УДК 621.331.001.2+656:25

М. А. Гордон

Институт «Гипротранссигналсвязь» – филиал АО «Росжелдорпроект»

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ НА СТАНЦИЯХ СТЫКОВАНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рассмотрены история развития электрификации железных дорог в нашей стране и мировой опыт. Описаны различные системы электрификации железных дорог как по роду тока и напряжению, так и по виду контактной сети. Выполнено сравнение системы электрификации постоянным током с системой на переменном токе. Представлен международный опыт проблемы стыкования поездов на границах участков железных дорог с разным родом электрической тяги. Описаны существующие подходы к построению систем управления движения поездов в местах стыкования различных родов тягового тока, технология работы станций стыкования в нашей стране. Объяснена структура контактной сети на станции стыкования. Представлены принципы взаимодействия систем сигнализации и централизации на станции стыкования с устройствами контактной сети. Показаны элементы управления переключающихся секций контактной сети. Приведен список существующих станций стыкования в нашей стране. Дана отрицательная оценка станциям стыкования в условиях транзитного движения поездов. Рассмотрена история развития двухсистемного электроподвижного состава у нас в стране. Предложен метод организации безостановочного движения двухсистемного электроподвижного состава на полигонах с разными видами тяги. Представлены необходимые изменения в обустройстве контактной сети и алгоритмов работы станций стыкования. Описана новая сигнализация на станциях стыкования для двухсистемных поездов, введенная Руководящими указаниями по применению светофорной сигнализации в ОАО «РЖД» РУ-55–2012, обеспечивающая организацию смены рода тока двухсистемными поездами и исключение выхода поездов с односистемной тягой на маршруты для двухсистемных поездов. Рассмотрены действия дежурного по станции и машинистов при пропуске и приеме двухсистемных поездов на станциях стыкования. Данные решения уже осуществлены на станциях Владимир Горьковской ж. д., Вязьма Московской ж. д., Горячий Ключ Северо-Кавказской ж. д., Рязань-2 Московской ж. д.

станции стыкования; электрификация железных дорог; системы управления движением поездов, секционные изоляторы контактной сети; переключатели контактной сети; двухсистемные поезда; безостановочный пропуск двухсистемных поездов

DOI: 10.20295/2412-9186-2019-1-62-77.

Введение

Впервые возможность применения на железных дорогах электрической тяги предложил в 1874 г. российский ученый Ф. А. Пироцкий. После этого электрификацией железных дорог начали заниматься во всем мире [1–2]. В связи с тем что электрификацией занимались одновременно многие страны, системы электрификации получились различные как по роду тока и напряжению, так и по виду контактной сети. По виду контактной сети самой распространенной является система с воздушной контактной

сетью. Применяется также система с третьим контактным рельсом (в метрополитенах и на линиях трамваях во многих странах) и даже с четвертым контактным рельсом (например, в метрополитенах Лондона, Милана и на нескольких линиях метрополитена Парижа) [3–4].

По роду тока применяются три различные системы электрической тяги – постоянного тока, переменного тока пониженной частоты (16⅔ Гц – в Германии, Австрии, Швейцарии, Швеции, Норвегии; 25 Гц – на некоторых линиях в США) и переменного тока стандартной промышленной частоты 50 Гц. В некоторых странах использовалась система с трехфазным питанием. В настоящее время такие системы применяются только на зубчатых железных дорогах Корковаду в Рио-де-Жанейро, Юнгфрау, Горнерграт в Альпах Швейцарии, Ля Пети трен де ля Рю во Франции и у судового лифта на Красноярском водохранилище в России [5–6].

По напряжению в настоящее время стандартными стали системы 600 В, 750 В, 1500 В, 3000 В постоянного тока, 15 кВ переменного тока частоты 16⅔ Гц, 25 кВ переменного тока частоты 50 Гц. В некоторых странах применяется еще и система 25 кВ переменного тока частоты 60 Гц, где нормальной частотой сети является 60 Гц (США, Канада, Япония, Мексика и др.) [7–9].

В нашей стране (на тот момент СССР) первые железные дороги с электрической тягой появились в 1926 г. на маршруте Сурахан – Сабунчи – Баку. Через три года для пригородного движения был электрифицирован маршрут из Москвы-Пассажирской до Мытищ [10].

Первые электрифицированные участки в СССР были выполнены в системе постоянного тока напряжением 1,5 кВ. Позже в СССР перешли на систему постоянного тока напряжением 3 кВ [11–12].

Достоинством системы постоянного тока в то время была возможность применения коллекторных двигателей постоянного тока, обладающих превосходными тяговыми и эксплуатационными свойствами. К числу ее недостатков относится сравнительно низкое значение напряжения в контактной сети, ограниченное допустимым значением напряжения двигателей. По этой причине по контактным проводам передаются значительные токи, вызывая потери энергии и затрудняя процесс токосъема в контакте между проводом и токоприемником. Интенсификация железнодорожных перевозок, увеличение массы поездов привели на некоторых участках постоянного тока к трудностям питания электровозов из-за необходимости увеличения площади поперечного сечения проводов контактной сети (подвешивание второго усиливающего контактного провода) и обеспечения эффективности токосъема.

С начала 1950-х гг. в мире, в том числе в нашей стране, стали проводиться исследования, связанные с электрификацией железных дорог переменным током.

В СССР электрификация железных дорог переменным током стала выполняться по системе однофазного тока промышленной частоты напряжением 20 кВ, позже, после испытаний, напряжение решили увеличить до 25 кВ. Первым таким участком стал участок Ожерелье – Михайлов – Павелец, пущенный в 1955–1956 гг. [13].

