernel function.

Keywords: rail electric system, machine learning, Octave, support vector machine, experimental research.

В системах железнодорожной автоматики и телемеханики для идентификации подвижного состава на рельсовой линии, а также проверки ее целостности используются электрические рельсовые цепи, являющиеся

самостоятельными электротехническими системами [1].

Электрическая рельсовая цепь (далее – рельсовая цепь) может функционировать в одном из трех режимов: нормальном (при исправности и отсутствии подвижного состава), шунтовом (при исправности и занятии подвижным составом) или контрольном (при неисправности и отсутствии подвижного состава) [2], [3]. Последние два режима работы вызывают одно и то же поведение систем автоматики и телемеханики при обеспечении безопасности движения поездов: появление запрещающего показания на светофоре, ограждающем рельсовую цепь. Очевидно, что появление запрещающего показания в контрольном режиме требует незамедлительной реакции технологического персонала на устранение неисправности в рельсовой цепи, так как она сопровождается изломом рельсового пути. Также длительное нахождение рельсовой цепи в контрольном режиме влечет за собой задержки в графике движения поездов, что существенно снижает его экономическую эффективность.

Таким образом, различение условий шунтового и контрольного режимов работы рельсовой цепи необходимо для незамедлительного обнаружения отказов, способных повлечь за собой опасные последствия для безопасности движения поездов.

С учетом возможностей современных систем, осуществляющих мониторинг параметров рельсовых цепей (АПК-ДК, АДК-СЦБ, «Мониторинг» и др.), становится доступным для решения задач классификации режимов их работы применение алгоритмов машинного обучения. Так применение данных методов в рамках данной задачи рассмотрено в работах [4 – 6]. В данной статье приведены результаты экспериментальной проверки алгоритма машинной классификации режимов работы рельсовой цепи на основе метода опорных векторов.

Экспериментальные исследования проводились на станционной неразветвленной тональной рельсовой цепи 4БП с дроссель-трансформаторами станции «Карбышево-1» Западно-Сибирской железной дороги, характеристики оборудования которой приведены в таблице.

Исследования заключались в периодической регистрации осциллограмм напряжения на питающем и релейном концах рельсовой цепи в нормальном, шунтовом и контрольном режимах при различных условиях ее эксплуатации. К данным условиям относятся: изменение выходного напряжения генератора ГПЗ1Ц-8,9,11 в диапазоне от 1 до 3,5 В с шагом 0,5 В, наложение нормативного шунта сопротивлением 0,06 Ом в точках 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600 м, а также внесение нарушения целостности рельса в точках 267 и 451 м.

Таблица 1

Технические характеристики рельсовой цепи 4БП

№ п/п	Характеристика	Значение
1	Частота несущего сигнала сигнального тока, Гц	420
2	Частота модулирующего сигнала сигнального тока, Гц	12
3	Эксплуатационная длина, м	626
4	Тип путевого генератора	ГП31Ц–8,9,11
5	Тип путевого фильтра	ФПМ–8,9,11
6	Тип путевого приемника	ПП1–8/12
7	Тип путевого реле	АНШ2–310

Схема подключения измерительного оборудования к аппаратуре рельсовой цепи показана на рисунке 1.

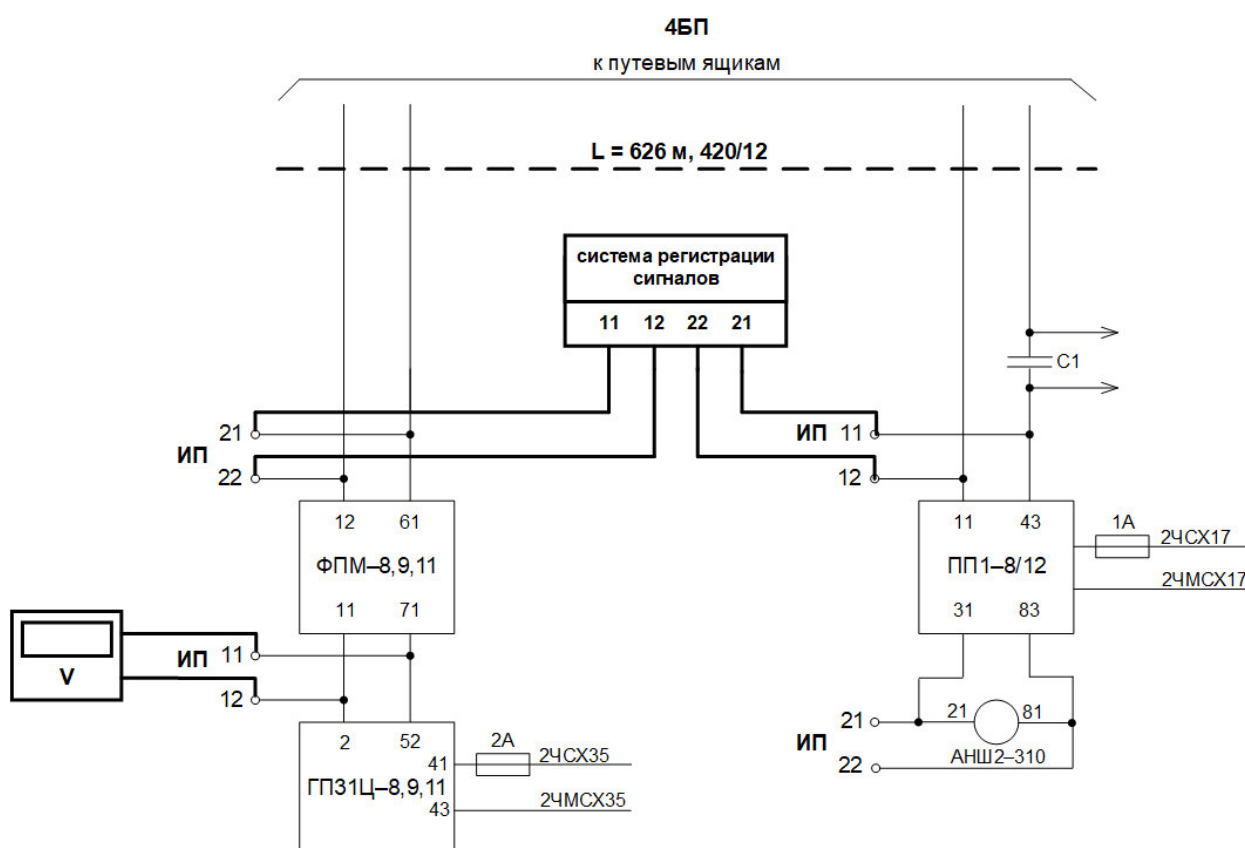


Рисунок 1 – Схема подключения измерительного оборудования

В качестве примера на рисунке 2 приведены осциллограммы напряжения на питающем и релейном концах рельсовой цепи при различных сочетаниях условий эксплуатации:

- для нормального режима (рисунок 2, а) – напряжение на выходе генератора ГП31Ц–8,9,11 2,5 В;
- для шунтового режима (рисунок 2, б) – напряжение на выходе

генератора ГП31Ц-8,9,11 2,5 В и координата наложения нормативного шунта 300 м;

– для контрольного режима (рисунок 2, в) – напряжение на выходе генератора ГП31Ц–8,9,11 2,5 В и координата внесения нарушения целостности рельса 451 м.

Зарегистрированные осциллограммы напряжения на питающем и релейном концах рельсовой цепи обработаны в программной среде Octave 4.4.1. В процессе обработки каждая осциллограмма напряжения преобразована в число, соответствующее среднему квадратическому значению напряжения, а для каждой пары осциллограмм, относящихся к одному измерению, вычислено значение фазового сдвига между несущими сигналами.

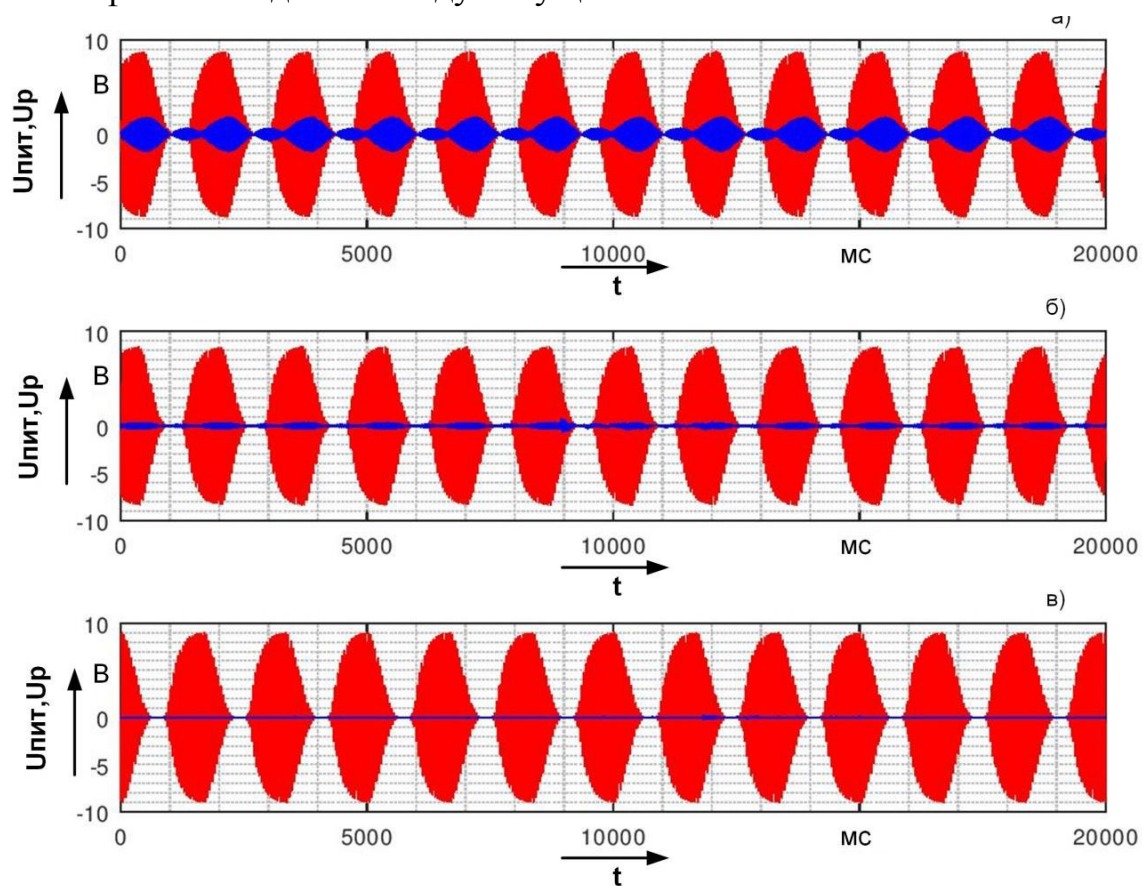


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжения на релейном и питающем концах рельсовой цепи в нормальном (а), шунтовом (б) и контрольном режимах (в)

Визуализация сформированной обучающей выборки в пространстве указанных трех информативных признаков обучения приведена на рисунке 3, а.

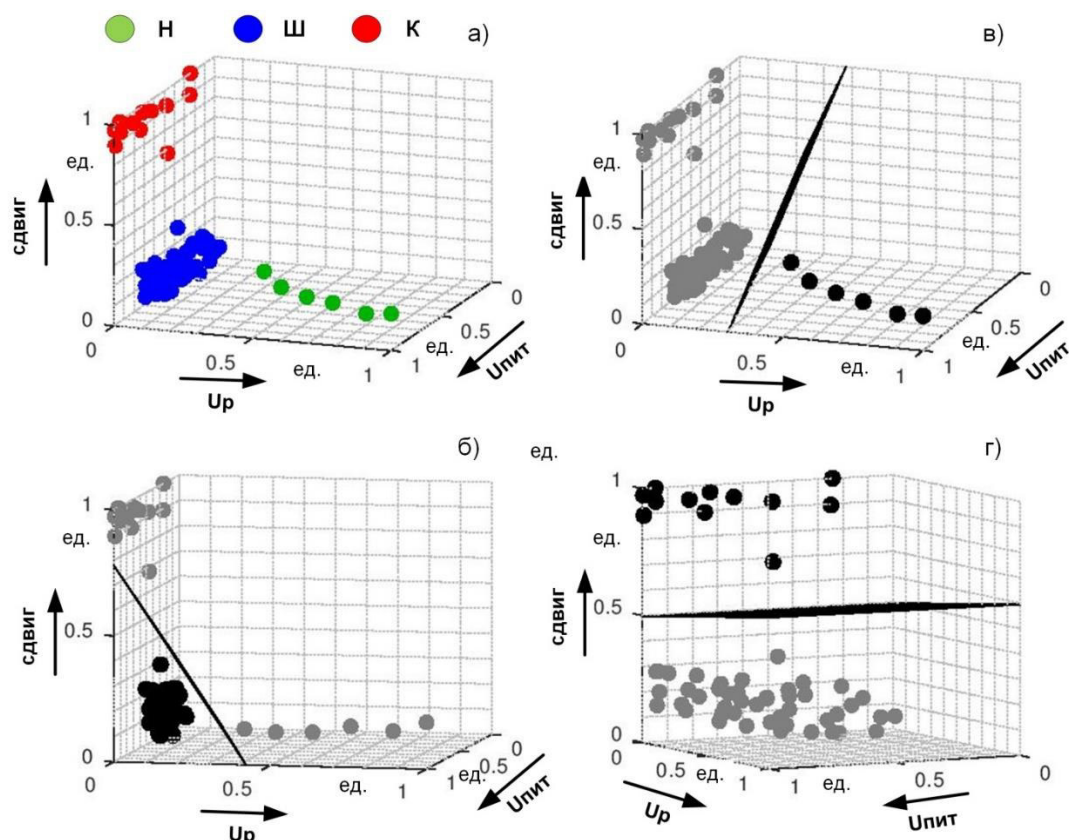


Рисунок 3 – Визуализация обучающей выборки (а) и результаты классификации в пространстве трех информативных признаков обучения (б – г)

Обозначениями на рисунке 3 являются: « $U_{пит}$ » – среднее квадратическое значение напряжения на питающем конце рельсовой цепи; « U_p » – среднее квадратическое значение напряжения на релейном конце рельсовой цепи; «сдвиг» – фазовый сдвиг между несущими сигналами в осциллограммах напряжения на питающем и релейном концах рельсовой цепи, вычисленный в цифровых отсчетах; «Н» – нормальный режим; «Ш» – шунтовой режим; «К» – контрольный режим.

Из рисунка 3, а отчетливо видно, что группы данных, характеризующие соответствующие режимы работы рельсовой цепи, в пространстве трех информативных признаков обучения линейно разделимы.

Для машинной классификации режимов работы рельсовой цепи выбран метод опорных векторов [6]. При этом классификация режимов работы рельсовой цепи на основе данного метода реализована:

- в пространстве трех информативных признаков обучения ($U_{пит}$, U_p , фазовый сдвиг) с применением линейного ядра согласно формуле (1),
- в пространстве двух информативных признаков обучения ($U_{пит}$, U_p) с применением гауссовского ядра согласно формуле (2).

$$K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}) = (\mathbf{x}^{(j)})^T \cdot \mathbf{x}^{(i)}, \quad (1)$$

$$K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}) = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x}^{(i)} - \mathbf{x}^{(j)}\|^2}{2\sigma^2}\right), \quad (2)$$

где $\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}$ – i -й и j -й примеры из обучающей выборки соответственно,

σ – параметр сглаживания (выбран равным 0,03 для наилучшей обобщающей способности алгоритма классификации).

Обучение классификатора заключается в определении множителей Лагранжа α_i для обучающей выборки путем решения задачи (3) с помощью алгоритма SMO [7].

$$\begin{aligned} \max_{\alpha} \sum_{i=1}^m \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m y^{(i)} y^{(j)} \alpha_i \alpha_j K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}), \\ \text{при } 0 \leq \alpha_i \leq C, \quad i = 1 \dots m, \\ \sum_{i=1}^m \alpha_i y^{(i)} = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

где α_i – множитель Лагранжа при i -м обучающем примере,

$y^{(i)}, y^{(j)}$ – идентификатор режима работы рельсовой цепи для i -го и j -го примера из обучающей выборки,

C – параметр регуляризации (выбран равным 100 [6]).

Классификация примера со значениями информативных признаков, ранее не передаваемых в классификатор, осуществляется согласно формулам (4) – (6):

$$b = \frac{1}{N_M} \sum_{i \in M} \left(y^{(i)} - \sum_{j \in S} \alpha_j y^{(j)} K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}^{(j)}) \right), \quad (4)$$

$$z(\mathbf{x}) = \sum_{i \in S} \alpha_i y^{(i)} K(\mathbf{x}^{(i)}, \mathbf{x}) + b, \quad (5)$$

$$h(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1, & \text{при } z(\mathbf{x}) \geq 0 \\ -1, & \text{при } z(\mathbf{x}) < 0 \end{cases}, \quad (6)$$

где M – множество номеров обучающих примеров, для которых, полученные в результате решения задачи (3) множители Лагранжа удовлетворяют неравенству $0 < \alpha_i < C$,

N_M – число элементов в множестве M ,

$h(\mathbf{x})$ – ступенчатая функция, по максимальному значению которой определяется принадлежность примера к одному из классов.

На рис. 3 (б – г) приведены результаты классификации режимов работы рельсовой цепи на основе метода опорных векторов в пространстве трех информативных признаков обучения.

Визуализация сформированной обучающей выборки в пространстве двух информативных признаков обучения ($U_{\text{пит}}$, U_p) приведена на рисунке 4, а.

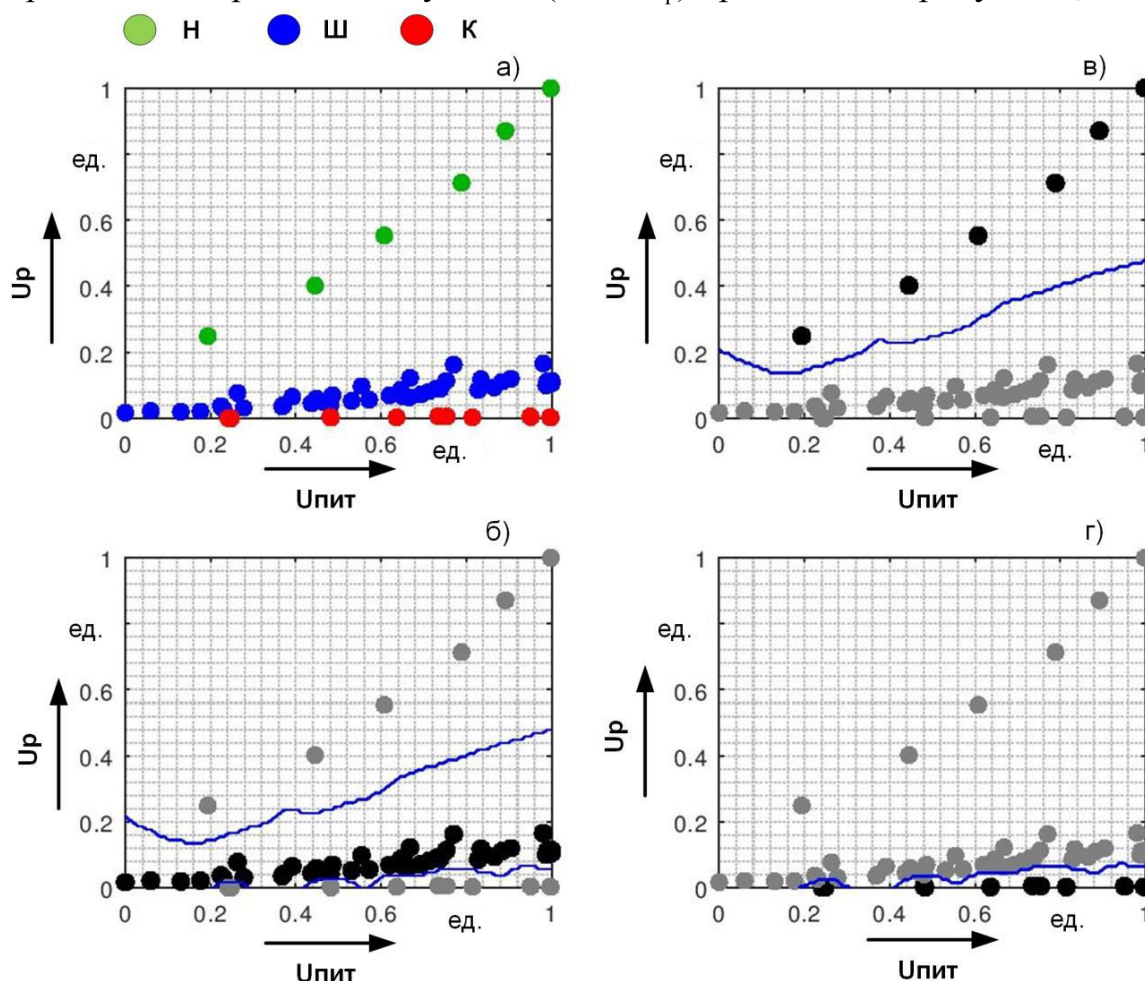


Рисунок 4 – Визуализация обучающей выборки (а) и результаты классификации в пространстве двух информативных признаков обучения (б – г)

Результаты классификации режимов работы рельсовой цепи в пространстве двух информативных признаков обучения приведены на рис. 4 (б – г).

Таким образом, полученные в ходе экспериментальных исследований результаты показывают, что в пространстве трех информативных признаков обучения данные, соответствующие режимам работы рельсовой цепи (нормальному, шунтовому и контрольному), линейно разделимы. Это обеспечивает возможность их машинной классификации методом опорных векторов на основе линейного ядра. При сокращении числа информативных признаков обучения до двух разделимость классов данных становится нелинейной. Машинную классификацию режимов работы рельсовой цепи в данном случае целесообразно реализовывать методом опорных векторов на основе гауссовского ядра.

Список литературы

1. Брылеев, А. М. Теория, устройство и работа рельсовых цепей / А. М. Брылеев. – М.: Транспорт, 1978. – 344 с.
2. Аркатов, В. С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог / В. С. Аркатов. – М.: Миссия-М, 2006. – 496 с. ISBN 978-5-903538-01-0.
3. Котляренко, Н. Ф. Электрические рельсовые цепи / Н. Ф. Котляренко. – М.: Трансжелдориздат, 1961. – 327 с.
4. Борисенко, Д. В. О возможности применения методов машинного обучения для автоматического контроля и прогнозирования состояния рельсовой цепи / Д. В. Борисенко, И. В. Присухина, С. А. Лунёв // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: Материалы девятой межд. науч.-практ. конф. / Иркутский гос. ун-т путей сообщения. – Иркутск, 2018. – С. 329 – 334.
5. Борисенко, Д. В. Машинная классификация режима работы электрической рельсовой цепи на основе логистической регрессии / Д. В. Борисенко, И. В. Присухина, С. А. Лунёв // Омский научный вестник. – 2018. – № 4 (160). – С. 67 – 72. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-159-00-00.
6. Присухина, И. В. Машинная классификация режима работы электрической рельсовой цепи методом опорных векторов / И. В. Присухина, Д. В. Борисенко // Омский научный вестник. – 2018. – № 5 (161). – С. 126 – 130. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-126-130.
7. John, C. Platt. Fast training of support vector machines using sequential minimal optimization / C. John // Advances in Kernel Methods: Support Vector Learning. MIT Press. – 1998. – P. 185–208. ISBN 0262194163; 978-0262194167.
8. Bishop C. M. Pattern recognition and machine learning / C. M. Bishop. – NY: Springer, 2010. – 738 p. ISBN 978-0-387-31073-2.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Присухина Илона Вадимовна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация
Аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
Тел.: +7 (3812) 31-18-72.
E-mail: prisukhinaiv@omgups.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Prisukhina Iлона Vadimovna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx st., Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Postgraduate student of the Signalling and Interlocking Department OSTU.
Phone: +7 (3812) 31-18-72.
E-mail: prisukhinaiv@omgups.ru

УДК 656.256.3(075.8)

УДК 656.256.3(075.8)

А. Г. Ходкевич¹, С. С. Сероштанов², С. В. Власенко³

¹Омский государственный университет путей сообщения, г. Омск, Российская Федерация,

²ООО «Сименс Мобильность», г. Москва, Российская Федерация,

³Технический университет Берлина (ТУБ), Германия

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В статье даны предложения по модернизации устройств автоматической переездной сигнализации для снижения аварийности на железнодорожных переездах.

Ключевые слова: железнодорожный переезд, безопасность движения поездов, тональная рельсовая цепь.

Anton G. Khodkevich¹, Sergey S. Seroshtanov², Sergey V. Vlasenko³

¹Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation,

²Siemens Mobility LLC MO RC-RU MM, Moscow, the Russian Federation

³Technical University of Berlin (TUB), Germany

INCREASE IN TRAFFIC SAFETY OF TRAINS ON RAILWAY CROSSINGS BY MODERNIZATION OF DEVICES OF AUTOMATICS AND TELEMCHANICS

The article presents proposals on modernization of automatic railway crossing signaling devices to decrease accidents rates at them.

