

прозрачное состояние. Конструкция, выполненная на основе электрохромной технологии, пропускает в прозрачном состоянии примерно 62 % видимой части спектра солнечного излучения, а в полностью затемненном – 3,5 %.

2 Светопрозрачные конструкции с технологией изменения ориентации взвешенных частиц.

Данная светопрозрачная конструкция состоит из двух слоев стекла (или прозрачного пластика) с электропроводящим покрытием внутренних поверхностей. Покрытие представляет собой ламинированный пленочный слой, содержащий малые взвешенные частицы специально разработанного химического состава. Обычное распределение этих частиц таково, что они ориентированы разнонаправлено и блокируют до 99,75 % падающего на стекло солнечного света. При подаче на проводящие слои переменного тока частицы ориентируются по силовым линиям электрического поля и пропускают солнечный свет. За счет изменения электрического напряжения можно плавно изменять состояние стекла от прозрачного до практически полностью затемненного.

Существенным преимуществом данной технологии является то, что светопропускная способность изменяется очень быстро. Поэтому продолжительность перехода конструкции из прозрачного состояния в затемненное не зависит от ее размеров и температуры наружного воздуха. Обычно стекло переходит от затемненного состояния к прозрачному приблизительно за одну секунду, а в обратном направлении – менее чем за три секунды. Появление стекла, светопропускной способностью которого можно управлять, позволяет говорить о возможности создания «умных» («интеллектуальных») окон. Система управления такими окнами может быть запрограммирована на оптимальный уровень освещения и энергопотребления с поминутной разбивкой по времени суток, а также на учет наличия людей в помещении и наружных климатических условий. Затраты энергии на такую систему управления крайне незначительны.

УДК 621.313.04

ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ТРАНСПОРТЕ

Д. В. МИРОШ, В. Н. ГАЛУШКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Проблема повышения энергетической и экологической безопасности на транспорте всегда является предметом пристального внимания. Зачастую принято забывать, что эти сферы неразрывно взаимосвязаны между собой. Улучшение энергетической безопасности способствует улучшению качества цепи «источник-потребитель». Следовательно, повышение качества позволяет производить меньшее количество операций по поддержанию компонентов этой цепи, задействовать меньшее количество ресурсов, необходимых для обслуживания, то есть способствовать изменениям экологической составляющей.

Цель работы. Разработать и внедрить в производство диагностическую платформу для автономного оценивания остаточного ресурса изоляции трехфазных асинхронных двигателей.

Цепь «источник-потребитель» можно наглядно рассмотреть для тягового подвижного состава на железной дороге. Причина такого выбора объекта исследования в следующем: железнодорожный транспорт по праву является самым энергоэффективным видом транспорта, а также самым экологичным. Несмотря на это, количество потребляемых топливно-энергетических ресурсов велико. Следовательно, всегда есть области для снижения потребления и повышения степени их использования. Структура железной дороги подразделяется на множество структурных подразделений, начиная от организации движения и заканчивая ремонтом и обслуживанием. Кроме того, доля расхода локомотивного хозяйства на электроэнергию для тяги поездов составляет более 80 % от всего потребления на Белорусской железной дороге [1].

Для тягового подвижного состава конечным потребителем, который осуществляет вращение колесной пары локомотива, в дальнейшем приводящей локомотив и поезд в движение, является тяговый электродвигатель. Современный пассажирский и грузовой подвижной состав, в особенности электровозы и электропоезда, оборудованы тяговыми электродвигателями асинхронного типа.

Например, на электровозах серии БКГ установлены асинхронные тяговые двигатели 4FIA7058 с номинальной мощностью 1250 кВт.

Асинхронные двигатели являются самым распространенным типом электродвигателей. По некоторым оценкам, на них приходится около 50 % потребляемой электроэнергии [2]. Есть основания полагать, что не смотря на обретающие популярность синхронные двигатели, асинхронные будут в ходу еще не один год и, возможно, не одно десятилетие.

Современный подвижной состав на Белорусской железной дороге и железнодорожных предприятиях стран ближнего зарубежья использует в качестве тяговых электродвигателей асинхронные. В тяговом подвижном составе, который построен в прошедшем тысячелетии, асинхронные двигатели используются в качестве вспомогательных машин. Например, асинхронный двигатель типа АЭ92-4 используется на электровозе ВЛ80^с в качестве привода вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей и силового оборудования. Однако с течением времени изоляция обмоток электродвигателя может загрязняться, увлажняться, а также подвергаться воздействию высоких температур и перепадов напряжения, что приводит к старению изоляции и, как следствие, ее пробую, а в результате – выходу из строя [3].

В большинстве случаев (85–95 %) отказы асинхронных двигателей мощностью свыше 5 кВт происходят из-за повреждения обмоток и распределяются следующим образом: межвитковые замыкания – 93 %, пробой межфазной изоляции – 5 %, пробой фазовой изоляции – 2 %; на подшипниковый узел приходится 5–8 % отказов [4].

На Белорусской железной дороге давно применяется практика «модернизационно-ремонтных» операций. Многолетний опыт позволяет проводить полноценные ремонты с возможностью полного восстановления технических характеристик локомотивов, а также проводить работы по совершенствованию отдельных узлов и агрегатов. Что касается разброса сроков службы отдельных элементов оборудования, то при значимых коэффициентах вариации ресурса, вполне характерных для железнодорожного транспорта, эффективность применения регламентного, то есть ориентированного на временные периоды, способа обслуживания существенно снижается [5]. Большая часть оборудования к назначенному сроку либо оказывается в достаточно удовлетворительном состоянии, не требующем вмешательства персонала, либо уже в аварийном (закрашенные области на рисунке 1).

