

Электрификация высокоскоростной линии HSL Zuid в Нидерландах

Первая высокоскоростная линия в Нидерландах является частью Трансеевропейской сети железных дорог. При ее строительстве и электрификации было применено частно-государственное финансирование, что потребовало четкого взаимодействия всех участвующих сторон. Полученный опыт свидетельствует о том, что такое партнерство является эффективным.

Описание линии

В Нидерландах первая высокоскоростная линия HSL Zuid протяженностью 98 км начинается от амстердамского аэропорта Схипхол, идет через Роттердам к границе с Бельгией и заканчивается в Антверпене. Таким образом, новая магистраль через Антверпен и Брюссель соединяет Нидерланды с Парижем и Лондоном. На линии HSL Zuid, являющейся частью трансеевропейской сети железных дорог (TEN), международные поезда будут идти со скоростью до 300 км/ч.

Контракт и схема реализации

Высокоскоростная линия HSL Zuid является одним из крупнейших объектов железнодорожной инфраструктуры страны. Министерство транспорта Нидерландов, выступающее заказчиком строительства, объявило по данному объекту концессионные торги и передало заказ на сооружение с последующей эксплуатацией линии в течение 25 лет, т. е. до 2031 г., консорциуму Infrasppeed BV как генеральному подрядчику.

Консорциумом Infrasppeed BV был оформлен договор на выполнение работ и последующее содержа-

ние инфраструктуры с промышленными инвесторами Siemens Niederlande (46%, техническое обустройство линии), Koninklijke BAM (45%, строительство пути и шумозащитных стенок) и Fluor Infrastructure BV (9%, менеджмент по объекту); как институциональные инвесторы выступили компании Innisfree и HSBC Infrastructure.

При общем сроке концессии 30 лет пять из них было отведено на строительство и техническое обустройство, а 25 лет — на эксплуатацию. Средства на создание инфраструктуры в сумме около 4,2 млрд. евро выделяет правительство Нидерландов.

Доля компании Siemens как члена консорциума составляет приблизительно 400 млн. евро. На стадии создания инфраструктуры Siemens несет ответственность за проектирование и сдачу под ключ всего комплекса технических сооружений:

- устройств сигнализации;
- средств связи;
- систем безопасности, технических средств обустройства тоннелей, системы тягового электроснабжения переменного тока 2×25 кВ, 50 Гц;
- пунктов стыкования с существующей контактной сетью постоянного тока напряжением 1,5 кВ;

- двух тяговых подстанций;
- семи автотрансформаторных пунктов.

Частно-государственное партнерство (PPP) гарантирует финансирование сооружения линии HSL Zuid, являющейся самым крупным объектом такого рода в Европе; в основе проекта лежит детально проработанный контракт, в реализации которого принимает участие правительство Нидерландов.

Проверка и оценка технических требований контракта

Европейский стандарт EN 50126 «Технические условия и соответствие требованиям RAMS (надежность, эксплуатационная готовность, ремонтпригодность и безопасность)» определяет типовые этапы жизненного цикла как отдельных элементов, так и системы «Высокоскоростная линия» в целом. В контракте предусмотрено, что консорциум, выполняющий работы, обязан действовать в соответствии с этими нормами, и поэтому подрядчик постоянно демонстрировал соответствие выполняемых этапов требованиям контракта при рекомендованных проверках и испытаниях.

Требования к электроснабжению и распределению энергии

Требования к системам

Требования к системам соответствовали контракту, технической спецификации по совместимости систем (TSI), действующему законодательству и стандартам. Для подсистемы «Электроснабжение» (тяговые подстанции, автотрансформаторы, устройства телемеханики и контактная сеть) требовались следующие устройства:

- контактная сеть переменного тока системы 2 × 25 кВ, 50 Гц (развернутая длина 180 км);

- контактная сеть постоянного тока напряжением 1,5 кВ (развернутая длина 17 км);
- две тяговые подстанции (мощностью по 85 МВ·А каждая) с питанием от высоковольтной сети напряжением 150 кВ;
- семь автотрансформаторных пунктов (по 20 МВ·А);
- пять пунктов стыкования систем переменного и постоянного тока;
- три изолирующих участка, разделяющих фазы переменного тока, питающие контактную сеть;
- система телемеханики для управления устройствами электропитания.

Для двухпутной линии в обоих направлениях требовалось обеспечить скорость движения международных поездов до 300 км/ч, внутренних — 220 км/ч. Наименьший временной интервал между поездами должен был составлять 180 с; максимальная пропускная способность участка — 20 поездов (по 800 пассажиров в каждом) в час в одном направлении.

