

Завод компании Alstom в Престоне по обслуживанию подвижного состава

Начиная с 1996 г. компания Alstom Transport осуществляет послепродажный сервис (техническое обслуживание, ремонт, модернизацию и поставку запасных частей) поставленного ею подвижного состава в соответствии с программой Train Life Service. Этим занимаются более 6000 специалистов в 26 странах мира. Одно из предприятий по фирменному сервису расположено в Престоне (Великобритания).

Краткая история завода

Это предприятие создано на базе завода по производству тягового электрооборудования компании Dick, Kerr & Co., открытого в 1903 г. и в 1919 г. приобретенного компанией English Electric, впоследствии поглощенной британской компанией General Electric (GEC). Здесь освоили выпуск электровозов и тепловозов, но после Второй мировой войны бóльшую часть про-

дукции вновь стало составлять электрооборудование.

Среди наиболее известных изделий завода — шестиосные тепловозы типа Deltic (серийное обозначение 55, всего построено 22 ед.; рис. 1), выпускавшиеся в начале 1960-х годов для обслуживания скоростных пассажирских сообщений и бывшие тогда одними из самых мощных односекционных тепловозов в мире (каждый из них был оснащен двумя дизель-

ными двигателями мощностью по 1230 кВт). В настоящее время все они выведены из регулярной эксплуатации и разделаны в металлолом, за исключением нескольких локомотивов, сохраненных в качестве музейных экспонатов или используемых для вождения экскурсионных поездов.

Завод в Престоне, как и многие другие крупные предприятия подобного профиля, в предприватизационный период сильно пострадал из-за неэффективного управления отраслью со стороны бывших государственных Британских железных дорог. В короткий период бума после приватизации некоторые крупнейшие зарубежные компании-изготовители наладили производство подвижного состава в Великобритании. Среди них лидирующее положение заняла компания Alstom, выпускавшая на заводе в Уошвуд-Хите пригородные электропоезда серии 458 Juniper и поезда типа 1995 Stock для лондонского метрополитена, но по выполнении соответствующих заказов работы были свернуты, и ведущее положение перешло к таким компаниям, как Bombardier и Siemens.

Для завода в Престоне потеря местного рынка из-за прихода более сильных конкурентов означала резкое сокращение объемов производства тягового электрооборудования. Но затем ситуация изменилась — железные дороги Великобритании оказались в основном насыщенными новым подвижным составом, и в конце XX — начале XXI в. производственные мощности были переориентированы на техническое обслуживание, ремонт и модернизацию эксплуатируемого подвижного состава. Эти изменения коснулись и завода в Престоне.

Новые виды деятельности

Деятельность компании Alstom Transport в Великобритании развивается по двум направлениям —



Рис. 1. Тепловоз серии 55 Deltic

коммерческому и эксплуатационному. Последним направлением занимается специально созданная рабочая группа в рамках программы Train Life Service (TLS).

Компания одной из первых среди изготовителей подвижного состава стала оказывать полный пакет услуг по фирменному послепродажному сервису поставленного ею подвижного состава. Сначала было организовано сотрудничество в данном направлении с компанией Tube Lines, эксплуатирующей линию метрополитена Northern, затем последовали аналогичные соглашения с компанией Virgin Trains, эксплуатирующей электропоезда типа Pendolino из вагонов с наклоняемыми кузовами на магистрали Западного побережья. Подписаны контракты на обслуживание поездов метрополитена (линии Jubilee), а также региональных электропоездов типов Juniper и Coradia, для чего используются производственные мощности локомотивного депо в Честере.

Завод в Престоне также привлечен к участию в реализации программы TLS, причем практически с сохранением прежней специализации на тяговом электрооборудовании; кроме того, завод выполняет логистические функции в снабжении локомотивных эксплуатационных депо компаний-операторов запасными частями. Успешной работе предприятия способствует наличие квалифицированного и опытного персонала: 150 работников завода имеют совокупный стаж работы 1930 человеко-лет.

