

УДК 629.423.2-9

Г.С.Игнатов, А.А.Мельник, А.А.Сулим, В.Р.Распопин, П.А.Хозя, В.В.Федоров

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ДВУХСИСТЕМНОГО ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЕКР1 ДЛЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО СООБЩЕНИЯ

В данной работе рассмотрен состав и особенности основных элементов тягового и вспомогательного электрооборудования.

В 2012 г. на Публичном акционерном обществе «Крюковский вагоностроительный завод» (далее – ПАО «КВСЗ») создан первый в Украине межрегиональный электропоезд, которому присвоено название ЕКр1 (Электропоезд Крюковский 1-й). Этот современный поезд отвечает требованиям технического задания и действующих нормативных документов. Эксплуатация его на линиях, рассчитанных на движение с эксплуатационной скоростью до 160 км/ч, с уклонами, достигающими 30 ‰, предъявляет высокие требования к электрической части поезда, особенно к системе тягового привода.

Для преодоления расстояния между большими городами, особенно если это расстояние в несколько сотен километров, наиболее приемлемым транспортом по критериям цена, скорость, комфорт и безопасность является железнодорожный транспорт. К сожалению, в Украине на сегодняшний день железнодорожный парк пока не отвечает практически ни одному из данных критериев. Поэтому создание нового, комфортного и, главное, безопасного подвижного состава было приоритетным для отечественного производителя.

К тому же, создание межрегионального электропоезда является первым этапом инвестиционного проекта «Создание ряда (линейки) межрегиональных двухсистемных электропоездов со скоростью движения 160 – 250 километров в час», который Постановлением Кабинета Министров № 839 от 10.09.2012 года [1] включен в «Государственную программу развития внутреннего производства».

Концепция поезда

Учитывая все требования к инфраструктуре железных дорог Украины, а также принимая во внимание возможности, в первую очередь, отечественных производителей оборудования для подвижного состава, ПАО «КВСЗ» положило в основу проекта хорошо себя зарекомендовавшего в эксплуатации – межрегиональный поезд локомотивной тяги собственного производства.

Электропоезд ЕКр1 представляет собой отдельную мотор-вагонную единицу с питанием от сети переменного тока напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц или от сети постоянного тока напряжением 3 кВ. ЕКр1 рассчитан на эксплуатацию со скоростями до 160 км/ч, с возможностью увеличения эксплуатационной скорости до 200 км/ч.

© *Г.С. Игнатов, А.А. Мельник, А.А. Сулим, В.Р. Распопин, П.А. Хозя, В.В. Федоров, 2013*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

При разработке технического задания ПАО «КВСЗ» особое внимание уделялось высокому уровню комфорта в поезде, в состав которого входят вагоны трех классов: с открытым салоном первого класса (вагоны мод. 62-7067), с открытым салоном второго класса (вагоны мод. 62-7068) и с открытым салоном третьего класса (вагон мод. 62-7070), а также вагон с открытым салоном второго класса с буфетом-баром и с местами для перевозки инвалидов в коляске (вагон мод. 62-7069). В девятивагонном поезде общее количество пассажирских мест составляет 629.

Все вагоны имеют улучшенную тепло- и звукоизоляцию, установки кондиционирования воздуха, в том числе и в кабинах управления.

Тяговое электрооборудование

Тяговое оборудование поезда ЕКр1 сосредоточено лишь в двух головных вагонах с кабинами управления. Данное решение позволяет снизить затраты, а также массу поезда в целом. Также, в случае отказа тягового электрооборудования одного из вагонов, существует возможность продолжить движение с 50 %-ной установленной тяговой мощностью.

Для обеспечения эксплуатационной скорости до 160 км/ч, на электропоезде установлены тяговые электродвигатели суммарной мощностью 4 МВт в номинальном режиме работы и до 5,28 МВт при разгонах в кратковременном режиме [2] (на испытаниях получена мощность 5,36 МВт в кратковременном режиме).

Реализована возможность рекуперативного торможения при наличии на линии потребителей и реостатного торможения при отсутствии таких потребителей.

На рис. 1 приведена принципиальная схема тягового электрооборудования одного головного вагона поезда ЕКр1.

Высоковольтное электрооборудование

Высоковольтное электрооборудование рассчитано на номинальные напряжения 3 кВ постоянного тока и 25 кВ частотой 50 Гц переменного тока. Головной вагон оснащен двумя токоприемниками, соединенными между собой крышевым кабелем. Крышевой кабель имеет ответвления к вакуумному и быстродействующему выключателям, защищающих соответствующие электрические цепи в аварийных ситуациях.

