



# Оценка электромагнитного воздействия тягового подвижного состава на рельсовые цепи



*Димитров Румен – ООО «ТИНСА», София, Болгария\*.*

**Румен ДИМИТРОВ**

Действующие на железнодорожном транспорте Болгарии правила требуют, чтобы каждый новый тип локомотива для получения доступа к железнодорожной инфраструктуре прошёл процедуру проверки электромагнитного воздействия на функционирование рельсовых цепей.

Соответствующая проверка производилась для семи типов рельсовых цепей переменного и постоянного тока и шести типов вновь вводимых в эксплуатацию локомотивов – пяти электровозов и одного тепловоза.

Приведена принципиальная схема испытаний, во время которых регистрировались форма, частота и уровень напряжения на клеммах путевого приёмника (на катушке путевого реле) при свободной (нормальный режим) и занятой (шунтовый режим) рельсовой цепи во время воздействия обратного тягового тока электровозов, а также во время воздействий, вызванных функционированием электрического оборудования в кузове и под рамой тепловоза.

Для электровозов испытания проводились во время шунтирования рельсовых цепей (проверяемой и соседней с ней), трогания с места, при снятии и поднятии пантографа. Для тепловоза

испытания проводились в стационарном режиме, когда внутренние колёсные пары шунтировали изолирующие стыки двух соседних рельсовых цепей, для разных случаев расположения аппаратуры релейного и приёмного концов. Во время испытаний следили за состоянием якоря и контактов путевых реле. Амплитуда регистрируемых помех сравнивалась с напряжением надёжного выключения и включения путевых реле/путевых приёмников. Установлено, что во время шунтового режима регистрируемые остаточные напряжения на путевом приёмнике во время воздействия электровоза были в 50 и более раз ниже напряжения надёжного включения и в 33 и более раз ниже напряжения надёжного выключения приёмника. Для тепловоза результаты оказались аналогичными, за исключением случая коротких рельсовых цепей постоянного тока, когда амплитуда помех была выше, но без опасного воздействия на шунтовой режим.

В результате испытаний установлено, что все типы рельсовых цепей, применяемые на железных дорогах Болгарии, устойчивы к электромагнитным помехам, исходящим от испытанных представителей тягового подвижного состава.

*Ключевые слова:* железная дорога, тяговый подвижной состав, рельсовые цепи, электромагнитное воздействие.

\*Информация об авторе:

**Димитров Румен** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, эксперт ООО «ТИНСА», София, Болгария, [rudimitrov@mail.bg](mailto:rudimitrov@mail.bg).

Статья поступила в редакцию 06.10.2020, принята к публикации 09.11.2020.

**For the English text of the article please see p. 52.**

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с действующими на железнодорожном транспорте Болгарии правилами, каждый новый тип локомотива, который является собственностью местного или иностранного перевозчика, чтобы получить доступ к железнодорожной инфраструктуре, должен пройти процедуру проверки на соответствие требованиям национальных технических правил и национальных правил безопасности<sup>1</sup>. Одна из таких проверок связана с оценкой электромагнитного воздействия тягового подвижного состава на функционирование рельсовых цепей для выяснения их электромагнитной совместимости. Необходимость такой проверки обусловлена двумя причинами:

- с одной стороны, в настоящее время вводятся в эксплуатацию всё более мощные локомотивы с применением в них современных электронных устройств (выпрямителей, конверторов и др.), которые генерируют электромагнитные излучения и помехи, не имевшие место на момент разработки и внедрения соответствующих типов рельсовых цепей, поскольку такого подвижного состава тогда не существовало;
- с другой стороны, рельсовые цепи, эксплуатируемые в Болгарии, не применяются в большинстве стран Европейского союза.

Оценку электромагнитной совместимости рельсовых цепей с современным подвижным составом можно решать двумя способами:

- проверкой электромагнитного воздействия в натуральных условиях с тем, чтобы выявить насколько возможны и реальны опасные последствия таких воздействий, например, включение путевого приёмника рельсовой цепи в шунтовом режиме;
- проверкой эмиссий (излучений) вновь выпускаемого подвижного состава в частотном диапазоне, уже занятом для функционирования рельсовых цепей.

*Предметом исследования* в настоящей статье являются вопросы методологии и результаты проверки по первому способу

<sup>1</sup> Национален референтен документ на Република България. Изпълнителна агенция «Железопътна администрация», София, 2016.

оценки электромагнитной совместимости подвижного состава с рельсовыми цепями, применяемыми в железнодорожной инфраструктуре Болгарии, а именно:

- рельсовыми цепями постоянного тока при электротяге переменного тока 50 Гц, производства бывшей ГДР;
- рельсовыми цепями советской разработки и производства, в числе которых:
  - импульсные рельсовые цепи 75 Гц;
  - кодовые рельсовые цепи 75 Гц;
  - импульсные рельсовые цепи 25 Гц;
  - фазочувствительные рельсовые цепи 25 Гц;
  - рельсовые цепи в частотном диапазоне 71–83 Гц с гетеродинным контролем короткого замыкания изолирующих стыков;
- короткими электронными рельсовыми цепями типа КЕРВ на 30 кГц болгарской разработки и производства.

