

УДК 629.423.2

Электрическая часть высокоскоростного поезда Velaro E

В 2004 г. на сеть железных дорог Испании (Renfe) поступил первый из 16 высокоскоростных моторвагонных поездов, которые были заказаны компании Siemens Transportation Systems и получили название Velaro E. Этот суперсовременный поезд отвечает всем требованиям Технической спецификации совместимости европейских высокоскоростных систем (TSI). Эксплуатация его на линиях, рассчитанных на движение с максимальной скоростью 350 км/ч, с уклонами, достигающими 25 ‰, местами проходящих на высоте до 1200 м над уровнем моря, предъявляет особые высокие требования к электрической части поезда, особенно к системе тягового привода.

Железные дороги Испании планируют к 2010 г. увеличить протяженность сети высокоскоростных линий до 7200 км, чтобы новые поезда обеспечили высокоскоростное сообщение между Мадридом и всеми крупными городами страны. При этом время хода на всех маршрутах не должно превышать 4 ч, кроме Барселоны (около 6,5 ч). Объявляя тендер на разработку и изготовление новых поездов, Renfe исходили не только из этого условия, но также из принципов европейской совместимости систем, поскольку в перспективные планы железных дорог Испании входит соединение с европейской высокоскоростной сетью.

Объявление тендера на разработку и поставку 64 высокоскоростных поездов явилось важным шагом



Рис. 1. Поезд Velaro E

Renfe в данном направлении. При этом первые 32 поезда должны были иметь максимальную скорость 250 км/ч, другие 32, предназначенные для линии Мадрид — Барселона, более 300 км/ч.

Компания Siemens Transportation Systems (TS) в 2001 г. получила заказ на разработку и поставку 16 восьмивагонных поездов, которые смогут развивать скорость до 350 км/ч и проходить маршрут от Мадрида до Барселоны протяженностью 630 км менее чем за 2,5 ч.

Концепция поезда

Учитывая все требования Renfe, а также принимая во внимание возможности испанских предприятий — изготовителей подвижного состава, компания Siemens TS положила в основу проекта уже разработанную платформу Velaro. В последней в качестве технической базы использован моторвагонный поезд ICE3 железных дорог Германии (DBAG).

Эта платформа в соответствии с требованиями TSI характеризуется возможностью использования системы ETCS, питанием от системы переменного тока напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц, а также максимальной скоростью 350 км/ч, новой концепцией организации мероприятий в аварийных ситуациях и при пожаре. В платформе Velaro прослеживаются все преимущества распределенной тяги.

Благодаря преимущественному размещению тягового оборудования и устройств питания бортовой сети под кузовами вагонов обеспечены возможности повышения уровня комфорта в пассажирских салонах.

При разработке отдельных систем поезда большое внимание уделялось местным условиям. Так, вихретоковый тормоз был заменен реостатным, установки кондиционирования воздуха в вагонах выполнены более мощными. В связи с тем что в поезде принятой концепции была максимально учтена специфика Испании, он получил обозначение Velaro E (рис. 1). На сети Renfe поезду было присвоено серийное обозначение AVE S103.

Разрабатывая технические требования, Renfe особое внимание уделяли высокому уровню комфорта в поезде, в состав которого входят вагоны трех классов: клубного, представительского и туристического, а также вагон-кафетерий. Из соображений комфорта число пассажирских кресел (преимущественно пово-



Рис. 2. Конфигурация поезда Velaro E (половина состава)

ротных) уменьшено. В восьмивагонном поезде оно равно 404. Кроме того, в поезде имеется четыре пункта, где можно получить закуски и напитки (включая вагон-кафетерий), во всех вагонах расположены просторные отделения для ручной клади, установлены видеомониторы, а в концевом вагоне размещен клубный салон.

Все вагоны имеют улучшенную тепло- и звукоизоляцию, установки кондиционирования воздуха спроектированы в расчете на местные климатические условия. Электрическая часть также оптимизирована в расчете на особенности климата Испании.

