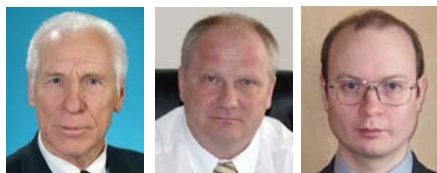


Развитие инфраструктуры энергообеспечения железнодорожного транспорта

А. Т. БУРКОВ, докт. техн. наук, Заслуженный работник высшей школы РФ, профессор Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС)

А. В. МИЗИНЦЕВ, канд. техн. наук, профессор ПГУПС, председатель совета директоров ООО «НИИЭФА-ЭНЕРГО»

Е. В. КУДРЯШОВ, заместитель генерального директора по науке ЗАО «Универсал — контактные сети», ассистент ПГУПС



В статье представлены современные тенденции развития электротяговой инфраструктуры и дан краткий обзор техники и технологий энергообеспечения тяги поездов и нетяговых потребителей в соответствии с концептуальными основами электрификации и совершенствования устройств электроснабжения железных дорог. Приведены примеры новой техники и технологий для подстанций и контактной сети.

Инновационные проекты

Необходимость обеспечения возрастающего объема и качества услуг по перевозкам, повышения эффективности использования имеющегося оборудования и сокращения эксплуатационных расходов вызывает потребность в ускоренном развитии технических средств, постоянной модернизации оборудования и обновления устройств электроснабжения. Это и определяет основные направления инновационной деятельности Российских железных дорог. Главные инновации связаны с формированием поездов повышенной массы и увеличением скорости движения, с развитием тяжеловесного, скоростного и высокоскоростного движения и применением электроподвижного состава (ЭПС) нового поколения, с разработкой новых технологий обслуживания инфраструктурных сооружений и устройств в условиях интенсивного движения.

Следует выделить крупные инновационные проекты: полное и надежное энергообеспечение, снижение рисков и исключение кризисных ситуаций в энергоснабжении; повышение скорости пассажирских поездов до 200 км/ч, далее до 250 и 350–400 км/ч, повышение технической скорости и массы грузовых составов до 9000 т и более; перевод электрической тяги на повышенное и высокое напряжение в контактной сети; переход на ресурсо- и энергосберегающие работы с обслуживанием устройств электроснабжения по состоянию; управление электроэнергетической инфраструктурой на базе информационных технологий с мониторингом расхода электрической энергии, учета остаточного ресурса и оперативного состояния устройств электроснабжения; обеспечение адресной замены старотипного оборудования и элементов низкой эксплуатационной надежности на высокотехнологичные устройства повышенной надежности и увеличенного ресурса;

Приоритет развития современного железнодорожного транспорта в России — это удовлетворение потребностей экономики страны в перевозках грузов и пассажиров. Основные показатели этого процесса — обеспечение требуемого качества предоставляемых услуг; повышение энергоэффективности и конкурентоспособности рельсового транспорта. Важнейшая роль железных дорог в перспективе их развития состоит в организации международных перевозок по транспортным коридорам Север–Юг и Запад–Восток на основе логистических схем формирования грузо- и пассажиропотоков.

В условиях реформирования транспорта ключевым в решении этих задач является совершенствование инфраструктуры электроснабжения железных дорог. По протяженности электрифицированных линий российские железные дороги занимают первое место в мире: на электрическую тягу переведено 43 085 км (около 50% протяженности железных дорог), в том числе 24 660 км на переменном токе 50 Гц и 18 425 км на постоянном токе. Удельный вес объема перевозок на электротяге составляет 84,5%. При этом железнодорожный транспорт потребляет 4,5% электроэнергии, вырабатываемой в России. Доля потребления электроэнергии железными дорогами превышает 70 млрд. кВт.ч в год, или 6,5% электроэнергии, расходуемой отечественными потребителями. Среднегодовое удельное электропотребление на 1 км эксплу-

атационной длины главных путей в однопутном исчислении на 01.01.2010 г. составляет 478,9 тыс. кВт.ч/км. Мощность потребления электроэнергии из контактной сети одним поездом зачастую превышает 10 МВт.

