

Переоборудование дизель-поездов компании AKN

Для беспрепятственного пропуска поездов от северных пригородов до главного вокзала Гамбурга по линиям городской железной дороги, оборудованным контактным рельсом, компания AKN приняла решение о создании шести поездов с гибридным тяговым приводом на базе дизель-поездов серии VTA.

Компания AKN выполняет пассажирские перевозки в северной части Гамбурга и во всем регионе на юге земли Шлезвиг-Гольштейн. Если в 1960-е годы ее можно было отнести к второстепенным железнодорожным компаниям, то в настоящее время она стала современным транспортным предприятием. Ее поезда, обращающиеся в режиме городской железной дороги по интенсивным тактовым графикам, ежегодно перевозят 12,5 млн. пассажиров.

Поскольку сеть, на которой выполняет перевозки компания AKN, не электрифицирована, для нее были созданы современные двухвагонные дизель-поезда, способные быстро разогнаться до максимальной скорости. Они были разработаны и построены консорциумом, в который вошли компании Linke-Hofmann-Busch (сейчас Alstom LHB) и BBC (ныне Bombardier Transportation).

Первая партия из 16 дизель-поездов с электрической передачей постоянного тока, получивших обозначение VT2E, поступила на сеть AKN в 1976/1977 г. В марте 1993 г. состоялась презентация первого из 18 поездов следующей серии, получивших обозначение VTA. Эти поезда были оборудованы электрической передачей с асинхронными трехфазными тяговыми двигателями. Здесь впервые в мире был использован охлаждаемый водой тяговый преобразователь на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT).

Эксплуатационные условия на сети AKN

Линия A1, идущая от Ноймюнстера и Кальтенкирхена, заканчивалась на станции Эйдельштедт сети городской железной дороги (S-Bahn) Гамбурга. Для разворота поездов использовались примыкающие пути станции. Они, как и вся сеть городской железной дороги Гамбурга, электрифицированы по системе постоянного тока напряжением 1200 В, подводимого с помощью контактного рельса.

Потребность в прямом сообщении с главным вокзалом Гамбурга через Эйдельштедт возникла давно. По линии S21 были организованы пробные беспересадочные перевозки с использованием дизель-поездов, имевшие большой успех. Однако на этой линии S-Bahn в районе главного вокзала есть тоннельный участок, на котором нельзя было организовать регулярное движение поездов на дизельной тяге из-за выхлопных газов. В связи с этим компания AKN начала изыскивать возможность создания гибридного поезда на базе VTA, который мог бы работать в режиме электропоезда с питанием от контактного рельса и в режиме дизель-поезда.

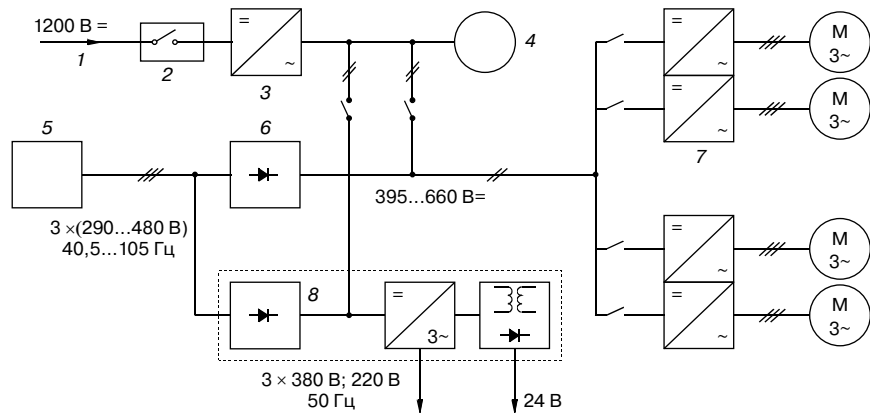
Предприятия железнодорожной промышленности не проявили интереса к проведению всего комплекса работ по переоборудованию поезда, так как для них более привлекательной была идея разработки нового поезда с гибридным тяговым приводом. В связи с этим компания AKN в 1998 г. самостоятельно провела необходимые исследования на базе отделения поездного электрооборудования, созданного в 1996 г. В рамках реализации своей идеи AKN выполнила в 1999 г. много измерительных поездок для изучения возможностей объединения приводов двух разных типов.

Первые результаты проведенного анализа позволили сделать два основных вывода в вопросе проектирования дополнительного электрооборудования для поезда.

