

Динамика изменения значений фактического коэффициента шунтовой чувствительности может быть использована при реализации алгоритма логического распознавания характера занятия рельсовой цепи – фактического или ложного, что может быть использовано для организации технического обслуживания рельсовых цепей «по состоянию» (ситуационного управления) [3, 4]. Такой алгоритм при реализации в системе технического диагностирования и мониторинга может стать дополнительным каналом получения информации наряду с известными алгоритмами логического контроля последовательного занятия и освобождения рельсовых цепей, реализуемыми в системах централизации стрелок и светофоров.

#### Список литературы

1 Швалов, Д. В. Динамическая модель фазочувствительной рельсовой цепи в шунтовом режиме / Д. В. Швалов, Е. Р. Плечистова, А. Д. Мамонтова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Белорусской железной дороги (Гомель, 24–25 ноября 2022 г.). В 2 ч. Ч. 1; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 234–236.

2 Брылеев, А. М. Устройство и работа рельсовых цепей / А. М. Брылеев, А. В. Шишляков, Ю. А. Кравцов. – М. : Транспорт, 1966. – 264 с.

3 Пультяков, А. В. Управление инцидентами в системе технической эксплуатации микропроцессорных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / А. В. Пультяков, В. А. Алексеенко, Р. В. Лихота // Транспорт Урала. – 2020. – № 1 (64). – С. 43–47.

4 Пультяков, А. В. Организация работы центров технической диагностики и мониторинга устройств автоматики и телемеханики на Восточном полигоне / А. В. Пультяков, В. А. Алексеенко // Транспорт: наука, техника, управление. – 2023. – № 1. – С. 23–28.

УДК (681.584.7+656.259.9):681.518.5

## ПРОБЛЕМЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ РЕЛЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

*Д. В. ШВАЛОВ, В. В. ПОЛУКОШКО*

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

На сегодняшний день, несмотря на активное развитие микропроцессорной техники, в системах железнодорожной автоматики и телемеханики доминирующими приборами являются электромагнитные реле, часть которых имеет выработку установленного ресурса и находится в состоянии физического старения, что при влиянии различных дестабилизирующих факторов может привести к возникновению отказов, и, как следствие, к увеличению рисков нарушения условий безопасности движения поездов, снижения пропускной и провозной способности железных дорог.

Физическое старение реле, причинами которого являются как необратимые физико-химические процессы, так и процессы, вызванные воздействием различных дестабилизирующих факторов – электромагнитных сил, коммутационных явлений, вибрационных нагрузок и других механических воздействий, экстремальных температур, агрессивной по допустимым условиям эксплуатации окружающей среды. Разрушительное воздействие на элементы реле оказывают процессы эрозии и электрического изнашивания, возникающие вследствие воздействия электрических разрядов, искрения, дугообразования, сопровождающихся значительным выделением тепловой энергии [1]. Совокупное воздействие дестабилизирующих факторов приводит к циклической деформации материала и появлению микротрещин, рост которых может быть усилен механическими напряжениями в материале, что, в свою очередь, может вызвать необратимые процессы изменения структуры и химического состава изоляции и медных жил проводов, включая жилы обмоток реле. Так, повреждение нити обмотки реле увеличивает электрическое сопротивление участка, что приводит к увеличению температуры дефектного места, выгоранию и обрыву этого участка. Также следует отметить, что релейные схемы функционируют в условиях нестабильности питания, перегрузок по напряжению (току), атмосферных и коммутационных явлений в линиях внешнего электроснабжения, что в конечном итоге и приводит к термическим повреждениям их элементов.

Как показывает практика, последствиями рассмотренных процессов являются обрывы проводов обмоток, частичные или полные короткие замыкания витков обмоток, внутренние обрывы обмоток, увеличение сопротивления контактов, отклонение от норм времени притяжения и отпущения якоря

реле. При этом практически все зафиксированные отказы релейной аппаратуры по характеру возникновения относят к внезапным вследствие отсутствия методов и средств непрерывного контроля состояния реле и своевременного выявления в процессе эксплуатации предотказного состояния и момента возникновения отклонений значений параметров приборов от нормативных.

