

На правах рукописи



БАКИН МИХАИЛ ЕВГЕНЬЕВИЧ

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ТОНАЛЬНОЙ
РЕЛЬСОВОЙ ЦЕПИ С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ
УРОВНЯ СИГНАЛА И ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

Специальность: 05.22.08 – Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва – 2016

Работа выполнена на кафедре «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II».

Научный руководитель: **Кравцов Юрий Александрович**
доктор технических наук, профессор.

Официальные оппоненты: **Долгий Игорь Давидович**
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте» ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС).

Соколов Михаил Борисович
кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС).

Защита состоится «16» ноября 2016 г. в 13-00 час. на заседании диссертационного совета Д 218.008.02 на базе ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» по адресу: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9, ауд. 7-320.

С диссертацией, авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (www.pgups.ru). Автореферат размещен на сайте Минобрнауки России (www.vak.ed.gov.ru).

Автореферат разослан «16» сентября 2016 г.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим отправлять по адресу совета Университета.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



Дмитрий Викторович Ефанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. При электрической тяге возникает проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) рельсовых цепей (РЦ) и электроподвижного состава (ЭПС), поскольку обратный тяговый ток, протекающий по рельсам, оказывает мешающее и опасное воздействие на работу РЦ, вследствие чего может нарушаться работоспособность устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

В настоящее время проблема ЭМС обострилась в связи с внедрением ЭПС с асинхронным тяговым приводом. В этом случае при регулировании скорости происходит генерация гармоник тягового тока в широком диапазоне частот, в том числе, и в рабочей полосе РЦ.

В требованиях ГОСТ Р 55176.3.1-2012, предъявляемых к локомотивам, нормируется уровень гармонических составляющих тока электровоза в РЦ, генерируемых локомотивными устройствами, но требований к приёмным устройствам РЦ в части их устойчивой и безопасной работы при наличии в сигнале гармонических составляющих тока электровоза, удовлетворяющих требованиям ГОСТ, не предъявляется.

Для двухпутных участков отсутствует математическое описание, позволяющее рассчитать уровень гармоник тягового тока в рабочей полосе путевого приёмника, создаваемый ЭПС, движущимся по параллельному пути. Поэтому необходимо разработать математическое описание для определения уровня гармонической помехи в рабочей полосе РЦ в нормальном и контрольном режимах с учетом того, что на входе путевых приёмников в рабочей полосе частот действуют одновременно гармоника тока ЭПС, приближающегося к анализируемой РЦ, и гармоника тока ЭПС, движущегося по параллельному пути. Для РЦ тональной частоты (ТРЦ) различных типов, являющихся основными при новом проектировании,

необходимо рассчитать максимальное возможное значение гармоник тягового тока в рабочей полосе путевых приёмников для наиболее неблагоприятных эксплуатационных условий, экспериментально зарегистрировать характер и уровень помех, создаваемых ЭПС с асинхронным тяговым приводом, и провести исследование работоспособности путевых приёмников в эксплуатационных и лабораторных условиях.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в развитие теории и создание технических средств интервального регулирования движения поездов внесли известные ученые: В. С. Аркатов, Л. А. Баранов, И. В. Беляков, П. Ф. Бестемьянов, А. М. Брылеев, М. Н. Василенко, А. В. Горелик, В. Ю. Горелик, И. Е. Дмитриенко, И. Д. Долгий, В. Ю. Ефимов, В. Н. Иванченко, И. М. Кокурин, А. М. Костроминов, Ю. А. Кравцов, В. М. Лисенков, А. Д. Манаков, А. Б. Никитин, Б. Д. Никифоров, Л. В. Пальчик, Н. Ф. Пенкин, А. С. Переборов, Е. Н. Розенберг, В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Н. М. Фонарев, Д. В. Шалягин, В. И. Шаманов, В. И. Шелухин, О. И. Шелухин, А. В. Шишляков, А. А. Явна и другие.

Разработкой теории ЭМС РЦ и ЭПС занимались известные ученые: М. П. Бадёр, А. Б. Косарев, Б. А. Косарев, Ю. А. Кравцов, К. Г. Марквардт, А. В. Наумов, В. И. Шаманов, защищены диссертации А. А. Антоновым, А. Бялонем, Е. В. Горенбейном, П. Е. Мащенко, В. Б. Филиппом, А. Б. Чегуровым.

