Сочлененный моторвагонный поезд нового поколения GTW 2/6

В середине 1990-х годов в результате реструктуризации железных дорог Европы в региональных перевозках появились моторвагонные поезда новых серий, поставляемые крупными партиями различным компаниям. Конструкция вагонов стала более совершенной, но в то же время повысились требования, предъявляемые к ней. Несмотря на то что компании-перевозчики прежде всего уделяют внимание экономическому аспекту, тем не менее все больший интерес у них вызывают новые виды подвижного состава, простого в управлении и техническом обслуживании.

Компании-перевозчики проявляют повышенный интерес к возможности более широкого использования региональных моторвагонных поездов. Так, компания Connex эксплуатирует региональные поезда Talent в дальних сообщениях, а дизель-поезда серии 612 из вагонов с наклоняемыми кузовами железные дороги Германии (DBAG) используют на некоторых магистральных линиях взамен высокоскоростных электропоездов семейства ICE.

Эта тенденция в свое время была принята во внимание компанией Stadler (Швейцария). В результате осенью 2003 г. в Мерано (Италия) компании Südtiroler Transportstrukturen (STA) и Stadler провели презентацию усовершенствованного сочлененного дизель-поезда третьего поколения серии GTW 2/6 с электрической передачей, отвечающего современным требованиям (рис. 1).

Разработка

В соответствии с пожеланиями частных железных дорог Швейцарии компания Stadler разработала поезд GTW, состоящий из тягового модуля и пассажирских вагонов. Такая концепция позволяет реализовать различные модификации поезда, например для разной ширины колеи (1000 и 1435 мм), в вариантах дизель-поезда и электропоезда, с вагонами разной ширины и длины, с полом разной высоты над УГР (табл. 1).

Дизель-поезда GTW более ранних серий компания Stadler выпускала совместно с Bombardier Transportation (в том числе с компаниями, ныне входящими в ее состав). Три опытных поезда эксплуатирует швейцарская компания Thurbo на участке Радольфцелль — Штокках.

GTW первого поколения в Германии эксплуатируют частная дорога Hessische Landesbahn (HLB) и компания Usedomer Bäderbahn (UBB), дочерняя DBAG. Ко второму поколению относятся дизель-поезда, эксплуатируемые в США компанией South New Jersey Transit (SNJT), железными дорогами Словакии (ŽSSK) и железными дорогами Греции (OSE).

Если конструкция концевых вагонов с пассажирскими купе в дизель-поездах такая же, как и в сочлененных электропоездах, то оборудование и его размещение в тяговых модулях сравниваемых модификаций GTW различны.

В дизель-поездах более ранних серий установлен 12-цилиндровый дизель с синхронным генератором. Выпрямленное напряжение генератора подается на вход тягового преобразователя, с выхода которого снимается регулируемое трехфазное напряжение для питания двух параллельно включенных асинхронных тяговых двигателей. Три опытных поезда отличаются от серийных только тяговыми двигателями постоянного тока.

В поездах компаний HLB, UBB и DBAG, а также в трех опытных вентиляторы холодильника, компрессор и генератор питания вспомогательных устройств имеют гидростатический привод. В поездах второго поколения удалось изменить характеристику тягового генератора таким образом, что стало возможным использование выпрямленного напряжения генератора для питания статического преобразователя, подающего напряжение на вспомогательные устройства. В этом варианте гидростатиче-

Рис. 1. Дизель-поезд GTW 2/6 компании STA

Таблица 1

Сочлененные моторвагонные поезда GTW компании Stadler

Эксплуатирующая компания, страна	Серия	Число, ед.	Тяговый привод	Год поставки	Продолжительная мощность, кВт	Максимальная скорость, км/ч	Ширина колеи, мм	Число мест для сидения
BTI (ASm), Швейцария	Be 2/6	7	1200 В постоянного тока	1997/1998	320	80	1000	88
CEV, Швейцария	Be 2/6	4	900 В постоянного тока	1998/1999				84
MThB Seehas, Швейцария	RABe 526	10	15 кВ, 16,7 Гц		520	130	1435	118
MThB Seehäsle, Швейцария	Bm 596	3	Дизель-электрический	1997/1998	420	120		
HLB, Германия	508	18		1999/2000				120
HLB, Германия, дополнительный заказ	508	12		2001/2002				
DBAG, Бранденбург	646	30		2001				108
DBAG, Узедом	646	14		1998 – 2000				126
DBAG, Гессен	646	13		2002/2003				108
DBAG, Узедом, дополнительная партия	646	9		2003				126
LILO, Австрия	ET22	1	750 В[1]/15 кВ[2]	2000	520			
LILO, Австрия, модификация	ET22	7	750 В					
LILO, Австрия, дополнительный заказ	ET22	6	750 В/15 кВ	2005				120
OSE, Греция	4501 – 4512	12	Дизель-электрический	2003/2004	400	100	1000	92
OSE, Греция, дополнительная партия	560	17		2002/2003		115	1435	94
ŽSR/ŽSSK, Словакия	425	14	1500 В постоянного тока	2001/2002	320	80	1000	92
ŽSR/ŽSSK, Словакия, модификация	840	6	Дизель-электрический	2003	420	120	1435	109
RM, Швейцария	526	6	15 кВ; 16,7 Гц		800	140		103
RM, Швейцария, дополнительная партия	526	7						163
YSC, Швейцария	Be 2/6	2		2001	320	80	1000	100
CJ, Швейцария	ABe 2/6	4	1500 В постоянного тока			90		87
NJT, США	3501 – 3520	20	Дизель-электрический	2002/2003	400	110	1435	90
SBB, Швейцария	RABe 520	17	15 кВ; 16,7 Гц		520	115		139
FGC Montserrat (зубчатая дорога), Испания	AM1 – 5	5	1500 В постоянного тока		600	Z30[3]/A45[4]	1000	118
FGC Ribes — Nuria (зубчатая дорога), Испания	A9 – 10	2		2003				
STA, Италия	DMU	8	Дизель-электрический	2003/2004	660	140	1435	110
Thurbo	526	80	15 кВ; 16,7 Гц	2003 – 2007	800			118
SNCF Train Jaune, Франция	Z151, 152	2	850 В постоянного тока	2004	600	70	1000	86

[1] Постоянный ток.
[2] Переменный ток частотой 16,7 Гц.
[3] В зубчатом режиме.
[4] В режиме колесо — рельс.