На границах стыкования двух различных систем тягового тока используют либо многосистемный электроподвижной состав, либо специальные станции, на которых напряжение в контактной сети переключается.

При наличии на железнодорожной станции стыкования двух родов электротяги необходимо иметь возможность устанавливать по одним и тем же стрелкам поездные и маневровые маршруты для электротяги переменного тока или для электротяги постоянного тока, т. е. в контактную сеть, в зависимости от установленного маршрута, должен быть подан постоянный или переменный ток. Для выполнения этого условия в нашей стране в конце 1950-х гг. институтом «Гипротранссигналсвязь» были разработаны специальные технические решения. Такие станции получили названия станций стыкования. Одними из первых станций стыкования стали станции Зима и Мариинск Восточно-Сибирской ж. д. Карта мест стыкования двух родов электротяги на железных дорогах России представлена на рис. 1. [14].

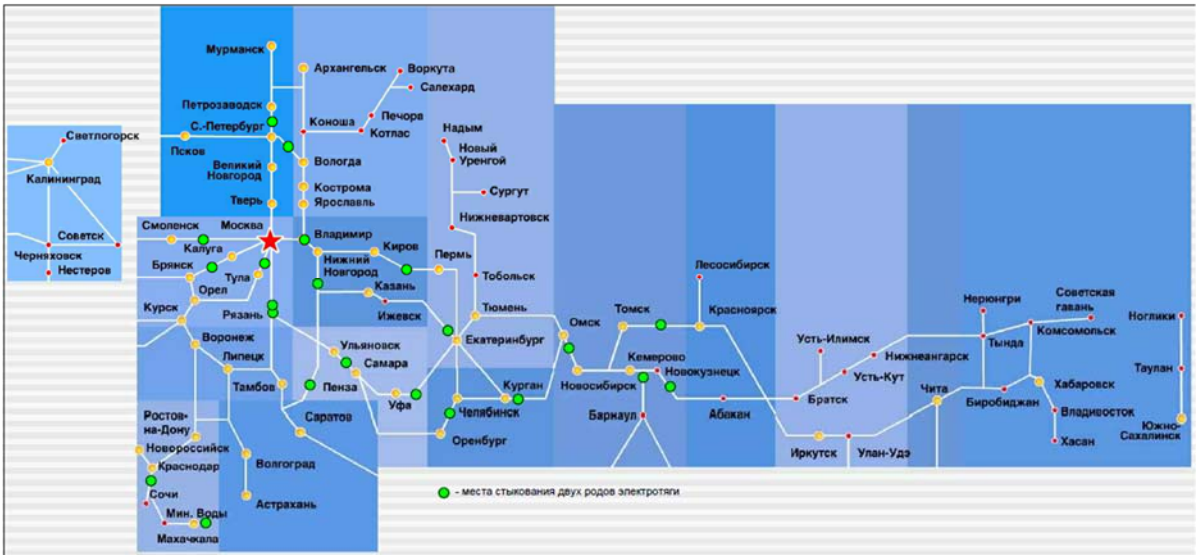

Рис. 1. Карта мест стыкования двух родов электротяги на железных дорогах России

За рубежом широко применяются многосистемные электропоезда, хотя в некоторых странах используют станции стыкования, на которых при движении двухсистемного поезда участок контактной сети переключается с одной системы тягового тока на другой, либо участок контактной сети при движении поезда просто отключается и поезд проезжает данный участок на выбеге [15–18].

1. Устройство контактной сети станций стыкования и работы устройств автоматики

Контактная сеть на станции стыкования при помощи секционных изоляторов делится на ряд изолированных друг от друга участков, называемых секциями контактной сети. Внешний вид секционного изолятора представлен на рис. 2.

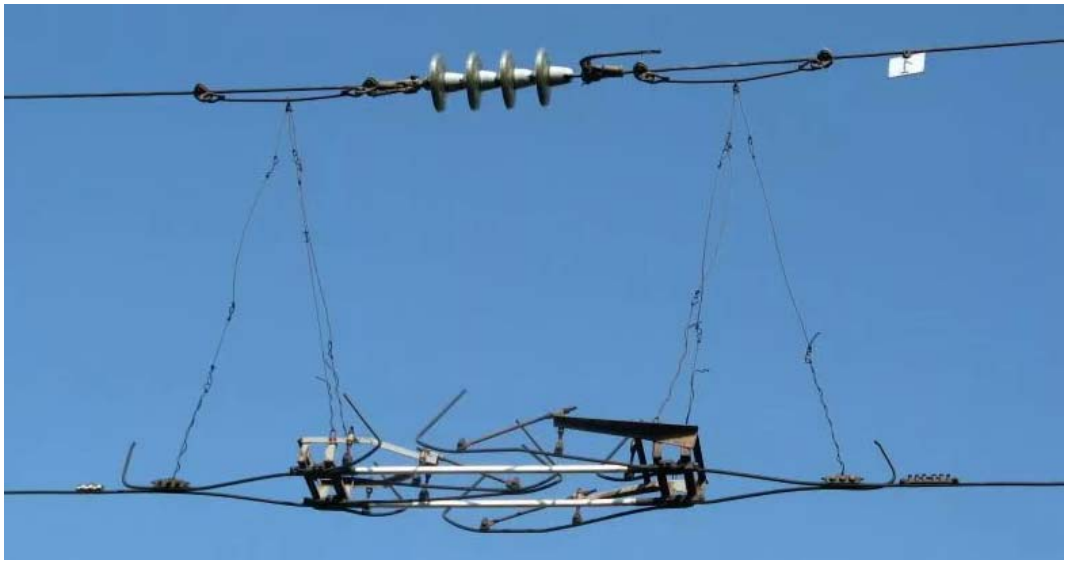

Рис. 2. Секционный изолятор контактной сети

Все секции контактной сети разделяются на три группы:

1. Секции, в которые может быть подан только постоянный тяговый ток.
2. Секции, в которые может быть подан только переменный тяговый ток.
3. Секции, в которые может быть подан или постоянный или переменный тяговый ток в зависимости от установленного маршрута (переключаемые секции контактной сети).

