

005010860

На правах рукописи

Чегуров Андрей Борисович

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСТРОЙСТВ
ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОМЕХ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

- 1 МАР 2012

Москва – 2011

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)» на кафедре «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Кравцов Юрий Александрович (МИИТ)

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Шалягин Дмитрий Валерьевич (ПКТБ ЦШ)

кандидат технических наук, доцент
Камнев Валерий Александрович (МИИТ)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС)»

Защита диссертации состоится « 14 » марта 2012 г. в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 218.005.07 при Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) по адресу 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9 стр. 9, ауд. 1112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИИТа.

Автореферат разослан « 9 » февраля 2012 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу диссертационного Совета университета.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 218.005.07
доктор технических наук, профессор



А.В. Горелик

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Рост грузооборота на сети железных дорог России предъявляет всё более высокие требования к точности выполнения графика движения, в связи с чем необходимо повышать работоспособность комплекса устройств интервального регулирования, включающего системы автоматической блокировки и автоматической локомотивной сигнализации.

Значительный вклад в развитие теории и создание систем интервального регулирования движения поездов внесли известные ученые И.В. Беляков, П.Ф. Бестемьянов, А.М. Брылеев, М.Н. Василенко, А.В. Горелик, И.Е. Дмитриенко, И.Д. Долгий, В.А. Камнев, И.М. Кокурин, Н.Ф. Котляренко, Ю.А. Кравцов, В.М. Лисенков, Б.Д. Никифоров, Л.В. Пальчик, Н.Ф. Пенкин, А.С. Переборов, Е.Н. Розенберг, В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Ю.В. Соболев, Н.М. Фонарев, Д.В. Шалягин, В.И. Шаманов, В.И. Шелухин, О.И. Шелухин, А.В. Шишляков, А.А. Явна и другие.

При электрической тяге протекающий по рельсам обратный тяговый ток оказывает существенное воздействие на условия функционирования рельсовых цепей, вследствие чего может нарушаться работоспособность систем автоматической блокировки и автоматической локомотивной сигнализации.

Эксплуатируемые на Российских железных дорогах рельсовые цепи разработаны в то время, когда на электроподвижном составе применялся тяговый привод с коллекторным двигателем постоянного тока. При этом все гармоники тягового тока были кратны 50 Гц. Рабочие полосы частот путевых приёмников защищены от воздействия гармоник тягового тока с помощью фильтров. Поэтому критерии обеспечения нормального, шунтового и контрольного режимов работы рельсовых цепей разработаны при условии, что на входе путевых приёмников в рабочей полосе частот действует только полезный сигнал.

В настоящее время совершенно четко обозначена стратегия применения на тяговом подвижном составе асинхронного двигателя переменного тока, как при электроснабжении на постоянном токе, так и при энергоснабжении на переменном токе. Поскольку регулирование тяги осуществляется путем изменения частоты тока, потребляемого асинхронным двигателем, гармоники тока электровоза возникают в очень широком диапазоне частот, в том числе и в том, в котором работают рельсовые цепи. Поэтому предъявляются новые требования по обеспечению работоспособности устройств интервального регулирования.

С ростом скорости поездов работоспособность автоматической локомотивной сигнализации числового кода снизилась в связи с искажениями кодовых комбинаций в процессе передачи. Причинами искажений могут быть нестабильность

параметров передачи, связанная с передающими и приёмными приборами рельсовых цепей и локомотива, особенности рельсовых линий как канала передачи сигналов, а также воздействия тягового тока. При значительных искажениях, превышающих допустимые, декодирование кодовых комбинаций становится неустойчивым. Неустойчивость проявляется в виде сбоев в приёме кодовых комбинаций, вызывающих временное появление на локомотивном светофоре неправильных показаний. При таких условиях становятся необходимыми исследования и разработка рекомендаций по повышению работоспособности АЛСН.

Целью диссертации является повышение работоспособности системы интервального регулирования путем:

– разработки метода, позволяющего улучшить условия декодирования искажённых числовых кодовых комбинаций;

– синтеза рельсовых цепей с учётом действия на входе путевых приёмников в рабочей полосе частот одновременно полезного сигнала и гармоники тягового тока электроподвижного состава.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать методику и провести экспериментальное исследование работы АЛСН в эксплуатационных условиях.

2. Разработать метод, позволяющий улучшить условия декодирования искажённых числовых кодовых комбинаций.

3. Разработать методику и испытательный стенд для проведения сравнительных испытаний устройств дешифрирования числовых кодовых комбинаций АЛСН.

4. Разработать методику по определению влияния гармоник тягового тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом на рельсовые цепи при контрольном режиме работы.

5. Разработать методику синтеза рельсовых цепей с учётом действия на входе путевых приёмников в рабочей полосе частот одновременно полезного сигнала и гармоники тягового тока электроподвижного состава.

6. Разработать алгоритм обработки записей тягового тока с целью определения работоспособности рельсовой цепи.

7. Получить математические модели путевых приемников ПП1 рельсовых цепей тональной частоты в среде, обеспечивающей возможность анализа воздействия гармоник тягового тока на приемник.

8. Провести экспериментальное исследование работоспособности рельсовых цепей при воздействии тока электропоезда «Сапсан» с помощью физических моделей и в эксплуатационных условиях.

Методы исследований. В работе использованы методы математического моделирования, физическое моделирование, численные методы расчета и анализа, натурные испытания. Значительная часть результатов получена с использованием вычислительных алгоритмов.

Достоверность научных положений подтверждается соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований и испытаниями разработанных технических решений в лабораторных и эксплуатационных условиях. Результаты работы были доложены и получили одобрение на научно-практических конференциях.

Научная новизна результатов.

1. Предложен и обоснован критерий чувствительности рельсовой цепи к обрыву рельсовой нити с учётом воздействия гармоник тягового тока электроподвижного состава с асинхронным приводом в рабочей полосе частот рельсовых цепей тональной частоты.
2. Разработана методика определения допустимых уровней гармоник тягового тока в рабочей полосе частот рельсовых цепей тональной частоты по условиям выполнения контрольного режима.
3. Разработаны имитационные модели приемников ПП1 рельсовых цепей тональной частоты.
4. Проведено физическое моделирование при расчётном уровне асимметрии рельсовой линии воздействия тока электроподвижного состава на работу рельсовых цепей.
5. Разработан алгоритм работы корреляционного дешифратора числовых кодовых комбинаций АЛСН, при этом новизна решения подтверждена патентом на полезную модель.