Значительная часть электрифицированных линий оснащена устройствами электроснабжения, изготовленными в 50-х и 60-х годах прошлого столетия. Эти устройства, имеющие нормативный срок эксплуатации до 40 лет, исчерпали свой ресурс и ждут очереди на замену и обновление. В условиях труднопреодолимого опережающего темпа выхода устройств за нормативный срок службы по отношению к темпу обновления принят ряд научно-технических программ, входящих в стратегию развития железнодорожного транспорта России до 2030 г. и реализуемых на основе инновационных проектов железнодорожной инфраструктуры, требующих значительных капитальных затрат.

Кроме того, для качественного энергообеспечения железнодорожного транспорта большое значение имеет совершенствование управления эксплуатационной работой, оптимизация штата работников и специалистов, повышение производительности труда и безопасности движения поездов, разработка и осуществление современной системы корпоративного управления отраслью. Важную роль играет разработка современных технологий обслуживания устройств инфраструктуры.

совершенствование системы подготовки кадров.

Обеспечение энергетической безопасности, энерго- и ресурсосбережение

Ключевым вопросом, направленным на повышение гарантированной энергобезопасности, является надежное энергообеспечение перевозочного процесса при эффективном снижении удельного расхода электрической энергии на тягу поездов.

Энергоемкость перевозочного процесса характеризуется динамикой ежегодного увеличения электропотребления за счет роста объемов перевозок, повышения технической скорости грузовых составов, перехода на скоростное и высокоскоростное движение пассажирских поездов, перехода на электрическое отопление и электрическое питание климатического оборудования пассажирских поездов; расширения электрического отопления служебных зданий, насыщения рабочих мест компьютерной техникой, устройствами сервиса и комфорта.

Вместе с тем на формирование энергетического баланса влияет совершенствование технических средств и технологий. Показатели электропотребления зависят от снижения удельных и абсолютных значений, достигаемого в результате замены подвижного состава и технических средств с истекшим сроком эксплуатации на новую технику с повышенной производительностью и энергоэкономичностью, освоения производства нового поколения энергоэкономичных электровазозов и электропоездов с новым типом тягового электропривода, повышения средней массы и участковых скоростей в грузовом движении, повышения осевых нагрузок и снижения массы тары грузовых вагонов, дальнейшей электрификации и модернизации систем тягового электроснабжения на основных направлениях железнодорожной сети.

Судя по анализу эффективности энергосберегающих технических средств и технологий, долевой вклад отдельных хозяйств железных дорог в ожидаемое сбережение электроэнергии распределен следующим образом: 40–45% — организация перевозочного процесса, 20–25% — локомотивное хозяйство, 12–15% — тяговое электроснабжение, 8–9% — путевое хозяйство, 6% — вагонное. Согласно прогнозу на период до 2030 г., данные по динамике объемов перевозок и потребности в электроэнергии ОАО «РЖД» составля-

ют соответственно в 2006 и 2030 г.: по объему работы в грузовом и пассажирском движении — 3853 и 6291 млрд т км брутто, по потребности электроэнергии на тягу поездов — соответственно 38 365 и 58 350 млн кВт/ч. Таким образом, изменение объема работы составляет +63%, а расхода электроэнергии на тягу +52%. Отсюда следует, что за счет инновационных процессов в технике электрической тяги и устройств тягового электроснабжения, в организации движения поездов, в применении информационных технологий учета расхода всех видов ресурсов удельный расход электроэнергии необходимо снизить соответственно со 117 (2006 г.) до 108 кВт ч/10 тыс. т км брутто, что составляет около 7,6%.

В такой постановке задачи доля вклада в снижение удельного расхода электроэнергии от хозяйства электроснабжения составляет примерно 1,4 кВт ч / 10 тыс. т км брутто.

Повышение скорости движения поездов

Программы повышения скорости пассажирских поездов, начало которым положено в 80-е годы прошлого столетия в проекте создания магистрали высокоскоростного экологически чистого транспорта линии Центр–Юг с головным участком Ленинград–Москва, частично реализованы в 90-х годах в проекте специализированной высокоскоростной магистрали (ВСМ) Санкт-Петербург–Москва по «новгородскому» варианту. Эти работы в 2001 г. были прекращены на стадии выделения земли под строительство магистрали, разработки технических требований и создания опытного образца отечественного высокоскоростного поезда «Сокол».

