

Т. ЛЮТТИН (T. LÜTTIN), С. В. ПОКРОВСКИЙ

Унифицированные многосистемные преобразователи нового поколения для электровозов с асинхронными тяговыми двигателями

В декабре 2004 г. завершены приемочные испытания и переданы в регулярную эксплуатацию первые 12 двухсистемных электровозов серии Re484, изготовленных компанией Bombardier Transportation по заказу грузовой компании Федеральных железных дорог Швейцарии SBB Cargo для вождения транзитных грузовых поездов в Швейцарии и Италии.

Этапы развития систем асинхронного тягового привода

Работы по созданию мощных магистральных электровозов с асинхронными тяговыми двигателями были развернуты компанией (тогда BBC) в конце 1960-х годов. С того времени в общей сложности разработаны тяговые преобразователи шести поколений и системы управления четырех поколений. Сегодня интеллектуальный потенциал специалистов компании в области теории работы и практического воплощения оборудования асинхронного тягового привода высокой мощности базируется на опыте разработки 40 проектов электровозов для разнообразных условий эксплуатации. Каждый из этих проектов внес свою существенную долю в копилку новых разработок. В табл. 1 представлены объемы поставок и основные технические данные по реализованным проектам магистральных электровозов с асинхронными тяговыми двигателями и тяговыми преобразователями, созданными специалистами компании. В целом в разных странах Европы, Азии и Америки в регулярной эксплуатации уже находится более 1800 таких локомотивов. В табл. 2 наиболее крупные объемы поставок обобщены по странам.

Первым мощным магистральным локомотивом с асинхронными тяговыми двигателями, построенным компанией (тогда BBC), стал универсальный четырехосный электровоз переменного тока серии E-120 мощностью 5600 кВт и с максимальной скоростью 200 км/ч. В 1977 г. был получен заказ от бывших Го-

сударственных железных дорог ФРГ (DB) на поставку пяти опытных электровозов. В 1979 г. начались их испытания, а в 1984 г. компания BBC получила заказ на 60 серийных электровозов E-120, построенных в 1987 и 1988 гг.

При создании электровозов E-120, кроме оборудования асинхронного тягового привода, были заново отработаны все основные узлы и конструкции: кузов, тележки, тяговая передача, высоковольтное оборудование, системы управления и питания вспомогательных устройств. В целом проект E-120 представил комплекс новых подходов к проектированию, производству, эксплуатации и обслуживанию магистральных электровозов нового поколения.

Для электровозов E-120 разработан тяговый преобразователь на базе быстродействующих тиристоров с искусственной коммутацией. Аналогичные преобразователи были также использованы в нескольких десятках концевых моторных вагонов высокоскоростных поездов ICE1 железных дорог Германии и в ряде других проектов. В целом компанией было построено более 100 электровозов с тяговыми преобразователями на базе быстродействующих тиристоров.

Во второй половине 1980-х годов компанией (тогда ABB) были начаты работы по созданию тяговых полупроводниковых преобразователей серии MITRAC TC3100 на базе запираемых тиристоров (GTO).

Новые силовые полупроводниковые приборы позволили существенно усовершенствовать конструкцию преобразователей. Также появилась возможность реализовать эффективные схемы питания асинхронных тяговых двигателей на подвижном составе для линий, электрифицированных на постоянном токе напряжением 3000 В. Для этого были отработаны два варианта схем: трехточечная и двойной звезды с прямым подключением инверторов к тяговой сети через входные LC-фильтры.