Необходимость создания еще одного тягового тракта для питания существующей передачи постоянного тока с промежуточным звеном была очевидной. Для этого тракта наряду с токоприемниками, контакторами, короткозамыкателями, главным выключателем постоянного тока и соответствующей кабельной разводкой необходимо было разработать регулятор напряжения. Он необходим для того, чтобы подводимое из контактной сети напряжение 1200 В постоянного тока можно было преобразовывать в напряжение промежуточного звена, которое в зависимости от ходовой ступени должно изменяться в диапазоне от 395 до 660 В постоянного тока.

Важной задачей было размещение всего нового оборудования. В частности, для регулятора напряжения поставили жесткие рамки в отношении массы и объема, так как дооборудование поезда велось в условиях дефицита свободного пространства и малого резерва осевой нагрузки.

Рис. 1. Принципиальная электрическая схема переоборудованного гибридного поезда:
 1 — контактный рельс; 2 — главный выключатель; 3 — регулятор напряжения Т500; 4 — защита от перенапряжений; 5 — синхронный трехфазный генератор; 6 — выпрямитель; 7 — тяговый инвертор; 8 — преобразователь питания вспомогательных устройств



Не столь очевидной оказалась ситуация с системой управления. Поскольку менять аппаратное и программное обеспечение используемой системы Micas было нельзя, новые компоненты для управления и регулирования тягового привода потребовалось проектировать таким образом, чтобы все дополнительные функции гибридного привода, а именно изменение режимов тяги с дизельного на электрический, можно было реализовать также и при ведении поезда по системе многих единиц. При этом в режиме электропоезда также должен выполняться ряд функций дизельного режима системы Micas, несмотря на отключенные дизель и генератор. Речь идет о непрерывной диагностике оборудования (в том числе дизеля и системы возбуждения генератора), которую в данном случае выполняют дополнительные компоненты схемы управления.

Организация процесса переоборудования

В феврале 2000 г. компания Alstom LNB, которую AKN выбрала в качестве руководителя проекта, получила контракт на разработку и поставку компонентов для переоборудования опытного поезда. Перед ней стояли следующие задачи:

- разработка всего дополнительного электрооборудования и электрических схем;
- составление технической спецификации и выбор компании для разработки регулятора постоянного тока;
- составление технических спецификаций, программирование и поставка программируемой системы управления (SPS);
- адаптация SPS к системе Micas, установленной на поезде;
- составление плана работ по механической части;
- сдача в опытную эксплуатацию;
- техническое сопровождение в процессе допуска.

Переоборудование поезда VTA наряду с разработкой электрооборудования для дизель-поездов Coa-

dia LINT и Lirex Experimental было одним из первых крупных проектов относительно молодого отделения электрических компонентов, созданного компанией AKN.

В качестве субподрядчика для разработки и поставки регулятора постоянного тока была выбрана компания SMA Technologie со штаб-квартирой в Ништетале под Касселем. За компанией AKN остались следующие функции:

- изготовление прочих компонентов, а именно кабелей, трубопроводов, токоприемника, короткозамыкателя, регулирующих клапанов, элементов системы управления и контрольной сигнализации;
- работы по общему переоборудованию;
- организация доработки преобразователя для питания вспомогательных устройств с привлечением изготовившей его компании Transtechnik;
- техническое сопровождение процессов приемки;
- планирование и проведение измерительных поездок в рамках допуска с использованием собственного персонала.

На рис. 1 представлена принципиальная электрическая схема обоих вагонов переоборудованного поезда, из которой видно, что в режиме электроснабжения от контактного рельса все четыре тяговых преобразователя и преобразователь для вспомогательных устройств получают питание напряжением постоянного тока от 395 до 660 В, в зависимости от ходовой ступени. Используемый для этого регулятор постоянного тока размещен под кузовом вагона 2 (рис. 2). Дизель решено было оставить в вагоне 1 на прежнем месте.