В области теории рельсовых цепей известны работы М. В. Бушуева, Б. Н. Ёлкина, Ю. И. Зенковича, Н. Ф. Котляренко, В. С. Лучинина, А. П. Разгонова, С. Н. Растегаева, М. Б. Соколова и др.

Целью диссертации является разработка теоретических и практических методов обеспечения ЭМС ТРЦ и ЭПС с асинхронным

тяговым приводом с учетом воздействия тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути.

Для достижения поставленной цели **в диссертации были решены следующие задачи:**

- проведен анализ существующей методики расчета ЭМС ТРЦ и ЭПС с асинхронным тяговым приводом, действующих нормативных документов;
- создана база данных – записей переменной составляющей тягового тока ЭПС с асинхронным тяговым приводом в междроссельной перемычке;
- разработаны математические модели для расчета влияния гармоник тягового тока ЭПС с асинхронным тяговым приводом на РЦ различной конфигурации для двухпутных участков железных дорог;
- проведен анализ работы ТРЦ при изменении ее первичных параметров и наличии в рабочей полосе приёмников гармоник тягового тока ЭПС с асинхронным тяговым приводом;
- создан аппаратно-программный комплекс для исследования работоспособности аппаратуры ТРЦ с возможностью моделирования помех тягового тока ЭПС с асинхронным тяговым приводом;
- проведены экспериментальные исследования ЭМС ТРЦ и ЭПС с асинхронным тяговым приводом в эксплуатационных условиях и на физических моделях в лаборатории;
- проведены исследования в эксплуатационных и лабораторных условиях аппаратуры ТРЦ с автоматическим регулированием уровня сигнала (ТРЦ-АР) при воздействии различных дестабилизирующих факторов, позволившие оптимизировать характеристики путевых приёмников и генераторов.

Объектом диссертационного исследования является обеспечение безопасности движения поездов. **Предметом диссертационного исследования** является анализ факторов, влияющих на ЭМС ТРЦ и ЭПС

с асинхронным тяговым приводом на однопутных и двухпутных участках железных дорог.

Методология и методы исследования. Для решения поставленных задач в диссертационных исследованиях были использованы экспериментальные методы: наблюдение, эксперимент, сравнение, моделирование. Для создания математических описаний были использованы теоретические и эмпирическо-теоретические методы – метод формализации, абстрагирования, дедукции, индукции.

Научная новизна диссертационных исследований заключается в разработке новых научно обоснованных практических и теоретических решений по совершенствованию и уточнению расчетов ЭМС РЦ и ЭПС с асинхронным тяговым приводом.

Практическая значимость исследований заключается в возможности расчета ЭМС ТРЦ и ЭПС с асинхронным тяговым приводом на двухпутных участках с учетом того, что на входе путевых приёмников в рабочей полосе частот действуют одновременно гармоника тока ЭПС, приближающегося к анализируемой РЦ и гармоника тока ЭПС, движущегося по параллельному пути.

Результаты работы внедрены ОАО «ЭЛТЕЗА» при разработке микропроцессорной аппаратуры ТРЦ-АР и использованы ОАО «НИИАС» при разработке систем интервального регулирования движения поездов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на научно-практических конференциях "Безопасность движения поездов" (Москва, 2011-2014 гг.), X юбилейной Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых "Trans-Mech-Art-Chem" (Москва, 2014 г.), на заседаниях и научных секциях кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте»

МГУПС (МИИТ) в 2011-2015 гг.

Публикации по теме диссертации. Основные положения диссертации изложены в 15 статьях, 4 из которых опубликованы в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников из 105 наименований и семи приложений. Основное содержание работы изложено на 128 страницах печатного текста, содержит 15 таблиц и 58 рисунков. Приложения представлены на 51 странице.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи диссертации.

В **первой главе** проанализированы методы определения влияния гармонических составляющих тягового тока на работу приёмных устройств РЦ в нормальном режиме.

В настоящее время при определении ЭМС ТРЦ и ЭПС не учитывается влияние гармонических составляющих тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути на двухпутном участке.