Практическая ценность полученных результатов.

1. Разработанный критерий контрольного режима с учётом воздействия гармоник тягового тока электроподвижного состава позволяет корректно рассчитать условия обеспечения требований безопасности при обрыве рельсовой нити. На основании предложенного критерия разработанное математическое описание позволяет определить допустимые уровни гармоник тягового тока в рабочей полосе частот перегонных и станционных рельсовых цепей тональной частоты.
2. Разработанные физические модели позволяют проверить при расчётной асимметрии рельсовой линии выполнение условий обеспечения нормального, шунтового и контрольного режимов работы рельсовых цепей при воздействии тока электроподвижного состава. При помощи предложенных имитационных моделей путевых приемников ПП1 возможно упростить и автоматизировать рассматриваемую задачу.

3. Проведенная гармонизация отечественной и европейской методики обработки записей тягового тока позволяет применять единый подход на пространстве с колеёй 1435 мм и 1520 мм для оценки влияния гармоник тягового тока электроподвижного состава на работу рельсовых цепей.

4. Разработанное устройство корреляционного дешифрирования числовых кодовых комбинаций позволяет уменьшить число сбоев в работе АЛСН. При этом введенные программно - аппаратные средства для моделирования искажений числовых кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации в лабораторных условиях позволяют проводить сравнительные испытания различных дешифраторов.

Реализация результатов работы. Результаты, полученные в диссертации, использованы в ОАО «НИИАС» при разработке новых устройств автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты и нормативных документов по электромагнитной совместимости тягового подвижного состава и рельсовых цепей, а также в ЗАО «ОЦВ» при разработке корреляционного дешифратора числовых кодовых сигналов для системы помехозащищённой АЛС. Результаты внедрения подтверждены соответствующими актами.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях и научных секциях кафедры, на восьмой и одиннадцатой научно-практических конференциях «Безопасность движения поездов» в г. Москве, и опубликованы в десяти печатных работах.

Публикации. Материалы, отражающие основное содержание диссертационной работы, изложены в 10 печатных работах. Три из них опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав и заключения, списка использованных источников, включающего 96 наименований, 4-х приложений, изложена на 200 страницах и поясняется 78 рисунками, 11 таблицами.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** показана актуальность работы, определены цели и задачи исследования.

В **первой главе** проведена разработка рекомендаций по повышению работоспособности числовой кодовой автоматической локомотивной сигнализации.

Для разработки технических решений по уменьшению числа случаев неправильного дешифрирования принимаемых числовых кодовых комбинаций необхо-

димо собрать экспериментальные данные о сбоях в работе при эксплуатации АЛСН. С этой целью была разработана методика проведения экспериментальных исследований работы АЛСН в эксплуатационных условиях. Целью испытаний является сбор данных об искажённых кодовых комбинациях, принимаемых на электровозах в условиях реальной эксплуатации при электрической тяге. Достижение поставленной цели осуществляется с использованием системы сбора данных, представляющей собой программно-аппаратный комплекс для регистрации сигналов АЛСН. Система сбора данных не влияет на функционирование аппаратуры КЛУБ-У и САУТ-ЦМ. Опытные поездки организуются с грузовыми и пассажирскими поездами на участке обращения электровозов. Во время экспериментальных поездок проводилась регистрация сигналов АЛСН, принимаемых локомотивными катушками (сигнал с каждой катушки и разностный), при движении электровоза с поездом. По результатам расшифровки и анализа данных поездок выявлены и зарегистрированы искаженные числовые кодовые комбинации. Их общее число составило 2260, из них 1329 искаженных числовых кодовых комбинаций на станции и 931 на перегоне. Полученные экспериментальные результаты формируют базу данных искаженных числовых кодовых комбинаций и позволяют разработать устройство для повышения работоспособности дешифратора АЛСН.

Во время экспериментальных исследований работы АЛСН в эксплуатационных условиях установлено, что искажение числовых кодовых комбинаций может происходить при движении электровоза на выбеге, когда в рельсах отсутствует тяговый ток. В результате измерений разными организациями было установлено, что имеет место остаточная намагничённость рельсов, которая составляет от нескольких единиц до сотен Эрстед. Проведенные в диссертации расчеты уровня ЭДС на входе локомотивного приемника для этих условий показали, что амплитуда радиопульса частотой 25 Гц, возбуждаемого в локомотивной катушке при прохождении магнитного пятна со скоростью порядка 50 км/ч составляет около 600 мВ, что, безусловно, может привести к сбою приема кодовой комбинации.

Среди всех типов зарегистрированных искажений числовых кодовых комбинаций в первую очередь необходимо выделить те, наличие которых приводило к сбою локомотивной сигнализации.

Лишний импульс в посылке. В этом случае появляется дополнительный импульс в паузе, который по длительности приблизительно соответствует истинному импульсу кодовой комбинации.

Расщепление (дробление) импульса. Искажённая числовая кодовая комбинация характеризуется расщеплением (дроблением) одного сигнального импульса на два импульса, причем длительность каждого из импульсов примерно равна половине длительности расщепленного импульса.

Следующие зарегистрированные искажения числовых кодовых комбинаций также не менее опасны, хотя и не вызывали сбой локомотивной сигнализации, но могут привести, в определенных ситуациях, к ошибкам дешифрирования.

Отсутствие импульса. Данное искажение характеризуется полным пропаданием импульса в кодовой комбинации.

Усечение импульса. Данное искажение характеризуется существенным изменением длительности импульса по отношению к импульсам этой же кодовой комбинации.

В диссертации разработано устройство для повышения работоспособности АЛСН при дешифрировании искажённых числовых кодовых комбинаций, реализующее корреляционный принцип дешифрирования.

Поступающая от усилителя УК 25/50 числовая кодовая комбинация с помощью АЦП преобразуется в двоичный сигнал. Периодическое выделение двоичных сигналов равных по длительности одному периоду повторения кодовых комбинаций зелёного огня "З" или желтого огня "Ж" или двум периодам повторения кодовых комбинаций жёлтого с красным огнём "ЖК" проиллюстрировано рис. 1.



Рис. 1. Периодическое формирование анализируемых отрезков R принимаемых двоичных сигналов

Для кодовой комбинации с периодом повторения, равным T , имеется T различных вариантов образцовых двоичных сигналов, сдвинутых относительно начала отсчёта на f бит.

