



РЕЛЬСОВАЯ ЦЕПЬ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ С АВТОМАТИЧЕСКИМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ УРОВНЯ СИГНАЛА

Юрий А. Кравцов, Антон А. Антонов, Михаил Е. Бакин

kgs1@mail.ru, ant-a-antonov@yandex.ru, msl87@mail.ru

*Московский государственный университет путей сообщения (МГУПС (МИИТ)),
Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9
РОССИЯ*

Ключевые слова: Рельсовая цепь, автоматическое регулирование, помехоустойчивость, электроподвижной состав, электромагнитная совместимость.

Резюме: На современном этапе развития Российских железных дорог руководством достаточно четко поставлена цель, результатом которой является применение на электроподвижном составе (ЭПС) двигателей с асинхронным тяговым приводом взамен коллекторных двигателей. Регулирование тяги в ЭПС с асинхронным тяговым приводом осуществляется путем изменения частоты потребляемого тока. В результате этого в рельсовую цепь (РЦ) могут попадать гармоники тягового тока в достаточно широком диапазоне частот.

В настоящее время совместимость перспективного ЭПС и РЦ достигается путем предъявления жестких требований к асинхронному приводу. Но данный подход не всегда дает эффективный результат. Для повышения надежности работы РЦ совместно с ЭПС с асинхронным тяговым приводом была поставлена задача разработки принципиально новой РЦ, которая обладала бы повышенной помехозащищенностью.

Такая РЦ была создана. Создание новой РЦ с авторегулированием (ТРЦ-АР) стало возможным благодаря использованию современной микропроцессорной базы. Помехозащищенность ТРЦ-АР превысила помехозащищенность существующих РЦ в 50 раз, и ее работоспособность обеспечивается даже в том случае, если уровень сосредоточенной помехи в рабочей полосе частот в 10 - 20 раз превышает минимальный расчетный уровень полезного сигнала.

Помимо этого, был достигнут целый ряд новых эксплуатационных характеристик, позволяющих говорить об экономической эффективности ТРЦ-АР.

Род тяги, а точнее, вид тягового привода, является одним из важнейших факторов, определяющих вид рельсовой цепи, которая является фундаментом всех современных систем железнодорожной автоматики. И, как всем известно, всякий раз смена рода тяги сопровождалась реконструкцией рельсовых цепей.

Переход от паровой тяги к электрической с энергоснабжением на постоянном токе или переменном токе и применением коллекторного двигателя привел к тому, что свободными от помех оказались только диапазоны между гармониками тока частотой 50 Гц. Поэтому были созданы рельсовые цепи с частотами в диапазонах между гармо-

никами тока частотой 50 Гц, в частности рельсовые цепи тональной частоты 420, 480, 580, 720, 780 Гц, которые в настоящее время широко применяются на Российских железных дорогах.

В настоящее время совершенно четко обозначена стратегия замены на тяговом подвижном составе коллекторного двигателя на асинхронный, как при энергоснабжении на постоянном токе, так и при энергоснабжении на переменном токе. Поскольку регулирование тяги осуществляется путем изменения частоты тока, потребляемого асинхронным двигателем, гармоники сетевого тока электровоза возникают в очень широком диапазоне частот, в том числе и в том, в котором работают рельсовые цепи. Это принципиально изменяет требования к перспективным рельсовым цепям.

В настоящее время проблема электромагнитной совместимости (ЭМС) решается путем предъявления жестких требований к уровню помех, допустимому при работе асинхронного двигателя. Это приводит к необходимости установки на электроподвижной состав (ЭПС) громоздких фильтров, которые не всегда обеспечивают желаемый результат.

В связи с вышеизложенным, была поставлена цель, - создать рельсовую цепь, работоспособную при максимально возможном уровне помех в рабочей полосе, с учетом грядущего изменения типа тягового привода. При этом дополнительно была поставлена задача улучшить ряд важных эксплуатационных свойств рельсовой цепи.