В связи с проводимой в настоящее время модернизацией железнодорожной инфраструктуры, некоторые типы рельсовых цепей уже не применяются, однако на момент проверок, о которых пойдёт речь ниже, они ещё были в эксплуатации. Тем не менее автор счёл целесообразным привести полученные для них результаты, поскольку они применяются в других странах, в том числе на российских железных дорогах, и могут представлять интерес для читателей журнала.

## 2. МЕТОДИКА ПРОВЕРОК

Известно, что рельсовые цепи (РЦ) функционируют в четырёх режимах: нормальном, шунтовом, контрольном и автоматической локомотивной сигнализации. Ввиду разных обстоятельств, последний режим не нашёл применения на железных дорогах Болгарии, поэтому проверка воздействия тягового подвижного состава на рельсовые цепи осуществлялась в нормальном и шунтовом режимах. Контрольный режим, ввиду сложности его осуществления, не рассматривался.

Практика показывает, что основными источниками электромагнитных помех, которые могут повлиять на режимы работы рельсовых цепей, являются протекающий в рельсах обратный тяговый ток с его гармоническими составляющими, а также эмиссии от электрических агрегатов и приборов, смонтированных в кузове и под



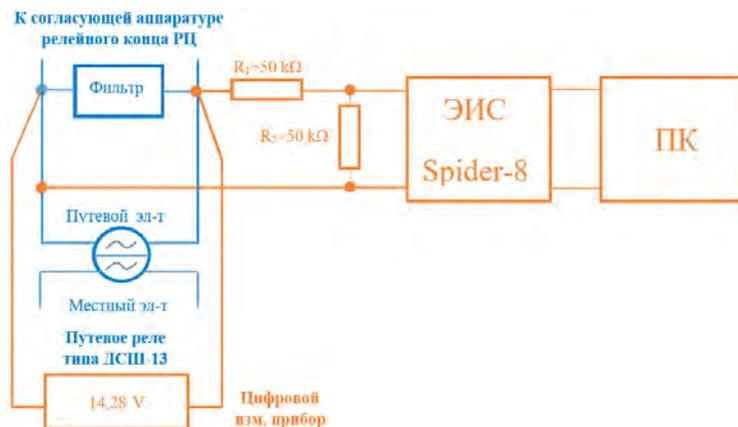


Рис. 1.  $R_1, R_2$  – резисторы делителя напряжения; ЭИС – электронная измерительная система Spider-8; ПК – персональный компьютер [2].

рамой тягового и нетягового подвижного состава (пассажирских вагонов).

Проверка электромагнитного воздействия (электромагнитной совместимости) на рельсовые цепи производилась во время натурных испытаний с регистрацией формы, частоты и уровня напряжения на клеммах путевого приёмника (на катушке путевого реле) при свободной (нормальный режим) и занятой (шунтовой режим) рельсовой цепи во время воздействия обратного тягового тока электрического подвижного состава, а также во время воздействий, вызванных функционированием электрического оборудования в кузове и под рамой тягового подвижного состава с автономной тягой.

Все испытания проводились для референтных рельсовых цепей, соответствующих типам рельсовых цепей на перегонах и станциях с применением схемы (рис. 1), которая для определённости здесь отнесена к фазочувствительной рельсовой цепи.

Для остальных типов рельсовых цепей отличие схемы связано с типом путевого реле, а в случае рельсовых цепей постоянного тока – с отсутствием фильтра.

Во время испытаний всё электрическое оборудование в кузове и под рамой локомотива (трансформаторы, конверторы, выпрямители, тяговые и нетяговые двигатели, освещение, климатическая установка (если имелась), аппаратура автоматической локомотивной сигнализации (для импортных локомотивов) и радиосвязи) было включено, причём, когда это было возможно, на предельных режимах. Испытания производились во время кратковременного нахождения локомотивов в стране с це-

люю получения разрешения на предполагаемые поставки. По каждому типу испытаний проводились двухкратные опыты, что связано с ограниченным временем на их проведение в условиях разрешённых окон в движении поездов.

*а. Дополнительные условия испытаний электровозов при электротяге переменного тока 50 Гц, 25 кВ.*

Испытания электровозов производились с соблюдением следующих дополнительных условий:

- при приближении поезда/локомотива к незанятой рельсовой цепи (нормальный режим), а также при её занятии (шунтовой режим) необходимо, чтобы обратный тяговый ток протекал через приёмный, в частном случае – релейный, конец РЦ (рис. 2), когда этот конец находится на её выходе [1];
- на соответствующем тяговом плече, не должно было быть другого тягового подвижного состава, кроме испытуемого.

Во время испытаний электровоза регистрировалась форма, частота и уровень напряжения на клеммах путевого приёмника (на катушке путевого реле) при движении локомотива к незанятой РЦ, на время её занятия, а также при трогании с места с максимально возможным тяговым усилием. Обратный тяговый ток (с соблюдением условий безопасности) измерялся токоизмерительными клещами Дитце в местах подсоединения дроссель-трансформаторов (ДТ) к рельсам.

