

А.А. Мусапирова¹

¹Казахская академия транспорта и коммуникации им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация. В статье рассмотрено основное назначение технической диагностики в повышении эксплуатационной надежности тяговых электродвигателей. Повышение надежности обеспечивается улучшением таких показателей, как коэффициент готовности, коэффициент технического использования, время восстановления работоспособного состояния, а также ресурс (срок службы) и наработка до отказа или наработка на отказ для резервированных объектов с восстановлением.

Abstract. The article discussed the basic purpose of technical diagnostics in improving the operational reliability of traction motors. Improved reliability is ensured by improving metrics such as availability factor, the coefficient of technical utilization, and recovery time, as well as a resource (service life) and time to failure, or time to failure for the redundant facilities with recovery.

Аңдатпа. Мақалада тартым электроқозғалтқыштарының эксплуатациялық беріктілігін жоғарлатуындағы техникалық диагностикаға аса назар аударылған. Бұнда берікті жоғарлату дайындылық коэффициенті, техникалық қолдану коэффициенті, жұмысқа қабілеттілікті қалпына келтіруге кететін уақыт, сонымен қатар ресурс (қызмет ету уақыты) және тоқтап қалуға дейінгі атқарылатын жұмыс көлемі немесе резерв қорындағы объектілер үшін тоқтап қалуға дейінгі атқарыламан мен қалпына келтіру деген сияқты көрсеткіштер негізінде қамтамасыз етіледі.

Ключевые слова: диагностика, надежность, тяговые электродвигатели

Түйінді сөздер: диагностика, сенімділік, тартым электродвигателі

Keywords: diagnostics, reliability, traction electric motors

Для безаварийной работы тяговых электродвигателей (ТЭД) и другого электрооборудования электровозов изоляция их должна быть надежной. В процессе эксплуатации происходит старение электрической изоляции, свойства ее ухудшаются, электрическая прочность снижается, что может привести к пробое изоляции. Последствия старения могут быть устранены путем восстановительного ремонта изоляции. В связи с этим, чтобы избежать внезапных пробоев изоляции и поддерживать необходимую степень надежности работы электрооборудования, состояние изоляции периодически контролируется и ухудшение ее свойств компенсируется системой планово-предупредительных ремонтов на основе ремонтного цикла с назначенным межремонтным ресурсом, который не учитывает реальных условий эксплуатации. При этой системе профилактические и ремонтные работы производятся по времени наработки.

Как показала практика, система поддержания надежности изоляции по пробегу не является оптимальной. Условия эксплуатации ТЭД не одинаковые, следовательно, неодинаково происходит и старение изоляции. Если оценивать реальное состояние изоляции, то можно с меньшими затратами продлить ее срок службы без снижения надежности ее работы. Особенно актуальной такая постановка вопроса становится в современных условиях в связи с острым дефицитом меди и изоляционных материалов. Для того чтобы перейти от системы обслуживания по пробегу к альтернативной системе обслуживания по реальному техническому состоянию, нужны объективные оценки состояния изоляции.

Имеющиеся в настоящее время в распоряжении эксплуатационного персонала технические средства диагностики не удовлетворяют современным требованиям. Пригодность корпусной изоляции обмотки якоря ТЭД к дальнейшей эксплуатации определяется с помощью мегаомметра по величине сопротивления изоляции. Однако измерение сопротивления изоляции позволяет выявить лишь грубые дефекты в изоляции. Кроме того, на величину сопротивления изоляции оказывают влияние многие факторы, в том числе увлажнение, загрязнение и т.д.

Эффективность диагностики обеспечивается только комплексным характером результатов контроля с целью выявления наиболее вероятных видов и причин обнаруженных и прогнозируемых неисправностей электрооборудования.

Новые экономические условия, в которых работает железнодорожный транспорт, ставят в число первоочередных задач эффективное использование локомотивного парка с высокой эксплуатационной надёжностью для обеспечения безопасности движения поездов. Одно из направлений для решения данной проблемы - это существенное увеличение показателей надёжности тех узлов и деталей эксплуатируемого парка тягового подвижного состава (ТПС), которые являются наиболее слабым звеном и чаще других выходят из строя.

Несмотря на наметившуюся тенденцию к использованию локомотивов с более перспективными бесколлекторными тяговыми электродвигателями (ТЭД), подвижной состав с коллекторными двигателями будет эксплуатироваться в широких масштабах еще продолжительный период, так как он составляет подавляющее большинство приписного парка железных дорог Казахстана.