Однако работа не может быть успешной, если она основывается только на знаниях и опыте. Необходимо, чтобы идеи воплощались в технические решения.

Производство

Специалисты рабочей группы TLS, пришедшие на завод в Престоне в то время, как объем работ



Рис. 2. Склад запасных частей на заводе в Престоне (фото: Alstom)



Рис. 3. Заготовка жгутов электропроводки (фото: Alstom)

там сокращался, быстро убедились в том, что попавшие к ним в руки производственные мощности (напомним, что именно здесь строились тепловозы Deltic) можно использовать весьма эффективно и разносторонне. И действительно, в цехах завода сейчас можно видеть тяговые двигатели для электропоездов серии 313, модули электрооборудования для высокоскоростных электропоездов типа Eurostar и компоненты тягового

привода для электропоездов типа Pendolino из вагонов с наклоняемыми кузовами, т. е. важные узлы электроподвижного состава, поставленного в свое время компанией Alstom.

Работы по техническому обслуживанию и ремонту этого оборудования и выполняют специалисты бывшего сборочного цеха. В дополнение можно отметить занимающие большую площадь стеллажи с запасными частями для обес-



Рис. 4. Электровозы серии 9Е

печения ими депо приписки эксплуатируемого подвижного состава производства компании Alstom (рис. 2). Кроме того, в одном конце цеха складированы запасные тележки для подвижного состава сообщения Gatwick Express, также находящегося на послепродажном обслуживании.

Выполняются также отдельные виды работ по изготовлению ряда компонентов тягового, вспомогательного электрооборудования и систем управления (рис. 3), которые затем в готовом виде отправляются в ремонтные депо для монтажа на подвижном составе.

Надежность

Повышение надежности силового электрооборудования эксплуатируемого подвижного состава было и остается основной целью программы TLS и, следовательно, завода в Престоне.

Некоторые вопросы решались относительно просто. Например, тяговые двигатели электропоездов серии 323, поставленные голландской компанией Holec и дорабо-

ванные Alstom, выходили из строя из-за проблем, связанных с внутренним резонансом.

После проведенных исследований было выявлено, что причиной возникновения резонанса являются недоработки в технологии сборки. Решением проблемы стало изменение методики пропитки синтетической смолой стержней обмотки статора. После модернизации пропиточной установки было перебрано 400 двигателей, и отказы прекратились.

Более сложные вопросы были связаны с высокооборотными тяговыми двигателями типа G 310 электропоездов серии 313. С самого начала эксплуатации наблюдалась неудовлетворительная работа щеточно-коллекторных узлов.

Изменение процесса сборки коллекторов с использованием технологии пропитки новой синтетической смолой, позволяющей уменьшить толщину изолирующей пленки, и трех циклов сушки при высокой температуре после сборки в итоге дало возможность улучшить эксплуатационные характеристики двигателей.

Технические средства

Завод в Престоне располагает большими производственными мощностями. Так, в рамках программы по удлинению поездов, обрабатываемых на линии Jubilee лондонского метрополитена, здесь смонтирована линия по изготовлению электрооборудования тягового привода для этих поездов. Программа предусматривает изготовление четырех новых семивагонных поездов и 59 дополнительных вагонов для пополнения эксплуатируемых поездов.

Этот заказ предоставил заводу возможность более эффективно использования имеющихся площадей и технологического оборудования, вплоть до изготовления новых редукторов тяговых передач. Следует отметить, что французские владельцы завода не препятствуют освоению выпуска новых изделий и технологий, в том числе в целях оснащения и модернизации подвижного состава, изготовленного другими компаниями, так как это позволяет приобретать необходимые знания и опыт.

Работы на экспорт

Компания General Electric была крупным экспортером, и поэтому завод в Престоне, ранее ей принадлежавший, представляет большой интерес с точки зрения рынка оказания услуг по техническому обслуживанию парка подвижного состава зарубежных железных дорог.