На каждом головном вагоне электропоезда установлены универсальные однорычажные токоприемники типа DSA 250.32 фирмы «STEMMANN-TECHNIK GmbH», Германия. Токоприемники предназначены для эксплуатации со скоростью до 200 км/ч на электрифицированных участках напряжением в сети 3 кВ постоянного тока и 25 кВ частотой 50 Гц. Токоприемники могут работать при движении в обоих направлениях, т.е. коленом вперед или назад, во всем диапазоне скорости. Это свойство обеспечивает высокую эксплуатационную готовность электропоезда.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

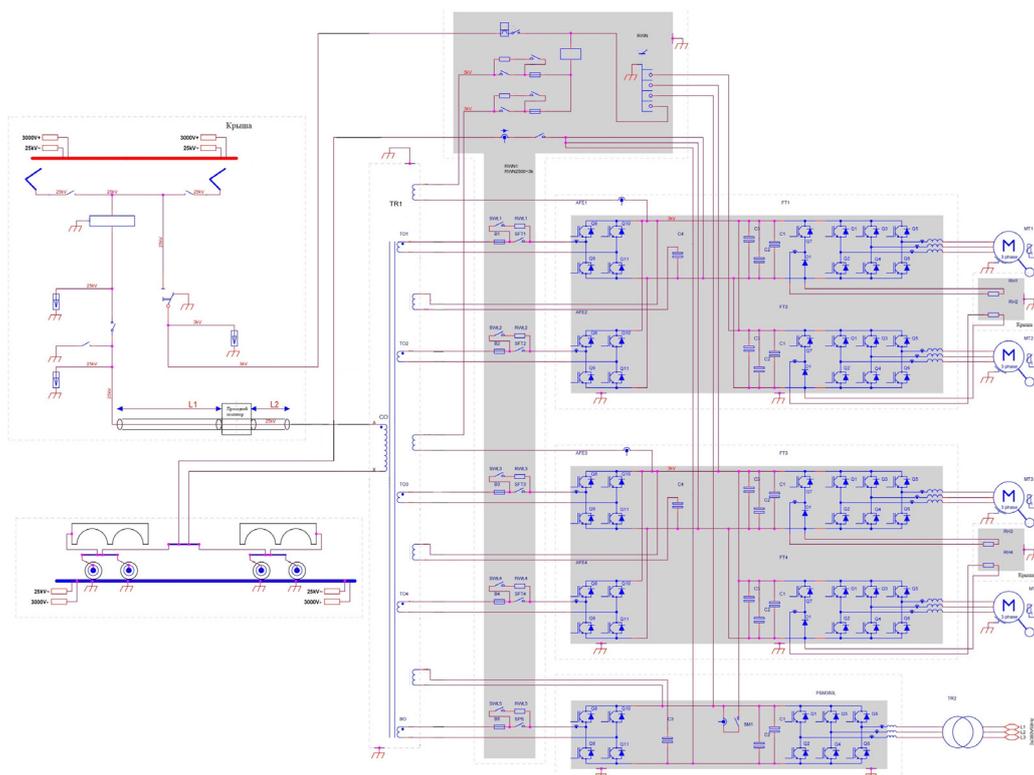


Рис. 1. Принципиальная схема тягового электрооборудования:

TR1 –тяговый трансформатор; СО – сетевая обмотка тягового трансформатора; TO1, TO2, TO3, TO4 – тяговые обмотки тягового трансформатора; ВО – вспомогательная обмотка тягового трансформатора; RWN – распределитель высокого напряжения; AFE – управляемые выпрямители; FT – тяговые инверторы; PSM350 – статический преобразователь напряжения; TR2 – трансформатор собственных нужд; MT – тяговые электродвигатели; RH – тормозные резисторы

Тяговый трансформатор

Под кузовом головного вагона установлен тяговый трансформатор типа ОНДЦЭР – 3000/25 – У1 производства ПАО «Укрэлектроапарат», Украина. Несмотря на высокую установленную мощность трансформатора (3000 кВА), его потери относительно невелики. В связи с этим КПД трансформатора высок и составляет 96 %.

Трансформатор имеет четыре вторичные тяговые обмотки (TO1 – TO4) и одну вторичную вспомогательную обмотку ВО. Трансформатор обеспечивает понижение высокого напряжения контактной сети до расчетного напряжения (2083 В), которое используется тяговыми инверторами для получения необходимого трехфазного напряжения с изменяемой частотой для питания тяговых электродвигателей, а также преобразователем для получения напряжения 3×380 В, 50 Гц для собственных нужд электропоезда [2].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Тяговый инвертор

В машинном отделении головного вагона расположены инверторы для питания тяговых электродвигателей. Они расположены в металлических шкафах и объединены в две группы – для питания 1-го и 2-го двигателей передней тележки, и 3-го и 4-го двигателей задней тележки.

