

Висин Н. Г., приват-профессор кафедры «Электроподвижной состав железных дорог»,
 Власенко Б. Т., доцент кафедры «Электроподвижной состав железных дорог»,
 Забарилло Д. А., аспирант кафедры «Электроподвижной состав железных дорог»,
 Марикуца С. Л., ассистент кафедры «Электроподвижной состав железных дорог»,
 Шевчук О. О., студент 251 группы,
 Крашанюк В. С., студент 251 группы,
 Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна

ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ С АСИНХРОННЫМИ ТЯГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И ВЫСОКОЧАСТОТНЫМ ТРАНСФОРМАТОРОМ

Рассмотрена новая схема электроподвижного состава двойного питания с асинхронными тяговыми двигателями и высокочастотным трансформатором.

Основная часть электроподвижного состава (ЭПС) железных дорог Украины почти полностью истощила свой ресурс. Большинство локомотивов уже давно морально и физически устарели. Темпы списания подвижного состава значительно превышают темпы его обновления.

В ближайшей перспективе первоочередной задачей железных дорог Украины является обеспечение быстрого обновления подвижного состава, которая нашла свое отражение в Комплексной программе обновления подвижного состава Украины на 2008–2020 гг., утвержденной приказом Министерства транспорта и связи от 14.10.2008 г. № 1259.

На железных дорогах Украины электрифицировано около 11 000 км, из которых на переменном токе — 5000 км. Имеются девять станций стыкования родов тока: Граково, Иловайск, Львов-Главный, Огульцы, Пятихатки-Стыковая, Святогорск, Тимково, Лозовая, Красноград. Использование ЭПС двойного питания позволит снизить количество локомотивов по сравнению с односистемными на 15–20%; сократить время движения за счет отказа от остановок на станциях сты-

кования; снизить затраты на содержание локомотивных депо; уменьшить количество локомотивных бригад — наиболее высокооплачиваемой категории работников.

Целесообразность применения ЭПС двойного питания подтверждается вводом в эксплуатацию начиная с 2012 г. межрегиональных электропоездов двойного питания чешского и корейского производства. Кроме того, проведены испытания электропоезда двухсистемного для межрегионального сообщения со скоростью 160 км/ч производства ОАО «Крюковский вагоностроительный завод».

В существующих силовых схемах ЭПС, как в односистемных, так и многосистемных, с асинхронными тяговыми двигателями (АТД) применяются четырехквadrантные преобразователи 4QS, которые не только выпрямляют напряжение вторичных обмоток главного трансформатора, но и импульсным способом отбирают энергию от источника питания и тем самым повышают напряжение на звеньях постоянного напряжения до номинальных величин. Импульсный отбор энергии 4QS производится потому, что выполнять вторичные обмотки транс-