Важнейшим шагом к освоению массового производства электровозов с асинхронным тяговым при-

Таблица 1

Магистральные электровозы с асинхронным тяговым приводом производства Bombardier Transportation (BBC, ABB, Adtranz)

Серия электровоза	Страна	Год начала выпуска	Партия, ед.	Осевая формула	Система питания	Максимальная скорость, км/ч	Мощность, кВт
<i>Электровозы с тяговыми преобразователями на быстродействующих тиристорах</i>							
1600P	Нидерланды	1977	1	3 ₀ – 3 ₀	1,5 кВ	140	1400
BR120	Германия	1979	65	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	200	5600
EL17	Норвегия	1981	10			140	3400
ICE1	Германия	1984	41			280	4800
<i>Электровозы с тяговыми преобразователями MITRAC TC3100 на GTO-тиристорах с охлаждением минеральным маслом</i>							
Re456	Швейцария	1987	16	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	130	3200
Re450		1989	115				
X2000	Швеция	1990	39			210	3260
Re460	Швейцария	1991	119			230	6100
EA3000	Дания	1992	12		25 кВ/50 Гц	175	4000
ESL9000	Евротоннель	1993	51	2 ₀ – 2 ₀ – 2 ₀		160	5760
Ge4/4-III	Швейцария	1994	14	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	130	3200
Re465			18			230	7000
Class 92	Великобритания	1995	46	3 ₀ – 3 ₀	25 кВ/50 Гц; 750 В	140	5000
WAP5	Индия	1995	11	2 ₀ – 2 ₀	25 кВ/50 Гц	160	4000
ETR500	Италия	1996	60		3 кВ	300	4400
WAG9	Индия	1996	32	3 ₀ – 3 ₀	25 кВ/50 Гц	110	4500
EL18	Норвегия	1996	22	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	200	5800
SR2	Финляндия	1996	46		25 кВ/50 Гц	230	6000
KCRC	Китай	1997	2		160	6000	
E412	Италия	1997	20		25 кВ/50 Гц; 3 кВ	200	6000
<i>Электровозы с тяговыми преобразователями MITRAC TC3100 на GTO-тиристорах с охлаждением трансформаторным маслом</i>							
BR101	Германия	1996	145	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	200	6600
BR145		1998	97			140	4200
EL2000		1999	10		6,25 кВ/50 Гц	70	2800
BR185.1		2000	249		15 кВ/16,7 Гц	140	5600
Re481	Швейцария	2000	6				4200
BR146	Германия	2001	85		160	5600	
ALP46	США	2002	29		25 кВ/60 Гц; 12,5 кВ/60 Гц; 12 кВ/25 Гц	160	5300
Re482	Швейцария	2002	50		15 кВ/16,7 Гц; 25 кВ/50 Гц	140	5600
Re485		2003	20				
4000	Люксембург	2004	20				
<i>Электровозы с тяговыми преобразователями MITRAC TC3100 на GTO-тиристорах с водяным охлаждением</i>							
ЭП10	Россия	1998	12	2 ₀ – 2 ₀ – 2 ₀	25 кВ/50 Гц; 3 кВ	160	7200
E464	Италия	1999	388	2 ₀ – 2 ₀	3 кВ		3500
GSRC	Китай	2000	10		25 кВ/50 Гц	230	4800
EU43	Италия	2001	8		25 кВ/50 Гц; 3 кВ	200	6000
IORE	Швеция	2001	18	3 ₀ – 3 ₀	15 кВ/16,7 Гц	80	5400
E405	Италия	2003	42	2 ₀ – 2 ₀	3 кВ	200	6000
<i>Электровозы с тяговыми преобразователями MITRAC TC3200 на IGBT-транзисторах 45-го класса с водяным охлаждением</i>							
12X	Швейцария	1997	1	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	230	6400
AVE S102	Испания	2000	33		25 кВ/50 Гц	330	4000
ESL9700	Евротоннель	2002	7	2 ₀ – 2 ₀ – 2 ₀		160	7000
BR185.2	Германия	2004	200	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц	140	5600
<i>Электровозы с тяговыми преобразователями MITRAC TC3300 на IGBT-транзисторах 65-го класса с водяным охлаждением</i>							
Re484	Швейцария	2004	18	2 ₀ – 2 ₀	15 кВ/16,7 Гц; 3 кВ	140	5600
HST 250	Испания	2006	44		25 кВ/50 Гц; 3 кВ	250	2400
TRAXX	Бельгия	2006	36		15 кВ/16,7 Гц; 25 кВ/50 Гц; 3 кВ; 1,5 кВ	140	5600

водом стало создание в эти годы первой унифицированной микропроцессорной системы управления с отработкой новых эффективных алгоритмов регулирования.

