

В рамках данной работы будем использовать подход к раскрытию статической неопределенности системы сил, основанный на упрощенных соотношениях статики твердого тела. При этом возможные перемещения δs_2 и δs_2 , а значит и соответствующие силы натяжения в тросах, можно выразить через возможный угол поворота $\delta\varphi$ (рисунок 1). Данный подход позволил получить аналитические выражения для сил в тросах и реакций шарнира при заданных силовых нагрузках (F , G) и геометрических параметрах (a , b , d , h , H) конструкции кронштейна. После раскрытия статической неопределенности получим эпюру внутреннего изгибающего момента в балке кронштейна для оценки прочности балки. В результате анализа полученных расчетных зависимостей установлено, что минимальные значения сил в тросах и изгибающего момента достигаются, если точка крепления «малой» тяги находится на расстоянии $d_{\text{опт}} = (a + b) / 2$ от точки шарнирного крепления. Результаты расчета при $d = d_{\text{опт}}$ были сопоставлены с данными, полученными при раскрытии статической неопределенности методом сил.

Таким образом, разработана расчетная методика определения силовой нагруженности двухтягового кронштейна КПСИП-3. В отличие от традиционных методов механики материалов данная методика позволяет получить относительно простые аналитические соотношения для реакций связей и провести многопараметрический анализ. С использованием разработанной методики установлено оптимальное с точки зрения минимизации реакций внешних связей и внутреннего изгибающего момента значение расстояния от шарнирного крепления до точки крепления «малой» тяги к балке кронштейна. Показано, что расчетные оценки, полученные на основе разработанной методики, не более чем на 10 % отличаются от результатов использования метода сил.

Список литературы

- 1 Кочунов, Ю. А. Разработка и исследования полимерного кронштейна воздушной линии электропередачи в сетях нетяговых железнодорожных потребителей 6–10 кВ : дис ... канд. техн. наук : 05.22.07 / Ю. А. Кочунов. – Екатеринбург, 2016. – 235 с.
- 2 Старовойтов, Э. И. Механика материалов : учеб. / Э. И. Старовойтов. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 380 с.
- 3 Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWork Simulation / А. А. Алямовский. – М. : ДМК-Пресс, 2010. – 464 с.
- 4 Шимановский, А. О. Статика твердого тела : учеб.-метод. пособие / А. О. Шимановский. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 87 с.

УДК 629.423.31

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ТЭД ТЕПЛОВЗОВ

М. А. ШРАЙБЕР, В. В. ГРАЧЕВ, А. В. ГРИЩЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Российская Федерация*

Обнаружение дефектов в работающем тяговом электродвигателе (ТЭД) на ранней стадии их развития не только предупредит внезапную остановку локомотива в результате аварии, но и значительно снизит расходы на ремонт и увеличит срок его службы. Кроме того, в настоящее время достаточно актуально применение адаптивных устройств защиты и диагностики, позволяющих выполнять диагностику ТЭД независимо от их мощности и конструкции. Диагностика ТЭД должна проводиться неразрушающими методами контроля, достаточно однозначно связанными с физико-механическими свойствами его компонентов и, более того, не наносить вреда.

Системы изоляции ТЭД подвергаются многочисленным испытаниям и диагностическим измерениям при проектировании и изготовлении, перед поставкой, при установке и в течение всего срока службы. Результаты используются для проверки пригодности изоляции, оптимизации планирования эксплуатации и технического обслуживания ТЭД или обнаружения предполагаемого дефекта. Методы диагностики могут быть улучшены за счет любой комбинации повышения вероятности выявления важной проблемы, снижения вероятности пропуска важной проблемы или сокращения времени, затрачиваемого на измерения, или снижения капитальных затрат на оборудование, которое используется для этих измерений.

Проблемы диагностики, прогнозирования и принятия решений сложны для изучения. Реальные условия эксплуатации ТЭД различаются, отказы нельзя надежно предсказать на основе моделей процессов старения и износа. Ускоренные испытания изоляции являются лишь аппроксимацией

эффектов в процессе эксплуатации, а хорошие данные о сроке ее службы для реального старения к естественному отказу трудно получить. Хорошая система для диагностических или прогностических результатов не просто выберет какие-то правила и оставит их, но и воспользуется опытом, полученным во время ее использования, чтобы рассмотреть возможность корректировки этих правил.

Существует множество опубликованных методик и коммерчески доступных инструментов для контроля состояния электродвигателей, чтобы обеспечить высокую надежность их безотказной работы. Мониторинг состояния, ведущий к обнаружению зарождающихся неисправностей и прогнозированию электродвигателей, привлек внимание многих исследователей в последние несколько лет из-за его значительного влияния на безопасную работу многих промышленных процессов и транспорта [1, 2]. Важно уметь обнаруживать неисправности электродвигателя, пока они еще развиваются. Раннее обнаружение и правильная диагностика зарождающихся неисправностей может позволить выполнить профилактическое обслуживание и обеспечить достаточно времени для контролируемого останова затронутого процесса. Они позволяют снизить финансовые потери и избежать катастрофических последствий (рисунок 1).

Эффективные средства и методы оценки состояния изоляции могли бы в значительной степени решить проблему эксплуатационной надежности ТЭД. Однако, даже имея в распоряжении высококачественные изоляционные и пропиточные материалы, необходимо вести своевременный контроль показателей состояния изоляции во время эксплуатации ТЭД в целях предотвращения преждевременного выхода его из строя из-за нарушения межвитковой или корпусной изоляции [3].