ский привод остался только у вентилятора холодильника.

Поезда первого поколения, эксплуатируемые на линиях SNJT, имеют ходовую часть, разработанную компанией SLM. В первичном рессорном подвешивании поддерживающих тележек применены резинометаллические элементы, а во вторичном — пневморессоры. Ведущие колесные пары с радиальной установкой монтируются в одноосных тележках с винтовыми рессорами. Моторно-редукторный блок колесной пары опирается через моторно-осевой подшипник непосредственно на ведущую ось. На железные дороги ŽSSK и OSE (табл. 2) были поставлены поезда с тележками, разработанными и построенными компанией Stadler. Упругая подвеска тягового блока, винтовые рессоры первичного рессорного подвешивания и пневморессоры вторичного как в поддерживающих, так и моторных тележках обеспечивают высокую плавность хода при движении со скоростью до 120 км/ч и выше.

Все моторные колесные пары оснащены тормозными дисками, закрепленными на колесных центрах. Немоторные оси имеют тормозные диски, смонтированные на оси.

Опытные образцы и поезда компании HLB оборудованы системой управления SPS, разработанной AEG. Вагоны более поздних серий оснащены системой управления MITRAC компании Bombardier.

Дальнейшее совершенствование поездов

Увеличение максимальной скорости и ускорения при разгоне

Региональные транспортные предприятия заинтересованы в подвижном составе, развивающем более высокое ускорение при разгоне поездов с целью сокращения времени поездки при одновременном сохранении заданных значений максимальной участковой скорости без проведения реконструкции инфраструктуры. Для достижения более высокого ускорения необходимо повышение установленной мощности подвижного состава.

Региональные компании-перевозчики, как правило, стремятся к увеличению протяженности маршрутов с целью охвата близлежащих промышленных центров и крупных городов. Для этого им необходимо увеличить максимальную скорость поездов до 140 – 160 км/ч, поскольку у обычных региональных поездов она не превышает 120 км/ч. В связи с этим необходимы модернизация ходовой части регионального подвижного состава и повышение его тяговой мощности.

Гибкость конфигурации подвижного состава

Повышение привлекательности региональных пассажирских перевозок в последние годы привело к многократному увеличению пассажиропотока, которое нередко ставило в затруднительное положение железнодорожные компании. В существующих дизель-поездах, используемых в региональных перевозках, увеличить число мест невозможно, поэтому требуются значительные капиталовложения в разработку для этих целей нового подвижного состава.

Если бы существующие дизель-поезда имели достаточный запас мощности, их пассажировместимость можно было бы увеличить путем прицепки дополнительных промежуточных вагонов. На высокоскоростных магистралях экономически выгодна эксплуатация поездов большой составности. В связи с этим новые поезда следует проектировать достаточно мощными.

Этими соображениями компания Stadler руководствовалась при совершенствовании своих дизель-поездов с целью удовлетворения поставленных требований. Увеличение максимальной силы тяги при

Таблица 2

Сравнение технических данных дизель-поездов GTW 2/6 разных модификаций

Параметр	Компания-оператор	
	OSE, ŽSSK	STA
Дизель	1×MTU 12V183TD13	2×MAN D2876LE621
Общая мощность, кВт	550 при 2100 об/мин	2×390 при 1900 об/мин
Расход топлива, г/кВт·ч:		
минимальный	198	191
номинального режима	225	206
Нормы вредных выбросов	Euro 2	Euro 3
Электрическая передача	Синхронно-асинхронная	Асинхронно-асинхронная
Мощность вспомогательных устройств, кВт	60	2×50
Сила тяги при трогании, кН	70	80
Максимальная скорость, км/ч	115	140

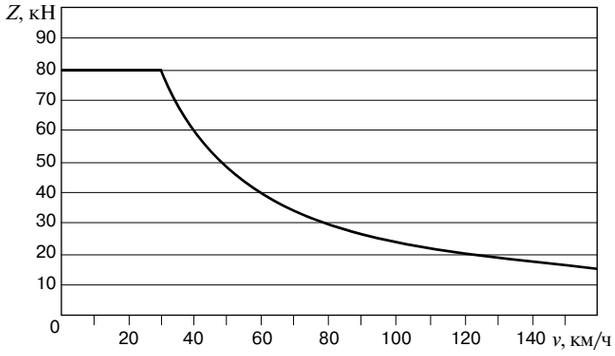

Рис. 2. Тяговая характеристика поезда GTW 2/6

трогании до 80 кН и максимальной скорости до 140 (160) км/ч позволяет полностью решить обозначенные проблемы (рис. 2).

Уменьшение вредных выбросов

Закон об ограничении вредных выбросов (окислов азота, окиси углерода, углеводородов, сажи), содержащихся в выхлопах автомобильного транспорта, действует с 1990-х годов, а в 2004 г. распространен и на железнодорожный подвижной состав. Этот закон разрешает эксплуатацию только такого подвижного состава, выхлопные газы которого соответствуют строгим нормам по содержанию вредных выбросов.

Для компаний — изготовителей подвижного состава это является определенным ограничением, так как на железнодорожном подвижном составе устанавливается лишь один из тысячи выпускаемых в мире дизелей, а их производители неохотно идут на дополнительные расходы по совершенствованию такого небольшого числа двигателей. К тому же модифицированные дизели значительно дороже, что невыгодно для изготовителей подвижного состава.

Выгодным считается использование на железнодорожном подвижном составе двигателей, выпускаемых для грузовых автомобилей, так как их изготавливают крупными партиями. В новой концепции GTW нашли применение именно такие дизели с современной топливной системой и низкими предельными показателями выброса вредных веществ. Дальнейшее ужесточение этих норм не создаст для компании Stadler значительных проблем, так как большие масштабы автомобильных грузовых перевозок вынуждают изготовителей совершенствовать дизели, в том числе и того класса, который используется в поездах GTW.