В первую очередь это касается вопросов, связанных с принципом регулировки рельсовой цепи, уменьшением влияния человеческого фактора на обеспечение безопасности движения поездов и включением в состав путевого генератора и путевого приёмника встроенных устройств диагностики, выявляющих предотказные состояния.

Обеспечение нормальной работы рельсовой цепи и требований безопасности по шунтовому и контрольному режиму в настоящее время осуществляется точно так же, как и 140 лет назад, когда была построена первая рельсовая цепь. Первоначально путевым приёмником было реле постоянного тока, сейчас - сложный прибор с использованием микропроцессоров и другой современной элементной базы. Но для специалиста, эксплуатирующего рельсовую цепь, безразлично, что находится внутри корпуса приёмника. Он обязан, при всех воздействиях внешних дестабилизирующих факторов, обеспечить расчетные напряжения на его входных зажимах. Ошибка в регулировке может привести либо к ложной занятости и задержкам в движении поездов, либо к ложной свободности и тяжелым последствиям. Поэтому разработана специальная технология обслуживания, предполагающая периодические измерения уровней сигналов на входе приемника и их регистрацию. При этом из-за влияния человеческого фактора, возможны ошибки.

В разработанной рельсовой цепи с автоматическим регулированием уровня сигнала ТРЦ-АР [1, 2, 3, 4] решена задача автоматического обеспечения расчетных уровней, устанавливаемых при ручной регулировке, и их протоколирования. Достигнуто увеличение значения расчетного коэффициента возврата, что, в свою очередь, позволяет увеличить длину станционной ТРЦ-АР до средней длины приёмо-отправочного пути 1200 м.

Реализация одного из важнейших для эксплуатации требований о необходимости обеспечения взаимозаменяемости новой и эксплуатируемой аппаратуры не позволяло применить в ТРЦ-АР другую, более помехоустойчивую форму сигнала. Это требование серьезно усложняло разработку. Однако, благодаря применению в путевом приёмнике двух способов обработки сигнала: нелинейного и спектрального, удалось создать ТРЦ-АР с помехоустойчивостью, которая в 50 раз превышает возможности эксплуатируемых рельсовых цепей тональной частоты.

Тракт нелинейной обработки сигнала (ТНОС) предназначен для принятия решения о состоянии рельсовой цепи в условиях действия широкополосных помех. Алгоритм ТНОС построен на оценке среднеквадратического значения амплитудно-модулированного сигнала.

Тракт спектральной обработки сигнала (ТСОС) ориентирован на работу в условиях мощных узкополосных (синусоидальных) помех, создаваемых перспективным электроподвижным составом с асинхронным тяговым приводом в полосе спектра сигнала рельсовой цепи тональной частоты. Тракт содержит каналы выделения спектральных составляющих амплитудно-модулированного сигнала ТРЦ-АР и анализатор выходного уровня (АВУ) этих составляющих.

Анализатор выходного уровня формирует групповую оценку уровня принимаемого сигнала ТРЦ-АР по совокупности текущих оценок уровней его спектральных составляющих. Решение о состоянии рельсовой цепи (свободна/занята) формируется в виде логического сигнала:

- $A \vee U = 0$ — рельсовая цепь занята;
- $A \vee U = 1$ — рельсовая цепь свободна.

Для включения АВУ (перевода его из состояния 0 в 1) необходимо выполнение двух условий:

- уровень хотя бы двух спектральных составляющих сигнала должен превысить порог срабатывания приемника;
- разброс уровней хотя бы двух спектральных составляющих, превысивших порог срабатывания, должен быть не более 10%.

Одновременное выполнение этих условий возможно только в том случае, если рельсовая цепь свободна, а уровни и характеристики помех отвечают предельным условиям помехоустойчивости тракта ТСОС.

После включения АВУ его переход в выключенное состояние при занятии рельсовой цепи происходит тогда, когда уровень хотя бы одной из спектральных составляющих сигнала ТРЦ-АР опустился ниже порога отпускания.