Первая крупная партия электровозов, на которых использованы преобразователи MITRAC TC3100 на базе ГТО-тиристоров и микропроцессорные системы управления, получила торговую марку Lok-2000. Тяговые преобразователи этих электровозов имеют модули с погружным охлаждением силовых полупроводниковых приборов и компонентов снабберных цепей. В качестве охлаждающей жидкости здесь используется минеральное масло. С 1987 по 2002 г. было изготовлено 623 локомотива с такими преобразователями.

В 1996 г. был начат серийный выпуск электровозов с системой охлаждения тяговых преобразователей MITRAC TC3100 на основе трансформаторного масла. Конструкция модулей этих преобразователей также выполнена погружной. При этом внутренние компоненты модулей адаптированы к новой охлаждающей среде. Переход к использованию трансформаторного масла в качестве охлаждающей жидкости был обусловлен, главным образом, упрощением в обслуживании и ремонте. В целом с 1996 по 2004 г. выпущено 711 электровозов с преобразователями такого типа.

Третье поколение тяговых преобразователей MITRAC TC3100 на базе ГТО-тиристоров имело водяную систему охлаждения, позволившую существенно повысить эффективность охлаждения и снизить массу и габаритные размеры активной части. В этом случае была использована технология модуля press-pack, во многом схожая с проектом преобразователя на базе быстродействующих тиристоров для электровозов E-120. В контуре охлаждения преобразователя вода последовательно обтекает металлические охлаждающие элементы, непосредственно контактирующие с токоведущими частями. Для исключения электрических пробоев через жидкость в контуре охлаждения предусмотрен деионирующий фильтр.

Выпуск электровозов с преобразователями MITRAC TC3100 с водяным охлаждением начат в 1998 г. К настоящему моменту изготовлено более 300 ед. Большая их часть (около 200 ед.) — это электровозы постоянного тока серии E464 со схемой «двойная звезда». Они были поставлены Государственным железным дорогам Италии (FS). В ближайшие 2 года выпуск таких электровозов по заказу FS будет продолжен. Кроме того, 12 комплектов таких тяговых преобразователей изготовлены для российских двухсистемных электровозов ЭП10.

Освоение мировой электротехнической промышленностью производства мощных биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) предпо-

Таблица 2

Объемы поставок электровозов (20 и более ед.) с асинхронными тяговыми двигателями и преобразователями производства Bombardier Transportation (BBC, ABB, Adtranz)

Страна	Суммарный объем поставок
Германия	892
Италия	518
Швейцария	376
Великобритания — Франция (Евротоннель)	104
Испания	77
Швеция	57
Финляндия	46
Индия	43
Бельгия	36
Норвегия	32
США	29
Люксембург	20

ределило следующий этап в развитии техники тяговых преобразователей. Первоначально в этом направлении была поставлена задача разработки специального интегрированного силового модуля IPM (Integrated Power Module) 45-го класса, позволяющего сохранить топологию схем преобразователей на ГТО-тиристорах. Эта задача была решена, и в 2000 г. компания начала серийный выпуск электровозов с тяговыми преобразователями серии MITRAC TC3200 на базе модулей IPM с водяным охлаждением. В настоящее время Bombardier Transportation имеет заказы на поставку 240 локомотивов с такими тяговыми преобразователями. Более 40 электровозов уже переданы заказчикам и находятся в эксплуатации. Производство электровозов с тяговыми преобразователями на базе интегрированных силовых модулей IPM будет продолжено в ближайшие годы.

