

Повышение эффективности тягового электроснабжения постоянного тока при введении тяжеловесного и скоростного движения поездов

На существующих электрифицированных направлениях система электроснабжения постоянного тока напряжением 3,0 кВ вносит ограничения пропускной способности, связанные с уменьшением напряжения на токоприёмнике электровоза ниже нормального эксплуатационного значения 2700 В в грузовом и 2900 В в скоростном движении поездов.

***Проблеме** повышения эффективности тягового электроснабжения касаются в своем материале профессор УрГУПС директор ООО НПП «Электромаш» доктор технических наук действительный член Академии электротехнических наук АЭН РФ Заслуженный работник транспорта РФ **Борис Алексеевич Аржанников** и профессор ПГУПС доктор технических наук действительный член Академии транспорта РФ Заслуженный деятель науки и техники РФ **Анатолий Трофимович Бурков**.*

Известны многие варианты усиления системы электроснабжения постоянного тока, среди которых такой дорогостоящий метод, как строительство промежуточных тяговых подстанций. Он был применен для организации скоростного движения на направлении Москва – Санкт-Петербург. В дополнение к действовавшим 35 подстанциям соорудили ещё 14, доведя среднее расстояние между подстанциями до 12,93 километра.

Главным управлением электрификации и электроснабжения (ЦЭ) МПС в 1960-х годах было принято решение о повышении напряжения на тяговых подстанциях с его автоматическим регулированием в диапазоне от 3500 до 3800 В без строительства дополнительных подстанций.

На тяговых подстанциях направления Екатеринбург – Пермь – Чепца с горным тяжелым профилем и со средней длиной межподстанционных зон 15,06 километра были установлены устройства бесконтактного автоматического регулирования напряжения (БАРН) – преобразовательные трансформаторы ТРДП-16000/10, реакторы РТДП -6300/10 и шкафы автоматического управления ШАУН-5. С 2010 года на этом направлении пропускаются тяжеловесные поезда в пакете 6300 тонн + 9000 тонн + 6300 тонн с десятиминутным межпоездным интервалом и с повышением напряжения на шинах тяговых подстанций в номинальном режиме с 3300 до 3650 В (допустимый предел 3800 В). Кроме того, согласно решению старшего вице-президента «РЖД» В.А. Гапановича рассматривается применение системы БАРН по повышению приёма энергии рекуперации в условиях регулирования напряже-

ния в режиме рекуперации с автоматическим понижением напряжения и в режиме тяги с автоматическим повышением напряжения. Другими словами, предусматривается максимальное использование возможностей БАРН в зависимости от поездной обстановки. На Свердловской дороге на 43 тяговых подстанциях более чем сорокалетний опыт работы этой системы показал её надёжную работу.

При скоростном (200 - 250 км/ч) и высокоскоростном (300 км/ч и выше) движении мощность, реализуемая тяговыми двигателями поезда, практически равна мощности, реализуемой электровозами тяжеловесного поезда.

В 2009 году поезд «Сапсан» установил на участке Окуловка – Мстинский мост направления Москва – Санкт-Петербург рекорд скорости российских железных дорог – 281 километр в час. Это позволило сделать вывод: реализация скоростей до 250 километров в час при системе электротяги постоянного тока 3,0 кВ возможна.

При скоростях 300 км/ч и выше значительно повышаются тяговые нагрузки в проводах контактной сети, поэтому считается, что для высокоскоростного движения необходимо применение переменного тока.

Однако опыт использования системы электроснабжения переменного тока (25 кВ, 50 Гц) на 24,49 тысячи километров эксплуатационной длины (57% полигона электрифицированных железных дорог РФ) показал: тяга на переменном токе породила новые проблемы, которые не решены окончательно до сих пор. Ее основные недостатки четко определил профессор МГУПС Р.Р. Мамошин:

- несимметричность (однофазной или двухфазной) нагрузки, подключаемой к симметричной системе внешнего питающего электроснабжения, ведёт к ухудшению качества электрической энергии и увеличению потерь в питающей сети и силовых трансформаторах подстанций на 25-100%;

- мощности силовых трансформаторов тяговых подстанций используются на 68%;

- плохо используются мощности подстанций, так как питание тяговой нагрузки производится только от двух подстанций, что ведёт к завышению их установленной мощности на 15-20 %;

- неодинаковы углы сдвига между векторами токов и напряжений фаз трансформаторов, что вызывает повышенные потери напряжения на этих фазах и тяговой сети.

Кроме указанных недостатков проблемными остаются вопросы обеспечение электромагнитной совместимости и соблюдение экологических требований в границах мегаполисов и ближайших пригородов.

С развитием силовой управляемой полупроводниковой техники остаётся актуальным поиск решений дальнейшего повышения уровня напряжения в электротяговой сети системы постоянного тока до 12, 18, 24 кВ.

