

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗИСА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УДАЛЕННОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

В.А. Поморцев

*начальник регионального центра инновационного развития КрИЖТ ИрГУПС,
г. Красноярск*

В.С. Томилов

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог», КрИЖТ ИрГУПС

Т.В. Волчек

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог», КрИЖТ ИрГУПС,

***Аннотация.** В текущих реалиях существующие системы диагностики тягового подвижного состава нуждаются в применении совершенно новых подходах с учетом инновационных методов в области информационных технологий. Такими методами могут являться применение нейронных сетей и машинного обучения на основе большого объема различных структурированных и неструктурированных данных. В настоящей работе изложены промежуточные результаты исследования в области применения нейронных сетей, а также некоторые положения разработки интеллектуальной системы диагностики тяговых электродвигателей (ТЭД) электровозов переменного тока.*

***Ключевые слова:** тяговый электродвигатель (ТЭД), электровоз переменного тока, нейронные сети, большие данные, интеллектуальные системы диагностики.*

Одним из главных факторов, вызывающих снижение надежности работы электровозов с течением времени, является износ, которому в процессе эксплуатации подвергаются механизмы и оборудование. Эксплуатация электровозов с длительным износом приводит к отказам технических средств. При проведении технического обслуживания зачастую возникает риск возникновения человеческого фактора при определении неисправностей. Учитывая, что ОАО «РЖД» постоянно повышает интенсивность эксплуатации тягового подвижного состава (ТПС), актуальной является задача совершенствования методов и средств фиксации отклонений от нормальной работы оборудования ТПС как при приемке/сдаче, так и в пути следования.

На сегодняшний день основным оперативным инструментом фиксации технического состояния ТПС является бортовой журнал технического состояния формы ТУ-152. Постепенно появляются бортовые, стационарные и переносные системы диагностики технического состояния оборудования ТПС.

В условиях развития цифровой экономики Российской Федерации и всеобщей информатизации настоящий метод и соответствующая ему технология фиксации

замечаний технического состояния ТС не в полной мере соответствует современным требованиям, предъявляемым к диагностике электровозов [1].

При существующей организации технологического процесса отсутствует возможность предиктивно оценить техническое состояние оборудования ТПС и предотвратить риски возникновения незапланированных видов ТОиР, которые приводят к существенной потере времени и простою. Зачастую, работники узнают о неисправностях или каких-либо несоответствиях только при приемке или эксплуатации ТПС.

Таким образом, на сегодняшний день, задача предиктивной диагностики является наиболее актуальной и востребованной для снижения рисков возникновения отказов технических средств.

Исследование основных технических параметров ТЭД электровозов переменного тока проводилось ранее в [3].

Рассматриваемые ранее параметры ТЭД, влияющие на техническое состояние, не дают возможность осуществить предиктивную аналитику [2]. Ввиду этого, для реализации предлагаемого способа предиктивной диагностики оборудования необходимо исследовать «критические» параметры, влияющие на определение отказа технического средства. С целью определения возможности предиктивной диагностики и мониторинга отказов технических средств ТПС с использованием нейросетевых инструментов выявлены «критические» параметры тяговых электродвигателей электровозов.

Исследования в [2] показывают, что отказ технических средств электрических машин, в большей части, настает из-за пробоя изоляции по причине ее старения. По степени старения изоляции можно судить о техническом состоянии всей электрической машины.

Известно, что при нагревании изоляции обмоток ТЭД происходит выделение эманирующих газов. Для определения предотказного состояния ТЭД была выдвинута гипотеза, что по спектру эманирующих газов можно сделать оценку технического состояния ТЭД и соответственно вывод о текущем техническом состоянии при помощи предиктивного анализа нейросетевыми инструментами.

Для решения задачи определения состава эманирующих газов от нагретых частей изоляции применен метод колебательного спектроскопии инфракрасного поглощения (ИК-спектроскопия). Характеристичность ИК спектров появляется в том, что они чувствительны как к структурным изменениям в молекуле, таким как конформационные переходы и поворотная изомерия, так и к проявлениям «внешних» факторов – межмолекулярных взаимодействий. Сведения, получаемые при анализе ИК спектров, позволяют сделать заключение о строении и динамике

молекул. Большое количество различных правил и закономерностей позволяет достаточно быстро делать достоверные прогнозы [2].

Результаты исследования методом ИК-спектроскопией показывают, что выброс углекислого газа последовательно растет в силу запуска процесса окисления органических соединений (рисунок 1).