Коэффициент корреляции K_f выделенного двоичного сигнала и образцового двоичного сигнала с временным сдвигом f относительно начала отсчёта рассчитывается по формуле: $K_f = \sum_{i=0}^N E_f[i] \cdot R[i] / N$,

где N – длительность выделенного и образцового двоичных сигналов в битах;

E_f – образцовый сигнал с временным сдвигом f относительно начала отсчёта;

$R[i]$ – значение i -го бита выделенного двоичного сигнала.

Действия, осуществляемые при выборе максимального значения коэффициента корреляции K_m , описываются формулой: $K_m = \max_{f=0}^{T-1} (K_f)$.

Абсолютная погрешность временного сдвига выделенных двоичных сигналов относительно начала отсчёта Δm рассчитывается по формулам:

$$\Delta m = m - (m[i-1] + 40) \bmod T$$

если $\Delta m > T/2$, то $\Delta m = T - \Delta m$; если $\Delta m < -T/2$, то $\Delta m = T + \Delta m$

На основе параметра Δm анализатор временного сдвига выделенных двоичных сигналов относительно начала отсчёта вычисляет весовой коэффициент Q , отражающий точность расположения текущего выделенного двоичного сигнала относительно предыдущего выделенного двоичного сигнала:

$$\text{если } |\Delta m| > T/8, \text{ то } Q = 0, \text{ иначе } Q = 1 - 8 \cdot |\Delta m| / T.$$

Характеристика V выделенного двоичного сигнала, позволяющая считать его кодовой комбинацией, рассчитывается по формуле: $V = Q[i] \times K_m[i]$

Принятой считается та кодовая комбинация, для которой $V[i]$ имеет максимальное значение.

Эффективность описанного устройства дешифрирования числовых кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации проверена во время лабораторных испытаний. Новизна технических решений подтверждена патентом на полезную модель.

Вторая глава посвящена математическому описанию для расчета допустимого уровня гармонической помехи в рабочей полосе путевых приемников в контрольном режиме.

При анализе работы рельсовых цепей с учетом воздействия тягового тока и его гармонических составляющих используются уравнения распространения напряжений и токов в рельсовой линии с учетом взаимной индуктивности контакт-

ного провода и рельсов. Вводится коэффициент влияния K_{n1} , определяющий долю гармоника тягового тока электровоза частотой f , оказывающей мешающее влияние на аппаратуру генерации и приема сигнала рельсовых цепей.

Получены формулы для расчёта $K_{\epsilon71}$ в стационарной рельсовой цепи стрелочной секции, примыкающей к отсосу тягового тока тяговой подстанции.

$$K_{\epsilon71} = 2 \frac{1}{(Z_{n1}(Z_1 + Z_m))} \left[\frac{1}{(K_9 K_{11} K_1 K_4 \gamma_{12} + K_{11} K_8 K_1 K_3 \gamma_{11} + K_9 K_{11} K_3 K_2 \gamma_{11} + K_1 K_3 K_{10} K_9 \gamma_{12})} \left[\begin{aligned} & \left(K_{11} K_4 Z_{\text{мкп}} + K_{11} \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_1 + \right. \\ & \left. + K_{11} \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_m + \right. \\ & \left. + K_3 \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_1 + \right. \\ & \left. + K_3 \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_m + K_3 K_{10} Z_{\text{мкп}} \right) \end{aligned} \right] \cdot (K_2 \operatorname{ch}(\gamma_2 L_1) - K_1 \operatorname{sh}(\gamma_2 + L_1)) \right] \quad (1)$$

$$K_{\epsilon72} = 2 \frac{1}{(Z_{n2}(Z_1 + Z_m))} \left[\frac{1}{(K_9 K_{11} K_1 K_4 \gamma_{12} + K_{11} K_8 K_1 K_3 \gamma_{11} + K_9 K_{11} K_3 K_2 \gamma_{11} + K_1 K_3 K_{10} K_9 \gamma_{12})} \left[\begin{aligned} & \left(K_{11} K_4 Z_{\text{мкп}} + K_{11} \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_1 + \right. \\ & \left. + K_{11} \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_m + \right. \\ & \left. + K_3 \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_1 + \right. \\ & \left. + K_3 \gamma_{11} \left(\frac{Z_1 + Z_m - 2Z_{\text{мкп}}}{Z_1 + Z_m} \right) Z_m + K_3 K_{10} Z_{\text{мкп}} \right) \end{aligned} \right] \cdot (K_8 \operatorname{ch}(\gamma_2(-L_3 + L_1)) + K_9 \operatorname{sh}(\gamma_2(-L_3 + L_1))) \right] \quad (2)$$

где $K_1 \dots K_{11}$ определяются из уравнений:

$$K_1 = 4\operatorname{ch}(\gamma_2 l_1) / Z_{H1} + 2\gamma_{12} \operatorname{sh}(\gamma_2 l_1); \quad K_2 = 4\operatorname{sh}(\gamma_2 l_1) / Z_{H1} + 2\gamma_{12} \operatorname{ch}(\gamma_2 l_1);$$

$$K_3 = \operatorname{ch}(\gamma_1 l_1) / Z_{BX1} + 2\gamma_{11} \operatorname{sh}(\gamma_1 l_1); \quad K_4 = \operatorname{sh}(\gamma_1 l_1) / Z_{BX1} + 2\gamma_{11} \operatorname{ch}(\gamma_1 l_1);$$

$$K_5 = I_k (1 - 2Z_{\text{мкп}} / (Z_1 + Z_m)); \quad K_6 = I_k Z_{\text{мкп}} / (Z_1 + Z_m);$$

$$K_8 = 2\gamma_{12} \operatorname{ch}(\gamma_2 l_2) + 4\operatorname{sh}(\gamma_2 l_2) / Z_{H2}; \quad K_9 = 2\gamma_{12} \operatorname{sh}(\gamma_2 l_2) + 4\operatorname{ch}(\gamma_2 l_2) / Z_{H2};$$

$$K_{10} = 2\gamma_{11} \operatorname{ch}(\gamma_1 l_2) + \operatorname{sh}(\gamma_1 l_2) / Z_{BX2}; \quad K_{11} = 2\gamma_{11} \operatorname{sh}(\gamma_1 l_2) + \operatorname{ch}(\gamma_1 l_2) / Z_{BX2}.$$