*б. Дополнительные условия испытаний тепловозов.*

В случае тепловозной тяги с электрической передачей соблюдалось следующее дополнительное, самое тяжёлое, с эксплуа-

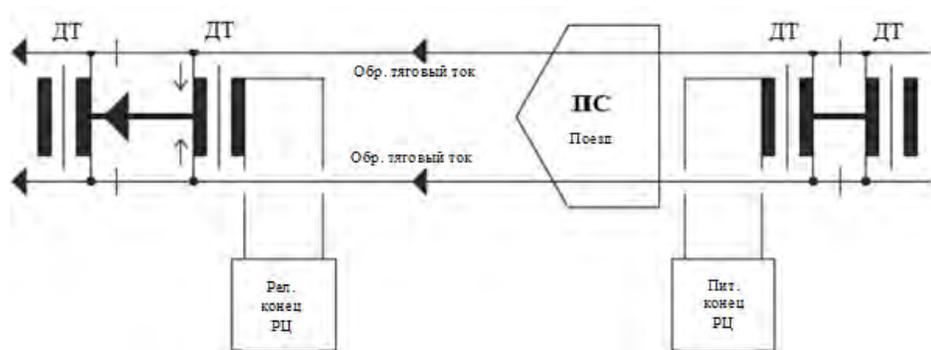


Рис. 2. Условия испытания электровозов [1].

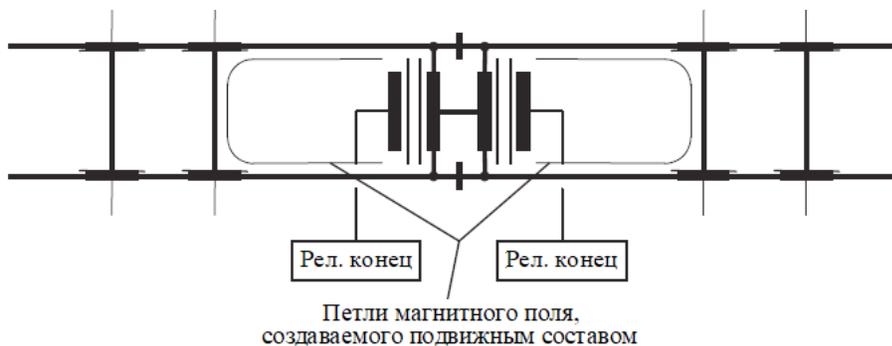


Рис. 3. Условия испытания тепловозов [1].

тационной точки зрения, правило: в шунтовом режиме испытываемой рельсовой цепи тепловоз должен находиться стационарно на пути таким образом, чтобы точки присоединения к рельсам аппаратуры приёмного (релейного) конца рельсовой цепи были расположены между точками контакта внутренних колёсных пар с рельсами [1].

При этом испытания проводились для разных случаев расположения аппаратуры двух соседних рельсовых цепей (два приёмных конца, а также питающий и релейный конец для вариантов с и без дроссель-трансформаторов).

Во время испытаний тепловоза также регистрировались форма, частота и уровень напряжения на клеммах путевого приёмника (на катушке путевого реле) в стационарных условиях, на время движения и трогания с места с максимально возможным тяговым усилием. Когда испытания проводились на электрифицированном участке, необходимо было убедиться, что в этот момент обратный тяговый ток в рельсах, измеряемый токовыми клещами Дитце, был равен или близок к нулю.

### 3. ОБЪЕКТЫ ИСПЫТАНИЙ

В проверке электромагнитного воздействия тягового подвижного состава на рельсовые цепи в разное время участвовали шесть электровозов, работающих на переменном токе 50 Гц напряжением 25 кВ, и один тепловоз.

Испытаниям подверглись следующие локомотивы:

1) Электровоз мощностью 6400 кВт (максимальный обратный тяговый ток около 255 А). Во время испытаний к нему был прицеплен грузовой состав массой 1100 т;

2) Электровоз мощностью 6000 кВт (максимальный обратный тяговый ток около 240 А). Во время испытаний к нему был прицеплен вспомогательный электровоз, который с целью обеспечения нагрузки работал в режиме реостатного торможения;

3) Электровоз мощностью 5600 кВт (максимальный обратный тяговый ток около 225 А). Во время испытаний к нему был прицеплен грузовой состав массой 1000 т;



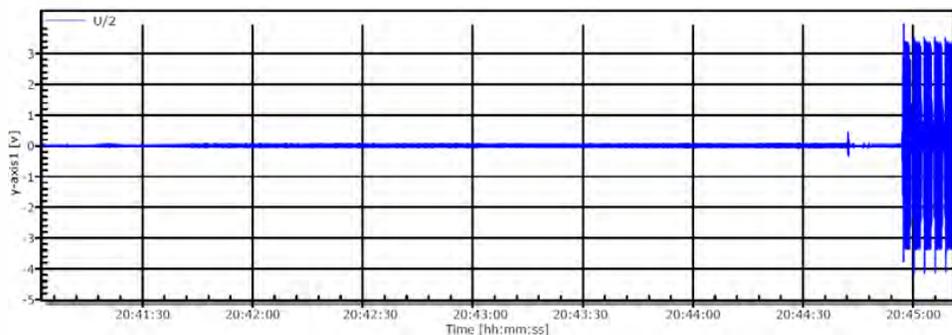


Рис. 4. Импульсная рельсовая цепь 25 Гц (шунтовой режим и трогание с места) [2].