Тяговый преобразователь MITRAC TC3300 электровоза серии Re484

С целью дальнейшего снижения стоимостных и массогабаритных показателей тяговых преобразователей в 2002 г. была начата разработка унифицированного многосистемного тягового преобразователя на основе IGBT-транзисторов 65-го класса промышленного исполнения. Новые тяговые преобразователи получили торговую марку MITRAC TC3300, а пилотным проектом локомотива с такими преобразователями стал двухсистемный электровоз серии Re484 (рис. 1), заказанный грузовой компанией SBB Cargo.



Рис. 1. Электровоз серии Re484

Контракт между Bombardier Transportation и SBB Cargo на эту разработку подписан в мае 2003 г. Таким образом, на реализацию проекта, включавшего все необходимые испытания для допуска электровозов к эксплуатации на железных дорогах Швейцарии и Италии, было затрачено 18 мес. Это стало возможным благодаря комплексу отработанных конструкций семейства локомотивов торговой марки TRAXX, которых в разных модификациях выпущено уже более 500 ед., а также обширному опыту в области разработки полупроводниковых преобразователей и систем управления асинхронного тягового привода, накопленному специалистами компании более чем за 35 лет.

Компоновка и схема преобразователя

Базовая конструкция тягового преобразователя серии MITRAC TC3300 (рис. 2) предусматривает возможность работы при четырех системах тягового электроснабжения: 25 кВ (50 Гц) и 15 кВ (16,7 Гц) переменного тока; 3 и 1,5 кВ постоянного тока.

Активная часть преобразователя включает четыре унифицированных силовых модуля (рис. 3). Каждый модуль представляет единую конструкцию с алюминиевой охлаждающей плитой, рассчитанной на установку 12 IGBT-транзисторов промышленно-

го исполнения. Тепло отводится посредством пропускания воды через расположенные внутри плиты профилированные каналы. Непосредственно на модуле устанавливают также драйверы управления IGBT-транзисторами и один силовой конденсатор, включенный в цепь промежуточного звена постоянного напряжения. Снабберные цепи в преобразователе не используются.

В зависимости от функционального назначения модуль выполняют необходимую схему соединений IGBT-транзисторов, а также схему входных и выходных шин с необходимыми датчиками тока. В базовой конструкции преобразователя серии MITRAC TC3300 предусмотрены:

- два идентичных модуля входной части (четырёхквadrантные регуляторы 4QS);
- один модуль, включающий интегрированный преобразователь питания вспомогательных устройств и импульсный преобразователь цепи реостатного тормоза;
- один модуль с двумя выходными трехфазными инверторами.

Упрощенная схема базового варианта тягового преобразователя MITRAC TC3300 при работе от тяговой сети переменного тока показана на рис. 4.

Выходные инверторы выполнены без параллельного соединения IGBT-транзисторов. При напряжении в промежуточном звене 2800 В максимальная выходная мощность каждого из них составляет 1500 кВт. Таким образом, один тяговый преобразователь серии MITRAC TC3300 в базовом варианте рассчитан на индивидуальное питание двух тяговых двигателей, реализующих мощность на ободах колесной пары порядка 1400 кВт. При повышении напряжения в промежуточном звене выходную мощность инверторов можно увеличить.

Входные модули при суммарной выходной мощности преобразователя 3000 кВт имеют в каждом плече по три параллельно соединенных IGBT-транзистора, управляемых общим драйвером. При некотором снижении максимальной осевой мощности локомотива возможно уменьшение до двух параллельно включенных IGBT-транзисторов во входных модулях.

В зависимости от требований к суммарной мощности реостатного тормоза локомотива возможна реализация одной или двух цепей с тормозными реостатами и соответствующим числом параллельно включенных IGBT-транзисторов.

Интегрированный преобразователь питания вспомогательных устройств может быть реализован в двух вариантах: с однофазным или трехфазным инвертором. В обеих схемах инверторы получают питание от промежуточного звена постоянного напряжения. Это упрощает монтаж вспомогательных цепей электровоза и конструкцию тяговых трансформаторов, так как позволяет исключить низковольтную выходную обмотку для питания вспомогательных устройств.