Keywords: railway crossing, traffic safety of trains, tonal track circuit.

В наше время безопасности на железнодорожных переездах уделяется большое внимание. И тому есть обоснованные причины. По данным ОАО «РЖД» в Российской Федерации (РФ) в 2018 году на железнодорожных переездах произошло 259 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), число которых снизилось на 2 % по сравнению с 2017 годом [1]. Общее количество пострадавших в 2018 году составило 175 человек (в 2017 г. – 208 человек). Расследования ДТП на переездах показывали, что все они произошли из-за нарушений водителями автотранспортных средств правил дорожного движения (ПДД). Авторы предлагают не перекладывать всю вину на водителей, а

разобраться, почему же водители, рискуя жизнью, нарушают ПДД. Среднее время прохода поезда по переезду составляет порядка 2 минут, однако среднее время пока переезд находится в закрытом положении порядка 6 минут. Часто водитель видит, что переезд закрывается, когда поезда еще не видно. Именно уверенность водителей в том, что с момента закрытия переезда до проследования поезда остается еще пару минут и нежелание зря терять время и толкает водителя к нарушению ПДД. При этом в средствах массовой информации опубликованы предложения по разным способам снижения аварийности на железнодорожных переездах: видеонаблюдение, противотаранные устройства и им подобные, но, по мнению авторов, эти мероприятия помогают снизить аварийность, однако не устраняют недостатки устройств автоматической переездной сигнализации (АПС), призванной обеспечить безопасность движения поездов. Попробуем обосновать свою точку зрения.

Сегодня на железных дорогах РФ применяется способ управления автоматикой переезда, при котором закрытие происходит при вступлении поезда на участок приближения. Участки приближения оборудуются тональными рельсовыми цепи (ТРЦ), что позволяет организовать работу АПС независимо от работы автоблокировки. Для работы АПС используются четыре ТРЦ (рис.1.).

Участки АП и БП являются участками приближения при движении чётных и нечётных поездов соответственно, от дальних границ (с учетом зоны дополнительного шунтирования $L_{дш\text{АП}}$ и $L_{дш\text{БП}}$) этих участков определяются $L_{р\text{чёт}}$ ($L_{р\text{нечёт}}$), которые должны обеспечивать своевременное закрытие переезда.

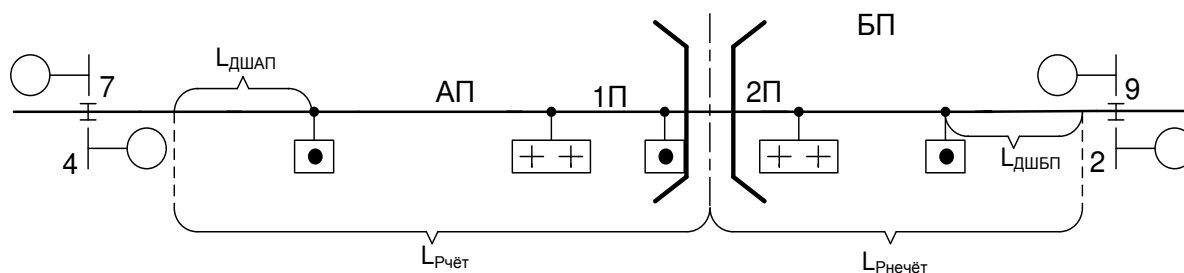


Рисунок 1 – Схема примерного размещения ТРЦ для извещения о приближении поезда к переезду

Длины участков приближения рассчитываются по формуле, м:

$$L_p = 0,28 V_{п} t_{р.и}, \quad (1)$$

где 0,28 – коэффициент перевода километров в час (км/ч) в метры в секунду (м/с);

$V_{\text{п}}$ – максимальная скорость движения поезда к переезду, км/ч;

$t_{\text{р.и}}$ – расчетное время извещения, с,

$$t_{\text{р.и}} = t_{\text{ат}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{г}} = (\ell_{\text{ат}} + \ell_{\text{о}} + \ell_{\text{п}})/V_{\text{ат}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{г}}, \quad (2)$$

где $t_{\text{ат}}$ – время, необходимое для того, чтобы автотранспортное средство длиной $\ell_{\text{ат}}$, равной 24 м, находящееся перед переездным светофором на расстоянии $\ell_{\text{о}}$, равном 5 м, проследовало по переезду на его другую сторону за 2,5 м от крайнего рельса ($\ell_{\text{п}}$ ширина переезда) со скоростью $V_{\text{ат}}$, равной 8 км/ч или 2,2 м/с;

$t_{\text{пр}}$ – время срабатывания приборов извещения (принимается равным 4 с);

$t_{\text{г}}$ – гарантированное время (запас), принимаемое равным 10 с.

С целью обеспечения безопасности движения в формуле (1) применяется максимальная скорость движения на участке.

Таким образом, своевременное оповещение водителей о приближающемся поезде и команда на закрытие переезда зависит от надежной работы ТРЦ. К сожалению, в путевом приемнике ТРЦ, не все узлы схемы имеют контроль работоспособности, например второй фильтр частот модуляции (рис.2). Установление возможных причин опасных отказов путевых приемников не является целью данной статьи, этому будет посвящена отдельная работа. Важно лишь то, что возможны отказы, приводящие к ложной свободности ТРЦ.

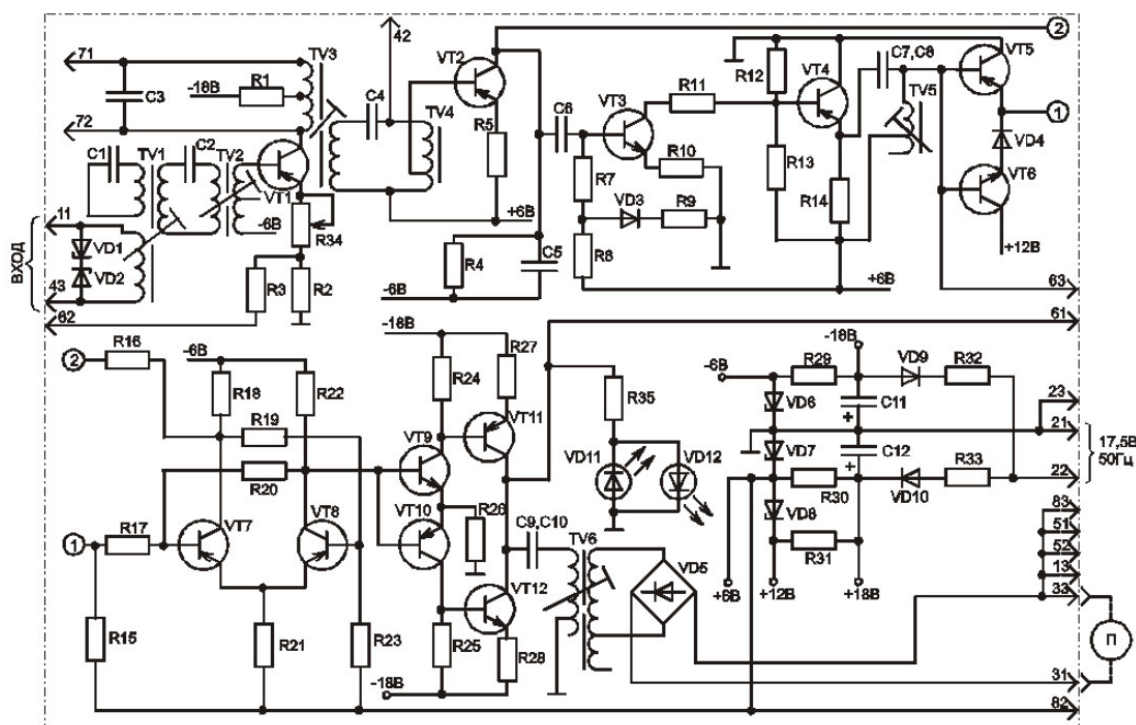


Рисунок 2 – Принципиальная схема путевого приемника ТРЦ

Так в 2000 году произошло крушение на Октябрьской железной дороге на Веребьинском обходе, одной из причин которого была ложная свобода ТРЦ [2]. После данного крушения для повышения безопасности движения поездов в системах с ТРЦ, рекомендовано использовать схемы логического контроля за последовательным занятием и освобождением ТРЦ. В схемах АПС тоже есть такая схема – схема блокировочных реле, которая позволяет при правильном занятии и освобождении участков АП, 1П, 2П, БП (в зависимости от направления движения) включить реле КТ, затем реле В и открыть переезд не дожидаясь освобождения всех четырех участков. Но данная схема не может предотвратить последствий ложной свободы ТРЦ. Представим себе, что ложная свобода произошла с первой по ходу движения ТРЦ (АП или БП). В этом случае команда на закрытие переезда пойдет с момента занятия поездом второго по ходу движения участка 1П (или 2П), при этом учитывая короткую длину последних, время с момента включения переездной сигнализации до момента вступления поезда на переезд исчисляется секундами и его может не хватить для выезда автотранспортного средства с траектории движения поезда. В большей части ДТП на железнодорожных переездах именно поезд врывается в автомобиль, а не наоборот. В соответствии с типовыми материалами для проектирования 410407-АПС-04 самая маленькая длина участка 1П (или 2П) составляет 150 м, с учетом зоны дополнительного шунтирования (10% от длины ТРЦ) 165 м, это расстояние поезд со скоростью 140 км/ч пройдет за 4 секунды. В случае ложной свободы первого по ходу движения участка ТРЦ, водитель автомобиля, въехавший под загорающийся красный огонь переездного светофора, не успеет покинуть переезд, и авария будет неизбежна.

Авторы предлагают без существенных затрат, изменить соотношение длин участков АП и 1П (или БП и 2П), и тем самым снизить аварийность на железнодорожных переездах.

В соответствии с методическими указаниями по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-276-00 «Расчет параметров работы переездной сигнализации» время извещения на переезд может принимать значения от 30 до 50 секунд в зависимости от длины переезда. В это время согласно формулы 2 включено гарантированное время (запас) 10 с. Авторы предлагают изменить точки подключения ТРЦ (рис. 1) таким образом, чтобы при максимальной скорости движения поезда, время между занятием участка АП (БП) и 1П (2П) составляло 15с, что позволит избежать перестройки схемы реле счетчиков для фиксации правильного проезда поезда по участку для его своевременного открытия рис.3. В связи с увеличением длин ТРЦ 1П и 2П,

увеличится зона дополнительного шунтирования этих ТРЦ, и вследствие возможных изменения условий эксплуатации (сопротивление изоляции рельсовой линии, сопротивление рельсов, напряжение источника питания) время на открытие переезда увеличится, но это увеличение будет малой платой за повышение безопасности движения поездов.

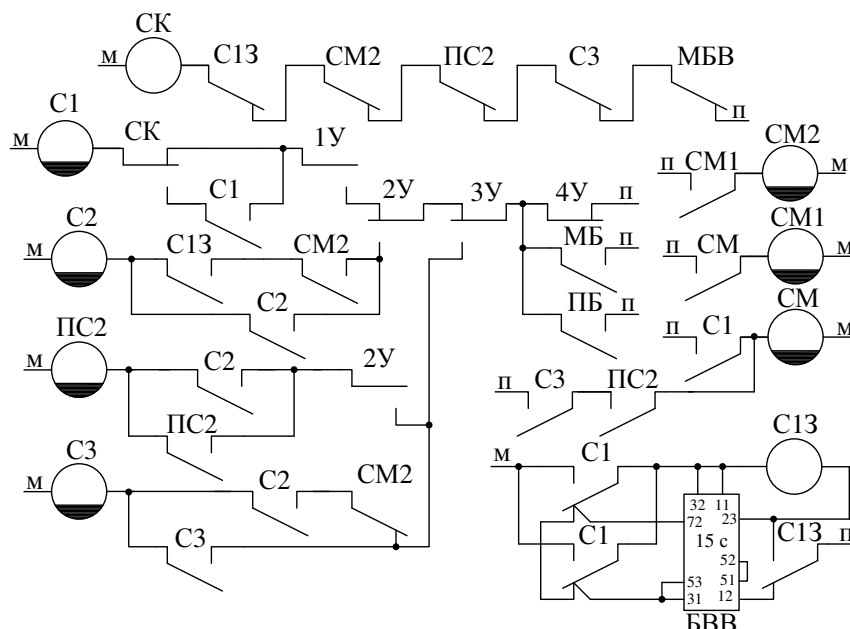


Рисунок 3 – Схема включения реле счетчиков

Список литературы

1. РЖД: число ДТП на железнодорожных переездах в 2018 году снизилось на 2% [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/transport/6004935>.
2. Крушение на Веребынском обходе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Крушение_на_Веребынском_обходе.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ходкевич Антон Геннадьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, Омск, 644046,

Российская Федерация.

Директор ИОКДТ, доцент кафедры

«Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.

Кандидат технических наук.

Тел.: 8-3812 (31-56-47).

E-mail: HodkevichAG@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Khodkevich Anton Gennadyevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m, Omsk, 644046,

the Russian Federation.

Director at Faculty of Distance Learning,

Docent at the Department of «Railway Signalling and Interlocking» OSTU.

Ph.D. in Technical Sciences.

Phone: 8-3812 (31-56-47).

E-mail: HodkevichAG@mail.ru

Сероштанов Сергей Сергеевич

ООО «Сименс Мобильность».

д.9, Большая Татарская ул, Москва, 115184,
Российская Федерация.

Кандидат технических наук, доцент,
ведущий инженер проекта.

Тел.: +7-903-981-69-85.

E-mail: seroshtanovss@mail.ru

Seroshtanov Sergey Sergeevich

Siemens Mobility LLC, MO RC-RU MM.

9, Bolshaya Tatarskaya st., Moscow, 115184,
the Russian Federation.

Candidate of engineering sciences, associated
professor, Senior Systems Engineer - Rail
Automation.

Phone: +7-903-981-69-85.

E-mail: seroshtanovss@mail.ru

Власенко Сергей Валентинович

Технический университет Берлина

Факультет V – Механическая инженерия и
транспортные системы.

Street 17. Juni 135, 10623 Berlin.

Доктор инженерии, приглашенный
профессор.

Тел.: +49-173-2187096.

E-mail: mr.vlasenko@gmail.com

Vlasenko Sergey Valentinovich

Technical University of Berlin.

Faculty V - Mechanical engineering and
transport systems.

Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin.

Dr. Ing., Visiting Professor.

Phone: +49-173-2187096.

E-mail: mr.vlasenko@gmail.com

УДК 656.259

А. В. Пультяков, В. В. Демьянов, М. Э. Скоробогатов

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС),
г. Иркутск, Российская Федерация

**ВЛИЯНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ НА СИГНАЛЫ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

В данной статье рассмотрено влияние различных импульсных помех, как технологически обоснованных, так и случайных на работу устройств автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа действия (АЛСН). При действии интенсивных помех в канале АЛСН возможны сбои в её работе, что вызывает снижение провозной и пропускной способностей участка железной дороги. В качестве основных помех, вызывающих сбои выступают стационарные гармонические и случайные импульсные помехи. В статье приведены формы и спектры сигналов АЛСН при действии различных импульсных помех, полученные во время экспериментальных поездок по электрифицированным участкам железных дорог Транссибирской магистрали.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, помехи, намагниченность, спектр сигнала, сбои, отношение сигнал/помеха.

EFFECT OF IMPULSE NOISE ON SIGNALS OF THE AUTOMATIC LOCOMOTIVE ALARM SYSTEM

In this article the influence of various impulse interferences, both technologically justified and random, on the operation of automatic locomotive signaling devices of continuous type of action (ALSN) is considered. Under the action of intense interference in the channel ALSN possible failures in its work, which causes a decrease in the carrying capacity and capacity of the railway section. Stationary harmonic and random impulse noise are the main disturbances that cause failures. The article presents the forms and spectra of ALSN signals under the action of various pulse disturbances obtained during experimental trips on electrified sections of the TRANS-Siberian railway.

Keywords: automatic locomotive alarm, interference, magnetization, signal spectrum, failures, signal/interference ratio.

Системы автоматической локомотивной сигнализации является одной из важнейших систем, обеспечивающих безопасность движения поездов [1]. Сигнальные показания локомотивного светофора данной системы требует безусловного соблюдения скоростного режима поездной бригадой локомотива. Однако смена сигнальных показаний с более разрешающих на менее разрешающие не всегда обусловлена изменениями поездной ситуации на впереди лежащих участках пути [2, 3]. При действии интенсивных помех в приемном канале АЛС возможны сбои в её работе, что вызывает снижение провозной и пропускной способностей участков железных дорог [4 – 7].

Основной импульсной помехой для полезного сигнала числового кода является влияние неравномерной остаточной намагниченности рельсов и рельсовых плетей, как уложенных в путь, так и подготовленных к замене или уже замененных и хаотично разложенных в колее или по концам шпал. Неравномерная остаточная намагниченность может оказывать негативное влияние на работу рельсовых цепей и систем АЛС как самостоятельно, так и дополняя и усугубляя остальные причины. Рабочая полоса приемных устройств АЛСН с несущей частотой полезного сигнала 25 Гц находится в пределах от 18 до 32 Гц. В эту полосу попадают импульсы помех от намагниченных участков рельсов, имеющих разбежку один метр, при движении поезда со скоростью от 65 до 115 км/ч [8, 9].

На рисунках 1 и 2 представлены осциллограмма и спектрограмма сигнала

на входе локомотивного фильтра АЛСН при проследовании участка пути с остаточной неравномерной намагниченностью рельсов, на которых отчётливо видно резкое изменение уровня полезного сигнала при проследовании магнитных пятен. Кроме негативного влияния магнитного поля в данной поездной ситуации также присутствовала помеха от асимметрии обратного тягового тока.

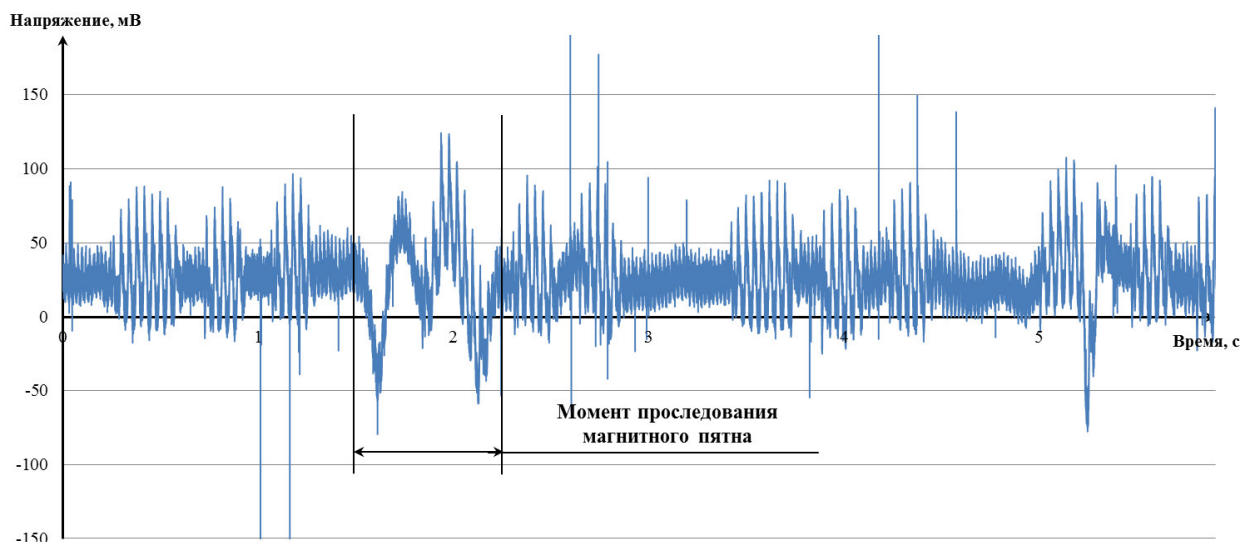


Рисунок 1 – Осциллограмма сигнала на входе фильтра

На спектрограмме сигнала видно, что уровень полезного сигнала (на частоте 25 Гц) превышает уровень помех от асимметрии обратного тягового тока (на частоте 50 Гц), а также от помех магнитного влияния (на частотах от 0 до 15 Гц). Уровень помехи от локомотивного выпрямителя (на частоте 100 Гц) на порядок меньше полезного сигнала.

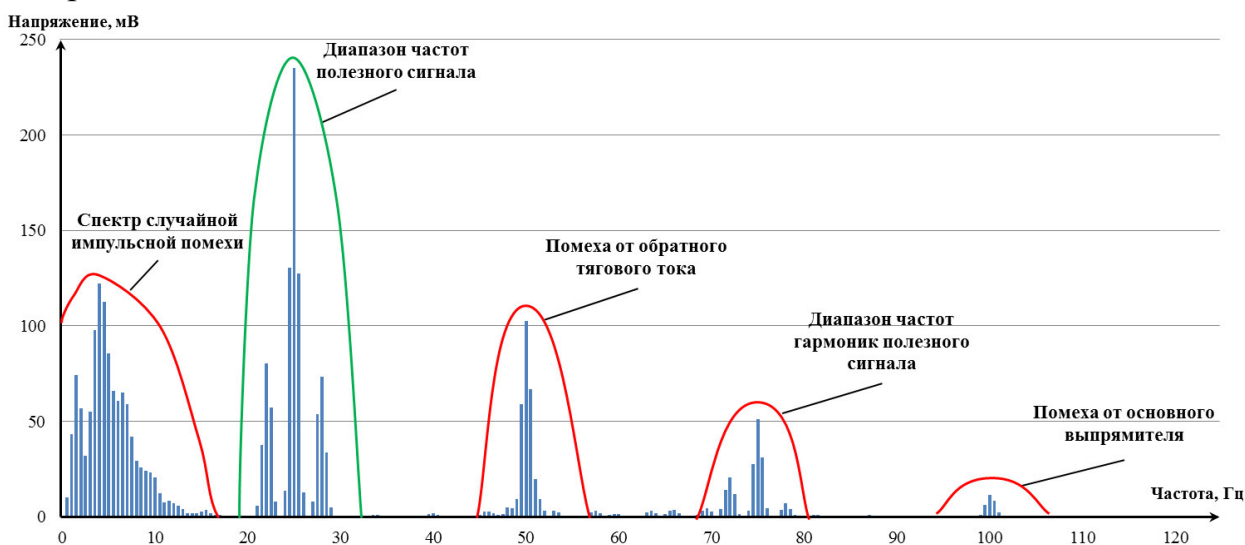


Рисунок 2 – Спектрограмма сигнала на входе фильтра

Форма и спектр сигнала на выходе фильтра представлены на рис. 3 и 4. Из представленных результатов видно, что фильтру не удалось полностью избавиться от пульсаций сигнала в канале АЛСН. Низкая эффективность работы локомотивного фильтра АЛСН типа ФЛ-25/75М подтверждается различными исследованиями, например [4, 10].

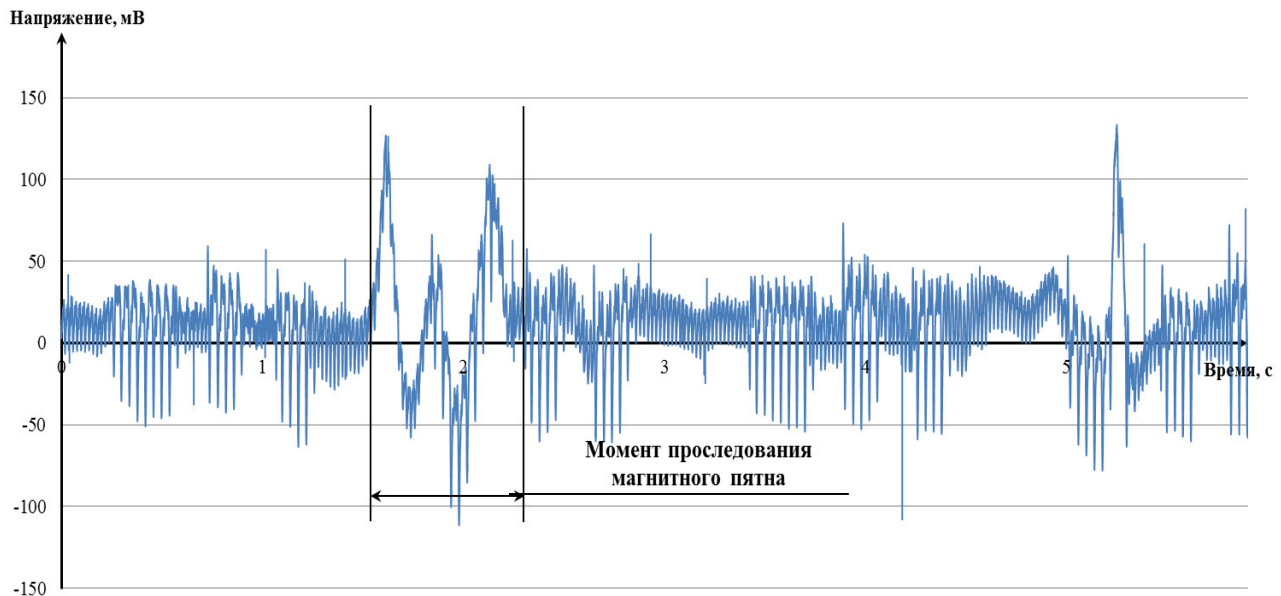


Рисунок 3 – Осциллограмма сигнала на выходе фильтра

Из спектра сигнала на выходе фильтра можно определить, что уровень низкочастотной помехи и помехи от асимметрии обратного тягового тока был ослаблен более чем в 2 раза. Соотношение «сигнал: помеха» на выходе фильтра составляет 1: 0,29 и 1: 0,24 для импульсной и гармонической помехи соответственно. Стоит также отметить, что в окрестности частот 25 Гц наблюдаются три характерных области, разделённых между собой гармониками с нулевыми значениями.