Резервирование оборудования и степень использования мощности

Рекламации по поводу аварий или больших опозданий поездов отрицательно сказываются на имидже железных дорог. Сокращение парка резервного моторвагонного подвижного состава и высокие затраты на использование вспомогательных локомотивов требуют того, чтобы даже при значительных неполадках подвижной состав все же оставался работоспособным или, по крайней мере, мог освободить перегон.

В этом отношении выгодным решением является такое резервирование тягового оборудования и систем управления, которое позволяет при минимуме работоспособного оборудования довести поезд до ближайшей станции. В GTW новой концепции реализован принцип резервирования, который обеспечивает дальнейшее ведение полностью населенного поезда при выходе из строя одного тягового агрегата. При этом сохраняются электроснабжение вспомогательных устройств и возможность зарядки аккумуляторных батарей.

Преимущества дизель-электрической передачи планируется и далее использовать в новых GTW. Она может быть применена на таких участках, где дизель-поезда с механической передачей эксплуатируются лишь с большими ограничениями. Большая сила тяги при трогании с места не только обеспечивает высокое ускорение моторвагонного поезда, но и позволяет вести без перегрузки тяговых агрегатов поезд с прицепленными тремя дополнительными пассажирскими вагонами. Преимуществом также является возможность преодоления крутых подъемов (до 70 ‰).

Благодаря применению высокодинамичной защиты от юза и боксования дизель-электрическая передача обеспечивает значительно лучшее использование сил сцепления по сравнению с дизель-механической.

При разработке новой модификации поезда GTW большое внимание было уделено выбору малоизнашиваемых элементов и систем. Применение асинхронных двигателей для привода вспомогательных машин обеспечило высокую эксплуатационную готовность таких устройств, как компрессоры и системы кондиционирования воздуха, в том числе и при низком числе оборотов дизеля. Это позволило отказаться от эксплуатации дизелей с высокой частотой вращения холостого хода, что положительно сказалось на степени их износа и уровне излучаемого шума.

В режиме электродинамического торможения вспомогательное оборудование полностью снабжается высвобождающейся энергией торможения. В результате полного отсутствия зависимости скорости движения поезда и силы тяги на ободе колеса от крутящего момента и частоты вращения дизеля последний может эксплуатироваться в нужном диапазоне мощности в соответствии с оптимальной рабочей характеристикой. В этом случае при движении поезда с максимальной скоростью от дизеля не тре-

буется работа с максимальным числом оборотов, как это имеет место при механической передаче. Запас мощности дизеля используется во всем диапазоне скорости переключением ступеней передачи. И наконец, в перспективе благодаря использованию накопителей энергии (аккумуляторов) можно будет значительно сократить потребление топлива.

Использование крупносерийных модулей, совершенствование конструкции

С точки зрения затрат и наличия запасных деталей необходимо использовать крупносерийные комплектующие, в частности, для замены подверженных износу деталей, узлов и агрегатов. Ярким примером является применяемый на моторвагонных поездах дизель, устанавливаемый также на современных грузовых автомобилях. Приводные двигатели вентиляторов, системы управления, двери, узлы систем кондиционирования и освещения выпускаются крупными сериями. Даже в преобразовательной технике фазовые модули тяговых инверторов и вспомогательных преобразователей, а также зарядные устройства аккумуляторной батареи изготавливаются и применяются крупными партиями. Современным решением в новых поездах GTW является умелое сочетание характеристик конструктивных модулей.

При выполнении любого усовершенствования всегда корректируются слабые места предыдущей конструкции. В ходе разработки усовершенствованной модификации поезда GTW компания Stadler была полностью независима от компаний — изготовителей железнодорожного подвижного состава, конкурирующих в секторе региональных перевозок.

Все, что было положительное в предыдущей модификации, сохранено в новой. Сюда прежде всего следует отнести принятое для поездов GTW разделение поезда на тяговую секцию и пассажирские вагоны. Это обеспечило компактность конструкций, удобство в техническом обслуживании, хороший доступ к тяговому оборудованию и высокое качество звукоизоляции.

Тяговый привод

Конфигурация передачи. В поезде имеется два независимых тяговых агрегата. Каждый из них состоит из дизеля, генератора, статического тягового преобразователя с интегрированным преобразователем для питания вспомогательного оборудования, агрегата для зарядки аккумуляторной батареи и редуктора с полностью подрессоренным тяговым двигателем.

В машинном отделении тяговой секции установлены дизель-генераторные блоки. Для обеспечения максимальной ширины прохода здесь использованы дизели с вертикальным расположением цилиндров, как в двигателях грузовых автомобилей, выпускаемых крупными сериями.

Технические данные поезда GTW 2/6 компании STA

Ширина колеи, мм	1435
Максимальная скорость, км/ч	140
Минимальный радиус проходимых кривых, м	80
Число мест для сидения:	
второго класса	83
откидных	21
Число мест для едущих стоя (4 чел./м^2)	115
Длина поезда по сцепкам, мм	39 500
Ширина кузова, мм	3000
Высота пола тамбура над УГР, мм	585
Высота центра сцепки над УГР, мм	1040
База тележки, мм	2100
Диаметр колес моторной тележки, мм:	
новых	860
изношенных	800
Диаметр колес поддерживающей тележки, мм:	
новых	750
изношенных	690
Масса тары, т	66
Масса при полной загрузке, т	83
Номинальная мощность дизеля, кВт	780
Максимальная сила тяги при трогании, кН	80

В режиме тяги мощность дизеля каждого тягового блока передается асинхронному генератору, вырабатывающему трехфазный ток. Напряжение генератора подается на выпрямитель, с выхода которого получает питание промежуточное звено постоянного напряжения статического преобразователя. Отсюда энергия через импульсный инвертор подводится к асинхронным трехфазным тяговым двигателям, которые преобразуют электрическую энергию в механическую.

В рассматриваемой модификации поезда GTW впервые на рельсовом подвижном составе применен серийный асинхронный генератор трехфазного тока. По сравнению с обычным, ранее выпускавшимся синхронным генератором трехфазного тока он имеет более компактную конструкцию, меньшую массу и стоимость. Внедрение асинхронных генераторов стало возможным благодаря успешному развитию силовой электроники за последние годы.