Разбивка контактной сети на переключаемые секции производится в соответствии с путевым развитием станции и принятой маршрутизацией, с учетом параллельных передвижений по стрелкам.

Все переключаемые секции контактной сети имеют секционные переключатели, с помощью которых осуществляется их подключение или к общему фидеру постоянного тягового тока, или к общему фидеру переменного тягового тока. Внешний вид секционного переключателя типа ППС-В-3,3/27,5 показан на рис. 3 [19].

Конструктивно каждый секционный переключатель устанавливается в ячейку переключателя пункта группировки, которая предназначена для

подключения переключателя к шинам постоянного 3,3 кВ и переменного 27,5 кВ тока и отвода в контактную сеть, а также для подключения цепей управления переключателем. Внешний вид современной ячейки переключателя типа 1С-ПВ-3,3/27,5 показан на рис. 4 [19].

Рис. 3. Переключатель ППС-В-3,3/27,5

Рис. 4. Ячейка переключателя пункта группировки 1С-ПВ-3,3/27,5

Секции контактной сети, включаемые на один определенный род тягового тока, переключателей не имеют.

Для размещения приборов управления контактной сетью на станциях стыкования предусматриваются специальные пункты группировки. Внешний вид современного пункта группировки модульного типа ПГ-М-3,3/27,5 показан на рис. 5 [19].

Расстановка светофоров на станции производится согласовано с расположением секционных изоляторов в сменяемых секциях контактной сети с обязательным выделением не менее двух изолированных участков между путем с переключаемой контактной сетью и маневровым светофорах для надежной фиксации проследования локомотива.

Безостановочный пропуск поезда с автономной тягой предусматривается по путям без смены локомотива в маршрутах приема и отправления поездов.

Для указания электрической тяги устанавливаются маршрутные указатели на входных светофорах с электрифицированных перегонов, а также на маршрутных, выходных и маневровых светофорах, ограждающих въезд в район станции, оборудованной электрической централизацией, из района с электрифицированными путями, где не ведется контроль рода локомотива.

Рис. 5. Пункт группировки модульного типа ПГ-М-3,3/27,5

В электрическую централизацию, кроме стрелок и сигналов, входят переключатели секций контактной сети, участвующие в поездных и маневровых маршрутах. Управление переключателями и стрелками осуществляется по однотипным схемам.

Электрическая централизация дополняется следующими зависимостями:

1. Переключение секций контактной сети осуществляется при установке маршрутов автоматически, одновременно с переводом стрелок. Включение переменного или постоянного тягового тока поставлено в зависимость от рода тяги электровоза, для которого готовится маршрут.

2. Во всех маршрутах пусковые цепи соответствующих электроприводов переключателей контактной сети размыкаются при тех же условиях безопасности, что и пусковые цепи стрелок, чем исключается возможность смены напряжений в контактной сети над электроподвижным составом.

3. Изменение рода тягового тока в контактной сети над приемоотправочным путем исключается при установленном на данный путь электровозном маршруте или при наличии на пути электровозов любого рода тока.

4. Прибытие локомотива на путь фиксируется системой счета. Система счета фиксирует прибытие на путь поезда или одиночного локомотива.

5. Система счета допускает возможность передачи на путь, занятый локомотивом, второго локомотива. Подача на путь более двух локомотивов исключается невозможностью установки следующего маршрута до тех пор, пока не будет произведена уборка хотя бы одного из ранее поданных локомотивов.

6. Допускаются маневровые маршруты автономным локомотивом (тепловозом, паровозом и др.) на приемоотправочный путь при наличии на нем одного электровоза любого рода тока.

7. Предусматривается возможность искусственного размыкания контактной сети над приемоотправочным путем и сброс лишнего счета при отсутствии на пути локомотива.

8. Размыкание секций контактной сети осуществляется после полного освобождении задним пантографом электровоза данной секции.

9. После прохода поезда в секциях контактной сети сохраняется напряжение тягового тока последнего использованного маршрута.

Все поездные и маневровые маршруты разделяются на три вида:

1) маршруты электротяги постоянного тока;
2) маршруты электротяги переменного тока;
3) маршруты автономной тяги.