Заказчик и партнеры

Контракт с консорциумом Infrasppeed BV правительство Нидерландов подписало в январе 2001 г. Шесть строительных концернов приступили к работам по устройству тоннелей и мостов, а также к подготовке земляного полотна для пути на жестком основании в пределах трех секций северного и трех секций южного участка высокоскоростной линии. Соединительные участки к нидерландской контактной сети постоянного тока напряжением 1,5 кВ (участок RAS) и бельгийской переменного тока напряжением 25 кВ, 50 Гц (участок NMBS) служат разграничительными отрезками между зонами действия Infrasppeed BV и соответственно инфраструктурных подразделений Нидерландов и Бельгии.

Контактная сеть

В соответствии с требованиями архитектуры и контрактными условиями предстояло найти конструктивное решение для элементов воздушной контактной подвески. Основным требованием было создание такой конструкции верхней части опор, чтобы они представляли собой визуальное продолжение шумозащитных стенок, имеющих угол наклона 15 град в сторону пути. Для этого нужно было предусмотреть соответствующий наклон крепежных элементов отсасывающего провода. Определенные дизайнерские требования предъявлялись также к конструкции крепежных деталей для узлов анкеровки (рис. 1).

Поскольку новая линия является частью сети TEN, к системе электроснабжения предъявляются требования, содержащиеся в технической спецификации TSI. Окончательное заключение об их выполнении было сделано на основе результатов приемочных проверок, которые подтвердили соответствие устройств и установок требованиям этой спецификации, в том числе и на примыкающих участках с другой системой тока. На участке перехода от бельгийской к нидерландской сети, оператором инфраструктуры которой является компания ProRail, была создана зона стыкования систем. На границе между Нидерландами и Бельгией проектом были предусмотрены нейтральные вставки для сопряжения участков, питаемых от разных фаз переменного тока.

Резервирование питания

На северном и южном участках линии проектом было предусмотрено по одной тяговой подстанции. Питание подстанций осуществляется от высоковольтных сетей соответствующих федеральных земель. С целью резервирования питания на подстанциях установ-



Рис. 1. Крепежные элементы в верхней части опоры

лено по два одинаковых трансформатора мощностью по 85 МВ·А, а на автотрансформаторных пунктах — два автотрансформатора по 15 МВ·А каждый. В случае выхода из строя одного из трансформаторов подстанции электроснабжение тяги может быть возобновлено через 180 с. Если подстанция на южном участке полностью выйдет из строя, можно восстановить электроснабжение за счет бельгийской системы, выполнив соответствующие переключения в пунктах разделения фаз. Аналогичным образом в случае аварии на подстанции в Бельгии электроэнергию для движения поездов можно подавать со стороны Нидерландов.

Система SCADA

Система телеуправления SCADA осуществляет контроль за функционированием элементов системы тягового электроснабжения и их переключения на тяговых подстанциях, автотрансформаторных пунктах и в схеме секционирования контактной сети. Кроме того, в запоминающем устройстве системы сохраняется информация о всех рабочих параметрах контролируемых устройств и о выполненных переключениях. SCADA построена по иерархическому принципу и имеет четыре уровня. Для максимальной эксплуатационной готовности

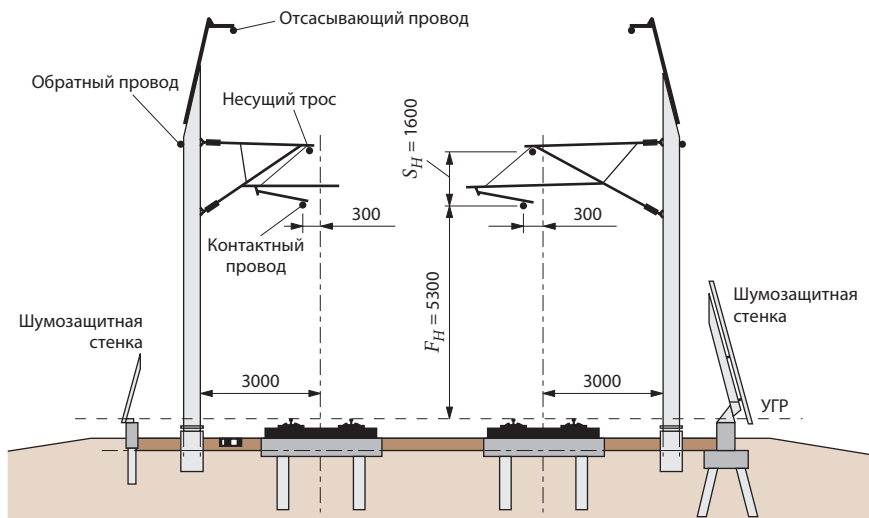


Рис. 2. Поперечный профиль линии:

S_H — строительная высота цепной подвески; F_H — высота расположения контактного провода

системы предусмотрено резервирование на каждом уровне.