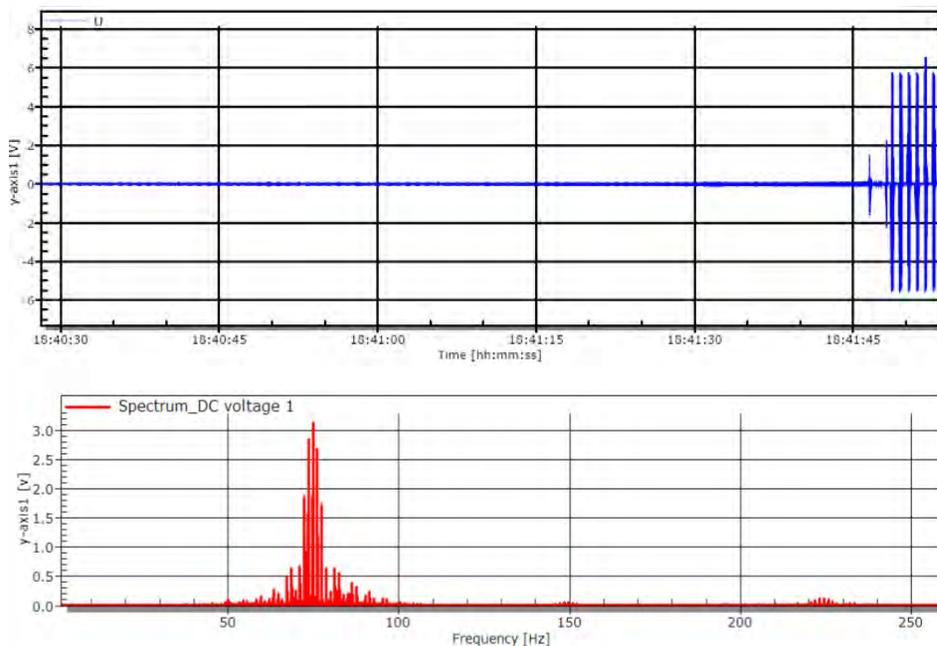


Рис. 5. Кодовая рельсовая цепь 75 Гц (шунтовой режим и трогание с места).  
Частотный спектр сигнала на клеммах импульсного путевого реле [2].

4) Электровоз мощностью 5600 кВт (максимальный обратный тяговый ток около 225 А). Во время испытаний к нему был прицеплен вспомогательный электровоз, который с целью обеспечения нагрузки работал в режиме реостатного торможения;

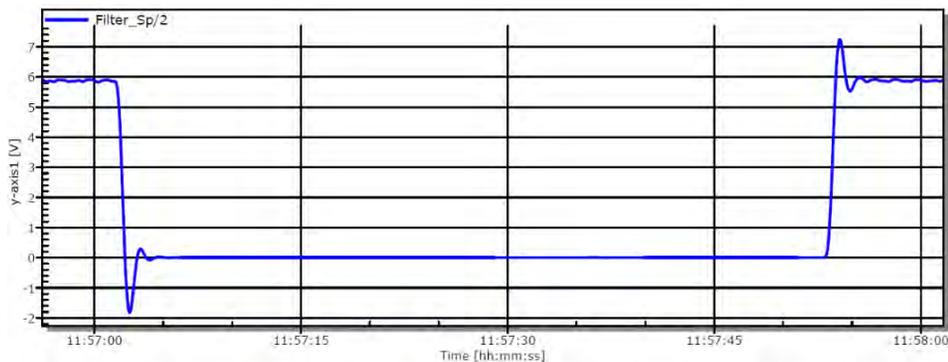
5) Электровоз мощностью 5500 кВт (максимальный обратный тяговый ток около 220 А). Во время испытаний к нему был прицеплен вспомогательный электровоз, который с целью обеспечения нагрузки работал в режиме реостатного торможения;

6) Электровоз мощностью 4250 кВт (максимальный обратный тяговый ток около 175 А). Во время испытаний к нему