В канале АЛСН также встречаются импульсные помехи, которые носят случайный характер. Такие помехи ограничены по времени и чаще всего проявляются в виде гармонических помех малой длительности. Причем данная помеха может попасть как на импульс числового кода, так и на интервал.

На рисунке 5, а представлена форма сигнала в случае попадания случайной помехи на интервал между импульсами на входе локомотивного фильтра и на рис.5, б – на выходе локомотивного фильтра.

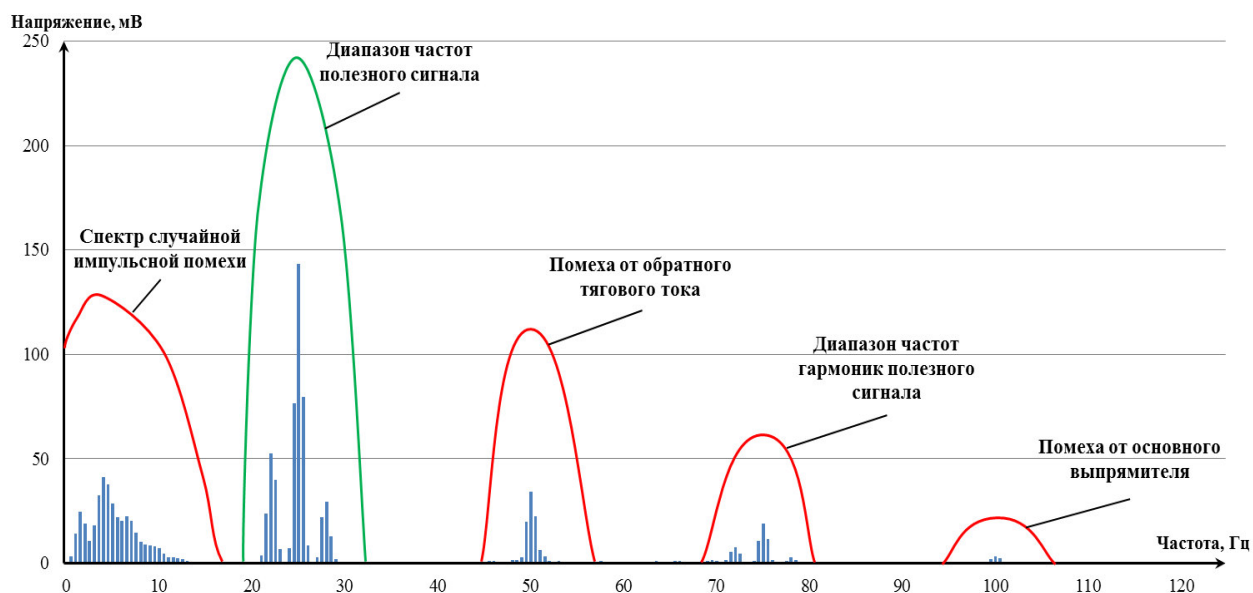


Рисунок 4 – Спектрограмма сигнала на выходе фильтра

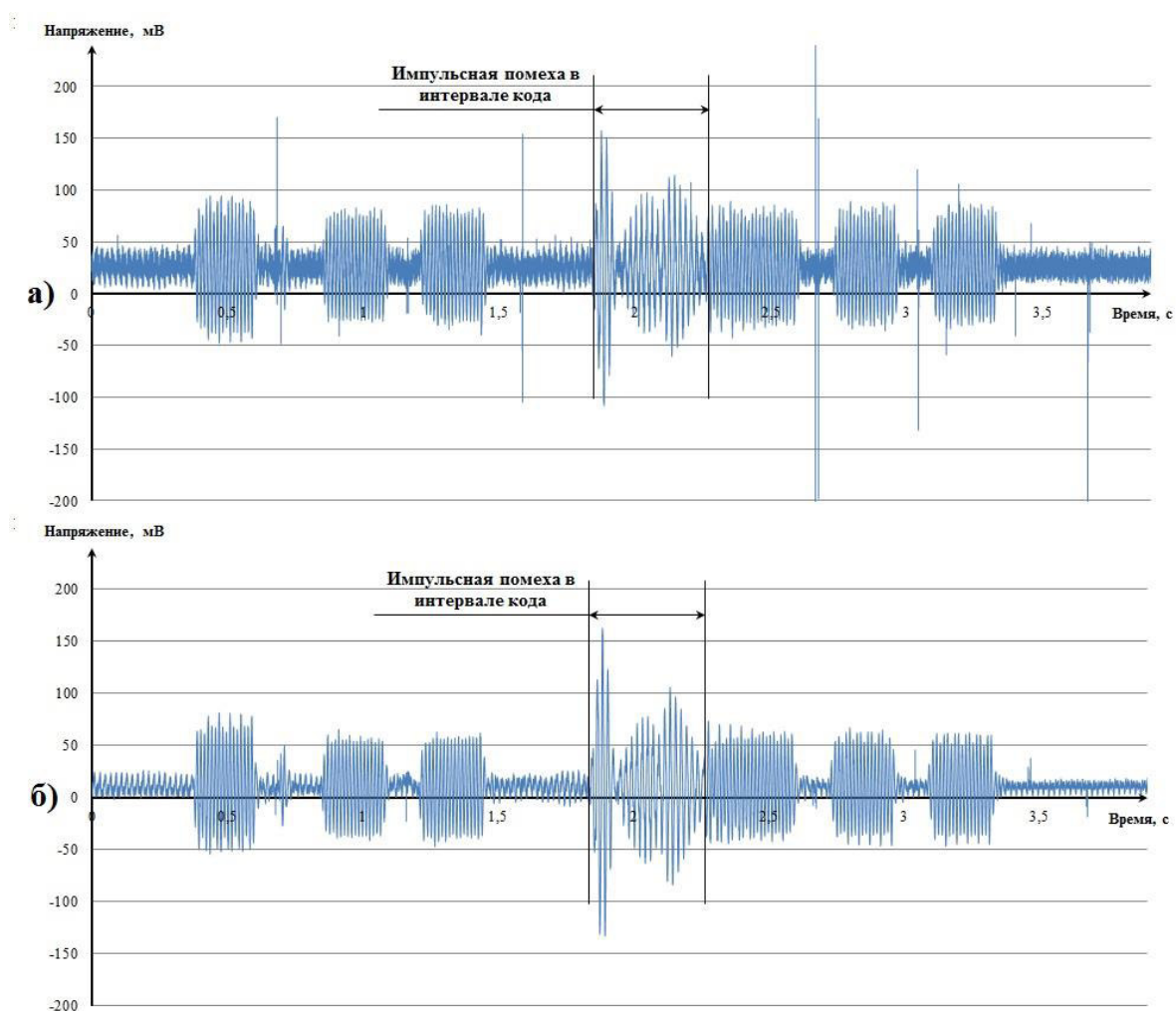


Рисунок 5 – Форма напряжения сигнала:

а) на входе локомотивного фильтра; б) на выходе локомотивного фильтра

При попадании такой помехи на интервал между импульсами происходит искажение временных параметров числового кода, что приводит к неправильному приёму следующей за помехой кодовой посылки. Однако сбой в работе системы АЛСН в целом в данной ситуации не был зарегистрирован. Это объясняется тем, что для сбоя в работе числового кода должны быть «испорчены» три подряд кодовые посылки.

На рис. 6 представлены осциллограмма сигнала на входе и выходе локомотивного фильтра АЛСН при попадании импульсной случайной помехи на импульс числового кода. «Раскачка» амплитуды полезного сигнала в данном случае не оказывает негативного влияния, так как временные параметры кода сохраняются в пределах нормы, а искажения амплитуды будут нивелированы на усилителе с автоматической регулировкой усиления.

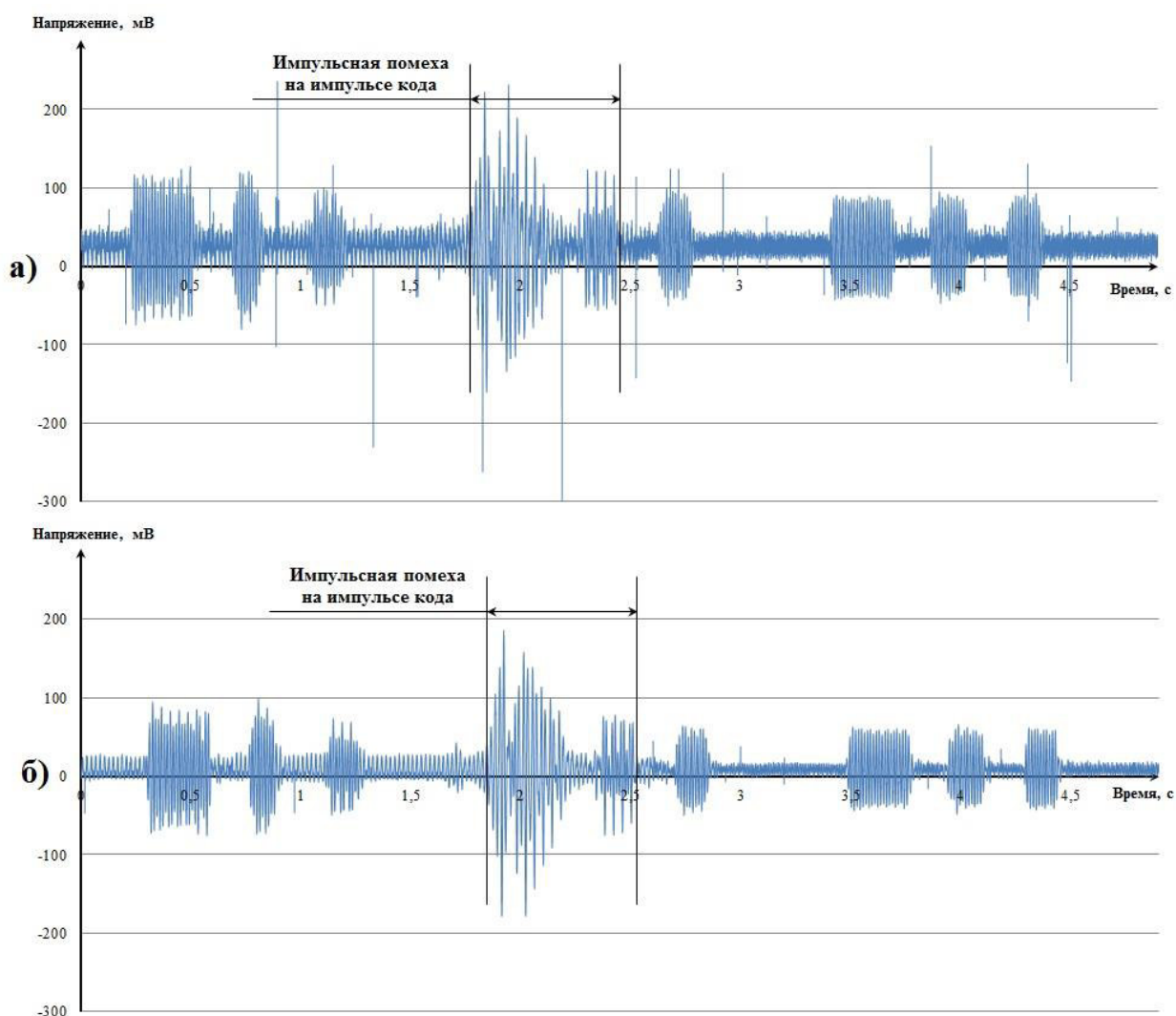


Рисунок 6 – Форма напряжения сигнала при попадании импульсной помехи на импульс числового кода:

а) на входе локомотивного фильтра; б) на выходе локомотивного фильтра

Кроме того, имеет место искажения кодовой посылки по технологически обоснованным причинам. Одной из таких является проследование места ввода сигнала АЛСН. Форма сигнала на входе локомотивного фильтра и на его выходе в такой ситуации представлены на рисунках 7, а и 7, б соответственно.

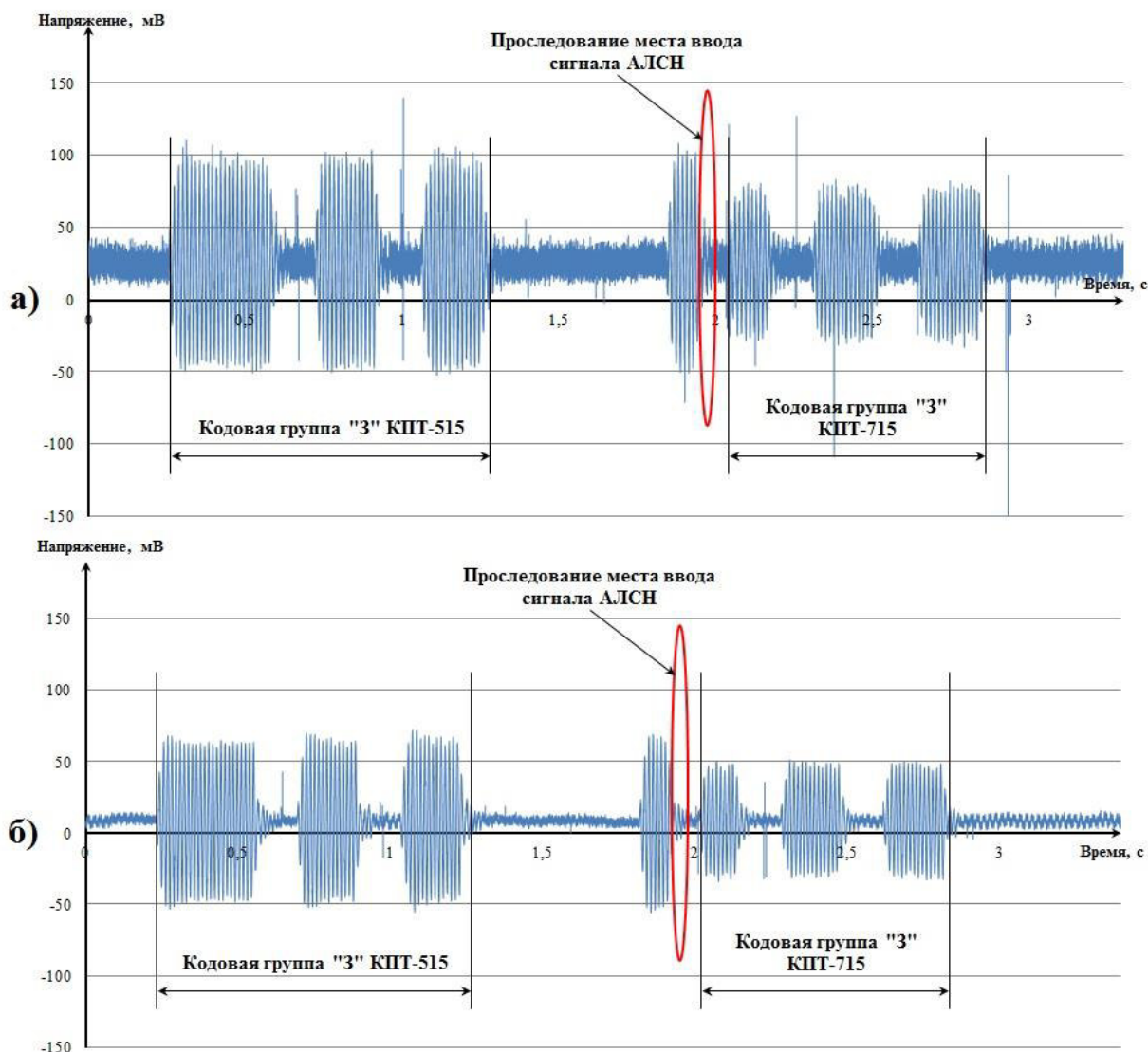


Рисунок 7 – Форма напряжения сигнала при проследовании изостыка:

а) на входе локомотивного фильтра; б) на выходе локомотивного фильтра

Из рисунка 7 видно, что после одной кодовой посылки кода «3» система начала приём первого импульса следующей посылки, но в этот момент произошло проследование места ввода сигнала АЛСН, что привело в неправильной дешифрации одной кодовой комбинации. Так как последующие кодовые посылки были без искажений, то сбой в работе системы АЛСН зарегистрировано не было. Разница в амплитуде сигнала до места ввода кодов и после объясняется затуханием сигнала в рельсовых нитях.

Случайные импульсные помехи оказывают негативное влияние на спектр сигнала числового кода, что, как правило, приводит к сбоям в работе системы АЛСН. Однако следует отметить, что для регистрации сбоя необходим приём трёх подряд искаженных кодовых посылок, следовательно, действие одиночных импульсных помех не должно приводить к сбою. Это ставит задачу достоверного выявления причин зарегистрированных сбоев АЛСН.

Список литературы

1. Автоматическая локомотивная сигнализация и авторегулировка / А. М. Брылеев, О. Поупе, В. С. Дмитриев [и др.]. – М.: Транспорт, 1981. – 320 с.
2. Шаманов, В. И. Помехи на аппаратуру рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. Средства защиты / В. И. Шаманов. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. – 304 с.
3. Леушин, В. Б. Особенности каналов автоматической локомотивной сигнализации магистральных железных дорог / В.Б. Леушин, Р. Р. Юсупов. – Самара: СамГУПС, 2007. – 115 с.
4. Шаманов, В. И. Влияние условий эксплуатации на устойчивость работы АЛСН / В. И. Шаманов, А. В. Пультяков, Ю. А. Трофимов // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 5. – С.46 – 50.
5. Воротилкин, А. В. Проблемы влияния тяжеловесных поездов на приборы безопасности при электротяге переменного тока / А. В. Воротилкин, А. П. Хоменко, В. И. Шаманов // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 10. С. 17 – 21.
6. Пультяков, А. В. Исследование влияния электромагнитных помех на работу устройств автоматической локомотивной сигнализации / А. В. Пультяков, М. Э. Скоробогатов, Д. С. Халиманов // Мат-лы всерос. научн.-практ. конф. «Образование – наука – производство» – Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2018. – С. 191 – 197.
7. Пультяков, А. В. Системный анализ устойчивости работы систем автоматической локомотивной сигнализации / А. В. Пультяков, М. Э. Скоробогатов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – Т.57. – №1. – С. 79 – 89. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.1(57).79-89.
8. Трофимов, Ю. А. Намагниченность рельсовых плетей и устойчивость работы АЛСН / Ю. А. Трофимов, А. В. Пультяков // Эффективность и безопасность работы электротехнических комплексов и систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте: межвуз. темат. Сб. науч. тр. / Омск: ОмГУПС, 2011. – С. 46 – 49.

9. Пультяков, А. В. Анализ влияния неравномерной намагниченности рельсов на устойчивость работы АЛСН / А. В. Пультяков, Ю. А. Трофимов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – №1 (30). – С. 206 – 210.

10. Пультяков, А. В. Эффективность работы локомотивного фильтра АЛСН / А. В. Пультяков, М. Э. Скоробогатов // Транспортная инфраструктура сибирского региона. Мат-лы VIII междунар. научн.-практ. конф. В 2 т.: Т. 1. – Иркутск: ИрГУПС, 2017. – С. 342 – 345.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Пультяков Андрей Владимирович
Иркутский государственный университет
путей сообщения (ИрГУПС).
ул. Чернышевского, д 15, г. Иркутск,
664074, Российская Федерация.
К.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Автоматика, телемеханика и связь»
ИрГУПС.
Тел. (3952) 63-83-99, доб. 0351.
E-mail: pultyakov@irgups.ru

Демьянов Владислав Владимирович,
Иркутский государственный
университет путей сообщения (ИрГУПС).
ул. Чернышевского, д 15, г. Иркутск,
664074, Российская Федерация.
Д.т.н., доцент, профессор кафедры
«Автоматика, телемеханика и связь»
ИрГУПС.
Тел. (3952) 63-83-99, доб. 0419.
E-mail: sword1971@yandex.ru

Скоробогатов Максим Эдуардович,
Иркутский государственный
университет путей сообщения (ИрГУПС).
ул. Чернышевского, д 15, г. Иркутск,
664074, Российская Федерация.
Старший преподаватель кафедры
«Автоматика, телемеханика и связь»
ИрГУПС.
Тел. (3952) 63-83-99, доб. 0233.
E-mail: skor_maxim@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Pultyakov Andrey Vladimirovich
Irkutsk State Transport University (ISTU).
Chernyshevsky st, 15, Irkutsk, 664074,
the Russian Federation
Ph.D of engineering science, associate professor,
Head of the subdepartment «Automatics,
telemechanics and communication» ISTU.
Phone: (3952) 63-83-99, add. 0351.
E-mail: pultyakov@irgups.ru

Demyanov Vladislav Vladimirovich
Irkutsk State Transport University (ISTU).
Chernyshevsky st, 15, Irkutsk, 664074,
The Russian Federation.
Doctor of Engineering Science, professor,
Professor of the subdepartment «Automatics,
telemechanics and communication» ISTU.
Phone: (3952) 63-83-99, add. 0419.
E-mail: sword1971@yandex.ru

Skorobogatov Maxim Eduardovich
Irkutsk State Transport University (ISTU).
Chernyshevsky st, 15, Irkutsk, 664074,
the Russian Federation.
Senior lecture of the subdepartment
«Automatics, telemechanics and
communication» ISTU.
Phone: (3952) 63-83-99, add. 0233.
E-mail: skor_maxim@mail.ru

А. С. Брюхова, Н. В. Волкова, Я. В. Шарапова

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье описаны приборы лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии, и их возможности в определении коррозионного состояния железобетонных конструкций. Описаны экспериментальные исследования определения продуктов коррозии на поверхности железобетонных образцов методами лазерно-искровой эмиссионной спектроскопии. Определены основные элементы продуктов коррозии, вышедших на поверхность бетона. Установлена связь между степенью коррозии стальной арматуры и концентрацией продуктов коррозии.

Ключевые слова: лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия; железобетон; коррозия.

Anna S. Bryukhova, Nataliya V. Volkova, Yana V. Sharapova

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

APPLICATION OF LASER METHODS FOR DIAGNOSTICS OF CORROSION CONDITION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

The article describes the devices of laser-induced breakdown spectroscopy, and their capabilities in determining the corrosion state of reinforced concrete structures. Experimental studies of determination of corrosion products on the surface of reinforced concrete samples by Laser-induced breakdown spectroscopy are described. The main elements of corrosion products released on the concrete surface are determined. The relationship between the degree of corrosion of steel reinforcement and the concentration of corrosion products.

Keywords: Laser-induced breakdown spectroscopy; reinforced concrete; corrosion.

Потеря несущей способности даже одной железобетонной опоры контактной сети приводит к обрыву проводов всего анкерного участка, что вызывает крупные экономические потери. Основной причиной снижения несущей способности железобетонной опоры является коррозия стальной арматуры. Существующие методы диагностирования не способны оценить

коррозионное состояние стальной арматуры, определить количество железа, вышедшего на поверхность бетона и предсказать остаточный ресурс железобетонной конструкции. Приборы лазерной-искровой эмиссионной спектроскопии (ЛИЭС) с лазерным возбуждением спектра способны производить прямой инструментальный контроль в полевых условиях и позволяют решить поставленную задачу. Относительная простота конструкции приборов ЛИЭС и совершенствование лазерной техники обеспечивает возможность миниатюризации и автоматизации аналитических измерений.

Экспериментальные исследования определения продуктов коррозии на поверхности бетона производили на экспериментальной установке, макет которой представлен на рисунке 1.