Наиболее перспективным является вариант с трехфазным инвертором. В этом случае для питания вспомогательных электрических машин электровоза необходимы только дополнительные пассивные компоненты: разделительные трансформаторы и LC-фильтры для ограничения скачков напряжения (du/dt).

Помимо активной части в конструкции преобразователя серии MITRAC TC3300 предусмотрено размещение:

- всего необходимого контакторного оборудования силовых цепей (линейных контакторов, переключателей рода тока, контакторов цепи предварительного заряда конденсаторов промежуточного звена и т. п.);
- дополнительных конденсаторов звена постоянного напряжения C_z и конденсаторов резонансного фильтра C_r ;
- системы управления с комплектом датчиков тока и напряжения;
- мотор-насоса и расширительного бака контура водяного охлаждения.

Таким образом, почти все функциональное оборудование силовых цепей электровозов сосредоточено

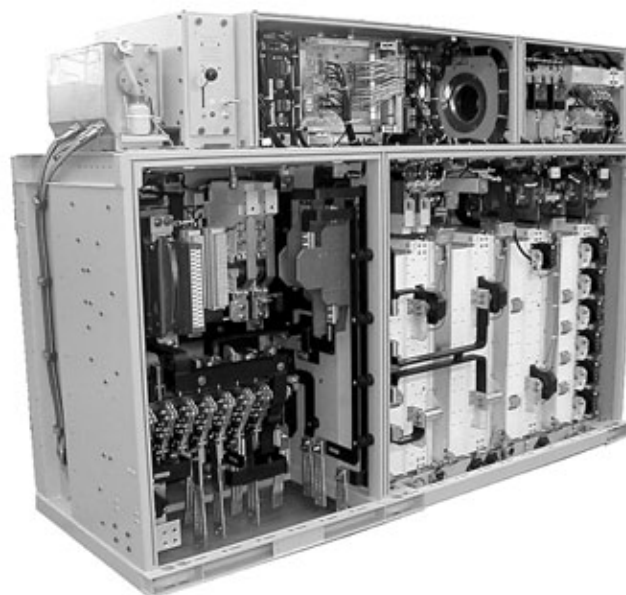


Рис. 2. Общий вид тягового преобразователя MITRAC TC3300



Рис. 3. Силовой модуль преобразователя

но внутри преобразователей. Это позволяет существенно упростить кабельную разводку в электровозе и систему диагностики электрооборудования. Входные шины преобразователя с помощью кабелей соединены непосредственно с выводами вторичных обмоток тягового трансформатора или блока сетевых дросселей, выходные шины — с тяговыми двигателями. Отдельные выводы предусмотрены для подключения цепей тормозных реостатов и, при необходимости, дополнительного реакторного оборудования.

В целом масса преобразователя серии MITRAC TC3300 в базовом варианте составляет 2500 кг. Его га-

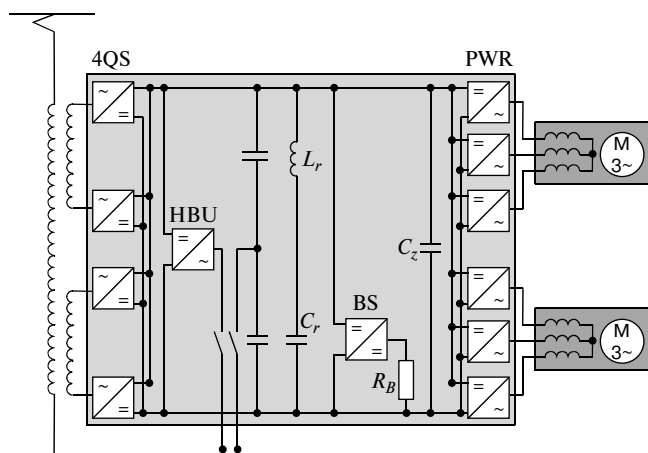


Рис. 4. Упрощенная схема тягового преобразователя MITRAC TC3300 при работе от тяговой сети переменного тока

баритные размеры: длина 2800 мм, ширина 1050 мм, высота 1980 мм.