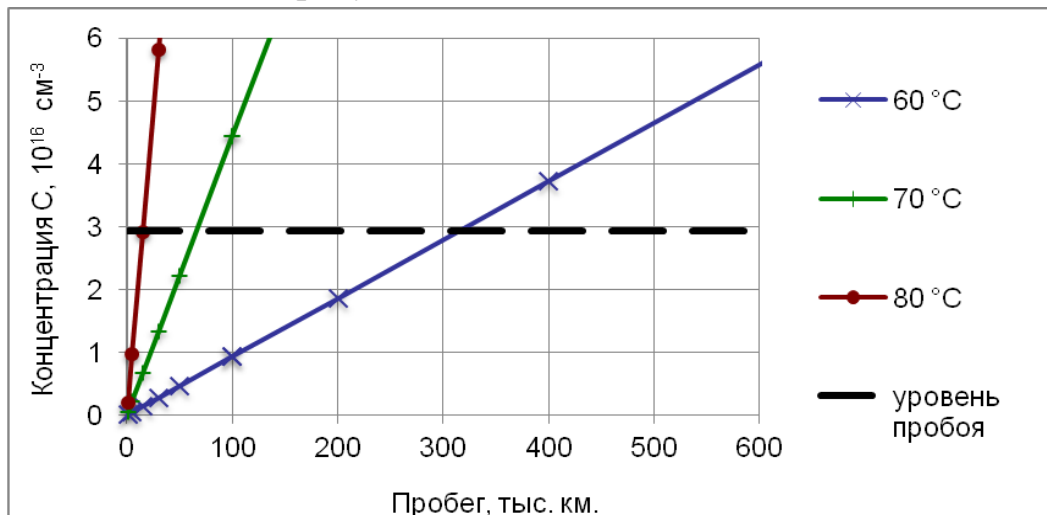


Рисунок 1 – Зависимость концентрации продуктов распада в ПЭТ от пробега при разных превышениях температуры двигателя. Температура окружающей среды принята равной 15 °C. Пунктирной линией указана предполагаемая концентрация продуктов распада, при которой наступает пробой изоляции

При построении этих зависимостей сделаны следующие упрощения:

- средний суточный пробег составляет 700 км;
- превышение температуры двигателя над температурой окружающей среды постоянно в течение всего пробега.

В рамках исследования разработана функциональная архитектура предлагаемой интеллектуальной системы диагностики, представленная на рисунке 2.

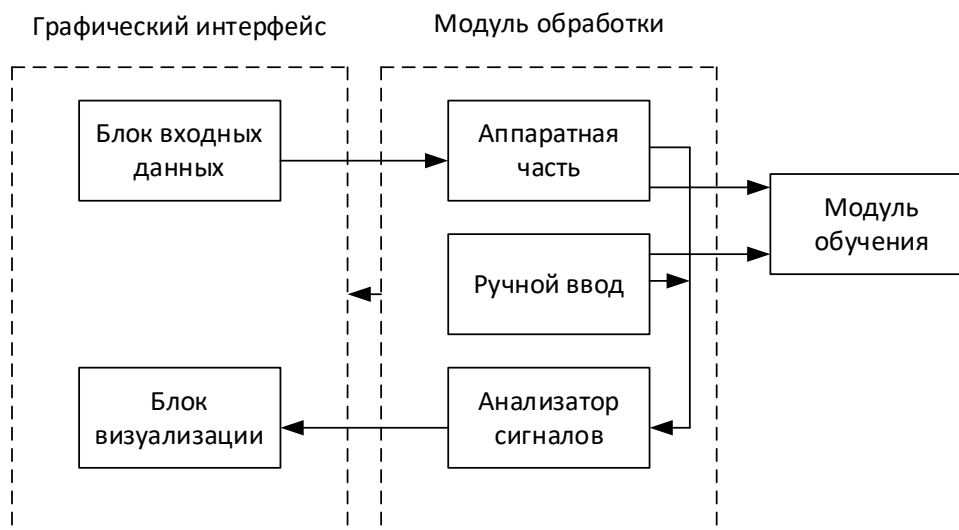


Рисунок 2 – Общая архитектура предлагаемой системы

В соответствии с рисунком 2 предлагаемая система состоит из интерфейса пользователя (графического интерфейса), специализированного нейросетевого ядра обработки информации (модуль обработки) и модуля обучения.

С целью обработки предоставленных данных в системе используется несколько типов искусственных нейронных сетей: сеть Кохонена, прямого распространения и вероятностная ИНС.

В рамках выполнения данной работы были получены следующие результаты:

– исследованы основные технические параметры. Анализ технических параметров ТЭД показывает, что важнейшие факторы, оказывающие влияние на отказы технических средств, распределились равномерно: расчетная скорость локомотива и напряжение ТЭД – 28 %; напряжение контактной сети – 23 %; продольно-динамические усилия в сечении автосцепки – 21 %; ток ТЭД и сила тяги – 20 % [3];

– исследованы спектры эманулирующих газов. В ходе анализа выявлено, что в 80 % случаев отказов технических средств ТЭД невозможно сформировать вероятность события на стандартных параметрах (ток, напряжение, скорость, температура и т.д.) и соответственно обучить нейронную сеть. В этом случае были исследованы другие параметры, по которым возможно оценить техническое состояние ТЭД. Одним из таких параметров является – эманулирующий газ изоляции обмотки. При проведении лабораторных испытаний определено, что в 91 % случаев пробоя изоляции обмотки ТЭД, можно было предотвратить отказ путем диагностирования спектра данных газов. В ходе работы были получены более 200 различных спектров газа, при которых возможен отказ ТЭД. Данная база была определена для обучения нейронной сети в предлагаемой системе [2];

– разработаны общие функциональная и техническая архитектуры. Система состоит из интерфейса пользователя (графического интерфейса), специализированного нейросетевого ядра обработки информации (модуль обработки) и модуля обучения. С целью обработки предоставленных данных в системе используется несколько типов искусственных нейронных сетей: сеть Кохонена, прямого распространения и вероятностная ИНС.

Список используемых литературных источников

1 Поморцев, В.А., Информатизация локомотивного комплекса в рамках концепции «Цифровая железная дорога», Вестник СамГУПС, 2019.

2 Орленко, А.И. Комплексная диагностика тягового двигателя электровоза: монография / А.И. Орленко, М.Н. Петров, О.А. Тергулов ; под ред. Проф. М.Н. Петрова ; КРИЖТ ИрГУПС. – Красноярск: КРИЖТ ИрГУПС, 2016. – 218 с.

3 Поморцев, В. А. Оценка сдерживающих эксплуатационных факторов при развитии тяжеловесного движения на Восточном полигоне / В. А. Поморцев, А. И. Орленко, Е. М. Лыткина // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 1(91). – С. 60-65. – EDN JMADQS.