Так, в Португалии электропоезда постройки GEC, эксплуатируемые на линии Cascais, изначально были оснащены системой управления тяговым приводом с помощью контроллеров с кулачковым валом. Эту систему заменили поставленной заводом системой с прерывателями постоянного тока на запираемых тиристорах (GTO). Данное мероприятие позволило на 32% сократить потребление электроэнергии.

гии с одновременным снижением на 50% эксплуатационных затрат.

Еще более значимой является модернизация также построенных GEC в 1980-х годах электровозов серии 9E (рис. 4) железных дорог ЮАР (Spoognet), используемых для вождения тяжеловесных поездов с 21 600 т железной руды на линии Сайшен — Салданья с управлением по системе многих единиц. Эти электровозы массой 168 т рассчитаны на питание от контактной сети напряжением 50 кВ переменного тока.

В настоящее время программа модернизации всего парка указанных электровозов, насчитывающего 31 ед., завершается. Головным предприятием в реализации рассчитанной на 3,5 года программы стоимостью 25 млн. ф. ст. является завод в Престоне, поставляющий важные узлы и компоненты. Работы, выполняемые в мастерских Spoognet, включают как замену прежних комплектующих изделий на точно такие же новые, так и обновление важных систем. Например, монтируются современная компьютеризированная система управления тяговым приводом типа AGATE и оборудование реостатного тормоза, капитально ремонтируются тяговые двигатели, устанавливаются новые кабины управления с улучшенными условиями для работы машиниста.

Обеспечена также возможность дистанционного (по радиосвязи) управления локомотивами при использовании принципа распределенной тяги; в выполнении соответствующих работ партнером завода в Престоне была компания General Electric Transportation Systems (США). Ранее три электровоза серии 9E и два тепловоза, поставленные в голову состава, могли вести поезд максимальной массой брутто 26 тыс. т. Теперь четыре электровоза и четыре тепловоза, распределенные по всему составу, могут вести поезд массой до 41 тыс. т и длиной до 3,8 км.

Включенные в контракт требования по достижению определенного уровня надежности модернизированных электровозов успешно выполняются.

Поезда типа Pendolino

Наглядным примером, подтверждающим значение завода в Престоне для операторов, является кампания по замене биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), применяемых в силовых преобразователях электропоездов типа Pendolino (серийное обозначение 390).

В начале 2007 г. после примерно 4000 ч эксплуатации эти мощные полупроводниковые приборы стали выходить из строя. Как только стало понятно, что причиной отказов был производственный брак, и на основе проведенных анализов спрогнозировали, что массовые сбои в работе IGBT-транзисторов во всех поездах начнутся в октябре того же года, руководство West Coast Train Care (WCTC), одного из подразделений Alstom в Великобритании, которое отвечает за обслуживание подвижного состава, обращающегося на магистрали Западного побережья, приняло решение об использовании завода в Престоне в качестве базового для профилактической замены тиристорных, что экономически более целесообразно, чем возвращать данные компоненты на завод-изготовитель во Францию. Рабочая группа TLS передала запасные компоненты WCTC для осуществления данного мероприятия.

Трехмесячная кампания, начатая в июле, принесла видимые результаты. Несмотря на некоторые проблемы, в течение следующих 12 мес надежность как тяговых преобразователей, так и поездов Pendolino в целом была значительно повышена, что дало основания для присуждения по итогам года компаниям — изготовителю (Alstom Transport) и оператору (Virgin

Trains) — приза Silver Spanner («Серебряный гаечный ключ»).

Поезда IC 225

Завод в Престоне также принимал участие в успешной программе по повышению надежности электрооборудования тягового привода электровозов серии 91, используемых для вождения скоростных поездов типа IC 225 на локомотивной тяге (рис. 5). Кроме того, недавно была завершена программа по замене статических преобразователей промежуточных пассажирских вагонов типа Mallard Mk4 этих поездов. В результате поездам IC 225 был присвоен приз Golden Spanner («Золотой гаечный ключ») как самым надежным из поездов междугородных сообщений категории InterCity.