Такое разделение маршрутов определяется особенностями установки и контроля маршрута каждого из родов тяги. Так, при установке маршрута электротяги того или иного рода тока должны быть обеспечены включение в контактную сеть тягового тока и проверка его соответствия роду тяги электровозу, для которого устанавливается маршрут. В то же время при установке маршрута автономной тяги переключения и проверки контактной сети не требуется. Кроме того, каждый род маршрута имеет особенности по враждебности, требующие специальных схемных решений:

– род тягового тока, подаваемого в контактную сеть, определяется родом тока на предмаршрутном участке;

– наличие маршрутов автономной тяги и приборов, контролирующих положение переключателей контактной сети, позволяет осуществить зависимости, при которых исключается установка электротягового маршрута на неэлектрифицированный путь и тем самым ликвидируются возможные ошибки дежурного по станции и машиниста электровоза;

– по одному и тому же светофору, расположенному в районе контактной сети, может быть установлен как электротяговый маршрут, так и маршрут автономной тяги;

– выбор того или иного маршрута осуществляется: в централизованным районах – автоматически, а на входах в район переключаемых секций со стороны несменяемой контактной сети – дежурным постом централизации.

На данный момент в России функционируют 26 станций стыкования: Артышта-2 Западно-Сибирской ж. д., Бабаево Октябрьской ж. д., Балезино Горьковской ж. д., Белореченская Северо-Кавказской ж. д., Вековка Горьковской ж. д., Владимир Горьковской ж. д., Вязьма Московской ж. д., Горячий Ключ Северо-Кавказской ж. д., Данилов Северной ж. д., Дербент Северо-Кавказской ж. д., Дружинино Свердловской ж. д., Инзер Куйбышевской ж. д., Иртышское Западно-Сибирской ж. д., Карталы-1 Южно-Уральской ж. д., Мариинск Красноярской ж. д., Междуреченск Западно-Сибирской

ж. д., Пенза-1 Куйбышевской ж. д., Пенза-3 Куйбышевской ж. д., Пресногорьковская Южно-Уральской ж. д., Рыбное Московской ж. д., Рязань-2 Московской ж. д., Свирь Октябрьской ж. д., Сухиничи-Главные Московской ж. д., Сызрань-1 (Южный Парк) Куйбышевской ж. д., Узуново Московской ж. д., Черепаново Западно-Сибирской ж. д. Также на Южно-Уральской ж. д. есть станция Магнитогорск-Грузовой, которая является станцией стыкования переменного тока 25 кВ со стороны федеральной железной дороги и переменного тока 10 кВ со стороны станций Входная и Гранитная, принадлежащих Магнитогорскому металлургическому комбинату.

2. Безостановочный пропуск двухсистемных поездов

Наличие станций стыкования на маршрутах следования поездов имеет ряд существенных недостатков. В среднем на смену электровоза в грузовом движении затрачивается не менее часа с учетом времени на закрепление и раскрепление состава, маневровую работу на размен локомотивов и выполнение обязательного полного опробования тормозов. В элемент простоя на станциях стыкования могут входить также и непроизводительные потери, такие как время ожидания электровоза нужного рода тока, нитки графика, особенно на участках с интенсивным движением пассажирских поездов, и др. Все это негативно влияет на скорость движения поездов, т. е. на один из важнейших качественных показателей работы. В частности, из-за простоя на станции стыкования маршрутная скорость движения следующих через нее поездов снижается на 40–80 км/сут и более [20].

В связи с этим было решено разработать двухсистемный электроподвижной состав. Первые советские двухсистемные грузопассажирские электровозы серии ВЛ82 были построены в 1966 г. Всего был построен 91 электровоз серии ВЛ82 и ВЛ82^{м}.

В современной России начали выпускать пассажирские двухсистемные электровозы ЭП10 (было построено всего 12) и ЭП20, а также грузовой электровоз двойного питания 2ЭВ120 (выпущено пока 3). Также у нас в стране эксплуатируются двухсистемные электропоезда ЭС1/ЭС2Г «Ласточка» (Siemens Desiro RUS), Sm6 «Аллегро», ЭВС1/ЭВС2 «Сапсан» (Siemens Velaro RUS).

На участках, где работают только тепловозы и двухсистемные электровозы и электропоезда, на перегонах организуют нейтральные вставки, позволяющие двухсистемному электроподвижному составу проходить пункты стыкования без остановки на выбеге.

У нас в стране такими участками являются перегон Бусловская Октябрьской ж. д. – Вайникалла финляндской ж. д. на границе Ленинградской области с Финляндией и перегон Разъезд 5 км – Разъезд 12 км на участке Адлер – Роза Хутор Северо-Кавказской ж. д.

Для организации безостановочного пропуска двухсистемного электроподвижного состава по станции стыкования необходимо изменить алгоритм работы электрической централизации на данных станциях.

Впервые алгоритм пропуска двухсистемных поездов был разработан институтом «Гипротранссигналсвязь» – филиалам ОАО «Росжелдорпроект» в 2009 г. для станции Владимир Горьковской ж. д. в целях уменьшения времени хода высокоскоростных поездов на участке Москва – Нижний Новгород. На основе этого алгоритма на станциях стыкования вводится режим пропуска двухсистемных поездов (ДП). Такой пропуск предусматривается по каждому главному пути в четном и нечетном направлении с возможностью выхода на другой главный путь.

Для выполнения условий исключения перекрытия секций контактной сети с различными видами тягового тока токоприемниками ДП, обращаемых на станции, а также для исключения выхода электропоезда на секцию с другим родом тока в случае неопускания токоприемника (неисправны локомотивные устройства, определяющие род тока в контактной сети) в горловинах станции секции контактной сети отключаются от тягового тока и замыкаются в отключенном состоянии в маршрутах пропуска ДП. Выбор отключаемых секций зависит от максимального расстояния между токоприемниками двухсистемного электроподвижного состава. Длина отключаемых секций обеспечивает торможение ДП в случае неопускания токоприемников вследствие неисправности локомотивных устройств.