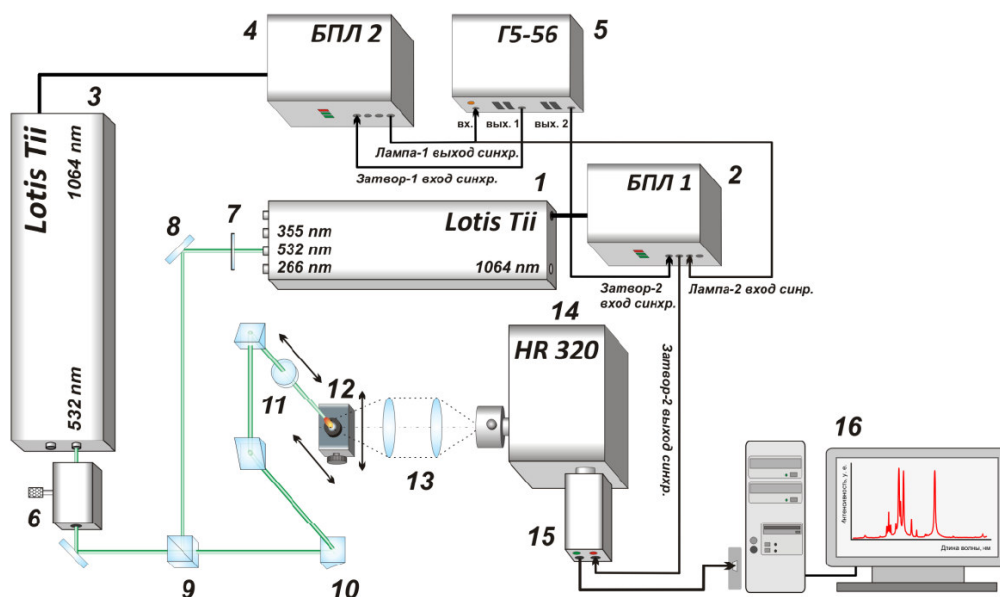


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Для проведения измерений были подготовлены образцы из железобетона, по составу идентичные реальным железобетонным опорам контактной сети, размером 60×60×200 мм, с арматурой диаметром 10 мм по центру. Предварительно образцы были подвержены искусственно вызванной коррозии.

Измерения производились на диапазоне длин волн 316-336 нм. В результате были получены спектры двух образцов (рисунок 2): с наличием коррозии (3_grey) и без следов коррозии (3_ochre). Условия проведения испытаний были идентичны в обоих случаях (одноимпульсный многократный режим с мощностью 50 мДж, длина волны лазера 532 нм).

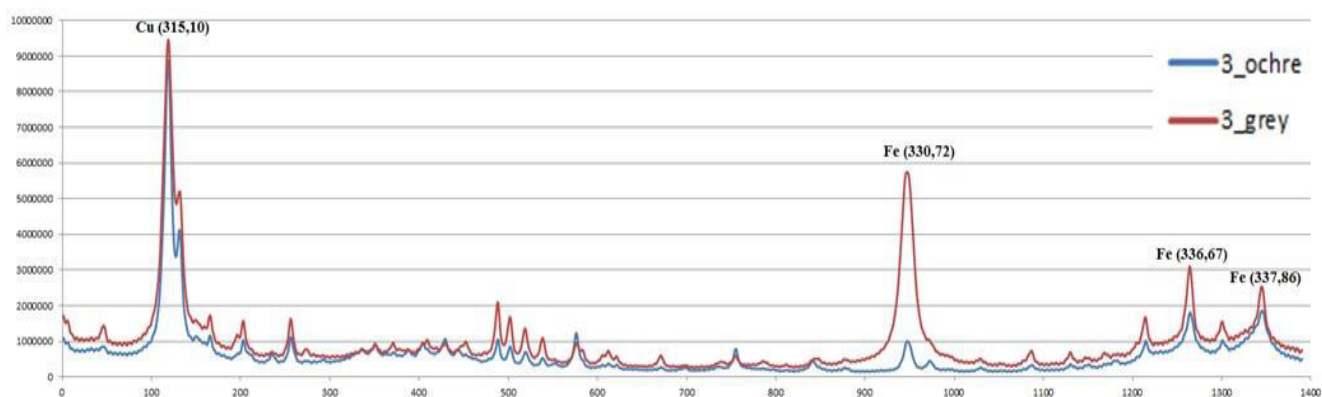


Рисунок 2 – Спектры образцов с различной степенью коррозии

Проанализировав спектры образцов, можно сделать вывод о том, что в одном из образцов присутствует наличие железа (на спектре пик Fe с длиной волны 330,72 нм), что указывает на наличие коррозии на поверхности образца. В образце без коррозии такой пик на спектре отсутствует. При этом интенсивность спектральной линия кальция Ca 315,10 нм остается примерно одинаковой величины.

В полученных спектрах также можно анализировать наличие агрессивной среды, в которой находились образцы. Так в эксперименте образцы помещались в раствор NaCl с различной концентрацией. Образец с наибольшим содержанием продуктов коррозии на поверхности (sample 3o) помещался в 3% раствор NaCl, образец меньшей коррозией (sample 3g) находился под воздействием 1% раствор NaCl, и образец бетона (sample 5) был отобран без воздействия агрессивной среды.

В результате измерений были получены спектры (рисунок 3), проанализировав которые можно увидеть различное содержание элементов, характеризующих наличие агрессивной среды (Na 819,482 нм), что объясняется его проникновением в бетон из раствора. При этом одинаковая интенсивность линии кальция (Ca 854,209 нм), говорит о том, что спектры сняты при одинаковых условиях и имеют различное содержание Na.

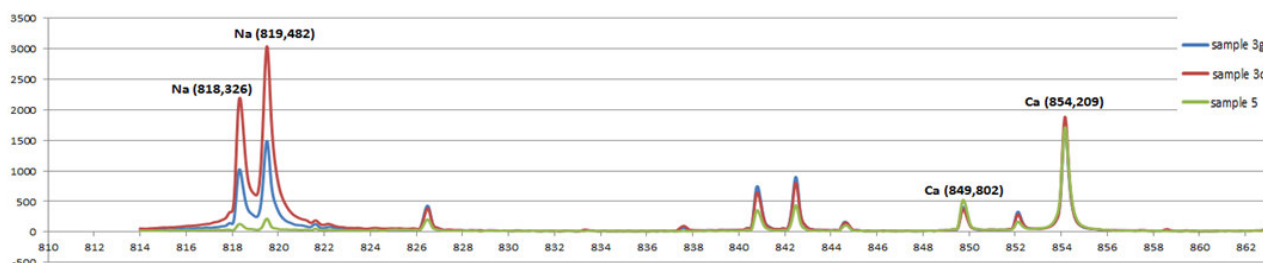


Рисунок 3 – Спектры образцов при различном воздействии NaCl

Для применения в полевых условиях можно использовать портативный анализатор фирмы SciAps (рисунок 4), который основан на том же физическом принципе, что и экспериментальная установка, описанная выше, но отличается своей портативностью и быстротой получения и обработки спектров.



Рисунок 4 – Прибор фирмы SciAps на основе LIBS технологии

По результатам обработки полученных спектров, можно сделать вывод, что у образца с наибольшим содержанием коррозии на поверхности бетона, больше концентрация железа, как основного компонента коррозии. Таким образом, по различным концентрациям железа на поверхности бетонных образцов, можно судить о коррозионном состоянии арматурных стержней, находящихся внутри железобетонных конструкций. Области с максимальным содержанием продуктов коррозии на поверхности укажут место расположения участка с наибольшим развитием коррозии.

Приборы лазерно-искровой эмиссионной спектрометрии позволяют выявлять коррозию на ранних сроках эксплуатации, к тому же, данные приборы могут быть портативными и потому на их основе можно создавать мобильные мехатронные комплексы для диагностирования в полевых условиях.

Список литературы

1. Кузнецов, А. А. Исследование процесса коррозии на поверхности железобетонных изделий / А. А. Кузнецов, А. С. Брюхова, К. И. Фомиченко // Материалы III всероссийской научно-технической конференции «Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте». – Омск: ОмГУПС, 2018 – С. 14 – 21.
2. Кузнецов, А. А. Определение количественного содержания продуктов коррозии на поверхности железобетонных изделий / А. А. Кузнецов, А. С. Брюхова // Омский научный вестник. – 2018. – № 6 (162). – С. 160 – 164.

3. Wilsch, G. Determination of chloride content in concrete structures with laser-induced breakdown spectroscopy. / G. Wilsch; F. Weritz, D. Schaurich, H. Wiggenhauser // Construction and Building Materials – 2005. – Vol. 10. – PP. 724 – 730.

4. Determination of chlorine, sulfur and carbon in reinforced concrete structures by double-pulse laser-induced breakdown spectroscopy / T. Labutin, A. Popov, S. Zaytsev [et al] // Spectrochimica Acta. – 2014. – Part B. – № 99. – P. 94 – 100.

5. Critical chloride content in reinforced concrete — An updated review considering Chinese experience / Y. Cao, C. Gehlen, U. Angst [et al] // Cement and Concrete Research. – 2019. – Vol.117. – P.58 – 68.

6. Кузнецов, А. А. Контроль коррозионного состояния железобетонных конструкций с использованием спектральных методов анализа на труднодоступных поверхностях / А. А. Кузнецов, А. С. Брюхова, Н. В. Волкова, К. И. Фомиченко // Материалы III Всерос. конференции по аналитической спектроскопии, 2019. – Краснодар. – С. 185.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Брюхова Анна Сергеевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
инженер кафедры «Теоретическая электротехника».
E-mail: annaivan29@gmail.com

Волкова Наталия Владимировна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теоретическая электротехника».
E-mail: wolf.volkova@yandex.ru

Шарапова Яна Вячеславовна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теоретическая электротехника».

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Bryukhova Anna Sergeevna

Omsk State Transport University (OSTU).
Marx Ave., 35, 644046, Omsk,
the Russian Federation.
Specialist of the department "Theoretical Electrical Engineering".
Email: annaivan29@gmail.com

Volkova Natalia Vladimirovna

Omsk State Transport University (OSTU).
Marx Ave., 35, 644046, Omsk,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Theoretical Electrical Engineering".
E-mail: wolf.volkova@yandex.ru

Sharapova Jana Vyacheslavovna

Omsk State Transport University (OSTU).
Marx Ave., 35, 644046, Omsk,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Theoretical Electrical Engineering".

Е. А. Бахтиярова, К. М. Сансызбай

Международный университет информационных технологий (МУИТ),
г. Алматы, Республика Казахстан

АНАЛИЗ РИСКОВ В СЛУЧАЕ НЕОСУЩЕСТВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ СИСТЕМ ЖАТ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

В статье проведен анализ состояния систем железнодорожной автоматики и телемеханики, перечислены риски в случае неосуществления модернизации железнодорожных участков, оборудованных существующими системами СЦБ, предлагается переход на микропроцессорную элементную базу при обновлении технических средств ЖАТ, что обеспечивает значительное снижение энергопотребления, минимизацию производственных площадей для размещения оборудования и сокращение трудозатрат на их последующее техническое обслуживание. Модернизация систем ЖАТ приведет к увеличению пропускной способности и к уменьшению уровня износа устройств электрической централизации и автоблокировки.

Ключевые слова: технические риски, физический износ, моральный износ, экономические риски, политические риски, модернизация, железнодорожная автоматика, электрическая централизация, автоблокировка

Yelena A. Bakhtiyarova, Kanibek M. Sansyzbay

International Information Technology University (IITU), Almaty, Republic of Kazakhstan

RISK ANALYSIS IN THE CASE OF NON-IMPLEMENTATION OF MODERNIZATION OF EXISTING REAP SYSTEMS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

The article analyzes the state of railway automation and telemechanics systems, lists the risks in case of failure to modernize railway sections equipped with existing signaling systems, suggests switching to a microprocessor-based elemental base when upgrading ZhAT hardware, which provides a significant reduction in energy consumption, minimizing production space for equipment and reduction of labor costs for their subsequent maintenance. Modernization of ZhAT systems will lead to an increase in throughput and to a decrease in the level of wear of electric centralization and auto-lock devices.

Keywords: technical risks, physical deterioration, obsolescence, economic risks, political risks, modernization, railway automation, electrical centralization, auto-lock.

Успешная интеграция экономики Казахстана в мировую систему в условиях глобализации невозможна без развития транспортной системы внутри страны. Поэтому, развитие транспортной отрасли, в целом, должна быть направлена на повышение уровня развития инфраструктуры транспортной системы.

Развитие транспортной инфраструктуры является одним из важнейших факторов экономического роста страны.

Казахстан взял новый политический курс как состоявшегося государства, достигнув все поставленные задачи на предыдущем этапе социально-экономического развития республики, введены в строй несколько крупных стратегических объектов транспортной инфраструктуры.

В силу обширной территории Республики Казахстан для большинства крупных отечественных предприятий железнодорожный транспорт играет ключевую роль в логистической цепочке.

Расположение Казахстана в центре Евразийского континента, между емкими и динамично развивающимися рынками Европы и Юго-восточной Азии, в перспективе позволяет отечественному железнодорожному транспорту добиться эффективного раскрытия высокого транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан [1].

Таким образом, единство экономического пространства, целостность государственности, оборона и безопасность страны в значительной степени зависят от устойчивой и надежной работы железнодорожного транспорта.

Ускорение темпов развития экономики Республики Казахстан и улучшение качества жизни населения за счет использования цифровых технологий в среднесрочной перспективе, а также создание условий для перехода экономики Казахстана на принципиально новую траекторию развития, обеспечивающую создание цифровой экономики будущего в долгосрочной перспективе является – Государственная программа «Цифровой Казахстан».

В настоящее время в «транспортных коридорах» и в пригородных зонах больших городов наблюдается стабильный рост объема перевозок. По прогнозам специалистов потребности в транспортировке продукции будут возрастать и далее. Между тем запас по пропускной способности многих участках фактически исчерпан. Поэтому, в очередной раз, но уже в новых экономических, технологических и организационных условиях, возникает задача определения рациональных, в экономическом смысле, методов повышения провозной и пропускной способности железнодорожного транспорта.

Поставленные задачи перед железнодорожным транспортом не могут быть эффективно и качественно реализованы без модернизации систем,

которые обеспечивают управление движением поездов.

Так, в настоящее время в Акционерное общество «Национальная компания «Қазақстан темір жолы» (далее АО «НК «ҚТЖ») существуют системы ЖАТ, введенные в эксплуатацию более 40 лет назад. Хотя на сегодняшний день сроки службы этих СЖАТ в основном истекли, однако они продолжают эксплуатироваться в направлениях, связанных с обеспечением безопасности движения поездов, что не соответствует международным требованиям по безопасности [2].

Кроме того, устаревшие СЖАТ стали сдерживающим фактором дальнейшего развития железнодорожного транспорта в направлениях повышения скорости движения поездов, оптимизации расходов и повышении уровня автоматизации перевозочного процесса. Поэтому для обеспечения дальнейшего развития железнодорожного транспорта рекомендуется одним из первых решить вопрос модернизации существующих СЖАТ.

Как известно, инфраструктура ЖАТ АО «НК «ҚТЖ» имеет длительные сроки службы и, практически не обновлено. Процент новых устройств ЖАТ не значительный и сформировался за счет строительства новых линий, а не за счет плановой модернизации. Поэтому, в настоящее время актуальным остается вопрос по замене и модернизации устройств ЖАТ действующих железных дорог АО «НК «ҚТЖ».

Анализ состояния систем железнодорожной автоматики и телемеханики показал, что износ существующих устройств ЖАТ составляет **более 60%**. В связи с этим, ближайшее время рекомендуется по возможности предпринять меры по реконструкции и модернизации железнодорожных участков, оборудованных существующими системами СЦБ, так как к 2025 году эта цифра **превысит 70%**.

Как известно, успех, процветание и развитие любой современной организации определяются множеством факторов как внутренней, так и внешней среды. Однако наступивший век по праву называют веком качества. Только качество продукции или услуг при всем многообразии производимых аналогичных товаров (услуг) может привлечь потребителя и обеспечить получение прибыли, а это в современном мире без внедрения инноваций не возможно. Модернизация железнодорожного транспорта является основным направлением развития отрасли на данном этапе.

Железнодорожный транспорт является основой всей транспортной инфраструктуры страны и его эффективное функционирование играет исключительную роль в создании условий для модернизации, перехода на

новый инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики, способствует созданию условий для обеспечения лидерства в изменяющейся мировой экономической системе. От состояния и качества работы железнодорожного транспорта зависят не только перспективы его дальнейшего социально-экономического развития, а также возможности государства эффективно выполнять такие важнейшие функции, как защита национального суверенитета и безопасности страны, укрепление единства пространства, обеспечение потребности граждан в перевозках, создание условий для выравнивания социально-экономического развития регионов, повышения ресурсной независимости и глобальной конкурентоспособности.

Реализация стратегий не возможна без проведения активной инвестиционной и инновационной политики на транспорте.

Модернизация устройств ЖАТ как и в целом железнодорожный транспорт призваны решать следующие задачи:

- привлечение дополнительных объемов перевозок за счет максимального привлечения грузов и пассажиров, повышения эффективности транспортного обеспечения;
- развитие информационного обеспечения для эффективного управления перевозочного процесса.
- внедрение ресурсосберегающих технологий;
- повышение безопасности, надежности, экологичности и ритмичности эксплуатационной работы.

Безопасность и надежность транспортных коридоров, как международных, так и внутри страны позволит обеспечить устойчивый экономический рост и потребности общества в перевозке пассажиров, движении товаров, повышении конкурентоспособность транспортной системы страны.

При отсутствии масштабного финансирования модернизации устройств ЖАТ существуют риски, которые могут подразделяться на технические, экономические и политические.

Согласно данным АО «НК «КТЖ» инфраструктура ЖАТ по сравнению с другими (путь, контактная сеть, локомотивное хозяйство и др.) имеет длительные сроки службы и, практически не обновлялись. Процент новых устройств ЖАТ не значительный и сформировался за счет строительства новых линий, а не за счет плановой модернизации.

Технические риски в случае неосуществления модернизации существующих систем ЖАТ заключаются в продолжающемся их старении, достижении «предельного состояния» объектов инфраструктуры ЖАТ. Снятия

с производства устаревшего оборудования, применяемого в существующих устройствах (реле группы НР, НШ и др.). Частый выход из строя (растрескивание и необеспечение изоляции) проводов и кабелей, осуществляющих соединение между собой оборудования, обеспечивающего безопасность. Потеря изоляции может привести к возгоранию проводов и кабелей, а следовательно, к пожару в посту ЭЦ, в котором газового пожаротушения не предусмотрено изначально. Не выдерживания «назначенных сроков службы (Технический регламент таможенного Союза) – календарной продолжительности эксплуатации продукции, при достижении которой эксплуатация продукции должна быть прекращена независимо от ее технического состояния». Технические риски ведут к увеличению эксплуатационных затрат, снижению безопасности движения поездов и их частой задержке. Кроме того, с каждым годом все больше объектов автоматики достигают «предельного состояния», при котором уже будет невозможно говорить и о частичной модернизации.

Под физическим износом понимается утрата основными фондами своих технических параметров. Физический износ бывает эксплуатационным и естественным. Эксплуатационный износ является следствием производственного потребления. Естественный износ происходит под воздействием природных факторов (температуры, влажности и т.п.). Степень физического износа определяется в процессе начисления амортизации и зависит от следующих факторов: интенсивности и условий эксплуатации, состава и квалификации обслуживающих кадров, качества материалов и т.д.

Моральный износ основных фондов является следствием научно-технического прогресса. Существуют две формы морального износа. Первая форма морального износа связана с удешевлением стоимости воспроизводства основных фондов в результате совершенствования техники и технологии, внедрения прогрессивных материалов, повышения производительности труда. Вторая форма морального износа связана с созданием более совершенных и экономичных основных фондов (машин, оборудования, зданий, сооружений и т.д.). В этом случае применение устаревших основных фондов становится экономически невыгодным, поскольку, используя устаревшую технику, предприятие расходует больше сырья, материалов, рабочего времени, энергии на единицу продукции. Это приводит в конечном итоге к повышению себестоимости и снижению качества выпускаемой продукции.

К техническим рискам можно отнести необеспечение полной «цифровизации» и диагностики устройств ЖАТ.

Экономические риски Казахстан лежит в сердце маршрутов древнего Шелкового пути. Торговля жизненно важна для малонаселенных и имеющих огромные ресурсы стран ЦАРЭС. Как внутрирегиональная, так и межрегиональная торговля имеют огромный потенциал роста, если удастся устранить узкие места и проблемы логистики и цепей поставок. Со времен древнего Великого шелкового пути, внутрирегиональная и межрегиональная торговля вносят значительный вклад в экономику стран региона. Значительная доля международной торговли зависит от наземных перевозок через территории многочисленных соседних стран, требуя сотрудничества и более тесной интеграции систем железнодорожного транспорта. Так, в Республике Казахстан и КНР, проводятся работы по расширению сотрудничества и интеграции в течение многих лет контейнеры в маршрутных поездах становятся все более конкурентоспособными по сравнению с морским и воздушным транспортом для торговых потоков с высокой удельной стоимостью.

В случае неосуществления модернизации существующих систем ЖАТ заключаются в обеспечении пропускной и провозной способности железнодорожных участков. Пагубно влияют на качество перевозочного процесса, к которому предъявляют высокие требования, а в следствии этого ограничение транзитных потоков через железнодорожные коридоры Республики Казахстан. Без обновления систем ЖАТ из-за частых отказов с каждым годом железнодорожная инфраструктура будет терять развитие и потеря потенциальных перевозчиков грузов, т.е. приводит к потере доходов.

Политические риски в случае неосуществления модернизации существующих показатели по пропускной способности участков, а это потеря больших средств на свое систем ЖАТ заключаются в невыполнении ряда постановлений Правительства и поставленных задач Президентом Республики Казахстан.

В стратегических направлениях долгосрочного развития Казахстана указано на ускоренное формирование инфраструктуры, поддерживающей создание наукоемкой экономики через повышение производительности, формирование новой политики развития, создание инновационной системы, модернизацию инфраструктуры и повышение энергоэффективности. Ускорение темпов развития экономики Республики Казахстан и улучшение качества жизни населения за счет использования цифровых технологий в среднесрочной перспективе, а также создание условий для перехода экономики Казахстана на принципиально новую траекторию развития, обеспечивающую создание цифровой экономики будущего в долгосрочной перспективе является – Государственная программа «Цифровой Казахстан». Без модернизации устройств ЖАТ на, хотя-бы, транспортных

коридорах, программа «Цифровой Казахстан» не может быть выполнена, учитывая огромную инфраструктуру железных дорог.

Без существенной модернизации устройств ЖАТ на железных дорогах Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050» по вхождению Казахстана в число 30 наиболее конкурентоспособных стран мира к 2050 году» не может быть выполнена. Стареющие системы не смогут составить конкуренцию цифровым микропроцессорным системам ЖАТ других развитых стран [3].

Таким образом, увеличивается риск отказов устройств СЦБ с длительным сроком службы, возрастает потребность в замене старой релейной аппаратуры на новую, а отсутствие средств диагностики ведет к росту эксплуатационных затрат на их содержание и увеличивается с каждым годом.

В связи с этим, назрела острая необходимость внедрения современных микропроцессорных систем ЖАТ, наиболее полноценно отвечающих задачам создания интегрированной системы, как основы формирования многоуровневой системы безопасности и единой автоматизированной системы управления, в совокупности с созданием сервисных центров, организации удаленного мониторинга и постоянного администрирования технических средств ЖАТ. Данные системы имеют самодиагностику, легко интегрируются с любыми аппаратно-программными комплексами, позволяют размещать аппаратуру в существующих помещениях, экономить материалы, при децентрализованном размещении оборудования путем использования волоконно-оптического кабеля, одновременно решают вопросы по помехозащищенности от источников перенапряжения, бесконтактного управления стрелками и сигналами, тем самым сокращаются эксплуатационные расходы.

Таким образом, на территории Республики Казахстан необходимо рассмотреть вопрос создания специализированной организации по разработке систем в области железнодорожного транспорта, их сертификации; отечественные заводы-изготовители систем и оборудования [2].

Также необходимо пересмотреть нормативно-технические документы и методические указания по определению сроков службы и межремонтных сроков для современных СЖАТ.

Как известно, в рекомендациях завода зарубежных компаний-производителей комплексная модернизация систем ж.д. транспорта осуществляется примерно раз 10-12 лет.

В связи с этим, в случае внедрения современных СЖАТ, необходимо рассмотреть вопрос разработки и утверждения программы «Модернизации средств ЖАТ с внедрением отечественных микропроцессорных устройств»; по

возможности рассмотреть полную модернизацию существующим морально устаревших и физически изношенных систем ЖАТ; плановую поэтапную замену систем автоматической блокировки с истекшим сроком эксплуатации; замену устройств диспетчерской централизации релейного исполнения на микропроцессорную типа МПДЦ с самодиагностикой; частичную модернизацию систем ЭЦ и АБ.

Модернизация систем ЖАТ приведет к увеличению пропускной способности, эффект от замены полуавтоматической блокировки на автоматическую – рост пропускной способности на 3,5%, повышение надежности – 0,42%. При этом выполнение предлагаемой программы модернизации позволит снизить количество изношенных линий АБ на 100%, и уменьшить количество изношенных стрелок с 82,7% до 24,9%. В целом, позволит уменьшить уровень износа устройств электрической централизации и автоблокировки до 40%.