Подобная же программа модернизации охватывала электропоезда Networker серий 465 и 466 постройки компании Metro-Cammel, оснащенные тяговым электрооборудованием компании GEC Alsthom. Модернизация начиналась с проверки состояния всего подвижного состава данной серии в депо, после чего определяли конкретный набор работ по модернизации для каждой единицы.

Как правило, в этот набор входили совершенствование системы отопления кабин управления, установка новых модулей силового электрооборудования и тяговых двигателей, замена системы заземления и датчиков измерения скорости (WSP).

Поезда серии 319

Одним из примеров реализации программы TLS является осуществление масштабного проекта повышения надежности оборудования тягового привода двухсистемных (т. е. способных работать от систем тягового электроснабжения 750 В постоянного и 25 кВ,



Рис. 5. Поезд IC 225

50 Гц переменного тока) электропоездов серии 319, построенных в 1987–1988 гг. компанией British Rail Engineering (BREL), что стало необходимым в связи с частым выходом из строя силовых GTO-тиристоров и аппаратуры микропроцессорной системы управления.

Владелец поездов — лизинговая компания Porterbrook выполнила анализ их надежности. Результаты анализа показали, что по всему парку этих поездов средний пробег на отказ составлял всего

19,2 тыс. км и за изученный период общая продолжительность обусловленных этими отказами опозданий поездов достигла 5000 мин. Очевидно, что стоимость каждой минуты опоздания зависит от места и времени, но в среднем для региона лондонских пригородов южнее Темзы эта стоимость определяется равной 50 ф. ст.

В 2003 г. на долю электрооборудования тягового привода электропоездов серии 319 приходилось 13% общего числа зарегистриро-

ванных отказов, т. е. меньше, чем на приводы входных дверей (20%) и аппаратуру кабин управления (16%). Но при пересчете на длительность опозданий доля тягового электрооборудования возросла до 44% по сравнению с 17%-ной долей дверных приводов.

Всего за 2 года было выявлено 689 случаев выхода из строя силового оборудования, что привело к 62 542 мин задержек поездов. Углубленный анализ позволил определить, как распределялись причины этих задержек между отдельными компонентами тягового привода (рис. 6).

Подготовка к модернизации

В феврале 2004 г. представители компании Porterbrook посетили завод в Престоне для определения его готовности к участию в модернизации первого электропоезда серии 319 в депо Селхерст с заменой компонентов тягового привода. Результатом посещения стал доклад толщиной в 5 см. Соответствующий анализ дал возможность наметить технические детали проекта.

Специалисты Alstom предложили ряд усовершенствований, которые могли бы наполовину сократить проблемы, связанные с работой силового электронного оборудования. В таблице приведен перечень предложенных работ по модернизации.

Полный капитальный ремонт электропоездов серии 319 с модернизацией был неизбежен, так как компоненты тягового привода зачастую не служили и половины положенного межремонтного срока. Специалисты завода в Престоне предложили более амбициозную программу, в соответствии с которой силовое электрооборудование подлежало модернизации с целью увеличения срока службы в сочетании с повышением надежности.