Цепи главного тока

Тяговое оборудование поезда Velaro E распределено по шести вагонам, причем обе половины образуют отдельные тяговые установки со своими высоковольтными частями и соответственно тяговыми трансформаторами. В каждой такой установке ко вторичным обмоткам трансформатора подключены два одинаковых блока. В каждом из этих блоков имеются тяговый преобразователь, оснащенный системой регулирования тягового привода (ASG) и питающий четыре асинхронных трехфазных тяговых двигателя, включенных параллельно, схема реостатного тормоза, а также вспомогательные устройства тягового блока.

При выпадении одного из четырех тяговых блоков система защиты отключает его от соответствующего главного трансформатора. В этом случае поезд может продолжать движение с 75 %-ной установленной тяговой и тормозной мощностью.

Все оборудование симметрично распределено под кузовами вагонов (рис. 2). Тем самым не только обеспечивается равномерность распределения массы по длине поезда, но и воздействие тягового привода на 50 % всех осей. Благодаря этому достигается оптимальное использование сил сцепления как в фазе разгона, так и в диапазоне высокой скорости. Равномерное распределение массы уменьшает осевую нагрузку, снижает динамические воздействия поезда на путь, чем достигается экономия эксплуатационных затрат на путь и подвижной состав.

Для того чтобы удовлетворить требования Renfe и спецификации TSI, разработчикам пришлось модифицировать базовую систему тягового привода, которым оснащен поезд ICE3.

Чтобы обеспечить максимальную скорость до 350 км/ч, потребовалось увеличить мощность поезда на обode на 10 %, т. е. до 8800 кВт. В связи с изменившимся передаточным числом тягового редуктора при неизменной величине вращающего момента тяговых двигателей сила тяги при трогании должна быть равна 283 кН (рис. 3). Максимальная тяговая мощность должна обеспечиваться в диапазоне напряжений контактной сети 25 – 29 кВ.

При разработке системы торможения было принято решение отказаться от применения вихретокового тормоза, заменив его реостатным, который должен использоваться в случае избытка рекуперированной энергии. Поскольку электрический тормоз работает и при отсутствии напряжения в контактной сети, особое внимание было уделено вспомогательным устройствам тяговых агрегатов, получающим питание из промежуточного звена. На рис. 4 приведена принципиальная схема тяговой установки четырехвагонной секции поезда Velaro E.

Повышенные требования к качеству компонентов электрической части поезда и их охлаждению обусловлены особыми условиями эксплуатации поездов: температурой воздуха до +50 °С и топографией линии Мадрид — Барселона, которая местами проходит на высоте до 1200 м над уровнем моря. Для охлаждаемых воздухом компонентов и теплообменников водоохлаждаемых устройств важна не только температура охлаждающего воздуха, но и его плотность.

При разработке Velaro E руководствовались не только спецификациями TSI, но и другими новыми нормами, в частности стандартом по пожарной за-

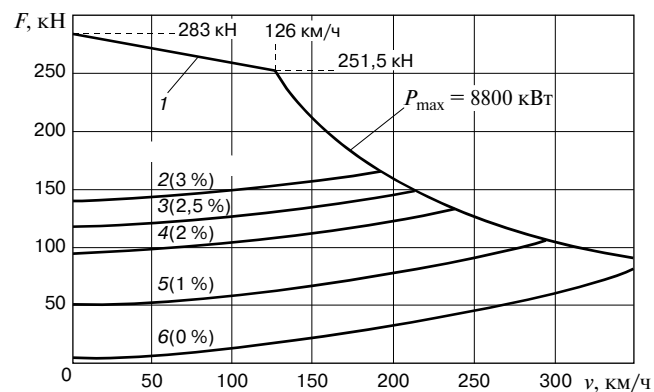


Рис. 3. Тяговая характеристика и кривые сопротивления движению: F — сила тяги; v — скорость; I — тяговая характеристика; 2 – 5 — кривые сопротивления движению поезда на подъеме крутизной от 1 до 3 %; 6 — кривая сопротивления движению на площадке