Формула для расчёта $K_{ст}$ для одного из приемников в станционных рельсовых цепях с общим источником питания приёмо-отправочного пути, примыкающего к отсосу тягового тока тяговой подстанции, имеет вид:

$$\begin{aligned}
 K_{ст1} = & \left| \gamma_{12}^2 K_8 (K_{10} - K_{11})(K_{10} + K_{11})(-K_{13} K_{20} + K_{19} K_{12})(K_{10} K_{24} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_M + \right. \\
 & + K_{10} K_{21} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_1 + K_{10} K_{21} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_M + K_{10} K_{24} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} \cdot \\
 & \cdot Z_1 + K_{24} K_{22} Z_{мкр} + K_{11} K_{22} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_M - K_{23} K_{11} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_M + \\
 & + K_{11} K_{22} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_1 - K_{23} K_{11} \frac{Z_1 + Z_M - 2Z_{мкр}}{Z_1 + Z_M} Z_1 + K_{21} K_{23} Z_{мкр} \cdot \\
 & \left. \cdot (K_7 sh(\gamma_2 l_1) - K_6 ch(\gamma_2 l_1)) / ((Z_1 + Z_M) \cdot Q_1) \right|; \quad (3)
 \end{aligned}$$

где $K_1 \dots K_{24}$ определяются из уравнений:

$$K_1 = 2\gamma_{11} sh(\gamma_1 l_1); K_2 = 2\gamma_{11} ch(\gamma_1 l_1); K_3 = ch(\gamma_1 l_1); Z_{BX1}; K_4 = sh(\gamma_1 l_1) / Z_{BX1};$$

$$K_5 = I_k (1 - 2Z_{мкр} / (Z_1 + Z_M)); K_6 = 2ch(\gamma_2 l_1) + Z_{H1} \gamma_{12} sh(\gamma_2 l_1);$$

$$K_7 = 2sh(\gamma_2 l_1) + Z_{H1} \gamma_{12} ch(\gamma_2 l_1); K_8 = 2\gamma_{12}; K_9 = 4 / Z_{H2}; K_{10} = \gamma_{11} ch(\gamma_1 l_{21});$$

$$K_{11} = \gamma_{11} sh(\gamma_1 l_{21}); K_{12} = \gamma_{12} ch(\gamma_2 l_{21}); K_{13} = \gamma_{12} sh(\gamma_2 l_{21}); K_{14} = I_k Z_{мкр} / (Z_1 + Z_M);$$

$$K_{15} = 2\gamma_{11} ch(\gamma_1 (l_{21} + l_{22})); K_{16} = 2\gamma_{11} sh(\gamma_1 (l_{21} + l_{22})); K_{17} = ch(\gamma_1 (l_{21} + l_{22})) / Z_{BXЭ};$$

$$K_{18} = sh(\gamma_1 (l_{21} + l_{22})) / Z_{BXЭ}; K_{19} = 2ch[\gamma_2 (l_{21} + l_{22})] + Z_{H3} \gamma_{12} sh[\gamma_2 (l_{21} + l_{22})];$$

$$K_{20} = 2sh[\gamma_2 (l_{21} + l_{22})] + Z_{H3} \gamma_{12} ch[\gamma_2 (l_{21} + l_{22})];$$

$$K_{21} = K_1 + K_3; K_{22} = K_2 + K_4; K_{23} = K_{15} + K_{18}; K_{24} = K_{16} + K_{17}.$$

Аналитическое выражение для Q_1 имеется в основном тексте диссертации, но в связи с большим объемом в автореферате не приводится.

В расчётной схеме при определении $K_{ст}$ перегонных рельсовых цепей без изолирующих стыков с общим источником питания, расположенных в произвольном месте относительно тяговой подстанции и электроподвижного состава, в качестве эквивалентной электрической схемы участков от рассматриваемой рельсовой цепи до тяговой подстанции и до электроподвижного состава используется однопроводная рельсовая линия в связи с тем, что интерес представляет распределение токов в рельсовой цепи с оборванным рельсом.

Формулы для расчёта $K_{ст}$ имеют вид:

$$K_{\text{сг1}} = \left| \frac{Q_1}{(Z_1 + Z_{\text{н}})(Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + \dots + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} + Q_{17})} \right|; \quad (4)$$

$$K_{\text{сг3}} = \left| \frac{Q_{18}}{(Z_1 + Z_{\text{н}})(Q_{19} + Q_{20} + Q_{21} + Q_{22} + Q_{23} + Q_{24} + Q_{25} + \dots + Q_{26} + Q_{27} + Q_{28} + Q_{29} + Q_{30} + Q_{31} + Q_{32} + Q_{33} + Q_{34})} \right|. \quad (5)$$

Аналитические выражения для всех указанных выше коэффициентов Q_i приведены в приложении к диссертации.

Разработан критерий чувствительности рельсовой цепи к обрыву рельсовой нити с учетом воздействия тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом. Для путевых приемников типа ПП1 рельсовых цепей тональной частоты экспериментально получена зависимость тока гармоник на входе приемника $I_{\text{нГ}}$, частотой, совпадающей с несущей амплитудно-манипулированного сигнала от ГП, приводящей к замыканию контактов исполнительного реле, от величины остаточного входного тока $I_{\text{нОР}}$ от путевого генератора при работе рельсовой цепи в контрольном режиме. Представленные экспериментальные данные можно аппроксимировать полиномом первой степени и получить следующую аналитическую зависимость:

$$I_{\text{нГ}} = -1.485 \cdot I_{\text{нОР}} + 3.509 \quad (6)$$

На основании (6) выражение для расчета критерия чувствительности рельсовой цепи к обрыву рельсовой нити $K_{\text{ОР,АП}}$ с учетом воздействия тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом примет вид:

$$K_{\text{ОР,АП}} = \frac{K_B(-1.485 \cdot I_{\text{нОР}} + 3.509) \cdot |K_{\text{ТК}}|}{1000 \cdot |K_{\text{сг1}}| \cdot I_k}, \quad (7)$$

где K_B – коэффициент возврата приемника;

$K_{\text{ТК}}$ – коэффициент снижения тока, при передаче сигнала через устройства согласования в конце рельсовой линии;

$K_{\text{сг1}}$ – коэффициент влияния (определяется по формулам (1)-(5));

I_k – ток гармоники в контактном проводе СКЗ, А.