Уже около 15 лет современные асинхронные машины используются в качестве тяговых двигателей в электровозах большой мощности, а также в давно эксплуатируемых сочлененных электропоездах и дизель-поездах с электрической передачей.

Если ранее считалась наиболее выгодной комбинация синхронный генератор — выпрямитель, то сейчас приоритет отдается системе асинхронный генератор трехфазного тока — регулируемый выпрямитель.

КПД электрической передачи с асинхронным генератором выше, чем с синхронным, благодаря зна-

чительному снижению частоты вращения холостого хода дизеля при одновременном сокращенном расходе топлива и пониженном энергопотреблении вспомогательных устройств.

В прежней схеме частота вращения холостого хода определялась минимальной величиной напряжения на зажимах генератора. В системе переменно-переменного тока регулируемый выпрямитель генератора работает с такой тактовой частотой, чтобы при низком числе оборотов и, соответственно, низком напряжении генератора обеспечивался большой ток на его выходе, что позволит повысить мощность, необходимую для работы вспомогательного оборудования. В результате этого напряжение промежуточного звена в преобразователе практически не меняется.

Благодаря развязке между частотами вращения дизеля и колесных пар режим работы дизеля может быть выбран по предварительно заданной мощности и в наиболее благоприятной с точки зрения потребления топлива рабочей точке.

Для изменения направления движения переключают чередование фаз тяговых двигателей, поэтому отпадает необходимость в реверсивной передаче с быстроизнашиваемыми элементами.

В режиме торможения тяговые двигатели работают как генераторы. Преобразователи регулируют их таким образом, что они создают заданный тормозной момент. При этом тяговый инвертор работает в режиме выпрямителя, передающего энергию в промежуточное звено постоянного напряжения. Рекуперированная электроэнергия используется преобразователем бортовой сети для энергоснабжения вспомогательного оборудования.

С помощью энергии, поступающей от генераторного регулируемого выпрямителя, работающего в режиме инвертора, асинхронный генератор может переходить в режим двигателя, вращая вал дизеля. При этом без расхода топлива поддерживается заданная частота вращения дизеля, от которого приводятся во вращения присоединенные к нему на фланцах вспомогательные машины. Избыточная энергия торможения гасится на тормозных резисторах, превращаясь в тепло. Благодаря использованию тягового оборудования трехфазного тока электродинамический неизнашиваемый тормоз работает с высокой степенью замедления вплоть до полной остановки поезда (рис. 3).

Дизель. В новых поездах GTW используется дизель серии D2876LE621 компании MAN. Это быстроходный 6-цилиндровый рядный двигатель с водяным охлаждением, системой впрыска топлива Common-Rail, турбонаддувом, воздушным охлаждением наддувочного воздуха и номинальной мощностью 390 кВт при частоте вращения 1900 об/мин. Он перекрывает максимальный диапазон мощности грузового автомобиля.

Благодаря постоянному совершенствованию технологии производства двигателей компании — изготовители грузовых автомобилей достигли определенных положительных результатов. К ним относятся прежде всего соблюдение строгих законодательных норм по выбросам вредных веществ и сокращение расхода топлива как при номинальной мощности, так и при неполной нагрузке на основе использования систем впрыска нового типа. Дизели обеспечивают соблюдение разработанных для грузовых автомобилей предельных норм выброса вредных веществ в соответствии со стандартом Euro 3.

От системы впрыска топлива главным образом зависят чистота выхлопа, расход топлива, плавность хода и уровень излучаемого шума. Система впрыска Common-Rail подает топливо в основную камеру сгорания под давлением 1650 бар. Топливо испаряется, смешивается со сжатым горячим воздухом и самостоятельно воспламеняется. Система Common-Rail гарантирует быстрый впрыск топлива, его хорошее распыление и создает условия для интенсивного смесеобразования. При номинальной частоте вра-

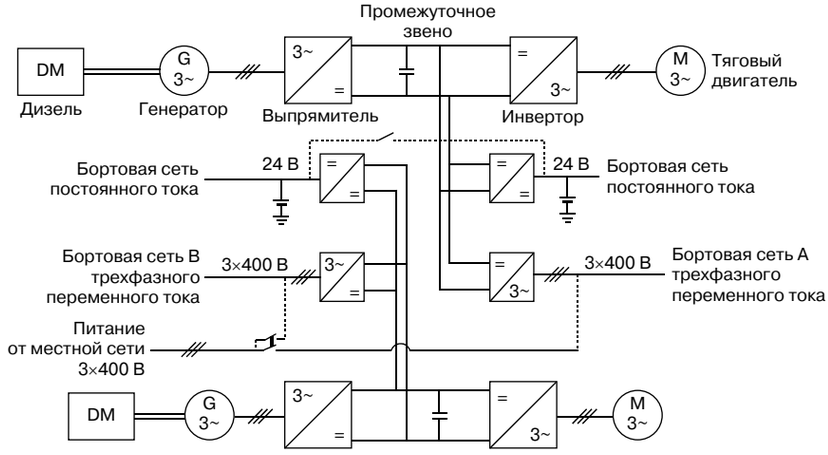

Рис. 3. Схема тяговых цепей

щения для этого требуется всего 3 мс, что свидетельствует о выполнении высоких требований, предъявляемых к системе впрыска. Благодаря многократному впрыску, зависящему от рабочей точки, уменьшаются шум от сгорания топлива и выброс частиц сажи. На этапе принудительного охлаждения отработавших газов сокращается объем выброса окислов азота.

Результаты анализа выхлопных газов на наличие окислов азота (NOx), окиси углерода (CO), углеводородов (CH) и частичек сажи показали, что их концентрация значительно ниже допускаемой европейскими нормами.

Управление работой и регулирование дизеля осуществляется с использованием информационной шины CAN в соответствии со стандартом SAE J1939. Таким образом, между системами управления поездом и дизелем существует быстрая и точная связь, включающая передачу фактических параметров рабочего процесса и диагностических данных.

