

```

main_or IsOrNode= True:IsLogic= True
--несанкционированный перевод стрелки(допущение через И) IsOrNode= False:IsLogic= True
----ложный сигнал об отсутствии тока IsOrNode= True:IsLogic= True
-----ac_cur_con1 IsOrNode= False:IsLogic= False:ИЛИ;0,12-0,35;in_ac_cur_cont;Периодический;Амплитуда(Пиковое значение);Выше значения;0;210
ac_current_control_@D1_K3_электродов.csv
ac_current_control_@D1_K3_электродов_@D2_K3_электродов.csv
ac_current_control_@D1_K3_электродов_@D2_Обрыв_одного_электрода.csv
ac_current_control_@D1_K3_электродов_@D2_Увеличение_напряжения_открытия.csv
ac_current_control_@D1_K3_электродов_@D2_Увеличение_прямого_сопротивления.csv

```

Рисунок 1 – Пример полученного дерева опасных отказов

В настоящее время ведется разработка программного модуля, который должен решать задачи шестого этапа *FMECA*-анализа:

- на основе полученного дерева опасных отказов выполнять расчет вероятности возникновения опасного отказа всей системы;
- формировать отчет с полученным деревом опасных отказов и численным расчетом.

Программный комплекс прошёл частичную первичную апробацию в научно-исследовательской лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» Белорусского государственного университета транспорта. На данном этапе корректность его работы подтверждается результатами анализа, выполненного специалистами лаборатории.

Использование данного программного комплекса в рамках выполнения *FMECA*-анализа позволит за счет автоматизации частично освободить высококвалифицированных специалистов, выполняющих анализ, от рутинной работы и снизить риски человеческих ошибок. Также данный программный комплекс позволит значительно сократить время на выполнение анализа.

#### Список литературы

- 1 Харлап, С. Н. Обзор существующих средств автоматизации FMECA-анализа / С. Н. Харлап, В. Л. Катков, Е. П. Литвинов // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа–БелГУТа : в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 234–236.
- 2 Особенности методов анализа видов и последствий отказов устройств ЖАТ / С. Н. Харлап [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 160-летию Белорусской железной дороги, Гомель, 24–25 ноября 2022 года : в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 227–230.
- 3 Харлап, С. Н. Программное обеспечение для проведения анализа FMECA микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / С. Н. Харлап, В. Л. Катков // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф.: в 5 ч. Ч. 1 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 43–44.
- 4 Харлап, С. Н. Программное обеспечение для автоматической классификации последствий отказов при проведении FMECA-анализа устройств СЖАТ / С. Н. Харлап, В. Л. Катков, Е. П. Литвинов // Научно-технические аспекты комплексного развития железнодорожного транспорта : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 – Донецк : ДИЖТ, 2024. – С. 140–145.

УДК 656.25

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКОВ

*В. И. ШАМАНОВ, Д. В. ДЕНЕЖКИН*

*Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва, Российская Федерация*

Одной из наиболее характерных причин отказов рельсовых цепей (РЦ) является ухудшение или нарушение изоляции изолирующих стыков [1]. Эти отказы происходят из-за продавливания торцевой изоляции в жаркую погоду, разрушения боковой фибровой изоляции, продавливания втулок и шайб. Средняя наработка на отказ изолирующих стыков по перевезённым грузам составляет 25–35 миллионов тонн [1].

Несимметричное ухудшение состояния изолирующих стыков приводит к увеличению асимметрии тягового тока в рельсовых нитях, отчего растёт уровень помех от тягового тока на приёмники сигналов РЦ и автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). В результате растёт количество сбоев в работе этой аппаратуры [2]. Симметричное ухудшение состояния изолирующих стыков

усиливает кондуктивную связь между смежными РЦ. Если такое ухудшение не контролируется, то оно может привести к появлению ложной занятости смежной РЦ [2].

Измерение сопротивления изолирующих стыков каким-либо омметром невозможно, потому что они закорочены небольшими по величине продольными сопротивлениями рельсовых нитей. Устройства для измерения сопротивления и контроля состояния изолирующих стыков косвенным способом отличаются относительно большой сложностью из-за необходимости использования специального генератора испытательного сигнала и/или дополнительного канала измерения [3].

Появление ложной занятости РЦ или увеличение интенсивности сбоев в работе АЛС может вызываться рядом причин. Диагностика того, что отказ именно изолирующих стыков вызвал отказ в работе РЦ или сбой в работе АЛС является непростой задачей и часто занимает достаточно долгое время. Восстановление работоспособности отказавшего изолирующего стыка трудоёмко и занимает тоже относительно много времени.

