

Процедура сертификации контактной сети

В Испании строится высокоскоростная линия Мадрид — Барселона — граница с Францией, рассчитанная на движение поездов со скоростью до 350 км/ч. Уже завершено строительство участка Мадрид — Лерида, и с октября 2003 г. на нем обращаются поезда, пока что с максимальной скоростью 200 км/ч. Перед тем как открыть движение поездов с установленной скоростью, необходимо оценить все подсистемы и компоненты инфраструктуры и подвижного состава с точки зрения технико-эксплуатационной совместимости. В 2005 г. осуществляли такую сертификацию контактной сети, результаты которой будут использованы при сертификации всей системы тягового электроснабжения.

Исходная ситуация

В соответствии с директивой ЕС 96/48 страны — члены Европейского союза согласились гармонизировать технические средства своих высокоскоростных железнодорожных линий, чтобы обеспечить их эксплуатационную совместимость в международных сообщениях. В разработанных соответствующими инстанциями ЕС Технических спецификациях на совместимость (Technical Specifications for Interoperability, TSI) определены связанные с этим основные требования к инфраструктуре и подвижному составу. Страны — члены ЕС должны ввести требования TSI в национальное законодательство, чтобы проектируемые и строящиеся высокоскоростные линии соответствовали этим требованиям. В числе прочих решением ЕС 2002/733 утверждены спецификации на системы тягового электроснабжения (TSI Energy), в том числе на контактную сеть. В рамках ЕС созданы так называемые уполномоченные органы (notified bodies) для оценки и сертификации технических средств железнодорожного транспорта в контексте TSI.

Для оценки и сертификации технических средств линии Мадрид — Барселона министерства транспорта Испании и Германии подписали соглашение о сотрудничестве, с тем чтобы уполномоченный орган железных дорог Испании (Asociacion de Accion Ferroviaria Certificacion, ADAF) мог использовать опыт, имеющийся на железных дорогах Германии,

где такой орган (Eisenbahn-Cert, EBC) функционирует уже длительное время. Таким образом, сертификацию контактной сети указанной линии проводят совместно ADAF и EBC со следующим распределением обязанностей между ними:

- экспертиза проекта — EBC проводит, ADAF контролирует и согласовывает техническую документацию;
- типовые испытания — ADAF проводит, EBC контролирует.

Железные дороги Испании

Предприятие «Сеть железных дорог Испании» (Red de los Ferrocarriles Españoles, RENFE) было создано в 1941 г. в качестве одной из администраций общественного транспорта. В его ответственность входили эксплуатация (организация перевозок), обслуживание и ремонт технических средств железных дорог страны, включая высокоскоростную линию Мадрид — Севилья.

В 1996 г. был создан новый провайдер инфраструктуры железных дорог — государственное предприятие Gestor de Infraestructuras de Ferriviarías (GIF), в функции которого входило строительство новых железнодорожных линий.

В 2004 г. RENFE было организационно разделено на собственно RENFE и вновь созданную администрацию Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) с подчинением обеих администраций министерству инфраструктуры Испании. Функцией RENFE является организация движения поездов, функцией ADIF — управление инфраструктурой. Предприятие GIF было расформировано, его функции и персонал переданы ADIF.

Современная организационная структура верхнего уровня управления железными дорогами Испании приведена на рис. 1.

Таким образом, ADIF несет ответственность за:

- линии нормальной (1435 мм) колеи общей длиной 1000 км (7,5 % протяженности сети), в том числе:
 - двухпутную высокоскоростную линию Мадрид — Севилья (471 км);
 - двухпутную высокоскоростную линию Мадрид — Лерида (447 км);
 - однопутную скоростную линию Сарагоса — Уэска (82 км);

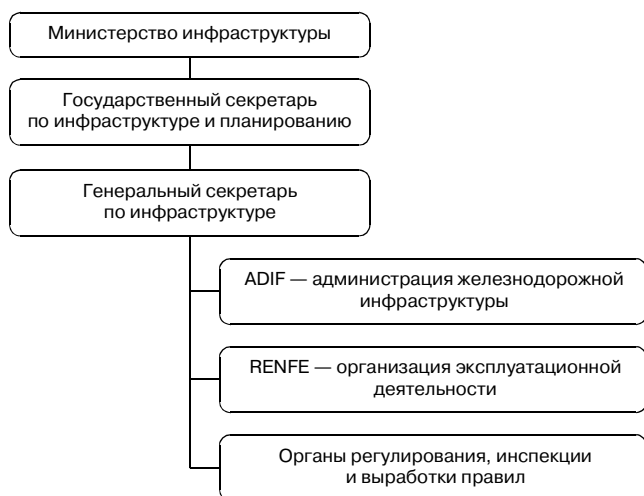


Рис. 1. Организационная структура верхнего уровня управления железнодорожными дорогами Испании

- линии широкой (1668 мм) колеи общей длиной 11 256 км (83,6 % протяженности сети), в том числе:
 - двухпутные электрифицированные линии общей длиной 2095 км (15,9 %);
 - двухпутную неэлектрифицированную линию длиной 29 км;
 - однопутные электрифицированные линии общей длиной 3628 км (26,9 %);
 - однопутные неэлектрифицированные линии общей длиной 5494 км (40,8 %);
- линии узкой колеи общей длиной 1194 км (8,9 % протяженности сети).