Тяговый преобразователь. Проектированием тяговых преобразователей совместно занимались компании ABB и Stadler, а их конструированием и производством — ABB. В связи с этим ABB стала компанией-изготовителем тяговых преобразователей, а компания Stadler была ответственной за привлечение независимых поставщиков компонентов силовой электроники. Успешное сотрудничество компаний принесло свои плоды в виде тяговых преобразователей для сочлененных моторных электропоездов GTW 2/6, предназначенных для компаний-перевозчиков RM и Thurbo, а также региональных моторвагонных поездов семейства FLIRT.

Преобразователи сочлененного дизель-поезда GTW входят в состав тяговых агрегатов. Преобразователь, получивший обозначение CC500, состоит из регулируемого выпрямителя генератора, промежуточного звена постоянного напряжения, трехфазного инвертора, тормозного регулятора, преобразователя питания вспомогательного оборудования и зарядного устройства аккумуляторной батареи. Преобразователи монтируются в шкафу и устанавливаются в тяговой секции поезда. Отдельные преобразовательные модули размещены в шкафу в виде выдвижных блоков. Система управления преобразователями также смонтирована в шкафу.

Выдвижные блоки преобразователей имеют конструкцию, разработанную компанией ABB для промышленного применения. В качестве силовых вентилей используются биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT), работающие с тактовой частотой 2 кГц. Высокая частота вызывает значительное уменьшение потерь от высших гармоник в генераторах и тяговых двигателях, повышая таким образом КПД преобразователя. Напряжение промежуточного звена составляет 740 В, благодаря чему потери в IGBT также незначительны. Управление IGBT реализуется во всем диапазоне скорости движения по методу широтно-импульсной модуляции. При этом не возникает потребности в изменении алгоритма управляющих импульсов и не происходит колебаний силы тяги.

Генератор, тяговый двигатель и редуктор. Генераторы и тяговые двигатели сконструированы и изготовлены компанией Traktionssysteme Austria (TSA), а редуктор колесной пары — компанией Voith Turbo.

Дизели приводят во вращение тяговый генератор, ротор которого связан с коленчатым валом дизеля упругой на скручивание резиновой муфтой.

Генератор серии TG59-28-4 представляет собой четырехполюсную асинхронную машину трехфазного тока с внутренней самовентиляцией и классом изоляции 200. Его обмотки соединены в звезду. Номинальная мощность составляет 370 кВт. Статор имеет бескорпусное исполнение. Его обмотка изготовлена из профильной меди, изолированной материалом Kapton, лобовые части обмотки выполнены свободнонесущими.

Короткозамкнутый ротор не имеет подшипникового щита со стороны дизеля, поскольку через муфту опирается на карданный вал. Подшипниковый щит установлен с глухой стороны. Обмотку ротора образуют стержни из электролитической меди с приваренными короткозамыкающими и стяжными кольцами. На валу генератора имеется крыльчатка для самовентиляции.

Асинхронные трехфазные тяговые двигатели серии TMFI59-33-4 имеют мощность длительного режима 400 кВт и максимальную — 550 кВт. Такие тяговые двигатели и редукторы применяются в сочлененных электропоездах GTW.

По своей конструкции тяговые двигатели аналогичны генераторам. Ротор на глухом конце имеет опору через токоизолированный цилиндрический роликовый подшипник с системой дополнительной смазки и регулировкой количества подаваемого смазочного вещества. Выходной конец вала соединяется с редуктором через жесткую на кручение стальную мембранную муфту. Статор выполнен шихтованным с наваренными сверху стяжными пластинами.

Тяговый агрегат полностью подрессорен. Двухступенчатый цилиндрический редуктор типа SZH 590 установлен перпендикулярно продольной оси вагона. Тяговый двигатель и редуктор объединены в тяговый блок с помощью фланцевого соединения. Крутящий момент передается от тягового двигателя через косозубый двухступенчатый цилиндрический редуктор, полый вал и поводковую муфту на ось колесной пары. Передаточное число этой кинематической цепи составляет 1: 4,8.

Моторно-редукторный блок опирается на тележку через резинометаллические блоки. Элементом со-

членения редуктора и оси колесной пары является упругая муфта полого вала. Одновременно с передачей вращающего момента она компенсирует взаимные смещения оси колесной пары и моторно-редукторного блока, возникающие в результате прогиба рессорного подвешивания и под действием динамических сил.

При определении тяговой мощности поезда было установлено, что при полной загруженности он разгоняется до максимальной скорости 140 км/ч с достаточным запасом ускорения.

Система управления

Аппаратура системы управления поездом и программное обеспечение разработаны компанией Selectron. Если в проведении работ по автоматизации процессов и в создании систем управления приводом и другими устройствами в рамках модернизации эта компания уже имеет достаточно большой опыт, то разработка комплексной системы управления моторвагонным поездом проводилась ею впервые.

Специальным программированием занималась сама компания Stadler. Совместно с компанией Selectron она разрабатывала оборудование для электрических модификаций GTW и поездов семейства Flirt.

В дизель-поезде GTW 2/6 схема управления построена в соответствии со стандартом CAN-open на основе шины CAN, используемой в качестве вагонной. Первоначально стандарт CAN был разработан компанией Bosch для решения проблем автоматизации. Сейчас он широко используется на автомобильном и железнодорожном транспорте в системах управления движением подвижного состава.

В дальнейшем компания Selectron дополнительно разработала систему поездных шин CAN Powerline, в которой наряду с высокой физической помехоустойчивостью также учтены возможности изменения составности поезда и увеличения пути передачи сигнала при формировании составов большой длины.

С целью повышения эксплуатационной готовности, которая должна обеспечиваться даже при выходе из строя отдельных систем поезда, в нем смонтированы две схемы управления в качестве резерва центральной системы Master-CPU. Шины CAN-open обеих схем связаны между собой шинным соединителем, так называемым мостом.

Все периферийные устройства через центральную шинную станцию подключены к модулям ввода и вывода. Наиболее важные устройства через интерфейсы соединены с шиной CAN-open.

Поскольку работой дизеля управляют с помощью шины CAN по стандарту SAE-J1939, как это реализовано на грузовых автомобилях, в поезде для каждого из двух дизелей предусмотрены шинные соединители J1939-CAN-open.

В кабине управления машиниста установлен диагностический дисплей для отображения рабочих параметров, сообщений о неисправностях и другой информации.