Моральное старение — актуальная проблема для тягового по-

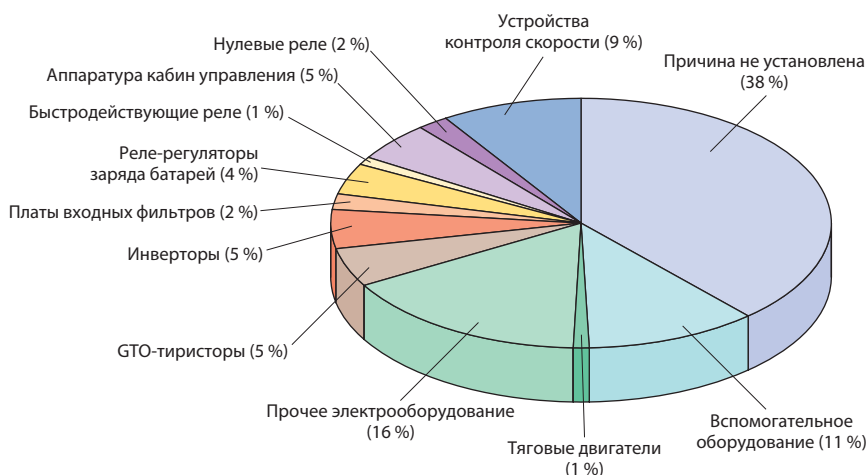


Рис. 6. Распределение общей продолжительности задержек электропоездов серии 319 по компонентам тягового привода

движного состава, особенно в части электронной аппаратуры. Эффективность мероприятий по совершенствованию тягового привода и систем управления и контроля электропоездов серии 319 будет в полной мере оценена через 10 лет эксплуатации с заменой компонентов, не оправдавших ожиданий.

Амбициозные планы

Одно из преимуществ лизинга состоит в том, что если компания — владелец подвижного состава уверена в получении от компаний-операторов арендной платы за использование подвижного состава в течение следующих 10–15 лет, инвестиции в модернизацию парка будут оправданы. Компания-оператор также получит выгоды благодаря повышению надежности подвижного состава и, соответственно, сокращению потерь, связанных с задержками поездов.

В случае с электропоездами 319 только на модернизацию тягового привода были необходимы большие затраты (порядка 20 тыс. ф. ст. на каждый поезд), однако компания Porterbrook приняла более амбициозную программу, включив в нее дополнительно систему дистанционного мониторинга, так что затраты соответственно увеличились.

Дистанционный мониторинг является очень полезным инструментом для повышения надежности подвижного состава. В модернизированных электропоездах по предложению специалистов завода в Престоне устанавливаются такие новые технические средства, как устройства мониторинга напряжения и новые реле на панелях.

Подключение к микропроцессорной системе управления — «мозгу» тягового привода — новых компонентов, которые заведомо будут работать с должной надежностью, поможет выявлять неполадки и определять их причины.

Регистрация отказов

Регистрация отказов электропоездов серии 319 была предусмотрена изначально. Микропроцессор системы управления и контроля непосредственно связан с силовой электроникой тягового привода. Информация о неисправностях может быть перегружена с бортового микропроцессора в деповской компьютер.

Частью программы модернизации электропоездов было расширение

контролируемой микропроцессором информации, отображающей состояние силового электрооборудования в целом, например качество подключения релейных схем к системе.

По идее, в режиме дистанционного мониторинга, когда микропроцессорная система получает информацию об отказе, она передает текстовый отчет по системе радиосвязи GPRS. В настоящее время поезд соединены с собственной коммуникационной сетью

Мероприятия по повышению надежности компонентов тягового привода электропоездов серии 319

Мероприятие	Содержание
Полный капитальный ремонт с модернизацией электронных панелей управления	Панели демонтируются и отправляются на завод в Престоне. Здесь модули и платы входных фильтров и ГТО-тиристоров перебираются и настраиваются в соответствии с требованиями последних стандартов. Заменяются компоненты, срок службы которых истекает в ближайшие 10 лет
Замена панелей входных и выходных фильтров	Штатные герконовые реле устарели и зачастую являются причиной отказов. На заводе в Престоне компоновка панелей изменяется, старые реле заменяются на современные миниатюрные. Панели выходного фильтра становятся более совместимыми с панелями входного фильтра
Полный капитальный ремонт с модернизацией устройства контроля напряжения	Модули устройства полностью переделываются с использованием новых компонентов и настраиваются
Совершенствование программного обеспечения	Программное обеспечение, относящееся к тяговому приводу, пересматривается в соответствии с требованиями последних стандартов. Устраняются выявленные недостатки, вводятся усовершенствования, внедренные в более новых электропоездах серии 325
Совершенствование системы дистанционной диагностики	Пополняется программное обеспечение системы
Обновление панелей тяговых реле	Панели перекомпоновываются с установкой более современных реле. Улучшаются условия доступа к панелям с целью замены компонентов. Устанавливаются жидкокристаллические индикаторы для облегчения работы деповского ремонтного персонала, обновляется программное обеспечение системы дистанционного мониторинга
Новая система мониторинга реле и контакторов	Новая система позволяет отслеживать функционирование реле и контакторов в режиме реального времени. Модуль системы подключается к панели тяговых реле. Помимо обнаружения отказов, система может быть использована для обучения персонала
Новый электронный коммуникационный модуль	В новом модуле монтируются электронные устройства, необходимые для обнаружения критических режимов работы цепей управления. Формируется новая коммуникационная связь между антенной, модулями реле и контакторов и модулем электроники