Самый высокий, первый уровень — это централизованное дистанционное управление тяговым электроснабжением из Роттердама оператором ProRail. Два независимых волоконно-оптических контура (один постоянно находится в резерве), каждый из которых представляет собой так называемую оптическую транспортную сеть (OTN), обеспечивают связь со следующим, более низким вторым уровнем — с центрами управления южным и северным участками линии. Здесь также предусмотрено резервирование. Второй уровень, представляющий собой систему управления подстанции, оборудован устройствами, осуществляющими координацию и контроль переключений в распределительных устройствах среднего и высокого напряжения (SCS). Третий уровень — это автоматические устройства, которые расположены непосредственно на объектах (на специальных щитах) и управляют коммутационными аппаратами. Самый нижний, четвертый уровень — ручное управление, осуществляемое в чрезвычайных обстоятельствах с помощью механических устройств типа рубильника.

Проектирование

Общая схема

Проектирование, к которому приступили в ноябре 2001 г., завершилось составлением рабочей документации. Основной задачей сопровождающего проектирования в процессе строительных работ было приведение проектных решений по системе электроснабжения в соответствие с изменяющимися требованиями. После завершения установки всех компонентов и их приемки производилась окончательная проверка соответствия выполненных работ проектной документации. Объем изменений, контролируемых на этом этапе, различен для контактной сети и тяговых подстанций. Если по контактной сети имелись существенные изменения, особенно в инфраструктуре зон перехода, то при монтаже основных компонентов подстанций и автотрансформаторных пунктов такие изменения не вносились.

Элементы контактной сети

Рабочее проектирование элементов контактной сети выполнялось с помощью стандартной компьютер-

ной программы Sicat Master компании Siemens. Эта программа еще на стадии разработки проекта контролировала учет требований спецификации TSI в отношении зигзага контактного провода, высоты его расположения, длины анкерных участков, а также гибко реагировала на изменения положения пути по его длине. После того как была устранена километровая индикация в границах линии и перешли на систему разбивки по координатам опор контактной сети, трасса стала соответствовать измененной системе остановок поездов. Поперечный профиль линии представлен на рис. 2.

Для конструкций контактной сети выполнено 927 чертежей.

Всего при сооружении контактной сети потребовалось:

- 2507 опор;
- 893 анкерные оттяжки;
- 4038 консолей;
- 250 км цепной контактной подвески;
- 180 км отсасывающего провода;
- 180 км обратного провода.

Разработанная компанией Siemens контактная сеть типа Sicat HA (рис. 3), рассчитанная на движение со скоростью до 330 км/ч, впервые была реализована на участке линии Франкфурт-на-Майне — Кёльн. С учетом опыта использования этой подвески, накопленного также на ряде линий в Испании, было решено применить ее и на высокоскоростной линии HSL Zuid.

На участках между высокоскоростной линией и существующей сетью железных дорог Нидерландов (NS), электрифицированной на постоянном токе напряжением 1,5 кВ, с самого начала планировали применить новую контактную подвеску Sicat SD (рис. 4), предназначенную для движения со скоростью до 160 км/ч. Сила натяжения ее двойного контактного провода составляет 13,5 кН, что вдвое меньше, чем в системе Sicat HA.

В пунктах стыкования двух систем тягового тока потребовалось

выполнить нейтральные вставки длиной не менее 402 м. При такой длине исключается возможность шунтирования вставки двумя поднятыми токоприемниками, т. е. становится невозможным соединение между собой подвесок двух разных систем тока. Перед въездом на нейтральную вставку машинист должен выключить главный выключатель и двигаться по инерции с опущенным токоприемником. Если состав останавливается под нейтральной вставкой, приходится на короткое время подать на нее напряжение соответствующей системы тока, чтобы поезд мог покинуть эту зону и двигаться в направлении сети, имеющей питание. Секционные изоляторы отделяют нейтральные вставки от заземленного центрального участка и прилегающих переходных участков переменного и постоянного тока.

Разрыв линии обратного тока и снятие заземления с переходных участков постоянного и переменного тока осуществляется с помощью изолирующих стыков, располагаемых с интервалом около 2 м, что исключает возможность их переключения колесными парами. В случае остановки подвижного состава в пределах нейтральной вставки двухполюсные секционные

выключатели одними контактами шунтируют изолирующие стыки, а другими подают питание в цепную подвеску.

Зона пункта стыкования северного участка и линии, отходящей на Роттердам, находится в двух тоннелях и выполнена так же, как на открытых участках. Необходимое в аварийных ситуациях заземление контактной сети в этих тоннелях осуществляют с помощью специальных выключателей, установленных на автотрансформаторных пунктах.

С учетом происшедших ранее затоплений, наносивших большой ущерб, в Трог-Мокхуке построено вспомогательное противоподавочное сооружение. Оно выполнено в виде двустворчатых ворот высотой 6,4 м над УГР, которые закрывают в случае угрозы высокого паводка. Чтобы проверить работу самого затвора, его створки нужно повернуть, для чего пришлось бы демонтировать цепную контактную подвеску. В связи с этим каждую из створок выполнили из двух частей, которые могут закрываться и открываться независимо одна от другой. Нижние створки более высокие, чем верхние. Их работу можно проверять без демонтажа контактной подвески. Поскольку процедура за-

крытия занимает 50 мин, то в особо серьезных случаях контактная сеть за это время может быть обесточена и демонтирована. Отсасывающий провод в зоне оси поворота створок выполнен в виде кабеля, а обратный провод перед затвором и за ним замкнут на рельсы.