Логические сигналы от двух решающих трактов (ТНОС и ТСОС) объединяются в выходной решающей схеме по схеме "ИЛИ". При этом считается, что рельсовая цепь свободна, если такое решение принял хотя бы один из трактов, и рельсовая цепь занята, – если оба тракта фиксируют отсутствие сигнала ТРЦ.

Работоспособность ТРЦ-АР обеспечивается даже в том случае, если уровень сосредоточенной помехи в рабочей полосе частот в 10 - 20 раз превышает минимальный расчётный уровень полезного сигнала.

Следует обратить внимание на новые свойства рельсовой цепи, которые могут быть достигнуты при введении в эксплуатацию ТРЦ-АР.

Во всех эксплуатируемых в настоящее время рельсовых цепях путевого приемник имеет 2 контролируемых пороговых уровня сигнала: ток (или напряжение) срабатывания и ток отпускания.

В ТРЦ-АР приемник имеет ещё один контролируемый уровень: верхний предельный уровень, превышение которого свидетельствует о превышении установленной на выходе генератора величины напряжения, допустимого расчетного значения напряжения по шунтовому или контрольному режиму. В этом случае происходит блокировка работы рельсовой цепи.

В нормальном режиме рельсовая цепь функционирует при условии, что фактическое значение сигнала на входе приемника находится между нижним и верхним уровнями оптимальной рабочей зоны изменения сигнала ТРЦ. Это область номинальных значений сигнала. Если уровень сигнала выходит за границы оптимальной рабочей зоны, осуществляется автоматическая корректировка уровня сигнала на выходе путево-

го генератора, в результате которой сигнал на входе приемника попадает в область номинальных значений.

Первоначальная регулировка рельсовой цепи осуществляется техническим специалистом, которому в процессе работы также предоставлено право изменить первоначальную регулировку, так как во всех самых умных системах признаётся, что человек умнее и ему предоставляется право вмешаться в нештатных ситуациях в работу системы. Однако результаты ручной регулировки ТРЦ-АР автоматически записываются и сохраняются в энергонезависимой памяти.

Текущий уровень сигнала на входе приёмника ТРЦ-АР отображается с помощью цифрового индикатора. Эта информация носит информационный, диагностический характер. Метрологические требования предъявляются только к измерению трёх пороговых уровней: срабатывания, отпускания и блокировки, однако измерять их в процессе эксплуатации не требуется. Значение этих параметров гарантируется техническими условиями при выпуске аппаратуры и автоматически обеспечивается при функционировании ТРЦ-АР.

Информация об уровне сигнала, установленном при ручной регулировке, фактическом значении сигнала на выходе генератора и на входе приемника и о техническом состоянии аппаратуры: нормальное, предотказное, отказ передается в систему мониторинга и контроля для интеллектуальной обработки с целью получения информации о состоянии тракта передачи между путевым генератором и приемником. Для выявления предотказных состояний генератор и приёмник имеют модули диагностики, контролирующие изменение параметров сигнала, ёмкостей конденсаторов и др.

Таким образом, эксплуатация ТРЦ-АР может осуществляться по состоянию, только в тех случаях, когда вследствие несанкционированных ситуаций нарушается нормальная работа.

При этом уменьшается влияние человеческого фактора на безопасность движения поездов, поскольку допустимый уровень напряжения на выходе генератора, при котором выполняются нормальный, шунтовой и контрольный режимы, обеспечивается автоматически.

Основным показателем качества рельсовой цепи является расчетный коэффициент возврата. За счет применения современных технологий в ТРЦ-АР удалось повысить расчетный коэффициент возврата. Это достигается за счет почти прецизионных требований, предъявляемых к стабильности параметров аппаратуры, что оказалось возможным благодаря современной цифровой технологии, используемой на всех этапах производства и регулировки аппаратуры.

Повышение расчетного коэффициента возврата ТРЦ-АР позволяет повысить длину станционной рельсовой цепи до средней длины приёмо-отправочного пути 1200 м. В результате чего уменьшается потребность в аппаратуре и кабеле, т.е. достигается серьезный экономический эффект.