Рис. 7. Один из модернизированных электропоездов серии 319

компании Alstom, но при задействовании дистанционного мониторинга любой заинтересованный сотрудник, имеющий персональный компьютер, может послать запрос в журнал неисправностей. Это позволит изучить условия работы оборудования перед отказом и последствия отказа или даже отследить причину отказа в режиме реального времени.

Например, в любое время можно проверить состояние каждого реле на панели. Это является большим шагом вперед по сравнению с практикой исследования отказов по возвращении поезда в депо, так как данные об отказе к тому времени могут быть стерты или искажены новыми записями.

Частные решения

В ходе проведения полного капитального ремонта возможно внедрение в тяговом приводе технических инноваций, появившихся уже после постройки подвижного состава. Электропоезда серии 319 подвергались широкомасштаб-

ной модернизации с установкой новых реле и расширением возможностей программного обеспечения. И, естественно, можно скопировать монтажные схемы таким образом, чтобы фирменное программное обеспечение соответствовало современным техническим требованиям.

В связи с тем что изготовители тягового электрооборудования пользуются стандартными печатными платами, сконфигурированными для определенного набора оборудования тягового привода, особую важность приобретает качество конфигурации. Можно напомнить, как специалисты Alstom демонстрировали монтажную схему, взятую с электровоза серии 91. Она выглядела точно так же, как и все остальные, но дело было в том, что сначала она использовалась на электропоезде серии 365.

Эта печатная плата была возвращена с предприятия, где третья сторона выполняла капитальный ремонт электровоза и восстановила ее в соответствии с первоначальными техническими требованиями. Иными словами, у таких мон-

тажных схем нет своей «индивидуальности» и они подходят как для электровозов серии 91, так и для электропоездов серии 365.

Проектная группа, координировавшая работы по модернизации, учла это обстоятельство и присвоила монтажным схемам и другим компонентам силового электрооборудования электропоездов серии 319 свои индивидуальные номера.

Приемка

Необходимо отметить, что изменения в техническом оснащении системы управления и контроля тягового привода влияют на обеспечение общей безопасности движения поездов. Процесс приемки модернизированных электропоездов серии 319, который возглавляла компания инфраструктуры Network Rail, осложнялся двухсистемностью этих поездов, и в его успешном результате большую роль сыграл огромный опыт, накопленный персоналом завода в Престоне. Следует иметь в виду, что электропоезда серии 458 Juniper были первыми поездами нового поколения, получившими разрешение на эксплуатацию в пассажирских сообщениях.

Тестирование программного обеспечения было завершено в середине июня 2006 г. Это создало заводу в Престоне условия для своевременной подготовки электропоездов к передаче компании Network Rail для линейных испытаний.

В ходе этой подготовки первый модернизированный поезд серии 319, получивший инвентарный номер 319425, совершил опытный пробег от Селхерста до Бедфорда со станцией стыкования в Фарингдоне. Результаты пробега были одобрены уполномоченным органом 19 сентября того же года, что позволило начать полномасштабные испытания на линии. По завершении приемки доработанное программное

обеспечение было установлено на весь парк модернизированных поездов указанной серии (рис. 7).

