

Сигнал с выхода усилителя *AU1* поступает на вход сумматора *SM1*, сигнал с выхода усилителя *AU2* – на вход сумматора *SM1* и на первый вход делителя напряжения *DIV1*, сигнал с выхода усилителя *AU3* – на вход сумматора *SM2* и на первый вход делителя напряжения *DIV2*, а сигнал с выхода *AU4* – на вход сумматора *SM2*. Выходные сигналы сумматоров *SM1* и *SM2* подаются на вычитатель *SUB* и соответственно на вторые входы делителей напряжений *DIV1* и *DIV2*.

Сигнал с выхода *DIV1* через пороговые элементы *SF1* и *SF2* подаётся на блоки сигнализации, соответственно, *PS1* и *PS2*, сигнал с выхода *DIV2* через пороговые элементы *SF6* и *SF7* – на блоки сигнализации, соответственно, *PS6* и *PS7*, а сигнал с выхода вычитателя *SUB* через пороговые элементы *SF3*, *SF4* и *SF5* – на входы блоков сигнализации, соответственно, *PS3*, *PS4* и *PS5*. При этом пороговый элемент *SF4* реагирует на величину сигнала положительной полярности, а пороговый элемент *SF5* – на величину сигнала отрицательной полярности.

Блоки сигнализации *PS1* и *PS2* дают информацию соответственно о предотказном состоянии или отказе изолирующего стыка ИС1, а блоки сигнализации *PS6* и *PS7* – о предотказном состоянии или отказе изолирующего стыка ИС2. Блок сигнализации *PS3* даёт информацию о превышении величиной асимметрии тягового тока на этом конце РЦ допускаемого значения. При этом если величина тягового тока больше в рельсовой нити РН2, то срабатывает блок сигнализации *PS4*, а если в рельсовой нити РН1, то срабатывает блок сигнализации *PS5*.

Предложенный способ позволяет при использовании достаточно простых технических средств автоматизировать процесс автоматического контроля и диагностики состояния изолирующих стыков на участках с электротягой. Это повышает уровень ремонтпригодности РЦ, уменьшает потери в поездной работе и расходы на эксплуатацию РЦ.

#### Список литературы

- 1 Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. пособие / Вл. В. Сапожников [и др.]. – М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2017. – 318 с.
- 2 Шаманов, В. И. Помехи на аппаратуру рельсовых цепей и автоматической локомотивной сигнализации. Средства защиты / В. И. Шаманов. – М. : УМЦ по образованию на ж.-д. транспорте, 2019. – 303 с.
- 3 Шаманов, В. И. Измерения параметров рельсовых линий в задачах электромагнитной совместимости / В. И. Шаманов, Д. В. Денежкин // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 8. – С. 10–16.
- 4 Устройство для контроля состояния изолирующих стыков при электротяге переменного тока : патент на изобретение № 2786253 / В. И. Шаманов, Д. В. Денежкин ; заявл. 03.06.2022; опублик. 19.12.2022.

УДК 656.259.9

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*В. Д. ШВАЛОВ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону,  
Российская Федерация*

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) являются неотъемлемой частью перевозочного процесса. Они позволяют решать задачи организации безопасного движения железнодорожного транспорта благодаря средствам и методам телемеханического и автоматического воздействия. Помимо основных функций современные системы ЖАТ способны выполнять такие функции, как техническое диагностирование и непрерывный мониторинг устройств ЖАТ, входящих в систему, телеуправление объектами централизации, телеконтроль объектов централизации.

Внедрение систем ЖАТ обосновано необходимостью замены устройств с высоким потреблением энергии на более экономичные. Например, в последние годы активно происходит замена систем электрической централизации на микропроцессорные системы централизации. Такие системы имеют низкий уровень энергопотребления, но при этом сохраняется соответствующий класс надежности. Основными целями такого внедрения является оптимизация эксплуатационных расходов, повышение надежности, наличие возможности увязки с системами диспетчерской централизации и системами технического диагностирования и мониторинга, снижение трудозатрат на проектирование.