Согласно новой стратегической программе развития инфраструктуры железных дорог Испании (РЕИТ), представленной правительством в феврале 2005 г., до 2020 г. предстоит (рис. 2):

- построить новые высокоскоростные линии и модернизировать действующие с целью доведения общей длины высокоскоростных линий нормальной колеи до 10 тыс. км;
- связать Мадрид высокоскоростными сообщениями со всеми центрами провинций и столицами областей;
- обеспечить не менее 90 % населения страны не более чем 50-километровой доступностью к станциям сети высокоскоростных сообщений;
- инвестировать в инфраструктуру железных дорог примерно 120 млрд. евро.

Высокоскоростная линия Мадрид — Лерида

Линия Мадрид — Лерида (рис. 3) является составной частью создаваемой трансевропейской транспортной сети (TEN) и входит в так называемый проект 3 высокоскоростных железнодорожных сообщений на юге континента, по которому намечено создать высокоскоростной маршрут Мадрид — Сарагоса — Барселона — испано-французская граница — Перпиньян — Монпелье с выходом на действующую линию TGV Méditerranée.

На линии уложен 481 км пути на щебеночном балласте с рельсами типа UIC 60, сооружены 75 мостов и путепроводов общей длиной 26,6 км, пройдены 23 тоннеля общей длиной 24,4 км, построены пять станций и 19 отдельных пунктов со средним расстоянием 25 км между ними. Минимальный радиус кривых на линии равен 7250 м, максимальная крутизна уклонов — 25 ‰.

Реализация проекта в полном объеме, как полагают, даст следующие выгоды:

- подключение железных дорог Испании к общеевропейской сети высокоскоростных сообщений;
- существенное увеличение провозной способности основных направлений (например, на маршруте Мадрид — Барселона на 400 %);
- значительное уменьшение продолжительности поездок, в том числе:

от Мадрида до Барселоны — с 6 ч 50 мин до 3 ч;



Рис. 2. Схема сети железных дорог Испании в 2020 г.

от Мадрида до Перпиньяна (Франция) — с 10 ч до 3 ч 50 мин;

от Мадрида до Дака (Франция) — с 10 ч 30 мин до 5 ч.

Линия Мадрид — Лерида рассчитана на движение поездов со скоростью до 350 км/ч. Она электрифицирована по системе переменного тока 2×25 кВ, 50 Гц. Обращение поездов с максимальной скоростью 250 км/ч планировали начать в июле 2005 г.

Сертификация контактной сети

Оценка соответствия подсистемы тягового электроснабжения установленным требованиям должна выполняться в соответствии с предписаниями директивы ЕС 96/48 и спецификациями TSI Energy. На первом этапе подлежат проверке компоненты, от которых зависит технико-эксплуатационная совместимость. В подсистеме электроснабжения такими компонентами являются:

- контактная сеть;
- токоприемники;
- контактные вставки токоприемников.

В общем случае компоненты, обеспечивающие совместимость, должны быть сертифицированы перед установкой или внедрением. Это требование было выполнено в отношении токоприемников типов DSA 380 и EU SSS 400, оценку которых провел EBC.

Однако, поскольку реализация проекта высокоскоростной линии началась до того, как спецификации TSI вступили в силу, контактная сеть на линии Мадрид — Лерида была установлена и смонтирована раньше, чем могла быть осуществлена оценка ее соответствия этим спецификациям.

Заявка на сертификацию

Консорциум UTE Euroasce, спроектировавший, установивший и смонтировавший контактную сеть на линии Мадрид — Лерида, подал заявку на ее сертификацию. При подаче заявки в соответствии с разделом 6.1.2 TSI заявитель имеет возможность выбора между:

- типовым обследованием с использованием блока параметров В, определенного в разделе А.2 приложения А, для этапа проектирования и блока параметров С, определенного в разделе А.3 приложения А, для этапа реализации проекта;
- полным контролем качества с соответствующими испытаниями с использованием блока параметров Н2, определенного в разделе А.4 приложения А, для этапов проектирования и реализации проекта.