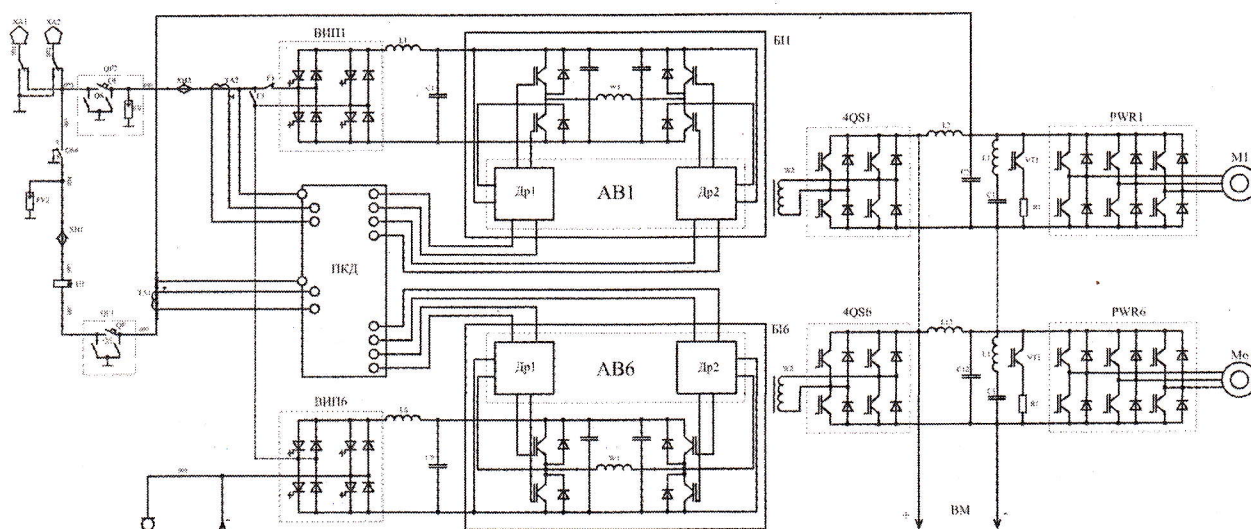


Рис. 1. Перспективная схема силовой цепи электровоза двойного питания с АТД

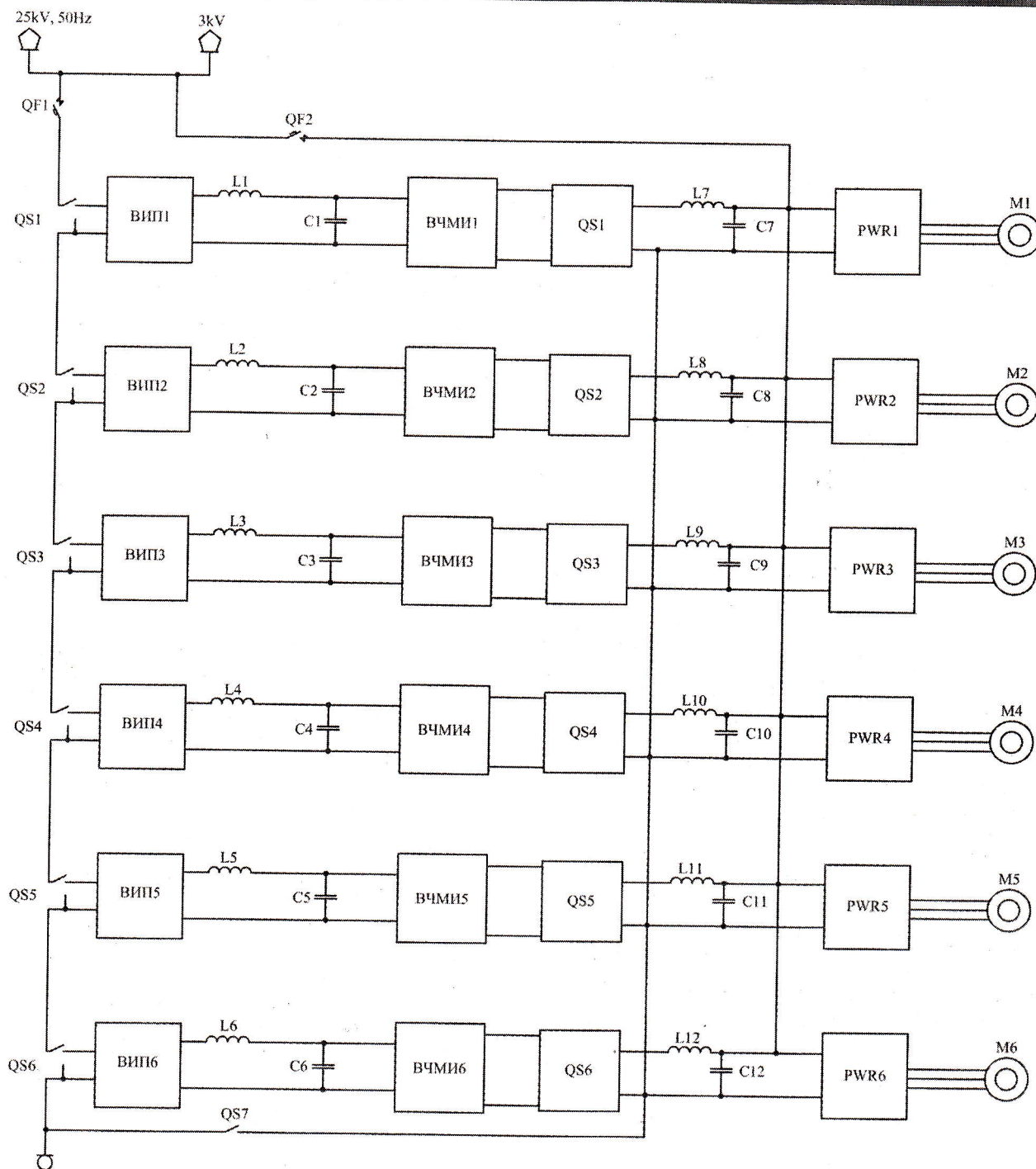


Рис. 2. Функциональная схема электровоза двойного питания

форматора на действующее напряжение 3350 В с тем, чтобы после выпрямления получить среднее напряжение на звене постоянного напряжения 3000 В, нецелесообразно из-за получения большой массы трансформатора, а следовательно и недопустимой нагрузки на ось ЭПС. Поэтому вторичные обмотки трансформатора выполняют на заведомо низкое действующее напряжение от 800 до 1100 В. При этом через главный трансформатор, рельсовую цепь, тяговую подстанцию и контактную сеть протекают импульсы тока (помехи) с различной частотой, которые влияют на работу устройств СЦБ и связи и тем самым снижают уровень безопасности движе-

ния поездов. На основании исследований [1] установлено, что для локомотива с АТД в фидерной зоне ток гармоники частотой 25 Гц не превышает значения 1 А, но уже для двух локомотивов ток имел значение 1,073 А, что считается опасным влиянием на работу рельсовых цепей с сигнальным током частотой 25 Гц. Полученные в работе [1] основные научные результаты и рекомендации были использованы при проведении эксплуатационных испытаний нового ЭПС двойного питания с АТД, проектировании и эксплуатации электрифицированных железных дорог, устройств СЦБ. Данные результаты не позволяют в полной мере повысить электромагнит-

ную совместимость между тяговым энергоснабжением, ЭПС и рельсовыми цепями, и, как следствие, невозможно повысить функциональную безопасность рельсовой цепи.

Новый тяговый преобразователь должен быть уменьшенного объема и пониженной массы, что позволит увеличить скорость движения и ускорение при разгоне. Он должен иметь низкий уровень потерь энергии и минимальный объем работ по техническому обслуживанию и ремонту. Поэтому предлагаются новые пути и нетрадиционные решения. Разработана перспективная схема силовой цепи ЭПС двойного питания с АТД и высокочастотным трансформатором [2; 3], которая представлена на рис. 1.