Распространение вдоль рельсовой линии напряжений и токов вследствие гармоника тягового тока, протекающей в контактном проводе параллельного пути, описывается выражениями:

$$\dot{U}_{1x} = P(A_1 \text{sh}\gamma_1 x + A_2 \text{ch}\gamma_1 x) + Q(A_3 \text{sh}\gamma_2 x + A_4 \text{ch}\gamma_2 x); \quad (1)$$

$$\dot{U}_{2x} = \frac{M\gamma_1 + P g_{12}}{g_2 + g_{12}} (A_1 \text{sh}\gamma_1 x + A_2 \text{ch}\gamma_1 x) + \frac{N\gamma_2 + Q g_{12}}{g_2 + g_{12}} (A_3 \text{sh}\gamma_2 x + A_4 \text{ch}\gamma_2 x); \quad (2)$$

$$\dot{I}_{1x} = A_1 \operatorname{ch} \gamma_1 x + A_2 \operatorname{sh} \gamma_1 x + A_3 \operatorname{ch} \gamma_2 x + A_4 \operatorname{sh} \gamma_2 x + \frac{I_{\text{кп1}} (z_2 z_{\text{кп11}} - z_m z_{\text{кп12}})}{z_m^2 - z_1 z_2}; \quad (3)$$

$$\dot{I}_{2x} = M(A_1 \operatorname{ch} \gamma_1 x + A_2 \operatorname{sh} \gamma_1 x) + N(A_3 \operatorname{ch} \gamma_2 x + A_4 \operatorname{sh} \gamma_2 x) - \frac{I_{\text{кп1}} (z_m z_{\text{кп11}} - z_1 z_{\text{кп12}})}{z_m^2 - z_1 z_2}, \quad (4)$$

где z_1, z_2 – удельные сопротивления одиночных рельсов;

z_m – сопротивление взаимной индуктивности рельсовых нитей;

$z_{\text{кп11}}, z_{\text{кп12}}$ – сопротивления взаимной индуктивности контактного провода параллельного пути и каждой рельсовой нити;

x – расстояние от конца рельсовой линии, где подключена нагрузка;

I_{1x}, I_{2x} – соответственно токи в первой и второй рельсовых нитях с положительным направлением от питающего конца к нагрузке;

U_{1x}, U_{2x} – напряжения первой и второй рельсовых нитей относительно земли с положительным направлением от рельсов к земле;

$I_{\text{кп1}}$ – гармоника тока в контактном проводе параллельного пути с положительным направлением от тяговой подстанции (ТП).

Уровень гармонической составляющей тока ЭПС частотой f , оказывающий мешающее влияние на аппаратуру ТРЦ, характеризуется коэффициентом влияния $K_{\text{вл}}$, который определяется следующим образом:

$$K_{\text{вл}} = \frac{|I_{\text{н}}|}{|I_{\text{кп1}}|}, \quad (5)$$

где $I_{\text{н}}$ – ток помехи, протекающий через приведённое сопротивление аппаратуры генерации или приёма сигнала РЦ.

Ток помехи $I_{\text{п}}$, протекающий через вход приёмника ТРЦ равен:

$$I_{\text{п}} = \frac{I_{\text{кп1}} \cdot K_{\text{вл}}}{n}, \quad (6)$$

где n – коэффициент трансформации дроссель-трансформатора или путевого трансформатора.

Ток помехи, протекающий через приведённое сопротивление аппаратуры генерации или приёма сигнала РЦ на двухпутном участке $I_{ни}^{ДУ}$, определяется по принципу суперпозиции как сумма токов вследствие влияния гармонических составляющих контактного провода данного пути $I_{ни}^{ОУ}$ и параллельного пути $I_{ни}$: $I_{ни}^{ДУ} = I_{ни}^{ОУ} + I_{ни}$, $i \in [1; 3]$ для каждой отдельно выбранной схемы замещения с распределенными параметрами и места подключения аппаратуры генерации или приёма сигнала ТРЦ.

Ток $I_{ни}^{ОУ}$ рассчитывается по известным формулам. Для определения тока $I_{ни}$ требуется разработка специального математического описания.