В заявке, поданной консорциумом UTE Euroasce, было запрошено типовое обследование с использо-



Рис. 3. Один из участков высокоскоростной линии Мадрид — Лерида

ванием модулей В и С, которое и проводилось совместно ADAF и EBC.

Параметры контактной сети подлежали оценке в соответствии со спецификациями TSI Energy, для данного случая обобщенными в таблице В.1 приложения В (таблица). Процедура оценки была разделена на экспертизу проекта с исследованием предоставленной технической документации и типовые испытания, проведенные на установленной и смонтированной на линии Мадрид — Лерида контактной сети.

Объект сертификации

На линии Мадрид — Лерида установлена и смонтирована контактная сеть типа EAC 350.

Контактная сеть данного типа специально разработана для линии Мадрид — Барселона и никогда не применялась ранее, за исключением опытного участка длиной 3 км на высокоскоростной линии Мадрид — Севилья, где максимальная скорость движения поездов равна 300 км/ч.

Основные параметры контактной сети типа EAC 350:

- максимальная длина пролета — 64 м;
- максимальная длина анкерного участка — 640 м;
- строительная высота контактной подвески — 1400 мм;
- высота контактного провода над УГР — 5300 мм;
- величина зигзага — ± 200 мм;
- контактный провод — типа AC 150 CuMg, сила натяжения — 31,5 кН;
- несущий трос — типа Cu 95, сила натяжения — 15,75 кН;
- вспомогательный рессорный трос — типа Vz II 35, сила натяжения — 3,14 кН;
- струны — типа Cu 25 flex.

Согласно заявке, расчетная максимальная скорость движения поездов под контактной сетью типа EAC 350 в регулярной эксплуатации равна 350 км/ч + 10 %, что до настоящего времени не имеет прецедента в мировой практике.

Содержание сертификации контактной сети согласно TSI Energy (приложение В, таблица В.1)

Подлежащие оценке характеристики и параметры	Статья TSI	Этап проектирования и разработки			Этап установки и монтажа
		Экспертиза проекта	Типовые испытания	Эксплуатация	
Общие параметры контактной сети переменного тока	4.1.2.1	+	+	Не заявляется	+
Генеральный проект	5.3.1.1	+	+	То же	Не заявляется
Основные параметры	5.3.1.3	+	+	»	То же
Мощность по току	5.3.1.2	+	Не заявляется	»	»
Скорость распространения волны	5.3.1.4	+	То же	»	»
Упругость контактной подвески и ее единообразии	5.3.1.5	+	+	»	»
Средняя сила нажатия	5.3.1.6	+	+	»	»
Ток в холостом режиме	5.3.1.8	Не заявляется	+	»	»
Требования по текущему содержанию	5.3.1.7	То же	Не заявляется	»	+

Данная контактная сеть спроектирована с учетом опыта аналогичных работ при техническом оснащении высокоскоростных линий железных дорог Франции, Германии и Испании. Вместе с тем силы натяжения контактного провода и несущего троса больше, чем на других действующих высокоскоростных линиях.

По этим причинам специалисты уполномоченных органов, выполнявшие сертификацию, не могли в полной мере опираться на предшествующий опыт и привлекли в помощь экспертов из ряда других европейских стран.

Экспертиза проекта

Экспертиза проекта проводится для того, чтобы подтвердить соответствие параметров и компонентов контактной сети, обеспечивающих ее технико-эксплуатационную совместимость, требуемым величинам и характеристикам.

Согласно принятой процедуре заявитель должен продемонстрировать эти параметры и компоненты путем предоставления чертежей, расчетов и результатов исследований на моделях, а также результатов измерений, выполненных в процессе установки и монтажа. В частности, следует доказать удовлетворительное динамическое взаимодействие контактной сети с токоприемниками, а также испытать компоненты, уже находящиеся в эксплуатации.

Согласно TSI, техническая документация должна дать возможность оценить соответствие компонентов, определяющих технико-эксплуатационную совместимость, требованиям спецификаций, охватывающим этапы проектирования, изготовления и использования компонентов.

Сначала изучается комплектность и полнота технической документации, которая должна содержать:

- общее типовое описание;
- концептуальные чертежи и схемы систем, подсистем и компонентов;
- описания и пояснения, необходимые для понимания представленных чертежей, схем и функционирования компонентов;
- интеграцию компонентов, определяющих совместимость, в окружающую системную среду и условия их взаимодействия;
- условия применения и технического содержания компонентов, определяющих совместимость (эксплуатационные ограничения, пределы износа и т. п.);
- список технических спецификаций, которым должны соответствовать подлежащие оценке компоненты (относящиеся к делу статьи TSI и/или европейские стандарты и технические требования);
- описания технических решений, принятых для удовлетворения требований TSI в случаях, когда относящиеся к делу европейские стандарты и технические требования не полностью охвачены спецификациями TSI;
- результаты выполненных в ходе проектирования расчетов;
- отчеты об испытаниях.