Главная проблема заключается в реализации достаточного уровня диагностирования, поскольку улучшение качества одной составляющей вызывает увеличение стоимости всей системы. С другой стороны, согласно [6] каждая разборка и нарушение взаимного положения приработавшихся деталей приводят к сокращению остаточного ресурса на 30–40 %, что изображено на рисунке 2.

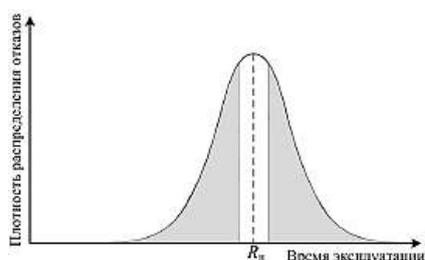


Рисунок 1 – Распределение фактических сроков службы оборудования

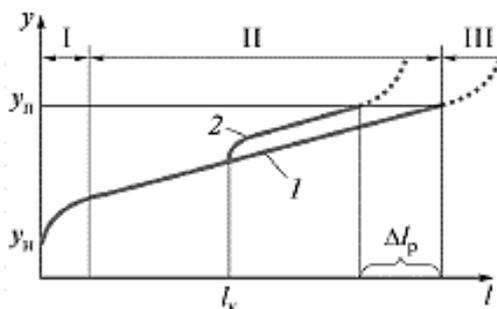


Рисунок 2 – График изменения интенсивности изнашивания двух сопряженных деталей
1 – без разборки; 2 – после разборки; I – зона приработки; II – зона нормальной работы; III – зона интенсивного изнашивания

Просматриваются определенные недостатки стратегии регламентного обслуживания, что свидетельствует о необходимости диагностирования конструктивных показателей по косвенным признакам проявления технического состояния, то есть без разборки.

Совершенствование диагностики асинхронных двигателей в перспективе может решить массу внезапных отказов и неисправностей на производстве, снизить число событий, каждое из которых непосредственно влияет на энергетическую безопасность. Для подобных предприятий это наиболее важно, так как безопасность на железной дороге превышает все.

Список литературы

- 1 О путях повышения энергоэффективности тепловозной тяги / В. М. Овчинников, В. В. Макеев, Д. В. Мирош // Энергоэффективность. – 2022. – № 3 (293). – С. 10–11.
- 2 **Галушко, В. Н.** Электрические машины : учеб.-метод. пособие / В. Н. Галушко, В. А. Пацкевич. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 242 с.
- 3 **Саргсян, С. В.** Оценка состояния изоляции обмотки двигателя при воздействии влаги / С. В. Саргсян // Вестник НПУА. Электротехника, Энергетика. – 2019. – № 2. – С. 52–59.
- 4 **Воробьев, В. Е.** Прогнозирование срока службы электрических машин: Письменные лекции / В. Е. Воробьев, В. Я. Кучер. – СПб. : СЗТУ, 2004. – 56 с.
- 5 **Букшев, А. В.** Техническая и коммерческая эксплуатация судна: учеб. пособие / А. В. Букшев. – СПб. : СПбГМТУ, 2006. – 86 с.
- 6 Ремонт автомобилей : учеб. / С. И. Румянцев [и др.] ; под ред. С. И. Румянцева. – М. : Транспорт, 1981. – 462 с.

УДК 502.13:620.9

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ» НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Б. В. МУСАТКИНА

Омский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Снижение негативного воздействия транспортного комплекса на окружающую среду и климат в соответствии с принципами устойчивого развития входит в перечень базовых задач Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [1]. Железнодорожный транспорт является крупнейшим потребителем электроэнергии и других топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). Декарбонизация транспортной отрасли стала необходимой и для выполнения глобальных целей Парижского соглашения по климату 2015 года [2].

Разработка и внедрение научно-обоснованного комплекса природоохранных мероприятий в энергетическом комплексе ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД») должны выполняться с учетом требований целого ряда федеральных и отраслевых законодательных и нормативно-правовых актов:

Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года от 19.04.2017;

Указа Президента Российской Федерации от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов»;

Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года от 29.10.2021 № 3052-р;

Экологической стратегии ОАО «РЖД» до 2030 года;

Программы организационно-технических мероприятий, направленных на снижение выбросов парниковых газов в ОАО «РЖД» на 2020–2025 годы от 27.11.2019 № 2651/р.

Идентификация и инвентаризация источников загрязнения окружающей среды на объектах энергетического комплекса (филиалов ОАО «РЖД» – «Трансэнерго» и Центральной дирекции по тепловодоснабжению) является основой для оценки существующего уровня негативного воздействия по видам деятельности и направлениям использования энергоресурсов, в том числе в границах железных дорог, регионов и особо охраняемых природных территорий.

Комплексный план снижения негативного воздействия производственной деятельности энергетического комплекса ОАО «РЖД» на окружающую среду до минимального технически достижимого и экономически целесообразного уровня должен предусматривать следующие основные направления:

– модернизация существующего оборудования и внедрение новых эко-ориентированных технологических решений;

– снижение потерь энергоресурсов (электрической и тепловой энергии) при ее передаче потребителям;

– реализация программ энергоэффективности и энергосбережения;

– снижение уровня выбросов парниковых газов от нетяговых источников энергии;