Коэффициент влияния $K_{впл}^{ДУ}$ для двухпутного участка определяется как отношение величины модуля тока $|I_{ни}^{ДУ}| = |I_{ни}^{ОУ} + I_{ни}|$ к значению тока гармоники ЭПС $I_{кп1}$, допустимому по ГОСТ Р 55176.3.1-2012.

Постоянные интегрирования в выражениях (1) – (4) определяются в соответствии со схемой замещения для рассматриваемой конфигурации РЦ в нормальном режиме с учетом влияния тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути.

Ток, протекающий через приведённые сопротивления аппаратуры генерации и приема сигналов $Z_{н1}$, $Z_{н2}$, определяется по выражениям:

$$I_{н1} = \frac{U_{1н} - U_{2н}}{Z_{н2}} \text{ при } x = 1;$$

$$I_{н1} = \frac{(A_1 \text{sh} \gamma_1 l + A_2 \text{ch} \gamma_1 l)(Pg_2 - M\gamma_1) + (A_3 \text{sh} \gamma_2 l + A_4 \text{ch} \gamma_2 l)(Qg_2 - N\gamma_2)}{Z_{н2}(g_2 + g_{12})}; \quad (7)$$

$$I_{н2} = \frac{U_{1н} - U_{2н}}{Z_{н2}} \text{ при } x = 0;$$

$$I_{н2} = \frac{1}{Z_{н2}(g_2 + g_{12})} [A_2(Pg_2 - M\gamma_1) + A_4(Qg_2 - N\gamma_2)]; \quad (8)$$

Коэффициенты влияния в начале $K_{вл1}$ и конце $K_{вл2}$ линии при учете влияния тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути имеют вид:

$$K_{вл1} = \frac{|I_{н1}|}{|I_{кп1}|} \text{ при } x = 1; \quad (9)$$

$$K_{вл1} = \frac{(A_1 \operatorname{sh} \gamma_1 l + A_2 \operatorname{ch} \gamma_1 l)(P g_2 - M \gamma_1) + (A_3 \operatorname{sh} \gamma_2 l + A_4 \operatorname{ch} \gamma_2 l)(Q g_2 - N \gamma_2)}{Z_{н2}(g_2 + g_{12})|I_{кп1}|};$$

$$K_{вл2} = \frac{|I_{н2}|}{|I_{кп1}|} \text{ при } x = 0; \quad (10)$$

$$K_{вл2} = \frac{\frac{1}{Z_{н2}(g_2 + g_{12})} [A_2(P g_2 - M \gamma_1) + A_4(Q g_2 - N \gamma_2)]}{|I_{кп1}|},$$

где A_1, A_2, A_3, A_4 определяются решением системы уравнений (1) – (4) с учетом граничных условий для схемы замещения РЦ с изолирующими стыками, примыкающей к ТП.

В диссертации разработано математическое описание для расчета влияния гармоник тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути двухпутных участков, в нормальном режиме работы на РЦ различной конфигурации: с изолирующими стыками, примыкающие к ТП, РЦ с общим источником питания и на РЦ, расположенные на перегоне в произвольном месте, без изолирующих стыков.

Во второй главе приведено разработанное математическое описание для определения влияния гармонических составляющих обратного тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути, на двухпутном участке в контрольном режиме.

Формулы для вычисления коэффициентов влияния $K_{вл1}, K_{вл2}, K_{вл3}$ имеют вид:

$$K_{\text{вл1}} = \frac{1}{|I_{\text{кп1}}|} \left(\frac{(M-1) \left[A_1' \text{ch}\gamma_1(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) + A_2' \text{sh}\gamma_1(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) \right]}{2} \right) + \quad (11)$$

$$+ \frac{(N-1) \left[A_3' \text{ch}\gamma_2(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) + A_4' \text{sh}\gamma_2(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) \right]}{2} - K_{15};$$

$$K_{\text{вл2}} = \frac{1}{|I_{\text{кп1}}|} \left(\frac{(1-M) \left[A_1''' \text{ch}\gamma_1(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) + A_2''' \text{sh}\gamma_1(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) \right]}{2} \right) + \quad (12)$$

$$+ \frac{(1-N) \left[A_3''' \text{ch}\gamma_2(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) + A_4''' \text{sh}\gamma_2(l_5 + l_4 + l_3 + l_2) \right]}{2} + K_{15};$$

