



## Тяговый электропривод отечественных электропоездов: состояние и перспективы развития

Г.Г.Гомола, О.Н.Назаров, Б.И.Хомяков

В настоящее время МПС России располагает парком пригородных электропоездов, содержащим около 14,5 тыс. вагонов, из них - 73,6% постоянного тока и 26,4% переменного. Свыше 37% электропоездов эксплуатируется с просроченным сроком службы (28 лет): более 32% постоянного тока и 50% переменного тока. В последние годы созданы и эксплуатируются электропоезда постоянного и переменного тока местного сообщения. Продолжается эксплуатация двух скоростных электропоездов постоянного тока ЭР200. Построен и проходит комплексные испытания опытный скоростной 6-вагонный двухсистемный электропоезд «Сокол» на 250 км/ч. Создается электропоезд городского сообщения для Малого кольца Московской железной дороги.

В рамках принятой в начале 90-х годов Правительством РФ «Государственной Программы развития и повышения качества пригородных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте» были предприняты срочные меры по организации и наращиванию выпуска предприятиями России вагонов электропоездов и комплектующего оборудования, изыскания возможностей для более рационального использования моторвагонного подвижного состава, модернизации и поддержания его работоспособности.

Предусмотрена поэтапная реализация комплекса мер:

- увеличение закупок новых более производительных электропоездов;
- поддержание численности эксплуатируемого парка в переходный период развития мощностей заводов по изготовлению новых электропоездов;

— повышение тягово-энергетических показателей эксплуатируемого парка электропоездов, имеющего возраст не более 15 лет;

— уменьшение эксплуатационных расходов за счет увеличения межремонтных сроков по обслуживанию электропоездов и внедрения рациональных схем размещения, специализации и кооперации ремонтных предприятий по дорогам.

В практике разработки и эксплуатации электропоездов принято их условное разделение по типу тягового электропривода на четыре поколения. К первому поколению относят электропоезда со ступенчатым контакторным регулированием напряжения на коллекторных тяговых двигателях (КТД). Второе поколение характеризуют применением плавного тиристорного регулирования на КТД. К третьему и четвертому поколениям относят электропоезда с асинхронными тяговыми двигателями (АТД).

Основными факторами, влияющими на выбор той или иной системы тягового привода, являются:

- надежность;
- первоначальная стоимость изготовления;
- эксплуатационные расходы, включающие затраты на обслуживание и ремонт (плановый и неплановый) и оплату электроэнергии на тягу поездов.

Составляющими подсчитанной за срок службы серийного электропоезда ЭД4М стоимости жизненного цикла являются, %:

- цена электропоезда — 27,5;
- затраты на обслуживание и ремонт — 22,5;
- оплата электроэнергии — 39,3;
- затраты цеха эксплуатации депо — 10,5;
- капитальные вложения депо — 0,2.



Опыт работы электропоездов постоянного тока серий ЭР1, ЭР2 показывает, что примерно половина удельного числа отказов в эксплуатации приходится на электрооборудование. Число отказов в первые десять лет эксплуатации сохраняется примерно на одном уровне (5-7 отказов/млн.км), возрастая к 25-30 годам эксплуатации до 30 — 32 отказов/млн, км.

По конструкции, параметрам и свойствам электропоезда последних лет выпуска серий ЭР2Т, ЭР9Т производства АО «Рижский вагоностроительный завод» (АО «РВЗ»), а также изготовленные в последние годы на предприятиях России электропоезда серий ЭД2Т, ЭТ2, ЭТ2Л, ЭД9Т, ЭД4, ЭД4М и ЭД4МК являются электропоездами первого поколения, неэкономичны и требуют больших эксплуатационных затрат. Несмотря на принятые в последние десятилетия заводами промышленности усовершенствования, отечественные электропоезда по своему техническому уровню отстают от зарубежных и не отвечают требованиям эксплуатации, в частности, по следующим качествам: наличию контактного ступенчатого регулирования напряжения на КТД и значительному расходу электроэнергии на тягу.