Как видно из схемы рис. 4, при работе от тяговой сети переменного тока использована классическая схема преобразователя асинхронного тягового привода с широтно-импульсной модуляцией в сетевой части 4QS, промежуточным звеном постоянного напряжения и инверторами PWR. Для линий, электрифицированных на постоянном токе, в зависимости от требований заказчика по набору систем тягового электроснабжения, мощности, особенностей конструкции тяговых двигателей и других факторов могут быть реализованы три типовых решения:

- с прямым подключением инверторов к тяговой сети через входной фильтр;
- с входным понижающим импульсным регулятором;
- с входным повышающим импульсным регулятором.

Во всех трех вариантах используют наиболее простую «двухуровневую» схему инверторов, так как IGBT-транзисторы 65-го класса позволяют работать с достаточным запасом при напряжении в промежуточном звене до 4200 В.

Компания Bombardier Transportation имеет обширный опыт в реализации как индивидуального, так и группового питания тяговых двигателей электровозов. Анализ этого опыта показывает, что в конечном счете главным фактором при выборе того или иного технического решения всегда было достижение минимальной стоимости тяговых преобразователей при условии обеспечения требуемой мощности.

Как видно из схемы на рис. 4, в преобразователе серии MITRAC TC3300 фактически могут быть реализованы оба варианта. Тем не менее, с учетом параметров существующих высоковольтных IGBT-транзисторов можно отметить, что индивидуальное питание тяговых двигателей по сравнению с групповым имеет ряд технических преимуществ. Это прежде всего:

- наиболее полное использование мощности силовых полупроводниковых приборов в схемах инверто-

ров (при параллельном соединении приборов суммарная предельная выходная мощность инверторов всегда меньше на 10 – 20 %);

- более полное использование мощности тяговых двигателей, балансирование их температурных режимов независимо от разброса диаметров бандажей колесных пар в тележке и оптимизация производительности системы вентиляции за счет индивидуального регулирования силы тяги и электрического торможения каждой оси локомотива;

- повышение степени резервирования при электрических или тепловых повреждениях тяговых двигателей, инверторов, соответствующей части соединительных кабелей и системы управления преобразователем;

- снижение при прочих равных условиях уровня генерируемых гармоник сетевого тока и кратное повышение эквивалентной частоты тактирования инверторной группы преобразователя по отношению к общему звену постоянного тока за счет увеличения числа независимо работающих инверторов.

Усложнение системы управления тяговым преобразователем при индивидуальном питании тяговых двигателей в современных модульных блоках является чисто формальным и требует установки одной дополнительной печатной платы с контроллером.

Снижение уровня потерь

Одним из существенных преимуществ использования IGBT-транзисторов является заметное снижение уровня потерь электроэнергии в тяговых преобразователях и, соответственно, повышение КПД электровоза в целом. Если рассматривать один преобразователь, питающий два тяговых двигателя в номинальном режиме с мощностью на валах по 1200 кВт, то при номинальном напряжении в контактной сети 25 кВ и напряжении в промежуточном звене 2800 В уровни потерь электроэнергии с учетом используемых типовых алгоритмов тактирования в сетевой части и инверторах можно оценить следующим образом:

- в сетевой части 31,4 кВт;
- в звене постоянного тока 4,7 кВт;
- в инверторах 12,9 кВт;
- в шинах и кабелях ориентировочно 4 кВт;
- в преобразователе в целом 53 кВт.

Указанные потери в инверторах соответствуют алгоритму трехкратного синхронного тактирования, который используется в области номинального режима работы тяговых двигателей. Он позволяет улучшить спектральный состав фазного тока двигателей и уменьшить потери от высших гармоник на 8 – 10 кВт (в расчете на два тяговых двигателя).