В настоящее время тестовое диагностирование – основной вид выявления дефектов тягового электрооборудования локомотивов. Оно определило сложившуюся структуру технического обслуживания и ремонта. Однако такая диагностика не способствует предупреждению развития различных дефектов, но иногда вызывает их появление. Например, при проведении плановых ремонтов электрических машин, после полной сборки двигатель подвергается высоковольтным испытаниям, которые оказывают на изоляцию ТЭД пагубное влияние, вызывая появление в обмотке микродефектов, развивающихся в процессе работы под влиянием неблагоприятных факторов: перегрузок, частых пусков и остановок. С каждым очередным высоковольтным испытанием при планово-предупредительных ремонтах число дефектов увеличивается, что в конечном итоге может привести к аварийному выходу ТЭД из строя.



Рисунок 1 – Методы контроля изоляции ТЭД.

Мониторинг состояния и диагностика неисправностей ТЭД постепенно переходят от традиционных методов к методам искусственного интеллекта (ИИ). Методы искусственного интеллекта являются хорошими кандидатами для автоматизации процедур диагностики ТЭД [4]. ИИ – это мощный инструмент для повышения эффективности и действенности диагностики неисправностей электрических машин, особенно в процессе принятия решений о техническом обслуживании.

Искусственные интеллектуальные системы предлагается использовать для помощи в задаче обнаружения неисправностей ТЭД для правильной интерпретации данных об отказах. Принцип ра-

боты такой системы диагностики основан на использовании обучающей выборки, достаточно полно представляющей генеральную совокупность (гипотетическое множество всех возможных объектов, характеризующих каждый тип дефектов изоляции).

Обучающая выборка формировалась из оптимального набора модельных образцов, в каждом из которых создавался единичный искусственный дефект, где реализовывалась возможность возникновения частичных разрядов определенной разновидности.

После тщательного обучения и тестирования искусственной нейронной сети на различных наборах данных, а именно на наборах данных для тестирования и обучения для различных показателей производительности, она будет готова к использованию в реальных приложениях.

Список литературы

1 Назарычев, А. Н. Основные принципы системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования по техническому состоянию / А. Н. Назарычев // Надежность либерализованных систем энергетики : [монография] / В. А. Баринов [и др.] ; под ред. Н. И. Воропая, А. Д. Тевяшева. – Новосибирск : Наука, 2004. – С. 173–189.

2 Грачев, В. В. Метод оценки работоспособности тепловозов / В. В. Грачев, А. В. Грищенко, М. Н. Панченко // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 1 (80). – С. 46–49.

3 Надежность подвижного состава : учеб. для образовательных учреждений, реализующих программы ВО по специальности 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог» / А. А. Воробьев [и др.]. – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп., 2017. – 300 с.

4 Методика синтеза нейросетевых диагностических моделей сложных технических объектов / В. В. Грачев [и др.] // Автоматика на транспорте. – 2020. – Т. 6, № 4. – С. 466–484.

УДК 621.83

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИУРЕТАНОВ В СОСТАВЕ КОЛЁС РЕЛЬСО-СТРУННОГО ТРАНСПОРТА ЮСТ

А. Э. ЮНИЦКИЙ, А. Э. БАРАНКЕВИЧ

ЗАО «Струнные технологии», г. Минск, Республика Беларусь

Безопасность на транспорте в сфере пассажирских и грузовых перевозок, особенно в инфраструктуре «второго уровня», в значительной мере зависит от надёжности агрегатов, узлов и деталей подвижного состава.

Надёжность любого транспорта, в том числе рельсо-струнных комплексов ЮСТ [1], зависит от его способности выполнять заданные проектные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или установленного пробега, что обеспечивается правильным проектированием и расчётом, точным изготовлением и сборкой, рациональной эксплуатацией и техническим обслуживанием, своевременным и высококачественным ремонтом.

За время эксплуатации транспорт расходует свой технический ресурс, поэтому его необходимо со временем восстанавливать. Транспортная инфраструктура «второго уровня» относится к обслуживаемым, ремонтируемым объектам, и рассчитывается на регламентируемые условия эксплуатации, однако время работы каждого из них до первого отказа или между отказами оказывается различным, что свидетельствует о неравномерности их нагрузок в эксплуатации. Такие особенности недостаточно учитываются обычными расчётами по допускаемым износам, и остается неясным, какова же вероятность безотказной работы деталей, узлов и оборудования в течение заданного времени эксплуатации. Решение этих задач возможно путём создания более надёжных и долговечных узлов подвижного состава ЮСТ – беспилотных рельсовых электромобилей (юнимобилей). Одними из таких ответственных узлов являются опорные колёса и противосходные ролики юнимобилия.

Рассмотрим поведение полиуретанового колеса при механических нагрузках в качестве опорной поверхности качения колеса, акцентируя внимание на том, что изменение нагрузки и температурных условий поверхностного слоя бандажа колеса УП «ФАМ» имеют определённые зависимости. При этом исследования показали, что для материала «Vulkollan» такой зависимости нет. Это свидетельствует о том, что данные материалы бандажа колеса ведут себя в различных условиях по-разному (рисунки 1 и 2) [2–4].