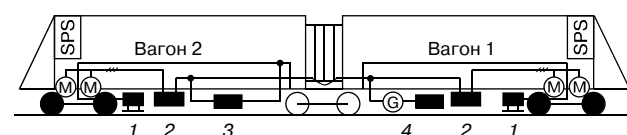


Рис. 2. Распределение основных компонентов тягового оборудования в вагонах поезда:

М — тяговые двигатели; SPS — дополнительная система управления; 1 — токоприемник; 2 — тяговый преобразователь; 3 — регулятор постоянного тока с главным выключателем; 4 — дизель-генераторный агрегат

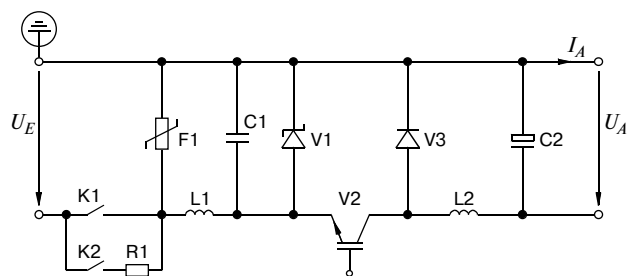


Рис. 3. Принципиальная схема понижающего регулятора постоянного тока:

U_E — входное напряжение; U_A — выходное напряжение; I_A — выходной ток; K1 — главный выключатель постоянного тока; K2, R1 — цепь заряда; L1, C1 — сетевой фильтр; F1, V1 — защита от перенапряжения; V2, V3 — силовые вентили; L2 — дроссель регулятора постоянного тока; C2 — выходной конденсатор

Для размещения преобразователя потребовалось переместить некоторые компоненты оборудования, а именно компрессор, воздушный резервуар, некоторые трубопроводы и кабели. При этом строго соблюдался принцип минимизации перекомпоновки.

В одном контейнере с регулятором размещен главный выключатель постоянного тока, соединенный с токоприемниками, смонтированными на обеих концевых тележках, и короткозамыкателем с пневматическим управлением.

Новые компоненты поезда

Регулятор постоянного тока

Регулятор Т500 исполнен как преобразователь постоянного — постоянного тока без гальванической развязки, позволяющий получить на выходе более низкое напряжение, чем на входе, плавно изменяемое в широком диапазоне (рис. 3).

При разработке регулятора руководствовались особыми требованиями, связанными с ограничения-

Основные характеристики регулятора Т500	
Электрические параметры	
Напряжение постоянного тока, В:	
входное.....	840 — 1440
номинальное входное.....	1200
выходное.....	395 — 660
Максимальный выходной ток, А.....	760
Номинальная мощность, кВт.....	500
Испытательный режим:	
напряжение переменного тока, кВ.....	3,6
частота, Гц.....	50
время выдержки, мин.....	1
Прочие характеристики	
Размеры, мм:	
длина.....	2260
ширина.....	1690
высота.....	675
Диапазон рабочих температур, °С.....	—25 ... +45
Охлаждение.....	водяное для модулей IGBT; воздушное для дросселей

ми по массе и занимаемому объему, а также с особенностями эксплуатации на поездах городской железной дороги.

К конструкции токоприемников также предъявлялись достаточно жесткие требования в отношении массы. Тем не менее разработчики смогли найти техническое решение, оптимальное по этому и прочим параметрам.

Силовые вентили V2 и V3 (см. рис. 3) объединены в общий водоохлаждаемый модуль, в схемном отношении представляющий собой импульсный прерыватель постоянного тока. Прочие компоненты регулятора также объединены в модули, которые размещены в двухсекционном контейнере, смонтированном в нижней раме кузова вагона. В одной секции контейнера расположен выдвижной блок ELE-T500 со всеми электрическими соединениями и подводами для водяного охлаждения тяговых двигателей, в другой секции размещены дроссели. Общая масса контейнера с оборудованием не превысила 890 кг.

Для обеспечения перехода с чисто электрического режима на дизельный нужно отключить регулятор со стороны входа и выхода. Для этого в схеме использованы быстродействующие выключатели постоянного тока. Эти выключатели, рассчитанные на разрыв тока до 800 А, также смонтированы в контейнере регулятора Т500. Команды на их срабатывание автоматически генерируются схемой управления регулятора.

Для работы регулятора были установлены чрезвычайно низкие уровни допустимых мешающих токов. Кроме того, уровень гармоник 42 и 50 Гц постоянно контролируется, так как на этих частотах работают рельсовые цепи.

В цепи главного тока используются специально разработанные водоохлаждаемые модули из биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT).

Во избежание значительных коммутационных потерь при рабочей частоте переключения транзисторов, равной 2 кГц, применен особый способ управления вентилями, снижающий эти потери. Благодаря этому при высокой тактовой частоте удастся обеспечить низкий уровень мешающих токов с использованием относительно небольших дросселей входного и выходного фильтров. Эти компактные и легкие фильтры полностью решают проблему электромагнитных помех, излучаемых тяговым подвижным составом.