Одним из основных узлов ТЭД постоянного тока является коллекторный узел (КУ), выход, из строя которого зачастую приводит к возникновению аварийной ситуации и нарушению графика движения поездов. Вследствие этого, также уменьшается и межремонтный период ТЭД локомотивов. При расстройстве коммутации ТЭД возникает прогрессирующее искрение, вызывающее чрезмерный износ коллектора, а при определенных условиях - и так называемый «круговой огонь» по коллектору, приводящий к потере работоспособности ТПС и к сокращению пробега двигателя до капитального ремонта.

Статистика показывает, что наибольшее число отказов локомотивов падает на электрическую часть и превышает в 5-8 раз число отказов механической части.

Основное назначение технической диагностики состоит в повышении эксплуатационной надёжности объектов, а также в предотвращении брака при изготовлении, как самого объекта, так и составляющих его частей. Повышение надёжности обеспечивается улучшением таких показателей, как коэффициент готовности, коэффициент технического использования, время восстановления работоспособного состояния, а также ресурс (срок службы) и наработка до отказа или наработка на отказ для резервированных объектов с восстановлением[1,2].

Если в текущий момент реального времени использования объекта по назначению его параметры (признаки) находятся в требуемых пределах, то такой объект является правильно функционирующим.

Техническое состояние неправильно функционирующей, неисправного или неработоспособного объекта может быть детализировано путем обнаружения конкретных дефектов, нарушающих исправность, работоспособность или правильность функционирования, причем дефекты эти могут относиться как к объекту в целом, так и к его составным частям[2].

В технической диагностике можно выделить три типа задач определения технического состояния объектов:

1) к первому типу относятся задачи определения технического состояния, в котором находится объект в настоящее время; это задачи диагностирования;

2)ко второму типу относятся задачи предсказания технического состояния, в котором окажется объект в некоторый будущий момент времени; это задачи прогнозирования;

3)к третьему типу относятся задачи определения технического состояния, в котором находился объект в некоторый момент времени в прошлом; это задачи генеза.

Задачи первого типа формально можно отнести к технической диагностике, а второго типа - к технической прогностике (к техническому прогнозированию). Отрасль знания, занимающаяся решением задач третьего типа, называется технической генетикой[3].

Задачи технической генетики возникают при расследовании аварий, когда техническое состояние объекта в рассматриваемое время отличается от состояния, в котором он был в прошлом. Эти задачи решаются путем определения возможных или вероятных предысторий, ведущих в настоящее состояние объекта.

К задачам технической прогностики относятся задачи, связанные с определением срока службы объекта или с назначением периодичности профилактических испытаний и ремонтов. Эти задачи решаются путем определения возможных или вероятных эволюции состояния объекта, начинающихся в настоящий момент времени.

Решение задач прогнозирования очень важно для организации технического обслуживания оборудования по состоянию - (вместо обслуживания по срокам или ресурсу). Непосредственное применение методов решения задач диагностирования к задачам прогнозирования невозможно из-за различия моделей, с которыми приходится работать. При диагностировании моделью обычно является описание объекта, в то время как при прогнозировании необходима модель процесса эволюции технических характеристик объекта во времени.

В результате диагностирования каждый раз определяется не более чем одна "точка" указанного процесса эволюции для текущего момента (интервала) времени. Вместе с тем хорошо организованное диагностическое обеспечение объекта с хранением всех предшествующих результатов дает полную и объективную информацию, представляющую собой предысторию развития (динамику) процесса изменения технических характеристик объекта в прошлом, что может быть использовано для систематической корреляции прогноза и повышения его достоверности.

Совокупность принципов, методов и средств обнаружения (поиска) дефектов при их изготовлении или в эксплуатации называем организацией диагностического обеспечения, которое составляет основу диагностического аспекта надежности. В рамках диагностического аспекта решаются задачи определения технического состояния объекта (исправен, работоспособен) и поиска дефекта, как при производстве, так и в эксплуатации[3].

Модель тягового электродвигателя постоянного тока электрического подвижного состава как объекта диагностирования включает в себя электроизоляционную конструкцию, коллекторно-щеточный аппарат и механическую часть. Поэтому отказы тяговых двигателей имеют различную природу и могут происходить вследствие[4,5]:

- пробоя изоляции и межвитковых замыканий обмоток якоря;
- пробоя изоляции и межвитковых замыканий обмоток главных и дополнительных полюсов;
- пробоя изоляции компенсационной обмотки;
- повреждений выводов катушек полюсов;
- повреждений выводных кабелей, выплавления припоя из петушков коллектора;
- разрушения якорных бандажей;
- повреждения якорных подшипников;
- повреждения пальцев, кронштейнов и щеткодержателей;
- кругового огня по коллектору.

Анализ отказов электрооборудования электровозов после ремонта свидетельствует о том, что одним из ненадежных узлов является тяговый электродвигатель (ТЭД), где имеются случаи распайки соединений петушков с якорной обмоткой. Результаты анализа АО «Локомотив» по эксплуатации ТЭД типа НБ-418К6 за последние годы приведены в следующей таблице 1.