Вопросы модернизации существующего оборудования железнодорожной автоматики и телемеханики являются актуальными в наши дни. Одним из актуальных предложений в этом направлении является развитие стрелочных электроприводов (СЭП) на станциях и сортировочных горках. Например, в [1] описана шестипроводная схема управления стрелочным электроприводом для релейной централизации стрелок и сигналов с возможностью работы от электропитания, поступающего как от подстанции, так и от возобновляемых источников энергии. В данной статье рассмотрен способ перевода электрических схем управления стрелками на местное электроснабжение с использованием солнечных батарей. В этом случае электропитание поступает из горловины станции от местных гарантированных источников с солнечными батареями. В [2] представлена методика оценки координат размещения датчика РТД-С на стрелочных участках спускной части сортировочных горок с нетиповым путевым развитием. Рассматриваемая методика основана на расчете длины зоны обнаружения датчика в привязке её границ к колесным парам отцепов относительно острия стрелочного перевода. Радиотехнический датчик работает по принципу теневой радиолокации. СЭП относится к напольному оборудованию, находящемуся под постоянным воздействием климатических условий, особенно в зимнее и переходное время, соответственно очень важно соблюдать условия безопасной эксплуатации для обеспечения бесперебойного движения поездов. В настоящее время существуют системы автоматической очистки стрелочных переводов, которые предназначены для удаления снега и льда в зоне острия, крестовин, сердечников и рамных рельсов. Основой их работы является датчик определения снега и наледи, погодная станция или метеостанция. Достоинство таких систем – автоматическое управление обогревом, а также стойкость к механическим воздействиям, надежность и электробезопасность. Принцип действия – передача электроэнергии на нагревательные элементы, расположенные на рельсах. В [3] проведен анализ применения на сети железных дорог ОАО «РЖД» датчиков обледенения, погодных и метеостанций, входящих в состав систем очистки стрелочных переводов российского производства, а также рассмотрены их типы и принципы действия. Учитывая уже имеющиеся разработки в данной области, был предложен инновационный датчик определения льда или снега на контролируемой поверхности. Основными его преимуществами являются нечувствительность к скорости обтекания воздушным потоком, а также невысокие требования к вычислительной мощности контроллера, устойчивость к внешним механическим и климатическим воздействиям и наличие полностью российского программного обеспечения, что немаловажно в наши дни.

Помимо физических способов, влияющих на обеспечение безопасной работы устройств автоматики и телемеханики, в настоящее время активно используются интеллектуальные, основанные на анализе собираемых данных в процессе их технического диагностирования и мониторинга. Рассмотрим методы многофакторного статистического анализа, которые позволяют расширить возможности проведения анализа полученных данных в процессе технического диагностирования и мониторинга исследуемых объектов. В общем виде многофакторный анализ одновременно может определить уровень влияния только двух факторов на нормально распределенную переменную.

Одним из инструментов многофакторного анализа является метод главных компонент. Метод главных компонент (МГК) – это линейный способ понижения размерности признакового пространства данных с потерей наименьшего объема информации. Цель метода состоит в том, чтобы оценивать и визуализировать сходства между наблюдениями, а также линейные связи между показателями, которыми характеризуются эти наблюдения. В процессе решения задачи МГК позволяет определить направления, т. е. главные оси или главные компоненты, вдоль которых вариация данных максимальна. В результате размерность многомерных данных снижается до двух или трёх главных компонент, которые можно визуализировать графически, потеряв наименьший объем информации из исходного массива данных. МГК широко используется во многих отраслях, например, в области технических наук с появлением больших данных сферы для применения этого метода постоянно расширяются. В [4] рассмотрено применение метода главных компонент в области автоматики и электрометрии, а именно для оценки обобщенной характеристики дефекта при обработке многопараметровых акустических сигналов многократного зеркально-теневоего метода контроля пруткового проката. В данном случае МГК позволил сократить количество параметров сигналов при формировании критериев браковки, разработать методику оценки обобщенной характеристики дефекта, сформировать комплексный критерий браковки на основе недопустимого значения обобщенной характеристики дефекта для

объектов из любых марок стали и любых диаметров. МГК также применяется в области физики, например, в [5] методом главных компонент была проведена кластеризация радиопульсаров с наблюдаемыми гигантскими импульсами с помощью пяти известных параметров. Показано, что совокупность всех известных пульсаров с гигантскими импульсами разделяется в фазовом пространстве главных компонент на два кластера.