Для технического персонала, обслуживающего РЦ, важно знать не количественное значение сопротивления изолирующего стыка, а то, насколько сопротивления этих элементов близки к предельно допускаемому состоянию и как они повлияли на величину асимметрии тягового тока на рассматриваемом конце РЦ.

На участках с электрической тягой для контроля состояния изолирующих стыков, разделяющих РЦ, можно использовать особенности растекания тяговых токов в районе этих стыков. Пусть изолирующие стыки ИС1 и ИС2 разделяют соответственно рельсовую нить РН1 с рельсовой нитью РН3 и рельсовую нить РН2 с рельсовой нитью РН4 (рисунок 1). Тяговый ток  $I_{РН1}$  в рельсовой нити РН1 разветвляется на ток  $I_{ДТ1}$  через одну секцию ДС1 основной обмотки ДТ и на ток  $I_{ИС1}$  через изолирующий стык ИС1, а тяговый ток  $I_{РН2}$  рельсовой нити РН2 разветвляется на ток  $I_{ДТ2}$  через другую секцию ДС2 и ток  $I_{ИС2}$  через изолирующий стык ИС2.

Возрастание относительного значения величины тягового тока через изолирующий стык ИС1  $I_{ИС1}/I_{РН1}$  можно использовать как сигнал об ухудшении состояния данного изолирующего стыка, а увеличение соотношения  $I_{ИС2}/I_{РН2}$  как сигнал об ухудшении состояния другого изолирующего стыка ИС2.

Технически реализовать данный способ можно с использованием устройства, структурная схема которого приведена на рисунке 1 [4]. Устройство снабжено четырьмя выпрямителями, четырьмя усилителями с регулируемым коэффициентом усиления, двумя сумматорами, вычитателем, двумя делителями напряжения, семью блоками сигнализации, семью пороговыми элементами и семью контактами для подключения устройства к рельсовой линии.

Падения напряжений  $U_{P1}$  и  $U_{P2}$  на участках рельса длиной  $\Delta l$  от изолирующих стыков ИС1 и ИС2 до места подключения к рельсу ближайшей дроссельной перемычки подаются через выпрямительные устройства  $VD2$  и  $VD3$  на вход усилителей  $AU2$  и  $AU3$  соответственно. Падения напряжений  $U_{ДТ1}$  на секции ДС1 и  $U_{ДТ2}$  на секции ДС2 подаются через выпрямительные устройства  $VD1$  и  $VD4$  на вход усилителей  $AU1$  и  $AU4$  соответственно.

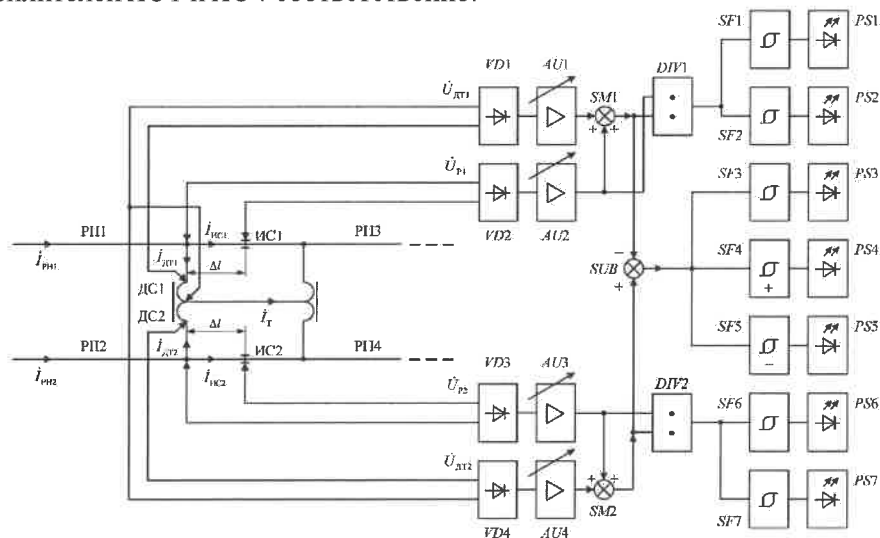


Рисунок 1 – Структурная схема устройства для контроля состояния изолирующих стыков при электротяге

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; опубл. 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.