При прямом питании инверторов от тяговой сети постоянного тока и номинальном напряжении на

токоприемнике 3000 В потери в инверторах также будут порядка 13 кВт.

С учетом приведенных величин потерь в основных компонентах КПД преобразователя в целом в номинальном режиме составляет:

- при питании от сети тягового электроснабжения переменного тока 25 кВ, 50 Гц — 98 %;
- при прямом питании инверторов от сети тягового электроснабжения постоянного тока напряжением 3000 В — 99,3 %.

В диапазоне скорости от нуля до номинальной (по тяговым двигателям) при максимальной силе тяги потери в преобразователе изменяются следующим образом:

- в сетевой части и звене постоянного напряжения линейно растут от 5 до 36 кВт;
- в инверторах колеблются в диапазоне от 15 до 21 кВт в зависимости от алгоритма тактирования, используемого при той или иной частоте тока двигателей.

В диапазоне скорости от номинальной до максимальной при реализации характеристики постоянства мощности потери изменяются следующим образом:

- в сетевой части и звене постоянного напряжения остаются примерно постоянными на уровне 36 кВт;
- в инверторах существенно изменяются в диапазоне от 11 до 13 кВт.

В целом, по сравнению с тяговыми преобразователями на ГТО-тиристорах суммарные потери электроэнергии в основных компонентах преобразователей серии MITRAC TC3300 уменьшились при питании от сети тягового электроснабжения переменного тока примерно в 2 раза, а при прямом питании инверторов от сети тягового электроснабжения постоянного тока напряжением 3000 В — в 3 раза. За счет этого КПД электровоза в области номинальных нагрузок по силе тяги и мощности в среднем становится выше:

- на 1,5 % при питании от сети тягового электроснабжения переменного тока;
- на 1,2 % при питании от сети тягового электроснабжения постоянного тока.

Благодаря существенному уменьшению потерь, не зависящих от нагрузки, увеличение КПД электровоза в области частичных нагрузок будет еще более значительным.

Система охлаждения

Контур водяного охлаждения преобразователя серии MITRAC TC3300 выполнен достаточно простым. Для обеспечения возможности выемки каждого из силовых модулей с целью проведения профилактических и ремонтных работ предусмотрены четыре пары самозапирающихся разъемных соединений. Несколько фланцевых стационарных соединений использованы в местах сопряжения системы трубо-

проводов с мотор-насосом и расширительным баком, а также на выходе из преобразователя для подключения башни охлаждения.

Суммарный объем охлаждающей жидкости в преобразователе вместе с типовой башней охлаждения составляет около 100 л. Для работы при отрицательных температурах окружающего воздуха в воду добавляют необходимое количество гликоля.

Интенсивность потока охлаждающей жидкости для каждого из четырех модулей составляет 90 л/мин. Это рассчитано на гарантированный отвод потерь от наиболее нагруженного силового модуля. Регулирование производительности мотор-насоса контура водяного охлаждения не предусмотрено. В то же время в системе управления электровоза осуществляется регулирование производительности мотор-вентиляторов башен охлаждения в зависимости от фактической температуры охлаждающей жидкости.

Максимальная производительность башен охлаждения обеспечивается при работе мотор-вентиляторов с частотой тока 60 Гц. При этом интенсивность потока охлаждающего воздуха в башне составляет около 60 м³/мин. Регулирование производительности вентиляции осуществляется по критерию поддержания температуры охлаждающей жидкости на входе в преобразователь не выше 60 °С.

Следует отметить, что для создания избыточного давления в вентилируемом оборудовании электровоза в движении минимальная частота тока мотор-вентиляторов задается на уровне 30 Гц. Как показали испытания электровозов Re484, такой производительности мотор-вентиляторов достаточно, чтобы в реальных условиях эксплуатации на наиболее тяжелых участках поддерживать температуру охлаждающей жидкости на входе преобразователя в допустимых пределах при температуре окружающего воздуха до +35 °С. Это говорит о том, что перевод мотор-вентиляторов на производительность, близкую к номинальной, необходим только тогда, когда температура окружающего воздуха приближается к диапазону +35...+50 °С.

