

конструктивные решения, и провести простейшие испытания не изготавливая опытный образец, и не используя дорогостоящие испытательные лаборатории.

### *Литература*

1. *Троицкий В. А.* Технические требования и стандарты в процессе международной интеграции систем железнодорожного транспорта // Известия Транссиба. – 2012. – № 4. – С. 99–106.

2. *Беляев И.А.* Устройство и обслуживание контактной сети при высокоскоростном движении. М.: Транспорт, 1989. – 144 с.

3. *Боровикова М.С., Ширяев А.В., Ваганова О.И.* Организация высокоскоростного движения на железных дорогах Российской Федерации. М.: Транспорт, 2003 – 30 с.

4. *Иванов В.А, Галкин А.Г., Ковалев А.А., Кудряшов Е.В.* Разработка контактной сети для ВСМ России /Инновационный транспорт. – 2011. – № 1(1). – С. 16-22

5. *Ефимов А.В., Галкин А.Г., Ковалев А.А.* Контактные сети и линии электропередачи // Руководство к лабораторным работам. Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 27 с.

6. *Галкин А. Г., Ковалев А. А., Микава А. В.* Мониторинг инфраструктурного комплекса системы токосяема в процессе эксплуатации // Инновационный транспорт. – 2012. – № 1 (2). – С. 44–48.

7. Официальный русскоязычный сайт программных продуктов SolidWorks. – Электрон. дан. – URL: <http://www.solidworks.ru> (дата обращения: 11.11.2012).

*Ковалев А.А., Честюнин Е.А.,  
ГОУ ВПО «Уральский государственный  
университет путей сообщения», Екатеринбург*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ**

Электроэнергетика является важнейшей отраслью любой страны, поскольку ее продукция относится к универсальному виду энергии. Ее легко можно передавать на значительные расстояния, делить на большое количество

потребителей. Без электроэнергии невозможно осуществить многие технологические процессы.

Одной из специфических особенностей электроэнергии является то, что ее продукция в отличие от других отраслей промышленности не может храниться на складах для последующего потребления. В каждый момент времени ее производство должно соответствовать ее потреблению.

Транспорт является важнейшим потребителем наиболее качественных видов жидкого топлива, крупным потребителем электроэнергии. Быстрые темпы развития транспорта, несмотря на определенное повышение его энергетической эффективности, увеличивают потребности в наиболее квалифицированных и дорогих энергоносителях – в моторных топливах и электроэнергии. В этой связи весьма актуальной является политика энергосбережения, проводимая на всех видах транспорта, совершенствование структуры транспортных средств в целях обеспечения перевозки грузов и пассажиров при минимальных энергетических затратах [1].

Железнодорожный транспорт, на долю которого приходится примерно 50 % всех перевезенных в стране грузов, ежегодно расходует около 30 млн. т условного топлива, причем 60% всех затрат приходится на долю тепловозов. Экономия лишь 1 т условного топлива обеспечивает перевозку 3000 т грузов примерно на 100 км [1].

Основными направлениями энергосбережения на железнодорожном транспорте являются: дальнейшая электрификация железных дорог; ввод в эксплуатацию новых, более совершенных локомотивов; применения вагонов повышенной грузоподъемности; совершенствование планирования перевозок; осуществление комплекса мероприятий по снижению потерь электроэнергии на тяговых подстанциях, реактивной мощности в системе электротяги и стационарных потребителей; замещение нефтяного моторного топлива сжиженным природным газом [1].

Электроснабжение железных дорог России осуществляется с помощью двух систем тока: постоянного и однофазного переменного.

К основным параметрам, которые характеризуют систему электроснабжения можно отнести: мощность тяговых подстанций, расстояние между ними и площадь сечения контактной подвески.

В нашей стране с 1950-х годов по системе переменного тока 27,5 кВ, 50 Гц электрифицировано около 24 тысяч километров дорог. Подтверждены неоспоримые преимущества перед системой электрификации на постоянном

токе 3 кВ. Однако опыт эксплуатации выявил и ряд недостатков, к числу которых в основном относятся следующие [2]:

1) Несимметричность присоединения тяговых нагрузок к симметричным сетям внешнего электроснабжения через трансформаторы тяговых подстанций (ТП). Это вызывает появление токов и напряжений обратной последовательности, ухудшающих качество электрической энергии и повышающих ее потери в питающей сети и трансформаторах ТП на 25–100% в зависимости от соотношения токов плеч.

2) Неполно используются мощности трансформаторов ТП (всего на 68% от их номинальных значений).

3) Вынужденно применяются схемы неодинакового присоединения подстанций к фазам сетей внешнего (питающего) напряжения – так называемой схемы «винта», направленной на симметрирование нагрузок тяги в этих сетях. Эта схема малоэффективна и вынуждает сооружать на каждой ТП нейтральные вставки.

4) Питание всех ТП от сетей 220 или 110 кВ вызывает необходимость выдерживания между смежными подстанциями расстояния в 45–55 километров и по условиям защиты вынуждает сооружать в контактной сети посередине каждой межподстанционной зоны посты секционирования.