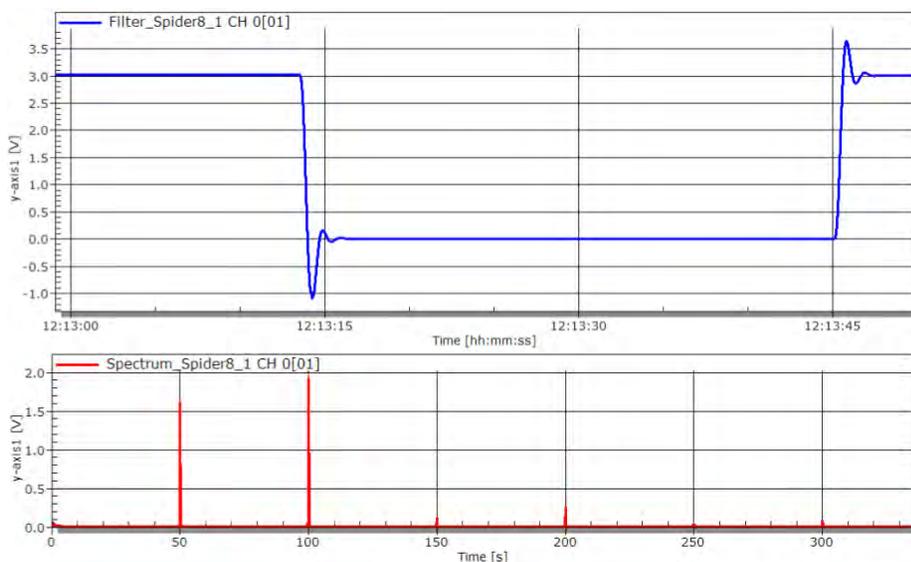
был прицеплен вспомогательный электровоз, который с целью обеспечения нагрузки работал в режиме реостатного торможения;

7) Тепловоз мощностью 1600 кВт.

Во всех случаях в конце состава находился электровоз, который уже имел право доступа к железнодорожной инфраструктуре. Он осуществлял передвижения поезда/испытуемого локомотива к объектам испытаний, а также вспомогательные передвижения в процессе испытаний. Во время некоторых испытаний в режиме реостатного торможения он являлся нагрузкой/товаром для испытуемого локомотива. На время испытаний этот локомотив не был подсоединён к контактной сети.



**Рис. 6.** Рельсовая цепь в диапазоне 71–83 Гц с гетеродинным контролем короткого замыкания изолирующих стыков (переход от нормального к шунтовому режиму, шунтовой режим и переход к нормальному режиму) [2].



**Рис. 7.** Рельсовая цепь постоянного тока (переход от нормального к шунтовому режиму, шунтовой режим и переход к нормальному режиму). Частотный спектр сигнала на клеммах путевого реле при трогании с места [2].

#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРОК/ ИСПЫТАНИЙ

Испытания электровозов и тепловоза выявили наличие следующих эффектов:

##### 4.1. Эффект № 1: Шунтирование рельсовых цепей и трогание локомотива с места

###### 4.1.1. Испытания электровозов

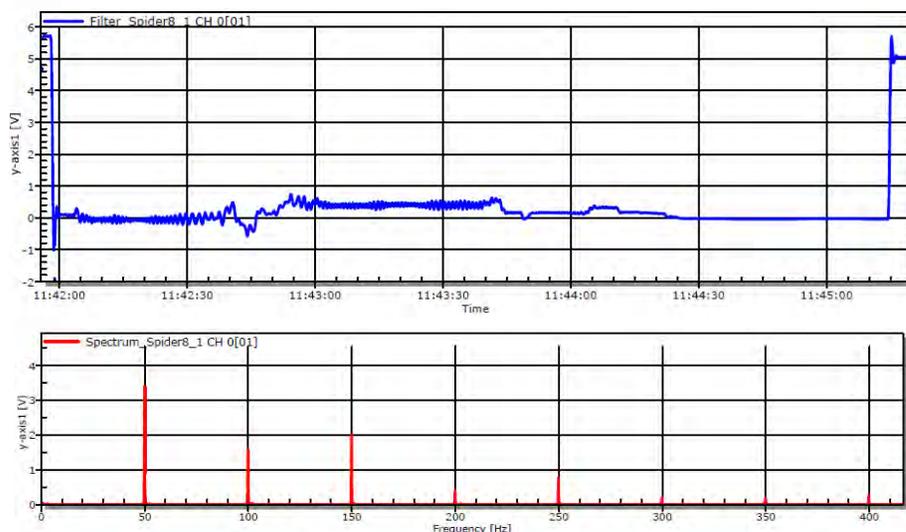
На рис. 4–7 показаны фрагменты осциллограмм, демонстрирующие эффект шунтирования референтных типов рельсовых цепей во время испытаний при воздействии указанных локомотивов. Ввиду схожести полученных результатов, количество осциллограмм намеренно ограничено.

Из приведённых осциллограмм видно, что во время испытаний в нормальном,

а также в шунтовом режиме не обнаружены помехи, которые могли бы привести к нештатному функционированию всех референтных типов рельсовых цепей. При этом:

1. В случае движения тягового средства к незанятой рельсовой цепи не наблюдались изменения в форме и амплитуде сигнала тока. В частотном спектре рельсовых цепей переменного тока присутствовала исключительно частота сигнального тока (50 Гц), во время трогания с места наблюдалась и сильная вторая гармоника (рис. 7), которые вместе не оказывали влияния на функционирование рельсовой цепи.