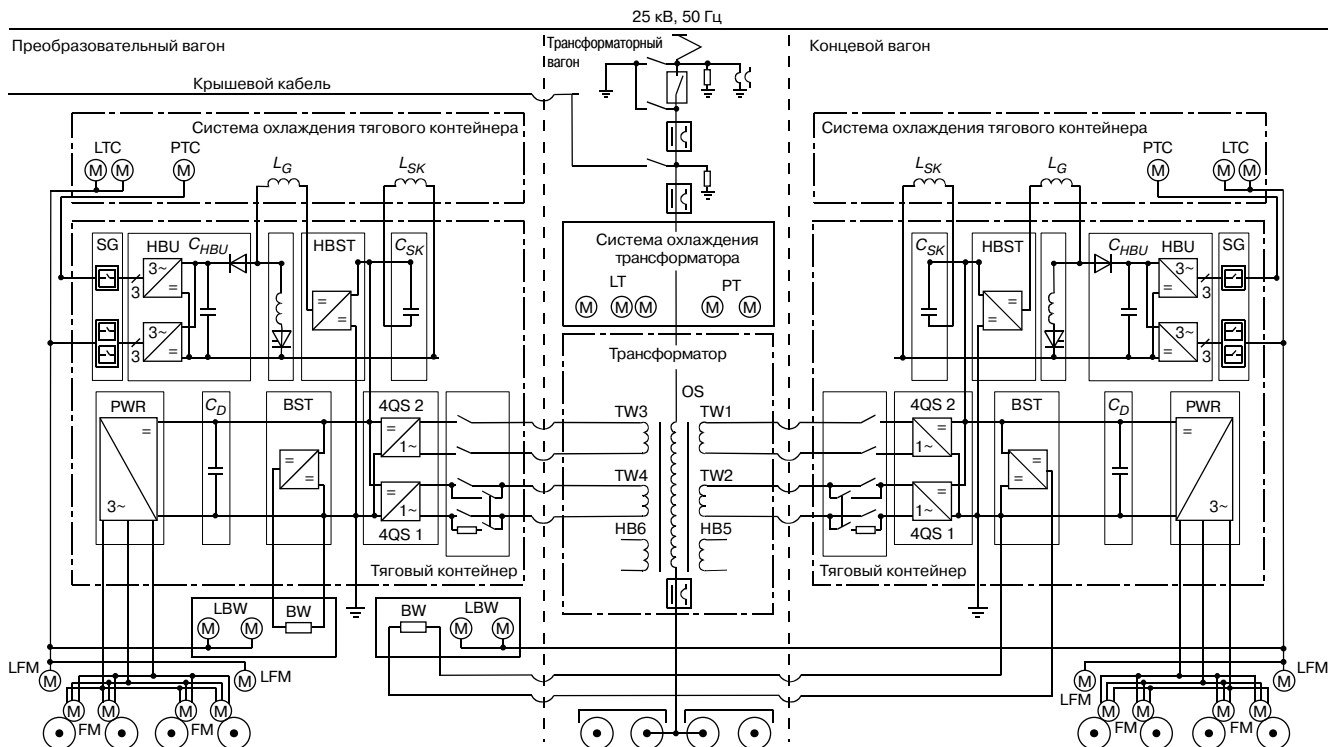


Рис. 4. Принципиальная схема тяговых цепей четырехвагонной секции:

LTC — вентиляторы тягового контейнера; PTC — насосы системы охлаждения тягового контейнера; L_G, L_{SK} — дроссели регулятора и поглощающей LC-цепочки; C_{SK} — батарея конденсаторов LC-цепочки; HBU — преобразователь, питающий вспомогательные устройства тягового контейнера; HNBST — регулятор преобразователя HBU; C_{HBU} — батарея конденсаторов промежуточного звена преобразователя HBU; SG — коммутационные аппараты; PWR — импульсный инвертор напряжения; C_D — батарея конденсаторов промежуточного звена постоянного напряжения тягового преобразователя; BST — тормозной регулятор; 4QS — четырехквадрантные регуляторы тягового преобразователя; BW — тормозной резистор; LBW — вентиляторы тормозного резистора; FM — тяговые двигатели; LFM — вентиляторы тяговых двигателей; LT, PT — соответственно вентиляторы и насосы системы охлаждения трансформатора; OS — первичная обмотка; TW1 — TW4 — вторичные тяговые обмотки; HB5, HB6 — вторичные обмотки, питающие вспомогательный преобразователь

щите EN 45545. Этот стандарт требует, чтобы в любой ситуации поезд был способен обеспечить в течение 15 мин движение со скоростью 80 км/ч. Это значит, что выход из строя тяговой установки одной половины поезда не должен повлечь за собой отказ другой.