Допустимый уровень помех в полосе пропускания приемника нормируется в ТРЦ-АР при коэффициенте запаса на 10% меньше, чем в эксплуатируемых рельсовых цепях. В связи с этим расчетная мощность ТРЦ-АР уменьшается на 20%. Фактическое потребление электроэнергии будет ещё меньше, поскольку в тех случаях, когда сопротивление изоляции рельсовой линии будет превышать минимальное расчётное значение, например зимой, напряжение на выходе генератора будет автоматически снижаться. При уменьшении напряжения увеличивается КПД усилителя мощности, что ещё в большей степени способствует экономии электроэнергии. Таким образом, имеет место существенная экономия электроэнергии, что соответствует требованиям применения энергосберегающих технологий.

Благодаря уменьшению массо-габаритных характеристик аппаратуры представляется возможность размещать её в типовом крейте, который используется в современных системах микропроцессорной электрической централизации.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Пат. 2310572 Российская Федерация, МПК В 61 L 23/16. Устройство рельсовой цепи / Ю.А. Кравцов. - № 2006141302/11; Заяв. 23.11.2006; Оpubл. 20.11.2007.
- [2] Пат. 2270121 Российская Федерация, МПК В 61 L 23/16. Устройство для передачи сигнала в рельсовую цепь / Н.М. Беляев, А.М. Дудниченко, В.А. Згура, Ю.А. Кравцов, Ю.В. Медведев, А.Н. Хмелинин, С.А. Шевцов. - № 2005108084/11; Заяв. 23.03.2005; Оpubл. 20.02.2006.
- [3] Пат. 2270122 Российская Федерация, МПК В 61 L 23/16. Устройство для приема сигнала из рельсовой цепи / И.В. Баранников, Н.М. Беляев, А.М. Дудниченко, В.А. Згура, Ю.А. Кравцов, А.Н. Хмелинин, С.А. Шевцов. - № 2005108085/11; Заяв. 23.03.2005; Оpubл. 20.02.2006.
- [4] Кияткин Н.А., Кравцов Ю.А. Новые свойства аппаратуры и рельсовой цепи тональной частоты с автоматическим регулированием уровня сигнала ТРЦ-АР // Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте: Сборник докладов Шестой Международной научно-практической конференции «Транс ЖАТ – 2012». – Ростов н/Д, - 288с., ISBN 978-5-88814-333-9, – с. 209 – 212.

AUDIO FREQUENCY TRACK CIRCUIT WITH AUTOMATIC CONTROL OF SIGNAL LEVEL

Juriy A. Kravtsov, Anton A. Antonov, Mikhail E. Bakin
kgs1@mail.ru, ant-a-antonov@yandex.ru, msl87@mail.ru

**Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Obraztsova str., 9 bld. 9
RUSSIA**

Key words: track circuit, automatic control, interference immunity, electric stock, electromagnetic compatibility.

Abstract: At the present stage of development of Russian Railways the management rather accurately set the purpose which result is application on an electric stock of asynchronous electric traction motors instead of collector electric traction motors. Draft force regulation of the asynchronous traction motors is carried out by change of frequency of consumed current. As a result harmonics of traction current can get to the track circuit in rather wide range of frequencies.

Now compatibility of perspective electric stock and track circuits is reached by presentation of rigid requirements to the asynchronous drive. But this approach not always yields effective result. For increase of reliability of the track circuits and the asynchronous electric traction stock the problem of design of essentially new track circuit with improved interference immunity was set.

Such track circuit was created. Creation of new audio frequency track circuit with automatic control of signal level (AFTC-AC) became possible thanks to modern microprocessor base. Interference immunity of AFTC-AC is exceeded interference immunity of existing track circuits by 50 times, and its efficiency is provided even in case level of the concentrated interference in a working frequency band by 10 - 20 times exceeds the minimum settlement level of a useful signal.

In addition, a number of the new operational characteristics, allowing to speak about economic efficiency of AFTC-AC was reached.