$$K_{\text{вл3}} = (K_1 (A_1' \text{sh}\gamma_1(l_5 + l_4 + l_3) + A_2' \text{ch}\gamma_1(l_5 + l_4 + l_3)) + K_2 (A_3' \text{sh}\gamma_2(l_5 + l_4 + l_3) + \quad (13)$$

$$+ A_4' \text{ch}\gamma_2(l_5 + l_4 + l_3)) \frac{Z_{\text{н2}}}{Z_{\text{н3}} |I_{\text{кп1}}|},$$

$$\text{где } K_1 = \frac{Pg_2 - M\gamma_1}{Z_{\text{н2}}(g_2 + g_{12})}; K_2 = \frac{Qg_2 - N\gamma_2}{Z_{\text{н2}}(g_2 + g_{12})};$$

$$K_{15} = \frac{I_{\text{кп1}}}{2(z_m^2 - z_1 z_2)} \left[z_{\text{кп11}}(z_m + z_2) - z_{\text{кп12}}(z_m + z_1) \right]$$

В диссертации разработано математическое описание для расчета влияния гармоник тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути двухпутных участков, в контрольном режиме работы на РЦ различной конфигурации: с изолирующими стыками, примыкающие к ТП, РЦ с общим источником питания и на РЦ, расположенные на перегоне в произвольном месте, без изолирующих стыков.

В **третьей главе** приведены результаты экспериментального исследования в эксплуатационных условиях воздействия тягового тока ЭПС с асинхронным тяговым приводом на работу ТРЦ.

Оценка работоспособности приёмных устройств ТРЦ производится по результатам обработки и анализа экспериментальных данных на основании сравнения расчетного значения гармоника тягового тока РЦ с нормативным. Экспериментальные данные для последующей обработки представляют собой записи переменной составляющей обратного тягового

тока, протекающего через междроссельную перемычку ДТ смежных РЦ.

Исходные данные были получены при проведении экспериментов в реальных эксплуатационных условиях на Октябрьской железной дороге.

При проведении экспериментов была учтена неравномерная скорость движения ЭПС, а также различные режимы работы асинхронного тягового привода. ЭПС «Сапсан» двигался с постоянной скоростью около 160 км/ч, а также в режимах тяги и торможения на различных сигнальных точках, в том числе, примыкающих к ТП.

Для регистрации переменной составляющей использовался специализированный аппаратно-программный комплекс, который включает в себя:

- датчик регистрации переменной составляющей тягового тока;
- цифро-аналоговый преобразователь;
- ПЭВМ для обработки цифровых данных переменной составляющей тягового тока ЭПС с необходимым набором программных средств.

В качестве датчика регистрации переменной составляющей использовались катушки Роговского типа FLUKE i3000s. Преобразование аналоговых данных в цифровой вид осуществлялось с помощью регистратора – аналого-цифрового преобразователя А17-У8. Набор средств аппаратно-программного комплекса ПЭВМ позволяет проводить гармонический анализ цифровых данных в скользящем «окне» Ханна с учетом перекрытия «окон» 50-75%. Функциональная схема проведения экспериментов показана на рисунке 1.

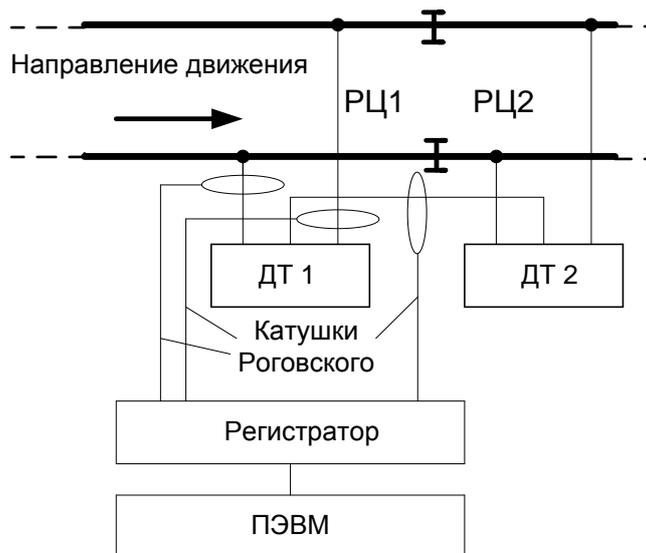


Рисунок 1. Функциональная схема проведения экспериментов по регистрации переменной составляющей обратного тягового тока в междроссельной перемычке