Продолжение реализации программы повышения скорости осуществлено при реконструкции существующей линии Санкт-Петербург–Москва с выносом грузового движения на обходной маршрут. Начало скоростного движения на этой линии выполнено на базе отечественных поездов ЭР200 со скоростью до 200 км/ч и временем поездки 4 ч. 30 мин. На втором этапе, с 2009 г. были введены поезда типа VelaroRUS («Сапсан») со скоростью до 250 км/ч и временем движения 3 ч. 45 мин. Проводимая реконструкция международной линии Санкт-Петербург–Хельсинки, ориентированная на скорость движения до 220 км/ч с поездами «Allegro», имеющими принудительно наклоняемый кузов, входит составной частью в

программу высокоскоростного движения.

Одновременно с реконструкцией существующих линий выполняются работы по проектированию специализированной ВСМ Санкт-Петербург–Москва, рассчитанной на максимальную скорость 350–400 км/ч с временем поездки 2 ч. 30 мин. Используется «западный» вариант с электрификацией на переменном токе 2х25 кВ, 50 Гц основной части линии и на постоянном токе участков входа в зоны Санкт-Петербурга и Москвы.

Реконструкция инфраструктуры существующей линии Санкт-Петербург–Москва с максимальной скоростью 250 км/ч осуществлена на постоянном токе 3 кВ. Перевод линии на переменный ток 25 кВ, 50 Гц в свое время не был принят. Впервые в мировой практике высокоскоростного движения потребовалось осуществить проект усиления инфраструктуры по системе электроснабжения постоянного тока. С помощью расчетов были выявлены и экспериментально подтверждены слабые зоны по устройствам электроснабжения. Мощность источников питания для обеспечения требуемого уровня напряжения на токоприемнике высокоскоростного поезда при проходе ряда межподстанционных зон оказалась недостаточной. Возникла необходимость повышения качества токосъема при высокой скорости, что сопряжено со сложными проблемами согласования динамических параметров токоприемника, контактной подвески и системы «колесо–рельс». В этом проекте по устройствам электроснабжения принят ряд новых решений: повышение натяжения проводов и совершенствование конструкции всей контактной сети; проектирование, испытание и реализация отечественной контактной сети КС-200, а затем КС-250; усиление системы тягового электроснабжения методом строительства дополнительных тяговых подстанций; перевод отдельных зон питания на регулируемое электроснабжение с установкой нового преобразовательного оборудования на тяговых подстанциях.

Разработка инфраструктуры специализированной ВСМ ориентирована на применение системы электроснабжения переменного тока 25 кВ или 2х25 кВ, 50 Гц с удельной мощностью электропотребления 2,5–3 МВт/км. Для повышения качества электроснабжения требуется решение ряда технических проблем: сооружение нейтральных вставок с обеспечением их прохода

электроподвижным составом без отключения питания тяговых двигателей; снижение отрицательного влияния переменных электрических и магнитных полей на смежные коммутации; согласование параметров тягового и внешнего электроснабжения для уменьшения негативного влияния несимметричной нагрузки по фазам трехфазных линий электропередачи и повышения качества отбора электроэнергии.

Необходима оптимизация решений по согласованию всех электрических параметров в системе «ЭПС — электро-тяговая сеть — сети внешнего электроснабжения».

Современные технические решения по контактной сети для российских железных дорог

Задачи, решаемые ОАО «РЖД», потребовали от разработчиков создания новых технических решений по контактной сети. Можно выделить четыре наиболее актуальных сегодня направления работ:

- обновление выработавших свой ресурс устройств электроснабжения на сети дорог России; для этого была разработана контактная сеть КС-160 для скоростей движения до 160 км/ч;
- повышение скорости движения на ряде участков до 200–250 км/ч; для этого потребовалась разработка новых контактных сетей КС-200 и КС-250;
- создание контактной сети для выделенных ВСМ;
- внедрение современных принципов управления жизненным циклом контактной сети.