Список литературы

1. Государственная программа развития и интеграции инфраструктуры транспортной системы Республики Казахстан до 2020 года / Астана 2014г. – С. 5 – 10.
2. Техническая политика департамента автоматики, телемеханики и телекоммуникаций на период с 2017 по 2022 г.г. Астана 2017 г. – С. 13 –17.
3. Концепция модернизации и производства систем железнодорожной автоматики и телемеханики / Астана 2018 г. – С. 52 – 58.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Бахтиярова Елена Ажибековна

Международный университет информационных технологий (МУИТ).
ул. Манаса 34, г. Алматы, Казахстан.
Заведующий кафедрой «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» МУИТ.
Тел.: 8(707) 3473610.
E-mail: baelag@mail.ru

Сансызбай Канибек Муратбекулы

Международный университет информационных технологий (МУИТ).
ул. Манаса 34, г. Алматы, Казахстан.
Докторант кафедры «Информационное системы» МУИТ.
Тел.: 8(701) 2835523.
E-mail: kanibek@list.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Bakhtiyarova Yelena Azhibekovna

International Information Technology University (IITU).
34 Manas st., Almaty, Kazakhstan.
Head of the Department of Radio engineering, electronics and telecommunications IITU.
Tel.: 8 (707) 3473610.
E-mail: baelag@mail.ru.

Sansyzbay Kanibek Muratbekuly

International Information Technology University (IITU).
34 Manas st., Almaty, Kazakhstan.
Doctoral student of the «Information system» department IITU.
Tel.: 8(701) 2835523.
E-mail: kanibek@list.ru.

А. А. Кузнецов, С. С. Горобей, В. С. Петровнин

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

В статье представлены возможные альтернативные методы экономии тепловой и электрической энергии, в пассажирских железнодорожных вагонах. Приведены основные требования к системам электроснабжения, описаны особенности для различных систем напряжения, используемые на железных дорогах России и ряда европейских стран. Приведен обзор схемных решений и описаны новые элементы системы электроснабжения пассажирского вагона, позволяющие реализовать энергосберегающие технологии.

Ключевые слова: Электроснабжение, пассажирский вагон, отопление, тиристорные преобразователи, энергосбережение.

Andrey A. Kuznetsov, Sergei S. Gorobei, Vladislav S. Petrovnin

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

REDUCING ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION IN ELECTRICAL COMPLEXES FOR TEMPERATURE SUPPORT

The article presents possible alternative methods of saving heat and electricity in passenger rail cars. The basic requirements for power supply systems are given, the features for various voltage systems used on the railways of Russia and several European countries are described. An overview of circuit solutions is given and new elements of the power supply system of a passenger car are described, which allow implementing energy-saving technologies.

Keywords: Power supply, passenger car, heating, thyristor converters, energy saving.

Температура в пассажирских вагонах должна отвечать санитарным требованиям, это одно из главных условий перевозки пассажиров в поездах дальнего следования. Поэтому вагон должен быть оборудован качественными и безопасными системами отопления и электроснабжения, которые смогут поддерживать оптимальную температуру в пассажирских помещениях при различных температурах наружного воздуха. Если выполняется режим работы системы в соответствии с необходимыми условиями, обслуживающий персонал

вагонов должен знать об устройстве систем отопления, уметь обеспечивать необходимый режим работы отопительной установки и в экстренных случаях устранять возникающие в эксплуатации неисправности [4].

В табл.1 показаны годовые расходы электрической энергии на отопление пассажирских вагонов на Западно-Сибирской железной дороге (ЗСЖД).

Таблица 1

Затраты электроэнергии на отопление вагонов

Год	Расход ЭЭ на отопление пассажирских вагонов, кВтч
2015	18744265
2016	20193297
2017	21179456
2018	21193221

В вагонах, эксплуатируемых на железных дорогах России, применяются следующие системы отопления:

1. Индивидуальное водяное отопление- от отдельного находящегося внутри вагона котла, работающего за счет сжигания твердого топлива.
2. Комбинированное - с использованием электроэнергии, либо каменного угля для подогрева воды в котлоагрегате;
3. Электрическое - от специального вагона-электростанции, либо от контактной сети при помощи подвагонного генератора;
4. Смешанное - комбинация из водяного отопления при подогреве воды в котлоагрегате за счет сжигания угля и электрического отопления от подвагонного электрогенератора при нагреве внутреннего воздуха в вагоне электрическими печами [2].

Пассажирские вагоны международного следования имеют пароводяную магистраль. Пар используется при движении вагонов по дорогам зарубежных стран. При этом стоит отметить что пар используется только для подогрева воды в котлоагрегате.

Обычно в пассажирских вагонах, используется комбинированная система отопления. При данной системе отопления вода в котле может нагреваться как сжиганием угля в топке, так и с помощью тепловых электронагревательных элементов (ТЭН).

Достоинствами данной системы являются простота и надежность конструкции. Главный недостаток этой системы - большие габариты котлоагрегата в среднем он занимает около 4 квадратных метра.

Согласно техническим условиям на проектирование и строительство

пассажирского вагона, температура внутри помещения вагона должна находиться в диапазоне 20-24 °С, при наружной температуре воздуха до -40 °С и при скорости движения поезда 100-170 км/час, при этом отклонение температуры от указанной, по высоте и длине вагона не должно быть больше 4 °С. В большинстве случаев в пассажирских вагонах в РФ используется водогрейный комбинированный котел, имеющий топочную камеру для твердого топлива с трубчатыми электронагревательными элементами (ТЭН).

При работе на угле средний КПД котла равен 45%. При использовании ТЭН требуется либо отбирать электроэнергию для его питания у локомотивов при централизованной системе электропитания, либо использовать автономные дизель-генераторы, либо вводить в состав вагон-электростанцию, эксплуатация которой характеризуется повышенным уровнем шума. На практике известен оригинальный метод получения тепла для пассажирского вагона с помощью теплогенерирующего электромеханического преобразователя (ТЭМП), характеризующихся повышением КПД [4].

ТЭМП по сути является асинхронным двигателем, но, его главное отличие состоит в том, что, выделяющееся тепло в ТЭМП идет на нагрев теплоносителя, т. е. на отопление вагона, что непосредственно ведет к повышению КПД устройства.

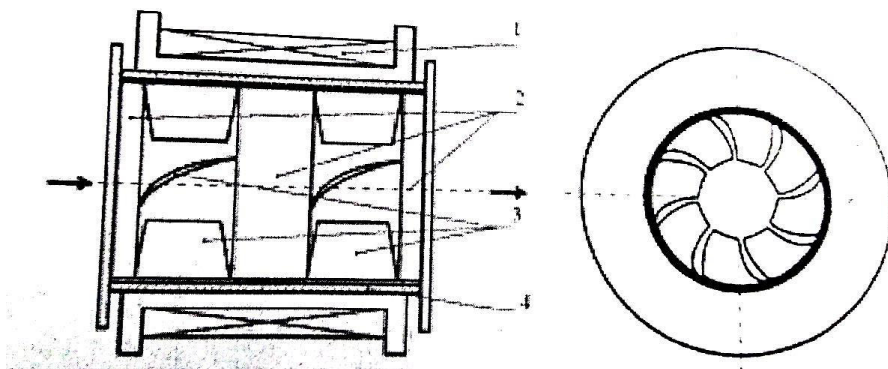


Рисунок 1 – Конструкционная схема теплогенерирующего преобразователя (ТЭМП)

На (рис. 1) приведена конструкция ТЭМП. Конструкция состоит из магнитопровода с размещенной на нем первичной обмоткой 1, и вращающейся вторичной обмотки (нагревательный элемент), выполненный в виде не сплошного полого цилиндра 2, на внутренней поверхности которого находятся напорные лопасти 3. Нагреваемый теплоноситель, проходит через внутреннюю полость цилиндра 2. Неподвижная часть ТЭМ - 1 представляет собой капсулированный изоляционным материалом статор.

Неподвижный нагревательный элемент 4 является деталью входящей в состав статора и после установки образует с ним неразборную конструкцию. Его изготавливают из немагнитной электропроводящей фольги, гальванически не связанной с электропроводящими элементами статора, и он размещается в специальной кольцевой канавке. Закрепление и электрическое соединение нагревательного элемента возможно с помощью пайки высокотемпературным припоем в месте установки [2].

Как показали расчеты, не менее 80 % мощности данного устройства идет на нагрев теплоносителя.

Сравнение полученных результатов с технико-экономическими показателями традиционных систем отопления дает возможность эффективного применения ТЭМП в качестве источников тепловой энергии для пассажирских вагонов [4].

Устройства электроснабжения пассажирских вагонов значительно проще по сравнению с компонентами локомотивов. Наиболее мощными потребителями в вагонах являются система отопления и холодильный агрегат установки кондиционирования воздуха. За их счет общая потребляемая мощность вагона может составлять 50 – 100 кВА.

В отношении вагонных систем электроснабжения существуют следующие особые требования, которые в наибольшей степени касаются вагонов, используемых в международных сообщениях:

1. автоматическое переключение на любое из стандартных напряжений поездной шины;
2. возможность работы в поездах с тепловозной тягой;
3. соответствие нагрузочной способности требованиям Международного союза железных дорог (МСЖД) [1].

Компоненты системы электроснабжения пассажирского вагона представлены на рис. 2.

Виды нагрузки в вагонах разных типов минимальны. Наибольшие отличия имеют место в таких специализированных вагонах, как вагон-ресторан или спальный вагон, где имеются купе и душ.

Выключатель с заземляющим устройством. Этот выключатель служит для надежного разъединения электрического оборудования вагона от поездной шины и заземления этого оборудования. Эксплуатация данного компонента, обеспечивает безопасность пассажиров. Выключатель может быть сделан в двух вариантах:

1. Выключатель смонтирован в отдельном корпусе вне щита с основной системой электроснабжения;
2. Выключатель интегрирован в общий щит системы электроснабжения вагона.

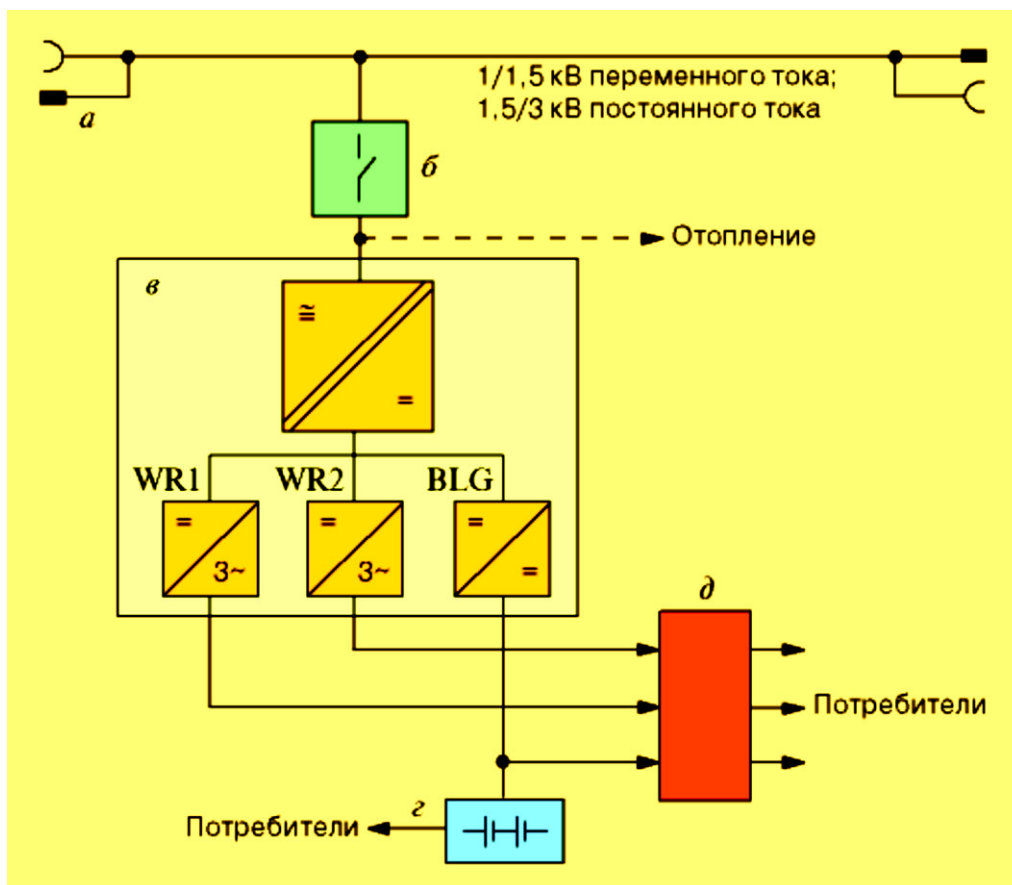


Рисунок 2 – Функциональная схема устройства электроснабжения пассажирского вагона:

а – поездная шина электроснабжения; б – выключатель с заземляющим устройством;
в – блок электроснабжения EVB; г – потребители постоянного тока;
д – потребители переменного тока

Второй вариант исполнения предпочтительнее, так как в этом случае уменьшаются вес объем и масса системы электроснабжения, легче проводить технического обслуживание объекта. [1].

Блок электроснабжения. Блок электроснабжения (EVB) преобразует напряжение сборной шины в другие виды напряжения, которые необходимы для питания вагонных нагрузок. В этом блоке также происходит преобразование частоты. От него в первую очередь получают питание асинхронные двигатели, используемые в установках кондиционирования воздуха, и агрегаты для подзарядки аккумуляторных батарей. Помимо этого, от блока может получать питание пониженным напряжением система отопления. В табл. 2 представлены значения потребления мощности в пассажирском вагоне.

Для регулирования устройств силовой электроники ранее использовались аналоговые схемы. В конце 1980-х годов системы управления стали строить на

базе микропроцессорных компонентов. С этого момента в Европе началось сильное распространение и внедрение статических преобразователей на базе тиристорных GTO для блоков EVB вагонных систем электроснабжения. Данные тиристорные преобразователи, общая функциональная схема которых представлена на рис. 3, могут уменьшить годовые расходы электроэнергии пассажирского вагона до 5 % [1].

Таблица 2

Основные потребители электрической энергии пассажирского вагона

Мощность, потребляемая в пассажирском вагоне	
Установка кондиционирования воздуха и электрическое отопление, кВА	30 – 50
Кухня, кВА	10 – 30
Подогрев воды, кВт	1,5 – 20
Зарядный агрегат, кВт	6 – 12
Магнитно-рельсовый тормоз, кВт	4,8
Освещение, кВт	1 – 2

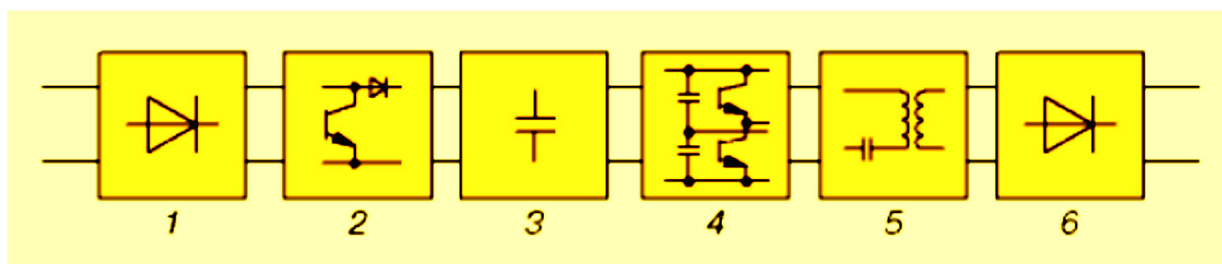


Рисунок 3 – Функциональная схема высоковольтного преобразователя:

1 – входной выпрямитель; 2 – регулятор; 3 – батарея конденсаторов промежуточного звена постоянного напряжения; 4 – инвертор; 5 – трансформатор повышенной частоты; 6 – выходной выпрямитель

Выводы.

Устройства электроснабжения и отопления пассажирских вагонов на сегодняшний день удовлетворяют всем техническим требованиям. Компоновка силовой части на базе тиристорных и ТЭМП позволят создавать такое вагонное электрооборудование, которое возможно размещать в шкафах, а также в выносных щитах для установки под кузовом или на крыше. В ближайшем будущем ожидается появление новых элементов силовой электроники и отопления, которые позволят в перспективе снизить расходы на электроснабжение пассажирского вагона на 3-5% и упростить техническое обслуживание систем электроснабжения пассажирских вагонов

Список литературы

1. Бурдасов, Б. К. Системы электроснабжения и преобразователи для пассажирских вагонов / Б. К. Бурдасов., С. А. Нестеров // Вагонный парк. – 2012. – №6. – С. 33 – 39.
2. Ким, К. К. Теплогенерирующий электромеханический преобразователь / К. К. Ким, С. Н. Иванов, И. М. Карпова // Электротехника. – 2008. – №9. – С. 46 – 52.
3. Ким, К. К. Основы проектирования гидроэлектродинамических теплогенераторов / К. К. Ким, С. Н. Иванов, С. В. Уханов // Электроэнергетика. Электротехника. Электротехническая промышленность. – 2008. – №4. – С.14 – 16.
4. Матвиенко А. С. Модернизация автономной системы отопления пассажирского вагона транспортная / А. С. Матвиенко, М. Б. Шиверских // Сборник трудов VIII Международной научно-практической конференции «Инфраструктура Сибирского региона». – ИрГУПС, 2017. – С. 45 – 53.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецов Андрей Альбертович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
Доктор технических наук, профессор,
Заведующий кафедрой «Теоретическая электротехника» ОмГУПС.
E-mail: kuznetsovaa.omgups@gmail.com

Горобей Сергей Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теоретическая электротехника» ОмГУПС.
E-mail: gorobei.florist@yandex.ru

Петровнин Владислав Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теоретическая электротехника» ОмГУПС.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kuznetsov Andrey Albertovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Doctor in Technical Sciences, Professor, the
head of the department « Theoretical electrical
engineering» OSTU.
E-mail: kuznetsovaa.omgups@gmail.com

Gorobei Sergei Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Theoretical electrical engineering" OSTU.
E-mail gorobei.florist@yandex.ru

Petrovnin Vladislav Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Theoretical electrical engineering" OSTU.

М. А. Кузнецова, А. В. Горлов, А. Ж. Еркебаев

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В статье рассмотрено применение акустического метода для диагностирования частичных разрядов в изоляции силовых трансформаторов тяговых подстанций.

Ключевые слова: акустический контроль, изоляция, трансформатор, дефект, частичные разряды, преобразователь, сигнал, амплитуда.

Maria A. Kuznetsova, Anton V. Gorlov, Aybek Zh. Erkebaev

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

ACOUSTIC MEASUREMENTS OF VARIOUS DEFECTS PARAMETERS DURING DIAGNOSTIC OF POWER TRANSFORMERS

The article discusses the application of the acoustic method for diagnosing partial discharges in the insulation of power transformers of traction substations.

Keywords: acoustic control, isolation, transformer, defect, partial discharge, sensor, signal, amplitude.

При диагностировании силовых трансформаторов используется достаточно большое количество методов электрического и неразрушающего контроля [1]. Применение акустических методов позволяет выполнить локацию мест возникновения и наличия дефектов изоляции при работе силовых трансформаторов [2]. Так для повышения достоверности контроля мест повреждения изоляции выполняют серию измерений на колоколе трансформатора с последующим анализом сигналов от первичных преобразователей (рис. 1). На рис. 1 изображена схема установки преобразователей при акустическом контроле.

Важным вопросом при анализе сигналов является выявление предаварийных и аварийных режимов работы и своевременное их предотвращение. Большой экспериментальный опыт не всегда позволяет

правильно интерпретировать сигналы ввиду возможного изменения условий проведения эксперимента и большого числа факторов, влияющих на процесс измерений [3]. В статье рассмотрен подход, позволяющий минимизировать влияние мешающих факторов в процессе диагностирования силовых трансформаторов. Для этих целей предлагается проведение предварительной калибровки измерительной аппаратуры непосредственно перед выполнением измерений. В качестве измерительной аппаратуры рассматриваем установку акустического контроля СЦАД-16.

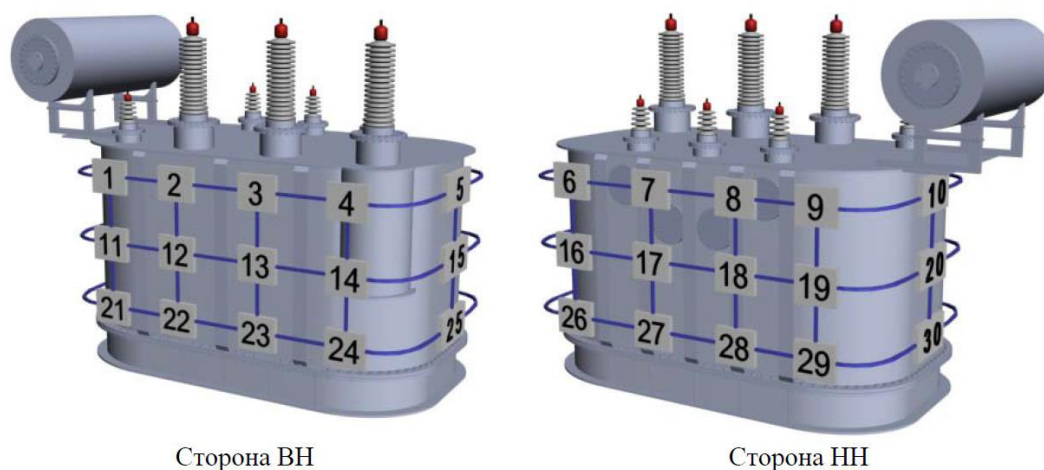


Рисунок 1 – Схема установки преобразователей при акустическом контроле

Для калибровки установки акустического контроля типа СЦАД-16 в рамках проводимого эксперимента был использован электрический генератор промышленного спектрометра «Аргон-5СФ», способного изменять свои параметры в широком диапазоне и имитировать различную степень электрического пробоя изоляции трансформатора. В промежутке между анализируемым металлическим образцом (корпус трансформатора) и вольфрамовым подставным электродом (дефектный участок изоляции) создается низковольтный униполярный разряд, причем во время измерения промежутки продуваются аргоном высокой частоты. На разных этапах анализа энергия контролируется компьютером.

На рис. 2 изображена структурная схема промышленного спектрометра.

Спектрометр оснащен набором датчиков, дополнительно используемых совместно с прибором.

Коллективом авторов был проведен эксперимент, который описан ниже. На стальную пластину размером 200*300*2 мм устанавливались четыре акустических преобразователя (ПА), как показано на рис. 3. После установки пластины на предметный столик 4, на экран ПК передается его изображение, с

датчика Д7. При загорании электрического разряда, при помощи датчика Д6 измеряется расстояние между анализируемым образцом и электродом, а так же регистрируется размер облака разряда.

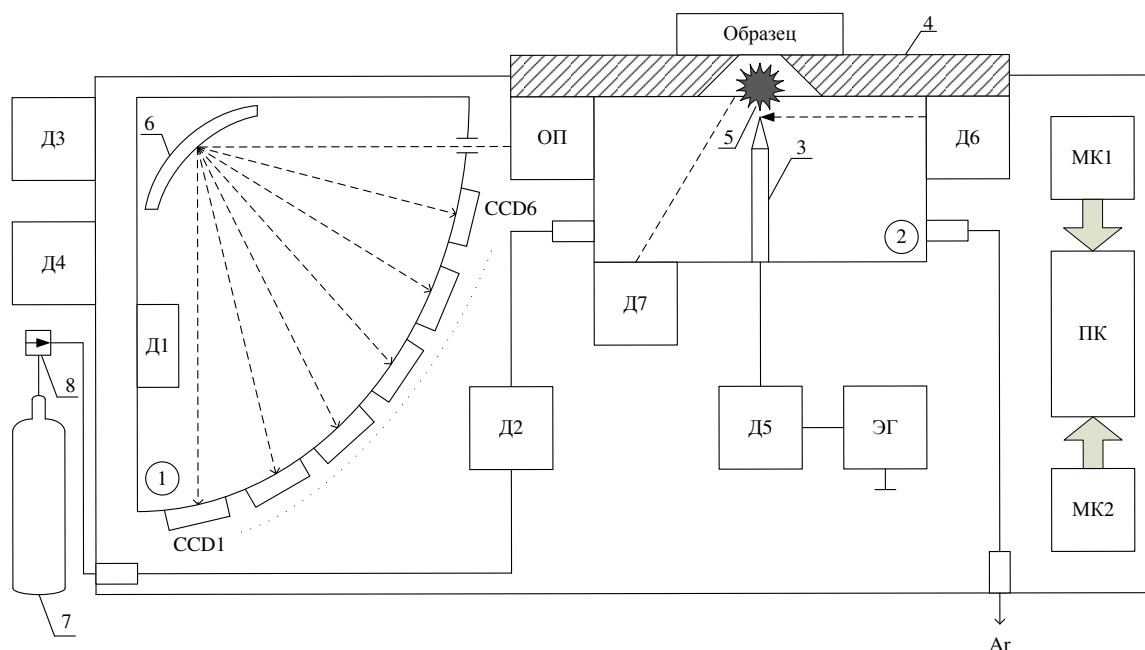


Рисунок 2 – Структурная схема промышленного спектрометра

На рис. 3 показана схема расположения акустических преобразователей.

В ходе проведения эксперимента задавались три различных режима работы спектрального генератора «Аргон-5СФ»: «Сильный», «Нормальный», «Слабый», отличающиеся друг от друга значениями параметров разряда. В табл. 1 приведены результаты эксперимента.