Известные в различных отраслях методы неразрушающего контроля могут быть применены и в отношении электромагнитных реле, например:

- ультразвуковая дефектоскопия – использование высокочастотных ультразвуковых волн для обнаружения микротрещин и изменений структуры металлических (медных) элементов реле;

- инфракрасная термография – выявление температурных изменений внутри металлических элементов реле, обнаружение локальных участков повышенного нагрева, что может быть связано с наличием микротрещин;

- радиография – выявление дефектов и деформаций внутренней структуры элемента, основанное на взаимодействии рентгеновских лучей с материалом;

- электромагнитная диагностика – измерение параметров и фиксация изменений электромагнитных полей, возникающих при наличии дефектов внутри элементов реле.

Измерение параметров и характеристик реле с использованием методов неразрушающего контроля позволяет осуществлять контроль их состояния реле без вскрытия либо другого вмешательства в процесс функционирования. Однако рассмотренные методы требуют оснащения специализированным сложным и дорогостоящим оборудованием, что позволяет говорить об их применении только в стационарных условиях, то есть требуется вывод из эксплуатации контролируемой аппаратуры. Кроме того, высокая стоимость контрольно-измерительной аппаратуры и оборудования является существенным ограничением для реализации большого количества рабочих мест на предприятиях, выполняющих техническое обслуживание и ремонт релейной аппаратуры.

Чтобы получить фактическую оценку состояния (степени износа) обмотки реле и выявить факт физического старения необходимо вести непрерывное измерение значений таких параметров как сопротивление обмотки, напряжение на обмотке, сила тока, протекающего через обмотку, а также температура внешней среды и температура непосредственно обмотки. Также информацию о фактическом состоянии реле можно получить на основе данных о значениях таких параметров как временные характеристики притяжения и отпускания, динамические параметры (сила тока, напряжение) переходных процессов при подаче и снятия напряжения с обмотки реле.

Современные средства технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики обладают широким функционалом в части измерения значений электрических параметров и имеют большую номенклатуру средств измерения, что позволяет осуществлять непрерывный мониторинг технического состояния основных устройств. С точки зрения возможности контроля технического состояния отдельных реле и выявления повреждений их элементов в процессе эксплуатации без снятия реле из цепи можно предложить два метода:

- 1) по результатам непрерывного мониторинга параметров электрических цепей – значения электрических параметров поврежденных элементов будут отличаться от эталонных значений (значений исправных приборов), следовательно, будут изменяться и электрические параметры цепей, в которые включены поврежденные приборы. Например, увеличение сопротивления обмотки реле приведет к увеличению сопротивления всей цепи, что можно выявить по увеличению силы тока в цепи при постоянном напряжении питания;

- 2) по результатам фиксации воздействий дестабилизирующих факторов – если зафиксировано внешнее воздействие с «критическими» значениями параметров, то необходимо проверить состояние включенных в эту цепь приборов, вероятность повреждения которых в результате данного воздействия существует; множество и состав проверок будет определяться в зависимости от характера и параметров воздействия. Решающее правило в общем виде может быть таким: «если зафиксировано воздействие (электрическое, температурное) и после этого зафиксировано изменение значений параметров цепи, то вероятно повреждение приборов, включенных в цепь».

С учетом большого количества различных обрабатываемых данных и различным влиянием их на состояние контролируемых объектов, современные подходы предполагают применение интеллектуальных методов анализа на основе знаний о характере деградационных процессов и взаимовлиянии различных параметров. Так, методы машинного обучения [2] позволяют обнаруживать

сложные и неочевидные, как внутренние, так и внешние взаимосвязи при протекании исследуемых процессов, что может быть упущено при так называемых традиционных методах диагностики.

Таким образом, расширение функционала современных систем технического диагностирования и мониторинга в части прямого или косвенного мониторинга фактического состояния электромагнитных реле позволит реализовать техническое обслуживание «по состоянию» релейных систем железнодорожной автоматики и телемеханики с глубиной до отдельных приборов. Основная сложность здесь представляется в области исследования характера деградиционных процессов и влияния внешних факторов на их протекание, что решается путем математического или физического моделирования реальных процессов. Следует заметить, что для практического использования количество и номенклатура контролируемых реле выбираются из соображений целесообразности с учетом риска наибольшей подверженности воздействию дестабилизирующих факторов.

#### Список литературы

- 1 **Сапожников, В. В.** Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Сапожников : под ред. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2003. – 263 с.
- 2 **Ильин, А. В.** Создание человеко-машинной среды решения задач / А. В. Ильин, В. Д. Ильин // Системы и средства информатики. – 2016. – Т. 26, № 4. – С. 149–161.