

вили новые тяговые генераторы переменного тока типа GTA24 производства GE.

CVRD осуществляла адаптацию локомотивов на собственном предприятии с темпом 8 ед. в месяц. Первые тепловозы серии В36-7 были приобретены по цене 90 тыс. дол., а общие расходы вместе с перестройкой составили около 800 тыс. дол. на единицу; последние по времени тепловозы серии SD40-2Т приобретались по цене 240 тыс. дол., а общие расходы составляли около 1 млн. дол. на единицу.

Покупка новых локомотивов обошлась бы по меньшей мере в 2 раза дороже. Кроме того, первые из заказанных локомотивов начали бы поступать не ранее чем через 10 мес, в то время как потребность в тяговых средствах нуждалась в срочном удовлетворении. Для сравнения — покупка старогодного локомотива в США, его транспортировка в Бразилию и адаптация со всеми необходимыми переделками занимает всего 3 мес.

На железной дороге Latin American Logistic (ALL), также имеющей колею 1000 мм, ограничения по осевой нагрузке не столь строгие. Поэтому, когда она купила в США старогодные шестиосные тепловозы серии С30-7 постройки GE, ей в ходе адаптации не понадобилось увеличивать число осей, а для доведения нагрузки до допустимых 29 т оказалось достаточным заменить штатные тележки и колесные пары более легкими (благодаря меньшим размерам), уменьшить емкость топливных баков и снять некоторое излишнее вспомогательное оборудование.

Однако штатные тяговые двигатели по массогабаритным характеристикам оказались не подходящими для узкоколейных тележек. Поэтому их заменили

меньшими по размерам и мощности тяговыми двигателями с тепловозов постройки GM, составляющих большую часть локомотивного парка ALL. В результате такой замены образовался избыток мощности, вырабатываемой оставленными на тепловозах штатными дизель-генераторами. Эта проблема была решена путем перестройки самых старых тепловозов железной дороги в бустерные секции. Таким образом стало возможным формировать сплотки в составе двух адаптированных тепловозов и одного бустера между ними, причем для питания всех 18 тяговых двигателей этих трех экипажей достаточно мощности двух силовых агрегатов.

Первые 30 адаптированных старогодных тепловозов из заказанных 70 ед. обошлись железной дороге в сумму меньшую, чем стоимость семи новых тепловозов. Два таких тепловоза могут водить по линиям ALL грузовые поезда из 137 вагонов — гораздо более длинные и тяжелые, чем поезда, когда-либо обращавшиеся по тем же линиям до приватизации железных дорог Бразилии.

Другие железные дороги страны при приобретении старогодных локомотивов могут в зависимости от допустимых осевых нагрузок следовать примеру или EFVM и FCA, или ALL. Независимо от объема работ по адаптации такие локомотивы будут стоить существенно меньше, чем новые. Важно только соблюдать основные требования по максимальной высоте (4650 мм) и ширине (3100 мм) локомотивов после перестройки.

T. Gevert. International Railway Journal, 2005, № 7, p. 26 – 27.

Фотогальваническая установка главного вокзала в Берлине

Самая мощная фотогальваническая установка в столице Германии смонтирована в стеклянной крыше нового главного вокзала Берлина. Внедрение фотогальванической технологии является составной частью программы экономии энергии, разработанной на перспективу железными дорогами Германии (DBAG) и получившей название Energiesparprogramm 2005.

Новый главный вокзал Берлина (рисунок) возводится напротив здания рейхстага и администрации канцлера. Здесь пересекаются основные европей-

ские железнодорожные магистрали, идущие с севера на юг и с востока на запад. Этот комплекс сооружений, строящийся на месте исторического вокзала Лертербанхоф, станет самой крупной и важной станцией для поездов дальнего следования в Берлине, а также важным узловым пунктом в региональном и пригородном сообщении.

Около 240 тыс. чел. будут пользоваться вокзалом ежедневно. Новый вокзал, исполненный из стекла и стали, наложил особый отпечаток на внешний вид этой части города. Именно здесь DBAG решили реализовать один из пунктов программы экономии энергии Energiesparprogramm 2005.



Строительство главного вокзала Берлина

В соответствии с архитектурным проектом вокзала было решено интегрировать в стеклянную крышу фотогальваническую установку. Модули, преобразующие солнечную энергию в электрическую, одновременно обеспечивают тень на пассажирских платформах с южной стороны.