Высоковольтное оборудование

Высоковольтное оборудование рассчитано на номинальное напряжение 25 кВ частотой 50 Гц. Поезд оснащен двумя токоприемниками, установленными над трансформаторными вагонами и соединенными между собой крышевым кабелем. В обычном режиме один из токоприемников опущен. Крышевой кабель имеет ответвления к обоим вакуумным главным выключателям, защищающим соответствующие тяговые установки в аварийных ситуациях.

При конфигурировании высоковольтной схемы большое внимание уделяли резервированию оборудования, в связи с чем обе тяговые установки поезда выполнили электрически связанными между собой. Для того чтобы в аварийной ситуации или при пожаре обеспечивалась работоспособность систем поезда, обе части его электрического и прежде всего тягового оборудования могут быть изолированы друг от

друга с помощью разделяющего выключателя, врезанного в крышевой соединительный кабель.

На поезде установлен новый токоприемник типа SSS400+, который прошел предварительные испытания на железных дорогах Германии. Это последняя модификация токоприемников семейства Siemens/Schunk. При проведении измерительных поездок со скоростью выше 300 км/ч наиболее жесткие требования предъявлялись к токоприемнику. При его проектировании первостепенное значение придавалось следующим моментам:

- оптимизации динамических характеристик за счет минимизации массы;
- исключению взаимного влияния сил нажатия полза на контактный провод и усилий подрессоривания токоприемника;
- снижению сопротивления воздуха;
- уменьшению излучаемого шума за счет аэроакустической оптимизации конструкции;
- возможностям использования подвижных частей токоприемника с рамами разных конструкций.

Токоприемник SSS400+ является дальнейшим развитием модификации SSS87, которая уже несколько лет используется на высокоскоростном поезде DBAG серии 411/415. Этот токоприемник соответствует тре-

бованиям спецификаций TSI, а также европейским стандартам EN 50206-1 и EN 50219. Токоприемник имеет полз длиной 1600 мм и может работать при движении в обоих направлениях, т. е. углом вперед или назад, во всем диапазоне скорости. Это свойство, а также наличие крышевого кабеля и второго токоприемника обеспечивают высокую эксплуатационную готовность поезда.

В моделирующих расчетах характеристики токоприемника исследовались во взаимодействии с контактной подвеской. Результаты расчетов были проверены на испытательном стенде DBAG. Дополнительно аэродинамика токоприемника исследована в аэродинамической трубе при скорости встречного воздушного потока до 300 км/ч. Высокое качество контакта и оптимальная величина отжатия провода при скорости движения до 350 км/ч подтверждены в ходе испытаний на сети DBAG.

Главный трансформатор

Главные трансформаторы обеих тяговых установок размещены под кузовами второго и седьмого вагонов. Установленную мощность трансформатора, равную 5660 кВт, рассчитывали исходя из требования высокой мощности на обод колеса. Топография линии Мадрид — Барселона, для которой создан поезд Velaro E, требует, чтобы он развивал эту мощность в течение длительного времени. Несмотря на высокую установленную мощность трансформатора, его потери относительно невелики благодаря исполнению обмоток, предусматривающему запас мощности. В связи с этим КПД трансформатора высок и составляет 95 %.

Трансформатор имеет четыре вторичные тяговые обмотки (TW1 — TW4) напряжением по 1100 В и мощностью 1265 кВт·А, а также две обмотки питания бортовой сети электроснабжения (NB5, NB6) напряжением 360 В и мощностью 300 кВт·А. С целью обеспечения необходимой величины индуктивности рассеяния на стороне бортовой сети для ее обеих обмоток в баке трансформатора смонтированы дополнительные дроссели. Обмотки трансформатора выполнены в виде плоских катушек, в которых в качестве изоляции использован материал Nomex. Индуктивность рассеяния трансформатора выбирали такой, чтобы уровень мешающих токов не превышал допустимых значений без применения сетевого фильтра.

Важным с экологической точки зрения шагом был отказ от использования обычного трансформаторного масла и замена его сложным эфиром. Последний в случае утечек не загрязняет грунтовые воды, он подвержен биологическому распаду и имеет более высокую температуру вспышки, чем минеральное трансформаторное масло.