В результате анализа записей переменной составляющей тягового тока в каждом рельсе при движении одиночного электровоза ЭП-20 по станционному пути зафиксирован стохастический характер асимметрии переменной составляющей тягового тока в рельсовой линии. Коэффициент асимметрии вычислялся в интервале 0,6 с, соответствующем времени реакции путевого приёмника, при этом математическое ожидание $M [K_{ac}] = 0,174$, среднеквадратичное отклонение $\sigma [K_{ac}] = 0,077$, вероятность того, что коэффициент асимметрии меньше или равен 0,12 $P (K_{ac} \leq 0,12) = 0,28$.

Расчет влияния гармоник тягового тока в контактном проводе параллельного пути двухпутных участков в нормальном и контрольном режиме работы проводится на основании алгоритма, представленного на рисунке 2.

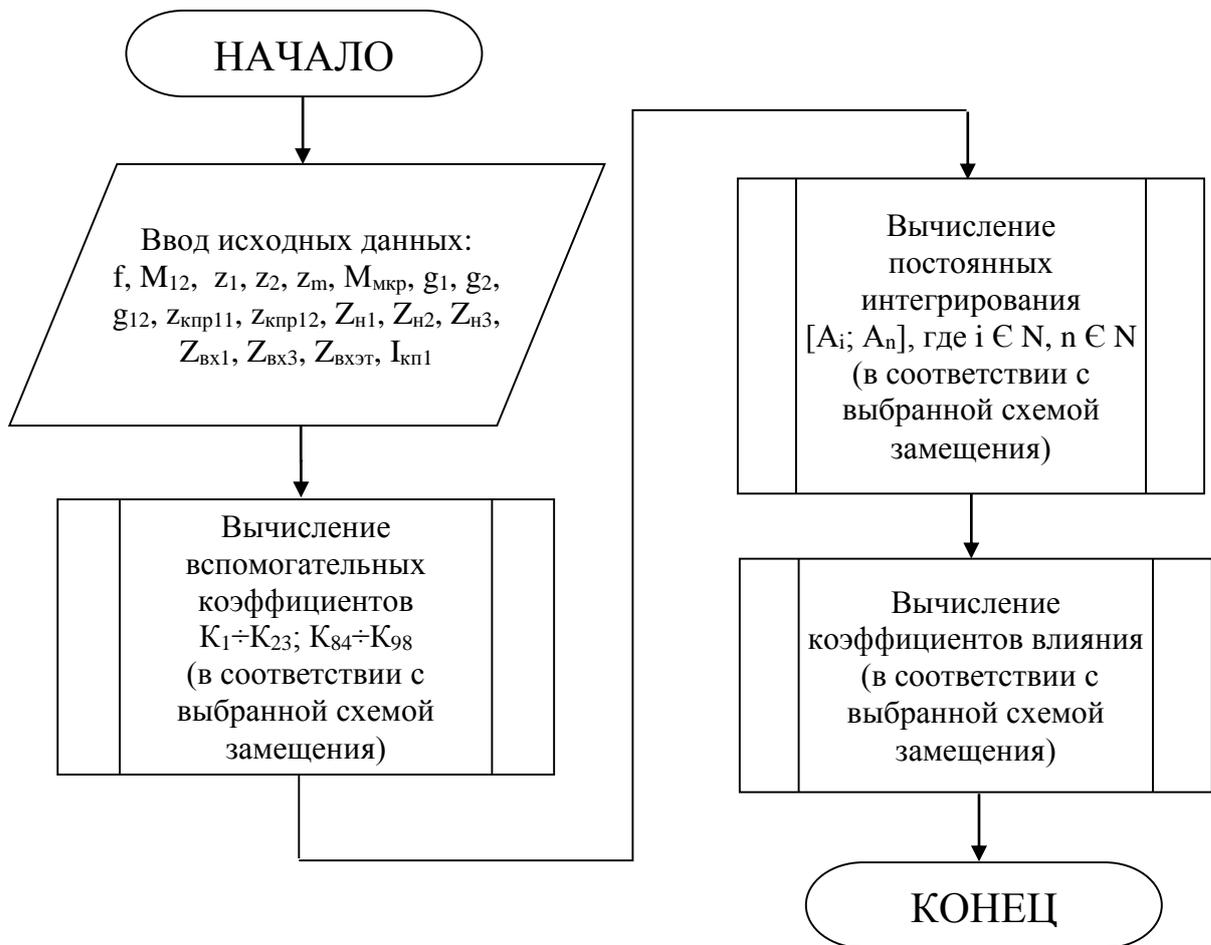


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма вычисления коэффициентов влияния на путьевой приёмник РЦ переменной составляющей тягового тока

На основании разработанного математического описания рассчитаны коэффициенты влияния $K_{вл}^{ДУ}$ и токи на входе приёмника РЦ $I_{пл}^{ДУ} = \frac{I_{кп1} \cdot K_{вл}^{ДУ}}{n}$ с учетом влияния гармоник тяговых токов протекающих в контактном проводе данного пути и в контактном проводе пути, параллельного с ним, на двухпутном участке.

Проведенные расчеты показывают, что гармонические составляющие тягового тока в контактном проводе параллельного пути оказывают существенное влияние на работу ТРЦ в нормальном и контрольном режимах.

Для гарантированного обеспечения ЭМС ТРЦ и ЭПС с допустимым значением величины гармонических составляющих тока электровоза в рабочей полосе ТРЦ 0,35 А, нормируемым в соответствии с ГОСТ Р 55176.3.1-2012 при одновременном нахождении в фидерной зоне максимально возможного числа электровозов на одном и другом пути необходимо применять микропроцессорные путевые приёмники с допустимым уровнем гармоник тягового тока 30 мА на входе приёмника в рабочей полосе.

Четвертая глава посвящена исследованиям работоспособности аппаратуры ТРЦ-АР. Проведены исследования работоспособности аппаратуры ТРЦ-АР в лабораторных и эксплуатационных условиях.

Установлено, что сборники регулировочных таблиц ГТСС для ТРЦ третьего поколения инвариантны по отношению к ТРЦ-АР.