5) Выход каждой тяговой подстанции в сети напряжением 220 или 110 кВ заставляет сооружать протяженные сети на этих напряжениях за счет железных дорог, а на самих тяговых подстанциях устанавливать по 2-3 дорогих высоковольтных трансформатора мощностью 25–40 МВА каждый (с большими потерями мощности в стали и меди).

6) На каждой тяговой подстанции необходимо организовывать коммерческий учет энергии, что само по себе затратно.

Электрический подвижной состав обеспечивают тяговыми двигателями постоянного тока, так как предлагаемые модели двигателей переменного тока не отвечают предъявляемым требованиям по мощности и надежности. Поэтому железнодорожные линии снабжают системой однофазного переменного тока, а на локомотивах устанавливают специальное оборудование, преобразующее переменный ток в постоянный.

Анализируя полученные недостатки было разработано решение по их устранению на существующих участках железных дорог, не прибегая к большим экономическим затратам.

Эта работа была предложена МИИТом и выполняется им как головным исполнителем совместно с ВНИИЖТом и Росэнерготрансом для обеспечения

максимальных симметрирующих свойств не всех ТП «винта», а на каждой ТП на существующих дорогах переменного тока 27,5 кВ, 50 Гц. Было предложено, обеспечить формирование напряжений плеч питания на подстанциях, сдвинутых относительно друг друга на 90 градусов. Такой сдвиг можно обеспечить с помощью трансформаторных приставок (ТПР). Их схемы могут быть различными [3].

Исследования показали, что экономически наиболее целесообразными являются ТПР, которые первичными обмотками, соединенными по схеме открытого треугольника, подключаются к тяговой обмотке трансформатора ТП, а вторичными, соединенными по схеме неполной звезды, включаются в расщелки выводов трансформатора ТП к шинам 27,5 кВ ТП [3].

При равной нагрузке плеч питания ТП как автономный потребитель распределяет двухплечевую нагрузку симметрично по всем фазам. При оснащении всех ТП такими ТПР нет никакой нужды сами ТП подключать к сетям внешнего электроснабжения с чередованием фаз. При этом используемая мощность трансформаторов ТП увеличивается на 32 %, угол между напряжением и током отстающей фазы снижается с 56–57 до 36–37 градусов, что при токах плеч около 1000 А увеличивает напряжение на плече отстающей фазы на 2700–3000 В. Потери мощности в меди трансформатора снижаются на 25–100%. Включение ТПР в расщелку плеч питания обеспечивает снижение уравнивающих токов. Мощность одной ТПР составляет 6 МВА. Возвращаемая мощность основного трансформатора при его номинальной мощности 40 МВА – около 10,0 МВА. С учетом того, что основной трансформатор своей первичной обмоткой присоединяется к сетям энергоснабжающей организации напряжением 110 или 220 кВ, стоимость дополнительной мощности, реализуемой им, оказывается больше, чем стоимость двух ТПР при первичном их напряжении 27,5 кВ. Все остальные положительные свойства, приобретаемые при подключении ТПР, включая и симметрирующий эффект, являются дополнительными технико-экономическими показателями, увеличивающими эффект применения ТПР [3].

Результаты научно-исследовательских, конструкторских и проектных работ, выполненных ведущими институтами и заводами отрасли, приводят к таким главным выводам [3]:

- 1) Во-первых, существующая система электроснабжения железных дорог обладает недостатками, устранение которых позволяет найти для вновь электрифицируемых и существующих участков технологические решения,

обеспечивающие весомое повышение надежности работы, снижение капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

2) Во-вторых, электрификацию новых участков целесообразно осуществлять по системе с ДПЛ-94 и симметрирующими трансформаторами, обеспечивающей минимум потерь энергии и напряжений, расходов на сооружение линий, на коммерческий учет энергии, снижение уравнильных токов, лучшее использование мощности трансформаторов и т.д.

3) Наконец, технология электрификации существующих участков на переменном токе 27,5 кВ, 50 Гц нуждается в модернизации по тем же показателям, что и вновь электрифицируемых. На ТП, подлежащих модернизации, в каждое плечо необходимо включить трансформаторные приставки мощностью по 6 МВА, которые обеспечивают увеличение съема мощности на 32%, повышение напряжения на плечах питания при максимальных нагрузках на 2700–3000 В, исключение не симметрии токов на вводах ТП, снижение потерь энергии в трансформаторах и уравнильных токов.

Настоящая система электроснабжения переменного тока нуждается в преобразованиях и новых инженерных решениях, способных существенно снизить влияние недостатков, рассмотренных выше, на электроподвижной состав и нетяговые потребители.

### *Литература*

1. Информация об энергосбережении на транспорте <http://www.xiron.ru/content/view/30564/28/> (дата обращения: 14.04.13).

2. Информация о электроподвижном составе <http://www.dslib.net> (дата обращения: 06.03.13).

3. Информация об энергосбережении в электрических сетях [http://esco-ecosys.narod.ru/2005\\_7/art220.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2005_7/art220.htm) (дата обращения: 09.03.13).