КС-160. Массовая электрификация железных дорог нашей страны была выполнена в советские годы. Почти на половине полигона контактная сеть электрифицированных дорог имеет срок службы более 40 лет и, по существу, выработала свой ресурс. ОАО «РЖД» принята программа обновления устройств электроснабжения. Программа предусматривает комплексную модернизацию контактной сети с учетом увеличения скорости движения и норм веса поездов, повышения надежности работы устройств, снижения эксплуатационных затрат и внедрения международных стандартов качества.

Для решения задач обновления потребовалась разработка новых конструкций контактной сети, отвечающих требованиям долговечности и надежности работы в широком диапазоне климатических условий России.



Рис. 1. Контактная сеть КС-160

В 2001–2009 гг. компанией «Универсал — контактные сети» была разработана серия типовых проектов по контактной сети КС-160, отвечающей перечисленным требованиям.

Контактная сеть КС-160 (рис. 1) разработана в пяти базовых модификациях: для постоянного и переменного тока, с изолированными и неизолированными, горизонтальными и наклонными контактами.

КС-200 и КС-250. В 2005 г. ОАО «РЖД» были поставлены задачи по развитию в России скоростного и высокоскоростного движения, в том числе повышение скорости пассажирских поездов до 250 км/ч на действующей линии Санкт-Петербург–Москва и до 200 км/ч на ряде участков между крупными региональными центрами.

К тому времени на линии Санкт-Петербург–Москва уже имелся опыт эксплуатации контактной сети постоянного тока КС-200, разработанной в 1995–1997 гг. и рассчитанной на скорость до 200 км/ч. На основе полученного опыта эксплуатации КС-200, передового европейского опыта, а также развития российской промышленности и освоения новых технологий производства компонентов контактной сети в последние годы было принято решение о создании новых конструкций контактной сети. Разработка технических решений была поручена компании «Универсал — контактные сети».

К началу работ в России не было нормативной базы для проектирования высокоскоростной контактной сети, поэтому разработки велись на основе требований международных нормативных документов, математического моделирования и инженерных расчетов, а также опыта эксплуатации существующей контактной сети КС-200 и данных по зарубежным аналогам. В 2005–2006 гг. были выпущены экспериментальные проекты по контактной сети для скорости движения до 250 км/ч, предназначенные для испытаний на опытном участке.

Испытания новых технических решений проведены на экспериментальном участке Калашниково–Лихославль

Октябрьской железной дороги в 2005–2007 гг. под руководством Департамента электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» и ОАО «ВНИИЖТ» при участии специалистов Омского и Уральского университетов путей сообщения, Октябрьской железной дороги, ООО «ЭМП-712» и ЗАО «Универсал — контактные сети». По результатам испытаний были выбраны наиболее рациональные параметры и варианты узлов контактной сети, доработаны некоторые конструкции. В 2007–2008 гг. были выпущены проекты технических решений, предназначенные для серийного применения:

- проект КС-200-06-К по контактной сети постоянного тока для скорости движения 200 км/ч (рис. 2);
- проект 32-07 для адаптации существующей контактной сети КС-200 на линии Санкт-Петербург–Москва к скорости до 250 км/ч;
- проект КС-250-3 по контактной сети постоянного тока, сооружаемой в условиях полной реконструкции или нового строительства для скорости до 250 км/ч;
- проект КС-200-25 по контактной сети переменного тока для скорости движения до 200 км/ч.

Сейчас новые технические решения успешно применяются при реконструкции контактной сети на линиях Санкт-Петербург–Москва и Санкт-Петербург–Бусловская.

Контактная сеть для высокоскоростных магистралей. Стратегия развития железнодорожного транспорта до 2030 г., принятая Правительством Российской Федерации в 2008 г., предусматривает строительство выделенных ВСМ: Санкт-Петербург–Москва, Москва–Нижегород, Москва–Смоленск–Красное, на которых бу-



Рис. 2. Контактная сеть КС-200

дет реализовано движение со скоростью до 350 км/ч.

Началось проектирование ВСМ Санкт-Петербург–Москва. Рабочей группой, возглавляемой ОАО «Скоростные магистрали» и ОАО «Росжелдорпроект» выпущены специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации ВСМ, на основании которых разработано обоснование инвестиций в строительство (головной проектировщик — ОАО «Ленгипротранс»).