Противоюзная и противобоксовочная защита выполнена двухступенчатой в соответствии с результатами испытаний, проведенных в Швейцарии на локомотивах серии 460 Федеральных железных дорог Швейцарии (SBB) и серии 465 частной компании BLS. Практический опыт эксплуатации сочлененных электропоездов GTW компаний Regionalverkehr Mittelland (RM) и Thurbo, оборудованных такими системами, подтвердил их преимущества перед существующими.

Вспомогательное оборудование, аккумуляторные цепи и батарея пусковых конденсаторов

В состав тяговых преобразователей входит по одному преобразователю питания вспомогательного оборудования (HBU), в том числе бортовой сети трехфазного тока, и по одному зарядному устройству для аккумуляторных батарей, питающих бортовую сеть напряжением 24 В постоянного тока. В схеме предусмотрено резервирование наиболее важных компонентов.

В нормальном режиме HBU способны питать трехфазную нагрузку напряжением 3×400 В суммарной мощностью до 50 кВ·А. При подключении потребителей большой мощности HBU автоматически кратковременно снижает питающее напряжение и частоту для ограничения пусковых токов.

В лобовых частях обоих концевых вагонов имеются разъемы для подключения питания бортовой сети от постороннего источника в депо. Это позволяет включать нужные устройства с приводом от трехфазных двигателей и заряжать аккумуляторные батареи.

Компании-операторы придают большое значение достаточной емкости аккумуляторных батарей на тяговом подвижном составе, поэтому на новых дизель-поездах в одном из концевых вагонов установлена никель-кадмиевая батарея емкостью 450 А·ч. При уменьшении заряда батареи схема управления выборочно отключает отдельные системы.

В поезде реализована новая разработка — использование для запуска дизелей конденсаторов компании Maxwell. Если аккумуляторные батареи под действием частых кратковременных нагружений токами большой величины быстро выходят из строя, то для конденсаторов запуск дизеля с кратковременными

скачками тока до 1000 – 2000 А является нормальным рабочим режимом. В связи с этим их применение в данном случае является оптимальным решением. Кроме того, они также обладают высокой удельной мощностью при небольшой массе и по сравнению с батареями достаточной емкостью при низких температурах.

Эксплуатация конденсаторов зимой также дала хорошие результаты. Еще одним положительным результатом является то, что при наличии пусковых конденсаторов аккумуляторная батарея не может сильно разрядиться с отключением освещения и других систем, поскольку в ее работе отсутствуют такие энергоемкие режимы, как запуск дизеля.

С компанией Maxwell, разрабатывающей, изготавливающей и поставляющей конденсаторы, заключен контракт на поставку двух блоков конденсаторов: с пассивным и активным симметрированием напряжения. Запланированные испытания и опытная эксплуатация покажут, будут ли выше (а если будут, то в какой мере) эксплуатационные расходы при использовании конденсаторной батареи с активным симметрированием напряжения.

Охлаждение тягового оборудования

Система охлаждения тягового оборудования также выполнена резервированной. При повреждении одного тягового агрегата поезд должен продолжать движение без ограничений, используя второй агрегат. При тепловом расчете системы охлаждения учитывались условия всех европейских климатических зон. Благодаря этому ее рабочего резерва будет достаточно даже при крайне сложных условиях, в том числе при значительном загрязнении. Вентиляторы системы охлаждения излучают шум пониженного уровня благодаря низкой частоте вращения.

Для подвижного состава с тяговым оборудованием, размещенным под кузовом, существует опасность перегрева в летние месяцы, так как для охлаждения тягового контейнера используется воздух, нагретый в зоне верхнего строения пути. При этом система охлаждения загрязняется пылью, засасываемой вместе с воздухом. В дизель-поездах GTW, как и на тепловозах, заборные устройства размещают достаточно высоко над УГР, что позволяет избежать проблем, характерных для рассмотренного подвижного состава с подкузовным размещением тяговых агрегатов. Кроме того, радиаторы теплообменников имеют плоскую конструкцию, что значительно облегчает их очистку.

Охлаждение дизеля водой по замкнутому контуру, а также наддувочного воздуха осуществляется с использованием вентиляторов с регулируемым гидростатическим приводом. Управление ими построено на измерении температуры воды и сравнении результата с задаваемым значением. Гидронасосы связаны с дизелем фланцевым соединением.

Охлаждающий воздух поступает через заборные решетки в боковой стенке тягового модуля, а отработавший уходит через верх. Таким же образом вверх выбрасываются выхлопные газы дизеля, благодаря чему они не попадают в поток забираемого свежего воздуха, предназначенного для системы кондиционирования. С помощью теплообменника тепловые потери дизелей используются для отопления пассажирских салонов.

Воздух для охлаждения генератора и тяговых двигателей поступает через заборные решетки, расположенные в скосах крыши приводного модуля.

Принудительное охлаждение воды, циркулирующей в контуре охлаждения преобразователя, и масла гидропривода обеспечивает вентилятор, расположенный с торцовой стороны соответствующего дизеля и приводимый в действие от коленчатого вала дизеля через вязкостную муфту. Последняя управляется в зависимости от температуры охлаждаемых жидкостей. Этот вентилятор забирает воздух с торцовой стороны тягового модуля.

Конструкция кузова концевого вагона

Прежняя конструкция каркаса кузова из алюминиевых профилей оптимизирована по параметрам массы и сложности технологии изготовления. Новый каркас идентичен каркасу вагонов электропоездов GTW, эксплуатируемых компанией Thurbo, и соответствует габариту МСЖД.

Кабина машиниста, изготовленная из полимера, армированного стекловолокном, несколько увеличена, технология ее производства упрощена. Лобовая часть выполнена более обтекаемой. Массу кузова удалось уменьшить при одновременном сохранении несущей способности.

Двери в новом поезде, как и во всех GTW, имеют пневматическое управление. В переходах между концевыми вагонами и тяговым модулем они снабжены дополнительной звукоизоляцией и также управляются пневматически.

Система освещения пассажирских салонов соответствует требованиям документа МСЖД 555. Ограждающие сигналы поезда компании STA выполнены по стандартам железных дорог Италии.