Применение переключающего устройства в токовых цепях на вторичной стороне способствовало сни-

жению массы трансформатора, так как в этом случае не требуется распределительный шкаф с кабельными выводами, а также значительно упростило техническое обслуживание.

Трансформатор оснащен двумя насосами для обеспечения циркуляции охлаждающей жидкости. В случае отказа одного из них второй позволит продолжить эксплуатацию трансформатора с пониженной мощностью. Система охлаждения размещена непосредственно возле трансформатора. Она состоит из теплообменника, защитного фильтра и трех вентиляторов с электрическим приводом.

Частоту вращения вентиляторов можно регулировать переключением числа полюсов приводных двигателей. Эта же мера, а также отключение одного из вентиляторов служат для снижения уровня шума, например, во время стоянки на станции. Отказ одного из вентиляторов не вызывает отключения трансформатора, а лишь требует перехода в режим работы с пониженной мощностью. Тем самым обеспечивается высокая эксплуатационная готовность главных трансформаторов. Для их защиты, кроме газового реле, используются системы контроля температуры и циркулирующего потока охлаждающего эфира. Кроме того, для распознавания замыканий на корпус установлено устройство контроля изоляции первичной обмотки.

Тяговый преобразователь

Четыре тяговых преобразователя размещены под кузовами первого, третьего, шестого и восьмого вагонов. Каждый из них состоит из двух четырехквadrантных регуляторов 4QS, промежуточного звена постоянного напряжения, трехфазного импульсного инвертора PWR, тормозного регулятора BST, преобразователя, питающего вспомогательные устройства тягового оборудования, и поглощающей LC-цепи.

В качестве силовых вентилях использованы запираемые тиристоры (GTO) с рабочим напряжением до 4,5 кВ и током до 3 кА, которые скомпонованы в водоохлаждаемые фазные модули, образующие компактный и легкий тяговый преобразователь. Цепи управления и регулирования преобразователя построены на базе проверенной в эксплуатации системы SIBAS 32, разработанной компанией Siemens Transportation.

Существенным изменением в схеме тягового преобразователя рассматриваемого класса мощности является подключение регулятора NBST, разработанного специально для преобразователя HBU, питающего вспомогательные устройства тяговых цепей, к промежуточному звену тягового преобразователя. Благодаря этому питание вспомогательных устройств обеспечивается и при отсутствии напряжения в контактной сети.

Преобразователь HBU, построенный на базе биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), имеет два выходных трехфазных инвертора. Один из них питает циркуляционные насосы трансформатора напряжением 440 В трехфазного тока фиксированной частоты 60 Гц, второй обеспечивает питание напряжением 440 В регулируемой частоты (0 – 60 Гц) групп вентиляторов, которые предназначены для охлаждения тяговых двигателей, тормозного резистора и устройств, скомпонованных в тяговом контейнере. Изменяемая частота напряжения, питающего вентиляторы, позволяет регулировать частоту их вращения таким образом, чтобы уровень излучаемого шума, зависящий от температуры охлаждаемых компонентов, ограничивался минимальной величиной.

Модули тиристорных ГТО, устройство регулирования тяги ASG и сетевые контакторы расположены с боковых сторон тягового контейнера, что обеспечивает удобство обслуживания этих компонентов через специально предусмотренные люки. В середине контейнера размещены батареи конденсаторов промежуточного звена постоянного напряжения и поглощающей цепочки. Доступ к ним возможен через верхнюю крышку, крепящуюся на винтах. Через боковые люки также можно обслуживать автоматы защиты приводных двигателей вспомогательных устройств, которые относятся к тяговому блоку и к заземляющему устройству.

Охлаждающая установка тягового блока также выполнена в соответствии с высокими эксплуатационными требованиями. Так, площадь радиаторов теплообменника здесь значительно больше, чем на поездах ICE. Внутри охлаждающей установки размещены два дросселя, один из которых относится к поглощающей цепочке, а второй — к регулятору преобразователя HBU. Эти дроссели, смонтированные в компактный общий модуль, охлаждаются потоком циркуляционного воздуха установки. В установке охлаждения преобразовательного контейнера имеется два вентилятора, питаемые током регулируемой частоты. Отказ одного из них не вызывает отключения преобразователя, а лишь ведет к переключению его в режим ограниченной нагрузки.