Отечественные электропоезда второго поколения ЭР29 (переменного тока) и ЭР30 (постоянного тока) не были освоены. Приемочные тягово-энергетические и двухлетние эксплуатационные испытания электропоезда ЭР29 с пассажирами на Юго-Западной железной дороге подтвердили преимущества и экономичность новых систем. Было принято решение о выпуске в 1992 г. партии электропоездов ЭР29М, однако оно не было реализовано в связи с распадом СССР и потерей единственного в стране предприятия по производству электропоездов — АО «РВЗ».

В 1995 г. ОАО «ВЭлНИИ» были начаты работы по освоению электропоездов переменного тока ЭН1 по схеме, аналогичной

электропоезду ЭР29. В 1995 г. был разработан технический проект электропоезда, однако работы были прекращены в связи с принятым МПС РФ решением форсированно осваивать электропоезда переменного тока с асинхронным тяговым приводом.

Опытный пятивагонный электропоезд переменного тока ЭН3 третьего поколения с асинхронным тяговым приводом изготовлен ОАО «НПО НЭВЗ» в декабре 1999 г. Работам по созданию электропоезда предшествовал большой объем научно-исследовательских работ на секции электропоезда ЭР7к, оборудованной макетом тягового асинхронного электропривода. Исследования позволили отработать и проверить основные режимы и параметры оборудования привода: тиристорных преобразователей, системы автоматического управления и защит.

С 1994 г. работы по созданию пригородного электропоезда постоянного тока ЭТ2А третьего поколения с АТД проводятся РОАО «Высокоскоростные магистрали» (РАО «ВСМ»). Комплект силового электрооборудования электропоезда также ориентирован на отечественную элементную базу. Опытный сцеп из четырех вагонов электропоезда изготовлен ОАО «ТВЗ» в октябре 1999 г. и готовится к проведению приемочных испытаний.

Работы по созданию электропоезда постоянного тока ЭД6 четвертого поколения с асинхронным тяговым приводом ведется ОАО «ДМЗ» и РАО «ВСМ». По состоянию на начало 2002 г. разработаны технический проект тягового преобразователя и преобразователя собственных нужд, силовые схемы моторного вагона с преобразователем фирмы «Хитачи», выполнены тяговые расчеты электропоезда, выполнен опытней пробег 5000 км. В настоящее время электропоезд проходит комплексные приемочные испытания.

Разработка электропоезда переменного тока серии ЭН5 находится в начальной



стадии. На этом электропоезде, также как и на электропоезде постоянного тока серии ЭД6, предполагается использовать силовые преобразователи с силовыми транзисторами IGBT фирмы «Хитачи».

Отработанные на электропоездах ЭНЗ, ЭТ2А, ЭД6 и ЭНЗ технические решения намечается использовать при создании на их базе перспективных электропоездов местного сообщения с конструкционной скоростью 160 км/ч.

Поддержание эксплуатируемого парка пригородных электропоездов в работоспособном состоянии осуществляется проведением капитальных ремонтов с продлением срока службы (КРП). МПС утвержден перечень обязательных работ при проведении КРП. Существующая программа КРП предусматривает главным образом повышение надежности экипажной части электропоездов и улучшение комфорта пассажиров. Предусматривается дальнейшее совершенствование и углубление объема КРП с модернизацией и применением энергосберегающих технологий. Модернизация электропоездов постоянного тока может проводиться с использованием одного из вариантов:

- с новыми КТД с номинальным напряжением 1500В;
- с использованием тиристорных импульсных преобразователей для существующих КТД на 750В.

Решение должно быть принято после проведения всего комплекса работ на основании технико-экономического сравнения вариантов. Модернизация электропоездов переменного тока должна проводиться с использованием тиристорных выпрямительно-инверторных преобразователей, обеспечивающих плавное регулирование напряжения КТД в режимах тяги и рекуперативного торможения. Указанные технические решения должны быть внедрены в короткие сроки на серийно выпускаемых электропоездах для повышения их экономичности до серийного производства электропоездов нового поколения.