На крышах концевых вагонов смонтировано оборудование системы кондиционирования воздуха (Thermoking) для пассажирских салонов и кабин машиниста. Система кондиционирования пассажирских салонов имеет два контура охлаждения, которые включаются в соответствии с требуемой мощностью охлаждения. Компрессоры Scroll и хладагент

R407 обеспечивают высокую хладопроизводительность при низком энергопотреблении.

Обогрев салонов осуществляется радиатором водяного отопления, использующим тепловые потери дизелей. Если этого тепла оказывается недостаточно, включаются дополнительные обогреватели. С целью сокращения энергопотребления подача свежего воздуха в салоны системой кондиционирования регулируется в зависимости от населенности вагонов.

На крышах обоих концевых вагонов установлены также тормозные резисторы.

Под одним из концевых вагонов подвешен главный топливный бак. Его емкость зависит от пожеланий заказчика. Поезда, изготовленные для компании STA, имеют бак емкостью 1500 л.

Конструкция тягового модуля

Расположение агрегатов в тяговом модуле нового поезда полностью изменено по сравнению с предыдущей модификацией. С обеих сторон расширенного центрального прохода размещено тяговое оборудование, состоящее из дизель-генераторного блока, преобразователя с соответствующими устройствами системы управления, компонентов замкнутой системы охлаждения с каналами охлаждающего воздуха, устройств предварительного обогрева вагонов и выпускного трубопровода.

С одной стороны прохода под шкафом с преобразовательной техникой находятся вспомогательный топливный бак емкостью 100 л и конденсаторная батарея. С другой стороны под таким же шкафом размещена панель пневмооборудования с процессором противоюзной защиты. В тяговом модуле находятся также контейнеры с запасом песка для системы пескоподачи.

Каркас кузова модуля, как и в прежней модификации, изготовлен из стали. Усилия от одного межвагонного сочленения к другому передаются через две продольные балки, проходящие по оси модуля. Наружные продольные балки воспринимают усилия тяги и торможения, а также массу воздушного резервуара, питающего пневмобаллоны второй ступени рессорного подвешивания. Боковые стенки имеют решетчатую конструкцию оптимизированной массы. Двери машинного отделения и перегородки изготовлены из трехслойных панелей. Дизель-генераторный блок можно монтировать и демонтировать без разборки несущих конструкций.

Тележки

Моторные и поддерживающие тележки имеют в основном такую же конструкцию, как и у электропоездов компании Thurbo. Это тележки с радиальной установкой колесных пар в кривых, низкорасположенными штангами для передачи тяговых и тормозных усилий, винтовыми рессорами в первичном подвешивании и пневморессорами во вторичном. Кроме того, колесные пары имеют особый профиль для эксплуатации на железных дорогах Италии с подуклонкой рельса 1:20.

Высокая динамическая устойчивость при движении со скоростью до 160 км/ч не требует установки гасителей колебаний виляния. Поддерживающие колесные пары оснащены двумя осевыми тормозными дисками, а моторные — двумя дисками, установленными на колесных центрах. Поддерживающие тележки оборудованы магнитно-рельсовым тормозом, необходимым для эксплуатации поезда на участке в районе Мерано.

Звукоизоляция

При создании нового поезда большое внимание уделялось снижению уровня излучаемого шума. Кроме того, источники шума изолировали и экранировали.

Основным источником шума в поезде является дизель. Двигатель новой конструкции компании MAN оборудован системой многократного впрыска, которая способствует значительному уменьшению уровня излучаемого шума, особенно при малой нагрузке дизеля. Режимы работы дизеля настроены на наименьшую частоту вращения, что также понижает уровень шума.

Для снижения уровня шума вентиляторов также реализован ряд технических мер. Их конструкция рассчитана на обеспечение требуемой производительности при наименьшей частоте вращения. В качестве параметра регулирования их частоты используется температура охлаждаемого объекта, что также позволило снизить уровень шума.

При конструировании крыльчаток вентилятора и воздуховодов стремились к максимальному уменьшению турбулентности воздушных потоков. Вентилятор генератора охлаждает также тяговые двигатели, поэтому при движении с высокой скоростью при частоте вращения тяговых двигателей до 5000 об/мин не возникает звука высокого тона, характерного для двигателей с самовентиляцией.

Низкий уровень шума от поездов GTW в значительной степени обусловлен разделением состава на пассажирские вагоны и тяговый модуль. Кроме того, большое значение имеет конструкция ходовой части с относительно мягкой первой ступенью рессорного подвешивания и элементами, изолирующими от передачи корпусного шума.

Машинное отделение изолировано снаружи и изнутри трехслойными панелями. Напольное покры-

тие также выполнено звукоизолирующим. Отверстия для забора охлаждающего воздуха снабжены шумогасящими решетками и перегородками, смонтированными в воздуховодах для изменения направления потока с целью шумогашения.

Особенности конструкции поездов для компании STA

Компания Stadler учитывает все пожелания заказчика, соблюдает сроки реализации проекта, подбирает компоненты и системы таким образом, чтобы в течение срока службы подвижного состава компания-оператор могла самостоятельно вносить нужные изменения в соответствии с меняющимися условиями эксплуатации.

Конструкция кабины

Правилами эксплуатации железных дорог Италии предписано обязательное ведение поезда локомотивной бригадой из двух человек. На подвижном составе старых серий нет системы контроля бдительности машиниста SIFA, но в ближайшие годы ее планируется установить. В настоящее время поставляемые на сеть STA поезда изготавливаются в двух вариантах: для обслуживания локомотивной бригадой из двух человек и для ведения в одно лицо при наличии системы SIFA.

Реализовать кабину с современным центральным расположением пульта управления и наличием дополнительного места для помощника машиниста оказалось достаточно сложно. Тем не менее окончательное решение планировки обеспечивает полный обзор машинисту и помощнику и в то же время отвечает современным представлениям о дизайне кабины.

Инструкции по эксплуатации SIFA, измерению и отображению скорости движения и регистрации параметров движения были составлены в ходе проектирования сертификационным центром и использованы при разработке системы обеспечения безопасности движения поезда TELOC 2520 (Sécheron). Указатели скорости оснащены контрольными устройствами. Регистрация параметров движения подразделяется на три уровня: оперативную память, запоминающее устройство долговременного хранения данных и память для важных с точки зрения безопасности данных.