При разработке защиты тягового преобразователя реализована новая концепция. Она заключается не только в контроле температуры компонентов. Система защиты также следит за рабочими режимами, не допуская возникновения перенапряжений и токовых перегрузок.

Тяговая передача

Блок тяговой передачи состоит из трехфазного асинхронного тягового двигателя, муфты с арочными зубьями и одноступенчатого редуктора. Каждый моторный вагон оснащен четырьмя такими тяговы-

ми блоками. Каждая колесная пара вагона имеет свой тяговый двигатель. Все тяговые двигатели имеют поперечное расположение в тележках и крепятся в четырех точках. Конструкция крепления тягового двигателя встраивается в раму через элементы, упругие на скручивание и в поперечном направлении. Достижимое при этом уменьшение неподрессоренных масс ведет к повышению плавности хода и снижению нагрузки на верхнее строение пути.

Тяговый двигатель является четырехполюсной трехфазной асинхронной машиной с ротором в виде беличьей клетки и принудительным охлаждением. В бескорпусном статоре размещены фазные обмотки. Вращающееся магнитное поле увлекает пакет железа ротора с продольными стержнями, которые по торцам соединены медными кольцами. Испытания показали, что температурный резерв тяговых двигателей отвечает самым высоким требованиям. Установленная мощность одного тягового двигателя равна 560 кВт. Два тяговых двигателя моторной тележки охлаждает один вентилятор. Он размещен под полом в нижней закругленной части кузова и снабжен боковым забором воздуха. Охлаждающий воздух поступает от вентилятора к тележке через каналы, проходящие через основание кузова. От каналов к двигателям воздух подается через сильфонные подводы.

Неизбежные в эксплуатации относительные перемещения тягового двигателя и редуктора, смонтированного на оси колесной пары, компенсируются муфтой с арочными зубьями. Для обеспечения скорости движения поезда до 350 км/ч тяговый редуктор выполнен с передаточным числом 2,61.

Поскольку моторные колесные пары поезда разработаны в соответствии со стандартом EN 13104, кроме увеличенного диаметра оси они должны иметь комплектный редуктор новой конструкции. Новый редуктор разрабатывался с учетом требований акустической оптимизации, благодаря чему уровень излучаемого им шума оказался на 10 дБ ниже, чем у редукторов поезда ICE3.

Тормозной резистор

Поезд Velaro E оснащен не зависящим от контактной сети реостатным тормозом мощностью на ободе 7200 кВт. По два тормозных резистора с принудительным охлаждением установлены на крышах преобразовательных вагонов (третьего и шестого). Таким образом, на каждый преобразователь приходится по одному тормозному резистору. Эти резисторы используются также для ограничения напряжения в промежуточном звене тягового преобразователя.

Электрический рекуперативный тормоз используется в качестве служебного, а реостатный включают лишь в том случае, если контактная сеть не может принимать рекуперированную энергию, а также при от-