Таблица 1

Результаты эксперимента

Режим	Десятичный код	Двоичный код	Амплитуда сигнала СЦАД, ед. АЦП	Параметры разряда
Сильный	7	00111	940	$U = 400 \text{ В}; f = 400 \text{ Гц}; R = 0 \text{ Ом}$
Нормальный	3	00011	330	$U = 400 \text{ В}; f = 200 \text{ Гц}; R = 0 \text{ Ом}$
Слабый	25	11001	190	$U = 350 \text{ В}; f = 200 \text{ Гц}; R = 7.5 \text{ Ом}$

Далее приведем осциллограммы, характеризующие проведение эксперимента. На рис. 4 приведена форма акустического импульса (а) и его спектр (б) при $f = 400 \text{ Гц}; U = 400 \text{ В}; R = 0 \text{ Ом}$.

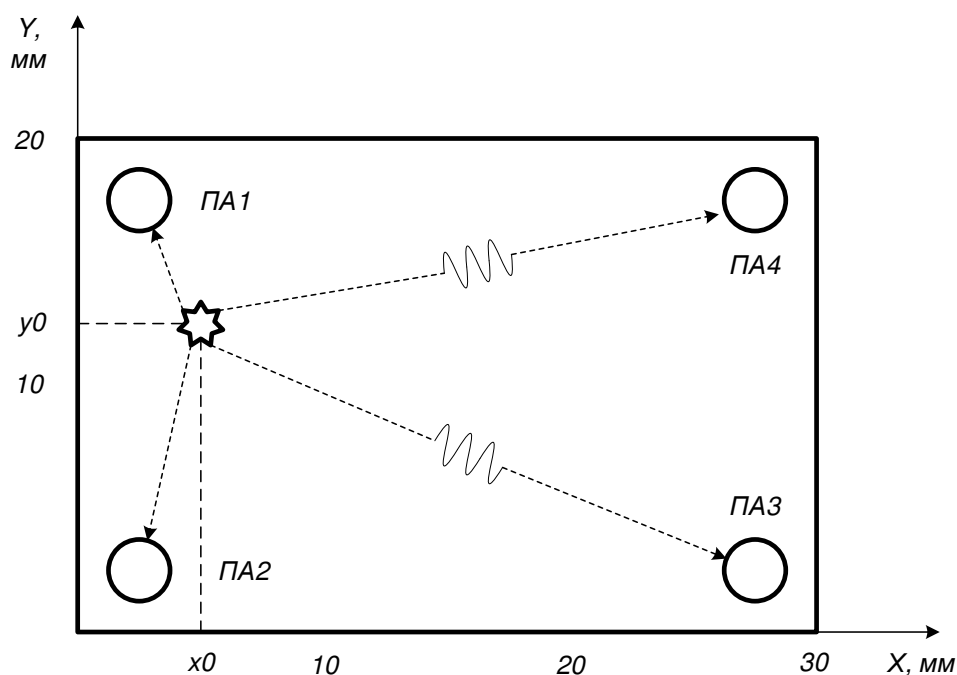


Рисунок 3 – Схема расположения акустических преобразователей

На приведенной осциллограмме можно видеть характерную форму частичного разряда (ЧР) и его спектр. Частичные разряды — это кратковременные электрические разряды, которые происходят в изоляции электрооборудования, возникающие в электроустановках и системах при напряжении от 3 кВ и выше при нарушении изоляции. Как правило, ЧР опасны тем, что приводят к постепенному разрушению изоляции и возникновению ее пробоя.

Очевидно, что первоначально импульс частичного разряда возникает непосредственно в зоне дефекта. Далее импульс распространяется в окружающий объем, который также имеет свои электромагнитные свойства, отличные от свойств зоны дефекта. В конечном итоге импульс может затухнуть на еще большем удалении от места возникновения, от зоны дефекта.

Как видно из табл. 4 и рис. 4, рис. 5, рис. 6 наибольшей амплитудой обладает сигнал, соответствующий «сильному» режиму, а наименьшей — «слабому». В дальнейших исследованиях предполагается разработать переносной образцовый имитатор дефектов изоляции силовых трансформаторов, предназначенный для калибровки измерительных каналов акустических систем.

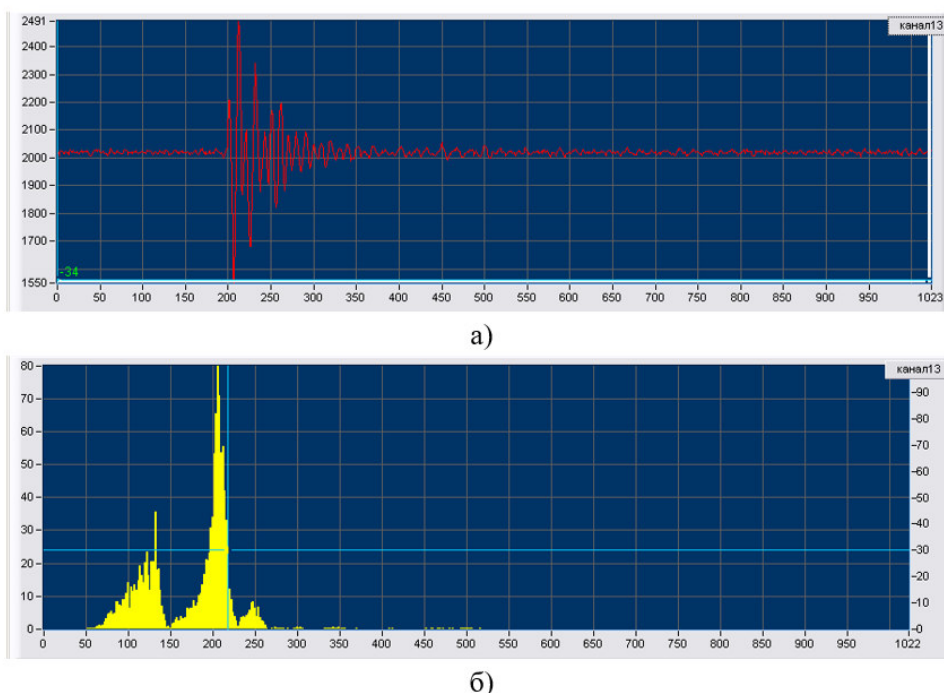


Рисунок 4 – Форма акустического импульса (а) и его спектр (б) при $f = 400\text{Гц}$; $U = 400\text{В}$; $R = 0\text{ Ом}$

Вывод.

Согласно эксперименту, проведенному в рамках данной статьи, были определены параметры акустических сигналов, соответствующие трансформаторам на железных дорогах, находящимся на особом контроле и в аварийном состоянии.

Для повышения достоверности контроля и сравнения данных, перед измерениями рекомендуется выполнять калибровку измерительных каналов акустической системы. Получены уровни акустических сигналов, соответствующих имитации различных уровней дефектов изоляции.

Список литературы

1. МУ 1.3.3.99.0038-2009 Диагностика силовых трансформаторов, автотрансформаторов, шунтирующих реакторов и их вводов. – Методические указания ОАО «Концерн Росэнергоатом» № 126-ук от 01.12.2009. 73 с.
2. Кузнецов, А. А. Определение пороговых значений при диагностировании изоляции высоковольтного оборудования методами регистрации частичных разрядов / А. А. Кузнецов, А. Ю. Кузьменко, М. А. Кузнецова, А. В. Симаков // Омский научный вестник. – 2019. – № 2 (164). – С. 30 – 35. – DOI: 10.25206/1813-8225-2019-164-30-35.

3. Кузнецов, А. А. Повышение точности средств аналитического контроля при обеспечении идентичных условий испытаний / А. А. Кузнецов, А. С. Брюхова, К. В. Усачева, Д. С. Муравьев // Омский научный вестник. – №6 (156). – 2017. – С. 116 – 121.

4. Кузнецов, А. А. Спектрометр с блоком обработки данных влияющих факторов / А. А. Кузнецов, В. А. Слептерев, А. В. Шахов // Пат. 134319 от 31.01.2013 Россия, МПК G 01 J 3/50. Опубликовано 10.11.2013 бюл. №31.

5. Кузнецов, А. А. Исследование факторов влияющих на результаты измерения интенсивностей при спектральном анализе материалов / А. А. Кузнецов, О. Б. Мешкова, В. А. Слептерев // Омский научный вестник. – 2011. – №3 (103). – С. 243 – 246.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецова Мария Андреевна

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Подвижной состав
электрических железных дорог» ОмГУПС.
E-mail: kuznetsova994@gmail.com

Горлов Антон Вячеславович

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Теоретическая
электротехника» ОмГУПС.
E-mail: anton.gorlov@mail.ru

Еркебаев Айбек Жомартович

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС)
пр. Маркса, 35, 644046, г. Омск,
Российская Федерация.
аспирант кафедры «Электроснабжение
железнодорожного транспорта» ОмГУПС.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kuznetsova Maria Andreevna

Omsk State Transport University (OSTU).
Marx Ave., 35, 644046, Omsk,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Rolling stock of electric railways".
Email: kuznetsova994@gmail.com

Gorlov Anton Vyacheslavovich

Omsk State Transport University (OSTU)
Marx Ave., 35, 644046, Omsk,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Theoretical Electrical Engineering" OSTU.
E-mail: anton.gorlov@mail.ru.

Erkebaev Aibek Zhomartovich

Omsk State Transport University (OSTU)
Marx Ave., 35, 644046, Omsk,
the Russian Federation.
Post-graduate student of the department
"Power supply of railway transport" OSTU.

Г. В. Ларионов

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАГОННЫХ ЗАМЕДЛИТЕЛЕЙ МЕТОДОМ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

В статье предложено использование метода наименьших квадратов для идентификации параметров вагонных замедлителей.

Ключевые слова: вагонные замедлители, теория идентификации, функциональное диагностирование, метод наименьших квадратов.

Gennadiy V. Larionov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

FUNCTIONAL DIAGNOSIS OF TECHNICAL CONDITIONS OF WAGON RETARDERS

The article suggests the use of the least squares method to identify the parameters of wagon retarders.

Keywords: sensitivity functions, wagon retarders, identification theory, least square method.

Важное значение для обеспечения требуемого уровня безопасности движения поездов имеет техническое состояние элементов и устройств систем железнодорожной автоматики. Качество работы сортировочных горок во многом определяется штатной работой вагонных замедлителей, техническое состояние которых может контролироваться системой функционального диагностирования [1,2]. Кинематическая схема вагонного замедлителя тормозных позиций сортировочных горок имеет вид, представленный на рис. 1 [3]. Пневматический вагонный замедлитель содержит тормозной цилиндр 2, рычаги 3 и 7, две тормозные балки 4 с укрепленными на них тормозными шинами 5. при подаче сжатого воздуха в цилиндр с помощью штока 1 рычаги 3 и 7 раздвигаются и тормозные шины, сближаясь, плотно прижимаются к боковым поверхностям колеса 6.

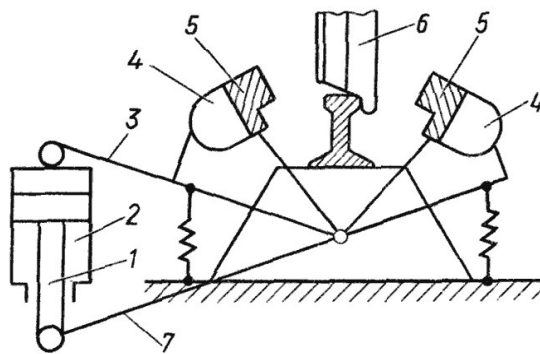


Рисунок 1 – Кинематическая схема пневматического вагонного замедлителя

Работа вагонного замедлителя представленного на рис. 1, может быть описана системой линейных дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + BU \\ Z &= CX\end{aligned}\quad (1)$$

где X – вектор состояния размерности m ; U – вектор возмущающих воздействий, или входной вектор размерности n ; Z – вектор измерений размерности p , где $p \leq m$; A, B, C – матрицы коэффициентов.

В частном случае, работа вагонного замедлителя может быть представлена системой дифференциальных уравнений второго порядка, соответствующую колебательному звену с единичным коэффициентом усиления, собственной частотой ω , и декрементом затухания ζ . В этом случае $0 < \zeta < 1$, а система дифференциальных уравнений будет иметь вид:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2; \\ \dot{x}_2 &= -\omega^2 x_1 - 2\zeta\omega x_2 + k\omega^2 u;\end{aligned}\quad (2)$$

Уравнение измерения становится скалярным:

$$z = x_1$$

В случае необходимости система дифференциальных уравнений в форме Коши (2) может быть представлена разностными уравнениями, после преобразований приведенных в [4, 5, 6]. В дискретном виде система линейных дифференциальных уравнений (2) будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned}x_{1K} &= f_{11}f_{12}^* x_{1K-1} + \gamma_1^* u_{K-1} \\ x_{2K} &= f_{21}f_{22}^* x_{2K-1} + \gamma_2^* u_{K-1} \\ z &= x_{1K}\end{aligned}\quad (3)$$

где элементы матриц коэффициентов определяются следующими соотношениями:

$$\begin{aligned}
f_{11} &= \frac{e^{-\alpha T}}{\omega_0} (\alpha \sin \omega_0 T + \omega_0 \cos \omega_0 T), \\
f_{12} &= \frac{e^{-\alpha T}}{\omega_0} \sin \omega_0 T, \\
f_{21} &= -\frac{\omega^2}{\omega_0} e^{-\alpha T} \sin \omega_0 T, \\
f_{22} &= \frac{e^{-\alpha T}}{\omega_0} (\omega_0 \cos \omega_0 T - \alpha \sin \omega_0 T),
\end{aligned}$$

$\gamma_1 = k(1 - f_{11})$, $\gamma_2 = k\omega^2 f_{12}$, $\alpha = \zeta\omega$, $\omega_0 = \omega\sqrt{1 - \zeta^2}$, T -величина интервала дискретности времени.

С целью упрощения математического описания вагонного замедлителя целесообразно перейти от описания системой алгебраических уравнений 2-го порядка, к системе алгебраических уравнений 1-го порядка. В этом случае модель вагонного замедлителя примет вид:

$$\begin{aligned}
x_{1K} &= a_1 x_{1K-1} + a_2 x_{2K-1} + b_1 u_{K-1} + b_2 u_{K-2}; \\
z &= x_{1K}
\end{aligned} \tag{4}$$

где $a_1 = f_{11} + f_{22}$; $a_2 = f_{12}f_{21} - f_{22}f_{11}$; $b_1 = \gamma_1$; $b_2 = \gamma_1 f_{22} + \gamma_2 f_{12}$.

Оценка работоспособности любого технического объекта может быть выполнена с использованием эквивалентной модели, в этом случае структурная схема системы диагностирования будет иметь вид, представленный на рис. 2 [1].

Процедуру идентификации параметров вагонного замедлителя можно представить в виде схемы приведенной на рис. 3 [7].

Алгоритм идентификации методом наименьших квадратов имеет следующий вид [7]:

$$\begin{aligned}
\hat{a}_r &= \hat{a}_{r-1} + P_r q_r U_r (X_r - U_r \hat{a}_{r-1}) \\
P_r &= P_{r-1} - P_{r-1} H_r (1 + H_r^T P_{r-1} H_r)^{-1} H_r^T P_{r-1}
\end{aligned} \tag{5}$$

где: $P_0 = \frac{1}{\varepsilon} I$; $\varepsilon \rightarrow 0$; $\hat{a}_r$ - вектор оцениваемых параметров; P_r - матрица, такая,

что $P_r^{-1} = \sum_{r=1}^{r-1} q_r (U_r U_r^T) + q_r U_r U_r^T$; H_r - вектор, такой, что $H_r = \sqrt{q_r U_r}$; X_r -

вектор состояния; q_r - весовой коэффициент; U_r - вектор управляющих воздействий.

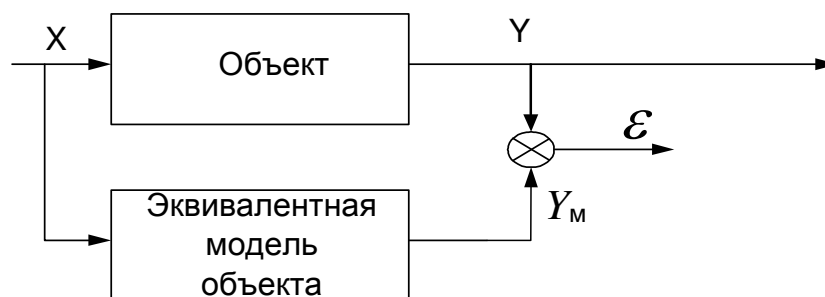


Рисунок 2 – Схема контроля работоспособности объекта с использованием эквивалентной модели

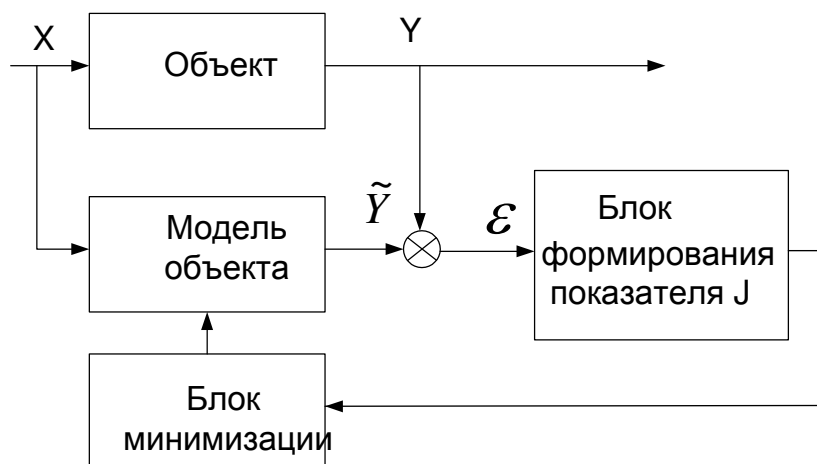


Рисунок 3 – Блок-схема процесса идентификации

В результате использования алгоритма идентификации вида (5) могут быть вычислены оценки коэффициентов алгебраического уравнения (4), связанных с параметрами, характеризующими техническое состояние вагонного замедлителя.

Проводилось математическое моделирование работы метода наименьших квадратов для идентификации таких параметров математической модели вагонного замедлителя, как коэффициент усиления. Рассматривались такие виды полных отказов [8] замедлителя, как обнуление выходного сигнала и выходной сигнал недопустимо большой величины. В качестве выходного сигнала вагонного замедлителя принималось перемещение рычага связанного с тормозной балкой (рис. 1). Рассматривались следующие значения параметров математической модели замедлителя: коэффициент усиления $k=1$, постоянная времени $T=0,3$ с, декремент затухания $\zeta = 0,78$. В качестве управляющего входного воздействия выбиралось единичное воздействие, интервал дискретности принимался равным 0,01 с.. Полный отказ вида обнуление выходного сигнала моделировался путем обнуления значения коэффициента

усиления. Полный отказ вида выходной сигнал недопустимо большой величины моделировался путем задания выходному сигналу заедлителя постоянного значения недопустимо большой величины (значение выходного сигнала заедлителя принималось равным 100) . Графически результаты моделирования процесса идентификации значения коэффициента усиления математической модели вагонного заедлителя представлены на рис 4, 5.

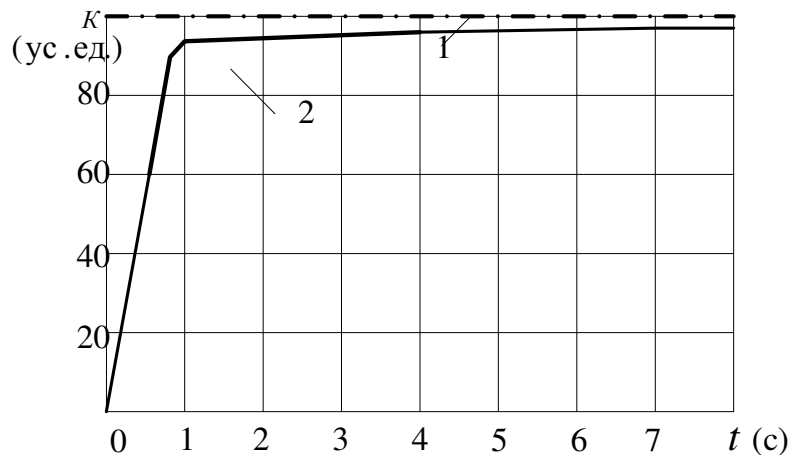


Рисунок 4 – Оценка значения коэффициента усиления при недопустимо большом значении выходной величины:

1 – действительное значение коэффициента усиления; 2 – оценка значения коэффициента усиления в процессе идентификации

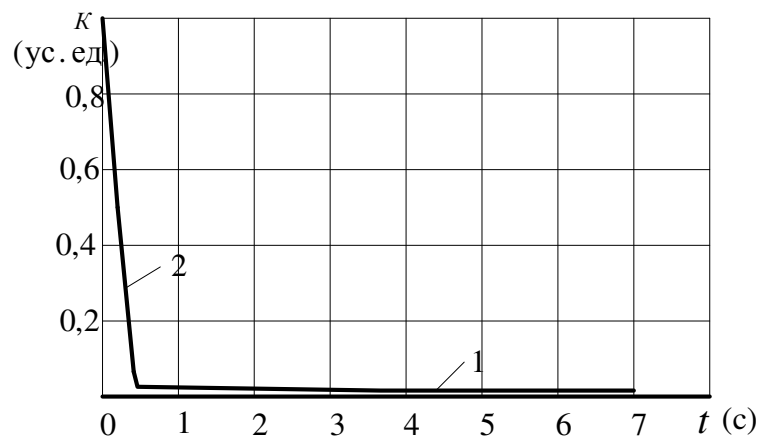


Рисунок 5 – Оценка значения коэффициента усиления при нулевом значении выходного сигнала:

1 – действительное значение коэффициента усиления; 2 – оценка значения коэффициента усиления в процессе идентификации

Анализ полученных результатов показывает, что оценка значения коэффициента усиления k математической модели, при моделировании отказа вида выходной сигнал недопустимо большой величины (начальное значение

$\hat{k}(0) = 1$, относительная погрешность $\Delta(0) = 99\%$ от действительного значения) через промежуток времени $t = 1$ с (рис. 4, линия 2), сходится к ее действительному значению ($\hat{k}(t) = 96,37$, относительная погрешность $\Delta(t) = 3,63\%$ от действительного значения). При моделировании процесса идентификации, значения коэффициента усиления вагонного замедлителя, в условиях отказа вида обнуление выходного сигнала, установлено, что оценка значения коэффициента усиления $\hat{k}(0) = 1$ сходится к ее действительному значению $k=0$ (абсолютная погрешность $\Delta_2(t) = 0,03$ от действительного значения через промежуток времени $t = 1$ с (рис. 5).

Полученные результаты показывают возможность использования такого метода идентификации, как метод наименьших квадратов для оценки параметров вагонного замедлителя и соответственно для определения его технического состояния.

Список литературы

1. Калявин, В. П. Надежность и диагностика элементов электроустановок / В. П. Калявин, Л. М. Рыбаков. – СПб.:Элмор. – 2009. – 336 с.
2. Сапожников, В. В. Основы технической диагностики: Учебник / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Ефанов; Под ред. В. В. Сапожникова. – М.: ФГБУ ДПО «УМЦ на ж. т.», 2019. – 423 с.
3. Сапожников, В. В. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / В. В. Сапожников, Ю. А. Кравцов, Вл. В. Сапожников; Под ред. В. В. Сапожникова. – М.: ГОУ «УМЦ на ж. т.», 2008. – 393 с.
4. Макаров, И. М. Таблицы обратных преобразований Лапласа и обратных Z– преобразований / И. М. Макаров, Б. М. Менский. – М.: Высшая школа, 1978. – 247с.
5. Градштейн, И. С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / И. С. Градштейн, И. М. Рыжих. – М.: Физматгиз, 1963. – 1100с.
6. Бернштейн, И. Н. Справочник по математике / И. Н. Бернштейн, К. А. Семендяев. – М. Наука, 1986. – 544 с.
7. Гроп, Д. Методы идентификации систем / Д. Гроп. – М.: Мир, 1977. – 302 с.
8. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Т 9. Техническая диагностика: справочное издание / Под ред. В. В. Ключева, П. П. Пархоменко. – М. Машиностроение. 1987. – 352 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Ларионов Геннадий Витальевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,

Российская Федерация.

Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.

Тел.: (3812) 311872.

E-mail: LarionovGV@omgups.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Larionov Gennadiy Vitalievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m, Omsk, 644000,

the Russian Federation.

Docent at the Department of «Automatic and telemechanic » OSTU.

Phone: (3812) 311872.

E-mail: LarionovGV@omgups.ru

УДК 519.876.5

Э. П. Унгер, К. А. Устинова, И. В. Присухина

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОГО СТЕНДА КОДИРОВАНИЯ ТЕЛЕМЕХАНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

В статье представлена разработка компьютерного стенда кодирования телемеханических сигналов. Рассмотрены различные способы передачи информационных сообщений по диспетчерскому тракту. Для каждого способа приведено математическое описание алгоритма функционирования. Описаны основные принципы для построения компьютерного стенда в среде Proteus.

Ключевые слова: диспетчерская централизация, компьютерное моделирование, среда Proteus, двоичный код, способ кодирования.