Ток $I_{\text{нОР}}$ может быть выражен следующим образом: $I_{\text{нОР}} = E_{\text{2макс}} / |Z_{\text{пос}}|$;

$$E_{\text{2макс}} = 0,001 \cdot I_p \cdot K_3 \cdot |K_{\text{ТК}}| \cdot K_u \cdot |Z_{\text{ПО}}|, \quad (8)$$

где $Z_{ПО}, Z_{ПОК}$ - приведенные сопротивления передачи основной схемы замещения рельсовой цепи в нормальном и контрольном режимах;

I_P - ток срабатывания приемника, мА;

K_3 - коэффициент запаса;

K_u - коэффициент колебаний напряжения на выходе путевого генератора в зависимости от напряжения питающей сети ($K_u = U_{\max} / U_{\min}$).

Уравнение (7) с учетом (8) преобразуется к следующему виду:

$$K_{ОРАП} = \frac{K_B(3.509|K_{ТК}| \cdot |Z_{ПОК}| - 1.485 \cdot 10^{-3} \cdot I_P \cdot K_3 \cdot |K_{ТК}|^2 \cdot K_u \cdot |Z_{ПО}|)}{1000 \cdot |K_{с1}| \cdot |Z_{ПОК}| \cdot I_k}$$

При расчёте контрольного режима определение критического места обрыва и критического сопротивления изоляции необходимо проводить с учетом воздействия гармоник тягового тока электроподвижного состава.

Блок-схема алгоритма определения критических характеристик контрольного режима при заданных значениях параметров схемы рельсовой цепи и тока гармоники электроподвижного состава с частотой, совпадающей с несущей амплитудно-манипулированного сигнала контроля рельсовой цепи, приведена на рис. 2. Расчеты производятся последовательно для различных мест обрыва. Сначала задаются исходным расстоянием до места обрыва L_{o1}^* . Для него рассчитывается минимальное значение $K_{ОРАП1}^*(R_{сз1}^*, L_{o1}^*)$ в зависимости от сопротивления изоляции. После определения $K_{ОРАП1}^*(R_{сз1}^*, L_{o1}^*)$ аналогично рассчитывается $K_{ОРАП2}^*(R_{сз2}^*, L_{o2}^*)$ при следующем значении расстояния до места обрыва.

Из полученного множества значений $K_{ОРАПi}^*(R_{сзи}^*, L_{oi}^*)$ выбирается минимальное при этом $(R_{сзи}^*, L_{oi}^*)$ являются искомыми критическими характеристиками контрольного режима. Для всех реальных значений длин рельсовых цепей, используемых в эксплуатации, при фиксированной частоте сигнала аналогичным образом рассчитываются критические характеристики контрольного режима при воздействии гармоник тягового тока.

Блок-схема алгоритма расчёта допустимого уровня гармоники тягового тока на фиксированной частоте при заданной длине рельсовой цепи приведена на рис. 3. В этом случае задаются различными значениями тока гармоники I_k . Для каждого значения определяют $K_{ОРАП}$ при критических месте обрыва и сопротивлении изоляции, которые считаются известными в результате выполнения алгоритма по блок-схеме рис. 2. Значение I_k , при котором $K_{ОРАП} = 1$ является максимально допустимым.