В тоннеле Ауде-Мас находится еще один затвор, являющийся частью основной противоподавочной системы. В случае опасности из технического здания, расположенного над порталом тоннеля, опускают водонепроницаемую трехсекционную перегородку, которая при этом способна разорвать цепную подвеску. Для того чтобы избежать повреждения контактной подвески во время проверки работоспособности системы, опускают только внешние секции перегородки, расположенные ближе к стенкам тоннеля. Среднюю часть, находящуюся над цепной подвеской, опускают только в случае реальной опасности затопления. В зоне перегородки отсасывающий фидер выполнен в виде кабеля, проходящего под ней. Обратный провод перед перегородкой и за ней замкнут на рельсы.

Продольные подвижки пролетного строения путепровода Холландс Дип, вызываемые температурным расширением и достигаю-



Рис. 3. Контактная подвеска Sicat HA для системы электроснабжения переменного тока 25 кВ/50 Гц



Рис. 4. Контактная подвеска Sicat SD постоянного тока напряжением 1,5 кВ

щие 600 мм, привели к необходимости принятия для расположенной здесь контактной подвески специального решения. Ролики, установленные в зоне стыков пролетного строения, позволяют компенсировать изменения его длины, вызывающие сдвиг верхушек опор контактной сети относительно питающего фидера. При этом компенсация осуществляется на длине нескольких пролетов контактной сети, что способствует значительному уменьшению величины растягивающей силы в обратном и отсасывающем проводах, вызванной удлинением пролетного строения. Аналогичное решение принято для моста Ланталь у Лимбурга.

Для того чтобы можно было отключить питание контактной подвески, находящейся в тоннеле, около каждого портала установлен вандалозащищенный шкаф с выключателем, снабженным заземляющим контактом. Включение и отключение выполняют вручную. В случае возникновения опасности работник пожарной службы может открыть шкаф, отключить и заземлить контактную сеть. Такие шкафы имеются, например, у обоих порталов шестикилометрового тоннеля Хрое-не-Харт. На линиях, где применяется система 25 кВ, 50 Гц переменного тока, заземляющее устройство выполнено двухполюсным.

При возникновении аварийной ситуации дежурный с пульта управления в Роттердаме отключает пи-



Рис. 5. Эстакада Блейсвейк

тание контактной сети и обеспечивает ее заземление на рельс в зоне соответствующей подстанции. После прибытия к portalу работник пожарной службы включает заземляющее устройство, и цепная подвеска оказывается заземленной на оба рельса. Преждевременная подача напряжения в контактную сеть с пульта управления исключается, поскольку приведено в действие устройство заземления, управляемое вручную. Отключить заземление можно только непосредственно в месте его установки. Для обеспечения быстроты срабатывания и сведения к минимуму вероятности образования электрической дуги в выключателях предусмотрен пружинный привод.

В случае перебоев в подаче энергии на южном участке HSL Zuid предусмотрена возможность ее подачи в Нидерланды из Бельгии и наоборот. Пробная эксплуатация подтвердила, что при выходе из строя одной подстанции система подачи энергии из одной страны в другую функционирует нормально. Измерительные устройства, смонтированные в зоне нейтральной вставки на границе двух систем тока, фиксируют количество энергии, переданной в аварийном порядке.

Система тягового электроснабжения 2×25 кВ

Система, рассчитанная с помощью компьютерной программы Sitras Sidytrack, включает в себя:

- две тяговые подстанции;
- семь автотрансформаторных пунктов;
- 19,4 км кабеля среднего напряжения марки 2XS2 (FL) 2Y сечением 300 мм²;
- 4,5 км кабеля заземления 2X2Y сечением 300 мм²;
- 68 км кабеля YRY-1 для цепей управления.

Мощность трансформаторов составляет 85 МВ·А при коэффициенте трансформации 150 кВ/(2×27,5 кВ).

Распределительные устройства среднего напряжения на подстанциях типа Sitras 8DA12 выполнены на выключателях с газовой изоляцией. Автотрансформаторные пункты имеют открытое исполнение.

Впервые для фидеров контактной сети в системе 2×27,5 кВ переменного тока использовано цифровое устройство защиты Siprotec 7ST61. Для управления фидером предназначено устройство Simatic C7, а для контроля его состояния — блок 7ST61. Информация в пределах подстанции передается от этих устройств по шине Profibus DP в систему управления Station Control System. Здесь происходит обработка полученных данных, которые затем передаются через систему телеуправления SCADA энергодиспетчеру. Siprotec 7ST61 применяется в комплекте с дистанционной защитой, являющейся главной, и максимальной токовой с выдержкой времени (резервной).