Переменное напряжение контактной сети 25 кВ, 50 Гц сначала выпрямляется выпрямительно-инверторным преобразователем (ВИП), затем при помощи L1, C1 сглаживается пульсация напряжения до 22,5 кВ и подается на мостовой инвертор напряжения, выполненного из биполярных транзисторов IGBT на 6,5 кВ. Мостовой инвертор напряжения предназначен для преобразования постоянного напряжения в переменное и для питания первичной обмотки промежуточного высокочастотного трансформатора (ВЧТ). В схеме ВИП предназначен не только для выпрямления переменного напряжения, но и для осуществления рекуперативного торможения. Как свидетельствуют исследования многих авторов, наиболее рациональной частотой питания промежуточного трансформатора с сердечником из стали марки 3424 является частота 400 Гц, т. к. при этой частоте получается наиболее оптимальное соотношение между массой и объемом преобразователя, с одной стороны, и коммутационными потерями в полупроводниковых элементах — с другой. При этом массу промежуточного трансформатора можно снизить в два раза. Что касается КПД по системе «выпрямитель — инвертор — трансформатор» можно ожидать, что он не будет ниже существующих схем за счет того, что обмотки трансформатора будут изготавливаться не из ленточного алюминиевого провода, а из многопроволочного медного провода. Таким образом, и общие потери в трансформаторе, несмотря на работу с частотой 400 Гц, не составят больше существующих на 50 Гц, т. к. масса их снижается в два раза. В результате общий КПД по всему высоковольтному каскаду составит 94%.

Обратное воздействие преобразователя на сеть и, следовательно, на устройства СЦБ и связи значительно снижается до допустимой величины и за счет установки на входе сетевого дросселя с небольшой индуктивностью.