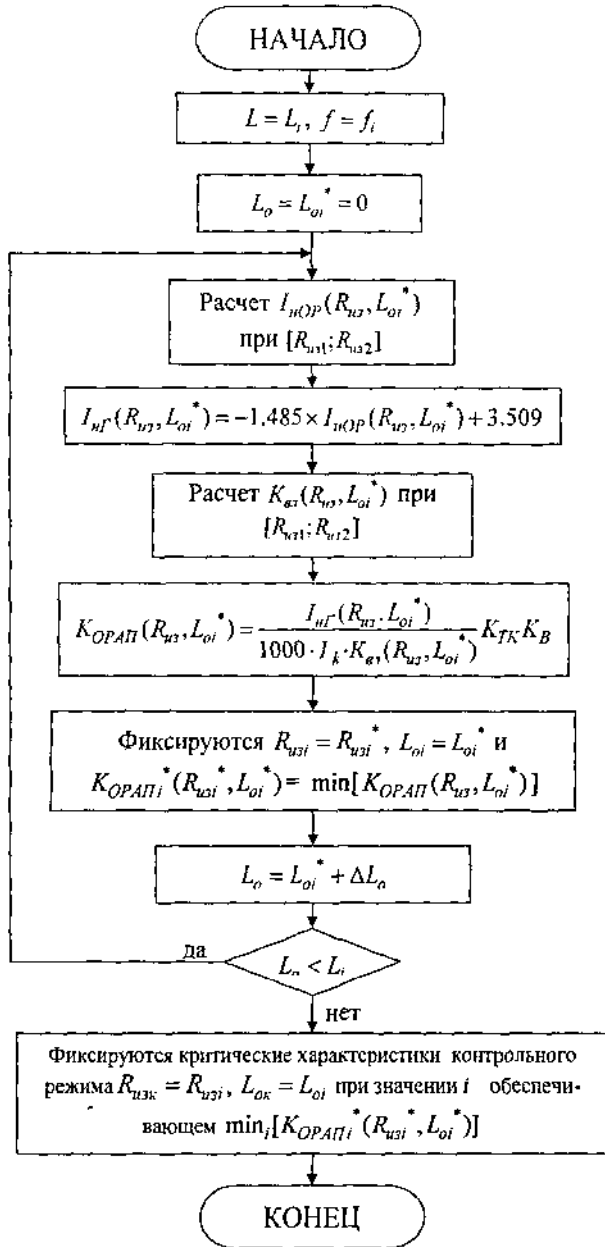


Рис. 2. Блок-схема определения критических характеристик контрольного режима

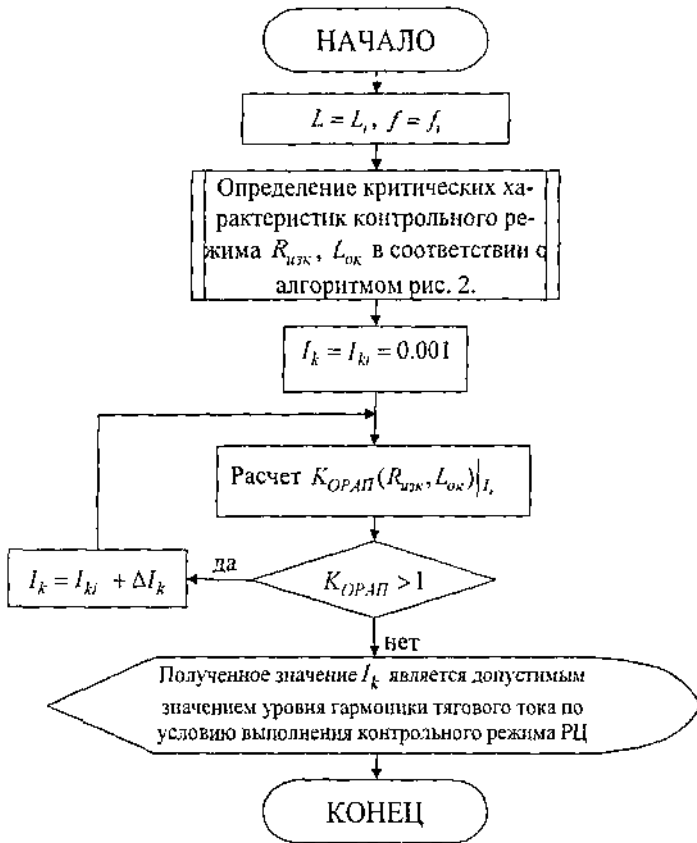


Рис. 3. Блок-схема расчёта допустимого уровня гармоника тягового тока

В третьей главе проводится экспериментальное исследование работоспособности рельсовых цепей при воздействии тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом.

Проведено физическое моделирование воздействия тока электропоезда «Сапсан» на рельсовые цепи. Целью эксперимента являлась оценка степени влияния обратного тягового тока электропоезда «Сапсан» на устройства рельсовых цепей тональной частоты ТРЦ-3 и фазочувствительных РЦ 25 и 50 Гц при электрической тяге постоянного тока 3,0 кВ и на устройства ТРЦ-3 и фазочувствительных РЦ 25 Гц при электрической тяге переменного тока 25 кВ 50 Гц. Экспе-

римент проводился при движении электропоезда «Сапсан» со скоростью до 120 км/ч.

Схема эксперимента должна быть построена так, чтобы воздействие гармонических составляющих тока поезда «Сапсан» осуществлялось при коэффициенте асимметрии, близком к расчетному. Для проведения эксперимента при коэффициенте асимметрии близком к расчётному на экспериментальном кольце ст.Щербинка при тяге постоянного тока были предложены следующие технические решения. На тяговой подстанции отсасывающий фидер подключался к средней точке основной обмотки дроссель-трансформатора. Оба вывода основной обмотки дроссель-трансформатора соединялись с минусовой шиной подстанции. Дополнительная обмотка ДТ подключалась к типовой схеме соответствующей рельсовой цепи. Сопротивление $Z_{доп}$ включается в цепь одной из полуобмоток дроссель-трансформатора для создания расчетной асимметрии.

Экспериментально установлено, что предложенная схема подключения аппаратуры РЦ достаточно точно моделирует влияние обратного тягового тока в эксплуатационных условиях, характеризующихся расчётным коэффициентом асимметрии. В процессе эксперимента не выявлено размыканий фронтных контактов исполнительных реле путевых приёмников в нормальном режиме РЦ и тыловых контактов в шунтовом и контрольном режимах РЦ. В результате обработки зарегистрированных сигналов установлено, что уровни гармоник тягового тока в полосе рабочих частот рельсовых цепей не превышают нормируемые максимально допустимые значения.

Физическое моделирование воздействия тягового тока перспективного электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом на эксплуатируемые рельсовые цепи требует существенных материальных, организационных и человеческих ресурсов. Результатом проведенных экспериментов являются зафиксированные осциллограммы обратного тягового тока электропоезда и качественное заключение о воздействии тягового тока на работу путевых приемников рельсовых цепей. Суждение о влиянии обратного тягового тока на функционирование рельсовых цепей выносится по наблюдениям за контактами исполнительных реле приемников. При этом необходимо отметить, что адекватную качественную оценку воздействия тягового тока на рассматриваемую рельсовую цепь можно получить только моделируя ситуации различного наложения во времени сигнала от путевого генератора и мешающих воздействий в виде тягового тока. Указанное выше требование о необходимости исследования различных фазовых соотношений между сигналом путевого генератора и тяговым током электропоезда приводит к тому, что в эксперименте должно использоваться несколько ком-

плектов идентичных приемников и генераторов, причем фазовые соотношения сигналов генераторов фиксированы и выбираются из условия достаточности моделирования фазовых наложений.

При физическом моделировании эксперимент проводится при нормальном, шунтовом и контрольном режимах работы РЦ. Уровень сигнала от путевого генератора соответствует наихудшим условиям работы РЦ в заданном режиме, при этом в шунтовом и контрольном режимах он совпадает.

Для упрощения задачи оценки работоспособности ТРЦ при воздействии гармоник тягового тока электропоезда разработаны электронные модели путевых приемников семейства ПП1, проведена их верификация и сравнение с физическими образцами. Максимальная зафиксированная погрешность не превышает 5%. Электронные модели синтезированы в программной графической среде *Simulink*, обеспечивающей возможность оценки воздействия тягового тока перспективного электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом на функционирование рельсовых цепей и допускающей возможность создания сценариев проведения экспериментов, что позволяет облегчить и автоматизировать экспериментальные исследования работоспособности эксплуатируемых рельсовых цепей тональной частоты с использованием сигналов, зарегистрированных в эксплуатационных условиях.

В связи с гармонизацией норм по ЭМС и методов их проверки на пространстве с колеёй 1435 мм и 1520 мм проведены экспериментальные исследования по определению возможности применения для оценки работоспособности ТРЦ методики анализа записей тягового тока, рекомендуемой европейским стандартом *DS/CLC/TS 50238-2* от 16 сентября 2010. С помощью стенда создан банк записей эталонных сигналов тягового тока, характеризующихся тем, что при их воздействии на приемник последний находится на границе работоспособности. На основе реакции приёмника на эти воздействия выбраны параметры обработки, отражающие реальные физические процессы в приёмнике. Рекомендовано расчет СКЗ проводить в скользящем прямоугольном окне длительностью 0,6 с, при использовании фильтра Баттерворта с шириной полосы пропускания на уровне -3 дБ – 25 Гц, и на уровне -20 дБ – 41 Гц, крутизна характеристики в переходной области с затуханием свыше 20 дБ составляет 112 дБ на октаву.