Демонстрация достоинств

По состоянию на начало 2007 г. только один поезд был укомплектован аппаратурой системы дистанционного мониторинга. Но и этого оказалось достаточно, чтобы все заинтересованные стороны убедились в достоинствах этой системы, которые были продемонстрированы на примере ее пилотной установки на поезде № 319009 в депо Селхерст.

После набора номера поезда из информации, поступающей на дисплей системы, можно было, например, видеть, что поезд находится на полигоне питания от постоянного тока, неподвижен и все его линейные разъединители отключены. Этих показаний было достаточно, чтобы оценить потенциал системы, позволяющей в реальном времени получать сведения о токах в тяговых двигателях, напряжении в контактной сети, состоянии микропроцессора и т. п.

Очевидно, что отображение данных в реальном времени можно рационально использовать только в случае возникновения проблем в эксплуатации. При этом во избежание перегрузки необходимо отфильтровывать массив данных, генерируемых системой.

Анализ информации

Информация обо всех отказах модернизированных электропоездов серии 319 архивируется для последующего анализа, но, по мнению специалистов рабочей группы TLS, следует обращать внимание только на действительно серьезные проблемы, например, когда поезд оста-

новился в пути следования и машинист не знает, что делать дальше. Простые переключения или перезапуски запоминаются, но информация о них передаваться не должна, пока поезд находится в режиме нормальной эксплуатации.

Ключевым аспектом здесь является гибкость конфигурации системы, которая должна оценивать важность проблемы, будь она связана с налипанием опавших листьев на рельсы или с трудноидентифицируемым отказом.

Компьютеры

Имеющаяся в настоящее время компьютерная база, включающая также программное обеспечение и периферийные устройства, во много раз мощнее, чем та, которая была в распоряжении разработчиков при проектировании электропоездов серии 319 или электровозов серии 91. Вся обработка информации происходит теперь на рабочих местах персонала компании-оператора, а не на борту подвижного состава.

Ранее считалось целесообразным иметь «умные» поезда и не столь интеллектуальные терминалы для разговора с ними. Теперь подход изменился: поезда остались «умными», но терминалы стали намного «умнее». Процесс обработки данных переместился из поезда в офис, где он и должен иметь место.

Ход событий

Изменения и дополнения к конструкции и схемам модернизируемых узлов и компонентов электропоездов серии 319 вводились поэтапно. Сначала вносились усовершенствования во «внешнюю» электронику — устройства мониторинга напряжения, входные и вы-

ходные фильтры и панели их управления, пульта машиниста. Соответствующая аппаратура для всех модернизируемых поездов была направлена с завода в Престоне владельцу подвижного состава — лизинговой компании Porterbrook.

На втором этапе была проведена замена комплектов электрооборудования тягового привода, включая все модули силовой электроники и системы управления и контроля. К началу 2007 г. 12 из 86 поездов подверглись модернизации в рассмотренном порядке в ходе выполнения капитального ремонта категории С6 в депо Вулвертон, к которому приписаны электропоезда серии 319 для технического обслуживания и ремонта.

Формула успеха

Завершение модернизации всего парка электропоездов серии 319, эксплуатируемых компанией-оператором First Capital Connect (FCC), показало, что сотрудничество между компаниями — изготовителями, владельцами и пользователями подвижного состава весьма эффективно с точки зрения повышения надежности подвижного состава, как это было подтверждено в случае с электропоездами этой серии.

Основываясь на успехе кампании по модернизации этих поездов, лизинговая компания Porterbrook подписала с Alstom Transport контракт на модернизацию примерно в том же порядке и объеме электропоездов серии 456, эксплуатируемых компанией-оператором Southern, в соответствии с современными требованиями к надежности подвижного состава.

R. Ford. Modern Railways, 2007, № 700, p. 52–55.