

5 Френкель, С. Я. О построении системы нормирования расхода дизельного топлива магистральными тепловозами / С. Я. Френкель // Новое в конструкции и технологии обслуживания локомотивов : тезисы докладов науч.-техн. конф. – СПб.: ПГУПС, 2003. – С. 32–33.

6 Френкель, С. Я. Сравнительный анализ энергоэффективности локомотивов в эксплуатации / С. Я. Френкель, Б. С. Френкель // Локомотивы. Электрический транспорт. XXI век : материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. – Т. 2. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2018. – С. 197–202.

УДК 621.313.33

## МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*О. Р. ХАМИДОВ, А. В. ГРИЦЕНКО*

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

Безопасность эксплуатации локомотивов – одна из ключевых проблем железной дороги – во многом зависит от надежности работы локомотивных асинхронных тяговых электродвигателей. В свою очередь, надежная эксплуатация локомотивов и, в частности, асинхронных тяговых электродвигателей (АТЭД) обеспечивается целым комплексом мероприятий, среди которых важное место отводится диагностике технического состояния АТЭД.

В настоящее время искусственные нейронные сети (ИНС) находят широкое применение в самых разных предметных областях, в таких отраслях, как автономное управление, робототехника, планирование снабжения, вычислительная техника, медицина, авиация, железные дороги и многих других. ИНС, имитируя работу головного мозга человека, обладают огромным спектром задач, в который входит прогнозирование, идентификация, аппроксимация, управление и т. д. [1, 2].

Анализ существующих зарубежных и отечественных подходов [2–4] показывает что современные системы мониторинга и управления эксплуатацией локомотивных асинхронных электродвигателей являются многоуровневыми, причем нередко эти уровни мало связаны между собой. Практика автономного проектирования соответствующих подсистем приводит к тому, что на различных уровнях управления используются различные методики и стандарты, нет единого метрологического и информационного сопровождения, отсюда можно сделать вывод: требуются значительные вычислительные ресурсы, поэтому данная проблема эффективно решается путем информационной «увязки» различных уровней диагностического обеспечения и управления локомотивного АТЭД.

Разработана интегрированная распределенная интеллектуальная система, основной функцией которой является объединение систем поддержки для решений, в рамках отрасли, при выполнении широкого спектра задач: испытаний, доводки, деповского ремонта, эксплуатации и т. д., где подразумевается использование CALS-технологии, SCADA-систем, STEP-стандартов, CASE-технологии [1, 3, 4]. Комплексное применение этих средств на основе клиент-серверных технологий позволит эффективно и качественно проводить процесс диагностирования технического состояния АТЭД локомотивов.

На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса контроля параметров и диагностики технического состояния АТЭД локомотивов.

Как показано на рисунке 1, функциональные блоки означают следующее.

Блок F1 – запись данных измерений локомотивного АТЭД (измеренные параметры в процессе испытаний локомотивного асинхронного электродвигателя нормируются, калибруются, масштабируются и записываются в базу данных испытаний в темпе реального времени).

Блок F2 – статистическая обработка данных АТЭД локомотивов (корреляционный, факторный, регрессионный анализ и т. д.), результатом которой является отсеивание ошибок измерений параметров (аномальных значений).

Блок F3 – «идентификация параметров элементов бортового контроля» – производится идентификация параметров и контроль измеряемых параметров локомотивного АТЭД, в процессе которого дается оценка фактического технического состояния АТЭД (электродвигатель исправен или неисправен).

Блок F4 – «реализация в программном обеспечении бортового контроля измеряемых параметров» – реализуются алгоритмы контроля измеряемых параметров АТЭД локомотивов в программный код. Полученный программный код в дальнейшем используется в качестве модуля контроля и диагностики измеряемых параметров АТЭД локомотивов.