Анализ данных, полученных по аналитическим выражениям коэффициентов влияния (1), (2), (3) для рассматриваемых схем станционных рельсовых цепей, примыкающих к тяговой подстанции, показывает, что при обрыве рельсовой нити в критическом месте с увеличением сопротивления изоляции влияние гармоник

тягового тока возрастает, а при увеличении длины или центральной частоты сигнала рельсовой цепи влияние гармоник уменьшается.

Как показывает анализ данных, полученных по аналитическим выражениям коэффициентов влияния (4), (5) воздействие гармоник тягового тока электроподвижного состава на путевой приемник при критических значениях сопротивления изоляции и расстояния до места обрыва мало зависит от местоположения рассматриваемой рельсовой цепи на перегоне.

Критические характеристики контрольного режима рельсовой цепи при воздействии гармоник тягового тока такие же, как и те, которые имеют место при синтезе рельсовых цепей при отсутствии гармоник в рабочей полосе частот путевого приёмника. Это является следствием того, что при отклонении от полученных при синтезе критических значений сопротивления изоляции и расстояния до места обрыва остаточный ток на входе приемника от путевого генератора уменьшается, минимальный уровень гармоник тягового тока, приводящей к сбою, увеличивается, но возрастание коэффициента влияния не компенсирует указанные изменения.

Экспериментальные испытания работоспособности рельсовых цепей в эксплуатационных условиях на Октябрьской и Горьковской ж.д. при движении ЭПС с асинхронным тяговым приводом подтвердили выводы, сделанные на основе теоретических расчётов, лабораторных исследований и при физическом моделировании воздействия тока ЭПС на рельсовые цепи.

В **четвертой главе** исследуется работоспособность разработанного корреляционного дешифратора числовых кодовых комбинаций АЛСН.

Разработан макетный образец корреляционного дешифратора ДКС-К. Разработаны программно-аппаратные средства для сравнительных испытаний дешифраторов и моделирования искаженных числовых кодовых комбинаций АЛС в лабораторных условиях. Стенд реализован таким образом, что с выхода генератора кодовых сигналов и помех, ток подаётся в общий шлейф, имитирующий рельсовые нити. Сигнальный шлейф представляет собой плоскую рамку, содержащую 10 витков изолированного провода сечением 1,5 мм². Активное сопротивление шлейфа составляет 0,1 Ом, индуктивность шлейфа 37 мГн. Максимально возможное действующее значение сигнального тока, питающего шлейф, составляет 2,7 А, что соответствует эквивалентному току в имитируемой рельсовой цепи 27 А. Сравнительные испытания проведены над тремя типами дешифраторов одновременно. Макетный образец корреляционного дешифратора ДКС-К через блок согласования, а дешифратор ДКСВ1 напрямую, подключены на выход приемника УК25/50, а дешифратор КЛУБ-У получает числовой кодовый сигнал с отдельной

пары локомотивных катушек. Таким образом, при испытаниях все дешифраторы находятся в одинаковых условиях. Модуль сбора данных циклически передает дешифрованную кодовую комбинацию от каждого из трех испытуемых дешифраторов в компьютер-обработчик для их сравнения и при необходимости регистрации времени сбоя того или иного дешифратора.

С помощью стенда можно решать задачи двух типов в зависимости от способа формирования полезных сигналов и помех в канале АЛСН. К первому типу относятся задачи, когда в имитируемую рельсовую цепь подаются записи сигналов с выхода локомотивных катушек, полученные в реальных условиях эксплуатации. Эту задачу решает программный модуль реальных сигналов и помех. Ко второму типу относятся задачи программного формирования полезных сигналов, помех, моделирования условий движения по перегону. Решение задачи второго типа обеспечивает программный модуль формирования имитационных сигналов и помех.

Во время рейса часть времени, когда параметры принимаемых кодовых комбинаций соответствуют требованиям нормативно-технической документации, дешифратор АЛСН способен выполнять заданные функции, то есть, находится в работоспособном состоянии.

Часть времени, когда параметры принимаемых кодовых комбинаций в результате внешних воздействий не соответствуют требованиям нормативно-технической документации, дешифратор АЛСН не способен выполнять заданные функции, то есть, он находится в неработоспособном состоянии. Пребывание в неработоспособном состоянии количественно оценивается критерием потерь. Задача повышения работоспособности дешифратора сводится к минимизации критерия потерь за время рейса.

Эффективность технического решения повышения работоспособности АЛСН оценивается показателем, представляющим собой отношение критериев потерь полученных при работе АЛСН с эксплуатируемым дешифратором ДКСВ1 и макетным образцом корреляционного дешифратора за одно и то же время в одинаковых условиях. Критерий эффективности технического решения повышения работоспособности дешифратора числовых кодовых комбинаций имеет вид:

$$\mathcal{E}_{np} = K_{п_дксв1} / K_{п_дкск},$$

где \mathcal{E}_{np} – эффективность технического решения повышения работоспособности дешифратора числовых кодовых комбинаций;

$K_{п_дксв1}$ – критерий потерь эксплуатируемого дешифратора ДКСВ1 за время испытаний;

$K_{П_ДКСК}$ – критерий потерь макетного образца корреляционного дешифратора ДКС-К за время испытаний.

В качестве критерия потерь для оценки работоспособности макетного образца корреляционного дешифратора числовых кодовых комбинаций принято количество разработанных группой специалистов штрафных баллов, начисляемых в случае ошибок при дешифрировании кодовых комбинаций во время сравнительных испытаний совместно с эксплуатируемыми устройствами.

В соответствии с данными проведенных сравнительных испытаний рассчитывается эффективность технического решения повышения работоспособности АЛСН $\mathcal{E}_{пр} = K_{П_ДКСВ1} / K_{П_ДКСК} = 3818 / 845 = 4,52$. По результатам проведенных сравнительных испытаний макетный образец корреляционного дешифратора числовых кодовых комбинаций показал наилучший результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решены следующие задачи, позволяющие обеспечить и повысить работоспособность устройств интервального регулирования движения поездов при воздействии помех:

1. Разработан макетный образец устройства, уменьшающего число сбоев АЛСН при дешифрировании искажённых кодовых комбинаций, полученных в результате экспериментальных поездок на электровозах постоянного и переменного тока в условиях реальной эксплуатации. Новизна технического решения подтверждена патентом на полезную модель.