Проектные характеристики установки	
Общая площадь модулей, м ²	1872
Общее число модулей.....	780
Тип модулей.....	OPTISOL M061100K
Число элементов в модуле.....	100
Общее число элементов.....	78 000
Тип элементов.....	монокристаллические, BP Saturn, 125×125 мм
Общая активная площадь элементов, м ²	1146
Коэффициент полезного действия элемента, %.....	16
Номинальная мощность всей установки, кВт.....	189 ±10 %
Число инверторов.....	117
Тип инверторов/изготовитель.....	Sunny Boy 2000/SMA
Концепция применения инверторов.....	децентрализованная
Пространственная ориентация установки.....	юго-восток/юг/юго-запад
Дата сдачи в эксплуатацию.....	28.06.2002 г.

Техническое описание установки

Общий обзор

Фотогальванические модули были установлены на площади 1870 м² крыши здания, ориентированного в направлении восток — запад и имеющего общую длину 320 м. Эта крыша состоит из двух частей: западной, длиной 172 м и восточной, длиной 107 м. Между этими частями расположено здание шириной 42 м с арочной стеклянной крышей, ориентированное в направлении север — юг.

Фотогальванические модули с учетом солнечного излучения установлены под углом к горизонтали

7 – 19° на участке от 6-й до 15-й несущих ферм западной секции крыши и между 6-й и 10-й фермами восточной секции. В этих двух интервалах модули объединены в шесть ячеистых структур. Такое расположение обеспечивает максимальное использование солнечной энергии, несмотря на частичное затенение модулей вентиляционной шахтой тоннеля В96. При установке модулей на вертикальных фасадах использование солнечного света значительно хуже.

Каждый фотогальванический элемент имеет оригинальную геометрию, обусловленную изгибом крыши вокзала. Все модули косоугольные и отличаются друг от друга. Площадь каждого модуля приблизительно равна 2,5 м².

Геометрией крыши обусловлен также различный наклон оптимально выставленных модулей. Этим наклоном, в свою очередь, определяется конструкция секционных инверторов, обеспечивающая оптимальную выходную мощность и наилучшие условия для дистанционного контроля.

Фотогальванический генератор

Монокристаллические элементы солнечной батареи производства компании BP Solar являются наиболее мощными из имеющихся на современном рынке и обеспечивают КПД преобразования энергии, равный в среднем 16 %. Проектная номинальная мощность установки, равная 189 кВт ±10 %, достигается при использовании элементов с плотностью распределения выходов, равной 63 % общей площади. Вся установка, включенная в сеть, должна давать ежегодно 160 МВт·ч электроэнергии.

Генератор состоит из $13 \times 60 = 780$ стеклянных модулей OPTISOL различной геометрической формы. В каждом из пролетов между 13 несущими фермами расположены секции генератора, каждая из которых состоит из $10 \times 6 = 60$ фотогальванических модулей, которые в виде последовательных цепочек по шесть и семь модулей в каждой подсоединены к соответствующим инверторам. В результате получаются системы постоянного тока с напряжением 380 и 320 В.

Соединение модулей выполнено с использованием разработанных компанией Flabeg Solar International разъемов, штекеры и гнезда которых герметично запаены в стекло. В эти разъемы вмонтированы также шунтирующие диоды. Конструкция крыши скрывает всю систему разъемов, а также кабельную разводку, соединяющую установку с инверторами, размещенными в районе опор южной части платформ.

Эти автономные бестрансформаторные инверторы мощностью по 2 кВт преобразуют постоянное напряжение, снимаемое с модулей, в переменное. Они

обладают высокой степенью защиты (IP 65), могут работать в диапазоне температур от –25 до +60 °С, дистанционно диагностироваться и передавать контрольную информацию в оперативном режиме.

Благодаря продуманной конструкции инверторов каждая группа модулей может работать автономно в оптимальном режиме. Объединение модулей в секции и применение секционных инверторов делает излишними секционные диоды, вспомогательные отводы фотоэлементов или соответствующие распаечные коробки. За счет этого повышается КПД системы и снижаются затраты на изготовление как самого генератора, так и кабельной разводки в системе постоянного тока.

Инверторы объединены в группы по три единицы и соединены системой экранированных шин, которые вместе с распределительными коробками для инверторов, устройствами защиты от перенапряжений и концевыми клеммными сборками расположены в кабельном канале рядом со вспомогательным путем. От клеммных сборок отходят кабели к главному распределительному щиту фотогальванической установки, расположенному в здании вокзала, а оттуда к подстанции в сети региональной энергетической компании Bewag.