Автоматическая локомотивная сигнализация с автостопом (SCMT), разработанная компанией Ansaldo Signal, представляет собой усовершенствованный вариант итальянской системы, учитывающей инструкции для ETCS второстепенных участков.

Возможность сцепки с поездами других серий

Для того чтобы расширить возможности использования новых поездов в регионе Южный Тироль — Трентино, потребовалось решить задачу сцепки их с подвижным составом, эксплуатируемым на соседних линиях. Для этого нужно было выбрать конструкцию сцепки и обеспечить совместимость систем управления торможением и ведения поездов по системе многих единиц.

Поезда оборудованы приборами автосцепки типа Schaku с разъемом для электрических соединений, расположенным над головкой автосцепки. Такое расположение разъема исключает возможность конфликта при передаче сигналов в составе из разнотипных поездов. С другой стороны, в сцепе из нескольких новых поездов не нарушается возможность удобного обмена информацией по поездной шине.

Для сцепки с поездами других серий потребовалось разработать новую систему торможения, которая позволяет управлять пневматическим торможением с заданным временем включения и отпуска тормозов и соответствующим расчетом тормозной мощности согласно рекомендациям МСЖД. Управление пневматическим тормозом осуществляется при помощи тормозного крана машиниста и главной воздушной магистрали. От системы с прямодействующим тормозом, управляемым краном дополнительного тормоза или системой управления поездом, сознательно отказались, чтобы избежать перегрева тормозных дисков и накладок в составе из поездов разных серий. Подобные проблемы были выявлены в ходе типовых испытаний. В последующих проектах, не требующих такого рода совместимости, как и в других GTW, применяется одна из ныне используемых систем торможения.

Противопожарная безопасность

Прежние модификации GTW спроектированы в соответствии с традиционными для Центральной Европы основными принципами стандарта DIN, согласно которым горючий материал должен быть самогасящимся, т. е. при возгорании материала должны выделяться газы, которые гасят пламя. Итальянские инструкции, к которым тяготеют поезда компании STA, ориентированы на французские стандарты, согласно которым при пожаре не должны выделяться вредные для людей газы. Эти требования полностью противоречат положениям DIN.

В пассажирских салонах поездов компании STA используются новые материалы, проверенные на противопожарную безопасность.

Тяговые модули оснащены системой противопожарной сигнализации и средствами пожаротушения, что позволяет своевременно принять соответствующие меры.

Система информирования пассажиров

Система информирования пассажиров спроектирована в тесном сотрудничестве с компаниями-операторами. В ней использованы самые современные информационные технологии.

В поезде установлено следующее оборудование: светодиодные указатели внутри и снаружи, система для речевых сообщений с цифровой памятью, пункты экстренной связи с машинистом, автоматы для продажи проездных билетов и для их гашения, система видеонаблюдения внутри и снаружи с видеозаписью.

Обмен информацией осуществляется частично через последовательную шину, но преимущественно через локальную сеть. В частности, через нее ведется трансляция видеопрограмм с высоким качеством изображения.

Опыт эксплуатации поездов GTW

С момента появления первых поездов GTW в 1996 г. накоплен обширный опыт их эксплуатации с различной составностью. Многочисленные опросы пассажиров показали, что поезда пользуются большой популярностью. Увеличенная ширина вагонов в сочетании с большими оконными проемами привлекает пассажиров.

Значительные удобства дает большая площадь тамбура с низким уровнем пола. Ограничение ширины прохода в тяговом модуле, как правило, не воспринимается отрицательно.

В часы наименьшего пассажиропотока (ранним утром или поздним вечером) запирается проход в тяговый модуль и последний вагон, что также не встречает возражений, так как большинство пассажиров в это время садятся в первый вагон. Блокирование заднего вагона и тягового модуля выгодно также с точки зрения предотвращения случаев вандализма.

Компании, заказывавшие новые поезда, пошли на значительное увеличение затрат, связанных с оснащением кабины машиниста прозрачной задней стенкой. Однако опыт эксплуатации показал, что ее эффективность невелика, потому что в большинстве случаев машинист задвигает шторку для защиты от ослепляющего эффекта, создаваемого освещением пассажирского салона. В результате он остается изолированным от пассажиров.

Ввод в эксплуатацию новых дизель-поездов в Южном Тироле

Транспортная компания STA заключила контракт с компанией Stadler на изготовление восьми дизель-поездов GTW 2/6 нового поколения с электрической передачей в декабре 2001 г. Новые поезда предназначались для использования на введенной в эксплуатацию ранее закрытой линии от Мерано до станции Мальс. STA передала их местной транспортной компании SAD, занимающейся также и автобусными перевозками.

Первый поезд поступил на линию в октябре 2003 г., т. е. через 22 мес с момента подписания контракта. Во время опытных поездок проводилось обучение персонала. Ввод в постоянную эксплуатацию был намечен на декабрь 2004 г.

Линия Мерано — Мальс, имеющая как протяженные участки с уклонами до 27 ‰, так и равнинные, пригодные для движения со скоростью до 130 км/ч, наилучшим образом подходила для проведения эксплуатационных испытаний поездов нового поколения.

Потенциал развития

Гибкость конфигурации состава, до этого реализовавшаяся только в сочлененных электропоездах GTW, теперь стала реальной и для варианта дизель-поезда. Это касается как модификации с тремя пассажирскими вагонами (двумя концевыми и одним промежуточным) по типу GTW 2/8 серии RABe 520 (SBB), так и варианта с двумя пассажирскими вагонами и прицепкой дополнительного (промежуточного или с кабиной управления).

При эксплуатации дизель-поездов на линиях городских железных дорог возможна значительная экономия топлива за счет использования электрических накопителей энергии. Первые оценки показали возможность уменьшения расхода топлива на 10 %, причем конкретный вид эксплуатации оказывает решающее влияние на фактическую экономию.

S. Klein. Eisenbahn-Revue, 2004, № 5, S. 215 – 218; № 6, S. 253 – 260.