2. Разработана методика учета воздействия остаточной намагниченности в зоне изолирующих стыков на работу АЛСН. Показано, что при определённых реальных скоростях движения и размерах магнитных пятен на зажимах локомотивной катушки может возникать радиоимпульс помехи, частота заполнения которого в точности совпадает с частотой полезного сигнала.

3. Разработано математическое описание и проведён анализ с учётом воздействия тягового тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом на станционные рельсовые цепи стрелочной секции и приёмо-отправочного пути, примыкающих к отсосу тягового тока тяговой подстанции, и на перегонные рельсовые цепи без изолирующих стыков с общим источником питания, расположенных в произвольном месте относительно тяговой подстанции и электроподвижного состава в контрольном режиме работы. Сделаны обобщения, необходимые при разработке мероприятий по обеспечению работоспособно-

сти рельсовых цепей в условиях воздействия гармоник тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом.

4. Получено выражение для критерия чувствительности рельсовой цепи к обрыву рельсовой нити с учётом воздействия гармоник тягового тока электроподвижного состава с асинхронным приводом в рабочей полосе частот рельсовых цепей тональной частоты. Приведена методика определения допустимых уровней гармоник тягового тока в рабочей полосе частот рельсовых цепей тональной частоты по условиям выполнения контрольного режима.

5. Разработана физическая модель для экспериментального исследования работы рельсовых цепей с расчётным коэффициентом асимметрии рельсовой линии при воздействии обратного тягового тока. На основании проведенных исследований сделано заключение о работоспособности фазочувствительных и тональных рельсовых цепей при воздействии тока электропоезда «Сапсан». Аналогичный результат о работоспособности рельсовых цепей тональной частоты получен при использовании разработанных имитационных моделей путевых приемников семейства ТРЦЗ. При этом проведена их верификация и сравнение с физическими образцами, максимальная зафиксированная погрешность не превышает 5%.

6. Проведена гармонизация отечественной и европейской методики обработки записей тягового тока для оценки работоспособности рельсовых цепей тональной частоты при воздействии тягового тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом.

7. Проведено экспериментальное исследование работоспособности рельсовых цепей в эксплуатационных условиях при воздействии тока электропоезда «Сапсан» с асинхронным тяговым приводом. Результаты эксплуатационных испытаний подтвердили выводы о работоспособности рельсовых цепей при воздействии тока электропоезда «Сапсан», сделанные при экспериментальных исследованиях на физических моделях

8. Разработаны программно - аппаратные средства для сравнительных испытаний и моделирования искажений числовых кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации в лабораторных условиях. Функциональные возможности стенда обеспечивают одновременное проведение сравнительных испытаний различных систем дешифрирования числовых кодовых комбинаций АЛС. Разработанный программный продукт имеет возможность формировать в имитируемой рельсовой цепи как реальную помеховую обстановку при эксплуатации на электрифицированных участках железной дороги, так и моделировать условия движения по перегону или станции с независимым управлением

уровнем полезного сигнала и мешающих воздействий. По разработанной программе и методике с помощью разработанных программно - аппаратных средств, проведены сравнительные испытания эксплуатируемых дешифраторов числовых кодовых комбинаций автоматической локомотивной сигнализации КЛУБ-У, ДКСВ1 и макетного образца устройства корреляционного дешифрирования. В соответствии с результатами проведенных испытаний макетный образец устройства корреляционного дешифрирования числовых кодовых комбинаций АЛС показал наилучший результат.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Кравцов Ю.А., Чегуров А.Б. Корреляционный способ дешифрирования числовых кодовых сигналов АЛСН // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщений: Научно-технический журнал. /Под ред. В.И. Колесникова. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. №2 С. 34 – 39
2. Антоненко В.С., Кравцов Ю.А., Сафро В.М., Чегуров А.Б. Анализ работоспособности автоматической локомотивной сигнализации числового кода. // Известия петербургского университета путей сообщения. /Под ред. Сапожникова В.В. – СПб: Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2011. – Вып. 1(26). С. 101 – 113.
3. Абрамов В.М., Чегуров А.Б. Влияние остаточной намагниченности рельсов на устойчивость работы АЛСН // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщений: Научно-технический журнал. /Под ред. В.И. Колесникова. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. №4 С. 70 – 76.

Публикации в других изданиях

4. Чегуров А.Б. Анализ шунтового режима работы тональных рельсовых цепей при максимально возможной асимметрии рельсовой линии // Труды Ростовского государственного университета путей сообщений: Научно-технический журнал. /Под ред. В.И. Колесникова. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. №1 С. 22 – 26.
5. Чегуров А.Б. Расчет помехоустойчивости путевых приемников в контрольном режиме РЦ. // Труды одиннадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов" – М.:МИИТ, 2010.С. 90 – 91
6. Чегуров А.Б. Дешифрирование числовых кодовых сигналов АЛСН. // Труды восьмой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов" в двух частях, ч.1. – М.:МИИТ, 2007.С. 20 – 21.

7. Галченков Л.А., Чегуров А.Б. Электронная модель путевых приемников семейства ТРЦЗ. // Труды Ростовского государственного университета путей сообщений: Научно-технический журнал. /Под ред. В.И. Колесникова. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2010. С. 16 – 19.

8. Кравцов Ю.А. Щербина Е.Г. Чегуров А.Б. Методика обработки записей сетевого тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом. // Труды одиннадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов" – М.:МИИТ, 2010.С. 80 – 81.

9. Щербина Е.Г., Краснолобов С.И., Галченков Л.А., Чегуров А.Б. Анализ помех в приемном тракте АЛСН при электрической тяге переменного тока // Труды Ростовского государственного университета путей сообщений: Научно-технический журнал. /Под ред. В.И. Колесникова. – Ростов н/Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. №1 С. 26 – 30.

10. Пат. 100992, Российская Федерация, МПК В61L25/06. Устройство для обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации/ Л.Б. Гаврилов, Ю.А. Кравцов, А.Б. Чегуров. - №2010138289/11; Заяв. 16.09.2010; Опубл. 10.01.2011.

ЧЕГУРОВ АНДРЕЙ БОРИСОВИЧ

**ПОВЫШЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСТРОЙСТВ
ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ ПОМЕХ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Подписано к печати 24.01.2012
Объем 1,5 п. л. Заказ № 382

Формат бумаги 60x90/16
Тираж 80 экз.

УПЦ ГИ МИИТ, Москва, 127994, ул. Образцова, д. 9, стр. 9.