Функционально инвертор состоит из управляемого выпрямителя AFE и непосредственно инвертора FT= \sim 3 фазы тока с изменяемым напряжением и частотой. Инвертор включает в себя устройство для обеспечения реостатного торможения, электронный блок управления и диагностики, а также измерительные датчики.

Инвертор имеет разделенные входы: при питании от контактной сети переменного тока напряжением 25 кВ и при питании от контактной сети постоянного тока напряжением 3 кВ.

Особенностью устройства инвертора является наличие схемы «мягкого» пуска, когда на некоторое время, необходимое для внутренней диагностики и зарядки емкостей, входное напряжение вначале подается через контактор и ограничительный резистор. Если при диагностировании все проверяемые параметры находятся в норме, замыкается линейный контактор и на инвертор подается все входное напряжение [2].

На входе инвертора установлен управляемый выпрямитель AFE, который выпрямляет переменный ток, получаемый из вторичной тяговой обмотки тягового трансформатора.

При рекуперативном торможении управляемый выпрямитель работает как преобразователь \sim/\sim под управлением блока управления и диагностики. Напряжение подается на вторичную обмотку тягового трансформатора, трансформируется в первичную обмотку и через коммутационную высоковольтную крышевую аппаратуру и токоприемник возвращается в контактную сеть.

При разработке защиты тягового инвертора реализована концепция, заключающаяся не только в контроле температуры компонентов, но и в отслеживании рабочих режимов, не допускающих возникновения перенапряжений и токовых перегрузок.

Тяговая передача

Блок тяговой передачи состоит из трехфазного асинхронного тягового двигателя TMF 59-39-4 производства австрийской фирмы «TSA», муфты клинового типа с двумя ступенями сцепления для передачи крутящего момента на приводную ось и редуктора «SZH-595» производства немецкой фирмы «VOITH».

Каждый моторный вагон оснащен четырьмя такими тяговыми блоками. Каждая колесная пара вагона имеет свой тяговый двигатель.

Установленная мощность одного тягового электродвигателя равна 500 кВт. Для охлаждения тяговых двигателей передней тележки используются центробежные вентиляторы, которые установлены в машинном отделении. Для обеспечения охлаждения двигателей задней тележки используются подобные вентиляторы, которые установлены на крыше головного вагона в задней части.

В зависимости от теплового режима работы тяговых электродвигателей автоматически изменяется интенсивность подачи охлаждающего воздуха на тяговые электродвигатели, не допускающая перегрев их обмоток. Питание двигателей вен-

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

тиляторов каждой тележки осуществляется через преобразователи «OMRON», мощностью 7,5 кВт производства «Hitachi Industrial Equipment Systems», Япония. Управление преобразователями происходит в зависимости от температурных показателей датчиков тяговых электродвигателей.

Тормозной резистор

На крыше головного вагона установлены два блока резисторов, в каждом из которых по два резисторных модуля. Таким образом, на каждый инвертор двигателя используется по одному резистору. Максимальная мощность рассеивания каждого резистора составляет 500 кВт.

Электрический рекуперативный тормоз используется в качестве штатного, а реостатный включается лишь в том случае, если контактная сеть не может принимать рекуперированную энергию, а также при отсутствии электрического соединения с контактной сетью или в моменты нахождения поезда в зоне нейтральной вставки. Тормозные резисторы также используются в системе защиты от перенапряжения.

Резистор состоит из сборок нихромовых лент, которые соединены в серию точечной сваркой. Ленты установлены на изолирующих направляющих с керамическими изоляторами.

Вспомогательное электрооборудование

Вспомогательное электрооборудование обеспечивает: работу тягового электрооборудования в соответствии с их заданными характеристиками; питание цепей управления, питание систем жизнеобеспечения и сервиса; учет потребленной электроэнергии.

Для обеспечения электроэнергией нетягового электрооборудования в электропоезде ЕКр1 используются статические преобразователи и трансформаторы собственных нужд.

Функциональная схема обеспечения электроэнергией нетяговых потребителей представлена на рис. 2.

На каждом головном вагоне имеется преобразователь PSM-350. Преобразователь предназначен для генерации напряжения 3×380 В, 50 Гц, необходимого для питания потребителей из подвагонной межвагонной магистрали, а также для потребителей в головных вагонах.