Компьютерная система визуализации

Высокопроизводительная компьютерная система служит для управления и контроля. Для визуализации используется программа HP-VEE для Windows XP. Все информационные данные с фотогальванической установки поступают в распоряжение пользователя через графический интерфейс. Кроме задачи по визуализации информации, программа выполняет также расчеты, анализ и архивирование результатов измерений.

Реализация проекта

Фотогальваническая установка на главном вокзале Берлина является проектом компании DB Station & Service, входящей в состав холдинга железных дорог Германии (DBAG). Этот проект она разработала при содействии ЕС и с участием компании E.ON (Дюссельдорф).

Реализация проекта была поручена восточному филиалу компании DB ProjektBau, также входящей в холдинг DBAG.

На все монтажные работы, а именно на установку стальных конструкций и остекление крыши, был объявлен тендер. Это позволило оптимальным образом интегрировать монтаж фотогальванической установки в процесс возведения крыши.

Каждый из фотогальванических элементов должен был составлять единое целое с соответствующим модулем, а отклонения размеров в отдельных случаях доходили до 1 – 2 мм. В связи с этим необходимо было разработать специальную систему, которая позволила бы точно маркировать как отдельные элементы, так и готовые модули на всех стадиях изготовления, упаковки, поставки и монтажа.

На каждом стекле гравировался код, которым однозначно определялись составные части, положение и координаты места установки. Так как составные части не были взаимозаменяемыми, то каждый элемент должен был доставляться в отдельном ящике, в нужном положении, на нужное место и в нужное время.

Строгая дисциплина и готовность к сотрудничеству всех участников проекта были основой успеха. Без тесного сотрудничества реализация проекта в такие сжатые сроки была бы невозможна.

В максимально сжатые сроки (с февраля по июнь 2002 г.) были смонтированы крыша и фотогальваническая установка, а также созданы условия для сдачи в эксплуатацию станционных путей направления восток — запад у платформ нового вокзала. Темпы работ характеризуются следующим реализованным графиком:

- в апреле 2002 г. получены первые фотогальванические модули;
- в начале мая начато остекление;
- в конце мая закончен монтаж системы шин и силовых кабелей;
- 19 июня 2002 г. установлены и подключены два последних модуля;
- 21 июня началась процедура сдачи установки в эксплуатацию;
- 28 июня установка начала работать в длительном режиме;
- 14 июля 2002 г. установка официально сдана в эксплуатацию комиссии, в состав которой входили представители компании DB Station & Service, федерального министерства по экологии и правления компании Bewag.

Результаты и выводы

Только за первый месяц эксплуатации фотогальваническая установка главного вокзала выработала

22 тыс. кВт·ч электроэнергии. Одновременно с началом эксплуатации установки были также запущены программы регистрации и обработки данных с последующей проверкой результатов на достоверность, полноту и воспроизводимость.

Установка будет эксплуатироваться в качестве демонстрационной по меньшей мере в течение ее технического срока службы. С предприятием электроснабжения Bewag заключен договор о поставке электроэнергии на ближайшие 20 лет.

В настоящее время фотогальваническая установка с помощью временной линии подключена к общественной сети. После монтажа оборудования собственных нужд на новом главном вокзале Берлина установка будет подключена к центральному распределительному пульту вокзала.

Расширяющееся использование в архитектуре сложных и дорогостоящих прозрачных конструкций из стекла и стали снижает удельные дополнительные расходы на устройство фотогальванических установок по сравнению с вариантом, когда такие установки монтируют на фасады с обычным остеклением.

В перспективе стоит задача дальнейшего снижения удельных инвестиционных затрат и достижения их окупаемости в процессе эксплуатации за счет рационализации процессов проектирования и производства солнечных генераторов.

Однако уже сейчас фотогальваническая установка берлинского вокзала получает много положительных отзывов. Традиционно DBAG придают большое значение использованию регенеративных источников энергии. Доля их в системах смешанного тягового электроснабжения, составляющая около 13 %, заметно превышает долю электроснабжения из общественной сети, которая составляет 8 %.

Перспективная программа Energiesparprogramm 2005, в рамках которой сооружена установка, предусматривает реализацию ряда задач, связанных с защитой окружающей среды и экономией энергоресурсов. По сравнению с 1990 г. выбросы CO₂ и расход энергии планировалось к концу 2005 г. снизить на 25 %. Эта задача успешно выполняется.

M. Göbler. Eisenbahntechnische Rundschau, 2003, № 12, S. 758 – 762.