Рассмотрим применение МГК к анализу динамических данных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Например, в гибридной системе стрелок и светофоров «РПЦ-ДОН» подсистемой поддержки принятия решений ведется постоянный мониторинг эксплуатационных данных работы устройств. Для идентификации технического состояния и предотвращения нештатной ситуации, связанной с работой стрелочных электроприводов, с помощью МГК возможно провести анализ величины тока перевода стрелки. В зависимости от полученных данных специалист делает вывод о состоянии устройства (работоспособное/неработоспособное) и в случае наличия неисправности принимает меры по устранению.

#### Список литературы

- 1 Схема управления стрелочным электроприводом от возобновляемых источников энергии / Д. В. Ефанов [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 12. – С. 11–15. – DOI: 10.34649/AT.2023.12.12.003.
- 2 Зуев, Г. А. Индивидуальное размещение датчика контроля стрелочных участков / Г. А. Зуев, М. Ю. Акинин // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 2–7. – DOI: 10.34649/AT.2022.4.4.001.
- 3 Бубнов, В. П. Анализ датчиков автоматической системы обогрева стрелочных переводов / В. П. Бубнов, В. А. Баранов, Ш. Х. Султонов // Автоматика, связь, информатика. – 2022. – № 4. – С. 8–11. – DOI 10.34649/AT.2022.4.4.002.
- 4 Метод главных компонент при обработке многопараметровых акустических сигналов зеркально-теневым методом контроля проката / О. В. Муравьева [и др.] // Автотометрия. – 2023. – Т. 59, № 5. – С. 3–14. – DOI: 10.15372/AUT20230501.
- 5 Малов, И. Ф. Анализ параметров радиопульсаров с гигантскими импульсами методом главных компонент / И. Ф. Малов, О. И. Малов // *Астрономический журнал*. – 2023. – Т. 100, № 3. – С. 272–280. – DOI: 10.31857/S0004629923030052.

УДК (681.518.5 + 004.89):656.259.12

### ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ ПО ДАННЫМ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА

*Д. В. ШВАЛОВ, Ю. С. НОВИ*

*Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону,  
Российская Федерация*

Современные средства технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики осуществляют непрерывный контроль технического состояния основных устройств (рельсовых цепей, централизованных стрелок, светофоров, аппаратуры, схем реализации зависимостей, источников электропитания), включая выявление предотказных состояний. Выявление предотказных состояний является основным условием для организации технического обслуживания и ремонта по фактическому состоянию объекта. Однако с точки зрения повышения эффективности процесса технической эксплуатации, включая вопросы планирования ремонтно-восстановительных или профилактических работ при техническом обслуживании устройств автоматики и телемеханики по состоянию, недостаточно только выявлять предотказные состояния. Необходимо также реализовать прогнозирование технического состояния устройств на основании анализа динамики (трендов) изменения значений контролируемых параметров в течение определенного интервала времени. При этом задачи прогнозирования могут быть поставлены и решены в следующих формулировках: «определить период, в течение которого объект будет находиться в исправном или работоспособном состоянии», «определить момент времени, в который произойдет переход объекта из исправного состояния в неисправное или из работоспособного состояния в неработоспособное», «определить состояние объекта в конкретный момент времени в будущем».

Данные о значениях исследуемых параметров формируются в виде временных рядов, при этом каждый член такого ряда представляет собой точечное численное значение. Формирование времен-