Преобразователь обеспечивает высокую стабильность выходных параметров. Используемые в устройстве полупроводниковые элементы по своим параметрам обеспечивают работоспособность преобразователя при перегрузках. Устройство полностью необслуживаемое – система управления контролирует параметры выходного напряжения и защищает преобразователь в случае продолжительной перегрузки или короткого замыкания в выходных цепях.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

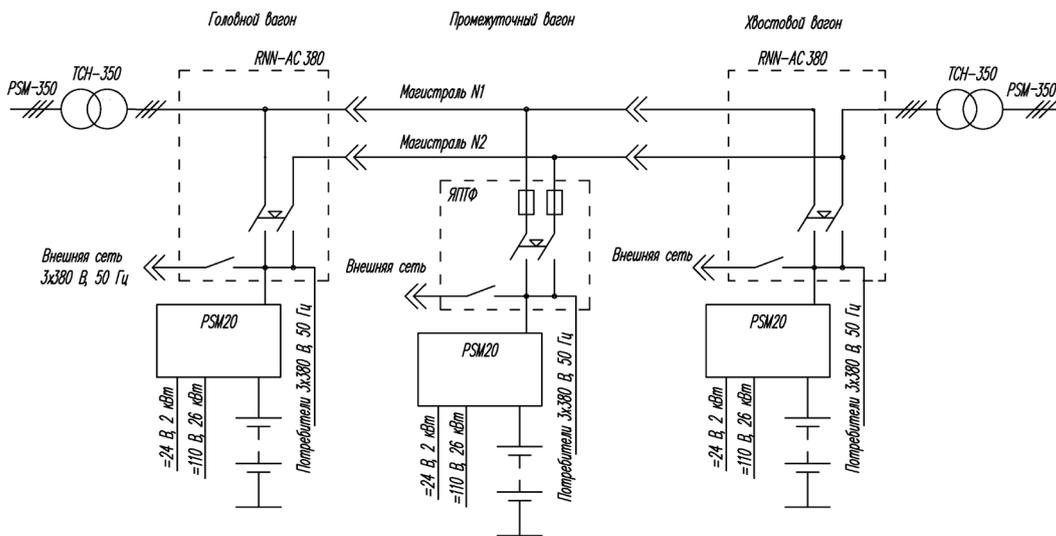


Рис. 2. Функциональная схема обеспечения электроэнергией нетяговых потребителей

Электрическая межвагонная магистраль двойная и выполнена таким образом, что от преобразователя, расположенного на первом головном вагоне, получает питание одна ветвь магистрали 1, а от преобразователя, установленного на втором головном вагоне, вторая ветвь 2 (см. рис. 2).

На каждом вагоне имеется защитно-коммутационная аппаратура, которая исключает возможность одновременной работы контакторов внешней сети, магистрали 1 и магистрали 2.

Нормальным является режим, когда к одной магистрали подключено пять вагонов, а к другой – четыре вагона.

В случае выхода из строя одного из преобразователей PSM-350, есть возможность подключить все вагоны к одной рабочей магистрали (на испытаниях данный режим был реализован, при этом электрооборудование всех девяти вагонов было в работоспособном состоянии).

Для преобразования напряжения сети 3 фазы 380 В переменного тока с частотой 50 Гц в напряжения 110 В и 24 В постоянного тока предназначен преобразователь напряжения PSM-20, установленный на каждом вагоне поезда. Преобразователь также используется для заряда аккумуляторных батарей.

Трехфазное напряжение 380 В, 50 Гц от одной из подвагонных магистралей или от промышленной сети на стоянке, через коммутационное устройство подается на вход преобразователя PSM-20. Функционально преобразователь PSM-20 состоит из двух преобразователей AC/DC и DC/DC.

Выходное напряжение преобразователя 110 В поступает через распределительное устройство к потребителям вагона, а также обеспечивает зарядку аккумуляторных батарей.

От батареи вагона через входные фильтры питается преобразователь – DC/DC. Он имеет гальваническую развязку между входом и выходом и питает цепь 24 В.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Выводы

ПАО «КВСЗ» совместно с рядом других организаций создало современный поезд ЕКр1. Удачный выбор конструкции для нового поезда, а также эффективное согласование ее с инфраструктурой создали предпосылки для разработки концепции поезда, который, как показали результаты испытаний, можно безопасно и успешно эксплуатировать на существующих железнодорожных путях Украины с максимально допустимыми скоростями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін у додаток 2 до Державної програми розвитку внутрішнього виробництва» від 10 вересня 2012 р. № 839.
2. Игнатов Г.С., Пронин В.В., Томица П.М., Гречкин А.А., Бондаренко С.В., Пятаков О.О., Охматенко С.А. Межрегиональный двухсистемный электропоезд. ПАО «Крюковский вагоностроительный завод», Кременчуг, 2012, 345 с.