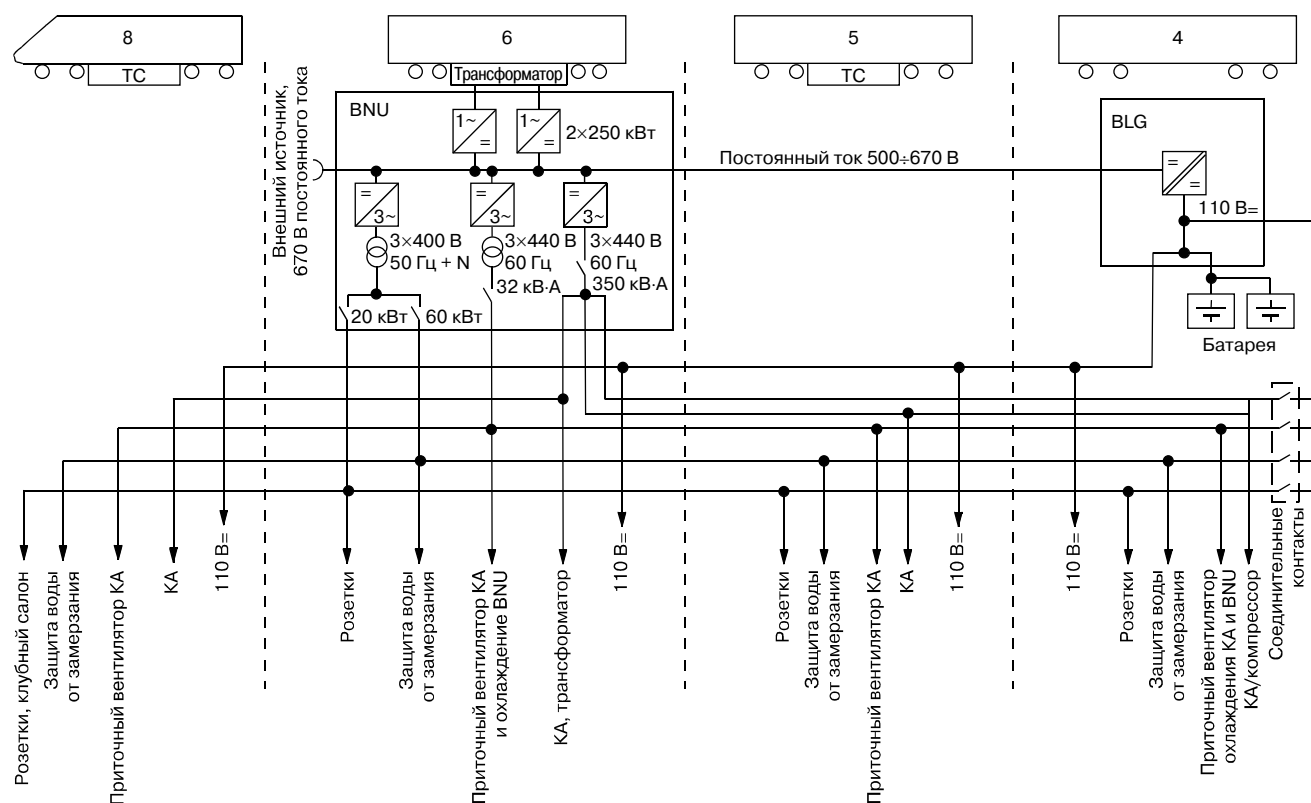


Рис. 5. Принципиальная схема питания бортовой сети:

ТС — тяговый контейнер; BNU — преобразователь питания вспомогательных устройств; BLG — зарядный агрегат; КА — установка кондиционирования воздуха

сутствии электрического соединения с контактной сетью или в моменты нахождения поезда в зоне нейтральной вставки изолирующего сопряжения. Поскольку реостатный тормоз не зависит от сети, его мощность учитывают при расчете обеспеченности поезда тормозами. В связи с этим предъявляются повышенные требования к надежности и эксплуатационной готовности реостатного тормоза, поэтому вентиляторы, охлаждающие тормозные реостаты, получают питание от вспомогательного преобразователя НВU, подключенного к промежуточному звену постоянного напряжения тягового преобразователя. Кроме того, на поезде реализованы меры контроля реостатного тормоза — измерение температуры резистора и регулярные проверки работоспособности вентиляторов охлаждения.

Несмотря на высокую мощность, тормозной резистор имеет компактное исполнение. Его высота выбрана минимально возможной с целью снижения аэродинамического сопротивления. Рабочее колесо вентилятора имеет соответственно небольшой диаметр, однако обеспечивает подачу воздушного потока, необходимого для охлаждения резистора. Охлаждающий воздух забирается сбоку, а отработавший выбрасывается вверх. Благодаря конструкционным особенностям вентилятор лишь в незначительной степени подвержен воздействию перепадов давления, обусловленного

боковым ветром, поэтому оптимальное охлаждение резистора обеспечивается даже при сильном боковом ветре.