Проведены лабораторные испытания и разработана методика испытания работоспособности ТРЦ-АР при воздействии помех, создаваемых ЭПС «Сапсан».

Установлено, что выполнение критериев нормального, шунтового и контрольного режимов ТРЦ-АР обеспечивается не только при нормативном значении коэффициента асимметрии рельсовой линии, но и существенно более высоком, когда уровень гармоник ЭПС в рабочей полосе путевого приёмника значительно увеличивается. Такой уровень помех может иметь место также на двухпутных участках при интенсивном движении поездов по обоим путям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Создана база данных – записей переменной составляющей обратного тягового тока в междроссельной перемычке смежных РЦ при движении ЭПС с асинхронным тяговым приводом.
2. Разработана физическая модель для экспериментального исследования

работы ТРЦ-АР с варьируемым K_{ac} РЦ при воздействии переменной составляющей тягового тока с возможностью проведения сравнительного анализа работы приёмника ПМПЗ ТРЦ-АР и приёмника ПП1.

3. Проведены лабораторные исследования степени воздействия переменной составляющей обратного тягового тока на приёмники ТРЦ.

4. По результатам данных, полученных в ходе экспериментальных поездок локомотива ЭП20, зафиксированы изменения K_{ac} гармонических составляющих тягового тока во времени.

5. В лабораторных и эксплуатационных условиях экспериментально подтверждена работоспособность опытных образцов аппаратуры ТРЦ-АР при динамически изменяющихся эксплуатационных характеристиках.

6. Разработано математическое описание и программное обеспечение для расчета влияния гармоник тягового тока, протекающего в контактном проводе параллельного пути двухпутных участков, на РЦ в нормальном и контрольном режимах работы.

7. По принципу суперпозиции определено результирующее воздействие гармонических составляющих тяговых токов, протекающих в контактных проводах данного пути и параллельного с ним пути на двухпутных участках с помощью разработанных математических моделей.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации:

1. Кравцов, Ю. А. Синтез рельсовых цепей тональной частоты с автоматическим регулированием уровня сигнала / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. Е. Щербина, М. Е. Бакин // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 60–69.