Новшеством мирового масштаба является программа эксплуатационного моделирования (Performance Simulation Model), базирующаяся на графике движения поездов. С ее помощью выполняются расчеты энергопотребления на тягу, необходимые для компаний-операторов. В программу вводятся также данные для определения объемов расхода энергии нетяговыми потребителями.

От подстанций и автотрансформаторных пунктов к контактной сети проложены кабельные фидерные линии. Подстанция для северного участка расположена под эстакадой Блейсвейк (рис. 5), высота которой составляет 8–10 м. В этих условиях достаточно сложной задачей была прокладка пяти ниток кабеля для одного направления движения с подъемом их на эстакаду. При этом необходимо было обеспечить радиус изгиба кабеля, не превышающий 1300 мм.

Быстрое включение конкретного автотрансформаторного пункта

после отключения короткого замыкания производится с помощью системы контроля, которая с использованием трансформатора напряжения способна определять наличие напряжения в контактной сети. При этом происходит автоматическое включение автотрансформаторного пункта независимо от коммутационного состояния подстанций и других автотрансформаторных пунктов.

Система SCADA

На мониторе типа Telegyr 8000 системы SCADA используется та же символика, что и на других аналогичных устройствах в системе железных дорог Нидерландов. Для аварийного отключения и заземления контактной сети в программе для SCADA в формате ОСС предусмотрена последовательность действий, обеспечивающая быстрое выполнение данной операции. Каждому направлению движения и каждому пути на пульте подстанции соответствуют отдельные кнопки с обозначениями.

Строительные работы

Подготовительные работы

К началу монтажных работ были подготовлены рабочая документация (включая планы, чертежи конструкций, поперечные сечения с пояснениями и т. д.), материалы и транспортные средства, определены места производства работ и обеспечен свободный доступ к ним, обучен монтажный персонал.

Проект организации строительства предусматривал следующее:

- надежное промежуточное хранение всех материалов и удобный доступ к ним;
- свободный подъезд автомобилей и железнодорожного подвижного состава;
- предварительную сборку компонентов систем;

- обустройство конторских помещений, отвечающее требованиям эргономики в течение всего времени производства монтажных работ.

Поскольку линия разделена на северный и южный участки, были организованы два пункта управления строительством с базами соответственно в Лаге-Звалюэ и Аббенессе. В качестве примера можно привести некоторые данные по южному участку. На нем имеются:

- открытые складские площадки (8000 м²) для хранения опор, кабельных барабанов, решетчатых поддонов и т. п.;
- закрытые складские площадки и помещения (2000 м²) для предварительной сборки консолей и изготовления струн;
- закрытые помещения с кондиционированием воздуха (400 м²) для хранения коммутационных шкафов и блоков;
- парковка на 10 легковых автомобилей;
- один вилочный погрузчик (5 т) и один подъемный кран (15 т);
- мотовозы, раскаточные и грузовые платформы, монтажные вагоны, подъемные вышки и другое специальное оборудование — всего около 300 ед.;
- системы энергоснабжения, водоснабжения и канализации, телефонная станция, место сбора и вывоза мусора;
- постоянные рабочие места для руководящего персонала (10 чел.), оборудованные телефонами, а также компьютерами и принтерами, объединенными в сеть;
- столовая, санитарные помещения;
- ограждение и постоянная охрана.

Контактная сеть

Календарный график работ, называемый также планом строительства, был составлен до начала монтажа контактной сети. В соответствии с договоренностью между участниками строительства в ка-

честве программного обеспечения была принята программа TILOS, отличающаяся простотой в использовании и наглядностью.

Безопасность на строительных площадках соответствовала самым высоким требованиям. Компания Siemens при работе на зарубежных объектах руководствуется следующим правилом: если нормативы безопасности в данной стране более жесткие, чем в Германии, то, как в данном случае, применяют именно их. Если же в стране нормы безопасности менее жесткие, чем в Германии, то применяют германские нормы. Примером такого подхода является обеспечение безопасности на железнодорожных путях строительной площадки. На электрифицируемых действующих линиях необходимо заблаговременно подать заявку на предоставление окна для производства работ по монтажу контактной сети. Оба участка линии были разбиты на отрезки, для каждого из которых был назначен ответственный за обеспечение безопасности. Под руководством инспектора по технике безопасности компании Siemens они следили за соблюдением единых правил безопасного проведения работ. В их обязанности входили проверка транспортных средств, проведение занятий с рабочими по технике безопасности, участие в еженедельных совещаниях по оценке знания вопросов безопасности в общем плане или в рамках одной из конкретных тем.

В качестве примера мест перехода на другую систему тока рассмотрен пограничный пункт стыкования контактных сетей железных дорог Нидерландов (оператор ProRail) и Бельгии.