Evelina P. Unger, Ksenia A. Ustinova, Ilona V. Prisukhina

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

DEVELOPMENT OF COMPUTER STAND FOR CODING TELEMECHANICAL SIGNALS

The article presents the development of a computer stand for encoding telemechanical signals. Various methods of transmitting information messages along the dispatch path are considered. For each method, a mathematical description of the functioning algorithm is given. The basic principles for building a computer stand in the Proteus environment are described.

Keywords: remote train control, computer simulation, Proteus environment, binary, coding method.

Главной задачей диспетчерской централизации является передача данных на большие расстояния. Это обеспечивает организацию и регулирование движения поездов на станциях и перегонах, а также позволяет сосредоточить управление и контроль за этим движением в руках одного человека в одном месте [1]. В таких системах передаваемые информационные сообщения подлежат обязательному кодированию.

До 1990-х годов все системы диспетчерской централизации разрабатывались на релейно-контактной базе [2]. В настоящее время перспективным направлением является переход на микропроцессорные технологии [3]. В связи с этим встала задача перевести системы диспетчерской централизации на микропроцессорную аппаратную часть. Были созданы системы ДЦ «Диалог», «Дон» («Юг»), «Сетунь», «Тракт», в которых применяются промышленные ПЭВМ и организация систем автоматизированных рабочих мест персонала [4].

С внедрением микропроцессорных систем диспетчерской централизации появилась необходимость в изучении принципов их построения и функционирования специалистами, которые занимаются обслуживанием данных систем.

В программу обучения «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» входит изучение систем диспетчерской централизации, в том числе и микропроцессорных. При освоении принципов кодирования телемеханических сигналов возникает необходимость в моделировании, которое может быть выполнено при помощи компьютерного стенда.

Цель данной статьи — рассмотрение вопросов построения компьютерного стенда, предназначенного для изучения и проектирования микропроцессорных систем диспетчерской централизации.

Разрабатываемый компьютерный стенд может моделировать один из трех следующих способов передачи данных по диспетчерскому тракту:

- Кодирование информационного сообщения восьмиразрядным двоичным кодом на передающем пункте с дешифрацией в виде двухразрядного шестнадцатеричного числа на приемном. В данном способе при внесении искажения в информационное сообщение система не обнаруживает, а, следовательно, и не исправляет его [5]. Обозначим данный способ передачи данных как «8В→2Н»;

- Кодирование информационного сообщения семиразрядным двоичным кодом на передающем пункте с дешифрацией на приемном в виде десятичного числа значением от 0 до 127. Зарезервированный восьмой разряд в данном

способе используется в качестве бита контроля четности, при этом обнаруживаются ошибки нечетной кратности, но не исправляются[5]. Обозначим данный способ передачи данных как «7B→D».

– Кодирование информационного сообщения восьмиразрядным двоичным кодом на передающем пункте с дешифрацией на приемной стороне в виде двухразрядного десятичного числа. Данный способ позволяет обнаруживать ошибку, если хотя бы одна из тетрад принимает значение больше девяти[5]. Обозначим данный способ как «8B→2D».

Рассмотрим каждый из способов более подробно.

Способ «8B→2H» описывается функциями $f_1 - f_4$:

$$f_1 = 8 \cdot X_7 + 4 \cdot X_6 + 2 \cdot X_5 + 1 \cdot X_4, \quad (1)$$

$$f_2 = 8 \cdot X_3 + 4 \cdot X_2 + 2 \cdot X_1 + 1 \cdot X_0, \quad (2)$$

$$f_3 = \text{hex}(f_1), \quad (3)$$

$$f_4 = \text{hex}(f_2), \quad (4)$$

где $X_7, X_6, X_5, X_4, X_3, X_2, X_1, X_0$ – значения разрядов информационного сообщения в двоичном виде на передающем пункте;

$\text{hex}(\cdot)$ – функция, осуществляющая перевод числа из десятичной вида в шестнадцатеричный;

f_1 и f_2 – старший и младший разряды информационного сообщения на приемном пункте соответственно.

Дешифрация на приемном пункте осуществляется за счет разделения принятого информационного сообщения по тетрадам. После чего в каждой из тетрад производится расчет шестнадцатеричной цифры с учетом весовых коэффициентов «8 – 4 – 2 – 1». Таким образом, принятое сообщение будет иметь вид: « $f_3 f_4$ ».

Способ кодирования «7B→D» имеет защиту от искажений и осуществляет дешифрацию семиразрядного двоичного числа в виде десятичного значения.

Дешифрацию информационного сообщения в виде десятичного числа на приемном пункте реализует функция f_5 :

$$f_5 = 64 \cdot X_6 + 32 \cdot X_5 + 16 \cdot X_4 + 8 \cdot X_3 + 4 \cdot X_2 + 2 \cdot X_1 + 1 \cdot X_0. \quad (5)$$

Восьмой разряд X_7 , бит контроля четности, равен логической единице или логическому нулю в зависимости от значения суммы младших разрядов.

Проверку наличия искажение выполняет функция f_6 , реализующая сложение «по модулю два» значений разрядов двоичного числа согласно формуле (6):

$$f_6 = X_7 \oplus X_6 \oplus X_5 \oplus X_4 \oplus X_3 \oplus X_2 \oplus 2X_1 \oplus X_0. \quad (6)$$

Таким образом, способ «7В→D» описывается функциями f_5 и f_6 .

Способ передачи данных «8В→2Н» описывается функцией f_8 :

$$f_7 = \begin{cases} (10 \cdot f_1 + f_2), & \text{при } (f_1 \leq 9) \wedge (f_2 \leq 9) \\ hex(12), & \text{при } (f_1 > 9) \vee (f_2 > 9) \end{cases}. \quad (7)$$

При данном способе передачи на приемном пункте возможно декодирование десятичных чисел значением от 0 до 99. При возникновении искажения, приводящего к переполнению одной из тетрад, т. е. когда $(f_1 > 9) \vee (f_2 > 9)$, отображается сообщение об ошибке в виде символа «Е» («Error»), которое обеспечивается выводом на индикатор числа 12 в шестнадцатеричном виде.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема разработанного компьютерного стенда кодирования телемеханических сигналов. Элементы, объединенные по функциональному назначению, выделены пунктиром в блоки (обозначены цифрами в правом верхнем углу).

Центральной частью схемы является микроконтроллер Atmega64 с необходимым количеством портов для подключения всех компонентов. Первый блок представлен двухпозиционными переключателями $X_0 - X_7$, с помощью которых осуществляется ввод сообщения. Наименование переключателей соответствуют разрядам восьмиразрядного информационного сообщения. Второй блок аналогичен первому и предназначен для внесения искажения в передаваемое информационное сообщение с помощью переключателей $I_0 - I_7$. Третий блок содержит три переключателя «8В→2Н», «7В→D» и «8В→2D», отвечающих за выбор одного из трех способов передачи данных соответственно.

Схема стабилизации частоты микроконтроллера представлена в четвертом блоке, который содержит кварцевый резонатор – ZQ1 с частотой 1МГц и два конденсатора C1 и C2 емкостью по 22 пФ. Функция сброса микроконтроллера реализована в пятом блоке схемы с помощью двухпозиционной кнопки «reset» и RC-цепочки, номиналы элементов которой – 10 кОм и 0,1 мкФ соответственно. Шестой блок предназначен для запуска передачи сообщения при помощи кнопки «start», в цепи включения которой находится резистор с сопротивлением 10 кОм. Седьмой блок содержит светодиод VD1 для отображения наличия искажения и резистор R3 сопротивлением 150 Ом. Восьмой блок состоит из трех семисегментных индикаторов – DD2.1, DD2.2 и DD2.3, предназначенных для отображения значения информационного сообщения на приемном пункте. Все вышеперечисленные элементы подключены через общую шину к микроконтроллеру Atmega64.

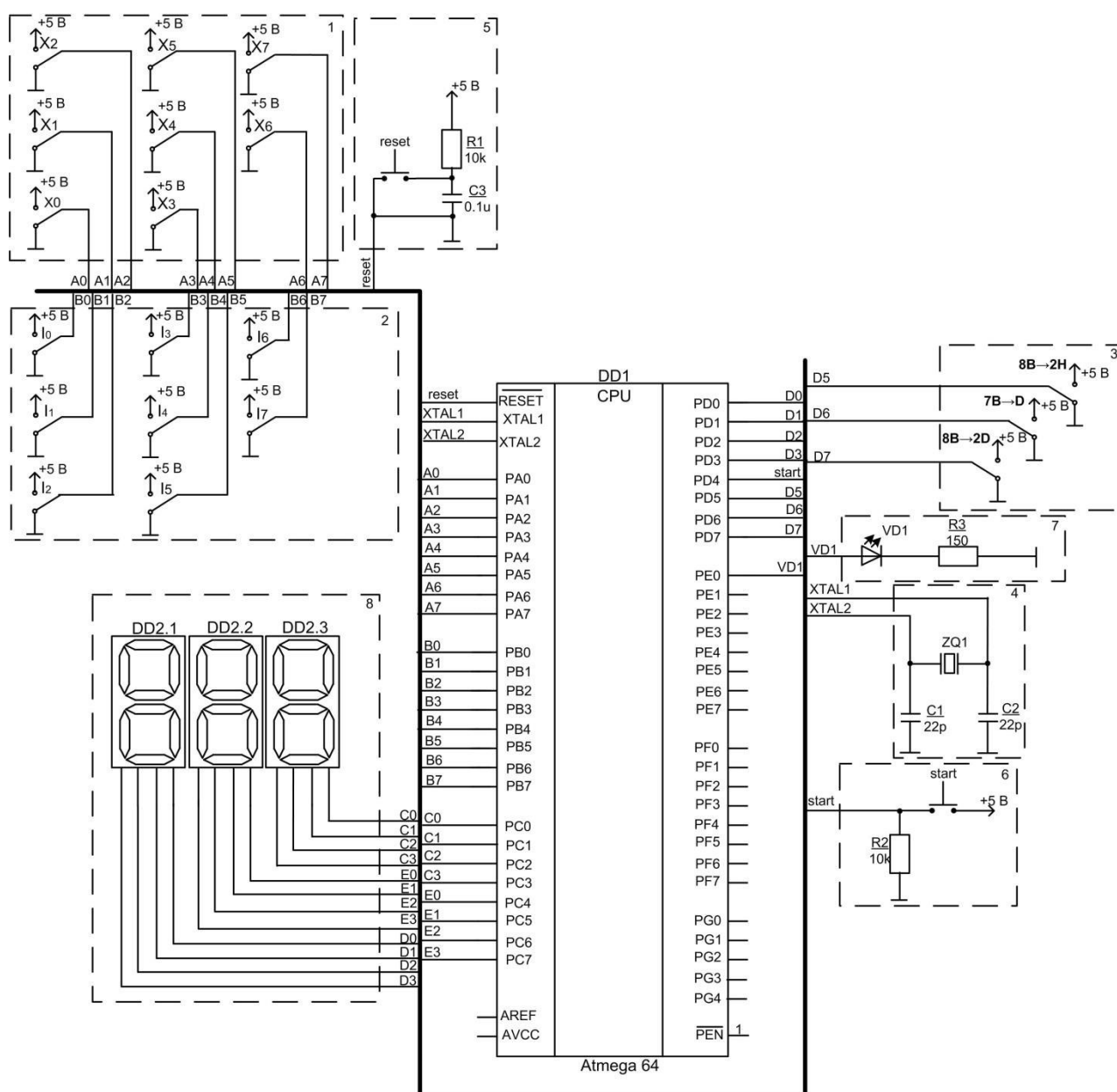


Рисунок 1 – Принципиальная схема компьютерного стенда кодирования телемеханических сигналов

Графическая схема алгоритма (ГСА), в соответствии с которым написан программный код для микроконтроллера, приведена на рисунке 2.

Программа начинается с объявления деректив, то есть подключения библиотек, функционал которых необходим для реализации программы. Это библиотеки «avr/io» и «stdbool». В блоке инициализации портов ввода-вывода данных конфигурируются входы и выходы микроконтроллера. Входами являются линии PA0 – PA7 и PB0 – PB7, выходами – PC0 – PC7 и PE0. В блоке инициализации переменных присваивается тип данных, записываемых в определенную переменную.

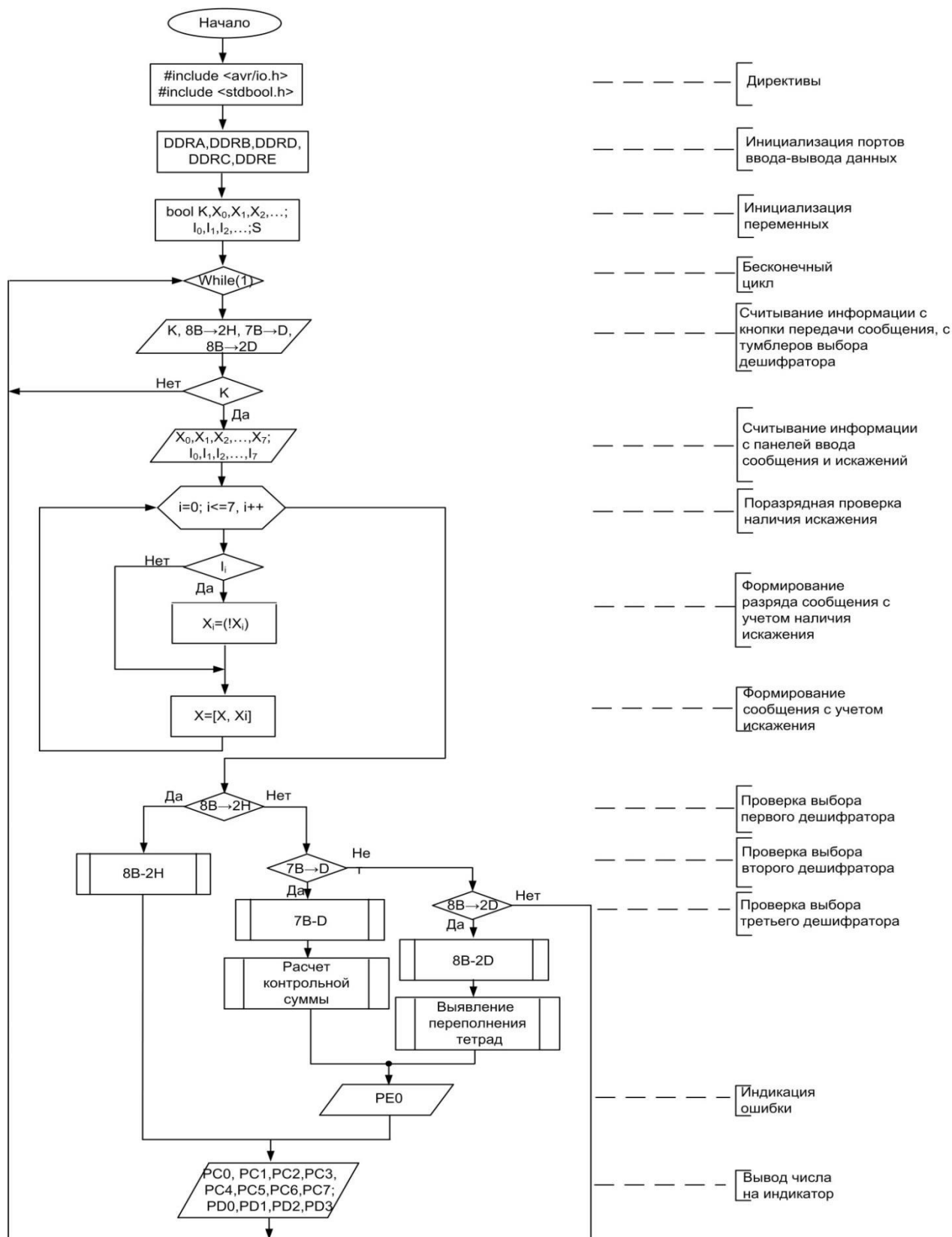


Рисунок 2 –ГСА функционирования компьютерного стенда

Основная часть программы выполняется в бесконечном цикле «while», так как этого требует особенность работы выбранного микроконтроллера.

После считывания информации с кнопки передачи сообщения «start» и с тумблеров выбора способов передачи данных «8В→2Н», «7В→D» или «8В→2D». Если кнопка нажата, то происходит считывание информации с переключателей панелей ввода информационного сообщения ($X_0 - X_7$) и искажения ($I_0 - I_7$). Далее выполняется поразрядная проверка наличия искажений и формирования новой комбинации с учетом их наличия.

Работа программы в дальнейшем зависит от выбора способа передачи данных. Если выбран способ «8В→2Н», то реализуется подпрограмма для кодирования и передачи сообщения «8В→2Н». Если выбран способ «7В→D», то реализуется соответствующая подпрограмма. При значении f_6 , равном логической единице, присутствует соответствующая индикация на светодиоде, что свидетельствует о наличии искажения в передаваемой комбинации. При выборе способа передачи данных «8В→2D» реализуется одноименная подпрограмма. Если в результате искажения произойдет переполнение одной из тетрад, то на втором семисегментном индикаторе появится сообщение об ошибке, а на светодиоде VD1 будет наблюдаться соответствующая индикация.

После выполнения алгоритма программы, происходит возврат в бесконечный цикл «while» и ожидание смены значений информационных разрядов или отключения работы схемы.

Для моделирования компьютерного стенда выбран пакет программ Proteus. Существенным преимуществом Proteus является возможность установки бесплатной демо-версии с возможностью запуска схем и их отладки.

Общий вид модели компьютерного стенда в среде Proteus представлен на рисунке 3.

Устройства ввода данных в схеме представлены в виде следующих панелей:

- панель ввода сообщения, которая состоит из восьми кнопок «LogicState», соответствующих числу разрядов передаваемого сообщения;
- панель ввода искажения, которая так же состоит из восьми аналогичных кнопок «LogicState», фиксирующих искажения в соответствующем разряде;
- панель выбора способа кодирования, включающая три кнопки «LogicState» - «8В→2Н», «7В→D» или «8В→2D»;
- кнопка передачи сообщения «Button», к которой подключен низкий потенциал и резистор.

Устройствами вывода являются панель результатов декодирования, которая представлена тремя семисегментными индикаторами «7SEG-BCD» – DD2.1, DD2.2,

DD2.3 (для упрощения задачи программирования используются индикаторы с четырьмя входами), панель фиксации ошибки, содержащая светодиод «LED - BIBY» VD1 и резистор R3, которая информирует о наличии ошибки.

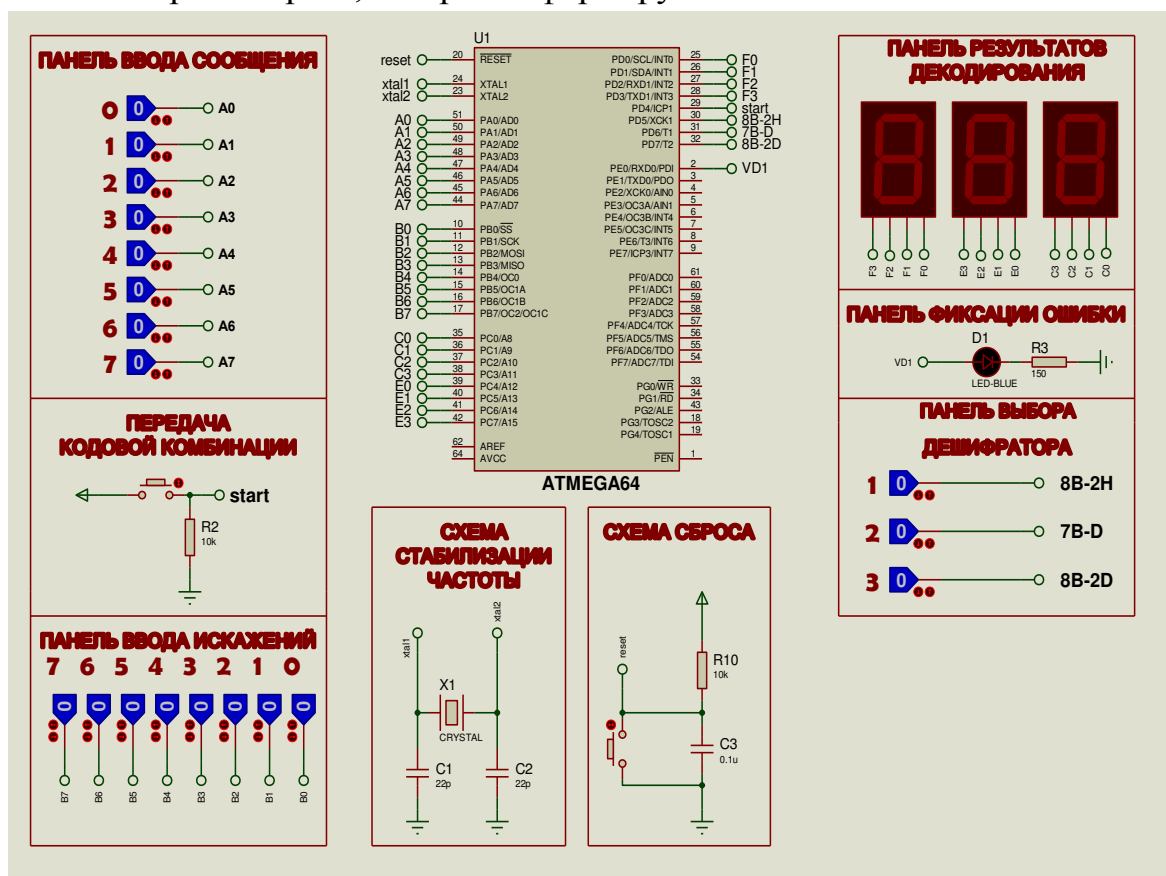


Рисунок 3 – Внешний вид компьютерного стенда кодирования телемеханических сигналов в среде Proteus

В качестве демонстрации работы компьютерного стенда приведем для каждого из способов передачи информационных сообщений снимок работы схемы в среде Proteus.

На рисунке 4 представлены результаты работы компьютерного стенда для способа «8В→2Н». При передаче информационного сообщения «01110110», на приемном пункте результат дешифрируется в шестнадцатеричный вид – «76». Индикация светодиодом отсутствует, так как не внесено искажение.

На рисунке 5 представлена передача информационного сообщения «01111011» способом «7В→D». Результатом должно быть десятичное число «123». В передаваемое информационное сообщение внесены искажения в разряды 6, 5 и 4. Соответственно и дешифрация сообщения происходит с искажением. На приемном пункте дешифрируется информационное сообщение «11», не соответствующее передаваемому. Об искажении сигнализирует горение светодиода VD1.