Со вторичной обмотки высокочастотного трансформатора переменное напряжение 3350 В поступает на четырехквadrанный преобразователь 4QS, где оно выпрямляется и сглаживается LC-фильтром до выходного напряжения 3000 В, а затем при помощи автономного инвертора происходит преобразование напряжения постоянного в трехфазное для питания одного асинхронного тягового двигателя. Параллельно звену постоянного напряжения подключены силовой транзистор VT1 и резистор R1, которые предназначены для приема энергии при рекуперативном торможении, если нет потребителя на линии контактной сети и тяговая подстанция не оборудована возвращением энергии в первич-

ную сеть, а также для защиты промежуточного звена от перенапряжений. Преобразование высокого напряжения 25 кВ, 50 Гц в напряжение $22,5/n$ 400 Гц, где n — количество каскадов из m модулей (обычно 6–8) осуществляется последовательным их включением (рис. 2). Высокой эксплуатационной надежности предложенной схемы силовой цепи можно достичь в том случае, если будет обеспечена возможность отключения в процессе эксплуатации неисправных блоков без нарушения работы тягового привода. Это выполняется с помощью силовых выключателей QS1–QSn, которые отключают соответствующие входные клеммы неисправного модуля и замыкают другие клеммы этого модуля. Максимальное количество неисправных входных моделей в силовой схеме — два.

Согласно расчетам [4] в каждом плече ВИП устанавливаются по два последовательно включенных вентиля на обратное напряжение не менее 6,5 кВ на каждый вентиль, поэтому электрическая прочность преобразователя обеспечена.

Четырехквadrанные инверторы подключены к отдельным трансформаторам со своим магнитопроводом, а вторичные обмотки на отдельные автономные инверторы напряжений и индивидуальные АТД. В тяговом преобразователе система управления работой модулей выполняется на базе микропроцессоров и позволяет проводить регулирование мощности в обоих направлениях, т. е. реализацию тяги и рекуперативного торможения.

ВЫВОДЫ

1. Внедрение нового перспективного ЭПС с АТД двойного питания позволит защитить рельсовые цепи от электромагнитного влияния, существенно снизить количество отказов, связанных с электромагнитными помехами, повысить надежность рельсовых цепей, достичь более высокого уровня безопасности движения поездов.
2. Для внедрения предлагаемой новой силовой схемы ЭПС двойного питания с АТД необходимо выполнить проверку данной схемы по специально разработанной программе. После чего можно рекомендовать заводу-изготовителю разработать технический проект на изготовление нового ЭПС.

Локомотив

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Завгородній О. В. Підвищення функціональної безпеки рейкових кіл шляхом забезпечення їхньої електромагнітної сумісності з тяговою мережею [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.50 — експлуатація та ремонт засобів транспорту. О. В. Завгородній — Д.: 2011. — 24 с.
2. Висин Н. Г. Повышение надежности работы систем автоматического управления электропоездов [Текст]: Н. Г. Висин, Б. Т. Власенко, Д. А. Забарилко. — ЧФ «Стандарт-Сервис». — Д.: 2012. — 253 с.
3. Вісін М. Г., Забарилко Д. О. Патент на корисну модель № 72077. Силов електрична схема електровоза подвійного живлення з асинхронними тяговими двигунами. — Бюл. № 15, 10.08.2012. — 5 с.
4. Вісін М. Г. Шестивісний магістральний вантажний електровоз подвійного живлення із застосуванням проміжного трансформатора з високо частотною розв'язкою з асинхронними тяговими двигунами. [Текст]: М. Г. Вісін, Д. О. Забарилко. — Вісник ДНУЗТ. — 2011. — № 36. — С. 132–136.

Матеріал отриман 27.01.2014

НОВОСТИ

УКРАИНА СОВМЕСТИЛА МАРШРУТЫ VIKING И ZUBR

Укрзалізниця сформувала єдині тарифні умови для маршрутів Viking (Литва — Беларусь — Украина) и Zubr (Эстония — Латвия — Беларусь — Украина). Решение принято в интересах привлечения дополнительных объемов транзитных контейнеров на сеть железных дорог Украины, а также с целью повышения гибкости логистических решений в сфере контейнерных перевозок.

Так, для обоих маршрутов определена единая точка входа со стороны Беларуси — пограничный переход Бережесть. Совмещены выходы на морское плечо перевозок — через порты Одесский, Ильичевский, Южный (последний добавлен за счет контейнерного терминала «ТИС»). Определено единое ответвление маршрутов в направлении Европейского Союза — на Польшу (через пограничный переход Изов). Совмещены выходы маршрутов на соседнюю Молдову (единая точка выхода — пограничный переход Могилев-Подольский).

По материалам <http://www.rzd-partner.ru>