Для соединения новых переходных участков с существующими нидерландской и бельгийской сетями потребовалось составить расписание окон на 9 мес. Были разработаны месячная и понедельная про-

граммы и на их основе создан график предоставления окон продолжительностью около 4 ч. Благодаря четкому взаимодействию партнеров удалось эффективно использовать предоставляемое время и выполнить работы с высоким качеством, что было отмечено при окончательной приемке и проверке систем на совместимость.

Приемка и проверка систем на совместимость

Проектирование и строительство высокоскоростной линии Амстердам – Роттердам – Антверпен началось после того, как были введены в действие Директива по обеспечению совместимости трансъевропейских высокоскоростных железнодорожных систем и Техническая спецификация по совместимости (TSI). Эти европейские законодательные документы содержат специальные требования, предъявляемые к инфраструктуре железных дорог, и дают описание методов проверки на совместимость. Кроме такой проверки, необходимо проводить испытания на техническое и функциональное соответствие, а также определять уровень безопасности. На основе действующих технических правил, законов и норм, а также технического регламента компании ProRail, которая должна была принять линию в эксплуатацию, были составлены требования к испытаниям устройств и сооружений электроснабжения. Сдающей стороне необходимо было доказать их соответствие международным и внутренним требованиям. Результаты всего комплекса испытаний системы электроснабжения на совместимость, безопасность, соответствие техническим и функциональным требованиям оценивала единая приемочная комиссия, которая должна была обеспечить:

- синхронизацию работы всех компаний, участвующих в приемке;

- проверку всей относящейся к делу документации как по уже принятым, так и по принимаемым сооружениям;

- координацию приемки по времени в соответствии с ходом строительства;

- полноту мероприятий в рамках процедуры приемки;

- подтверждение эксплуатационной пригодности принимаемых компонентов системы;

- подтверждение соответствия оценочных критериев требованиям совместимости систем.

После завершения испытаний необходимо было составить и передать в Центр сертификации железных дорог Нидерландов (ЕВС) доклад о проведенной приемке. Центр ЕВС выдает сертификат ответственности, согласованный с международным центром сертификации электротехнических устройств КЕМА.

Задание на проведение приемки

Для того чтобы процесс согласования приемки, в котором участвовали правительство Нидерландов, генеральный подрядчик, центры сертификации ЕВС и КЕМА, был максимально прозрачным, приемочная комиссия совместно с проектной организацией подготовила задание на проведение приемки, которое базировалось на следующих документах:

- законодательных актах, стандартах и директивах;

- необходимых чертежах и сопроводительной документации;

- технических условиях, содержащих допуски и предельные параметры;

- положениях о задачах и компетенции председателя приемочной комиссии и ее членов;

- положениях о задачах представителей генерального подрядчика по координации приемочных мероприятий;

- перечне приемочных мероприятий;

- документации об этапах приемки и содержании мероприятий;

- документально подтвержденных сведениях о количестве и целях испытательных поездок, критериях оценки результатов;

- разрешении, необходимом для подачи пониженного напряжения в контактную сеть;

- программе ввода в эксплуатацию;

- актах приемки, отчетах о приемочных испытаниях и заключении о совместимости систем.

Задание на проведение приемки, определяющее условия ее осуществления, является официальным документом, который дает приемочной комиссии необходимые полномочия, предоставляет достаточную свободу для увязки различных мероприятий.

Приемочная комиссия

Необходимость увязки мероприятий приемки с соблюдением внутренних и европейских норм обусловила смешанный состав приемочной комиссии. Она состояла из нидерландских и бельгийских специалистов. Поскольку в Нидерландах такая комплексная приемка осуществлялась впервые, член комиссии из Германии помогал своим нидерландским коллегам, используя имеющийся опыт приемки высокоскоростных линий.

Этапы приемки

В задании на проведение приемки были установлены следующие этапы:

- определение готовности к приемке;

- визуальный осмотр и функциональные приемочные испытания с обходами и объездами принимаемых объектов;

- измерения с целью определения высоты расположения и зигза-

га контактного провода в соответствии со стандартом EN 50119;

- измерение габарита приближения;
- разрешение на постановку участка под напряжение после устранения всех несоответствий;
- пробная поездка для оценки взаимодействия контактного провода и токоприемника;
- завершение приемки и составление отчета;
- составление заключения о совместимости.

Визуальный осмотр и функциональные приемочные испытания

При выходах на трассу члены приемочной комиссии оценивали состояние элементов, осматривая их вблизи в дневное время. К этим элементам относятся опоры и их фундаменты, анкерные оттяжки, устройства защиты от прикосновения, устройства заземления, линия обратного тока, компенсаторы, приводы секционных выключателей.

Во время поездок на испытательном поезде, имеющем рабочую платформу и приборы для измерения тока, члены приемочной комиссии проверяли состояние различных устройств контактной сети. К ним относятся фиксаторы, арматура крепления на опорах или опорных стойках в тоннелях, цепная подвеска примыкающих, отходящих и пересекающихся путей, питающий, усиливающий и отсасывающий провода и другие элементы.