При приеме (пропуске) двухсистемного поезда по главным путям в четном или нечетном направлениях и при возникновении неисправности ДП, находящегося на пути приема, предусматривается возможность подачи автономного маневрового локомотива в хвост ДП. В этом случае действия дежурного по станции заключаются в следующем:

– по команде ДСП машинист ДП опускает пантограф электровоза;

– ДСП искусственно размыкает контактную сеть на пути приема ДП, тем самым обеспечивается возможность снятия враждебности для задания маневрового маршрута в хвост неисправному ДП или в аналогичных экстренных ситуациях.

Для организации смены рода тока ДП и исключения выхода поездов с односистемной тягой (ОП) на маршруты для ДП вводятся дополнительные сигнальные показания в соответствии с Руководящими указаниями по применению светофорной сигнализации в ОАО «РЖД» РУ-55-2012:

1. Показание «Д» («Задан маршрут для ДП») на маршрутных указателях входных светофоров. Для маршрутов ОП на указателях включается показание «Э», для маршрутов автономной тяги указатели не включаются.

При негорящем указателе входного светофора (нет показания на указателе «Д») машинист ДП должен принять меры к остановке поезда.

В случае появления на маршрутном указателе входного светофора сигнального показания «Д» перед ОП должна быть обеспечена остановка

поезда темпом экстренного торможения от указанных светофоров до точки смены рода тока.

2. Показание «•_•» («Отключить режим тяги, опустить токоприемник») включается на вновь устанавливаемых маршрутных указателях опускания пантографа. Данное показание включается только в маршрутах для ДП. Для маршрутов ОП на указателях включается показание «Э». Для маршрутов автономной тяги указатель не включается. Указатели опускания пантографа устанавливаются перед отключаемыми секциями контактной сети на расстоянии, обеспечивающем восприятие их показаний машинистами и срабатывание локомотивных устройств по отключению режима тяги с опусканием токоприемников (с учетом движения с расчетной скоростью).

3. Показание «│_│» («Поднять токоприемник, включить режим тяги») включается на вновь устанавливаемых маршрутных указателях поднятия пантографа. Данные указатели устанавливаются на пути приема за выключенными секциями контактной сети на расстоянии, обеспечивающем подъем токоприемников и включение режима тяги после вступления ДП на секции контактной сети со сменяемым родом тока. Для маршрутов ОП на указателях включается показание «Э». Для маршрутов автономной тяги указатель не включается [21].

Проверка и определение мест установки маршрутных указателей (на входных светофорах и отдельно стоящих) для организации пропуска двухсистемных поездов по станции производятся на основании тяговых и тормозных расчетов, произведенных для пассажирских, пригородных и грузовых поездов.

Выполняется расчет для определения максимально допустимой скорости проследования маршрутных указателей опускания пантографа, с которой обеспечивается остановка поезда двухсистемного питания в пределах обесточенного участка (когда не происходит опускание токоприемников при входе на обесточенный участок).

В случае ошибочных действий ДСП при приеме ДП он может быть принят на станцию по показанию «Э» с остановкой на приемоотправочном пути со сменяемым родом тока. В этом случае смена рода тока будет производиться на приемоотправочном пути методом искусственной разделки контактной сети.

При установке маршрута безостановочного пропуска ДП по команде поездного диспетчера дежурный по станции дает специальную директиву по пропуску ДП системе электрической централизации и задает маршрут приема. При этом отключаемая секция контактной сети переключается на ток перегона приема и контролируется, а затем напряжение отключается и она замыкается в маршруте в отключенном состоянии. Секции контактной сети, находящиеся за отключаемой секцией, переключаются на ток перегона отправления и замыкаются в маршруте приема.

После замыкания маршрута, с проверкой отключенного состояния отключаемой секции контактной сети и установленного режима ДП, включаются следующие показания маршрутных указателей:

«•_•» – на маршрутном указателе опускания пантографа;

« ⎡_⎤ » – на маршрутном указателе поднятия пантографа;

«Д» – на маршрутном указателе входного светофора.

После этого открывается входной светофор.

Затем ДСП обычным порядком задает маршрут передачи и отправления с пути, на который установлен маршрут приема ДП. Поскольку род тока в контактной сети этого пути уже установлен маршрутом приема ДП, то по маршрутам передачи и отправления с пути контактная сеть автоматически устанавливается в соответствии с родом тока контактной сети перегона отправления.

При вступлении головы ДП за маршрутный указатель опускания пантографа машинист в ручном режиме должен опустить токоприемники переменного тока.

При наличии соответствующих технических решений по локомотивным устройствам в увязке с приборами БЛОК или КЛУБ, для ДП опускание токоприемников может производится автоматически, без участия машиниста, от воздействия приборов БЛОК или КЛУБ на локомотивные устройства.

Поезд проследует отключенную от напряжения секцию контактной сети с опущенными токоприемниками.

При вступлении головы ДП за маршрутный указатель поднятия пантографа машинист в ручном режиме должен поднять токоприемники постоянного тока, включить вспомогательные машины и далее – тяговый режим.

Поднятие токоприемников и включение тяги, помимо ручного режима, может осуществляется и по сигналам приборов БЛОК или КЛУБ при наличии соответствующих технических решений.

В этом случае воздействие на бортовые устройства локомотива по маршрутам движения ДП происходит при проследовании ДП контрольных точек, которые должны быть увязаны с местами расположения маршрутных указателей опускания и поднятия пантографа и учтены при проектировании устройств БЛОК или КЛУБ.

