

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

О. С. АНАНЬЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

На сегодняшний день одной из главных задач всех транспортных предприятий является экономия энергоресурсов, основную часть которых составляют расходы на тягу электрического рельсового транспорта. В транспортной системе Республики Беларусь согласно Государственной программе «Энергосбережение» на 2021–2025 годы предусмотрен ряд мероприятий по сдерживанию роста валового потребления топливно-энергетических ресурсов, а также увеличению использования местных ресурсов.

Электрифицированный рельсовый транспорт характеризуется крайне неравномерным графиком потребления электроэнергии. Следствием этого является то, что оборудование тяговых подстанций непрерывно испытывает колебания нагрузки.

Наличие в системе электроснабжения, в пределах какой-либо одной ступени трансформации, непрерывно изменяющихся электрических нагрузок приводит к непрерывным изменениям уровня напряжения в элементах тяговой сети. Наличие колебаний приводит к появлению больших потерь электроэнергии, которые отрицательно сказываются как на самом подвижном составе, так и на оборудовании тяговых подстанций, а наличие пиковых значений токов приводит к появлению больших потерь электроэнергии как в системах тягового, так и внешнего электроснабжения. Ограничение колебаний, а следовательно, улучшение основных показателей качества электроэнергии в системе энергоснабжения может быть достигнуто путем увеличения мощности отдельных элементов системы или путем применения специальных средств и технологий, позволяющих поддерживать напряжение близким к постоянному.

Основные показатели качества электроэнергии, такие как отклонение частоты, установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, глубина и длительность провала напряжения, в первую очередь связаны с режимами работы напряжения электрической сети, которые в свою очередь совместно с качеством электроэнергии определяют технико-экономические показатели электрической сети и системы электроснабжения в целом.

Одним из наиболее эффективных мероприятий, связанных с улучшением качества электроэнергии в системе тягового электроснабжения, является применение накопителей электрической энергии. Главная задача накопителей заключается в непосредственном аккумулировании избыточной энергии с последующей ее отдачей в период возрастающего энергопотребления.

В качестве тяговых двигателей на электрическом подвижном составе переменного тока, эксплуатируемом на Белорусской железной дороге, а также на некоторых видах электропоездов метрополитена, применяются коллекторные тяговые двигатели пульсирующего и постоянного тока. Такие тяговые двигатели хотя и обладают определенными положительными качествами, имеют ряд серьезных недостатков: сравнительно невысокая надежность коллекторно-щеточного узла и щеточного аппарата, большая масса при сравнительно невысоких значениях крутящего момента, трудоемкость в ремонте и др.

С развитием и широким распространением полупроводниковой техники стало возможным создавать надежные системы управления асинхронными тяговыми электродвигателями, что привело к созданию новых типов ЭПС, на которых стало возможным реализовать следующие преимущества тяги с бесколлекторным тяговым электроприводом:

- значительно упростить конструкцию электродвигателя в сравнении с коллекторным и, следовательно, повысить надежность подвижного состава, а также уменьшить затраты на его эксплуатацию;
- улучшить тяговые свойства ЭПС, благодаря увеличению мощности и момента тяговых двигателей при тех же габаритных размерах; обеспечить полную автоматизацию режимов ведения поезда благодаря гибкой системе управления, построенной на силовых полупроводниковых приборах и др.

К настоящему времени на Белорусской железной дороге эксплуатируются следующие типы подвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом: Швейцарские электропоезда «Stadler» серии ЭП, электровозы серии БКГ-1 и БКГ-2, а также новые электропоезда для Минского метрополитена.

В результате многолетней эксплуатации и теоретических исследований был получен достаточный опыт в области совместной эксплуатации электрического подвижного состава с коллекторными тяговыми двигателями и системами тягового электроснабжения. При этом опыт эксплуатации бесколлекторных тяговых двигателей совместно с устройствами тягового электроснабжения сравнительно невелик, и уже в настоящее время известно, что электрический подвижной состав с бесколлекторным электроприводом оказывает существенное влияние на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, а также на качество напряжения в точках общего присоединения тяговых подстанций к системам внешнего электроснабжения.

Новые типы электрического подвижного состава с асинхронными тяговыми двигателями оснащают системой рекуперативного торможения, предназначенной для осуществления торможения подвижного состава путем перевода двигателей в генераторный режим, при котором кинетическая энергия поезда преобразуется в электрическую и возвращается в контактную сеть. Такой тип электрического торможения не применялся на Белорусской железной дороге, и поэтому его влияние на тяговую сеть в достаточной мере не изучено.

Для оценки эффективности применения рекуперативного торможения на электрическом подвижном составе новых типов в условиях Белорусской железной дороги были организованы и проведены натурные испытания с применением грузовых электровозов серии БКГ-1, которые имеют типовое устройство тягового электропривода, характерное для современного электрического подвижного состава.

При оценке качества электроэнергии, возвращаемой электровозом БКГ-1 в контактную сеть при рекуперативном торможении, были проанализированы высшие гармоники тока и напряжения.