Такой эффект характерен и для электровозов с преобразователями на базе ГТО-тиристоров. Однако существенно меньшие потери энергии в преобразователях на базе IGBT-транзисторов и возможность регулирования производительности мотор-вентиляторов в реальных условиях эксплуатации дают дополнительные резервы экономии.

Перспективы использования преобразователя MITRAC TC3300

В целом конструкция преобразователя серии TC3300 имеет существенно меньший объем комплектующих по сравнению с предыдущими поколениями

преобразователей, что повышает надежность, упрощает производство и ремонт. Важной ключевой особенностью этой разработки является возможность модификации базовой конструкции для электровозов с любым сочетанием питающих систем тягового электроснабжения, а также для односистемных локомотивов постоянного и переменного тока. Для этого фактически необходим лишь соответствующий подбор силовых модулей необходимой конфигурации и линейных контакторов. В базовую конструкцию легко и оперативно могут быть внесены и другие изменения для реализации «нетиповых» заказов.

В 2004 г. специалисты компании исследовали возможности производства преобразователей серии MITRAC TC3300 в России с соответствующей конструктивной и технологической адаптацией для применения на российских электровозах нового поколения.

Анализ технической документации на отработанные в России компоненты и технологических возможностей ряда предприятий показал, что такой проект может быть реализован в достаточно сжатые сроки. Проверены возможности использования многих комплектующих, уже отработанных российской промышленностью, и размещения заказов на изготовление специфичных компонентов с предоставлением необходимой документации.

В ходе работы были предприняты и некоторые практические шаги в отношении оценки качества наиболее важных компонентов. В частности, в течение нескольких месяцев компания Bombardier Transportation проводила в Швейцарии ресурсные испытания силовых конденсаторов производства компании «Элкод» из Санкт-Петербурга. Эти испытания прошли успешно, и опытная партия конденсаторов полностью подтвердила соответствие требованиям.

По результатам оценки специалистами компании разработан проект бизнес-плана освоения про-

изводства адаптированных преобразователей серии MITRAC TC3300 в России. Выпуск опытной партии преобразователей практически возможен через 18 мес после начала работ с учетом предварительного изготовления и испытаний макетного образца, имеющего базовый набор российских комплектующих. Через 2 — 3 года серийного производства при минимальном техническом и коммерческом риске возможен переход к закупкам вне России только IGBT-транзисторов с драйверами и ключевых элементов микропроцессорной системы управления.

Компания Bombardier Transportation имеет успешный опыт передачи технологий производства оборудования электровозов, включая тяговые преобразователи и системы управления. Примером может служить освоение серийного производства индийскими железными дорогами электровозов серий WAG9 и WAP5 на заводе в г. Читаранджан. С 1999 по 2001 г. сборка этих электровозов производилась с использованием компонентов, поставленных из Западной Европы, а в 2002 г. производство практически всех компонентов, включая систему управления, было освоено индийскими предприятиями. С учетом этого опыта железные дороги Индии приняли решение о наращивании в ближайшие годы производства электровозов с асинхронными тяговыми двигателями.

В настоящее время производство модификации преобразователя серии MITRAC TC3300 для высокоскоростных двухсистемных поездов осваивается в Испании.

Bombardier Transportation представляет новейшее семейство тяговых преобразователей высокой мощности MITRAC TC3300 как основной перспективный продукт, который составит основу бизнеса компании в области производства магистральных электровозов нового поколения на ближайшие 7 — 10 лет.

Вам нужна

эффективная
реклама?

Звоните в редакцию журнала «Железные дороги мира»,

МЫ ПОМОЖЕМ ВАМ.

Телефон: (095) 317-55-65. E-mail: zdm@css-rzd.ru