Далее поезд следует по маршруту электротяги постоянного тока обычным порядком.

При проследовании ДП по маршруту секции маршрута и контактной сети размыкаются обычным порядком, при этом отключаемая секция контактной сети остается в отключенном состоянии и включается и работает при соответствующем роде тока при задании следующих маршрутов для ОП.

Для обеспечения безостановочного пропуска ДП на станции должны предусматриваться переустройство контактной сети и установка пунктов

переключения, в которых будут располагаться выключатели напряжения секций контактной сети, отключаемые для смены рода тяги. В настоящее время в качестве выключателей напряжения секций контактной сети применяются ячейки переключателя пункта переключения станции стыкования 1С-ПВ-3,3/27,5 ООО «НИИЭФА-Энерго».

Данный алгоритм уже реализован на станциях Владимир, Вязьма, Горячий Ключ, Рязань-2. Безостановочный пропуск спроектирован также на станции Сухиничи-Главные и в ближайшее время будет реализован.

Заключение

По мере развития техники электрификация железных дорог в нашей стране происходила сначала постоянным током, а затем переменным. Внедрение двухсистемного электроподвижного состава было медленным, в связи с чем в нашей стране широко применяются так называемые станции стыкования. Станции стыкования позволяют осуществлять безостановочный пропуск только поездов автономной тяги. При пропуске электроподвижного состава требуется отцеплять электровоз одной тяги, убирать его в оборотное депо или тупик и прицеплять электровоз другой тяги. При этом средствами автоматики переключается контактная сеть с одной тяги на другую. Недостатками такого способа является удорожание электрификации и содержание устройств электроснабжения, а также необходимость смены локомотива и связанных с этим дополнительных материальных, организационных и временных затрат. Значительное время занимает не столько смена электровоза, сколько опробование тормозов. В последнее время стали появляться как двухсистемные электровозы, так и электропоезда. Для уменьшения времени следования двухсистемного электроподвижного состава были специально разработаны и реализованы алгоритмы работы систем автоматики на станциях стыкования и внедрены новые дополнительные сигнальные показания.

Библиографический список

1. Сотников Е. А. Железные дороги мира из XIX в XXI век / Е. А. Сотников. – М. : Транспорт, 1993. – 200 с.
2. Хворост Н. В. Электрические железные дороги: этапы и перспективы развития / Н. В. Хворост, Н. В. Панасенко // Електротехніка і Електромеханіка. – 2003. – № 4. – С. 104–114.
3. Frey S. Railway Electrification System & Engineering / S. Frey. – Delhi : White Word Publications, 2012. – 145 p.
4. Baxter A. Network Rail A Guide to Overhead Electrification 132787-ALB-GUN-EOH-000001 / A. Baxter // Alan Baxter & Associates LLP. – February 2015. – Review 10. – 52 p.
5. Konghirun M. Railway electrification and railway traction systems / M. Konghirun. – Electrical Engineering Department King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2017. – 144 p.

6. Oura Y. Railway Electric Power Feeding Systems / Y. Oura, Y. Mochinaga, H. Nagasawa // Japan Railway & Transport. – June 1998. – Review 16. – Pp. 48–58.
7. Kocaarslan I. Creation of a dynamic model of the electrification and traction power system of a 25 kV AC feed railway line together with analysis of different operation scenarios using MATLAB/Simulink / I. Kocaarslan, M. T. Akçay, S. E. Ulusoy, E. Bal, H. Tiryaki // Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences. – 2017. – N 25. – Pp. 4254–4267.
8. Sharma K. Power Quality Mitigation in Electric Traction By Using Facts Device / K. Sharma, R. Rahangdale // International Journal of Applied Science Engineering and Management. – 2015. – Vol. 2. – Issue 1. – Pp. 1-6.
9. Srivastava J. K. Review on Railway Traction Power Supply System / J. K. Srivastava, V. K. Singh, A. K. Singhal // Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology JECET. – September 2013 – November 2013. – Vol. 2. – N 4. – Pp. 1236–1250.
10. Котельников А. В. Эффективность электрификации железных дорог и перспективы дальнейшего ее развития в России / А. В. Котельников, Н. С. Белоглазова // Электрификация и развитие железнодорожного транспорта в России. Традиции, современность, перспективы : мат-лы Международного симпозиума «Eltrans’2001», 23–26 октября 2001 г., ПГУПС. – СПб., 2002. – С. 46–56.
11. Киселев И. П. Развитие высокоскоростного подвижного состава / И. П. Киселев // Электрификация и развитие железнодорожного транспорта в России. Традиции, современность, перспективы : мат-лы Международного симпозиума «Eltrans’2001», 23–26 октября 2001 г., ПГУПС. – СПб., 2002. – С. 190-199.
12. Русак А. Д. Современный электроподвижной состав железных дорог России и проблемы его развития / А. Д. Русак // Электрификация и развитие железнодорожного транспорта в России. Традиции, современность, перспективы : мат-лы Международного симпозиума «Eltrans’2001», 23–26 октября 2001 г., ПГУПС. – СПб., 2002. – С. 176–181.
13. Гукун А. П. Модернизация электроснабжения железных дорог в надежных руках / А. П. Гукун // Наука и транспорт. – 2008. – С. 54–56.
14. Карта-схема железных дорог России. – URL : http://visual.rzd.ru/static/public/ru%3FSTRUCTURE_ID%3D5180.
15. Battistelli L. Power Quality Disturbances due to Interaction between AC and DC Traction Systems / L. Battistelli, P. Caramia, G. Carpinelli, D. Proto // Second International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2004), Edinburgh, UK, March 31 – April 2, 2004. – Pp. 492–497.
16. Railway Technical Research Institute. Concurrent-feeding power switching system for Shinkansen switching sections (in Japanese). Retrieved 21 May 2011. – URL : http://www.rtri.or.jp/events/forum/2008/pdf/4_1.pdf.
17. Brenna M. The compatibility between DC and AC supply of the Italian railway system / M. Brenna, F. Foiadelli // Power and Energy Society General Meeting, San Diego, USA, 2011, July 24–29. – Pp. 1–7.
18. Brenna M. Evaluation of the interferences in the interconnection point between 2×25kVac High-Speed railway lines and 3 kVdc regional system / M. Brenna, F. Foiadelli, M. Roscia, D. Zaninelli // 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, Lodz, Poland, September 15–17, 2009. – Pp. 1–6.
19. ООО «НИИЭФА-Энерго». Пункты группировки модульного типа ПГ-М-3,3/27,5 Каталог-128-2016-01. – URL : http://www.nfenergo.ru/content/files/catalog1/128201601.pdf.
20. Малахов А. В. Повышение эффективности работы стыковых станций и смежных участков при эксплуатации в грузовом движении электровозов двойного питания /

