

**АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА 3,0 кВ В УСЛОВИЯХ
ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

Коротких М.В. (УрГУПС)

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент кафедры
«Электроснабжение транспорта» Юшкова И.А.
(УрГУПС)**

Введение. Энергетическая стратегия холдинга «РЖД»[1] к 2030 году предусматривает повышение объемов перевозочной работы на электрической тяге до 5280 млрд т-км брутто, что на 37 % больше по сравнению с 2010 г. [2].

Реализация данной политики по оптимизации перевозочных процессов возможна при учете использования современных технических средств и технологических процессов, совместимых с возможностями систем электроснабжения и условиями эксплуатации электрооборудования.

Повышение пропускной и провозной способностей за счет увеличенной массы поездов, сокращения межпоездных интервалов и увеличения скоростей движения негативно сказывается на эксплуатационных характеристиках системы тягового электроснабжения (СТЭ) постоянного тока 3,0 кВ. Вследствие влияния этих факторов происходит снижение напряжения на токоприемнике электровоза, что приводит либо к потере скорости подвижного состава, либо к перегреву проводов контактной сети.

Необходимы меры по улучшению энергетических показателей работы системы тягового электроснабжения. При этом должны быть максимально реализованы преимущества и достоинства существующей системы с минимальными экономическими затратами. Поскольку варианты усиления с капитальной реконструкцией и строительством зачастую экономически не оправданы, требуется поиск альтернатив.

Улучшение эксплуатационных показателей системы тягового электроснабжения в условиях интервального регулирования поездов направлено в первую очередь на решение проблемы увеличения пропускной способности участков железнодорожных линий без серьезной модернизации имеющейся инфраструктуры, что особенно актуально в современных условиях при росте объемов перевозок на всей сети железных дорог.

Основная часть. Для оценки энергетической эффективности СТЭ постоянного тока 3,0 кВ в условиях технологии виртуальной сцепки взят реальный участок Свердловской железной дороги. Протяженность двухпутного участка, электрифицированного на постоянном токе напряжением 3,0 кВ, составляет 389 км. На участке расположены 13 тяговых подстанций (ТП), регулируемых системой бесконтактного автоматического регулирования напряжения (БАРН) $U_{ст} = 3,6$ кВ и 13 регулируемых ТП.

В процессе моделирования режимов работы СТЭ с системой БАРН без увеличения мощности в контактной сети, описанным в [3], за базовый принимали режим с отсутствием регулирования напряжения на всех ТП с $U_{dxx} = 3600$ В. При снижении эксплуатационных показателей СТЭ ниже допустимых и появлении ограничений проводили моделирование для режима с регулированием напряжения и напряжением стабилизации $U_{dст} = 3600$ В. Если ограничения появлялись вновь, моделирование режимов работы выполнялось при $U_{dст} = 3700$ В. По результатам моделирования стало ясно, что внедрение стабилизации на ТП позволяет существенно сократить количество ограничений безопасному движению поездов по электроснабжению, следовательно увеличить пропускную способность участка. Повышение напряжения стабилизации до уровня $U_{dст} = 3700$ В привело к снижению ограничений в сравнении с $U_{dст} = 3600$ В. Однако для обеспечения движения пакета с МПИ, равным 2 мин, необходимо использовать дополнительные меры усиления СТЭ.

По результатам моделирования СТЭ выполнена оценка энергетической эффективности СТЭ при использовании технологии виртуальной сцепки. Наибольший расход электроэнергии на тягу A_T наблюдается при $U_{dxx} = 3600$ В, а в режиме $U_{dct} = 3700$ В расход наименьший. Потери электроэнергии в трансформаторах ΔA_{tr} в режиме $U_{dxx} = 3600$ В будут минимальными, так как в режимах $U_{dct} = 3600$ В и $U_{dct} = 3700$ В к потерям в трансформаторах добавляются потери в регулирующих устройствах БАРН. При повышении уровня стабилизации с 3600 до 3700 В потери ΔA_{tr} снижаются в среднем на 7,3 %. Результаты исследования энергетической эффективности СТЭ при использовании технологии виртуальной сцепки показали, что обеспечить движение с МПИ 8–2 мин не представляется возможным, поэтому необходимы дополнительные меры по усилению СТЭ.

Перспективным вариантом улучшения эксплуатационных показателей является усовершенствование метода управления системы тягового электроснабжения за счет создания архитектуры связи и обмена данными между тяговыми подстанциями и электровозом, при пропуске грузовых поездов с применением технологий интервального регулирования.

Информация с электровоза (напряжение и ток на токоприемнике, масса подвижного состава, его местоположение и скорость) передается в систему приема и передачи данных, находящуюся на тяговой подстанции по ходу движения поезда. Далее в управляющем блоке эта информация обрабатывается, оценивается нагрузка на тяговую сеть и на выходе блока принимается решение о повышении напряжения или понижении (в случае рекуперации) на тяговой подстанции. Для исключения возникновения уравнильных токов между смежными тяговыми подстанциями, команда на изменение напряжения будет передаваться на соседние подстанции.

Выводы. Проведен анализ энергетической эффективности системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ в условиях интервального регулирования движения поездов. Результатом исследования является доказательство отсутствия возможности использования технологии виртуальной сцепки, что обеспечить движение с межпоездным интервалом 8–2 мин, в связи с ограничениями безопасному движению по электроснабжению в тяговой сети. Необходимы дополнительные меры по усилению СТЭ.

Список использованных источников:

1. Энергетическая стратегия холдинга «Российские железные дороги» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года . Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 15 декабря 2011 г. № 2718р. 96 с.
2. Ковалев В. А. Повышение эффективности взаимодействия систем внешнего и тягового электроснабжения переменного тока 25 кВ : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Хабаровск, 2024. 138 с.
3. Аржанников, Б. А. Концепция усиления системы тягового электроснабжения постоянного тока 3,0 кВ : монография / Б. А. Аржанников, И. О. Набойченко. – Екатеринбург : УрГУПС, 2015. – 258 с.