В России нет опыта создания контактной сети для ВСМ, поэтому соответствующие разделы были разработаны преимущественно на базе международных норм и стандартов, а также на основании данных по зарубежным аналогам. Однако реализация ВСМ Москва–Санкт-Петербург имеет российскую специфику, поэтому напрямую перенести западные наработки и все положения международных норм не представляется возможным.

При разработке контактной сети необходимо прежде всего учитывать особые климатические условия России. Так, минимальная температура воздуха, по данным многолетних наблюдений метеостанций, расположенных вблизи трассы ВСМ, достигает -50°C . При этом максимальная температура проводов контактной подвески с учетом их нагрева солнечной радиацией и токами нагрузки составляет $+80^{\circ}\text{C}$. Таким образом, в отличие от европейских аналогов, контактная подвеска ВСМ Москва–Санкт-Петербург работает в очень широком температурном диапазоне.

Другая особенность заключается в том, что инфраструктура ВСМ должна обеспечивать пропуск подвижного состава габарита Т в соответствии с ГОСТ 9238-83 «Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм».

Контактная сеть ВСМ будет иметь целый ряд особенностей по отношению к традиционным для России решениям. Приведем основные из них:

1) для обеспечения необходимых параметров взаимодействия токоприемников и контактной подвески натяжение контактного провода на линии ВСМ должно значительно превышать соответствующее натяжение на линиях с обычными скоростями движения; реализация таких натяжений возможна при использовании специальных высокотехнологичных легированных проводов;

2) выполнение необходимых требований по взаимодействию токоприем-

ников с контактной подвеской на высокой скорости движения возможно только при взаимном согласовании их параметров; эту задачу можно решить с помощью математического моделирования и испытаний на линии;

3) ВСМ будет электрифицирована по системе электроснабжения переменного тока; в пригородных зонах Москвы и Санкт-Петербурга сохраняется система электроснабжения постоянного тока; предусмотрено стыкование систем переменного и постоянного тока на вводах линии в Москву и Санкт-Петербург; высокоскоростной поезд должен проходить участок стыкования без электрического соединения контактной сети двух систем; для этого выполняются специальные нейтральные вставки;

4) на станциях необходимо:

- механическое отделение контактных подвесок и узлов контактной сети по главным путям от узлов второстепенных путей, для этого предусматривается увеличенное расстояние между главными и смежными с ними путями; опоры контактной сети устанавливаются в таком междупутье отдельно для главных путей и для второстепенных;

- воздушные стрелки по ходу высокоскоростного движения выполняются без пересечения контактных проводов с дополнительной (третьей) подвеской;
- в зоне скоростных съездов между главными путями (со стрелочными переводами марки 1/4б) выполняются изолирующие сопряжения с целью исключения секционных изоляторов;

5) необходимое условие реализации высокоскоростного движения – безусловное взаимное согласование всех элементов инфраструктуры: пути и сооружений, электроснабжения, контактной сети и токоприемника, электроподвижного состава, автоматизированного управления и связи;

6) для достижения необходимого качества контактной сети нужны специальные технологии проектирования и сооружения; для решения этих задач потребуются реализация концепции управления жизненным циклом контактной сети.

Управление жизненным циклом контактной сети

Масштабы и задачи ОАО «РЖД» весьма значительны, а время, отведенное на работу, ограничено. Пользуясь старыми методами и технологиями, невозможно реализовать масштабные проекты ОАО «РЖД» в рамках отпущенного времени.

Развитие высокоскоростного движения в России требует применения принципиально новых технологий, технических решений и организационных принципов создания контактной сети. Для решения аналогичных комплексных задач при создании наукоемкой продукции во всем мире получили широкое распространение и доказали свою эффективность технологии управления жизненным циклом наукоемкой продукции — CALS-технологии (от англ. Continuous Acquisition and Life Cycle Support — непрерывное информационное сопровождение поставок и жизненного цикла изделий).