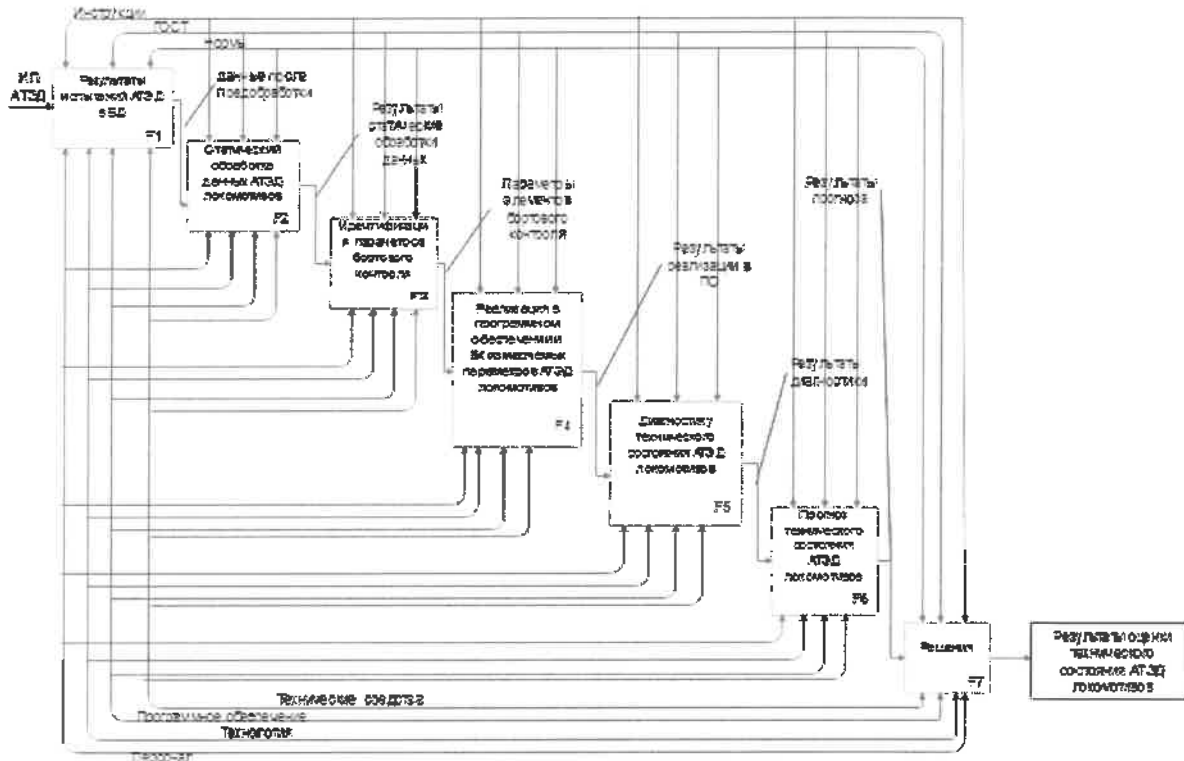


Рисунок 1 – Функциональная модель процесса контроля параметров и диагностики технического состояния АТЭД локомотивов

Блок F5 – диагностика технического состояния АТЭД локомотивов, на основании которой устанавливается наличие неисправности, дефектов и локализуется место ее проявления.

Блок F6 – анализ тренда параметров и прогноз фактического технического состояния АТЭД, на основании которых выявляются тенденции изменения параметров локомотивного асинхронного тягового привода, а также осуществляется краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный прогнозы их поведения.

Блок F7 – принятие решения о фактическом техническом состоянии АТЭД локомотивов, на основании которого осуществляется дальнейшая эксплуатация локомотивов или его снятие.

В настоящее время нейросетевая технология является одной из наиболее динамично развивающихся областей искусственного интеллекта [2, 4].

Разработка нейросетевых систем состоит в определении структуры и моделировании функции множества искусственных нейронных сетей, которые обеспечивают решение сложных технических задач классификации, распознавания и поиска полезной информации, а также структуры и функций нейронных сетей, предназначенных для интеллектуальной обработки информации (интеллектуального нейрокомпьютинга), и первоначально задаются инженером-разработчиком.

Проблема интеллектуальной системы контроля технического состояния локомотивного АТЭД в рамках концепции не является тривиальной, т. е. среди основных вопросов, требующих своего решения в рамках этой проблемы, следующие: разработка экспертных нейросистем в условиях распределенных баз данных и знаний, решение задач мониторинга и контроля параметров локомотивного асинхронного электродвигателя в распределенной системе АРМов и взаимодействие знаний и баз данных на локальном и глобальном уровнях, а также для реализации мониторинга и контроля измеряемых параметров локомотивного АТЭД все необходимые ресурсы; роль системного моделирования для решения задачи контроля параметров локомотивного асинхронного тягового электродвигателя в условиях бортовой реализации и т. д.