Как уже отмечалось, парк электропоездов постоянного тока составляет около 75% общего количества эксплуатируемых электропоездов, поэтому создание комплекта электрооборудования на современной элементной базе для электропоездов постоянного тока является наиболее актуальной задачей.

Работы по созданию отечественных пригородных электропоездов третьего поколения были начаты еще в 70-х годах ВНИИЭМ, затем продолжены МГУ ПС совместно с АО «РЭЗ» в середине 80-х и активизировались в последние годы.

Проводимые и намечаемые работы по созданию новых электропоездов можно разделить на два направления:

- с использованием силовых преобразователей на отечественной элементной базе (электропоезда переменного тока серии ЭНЗ и электропоезда постоянного тока серии ЭТ2А);
- с использованием силовых преобразователей на зарубежной элементной базе (электропоезда постоянного тока серии ЭД6 и электропоезда переменного тока серии ЭН5).

Концепция нового поколения пригородных электропоездов должна базироваться на использовании асинхронных тяговых двигателей (АТД) и микропроцессорных систем автоматического управления и диагностики.

Использование этих технических решений существенно повысит производительность новых электропоездов и позволит обеспечить:

- улучшение качества пассажирских перевозок;
- повышение безопасности движения;
- снижение эксплуатационных расходов, в том числе за счет уменьшения расхода электроэнергии, увеличения межремонтных пробегов, снижения трудоемкости обслуживания и ремонта, использования различной составности поездов, разного соотношения моторных и прицепных вагонов в составе поезда, возможности



их секционирования в зависимости от пассажиропотока и условий движения.

Применение новых электропоездов позволит поднять техническую и маршрутную скорость движения и среднесуточный пробег, уменьшить по сравнению с серийными электропоездами на 20-25% расход электроэнергии, сократить число поездов, находящихся в плановом и неплановом ремонтах.

Во исполнение Указания МПС разработан типаж перспективного подвижного состава, в том числе электропоездов. В основу типажа (см. таблицу) положен принцип специализации электропоездов по видам пассажирских сообщений для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик и необходимого уровня комфорта пассажиров в зависимости от длительности поездки и различных климатических зон. Разработаны технические требования к электропоездам различного назначения (городского, пригородного и местного сообщения, скоростного движения). Должна быть обеспечена максимальная унификация оборудования различных типов электропоездов.

Для всех типов электропоездов АТД с самовентиляцией должны выбираться из унифицированного ряда (часовая мощность 350, 400, 450 и 500 кВт). На электропоездах постоянного тока используется прямое подключение к тяговой сети инвертора напряжения на транзисторах IGBT. На электропоездах переменного тока используется 4-квadrантный выпрямительно-инверторный преобразователь. Двухсистемные электропоезда оборудуются комбинированным преобразователем с автоматическим определением рода тока в тяговой сети. Должна быть обеспечена максимальная унификация электрических аппаратов, транзисторных блоков, микропроцессорных систем управления, контроля и диагностики. В системе собственных нужд и обеспечении комфорта должны использоваться

асинхронные двигатели. Разработаны технические требования к типовому ряду высоковольтных статических преобразователей для электропоездов и пассажирских вагонов различного класса по комфорту пассажиров.

Должна быть обеспечена также блочно-модульная конструкция тяговых и вспомогательных преобразователей с расположением оборудования в подвагонных ящиках, предусматривающая естественное или воздушное охлаждение.

Типаж электропоездов предусматривает замену выработавших свой срок службы электропоездов, в основном, электропоездов постоянного тока ЭР1, ЭР2 и электропоездов переменного тока ЭР9 всех модификаций с длиной кузова вагона 19,6 м. Предполагается, что серийное изготовление пригородных электропоездов ЭД4, ЭД4М, ЭД9Т будет продолжено при условии корректировки требований по межремонтным пробегам и применения энергосберегающих решений.