Реализация концепции предусматривает:

- обеспечение эффективного информационного взаимодействия между участниками жизненного цикла (заказчиком, разработчиками, конструкторами, проектировщиками, производителями и поставщиками, монтажными подразделениями, эксплуатирующими организациями и т. д.) на основе единой информационной среды (ЕИС);

- внедрение базовых управленческих технологий: управление проектами, управление ресурсами, управление качеством;

- внедрение технологии управления инженерными данными;

- внедрение комплекса специализированных программных средств информационного сопровождения.

Цели управления жизненным циклом следующие: с одной стороны, это обеспечение высокого качества продукции, а с другой — уменьшение сроков создания и снижение суммарных затрат на разработку, проектирование, строительство и последующую эксплуатацию. Объект управления — все процессы жизненного цикла.

На программно-техническом уровне технологии реализуются с помощью внедрения информационных систем: классов PDM (от англ. Product Data Management — управление инженерными данными), ERP (Enterprise Resource Planning — планирование ресурсов предприятия), CAD/CAM/CAE (Computer-Aided Design — компьютерная поддержка проектирования, Computer-Aided Manufacturing — компьютерная поддержка изготовления и Computer-Aided Engineering — поддержка инженерных расчетов), а также разработки и внедрения ряда специализированных программных средств.

Единая информационная среда (ЕИС) представляет собой распреде-



Рис. 3. Типовая модульная тяговая подстанция

ленные базы данных, охватывающие все службы и подразделения участников жизненного цикла, и содержит сведения об изделиях (включая чертежи, типовые проекты, модели, расчеты, данные по испытаниям и т. д.), производственной среде, ресурсах, бизнес-процессах, а также обеспечивает корректность, актуальность, сохранность и доступность данных для всех субъектов жизненного цикла.

Создание ЕИС позволяет предотвратить дублирование, несанкционированные изменения или потерю данных, а также избежать связанных с этими процедурами ошибок. Сокращаются затраты труда, времени и финансовых ресурсов. При этом участники информационного взаимодействия могут быть территориально удалены друг от друга. В этом случае взаимодействие осуществляется через сеть Интернет. При использовании ЕИС предоставляется возможность оперативного доступа к любой информации, относящейся к контактной сети на конкретном участке: данные, использованные в процессе разработки технических решений и рабочего проектирования, расчеты; данные по конкретным партиям поставленных изделий; данные по испытаниям компонентов, монтажу и т. д.

С внедрением концепции CALS можно обеспечить сквозную управляемость и контролируемость процессов создания продукции, а также осуществить системную информационную поддержку ее последующей эксплуатации.

Новые технологии и технические решения для тяговых подстанций

Повышение качества, надежности и энергетической эффективности — одна из стратегических целей развития

инфраструктуры энергообеспечения железных дорог: ООО «НИИЭФА-Энерго» по заказу ОАО «РЖД» реализовало серию новых проектных решений для тяговых подстанций постоянного и переменного тока и обеспечило поставку нового оборудования «под ключ» для железных дорог России.

Новые электроэнергетические комплексы тяговых подстанций постоянного тока. К новым разработкам относятся:

- типовые модульные подстанции;
- быстродействующие выключатели нового поколения с выкатными ячейками;
- выпрямительные агрегаты с минимизированным числом силовых полупроводниковых приборов (СПП) в плече, с использованием сухих преобразовательных трансформаторов;
- пункты повышенного напряжения 6/3 кВ для усиления системы тягового электроснабжения на грузонапряженных участках;
- управляемые вольтодобавочные устройства для регулирования напряжения в электротяговой сети у токоприемников скоростных и высокоскоростных поездов;
- ресурсосберегающие схмотехнические решения распределительных устройств 3 кВ (РУ-3,3);
- устройство прохождения нейтральной вставки без отключения тока;
- устройство продольной компенсации реактивной энергии на участках переменного тока.

На рис. 3 показана типовая тяговая подстанция блочно-модульного исполнения. Блоки и модули полной заводской готовности монтируются на подготовленное основание, выполняются монтажные работы по соединению их



Рис. 4. Быстродействующий выключатель ВАБ-206



Рис. 5. Выпрямитель мощностью 6 МВт с одним диодом в плече схемы и принудительным воздушным охлаждением

в единый электроэнергетический комплекс.