В контейнере регулятора Т500 также установлены компоненты системы диагностики, с помощью которой контролируются текущие рабочие параметры преобразователя и обнаруживаются неисправности. Для доступа к данным используется сервисный персональный компьютер.

Прочие компоненты

Токоприемник и короткозамыкатель. На обеих концевых тележках поезда смонтировано по два токоприемника с боковым токосъемом. Питающие кабели от токоприемников, расположенных с обеих сторон тележки, соединяются и включаются в цепь главного тока перед короткозамыкателем. От клеммной коробки короткозамыкателя силовой кабель идет в кузов, где также заводится в передаточную клеммную коробку. Отсюда проложен кабель к следующей коробке, расположенной в районе промежуточной поддерживающей тележки с диагональными связями (тележка Якобса). Такое расположение дополнительной кабельной разводки не создает проблем при замене этой тележки.

Цепь обратного тока. Для цепи обратного тока дополнительного силового электронного оборудования частично использованы устройства, уже имевшиеся на поезде VTA. Речь идет о заземляющих контактах на каждой из колесных пар и сборной шине обратного тока сечением 50 мм². На базе расчетов ожидаемой величины обратного тока имевшуюся сборную шину усилили еще двумя шинами сечением по 70 мм² и дополнили цепь двумя кабелями такого же сечения, соединившими сборную шину с регулятором постоянного тока T500.

Преобразователь для вспомогательных устройств. В дизельном режиме работы поезда преобразователь электроснабжения вспомогательных устройств получает питание непосредственно от главного генератора. В режиме электропоезда с подключением к контактной рельсу главный генератор выведен из работы, поэтому промежуточное звено постоянного напряжения вспомогательного преобразователя получает питание от регулятора T500. Для обеспечения такой схемы в корпусе существующего вспомогательного преобразователя был смонтирован проходной изолятор. Через него ввели дополнительный кабель, который подключили к выходу мостового выпрямителя, связанного с промежуточным звеном постоянного напряжения (см. рис. 1).

Система управления. Для переключения дизельного и электрического режимов поезда в обеих кабинах управления имеется пульт. Он размещен на передней панели приборного шкафа, расположенного в проходе из кабины в пассажирский салон. На пульте имеются сигнальные лампы, показывающие, какой из режимов включен, а также лампы, контролирующие наличие напряжения 1200 В и исправность регулятора T500. Сигналы и команды с этого пульта передаются в главную систему управления SPS.

Для условий железнодорожной эксплуатации выбрана система SPS типа Selectron, которая может работать при значительных колебаниях температуры и высокой влажности, выдерживает вибрации и толч-

ки. По электромагнитной совместимости она имеет исполнение, которое соответствует европейскому стандарту DIN EN 50121-3-2: 2001-05.

На рис. 4 представлено распределение компонентов системы SPS в кабинах поезда. В вагоне 1 размещен блок центрального компьютера CPU 725-T с аналоговыми и цифровыми входами и выходами. Децентрализованный блок DDC 711-T с аналоговыми и цифровыми выходами расположен в кабине вагона 2. Эти блоки связаны вагонной информационной шиной CANopen.

К системе SPS также подключены:

- контрольные лампы;
- схема включения и отключения дизеля;
- некоторые аналоговые и цифровые входы электронной системы Micas, которые используются при электрическом режиме работы поезда;
- схема пневматического управления токоприемниками и короткозамыкателями на базе электромагнитных клапанов;
- регулятор напряжения T500;
- линии управления поездом.

В режиме питания от контактного рельса возможно вождение по системе многих единиц составов из двух поездов.

Сдача в эксплуатацию

Испытания в рамках сдачи в эксплуатацию опытного гибридного поезда проводились на неэлектрифицированной сети АKN. Для их тягового электроснабжения использовались два переоборудованных вагона с генераторами отопления, которые раньше включали в пассажирские поезда с локомотивной тягой для питания сборной шины поездного электроснабжения напряжением 1000 В, частотой 60 Гц.