Расстояние между частями подвески, находящимися под напряжением, и устройствами, заземленными на рельс, оценивали при статическом нажатии 250 Н на контактный провод измерительного токоприемника с длиной полоза 1950 мм (Нидерланды) и 1600 мм (ЕС). Соответствующие измерения были также проведены

для проверки соответствия габарита приближения строений профилю ГС.

Установленные несоответствия приемочная комиссия подразделяла на три группы: влияющие на безопасность, функционально-технические и прочие. Несоответствия, относящиеся к первым двум группам, нужно было устранить на стадии, предшествовавшей этапу приемки результатов опытной эксплуатации. Прочие недостатки нужно было устранить до подачи напряжения, поскольку после подключения контактной сети и в ходе выполнения последующих пунктов программы испытаний устранение указанных несоответствий было бы затруднительным.

Параллельно с приемкой устройств контактной сети проводились испытания тяговых подстанций и автотрансформаторных пунктов. Этот процесс включал в себя весь тракт подачи мощности, начиная от ввода высоковольтной линии, питающей подстанцию, и заканчивая фидерными выключателями.

Измерения на контактном проводе

Точное, проводимое бесконтактным способом измерение высоты расположения контактного провода и выполняемая в случае необходимости корректировка обеспечивают низкий и равномерный износ провода. Приемная комиссия обращает на этот параметр особое внимание.

Выполняемые измерения дают информацию о соответствии положения контактного провода допускам и об участках, где необходима корректировка.

Удобству проведения корректировочных работ способствовало выделение этих участков особым цветом на ленте самописца, регистрирующего результаты измерений при испытаниях.

Подача напряжения в систему тягового электроснабжения

Результаты визуального осмотра, функциональных приемочных испытаний, измерений на контактном проводе, проверки габарита приближения, полной приемки подстанций и автотрансформаторных пунктов свели в единый отчет о приемке, после чего генеральному подрядчику дали распоряжение о постановке системы под напряжение.

Отчет о приемке содержал следующие документы:

- акты приемки с указанием устраненных недостатков;
- проектную документацию с приложением, содержащим все внесенные изменения;
- протоколы измерений и испытания кабелей среднего напряжения;
- заключение о поставках компании-оператору установок и оборудования;
- схемы подстанций и контактной сети для энергодиспетчерской службы в Роттердаме;
- сертификаты заводов-изготовителей и протоколы проверки качества компонентов установок и оборудования;
- акты приемки фундаментов и конструкций заземления;
- протоколы измерений на контактном проводе;
- подтверждение результатов выполненных мероприятий, предписанных для устройств систем электроснабжения, обеспечения безопасности движения, связи и пр.;
- подтверждение факта ликвидации устройств, обеспечивавших безопасность при проведении монтажных работ;
- подтверждение оповещения всех компаний, участвовавших в строительстве, о вводе в эксплуатацию соответствующих устройств;
- программу действий при постановке системы под напряжение.

На основании отчета о приемке состоялась подача напряжения в си-

стему и началась пробная эксплуатация на южном, а позже и на северном участке линии.

Пробная эксплуатация с измерением контактного нажатия

Испытательные поездки

Приведенные ранее предельные значения контактного нажатия при взаимодействии с контактной сетью Sicat HA токоприемников CX 25, совместимых с сетью ЕС, в ходе пробной эксплуатации проверяли, используя измерительный поезд Thalys компании Eurailtest (дочерняя SNCF) при движении со скоростью от 160 до 330 км/ч. Поездки проводили сначала с одним, а затем с двумя поднятыми токоприемниками, с тем чтобы измерения соответствовали требованиям EN 50317. Места несоответствий были отмечены, и комиссия проследила за их немедленным устранением. Во время поездки с помощью оптического измерительного прибора, разработанного в Институте железнодорожной техники г. Дрездена, определяли величину отжатия контактного провода в середине пролетов, под фиксатором и под первой струной пролета.

Заключительная испытательная поездка показала, что характер взаимодействия токоприемника и контактной сети при скорости движения 300 км/ч и эксплуатационные параметры соответствовали условиям контракта.

В протоколах приемной комиссии отмечается, что компания Infrasppeed как оператор инфраструктуры должна в течение полугодия проводить измерения силы нажатия токоприемника на контактный провод. Для эксплуатации принят токоприемник европейского типа с длиной полоза 1600 мм; кроме того, планировались испытательные поездки и измерения с токоприемниками, имеющими по-

лозы длиной 1950 и 1450 мм. Эти измерения также были предусмотрены контрактом.