Для совершенствования защиты питающих линий 3,3 кВ освоено серийное производство быстродействующих выключателей ВАБ-206 (рис. 4). Повышенная надежность аппаратов позволила перейти к применению одного выключателя в последовательной цепи вместо двух комплектов. Применение новых материалов и технологий обеспечило минимизацию аппаратуры защиты и упрощение конструкции ряда узлов. При этом достигнуто снижение габаритов ячеек 3,3 кВ. В этой модификации значительно расширена информационная составляющая комплекса и созданы условия для перехода к обслуживанию ячеек 3,3 кВ по состоянию.

Важным новым решением в РУ-3,3 кВ на базе ячеек с выключателем ВАБ-206



Рис. 6. Вольтодобавочная установка регулируемого напряжения



Рис. 7. Преобразователь для системы питания линии постоянного тока 6,6 кВ, установленный на тяговой подстанции

Для обеспечения прохода высокоскоростным поездом зоны нейтральных вставок на шинах переменного тока важно обеспечить плавность хода поезда с непрерывным питанием тяговых двигателей без разбора схемы электроподвижного состава (ЭПС). Внедрение новых устройств для прохода нейтральной вставки под током повышает безопасность движения, способствует решению проблемы усиления тягового электроснабжения и общему ресурсосбережению.

Необходимость повышения качества электропотребления на участках переменного тока сопряжена с регулирующими устройствами компенсации реактивной мощности и фильтрации высших гармонических, генерируемых преобразователями ЭПС. На рис. 8 приведен общий вид фильтрокомпенсирующей установки (ФКУ).

Таким образом, надежное и экономичное энергообеспечение железнодорожного транспорта в современных условиях может быть обеспечено на основе инноваций и интенсивного подключения отечественной науки и передового производства к обновлению электроэнергетической инфраструктуры.

является применение схемы распределительного устройства без использования запасной шины.

Новые решения по диодным и тиристорным выпрямительным агрегатам для участков с интенсивным движением основаны на применении силовых приборов с высокими значениями напряжения и тока и интенсивных систем принудительного воздушного охлаждения (рис. 5). Рабочий объем шкафа выпрямителя с одним диодом в плече схемы уменьшен по сравнению с объемом применяемого на сети выпрямителя на 25%, масса снижена на 30%, а потери уменьшены почти на 40%.

При скоростном движении усиление электротягового обеспечения является определяющим для выполнения графика прохода поездом межподстанционных зон. Применение системы регулируемого электроснабжения позволяет поддерживать требуемый уровень (не ниже 2900 В) напряжения у токоприемников поездов по всей зоне питания. При совместном регулировании напряжения соседних тяговых подстанций с помощью дополнительных регулируемых приставок к диодному выпрямителю — вольтодобавочных установок (рис. 6), обеспечивается стабилизация уровня напряжения на шинах тяговой подстанции независимо от колебаний напряжения в питающей сети. При дальнейшем совершенствовании этой системы в электротяговой сети 3 кВ предполагается автоматическое поддержание напряжения у токоприемников в заданном диапазоне с помощью системы обратной связи с датчиков напряжения, устанавливаемых на посту секционирования или на ЭПС.

Для усиления электроснабжения железных дорог постоянного тока созданы новые пункты повышения напряже-

ния (ППН), обеспечивающие вынос питающей линии повышенного напряжения (6,6 кВ и выше) с подстанции на межподстанционную зону с последующим преобразованием напряжения 6,6 кВ в стабилизированное напряжения питания контактной сети 3,3 кВ (рис. 7). Благодаря применению ППН общие потери электроэнергии в электротяговой сети уменьшаются на 25–30%. При этом уровень напряжения у токоприемников ЭПС можно повысить на 500 В по отношению к минимальному уровню без применения ППН. Система электроснабжения с ППН внедряется на Свердловской и Московской железных дорогах.

Для линий переменного тока Транссиба разработаны и изготавливаются устройства продольной компенсации (УПК). Выбор параметров УПК выполняется с учетом пакетного движения поездов повышенной массы до 6300 т с минимальным межпоездным интервалом.



Рис. 8. Общий вид фильтрокомпенсирующей установки для тяговых подстанций переменного тока