Затем составляется таблица соответствия, в которой подлежащие оценке по требованиям TSI и иных ссылочных нормативов параметры и характеристики подразделены на 57 пунктов. Эта таблица является основой для оценки.

В процессе экспертизы проекта заявитель организует инспекции на месте для прояснения оставшихся открытыми вопросов и подготовки типовых

испытаний. Места для проведения обследований и необходимых испытаний согласовываются заявителем с осуществляющими оценку уполномоченными органами. Разрабатываются рекомендации по процедуре испытаний, а также по оборудованию и аппаратуре, предназначенным для их проведения.

После детальной экспертизы документации по контактной сети EAC 350, выполненной по рассмотренной выше процедуре и в соответствии с указанными требованиями, проверяющие уполномоченные органы (в данном случае ADAF и EBC) составили и передали заявителю 93 замечания и дополнительных вопроса. На большую их часть были даны ответы в процессе инспекций на месте.

Экспертиза проекта была завершена в ноябре 2004 г. Однако по некоторым пунктам дать окончательную оценку оказалось невозможным. Поэтому использовали содержащуюся в модуле параметров В возможность отсрочить окончательное решение по сертификации до этапа типовых испытаний. Это относилось, в частности, к вопросам динамических характеристик контактной сети, упругости подвески контактного провода и единообразию этой упругости по длине пролета.

Типовые испытания

Вследствие отсутствия сведений об эксплуатационных характеристиках контактной сети типа EAC 350 специалисты проверяющих органов (ADAF и EBC) разработали всеобъемлющую программу испытаний. В качестве опытного выбрали участок длиной 10 км между станциями Калатаюд и Рикла. Контактная сеть на этом участке характеризуется всеми чертами, присущими линии в целом, — уклонами, кривыми, наличием открытого пути, тоннелей, путей-проводов, а также секций разделения фаз.

Типовые испытания контактной сети типа EAC 350 подразделены на статические и динамические.

Статические испытания с учетом требований TSI были проведены в ноябре 2004 г. Они были сфокусированы в основном на определении:

- геометрии консолей с точки зрения соблюдения необходимого расстояния контактного провода от стационарных объектов инфраструктуры при его максимальном подъеме;
- геометрии контактной подвески в местах сочленений анкерных участков и на воздушных стрелках;
- эффективности устройств для натяжения контактного провода и несущего троса, а также стабильности их характеристик при изменении температуры окружающей среды;
- упругости контактной подвески.

Динамические испытания состоялись в апреле 2005 г. Для оценки взаимодействия контактного провода и токоприемников использовался критерий си-

лы нажатия. Испытания проводились на сертифицированном токоприемнике типа DSA 380 EU с применением аппаратуры компании Bombardier для измерения контактного давления. В качестве опытного подвижного состава был взят высокоскоростной электропоезд серии AVE S 102 постройки консорциума Talgo/Bombardier (именно такие поезда будут обращаться по линии Мадрид — Барселона по окончании ее строительства).

(Окончательный отчет о результатах испытаний на момент написания данной статьи еще не был готов, так что сертификация контактной сети типа EAC 350 еще не могла считаться завершенной.)

Рекомендации

Опыт, накопленный в ходе сертификации контактной сети типа EAC 350 и ее компонентов, следует иметь в виду при пересмотре технических спецификаций TSI Energy. Рекомендовано, в частности, следующее:

- измерения эластичности контактной подвески нежелательно выполнять на этапе экспертизы проекта. В таблице В.1 этот аспект следует переместить на этап типовых испытаний;
- в спецификациях TSI Energy не указаны значения силы нажатия токоприемника на контактный провод, которые следует использовать при измерениях эластичности контактной подвески. В этом случае желательно ориентироваться на среднее значение этой силы при движении опытного поезда с максимальной эксплуатационной скоростью;
- при сертификации контактной сети в качестве компонентов, определяющих технико-эксплуатационную совместимость, следует рассматривать консоли, опоры и их фундаменты, поскольку изменение положения и/или деформация этих компонентов могут влиять на положение контактного провода с точки зрения габаритных ограничений;
- для оценки результатов моделирования и измерений в TSI следует включить критерий предела $\pm 3\sigma$;
- диапазон допустимых отклонений положения контактного провода по высоте, установленный равным 0... +20 мм, слишком жесткий и практически невыполнимый. Его следует расширить до ± 30 мм;
- горизонтальные силы, действующие на фиксаторы, оказывают влияние на упругость контактной подвески. Большая разность упругости по длине пролета приводит к ухудшению динамики токоприемников. Следует установить, что величина этих горизонтальных сил на высокоскоростных линиях должна быть менее 500 Н.