А. В. Малахов, В. Ю. Пермикин, Э. В. Васильев // Транспорт Урала. – 2017. – № 2 (53). – С. 32–36.
21. Руководящие указания по применению светофорной сигнализации в ОАО «РЖД» РУ-55–2012 : утв. распоряжением ОАО «РЖД» 20.12.2013 N 2832 р. – СПб. : Гипротранссигалсвязь – филиал ОАО «Росжелдорпроект», 2013. – 124 с.

Michael A. Gordon
Institute «Giprotranssignalsvyaz» – department of JSC «Roszheldorproject»

Features of operation of train control systems at joining traction stations in the Russian Federation

The article considers the history of the development of the electrification of railways in our country. The world experience is also considered. Various systems for the electrification of railways are described, both by current and voltage, and by the type of contact network. A comparison of the electrification system with direct current with the system on alternating current is made. The international experience of the problem of connecting trains on the borders of sections of railways with different kinds of electric traction is presented. The existing approaches to the construction of train traffic control systems in the places of joining different kinds of traction current are described. The technology of joining traction stations operation in our country is described. The structure of the overhead line at the joining traction station is explained. The principles of interaction of signaling and centralization systems at a joining traction station with overhead line devices are presented. The control elements of the switching sections of the overhead line are shown. A list of all existing joining traction stations in our country is presented. A negative assessment was made of the joining traction stations in conditions of transit traffic of trains. The history of development of a multi-system electric rolling stock in our country is considered. A method for organizing the non-stop pass of a multi-system electric rolling stock on polygons with different types of thrust is proposed. The necessary changes in the arrangement of the overhead line and necessary changes in the algorithms of the work of the joining traction stations are described. A new signaling at the joining traction stations for –system trains was introduced, introduced by the Guidelines for the use of traffic signaling in JSC «Russian Railways» RU-55–2012, which provides for the organization of a change in the type of current by multi-system trains and the exclusion of trains with single-system traction for routes for multi-system trains. The actions of the yardmasters and the engine drivers during the passage and reception of multi-system trains at the joining traction stations are considered. These solutions have already been implemented at the stations of Vladimir of the Gorky Railway, Vyazma of the Moscow Railway, Goryachy Klyuch of the North Caucasus Railway, Ryazan-2 of the Moscow Railway.

joining traction station; railway electrification system; train control systems; sectional strain insulator of overhead line; switch of overhead line; multi-system electric locomotive; nonstop pass of multi-system electric locomotive