ЭПС при работе в режиме рекуперативного торможения представляет собой однофазные генераторы электрической энергии, которая может быть использована однофазными потребителями, работающими в пределах тяговой сети. Для передачи рекуперированной энергии в цепи внешнего электроснабжения ее необходимо преобразовать в трехфазную. Качество энергии в точках общего присоединения трехфазных потребителей должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109-95. Естественными преобразователями однофазных напряжений и токов в трехфазные являются тяговые трансформаторы. Учитывая, что тяговая нагрузка представляет собой однофазную нагрузку (однофазные источники энергии) значения потребляемой и отдаваемой мощности которых носит случайный характер, основными параметрами качества энергии в точках общего присоединения являются: отклонения напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжения.

Применение методов компьютерного моделирования [1] путем проведения вычислительных экспериментов в области повышения надежности систем электроснабжения электрического рельсового транспорта и определения энергоэффективных режимов работы позволит учитывать взаимное влияние систем тягового электроснабжения и электрического рельсового транспорта. Это позволит правильно выбрать режим работы как системы тягового электроснабжения, так и электрического подвижного состава, а также повысить энергоэффективность.

Таким образом, по результатам измерений и расчетов с применением математических моделей было установлено следующее.

1 На электрическом подвижном составе в условиях Белорусской железной дороги может быть использован режим рекуперативного торможения. Вырабатываемая при этом электроэнергия может быть принята цепями тягового электроснабжения и использована для обеспечения электрического подвижного состава, работающего в режиме тяги. Это позволит снизить затраты на обслуживание и ремонт, связанные с износом тормозных колодок и колесных пар.

2 Качество электроэнергии на шинах электрического подвижного состава с бесколлекторным тяговым приводом в режимах тяги и рекуперации соответствует требованиям ГОСТ 13109-95, поэтому эксплуатация электрического подвижного состава данного типа на участках Белорусской железной дороги допустима как в режиме тяги, так и в режиме рекуперативного торможения.

3 Для учета электроэнергии, вырабатываемой при рекуперации, необходимо оснастить тяговые подстанции автоматизированной системой контроля и учета электроэнергии.

4 Анализ результатов расчетов позволяет сделать вывод, что качество напряжения в точках общего присоединения не соответствует нормам ГОСТ 13109-95. Коэффициент несимметрии по обратной последовательности достигает 5,96 %, что превышает нормально допустимое и предельно

допустимое значения в точках общего присоединения к электрическим сетям (равное 2,0 и 4,0 % соответственно). Следовательно, необходима разработка мероприятий по улучшению качества электрической энергии в точках общего присоединения.

Список литературы

1 Имитационная модель совместной работы системы тягового электрообеспечения и электрического подвижного состава / В. С. Могила [и др.] // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 2 (54). – С. 191–196.

УДК 656.212.5

ЦИФРОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РОБОТИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

В. В. БУРЧЕНКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. Д. ШАНТУР

Белорусская железная дорога, г. Минск

Для решения задач по выполнению требований к повышению безопасности движения поездов, с одновременным сокращением эксплуатационных затрат, необходимо применение эффективных цифровых систем диагностирования технического состояния подвижного состава на основе новейших технологий роботизированного осмотра и ремонта. Робототехника является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте, в котором проблемы механики и новых технологий соприкасаются с проблемами искусственного интеллекта.

Автоматическое выявление дефектов деталей и узлов ходовой части вагонов на ходу поезда выполняется с помощью информационно-измерительных диагностических систем. Эти системы располагаются, в основном, перед пунктами технического обслуживания ПТО крупных узловых станций и обеспечивают осмотрщиков и ремонтников грузовых вагонов предварительной информацией о выявленных дефектах. Такое распределение функций определения неисправных деталей и узлов в ходовой части подвижного состава, между перегонными и станционными системами диагностики, способствует существенному росту производительности труда.

Для интеграции в единый комплекс разнообразных устройств осмотра ходовой части вагонов предлагается использовать платформу T&IMP. Платформа интегрирует в единый комплекс результаты предварительных проверок подвижного состава: системы контроля взвешивания подвижного состава в движении (WIM), контроля ударных нагрузок, передаваемых от колеса на рельсы (WILD), контроля нагретых букс и колес (HABD/HWD), обмера колес (WMS), акустического контроля роликовых буксовых подшипников (ABD), контроля нагрева рельса (RHT) и оперативные результаты измерений, полученные осмотрщиком вагонов.

Основная задача объединения баз данных состоит в том, чтобы выдавать аварийные предупреждения, соответствующие видам выявленных дефектов, имеющих критическое значение для оперативного ремонта. Очевидно, что реализация этих функций даст и реальный экономический эффект, проявляющийся в уменьшении ущерба от аварий, повышении уровня готовности поездов в парках отправления. Еще одно важное свойство комплексирования систем – это возможность использования данных измерений совместно с результатами моделирования износа и отказов в целях прогнозирования оптимальных сроков проведения конкретных мероприятий технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Платформа T&IMP обеспечит возможность сбора, анализа и доставки информации на рабочие места дежурных операторов, находящихся в ПТО. Разработанный формат TAF TSI и TAP TSI по стандарту X-509 может использоваться в качестве интерфейса для обеспечения автоматического обмена оперативной информацией между компьютеризованным пунктом работа-осмотрщика вагонов и оператором АРМа ПТО.

В настоящее время железные дороги ряда стран уделяют повышенное внимание внедрению роботизированных технологий технического осмотра и ремонта подвижного состава. Осмотр вагонов является важнейшим элементом для обеспечения безопасности перевозочного процесса. Актуальной проблемой остается обслуживание и предрейсовый осмотр составов грузовых вагонов.