Типажом предусматривается создание электропоездов для пригородного и местного сообщения (в том числе скоростного). Целесообразно рассмотреть варианты дополнений к типуажу, включив в него электропоезда местного сообщения с двухэтажными вагонами и для городских железных дорог, реализация которых уже намечена в Москве.

Электропоезда для местного сообщения создаются после отработки технических решений на электропоездах ЭД6 и ЭН3 с учетом разработок систем жизнеобеспечения на электропоездах ЭД4МК, ЭД9МК, ЭТ2Л и должны обеспечить повышение комфорта проезда пассажиров, сокращение времени нахождения их в пути, увеличение провозной способности.

Электропоезд «Сокол» на два рода тока и скоростью 250 км/ч создается на базе разработок ЦКБ МТ «Рубин». Применена новая экипажная часть разработки АООТ «Завод



Трансмаш», асинхронный тяговый привод в режимах тяги и рекуперации, микропроцессорные системы управления и диагностики.

Тип электропоезда для местного сообщения должен быть определен по результатам НИР и ТЭО.

Таблица

**ЭЛЕКТРОПОЕЗДА. Основные типы и их технико-экономические характеристики**

Технико-экономические характеристики	Пригородного сообщения						Местного сообщения	
	ЭД4, ЭД4М	ЭД9Т	ЭД4М-1500	ЭД9М	ЭД6	ЭНЗ, ЭДЗ	«Сокол» для спец. магистрали	ЭМ для действующих линий
Производители	АО «ДМЗ», АО «НПО НЭВЗ»	АО «ДМЗ», АО «Электросила»	АО «ДМЗ», АО «Электросила»	АО «ДМЗ», АО «Электросила»	АО «ДМЗ», Hitachi и СП России	АО «НПО НЭВЗ», АО «ДМЗ»	АООТ «3-д Трансмаш» и СП России	АООТ «3-д Трансмаш», АО «ДМЗ»
Срок создания опытного образца	-	-	2001 г.	2001 г.	2000 г.	2000 г.	2000 г.	2002 г.
Инструкционная скорость, км/ч	130	130	130	130	130	130	300	200
Максимальная скорость в эксплуатации, км/ч	120	120	120	120	120	120	250	150
Мод ток и напряжение на токоприемнике	постоянный 3 кВ	переменный 25 кВ, 50 Гц	постоянный 3 кВ	переменный 25 кВ, 50 Гц	постоянный 3 кВ	переменный 25 кВ, 50 Гц	постоянный 3 кВ и переменный 25 кВ, 50 Гц	постоянный 3 кВ или переменный 25 кВ, 50 Гц
Основная составность	2Г+5М+3П	2Г+5М+3П	2ММ+3П	2Г+5М+3П	2Г+4М-ь4П!	2Г+4М+3П <sup>1</sup>	2Г-*4М-МТр+2П	определяется условиями движения
Иличество мест для сидения в поезде	1088	1068	1088	1068	1204	944	832	опр. условиями комфорта и основной составностью
Масса тары поезда основной составной <sup>TM</sup> , т	500,3	511,0	500,3	511,0	494,6	452,7	616,8	определяется основной составностью
Система регулирования напряжения	Контакторная ступенчатая	Контакторная ступенчатая	Контакторная ступенчатая	Плавная тиристорная	Плавная тиристорная с АТД микропроцессорной системой управления			
Торможение электрическое	Рекуперативно-реостатное	Реостатное	Рекуперативно-реостатное	Рекуперативное	Рекуперативно-реостатное	Рекуперативное	Рекуперативно-реостатное	Рекуперативно-реостатное
Мощность продолжительного режима, кВт	3995	3740	3995	3740	4760	4570	10800	определяется основной составностью
Среднее ускорение до 60 км/ч, м/с <sup>2</sup>	0,65	0,70	0,70	0,75	0,82	0,83	0,45	0,45
Удельный расход электроэнергии на движение в сред-неэксплуатационном режиме, Эт.ч/т.км, не более	27,0	21,0	21,5	16,8	19,5	18,3	50,0	определяется основной составностью