Сеть бортового электроснабжения

Конфигурация бортовой сети

Бортовая сеть поезда подразделяется на не зависящую от контактной сети систему питания вспомогательных устройств тяговых агрегатов, подключенную к промежуточному звену тягового преобразователя, и собственно бортовую сеть, питающую различные системы вагонов: отопления, кондиционирования воздуха, освещения, обеспечения сжатым воздухом. Эта сеть получает питание от специальных преобразователей ВNУ, которые размещены в трансформаторных вагонах и подключены к вспомогательным обмоткам главных трансформаторов (рис. 5). Преобразователь ВNУ имеет на выходе следующие системы напряжений:

- трехфазную 440 В частотой 60 Гц, мощностью 350 кВ·А;
- то же, мощностью 32 кВ·А, питающую установки кондиционирования воздуха и систему охлаждения самого ВNУ, резервированную инвертором, получающим питание от аккумуляторной батареи;
- трехфазную с нулевым проводом 400 В, частотой 50 Гц, мощностью 60 кВ·А;

- то же, мощностью 20 кВ·А, питающую розетки и другие устройства, резервированную инвертором с питанием от аккумуляторной батареи;

- постоянного тока 670 В промежуточного звена мощностью 60 кВт, питающую агрегаты для зарядки аккумуляторных батарей.

Потребители, которые получают питание от систем напряжения, резервированных батареями, переключаются на них при отсутствии напряжения в контактной сети или в моменты прохождения нейтральных вставок изолированных сопряжений.

Сборные шины трехфазной системы проходят через всю четырехвагонную секцию. В случае отказа одного преобразователя BNU автоматически срабатывает соединительный контактор в промежуточном вагоне, в результате чего питание переключается на второй BNU с отключением некоторых потребителей в обеих четырехвагонных секциях поезда (отопления, установок кондиционирования воздуха).

Под каждым из промежуточных вагонов расположены зарядный агрегат мощностью 60 кВт и батарея никель-кадмиевых аккумуляторов. Сборные шины постоянного тока напряжением 110 В обеих секций поезда в нормальном режиме соединены между собой. В случае возникновения аварийных ситуаций эти шины разделяются контактором.

Преобразователь питания бортовой сети

Преобразователь питания бортовой сети BNU поезда Velaro E построен на базе технологии IGBT и имеет водяное охлаждение. В качестве входного звена используются два четырехквadrантных регулятора, получающих питание от вспомогательных обмоток главного трансформатора. Благодаря высокой частоте переключения транзисторов IGBT обеспечивается минимальное обратное воздействие преобразователя на сеть. Сборные шины трехфазного тока напряжением 440 В, рассчитанные на высокую мощность, подключены непосредственно к инвертору, оборудованному синусными фильтрами.

Сборные шины других систем напряжения, рассчитанные на меньшие мощности, также подключены к инверторам, но с разделением потенциалов благодаря использованию трехфазных трансформаторов. В депо преобразователь BNU получает питание от постороннего источника постоянного тока напряжением 670 В, мощностью не выше 250 кВт.

Для управления и регулирования BNU используется микропроцессорная система SIBCOS компании Siemens Transportation.

При разработке преобразователя BNU и всей сети бортового электроснабжения учитывались повышенные требования, которые определялись режимом максимальной нагрузки BNU. Такой режим имеет место во время стоянки поезда при температуре в зоне рельсов +80 °С. В связи с этим некоторые компоненты преобразователя и бортовой сети выбирали из спецификаций для оборудования, рассчитанного на повышенные температуры эксплуатации.

Выводы

Железные дороги Испании получили от компании Siemens Transportation современный высокоскоростной серийный поезд Velaro E. Первый из заказанной партии уже проходит испытания в рамках допуска к эксплуатации, последующие строят на заводах в Сарагосе и Вальядолиде. Удачный выбор платформы для нового поезда, а также эффективное согласование ее с местными условиями создали предпосылки для разработки концепции поезда, который можно успешно эксплуатировать на существующих и планируемых высокоскоростных линиях Испании. Это подтверждается дополнительным заказом Renfe еще 10 поездов. Новый высокоскоростной поезд вызывает интерес в ряде стран Азии, Европы и Южной Америки.

F. Budzinski et al. Elektrische Bahnen, 2004, № 3, S. 99 – 108.

Редакция журнала «Железные дороги мира»

приглашает на внештатную работу переводчиков с английского, немецкого и французского языка, имеющих опыт работы на железнодорожном транспорте и проживающих в Москве или Московской области.

Обращаться по телефонам (095) 290-60-54 или (095) 290-09-27.