Ответ на эти и другие вопросы позволит научно обоснованно и эффективно решить проблему контроля технического состояния локомотивного АТЭД.

Результаты проведенного исследования показали [1, 2, 4], что для оценки технического состояния АТЭД локомотивов необходимо использовать новые подходы к решению задачи идентификации (аппроксимации функций), которые позволяют распараллеливать алгоритмы вычислений с целью увеличения скорости расчета, разработанные модели. Поэтому перспективным подходом является использование теории систем искусственного интеллекта, а именно технологии нейронных сетей, которые позволяют решать широкий спектр задач: от распознавания режима работы асинхронного тягового электродвигателя до восстановления потерянной информации с информационных каналов в условиях ботовой реализации объекта.

Методики построения нейросетевой модели включают следующие основные этапы:

- анализ данных на начальном этапе постановки задачи и выбора архитектуры ИНС;
- преобразование данных для построения более эффективной процедуры настройки ИНС;
- выбор архитектуры ИНС для АТЭД;
- выбор структуры искусственной нейронной сети;
- выбор алгоритма обучения ИНС для АТЭД локомотивов;
- тестирование и обучение искусственной нейронной сети;
- анализ точности нейросетевого решения для АТЭД;
- принятие решения о техническом состоянии АТЭД локомотивов на основе полученных результатов.

На рисунке 2 представлен программно-аппаратный комплекс и структура ИНС для диагностирования АТЭД локомотивов. При обучении ИНС на входе используется определенное значение [3], соответствующее конкретному виду неисправности и отказов АТЭД локомотивов, а также эталонные экспериментальные значения сигнала полной потребляемой мощности опытного двигателя, который получен при помощи того же измерительного устройства.

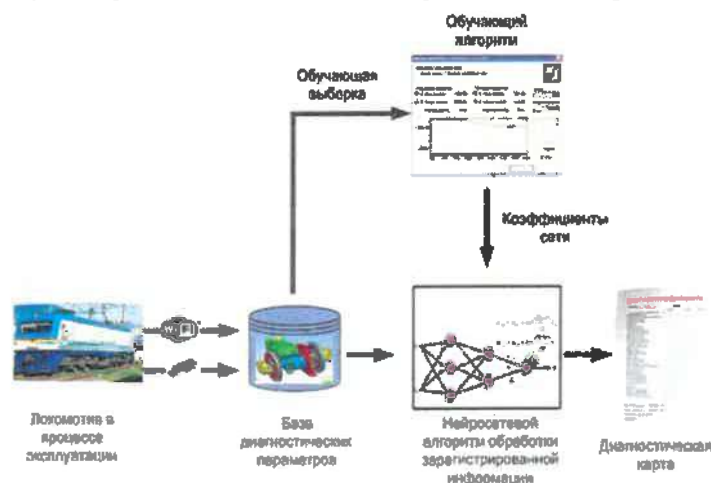


Рисунок 2 – Структура ИНС для диагностирование АТЭД

**Выводы.** Для создания диагностических устройств и программных комплексов нужно использовать ИНС, так как они являются мощным средством распознавания и прогнозирования сигналов, а их способность к обучению дает возможность разрабатывать адаптивные системы защиты и диагностики тяговых электродвигателей локомотивов.

#### Список литературы

- 1 Аппарат искусственных нейронных сетей для диагностики современного локомотива / А. В. Грищенко [и др.] // Локомотив. – 2012. – № 7. – С. 36–40.
- 2 Хамидов, О. Р. Разработка методики комплексного диагностирования асинхронного тягового электродвигателя подвижного состава железнодорожного транспорта / О. Р. Хамидов, О. Т. Касымов // Нацразвитие : сб. материалов конф. ГНИИ. – 2017. – С. 32–39.
- 3 Хамидов, О. Р. Оценка технического состояния асинхронных тяговых электродвигателей электровозов серии «UZ-EL» средствами вибродиагностики / О. Р. Хамидов, О. Т. Касымов // Нацразвитие : сб. материалов конф. ГНИИ. – 2017. – С. 13–19.
- 4 Stacked sparse autoencoder-based deep network for fault diagnosis of rotating machinery / Y. Qi [et al.] // IEEE Access. – 2017. – Vol. 5. – P. 15066–15079.