References

1. Sotnikov Y. A. (1993). The world's railways from the 19th to the 21st century [Zheleznye dorogi mira iz XIX v XXI vek.]. Moscow, Transport. – 200 p.
2. Hvorost N. V., Panasenko N. V. (2003). Electric railways: stages and prospects of development [Ehlektricheskie zheleznye dorogi: ehtapy i perspektivy razvitiya]. Electrical Engineering and Electromechanics [Elektrotekhnika i Elektromekhanika], issue 4. – Pp. 104–114.
3. Frey S. (2012). Railway Electrification System & Engineering. Delhi, White Word Publications. – 145 p.
4. Baxter A. (2015). Network Rail A Guide to Overhead Electrification 132787-ALB-GUN-EOH-000001. Alan Baxter & Associates LLP, February 2015, Review 10. – 52 p.
5. Konghirun M. (2017). Railway electrification and railway traction systems. Electrical Engineering Department King Mongkut's University of Technology Thonburi. – 144 p.
6. Oura Y., Mochinaga Y., Nagasawa H. (1998). Railway Electric Power Feeding Systems. Japan Railway & Transport. Review 16, June 1998. – Pp. 48–58.
7. Kocaarslan I., Akçay M. T., Ulusoy S. E., Bal E., Tiryaki H. (2017). Creation of a dynamic model of the electrification and traction power system of a 25 kV AC feed railway line together with analysis of different operation scenarios using MATLAB/Simulink. Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, issue 25. – Pp. 4254–4267.
8. Sharma K., Rahangdale R. (2015). Power Quality Mitigation in Electric Traction By Using Facts Device. International Journal of Applied Science Engineering and Management, vol. 2, issue 1. – Pp. 1–6.
9. Srivastava J. K., Singh V. K., Singhal A. K. (2013). Review on Railway Traction Power Supply System. Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology JECET, September 2013 – November 2013, vol. 2, issue 4. – Pp. 1236–1250.
10. Kotelnikov A.V., Beloglazova N. S. (2002). Efficiency of railway electrification and prospects for its further development in Russia [Ehffektivnost ehlektrifikacii zheleznyh dorog i perspektivy dalnejshego ee razvitiya v Rossii]. Electrification and development of rail transport in Russia. Traditions, modernity, prospects. Materials of the international symposium Eltrans'2001, St. Petersburg, October 23–26, 2001 [Elektrifikaciya i razvitie zheleznodorozhnogo transporta v Rossii Tradicii sovremennost perspektivy Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma Eltrans'2001, Sankt-Peterburg, 23–26 oktyabrya 2001 g]. St. Petersburg, SPOISU [St. Petersburg, SPOISU]. – Pp. 46–56.
11. Kiselev I. P. (2002). Development of high-speed rolling stock [Razvitie vysokoskorostnogo podvizhnogo sostava]. Electrification and development of rail transport in Russia. Traditions, modernity, prospects. Materials of the international symposium Eltrans'2001, St. Petersburg, October 23–26, 2001 [Elektrifikaciya i razvitie zheleznodorozhnogo transporta v Rossii Tradicii sovremennost perspektivy Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma Eltrans'2001, Sankt-Peterburg, 23–26 oktyabrya 2001 g]. St. Petersburg, SPOISU [St. Petersburg, SPOISU]. – Pp. 190–199.
12. Rusak A.D. (2002). Modern electric rolling stock of Russian railways and the problems of its development [Sovremennyj ehlektropodvizhnoj sostav zheleznyh dorog Rossii i problemy ego razvitiya]. Electrification and development of rail transport in Russia. Traditions, modernity, prospects. Materials of the international symposium Eltrans'2001, St. Petersburg, October 23–26, 2001 [Ehlektrifikaciya i razvitie

zheleznodorozhnogo transporta v Rossii Tradicii sovremennost perspektivy Materialy mezhdunarodnogo simpoziuma Eltrans'2001, Sankt-Peterburg, 23–26 oktyabrya 2001 g]. St. Petersburg, SPOISU [St. Petersburg, SPOISU]. – Pp. 176–181.
13. Gukun A. P. (2008). Modernization of power supply of railways in reliable hands [Modernizaciya ehlektrosnabzheniya zheleznyh dorog v nadezhnyh rukah.]. Science and transport [Nauka i transport]. – Pp. 54–56.
14. Map-diagram of the railways of Russia. URL: http://visual.rzd.ru/static/public/ru%3FSTRUCTURE_ID%3D5180.
15. Battistelli L., Caramia P., Carpinelli G., Proto D. (2004). Power Quality Disturbances due to Interaction between AC and DC Traction Systems. Second International Conference on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2004), 31 March – 2 April 2004, Edinburgh, UK. – Pp. 492–497.
16. Railway Technical Research Institute. Concurrent-feeding power switching system for Shinkansen switching sections (in Japanese). Retrieved 21 May 2011. URL: http://www.rtri.or.jp/events/forum/2008/pdf/4_1.pdf.
17. Brenna M., Foiadelli F. (2011). The compatibility between DC and AC supply of the Italian railway system. Power and Energy Society General Meeting, 24–29 July 2011, San Diego, USA. – Pp. 1–7.
18. Brenna M., Foiadelli F., Roscia M., Zaninelli D. (2009). Evaluation of the interferences in the interconnection point between 2×25 kVac High-Speed railway lines and 3kVdc regional system. 10th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, 15–17 September 2009, Lodz, Poland. – Pp. 1–6.
19. NIIEFA-ENERGO, LLC. Points of grouping modular type PG-M-3,3/27,5. Catalog – 128-2016-01. URL: http://www.nfenergo.ru/content/files/catalog1/128201601.pdf.
20. Malakhov A. V., Permikin V. Yu., Vasilyev E. V. (2017). Improvement of efficiency of work of butt-joint stations and contiguous section in operation in the traffic movement of locomotive of double supply [Povyshenie ehffektivnosti raboty stykovyh stancij i smezhnyh uchastkov pri ehkspluatacii v gruzovom dvizhenii ehlektrovozov dvojnogo pitaniya]. Transport of the Urals [Transport Urala], issue 2 (53). – Pp. 32–36.
21. Guidelines for the use of traffic signaling in JSC «Russian Railways» RU-55–2012, approved by the decree of JSC «Russian Railways» dated 20.12.2013 N 2832p [Rukovodyashchie ukazaniya po primeneniyu svetofornoj signalizacii v OAO «RZHD» RU-55-2012 ot 20.12.2013. N 2832r]. S-Petersburg, «Giprotranssignalsvyaz» – department of JSC «Roszheldorproject» [«Giprotranssignalsvyaz» – filial OAO «Roszheldorproject»]. – 124 p.

Статья представлена к публикации членом редколлегии В. И. Шамановым
Поступила в редакцию 09.07.2018, принята к публикации 31.08.2018

ГОРДОН Михаил Аркадьевич – главный специалист отдела автоматики и телемеханики института «Гипротранссигналсвязь» – филиала АО «Росжелдорпроект».

e-mail: gordon_ma@mail.ru

© Гордон М. А., 2019