Параметры, заданные для измерения контактного нажатия

Эти параметры для системы тягового электроснабжения установлены технической спецификацией TSI Energie. Они определены в соответствии с теоретическими кривыми для средней силы контактного нажатия и ее стандартного отклонения при максимальной скорости движения. Кроме того, в TSI Energie содержатся допуски, регламентирующие частоту возникновения электрической дуги на токоприемнике. В то же время в документе не приведены предельные значения сил контактного нажатия в местах с дефектами контактного провода. В ходе приемки использовали предельные значения, известные из опыта эксплуатации других высокоскоростных линий. Измерения контактного нажатия проводили с учетом допустимой величины отжатия контактного провода, регламентированной европейским стандартом EN 50317 и TSI Energie. Для подвески Sicat HA в 2002 г. спецификацией TSI Energie была установлена предельная величина отжатия, равная 100 мм. В более поздней редакции эта величина была снижена до 80 мм.

Взаимодействие контактного провода и токоприемника

Поскольку на высокоскоростной линии Амстердам — Роттердам — Антверпен будут обращаться поезда Thalys с токоприемниками типа CX-25, последние для проведения испытаний были оборудованы измерительными устройствами. После калибровки измерительного оборудования и опытной проверки функционирования на высокоскоростной линии в Бельгии были выполнены измерения на линии

HSL Zuid с использованием сначала одного, а позднее двух токоприемников. Компания Eurailtest произвела калибровку измерительного комплекса в соответствии с требованиями TSI Energie и стандартом EN 50317 на своем испытательном стенде в Париже.

Для обоснования рекомендаций по параметрам, характеризующим взаимодействие токоприемников с контактным проводом, были использованы результаты измерений, полученные не менее чем в трех испытательных поездках в обоих направлениях при различных конфигурациях токоприемников. Это позволило рекомендовать соответствующие условиям контракта эксплуатационные параметры для цепной контактной подвески Sicat HA на открытых участках линии, в тоннелях и на путепроводах при скорости движения 300 км/ч, при одинарной и двойной тяге.

Для того чтобы дать рекомендации по местам, где сила контактного нажатия выходит за установленные пределы, приемная комиссия использовала следующий метод. Были взяты результаты замеров этого параметра на идущих впереди и сзади токоприемниках во время двух испытательных поездок. Таким образом, после наложения кривых были получены графики для четырех токоприемников. Чтобы повысить точность оценки, производили синхронизацию измерений на токоприемниках в соответствии с зигзагом контактного провода. Сбой контактного нажатия в ходе измерения появлялся тогда, когда его величина на всех четырех токоприемниках выходила за установленные пределы.

Пробная эксплуатация северного и южного участков была закончена после завершения измерительных поездок и устранения отмеченных недостатков. Приемочная комиссия перед составлением окончательных отчетов вновь проверила устройства контактной се-

ти, подстанций и автотрансформаторных пунктов, после чего отчеты о приемке были составлены отдельно для южного и северного участков линии. В окончательных отчетах приведены результаты всех испытаний, к ним приложены все необходимые документы, в том числе обоснования совместимости систем новой линии с системами европейской высокоскоростной сети.

Выводы и перспективы

Опыт выполнения работ по электрификации линии HSL Zuid показал, что частно-государственное партнерство является эффективной моделью создания и содержания железнодорожной инфраструктуры. Выполнение задания по срокам, стоимости и качеству свидетельствует о необходимости расширения этой практики.

В процессе приемки устройств контактной сети, подстанций и автотрансформаторных пунктов на высокоскоростной линии Амстердам — Роттердам — Антверпен установлено, что электромонтажные работы выполнены с высоким качеством и сопровождались внутренними проверками, проводимыми строительными организациями. Благодаря тому что с самого начала процесса приемки были четко определены ее цели, этапы и содержание отчета, стала возможной непрерывная и полномасштабная проверка всех компонентов и систем электропитания линии. Таким образом, была достигнута непростая цель — ввод в действие системы тягового электроснабжения новой высокоскоростной линии HSL Zuid.

Сдача линии в коммерческую эксплуатацию намечена на 13 декабря 2009 г. С этого дня на ней начнут регулярно курсировать поезда Thalys (рис. 6). В сообщении Амстердам — Париж их время в пути составит 3 ч 18 мин вместо прежних 4 ч 09 мин. От Роттердама до Парижа поезд будет идти 2 ч 30 мин



Рис. 6. Поезд Thalys (справа) на линии HSL Zuid



Рис. 7. Высокоскоростной поезд компании AnsaldoBreda на выставке InnoTrans 2008

вместо 3 ч 09 мин. Скорость поездов на линии HSL Zuid будет достигать 300 км/ч.

Для эксплуатации в сообщениях Амстердам — Схипхол — Роттердам — Антверпен — Брюссель и Амстердам — Схипхол — Роттердам — Бреда компании AnsaldoBreda был заказан новый высокоскоростной поезд, который получил название Figa (рис. 7). Его максимальная скорость составит 250 км/ч. Испы-

тательные и демонстрационные поездки опытного образца на линии HSL Zuid проводились с середины июля по начало августа 2009 г. После этого поезд был вновь отправлен в Италию для детального обследования на заводе-изготовителе.

По материалам компаний Siemens Nederlande N. V., NS Hispeed и Интернет-сайтов www.hslzuid.nl и www.hslzuid.com.