Из таблицы 1 следует, что повреждения по паяным соединениям якорей при эксплуатации ТЭД в локомотивных депо имеют тенденцию к уменьшению, но все же остаются на высоком уровне. Причем, в 2010г. Имели место выплавления соединений в петушках до 48% от общего числа повреждений тяговых машин на сети дорог. Выплавление соединений в петушках коллектора ТЭД в эксплуатации является одним из тяжелых повреждений, устранение которого связано со значительными затратами. Для обеспечения надежной работы паяных соединений обмотки якоря ТЭД в эксплуатации появилась необходимость в более эффективном методе контроля в условиях ремонтного предприятия.

Необходимо отметить, что для определения неисправностей тяговых двигателей электровозов и электропоездов можно использовать одинаковые подходы.

Определению неисправностей в электрических машинах посвящено значительное количество публикаций в периодической печати, имеются научные монографии и патенты.

Для выявления дефектов в изоляции обмоток статора и якоря необходим постоянный контроль тяговых двигателей в процессе их эксплуатации.

Развитие дефектов в изоляции в основном связано с проникновением в нее влаги.

Таблица 1 - Анализ технического состояния выхода из строя тяговых Электродвигателей НБ-418К6

Наименование повреждений	Количество на 1 млн.км				
	2007г.	2008г.	2009г.	2010г.	2011г.
1	2	3	4	5	6
Всего повреждений,	8,39	4	3,7	3,55	3,69
В том числе:					
-распайка соединений в петушках	0,53	0,8	0,5	0,42	0,25
-пробой изоляции и межвитковое замыкание в обмотке якоря	0,7	0,5	0,62	0,5	0,48
-пробой изоляции и межвитковое замыкание обмоток полюсов	0,9	0,74	0,58	0,5	0,46
-подгар, оплавление коллекторных пластин	2,78	-	-	-	-
-повреждение моторно-осевых подшипников	1,14	-	-	-	-
-повреждение якорных подшипников	0,43	0,39	0,34	0,44	0,55

-повреждение соединений между полюсами и другие	0,43	0,3	0,3	0,37	0,28
---	------	-----	-----	------	------

Одним из прогрессивных методов является контроль паяных соединений обмотки якоря для повышения качества ремонта ТЭД электровозов.

Для внедрения этого метода необходимо решить следующие задачи:

- разработать метод расчета растекания тока в проводниках обмотки якоря электрической машины постоянного или пульсирующего тока;
- выявить температурный рельеф цилиндрической поверхности контактных соединений обмотки (КСО) якоря с коллектором и оценить их состояния при эксплуатации ТЭД.

Выводы: Основное назначение технической диагностики состоит в повышении эксплуатационной надежности объектов, а также в предотвращении брака при изготовлении, как самого объекта, так и составляющих его частей. Для выявления дефектов в изоляции обмоток статора и якоря необходим постоянный контроль тяговых двигателей в процессе их эксплуатации. Качество коммутации ТЭД в значительной мере определяет надежность ЭПС и расходы на его эксплуатацию (замена щеток, проточка коллектора и последующая обработка его рабочей поверхности весьма трудоемкие и материалозатратные операции), поэтому обеспечение безысковой работы двигателей является острой необходимостью и часто решающим образом воздействует на технико-экономические и эксплуатационные показатели работы ЭПС в целом.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Овчаренко С. М. Анализ обеспеченности диагностического процесса / С. М. Овчаренко, В.К. Фоменко // Повышение эффективности использования и совершенствование системы технического обслуживания и ремонта локомотивов: Межвуз. темат. сб. науч. тр. / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2007. С. 31 – 35.

[2] Анализ методов и средств диагностирования якорей электрических машин постоянного тока / А. И. Володин, В. К. Фоменко. // Молодежь, наука, творчество-2007: Сб. материалов межвуз. науч.-практ. конф. / Омский гос. ин-т сервиса сборник материалов. Омск, 2007. С. 348, 349.

[3] Володин А. И. Разработка средств диагностирования технического состояния якорей электрических машин постоянного тока / А. И. Володин, О. В. Балагин, В. К. Фоменко // Актуальные проблемы Транссиба на современном этапе: Тезисы междунар. науч.-практ. конф. / Сибирский гос. ун-т путей сообщения. Новосибирск, 2007. Ч. 1. С.150.

[4] Исследование магнитной вибрации для диагностики ... – www.dissercat.com/.../issledovanie-magnitnoi-vibratsii-dlya-di... - Россия

[5] Диагностирование тяговых электродвигателей ... www.dissercat.com/.../diagnostirovanie-tyagovykh-elektrodvi... - Россия