**Рис. 8. Рельсовая цепь постоянного тока (переход от нормального к шунтовому режиму, шунтовой режим, трогание с места и переход к нормальному режиму). Частотный спектр сигнала на клеммах путевого реле [2].**

2. При шунтировании питающего конца рельсовой цепи, когда движение осуществлялось к приёмному концу, путевой приёмник (путевое реле) стабильно переходил от состояния «под током» в состояние «без тока», а при освобождении рельсовой цепи — от состояния «без тока» в состояние «под током».

3. В шунтовом режиме регистрируемые остаточные напряжения на путевом приёмнике были в 50 и более раз ниже напряжения надёжного включения и в 33 и более раз ниже напряжения надёжного выключения приёмника.

4. При занятой локомотивами:

- импульсной рельсовой цепи подвижный контакт импульсного путевого реле стабильно упирался в неподвижный контакт без перемещений или дребезга;

- рельсовой цепи с нейтральным путевым реле или с нейтральным повторителем импульсного путевого реле якорь был стабильно отпавшим. Перед занятием рельсовой цепи, как и после её освобождения, якорь был стабильно притянут. В обоих состояниях не наблюдались попытки перемещений или дребезга;

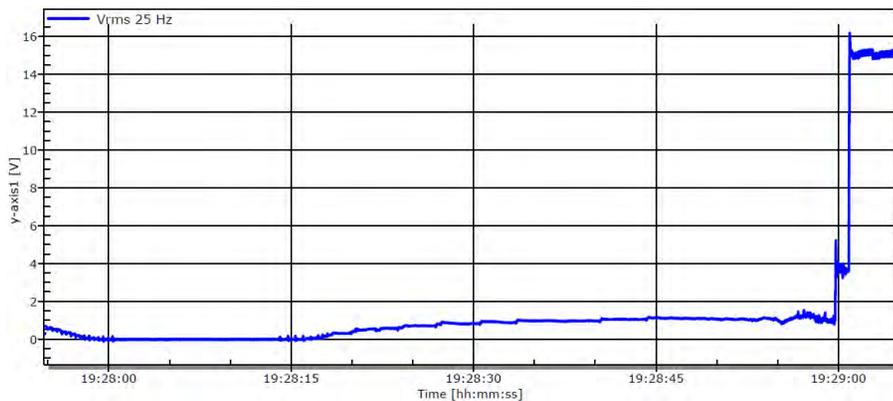
- фазочувствительной рельсовой цепи сектор путевого реле стабильно упирался в нижний ограничивающий ролик без перемещений и/или вибрирования. Перед занятием рельсовой цепи, как и после её освобождения, сектор реле стабильно и не-

подвижно упирался в верхний ограничивающий ролик.

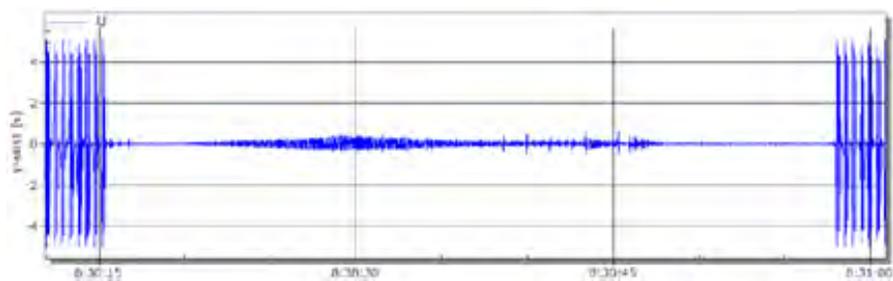
#### 4.1.2. Испытания тепловоза

Во время стационарных испытаний тепловоза в условиях, изображённых на рис. 3, нештатного включения выключенного путевого приёмника/путевого реле не наблюдалось.

В условиях нормального, а также шунтового режима, включая трогание с места, не обнаружено случаев нештатного функционирования референтных типов рельсовых цепей. Результаты аналогичны случаям испытаний электровозов (рис. 4–7). Однако, в случае коротких рельсовых цепей постоянного тока во время торможения и трогания с места тепловоза были обнаружены помехи с амплитудой около 0,7 В (рис. 8). При этом в частотном спектре с наибольшей амплитудой присутствовал сигнал 50 Гц, что необычно для гармонических составляющих выпрямленного питающего напряжения рельсовых цепей постоянного тока. Поэтому следует считать, что источником помех 50 Гц и кратных 50 Гц являлся проверяемый локомотив, что можно объяснить электромагнитными эмиссиями из-за переключений отдельных агрегатов. Подтверждение этому состоит в том, что помехи имеют изменяющуюся амплитуду, что ассоциируется с переходными процессами. Если принять, что источником этих помех действительно явля-



**Рис. 9. Фазочувствительная рельсовая цепь с реле типа ДСШ-13 (трогание с места и переход от шунтового к нормальному режиму) [2].**



**Рис. 10. Импульсная рельсовая цепь 75 Гц [2].**

ется тепловоз, что нельзя было доказать абсолютно, то эксперимент показал однозначно, что они не оказывают опасного влияния на шунтовой режим рельсовой цепи постоянного тока.