Для того чтобы дизель-генераторные агрегаты этих вагонов мощностью 180 кВт можно было использовать для подачи напряжения 1200 В постоянного тока, необходимого для режима питания поезда от контактного рельса, к генераторам подключили мостовой выпрямитель, мощный сглаживающий дроссель и батарею конденсаторов. Для регулирования дизель-генераторов использовался отдельный блок управления. Поставка этого дополнительного обо-

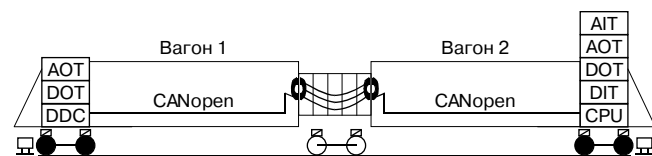


Рис. 4. Размещение на поезде с гибридным тяговым приводом дополнительных устройств управления:

CPU — блок центрального компьютера; DDC — децентрализованный блок; AIT — аналоговые входы; AOT — аналоговые выходы; DIT — цифровые входы; DOT — цифровые выходы; CANopen — вагонная информационная шина

рудования была поручена компании SMA, разрабатывавшей регулятор постоянного тока T500.

Все элементы экспериментальной установки, в том числе и сглаживающий дроссель, смонтировали на отдельной панели. В данном случае был применен открытый монтаж без защитного кожуха, так как панель установили в закрытом дизель-генераторном вагоне. Выпрямитель установки имел радиатор с принудительным воздушным охлаждением. На выходе установки также смонтировали приборы для измерения тока и напряжения, генератор оборудовали устройством защиты.

Через девять месяцев после начала работ новый гибридный поезд смог выполнить пробную поездку по участку городской железной дороги Гамбурга с контактным рельсом. Сначала эти поездки проводили в период ночного перерыва в движении на одном из экипировочных путей станции Эйдельштедт. В дальнейшем также в ночные часы были выполнены поездки до станции Пиннеберг, во время которых достигалась скорость 100 км/ч.

В начале 2001 г. компании SMA было заказано переоборудование пяти дизель-поездов и изготовление одного запасного регулятора напряжения T500. К концу того же года все пять переоборудованных поездов были переданы заказчику.

Допуск и начало эксплуатации

Процедура допуска переоборудованных поездов оказалась достаточно сложной, так как первоначальный допуск дизель-поездов, проводившийся в 1993 г., базировался на нормах, которые за прошедшее время претерпели значительные изменения. В частности, имелись претензии к габариту приближения, который на сети S-Bahn был в свое время пересмотрен и ориентирован на поезда серии 474. Кроме того, велись дискуссии по поводу конструкции колесных пар.

В результате все шесть поездов с гибридным тяговым приводом были допущены к эксплуатации на сети с контактным рельсом лишь осенью 2004 г. Они органично вошли в эксплуатационный процесс на сети компании AKN. С 12 декабря 2004 г. эти поезда с понедельника по субботу в соответствии с графиком обращаются в вечерние часы, а в субботу дополнительно и утром на линии городской железной дороги, обеспечивая пассажирам беспересадочные поездки из северных пригородов в центр Гамбурга.

J. Kruszynski et al. Elektrische Bahnen, 2005, № 3, S. 127 – 133.

Новые вагоны грузовой компании Railion Deutschland

В последние годы компания Railion Deutschland, как и другие компании, входящие в состав холдинга железных дорог Германии (DBAG), постоянно обновляет парк грузовых вагонов за счет ввода в эксплуатацию новых вагонов, в основном специализированных, предназначенных для перевозки грузов горно-добывающей, автомобильной и химической промышленности. Новый подвижной состав используется для замены менее эффективных вагонов старой конструкции и способствует удовлетворению требований клиентуры на новом уровне и с большей эффективностью, чем при смешанных перевозках.

В парке грузовых вагонов компании Railion Deutschland модернизации подвергаются в первую очередь те вагоны, которые с точки зрения ограничений, действующих на железнодорожном транспорте, достигли предела своих эксплуатационных возможностей. Речь идет о подвижном составе, характеристики которого могут быть улучшены лишь с по-

мощью целенаправленных технических мероприятий (например, увеличение внутренней высоты вагонов с раздвижными боковыми стенками за счет использования колесных пар уменьшенного диаметра). Резервы, имеющиеся у такого подвижного состава, должны быть использованы для стандартизации, снижающей затраты жизненного цикла (LCC), и модуляризации в рамках того или иного семейства вагонов.

Если развитие парка будет ориентировано на уменьшение числа типов вагонов с преимущественной контейнеризацией перевозок, это потребует отказа от транспортировки некоторых видов грузов, таких, как навалочные, лесной промышленности, автомобили. На конкурирующих видах транспорта (например, на автомобильном) в этой ситуации также потребуются специализированный подвижной состав. Вместе с тем создание подвижного состава, разрабатываемого в соответствии с требованиями заказчика и предназначенного для грузов, перевозимых только по железной дороге (например, широкого стального листа), может оказаться экономически выгодным.