На необходимость повышения напряжения в контактной сети постоянного тока указывалось ещё в 1931 году. Проведённые расчёты показали, что потери напряжения в тяговой сети переменного тока 20 кВ соответствуют системе постоянного тока напряжением 6 кВ

В 1960–е годы в Закавказье была предпринята неудачная попытка создания системы электрической тяги постоянного тока 6 кВ. Применение на электровозах инвенторных преобразователей напряжения постоянного тока 6 кВ в 3 кВ продемонстрировало их эксплуатационную ненадежность.

В 1970 году в Уральском электромеханическом институте инженеров железнодорожного транспорта были проведены расчёты по электрификации дорог на постоянном токе повышенного напряжения 12 кВ. Оказалось, система переменного тока 25 кВ по потерям электроэнергии, напряжению и экономическим расстояниям между подстанциями соответствует системе постоянного тока напряжением 11-16 кВ.

На втором международном конгрессе железнодорожного транспорта (Турин, октябрь 1973 г.) поднимался вопрос о возможности и осуществимости новой системы электрической тяги постоянного тока напряжением 6 кВ.

Дальнейшие разработки системы электрической тяги постоянного тока с высоким напряжением в электротяговой сети были продолжены в 1980-е - 1990-е на Октябрьской магистрали под Ленинградом (12кВ). Однако их пришлось приостановить из-за прекращения финансирования МПС.

Создание оборудования для получения 24 кВ и его изоляция на тяговых подстанциях не вызывают особых затруднений. Сложность заключается в разработке преобразовательного модуля постоянно-постоянного тока 24/3 кВ для электроподвижного состава постоянного тока в качестве входного преобразователя.

Схема преобразователя модуля 24/3 кВ для системы тягового электро-снабжения постоянного тока повышенного напряжения (*предложенная одним из авторов статьи профессором А.Т. Бурковым - прим. редакции*) предусматривает выполнение на основе блочно-модульного принципа.

Другой вариант такого преобразователя напряжения предложен ОКБ Автоматика. Он состоит из десяти одинаковых ячеек, соединённых последовательно по входу (24 кВ) и параллельно по выходу (3 кВ). Каждая ячейка выполняется из двух однофазных мостовых четырёхквadrантных преобразователей (одного на входе, другого на выходе), подключённых к высокочастотному трансформатору.

Создание системы электрической тяги постоянного тока повышенного напряжения 24 кВ, естественно, связано с большими и трудными техническими решениями. Речь *идет* не только о преобразователе, но и о коммутирующей и защитной аппаратуре на тяговых подстанциях и электровозах.

Поэтому на первом этапе, возможно, следует остановиться на системе постоянного тока напряжением 12 кВ. Такое решение подтверждается исследованиями, убеждающими, что эта система по основным показателям не уступает системе переменного тока 25 кВ и даже будет иметь перед ней некоторые преимущества по качеству потребляемой энергии, особенно по коэффициенту мощности. И еще: при переводе существующей системы постоянного тока 3 кВ на 12 кВ при напряжении до 15 кВ не требуется усиливать изоляторы и изолирующие промежутки действующей контактной сети.

Как отмечалось, другой задачей является создание коммутирующих и защитных аппаратов. Для тяговых подстанций постоянного тока 3кВ в «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» разработали и изготовили полупроводниковый быстродействующий выключатель постоянного тока (ПБВ).

Основные технические решения, реализованные в ПБВ, предполагается использовать на напряжение 12 кВ для выключателей тяговых подстанций, постов секционирования, пунктов параллельного соединения контактной сети и для электровозов (напряжением 3 и 12 кВ).

На научно-техническом совете ОАО «РЖД» 15 июня 2011 года были предложены два варианта организации высокоскоростного движения пассажирских поездов на участке Москва – Нижний Новгород – Казань – Екатеринбург. В максимальном варианте предлагается сооружение магистрали на всем протяжении. Суммарный объем инвестиций, который потребуется на это, составит 1,9 триллиона рублей.

В соответствии со вторым, минимальным, вариантом предполагается строительство ВСМ:

- на участке Москва – Нижний Новгород с увеличением максимальной скорости движения до 200 км/ч (65,1 миллиарда рублей);
- на участке Казань – Екатеринбург организация ускоренного движения (14,8 миллиарда рублей).

* * *

В качестве заключения сформулируем два вывода.

Во-первых, появление систем электрической тяги постоянного тока повышенного напряжения 12 кВ знаменует собой новый этап в развитии электротяги скоростного движения с повышенными технико-экономическими показателями.

Во-вторых, движение со скоростями до 200 - 250 километров в час может быть осуществлено при действующей системе электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ, но с автоматическим регулированием напряжения в диапазоне от 3300 до 3800 В, то есть с введением системы БАРН.