В случае фазочувствительных рельсовых цепей при трогании тепловоза с места и переходе от шунтового к нормальному режиму наблюдались помехи с амплитудой около 1,5 В, которые не оказывали воздействия на состояние находящегося в стабильном нижнем положении сектора реле ДСШ-13 (рис. 9).

#### **4.2. Эффект № 2: Генерирование помех при снятии и поднятии пантографа электровазов во время прохождения т.н. «нейтральных вставок»**

На рис. 10 показана осциллограмма напряжения путевого приёмника (импульсного путевого реле типа ИМВШ-110 после фильтра ФП-75) импульсной рельсовой цепи 75 Гц в шунтовом режиме во время испытания указанного выше локомотива № 1.

Видно, что амплитуды напряжения положительной и отрицательной полуволны достигают около 0,5 В, что более чем

в шесть раз ниже напряжения надёжного притяжения якоря реле (3,2 В) и около четырёх раз ниже напряжения надёжного отпадания якоря реле (2 В). Кроме того, помехи имеют аperiодический характер, что не создаёт предпосылок для ложного срабатывания реле.

Подобные результаты во время воздействия на референтные типы рельсовых цепей получены и для остальных указанных электровазов. Таким образом установлено, что во время шунтового режима рельсовых цепей генерируемые помехи при снятии и поднятии пантографа электровазов не вызывают нештатного включения путевого реле.

#### **4.3. Эффект № 3: Шунтирование изолирующих стыков двух соседних рельсовых цепей при передвижении локомотива/поезда с одной рельсовой цепи на другую**

В данном случае, при передвижении подвижного состава от одной импульсной рельсовой цепи к соседней, наблюдался эффект, который состоит в том, что в шунтовом режиме остаточное напряжение на путевого приёмнике имеет значение отличное от нуля. При этом обнаруживаются



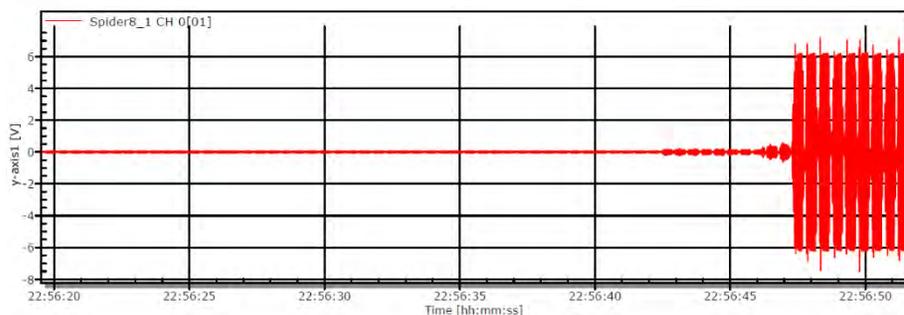


Рис. 11. Импульсная рельсовая цепь 25 Гц (воздействие электровоза) [2].

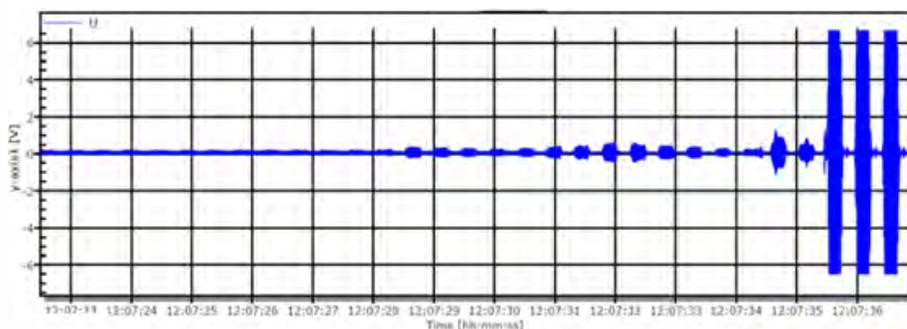


Рис. 12. Импульсная рельсовая цепь 75 Гц (воздействие тепловоза) [2].

хорошо различимые импульсы, хотя и с очень низкой амплитудой (рис. 10–12). Источником этого напряжения не могут быть испытуемые локомотивы, потому что этот эффект имеет место как в случае состава из двух электровозов — испытуемого и вспомогательного (рис. 11), так и в случае тепловоза с прицепленным к нему электровозом со спущенным пантографом (рис. 12).

Осциллограмма (рис. 10), на которой этот эффект тоже зафиксирован, отличается тем, что за испытуемым локомотивом находились грузовые вагоны, во время прохождения которых через изолирующие стыки обнаруженный эффект не имел места (участок осциллограммы окончания шунтового режима). При этом видно, что импульсная последовательность имеет ту же частоту и длительность импульсов, как у питающего напряжения соответствующих рельсовых цепей.

Наблюдаемый эффект можно объяснить следующим образом. С одной стороны, колёсные пары локомотивов шунтируют рельсовую линию с двух сторон изолирующих стыков, что приводит к шунтовому эффекту для каждой из рельсовых цепей. С другой стороны, каждый изоли-

рующий стык шунтируется импедансом (полным сопротивлением) тягового подвижного состава и активным сопротивлением металлической конструкции подвижного состава (тягового и нетягового).