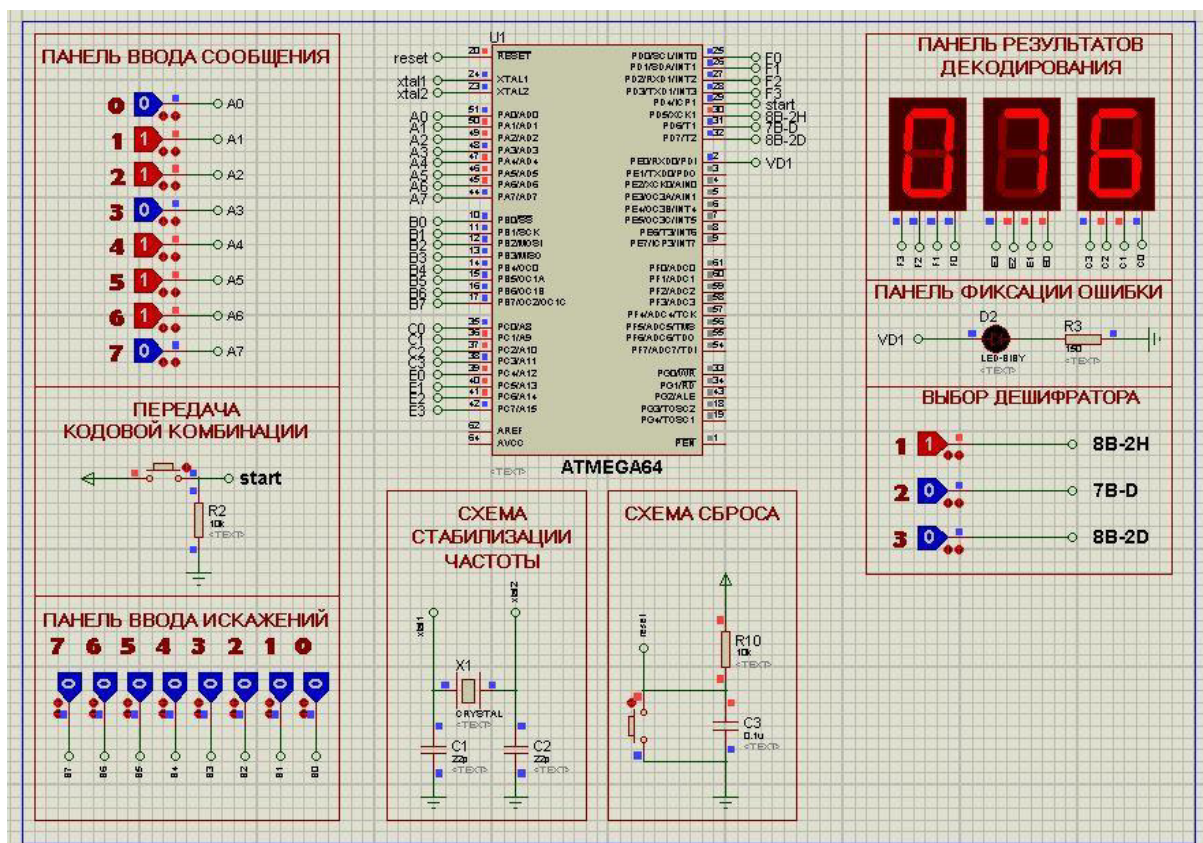


Рисунок 4 – Пример реализации способа передачи данных «8В→2Н»

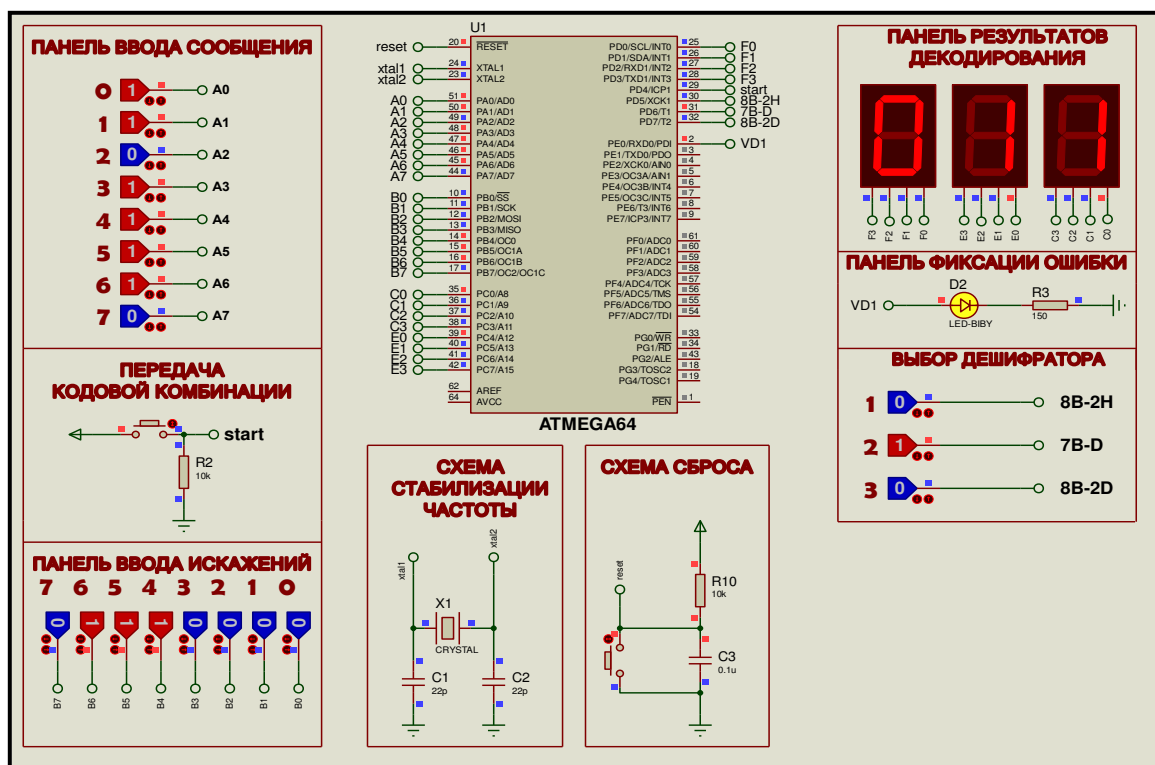


Рисунок 5 – Пример реализации способа передачи данных «7В→D»

На рисунке 6 реализована передача информационного сообщения «00110101» способом «8В→2D». На приемном пункте результат дешифрации отображается в виде числа «35» на семисегментных индикаторах.

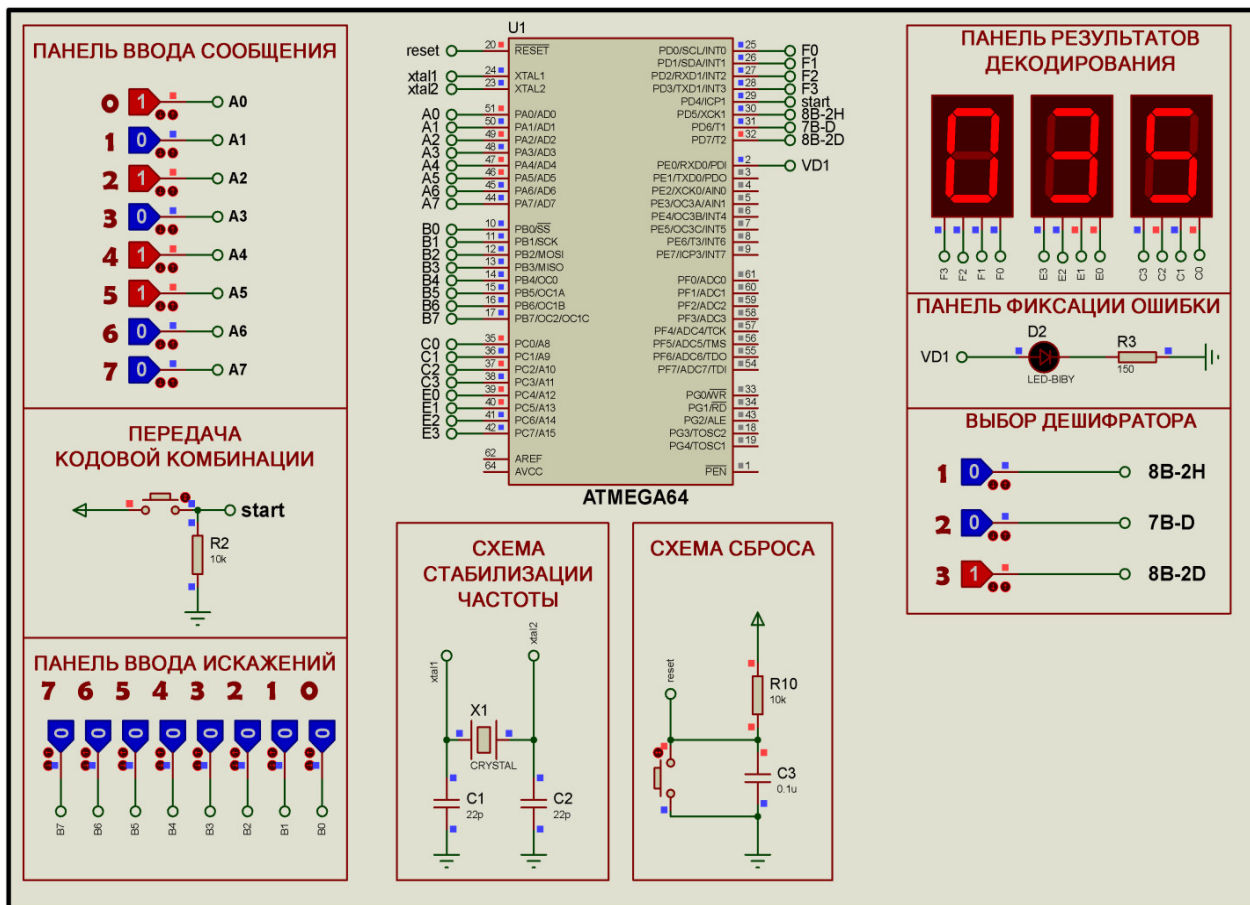


Рисунок 6 – Пример реализации способа передач данных «8В→2D»

Таким образом, разработанный компьютерный стенд позволяет исследовать и тестировать способы кодирования телемеханических сигналов. Стендом может пользоваться каждый из студентов, изучающих способы передачи данных в системах диспетчерской централизации, как в лабораторных условиях, так и самостоятельно. Кроме того, данный компьютерный стенд гибкий, то есть в любой момент времени может быть доработан. Это возможно благодаря наличию свободных портов на микроконтроллере Atmega64, позволяющих расширить функциональные возможности компьютерного стенда за счет применения других способов передачи данных (например, при использовании циклических кодов, кода Грея, кода Хемминга и др.).

Список литературы

1. Егоренков, Н. Г. Устройства телеуправления диспетчерской централизации системы «Луч» / Н. Г. Егоренков, В. А. Кононов – М.: Транспорт, 1988. – 302 с.
2. Переборов, А. С. Диспетчерская централизация: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / О. К. Дрейман; Под ред. Вал. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1989. – 303 с.
3. Пенкин, Н. Ф. Диспетчерская централизация системы «Луч» / Н. Ф. Пенкин, Н. А. Павлов – М.: Транспорт, 1982г. – 303 с.
4. Руководство по эксплуатации. Система ДЦ «Диалог». – М.: Диалог-Транс, 2011. – 60 с.
5. Березюк, Н. Т. Кодирование информации. Двоичные коды.: Справочник / Н. Т. Березюк, А. Г. Андрущенко. – Харьковский государственный университет, 1977. – 129 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Унгер Эвелина Петровна

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.
Студентка кафедры «АиТ» ОмГУПС.
Тел.: +79087996837.
E-mail: evelina.unger@yandex.ru

Устинова Ксения Анатольевна

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 5, 1, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.
Студентка кафедры «АиТ» ОмГУПС.
Тел.: +79045797001.
E-mail: kseneay97.ru@mail.ru

Присухина Илона Вадимовна

Омский государственный университет
путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644000,
Российская Федерация.
Преподаватель кафедры «АиТ» ОмГУПС.
Тел.: +79136752694.
E-mail: prisukhinaiv@omgups.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Unger Evelina Petrovna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.
Student at the Department of « Railway Signalling
and Interlocking » OSTU.
Phone: +79087996837.
E-mail: evelina.unger@yandex.ru

Ustinova Ksenia Anatolevna

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.
Student at the Department of « Railway Signalling
and Interlocking » OSTU.
Phone: +79045797001.
E-mail: kseneay97.ru@mail.ru

Ilona Vadimovna Prisukhina

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644000,
the Russian Federation.
Teacher at the Department of « Railway Signalling
and Interlocking » OSTU.
Phone: +79136752694.
E-mail: prisukhinaiv@omgups.ru

А. Г. Ходкевич, М. В. Ключников

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск, Российская Федерация

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ОТ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ НА ПЕРЕГОНАХ С ЭЛЕКТРОТЯГОЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В статье рассматриваются источники перенапряжения в линейных цепях, причины изменения электромагнитной обстановки, в которой работают устройства железнодорожной автоматики, а также негативные последствия влияния тяговой сети.

Ключевые слова: Перенапряжение, кабельная линия, тяговая сеть, рельсовая линия, электрическое влияние, магнитное влияние

Anton G. Khodkevich, Maxim V. Klyuchnikov

Omsk State Transport University (OSTU), Omsk, the Russian Federation

DAMAGES ANALYSIS OF LINEAR CIRCUITS AGAINST OVERVOLTAGE ON THE STRETCHES WITH AC POWER SUPPLY

The article considers overvoltage sources in linear circuits, reasons for change electromagnetic environment in which railway automatic systems work and negative consequences of traction system influence.

Keywords: Overvoltage, cable line, traction system, rail line, electrical influence, magnetic influence.

Надежная работа устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) гарантирует безопасность и бесперебойность движения поездов. В последние годы актуальной проблемой становится обеспечение безотказной работы систем железнодорожной автоматики в условиях сложной электромагнитной обстановки. Для решения данной задачи требуется реализовать меры комплексной защиты объектов железнодорожной инфраструктуры от перенапряжения. Рассмотрим концепцию [1], утвержденную распоряжением ОАО «РЖД» №2871р от 24 декабря 2013 года.

Концепция рассматривает 3 источника перенапряжения: атмосферное перенапряжение, коммутационное перенапряжение и влияние электротяги.

Под атмосферными (грозовыми) перенапряжениями понимаются перенапряжения от прямых ударов молнии в электроэнергетические установки (высоковольтные линии электроснабжения), тяговую и рельсовую сеть, кабельные линии СЦБ и связи, а также перенапряжения, индуцированные в этих установках (в проводах и рельсах) при разрядах молнии вблизи них. Удар молнии в мачту светофора или релейный шкаф может привести к отказу или неправильной работе устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), а также к возгоранию в результате воздействия дуги молнии или тока, приводящего к перегреву проводников.

Коммутационные перенапряжения – перенапряжения, порождаемые переходными процессами, возникающими при изменениях режима работы (пуск, переключения, сброс тяги, подача напряжения), аварийных режимах (короткие замыкания «контактный провод-рельс» в тяговой сети и на электроподвижном составе и т.п.) тяговых электрических сетей и сетей продольного электроснабжения (внешние), а также возникающими в самих элементах систем ЖАТ и связи при их работе (внутренние).

Электрифицированные железные дороги переменного тока оказывают на линии СЦБ электрическое, магнитное и гальваническое влияния. В качестве влияющих линий также можно рассматривать линии электроснабжения напряжением 6, 10, 27,5 кВ, которые могут располагаться как на отдельно стоящих опорах, так и на опорах контактной сети. [1]

Электрическое влияние тяговой сети появляется благодаря емкостной связи между контактной сетью и смежной линией (см. рис. 1.).

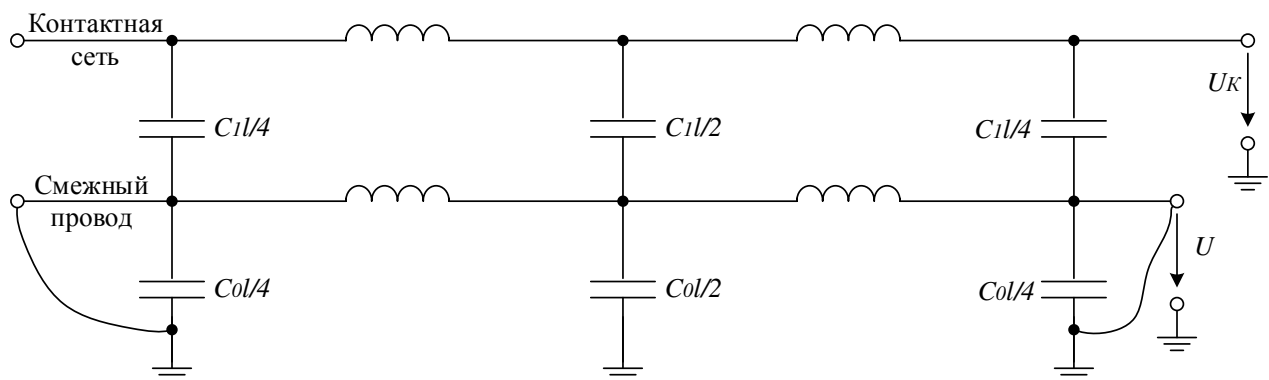


Рисунок 1 – Обобщенная схема электрического влияния

Тогда напряжение электрического влияния можно определить по формуле:

$$U = U_K \cdot \frac{C_1 l_3}{C_1 l_3 + C_0 l} \approx U_0 \cdot \frac{C_1 l_3}{C_0 l} \quad (1)$$

где U_K – напряжение во влияющей линии (контактная сеть);
 C_0 – емкость между смежным проводом и землей;
 C_1 – емкость между смежным проводом и контактной сетью;
 l – длина смежного провода;
 l_3 – длина сближения.

Магнитное влияние обусловлено наведением ЭДС в замкнутых контурах при пересечении их переменным магнитным полем, источником которого является контактная сеть при протекании в ней переменного тока. В качестве замкнутого контура можно рассматривать линейную цепь К-ОК или участок кабельной линии, расположенный между двумя точками заземления (см. рис. 2).

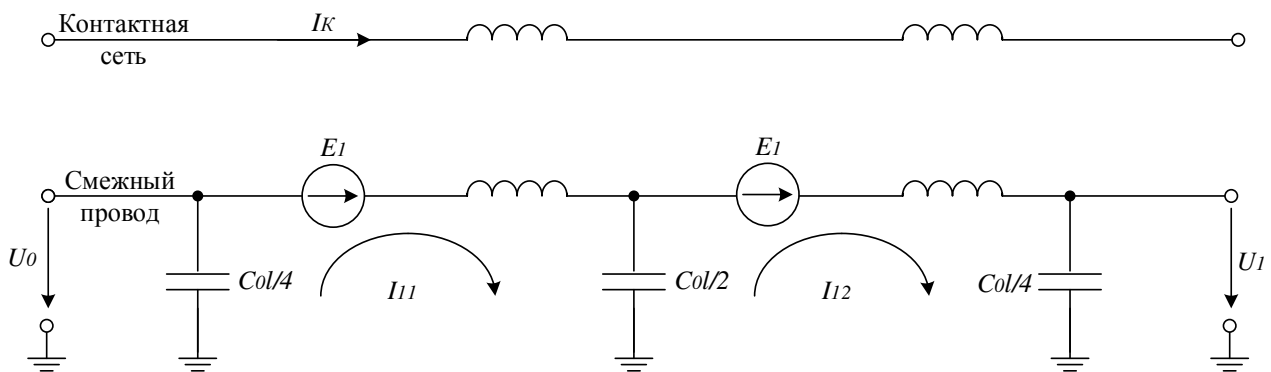


Рисунок 2 – Обобщенная схема магнитного влияния

Величина ЭДС, которая наводится в смежной линии вследствие влияния тяговой сети определяется по формуле:

$$\dot{E}_1 = -\frac{j\omega M \dot{I}_K l}{2} \quad (2)$$

где ω – циклическая частота влияющего тока;

M – коэффициент взаимной индуктивности между контактной сетью и смежным проводом;

$\dot{I}_K$ – ток, протекающий в контактной сети;

l – длина смежного провода.

Гальваническое влияние обусловлено протеканием в земле обратных тяговых токов, оказывается на заземленные металлические оболочки (броню) кабелей и цепи, использующие в качестве обратного провода землю.

Негативное влияние тяговой сети на линейные цепи автоблокировки существует давно, однако в последние годы эта проблема обострилась. Рассмотрим две основные причины.

Стратегия развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года предполагает в

том числе и развитие тяжеловесного движения с массой поездов 9000 тонн и более. Увеличение массы поездов влечет за собой увеличение мощности, потребляемой локомотивом и, как следствие, тока в контактной сети.

При проведении капитального ремонта пути для разделения балластного слоя и грунта-основания стал широко применяться геотекстиль (см. рис. 3). Это позволило исключить потери нижнего насыпного слоя щебня, а также ускорить дренажный процесс отвода воды. Однако использование геотекстиля увеличило переходное сопротивление рельс – земля, удельное сопротивление стеканию переменного тягового тока в землю может достигать значений 48 Ом·км. Это, в свою очередь, изменило условия протекания обратного тягового тока: при использовании нового балласта зона растекания тока может достигать 50 км от электроваза по сравнению с 1-2 км на участках со старым балластом. [2] В таком случае в качестве влияющей линии следует рассматривать не только контактную сеть, но и рельсовую линию.

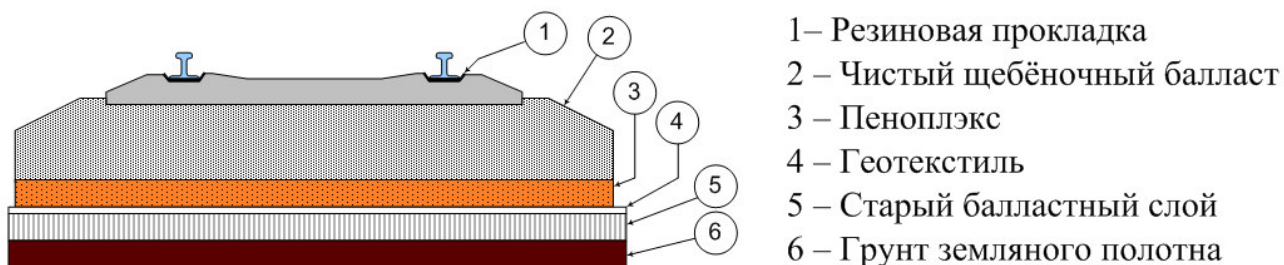


Рисунок 3 – Строение балластной призмы

В соответствии с формулой (1) электрическое влияние прямо пропорционально емкости между влияющей и смежной линией. Величина электрической емкости определяется по следующей формуле:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d} \quad (3)$$

где ε – относительная диэлектрическая проницаемость между обкладками;

ε_0 – электрическая постоянная, равная $8,854 \cdot 10^{-12}$ Ф/м;

S – площадь обкладки;

d – расстояние между обкладками.

Исходя из того, что рельс имеет большие размеры, расположен ближе к кабельной линии и, как следствие, имеет большую емкость по сравнению с контактным проводом, можно сделать вывод о том, что рельсовая линия будет оказывать более существенное электрическое влияние на кабельную линию по сравнению с контактной сетью.

В соответствии с формулой (2) магнитное влияние прямо

пропорционально коэффициенту взаимной индуктивности, который определяется следующим образом:

$$M = 10^{-4} \cdot \ln \left(1 + \frac{6 \cdot 10^5}{a^2 \sigma f} \right) \quad (4)$$

где a – ширина сближения;

σ – удельная проводимость земли;

f – частота влияющего тока.

Исходя из того, что ширина сближения между кабелем и рельсом меньше, чем между кабелем и контактной сетью, можно сделать вывод о том, что рельсовая линия оказывает на кабельную линию большее магнитное влияние, чем контактная сеть.

Принимая во внимание значительное увеличение сопротивления рельс земля при использовании геотекстиля, гальваническое влияния тяговой сети не рассматривается.

При оценке влияния тяговой сети на линейные цепи следует обратить внимание на провода Н-ОН и К-ОК как на наиболее протяженные кабельные линии. В случае с цепью контроля перегона К-ОК ситуация усугубляется тем, что в нее включены контакты повторителей сигнального реле Ж. При движении поездов по перегону происходит их периодическое замыкание и размыкание. Регулярно протекающий процесс коммутации в условиях повышенного наведенного напряжения осложняет процесс работы цепи. Известны случаи прожога плат реле НМШ в цепи К-ОК на сигнальных установках. Эксперимент, проведенный работниками дорожной лаборатории Западно-Сибирской железной дороги на установке по проверке диэлектрических перчаток, показал, что пробой контактов происходит при напряжении 3 – 3,5 кВ.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что применение существующей методики по защите линейных цепей от влияния тяговой сети недостаточно эффективно. Это связано с тем, что в последние годы существенно изменилась электромагнитная обстановка, в которой работают системы ЖАТ. Значительный уровень наведенного напряжения не только нарушает нормальную работу устройств СЦБ, но и создает угрозу для обслуживающего персонала. Для повышения эффективности мероприятий по снижению уровня наведенного напряжения требуется произвести оценку влияния тяговой сети с учетом развития тяжеловесного движения, а также увеличенной зоны растекания обратного тягового тока.

Список литературы

1. Концепция комплексной защиты технических средств объектов железнодорожной инфраструктуры от воздействия атмосферных и коммутационных перенапряжений и влияний тягового тока, ОАО «РЖД», 2013.
2. Ходкевич, А. Г. Повышение устойчивости работы рельсовых цепей в условиях тяжеловесного движения для участков с электротягой переменного тока / А. Г. Ходкевич, С. А. Лунев, С. С. Сероштанов // Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте. Материалы научной конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2017. – С.77 – 86.
3. Шаманов, В. И. Электромагнитная совместимость систем железнодорожной автоматики и телемеханики: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2013. – 243 с.
4. Бадер, М. П. Электромагнитная совместимость: Учебник / М. П. Бадер. – М.: УМК МПС России, 2002. – 637 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ходкевич Антон Геннадьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Кандидат технических наук, Директор
института образовательных коммуникаций и
дистанционных технологий, доцент кафедры
«Автоматика и телемеханика» ОмГУПС.
Тел.: (3812) 31-56-47.
E-mail: HodkevichAG@mail.ru

Ключников Максим Владимирович

Омский государственный университет путей
сообщения (ОмГУПС).
Маркса пр., д. 35, г. Омск, 644046,
Российская Федерация.
Студент Института автоматики,
телекоммуникаций и информационных
технологий ОмГУПС.
E-mail: klyuchnikov.mv@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Khodkevich Anton Gennadyevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Ph.D. in Technical Sciences, Director at Faculty
of Distance Learning, Docent at the Department
of «Railway Signalling and Interlocking» OSTU.
Phone: (3812) 31-56-47
E-mail: HodkevichAG@mail.ru

Klyuchnikov Maxim Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av.m, Omsk, 644046,
the Russian Federation.
Student of the Institute of automatics,
telecommunications and information
technology OSTU.
E-mail: klyuchnikov.mv@yandex.ru

Научное издание

«ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ»

Материалы всероссийской научно-технической конференции
с международным участием

(28 ноября 2019 г.)

Ответственный за выпуск Е. В. Пономарев

* * *

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 23.12.2019. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 8,19. Уч.-изд. л. 5,87.
Тираж 300 экз. Заказ

* *

Типография ОмГУПС

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35