2. Кравцов, Ю. А. Методика расчета контрольного режима рельсовой цепи с учетом воздействия тока электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. Б. Чегуров, М. Е. Бакин // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – № 1. – С. 108–115.

3. Кравцов, Ю. А. Работоспособность путевых приёмников рельсовых цепей тональной частоты при воздействии сетевого тока электропоезда «Сапсан» / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. А. Антонов, М. Е. Бакин // Вестник транспорта Поволжья. – 2013. – № 3 (39). – С. 14–19.

4. Кравцов, Ю. А. Нормативы по электромагнитной совместимости подвижного состава и рельсовых цепей и методы их проверки / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. А. Антонов, М. Е. Бакин // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 2. – С. 65–71.

Другие публикации по теме диссертации:

5. Кравцов, Ю. А. Исследование работоспособности опытных образцов путевых приёмников рельсовых цепей с автоматическим регулированием уровня сигнала / Ю. А. Кравцов, П. Е. Машенко, М. Е. Бакин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 1. – С. 20.

6. Щербина, Е. Г. Математическое описание контрольного режима рельсовых цепей тональной частоты на границе перегона и станции / Е. Г. Щербина, Е. В. Архипов, А. Е. Щербина, М. Е. Бакин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 1. – С. 27.

7. Бакин, М. Е. Помехоустойчивость рельсовой цепи тональной частоты с автоматическим регулированием уровня сигнала / М. Е. Бакин // Труды двенадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов" – М.: МИИТ, 2011. – С. XIV-59–XIV-60.

8. Кравцов, Ю. А. Анализ воздействия помех, создаваемых электропоездом «Сапсан» на работу путевых приёмников ПП1 и ПМП3 / Ю. А. Кравцов, П. Е. Машенко, М. Е. Бакин // Труды тринадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов". – М.: МИИТ, 2012. – С. VIII-7–VIII-9.

9. Бакин, М. Е. Анализ электромагнитной совместимости рельсовой цепи тональной частоты с автоматическим регулированием уровня сигнала с электропоездом «Сапсан» / М. Е. Бакин // Труды тринадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов". – М.: МИИТ, 2012. С. VIII-9–VIII-10.

10. Кравцов, Ю.А. Рельсовая цепь тональной частоты с автоматическим регулированием уровня сигнала / Ю. А. Кравцов, А. А. Антонов, М. Е. Бакин // Механика Транспорт Коммуникации. – 2013. – Т. 11. – №3. – С. DS-30–DS-34.

11. Кравцов, Ю. А. Анализ нормативов по электромагнитной совместимости подвижного состава и рельсовых цепей и методов их проверки, применяемых на

Российских железных дорогах / Ю. А. Кравцов, А. А. Антонов, П. Е. Машенко, М. Е. Бакин, Е. Б. Ромашова // Труды четырнадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов". – М.: МИИТ, 2013. – С. П-3–П-4.

12. Кравцов, Ю. А. Электромагнитное взаимодействие контактного провода с рельсовыми цепями на двухпутных участках железных дорог / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, А. А. Антонов, М. Е. Бакин // Труды пятнадцатой научно-практической конференции "Безопасность движения поездов". – М.: МИИТ, 2014. – С. П-52–П-53.

13. Бакин, М. Е. Электромагнитная совместимость рельсовых цепей и тягового подвижного состава / М. Е. Бакин // Сборник трудов X юбилейной Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых "Trans-Mech-Art-Chem". – 2014. – Т. 1. – С. 13.

14. Бакин, М. Е. Методика расчёта растекания переменных составляющих тягового тока в рельсовых линиях / М. Е. Бакин // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: сб. науч. трудов каф. «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» ПГУПС ; под. ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – С. 55–59.

15. Кравцов, Ю. А. Перспективные способы кодирования рельсовых цепей тональной частоты / Ю. А. Кравцов, Е. В. Архипов, М. Е. Бакин // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – №2. – С. 119–126.

Подписано к печати	22.06.2016	Формат 60×84 1/16
Печать – ризография	Бумага для множит. апп.	Печ. л. 1,0
Тираж 100 экз.	Заказ №	

СР ФГБОУ ВО ПГУПС 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9