Для выявления указанного эффекта необходимо, чтобы две соседние рельсовые цепи имели разноимённые концы (приёмный конец одной и питающий другой). В этом случае питание сигнальным током с одной рельсовой цепи переходит к приёмному концу другой. В результате установлено, как указано выше, что в шунтовом режиме остаточное напряжение на путевом приёмнике не равно нулю, при этом наблюдаются чётко различимые импульсы характерной частоты и формы с низкой амплитудой, которые в данных случаях можно считать помехами.

Из осциллограмм (рис. 11, 12) видно, что импульсные помехи имеют продолжительность около 5–7 с, что соизмеримо со временем, когда оба локомотива (испытуемый и вспомогательный) пересекают зону изолирующих стыков, т.е. помехи продолжают до момента, когда предыдущая по ходу движения рельсовая цепь будет освобождена ими. Случай, когда после обнару-

женных помех (рис. 10) в конце шунтового режима следует участок осциллограммы без помех, можно объяснить прохождением в это время грузовых вагонов состава, что наводит на мысль о том, что причина для этих помех связана с воздействием полного сопротивления локомотивов.

Из рис. 11, 12 также видно, что зарегистрированные помехи имеют амплитуду около 0,5 В, которая в десять раз ниже амплитуды сигнального тока, более чем в шесть раз ниже напряжения надёжного притяжения якоря реле (3,2 В) и около четырёх раз ниже напряжения надёжного отпадания якоря реле (2 В). Установлено категорически, что эти помехи не вызывают нештатного включения путевого реле во время шунтового режима рельсовых цепей.

Следует отметить, что указанный эффект имеет место исключительно в случае импульсных, включая кодовые, рельсовых цепей 75 и 25 Гц, что можно объяснить их принципом действия и высокой чувствительностью.

#### 4.4. Эффект № 4: Воздействие обратно-тягового тока на дроссель-трансформаторы

В своё время, когда начиналось внедрение релейных централизаций с рельсовыми цепями переменного тока, было решено, что для пропуска обратного тягового тока будут применяться дроссель-трансформаторы (ДТ) типа ДТ1-150, а позже — и ДТ0, 2-150, а также ДТ0, 6-150. Мощность электровозов, даже в случае кратной тяги, тогда не создавала проблем в этом плане.

В настоящее время, как видно из п. 3, ситуация изменилась. Электровозы мощностью более 3750 кВт при электротяге 25 кВ создают обратный тяговый ток более 150 А, из-за чего в случае использования их в кратной тяге имеются предпосылки для перегрева и даже перегорания тяговой обмотки ДТ, особенно на перегонах, где движение происходит по рельсовым цепям длиной порядка 2000 м.

Выход из этой ситуации состоит в следующем:

- либо запретить кратную тягу мощных электровозов на участках с рельсовыми цепями переменного тока, что вызывает возражения со стороны фирм-перевозчиков;

- либо переходить к применению счётчиков осей, что и происходит на вновь модернизируемых участках железной дороги, а также в релейных централизациях, чей остаточный ресурс ещё довольно большой (десять лет и более).

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Испытания указанных локомотивов показали, что, с точки зрения электромагнитной совместимости, ни один из них не может быть источником электромагнитных помех, которые создавали бы угрозу нештатной работе применяемых рельсовых цепей, а отсюда — угрозу безопасности движения поездов.

2. Несмотря на то, что перечисленная во введении статьи часть рельсовых цепей была разработана в середине прошлого столетия, а короткие электронные рельсовые цепи — в 1970—1980-х годах, все типы рельсовых цепей, применяемые на железных дорогах Болгарии, оказались очень устойчивыми к электромагнитным помехам, исходящим от испытанных представителей современного тягового подвижного состава. Это свидетельствует о том, что выбранные в своё время методы защиты от воздействия обратного тягового тока частотой 50 Гц, такие, как:

- частотный признак (частоты сигнального тока 75 Гц, 25 Гц, 0 Гц (в отдельных странах), 30 кГц, другие);

- импульсный признак, включая кодовый;

- фазовый признак, продолжают быть актуальными и эффективными и в настоящее время.

3. При использовании на железных дорогах Болгарии электровозов, мощностью более 3750 кВт при электротяге 50 Гц, 25 кВ следует либо запретить для них кратную тягу на участках с рельсовыми цепями переменного тока, либо переходить к применению счётчиков осей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. EN50238-1:2003. Railway applications — Compatibility between rolling stock and train detection systems. — Part 1: General. [Электронный ресурс]: [https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2003/i.s.en50238-1-2003\\_%2Bac-2014.pdf?sku=1776720](https://infostore.saiglobal.com/preview/is/en/2003/i.s.en50238-1-2003_%2Bac-2014.pdf?sku=1776720). Доступ 20.06.2020.

2. Протоколы испытаний электромагнитного воздействия тягового подвижного состава на рельсовые цепи, применяемые на железных дорогах Болгарии / Димитров Р., и коллектив. — ООО «ТИНСА». — София. — 2015—2020 г.

