

**Анализ отказов технических средств цепи обратного тягового тока
Дальневосточной железной дороги в условиях тяжеловесного движения**

Бастин Егор Владимирович

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
Студент*

Макашёва Светлана Игоревна

*Дальневосточный государственный университет путей сообщения
к.т.н., доцент кафедры “Системы электроснабжения”*

Аннотация

Статья рассматривает комплекс проблем в работе систем обеспечения движению поездов по электрифицированным участкам переменного тока, связанных с асимметрией цепи обратного тягового тока. На примере Дальневосточной железной дороги классифицируются случаи отказов технических средств и рассматриваются их наиболее вероятные причины.

Ключевые слова: тяжеловесное движение поездов, искровой промежуток низкоомные опоры.

**Analyzing the technical means failures of reverse traction current circuit for
Far Eastern railway in heavy haul conditions**

Bastin Egor Vladimirovich

*Far Eastern State Transport University
Student*

Makasheva Svetlana Igorevna

*Far Eastern State Transport University
Ph.D in engineering, candidate of technical science, associate professor,
Department of “Power Supply Systems”*

Abstract

The paper deals the problem of the reverse traction current's asymmetry in the rail circuit under heavy haul traffic conditions for AC railways. The consequences and the possible causes of the negative influence of asymmetry of the return current system for AC power traction network are considered on the example of the Far Eastern Railway.

Keywords: heavy haul traffic, airgap, low-resistance towers.

В 2017 году по сети железных дорог ОАО «РЖД» грузооборот установил новый рекорд за всю историю России и достиг величины 2 491,4

млрд т-км, превзойдя показатели советского периода. Также достигли своих максимальных исторических значений скорость и надежность доставки грузов [1]. Транспортировка грузов тяжеловесными поездами по электрифицированным железным дорогам обеспечивает экономически эффективную доставку руды, угля и других сыпучих материалов с мест их добычи до пунктов переработки и районов потребления, однако требует огромного количества энергии [2].

Энергия, потребляемая локомотивами поездов, передается к ним посредством устройств контактной сети, которая располагается на опорах. В целях обеспечения электробезопасности на сети железных дорог, защитное заземление должно выполняться на всех доступных для прикосновения пользователем металлических частях конструкций и устройств, в т.ч. и на опорах контактной сети. К величине сопротивления и способу заземлению опор контактной сети предъявляется ряд требований [3,4]. К примеру, при уменьшении сопротивления опор ниже 100 Ом по [3, 4], существует вероятность повышения нормируемой плотности утечки тока, что потребует включения в цепи заземления опор контактной сети защитных устройств – искровых промежутков или газоразрядных приборов защиты типа ГРПЗ. Так, заземление опор контактной сети на электрифицированных участках переменного тока выполняют наглухо (при высоком сопротивлении опоры) или через искровые промежутки (при низком сопротивлении опоры) согласно п. 3.2.5 Инструкции ЦЭ-191 от 10.06.93 г. [4].

Искровой промежуток является простейшим защитным устройством и включается параллельно изоляционной конструкции. Конструктивно эти защитные промежутки выполняются в виде стрелневых электродов (рогов). Один из электродов промежутка присоединяют к фазному проводу, а другой заземляют [5]. Защитная способность искрового промежутка определяется его пробивным напряжением. В настоящее время отечественная промышленность для электрифицированных железных дорог переменного тока выпускает искровые промежутки с пробивным напряжением от 800 до 1600 В включительно [5]. Отметим, что для предупреждения пробоя изоляции вольт-секундная характеристика защитного искрового промежутка должна лежать ниже вольт-секундной характеристики защищаемой изоляции, что и выполняется в указанном диапазоне.

Принцип работы искрового промежутка заключается в следующем. При нормальном режиме работы контактной сети в цепи заземления формируется разрыв (в виде воздушного промежутка), не позволяющий током утечки протекать в цепях заземления. При возникновении в защищаемой цепи тока значительной величины (несколько кА, что происходит, к примеру, при возникновении короткого замыкания), воздушный промежуток пробивается, и ток короткого замыкания уходит в рельс, вызывая срабатывание устройств релейной защиты фидеров контактной сети [3].

Однако, при регулярном обращении тяжеловесных поездов токи, протекающие по контактной сети, становятся соизмеримыми по величине с

токами коротких замыканий, что вызывает пробой искровых промежутков в нормальном режиме работы железнодорожных участков с последующим срабатыванием устройств релейной защиты фидеров контактной сети и отключению участка, который должен находиться в работе [6, 7].

Помимо этого, пробой искрового промежутка приводит к появлению опасной утечки тока с рельсов через арматуру опоры и бетон в землю, что вызывает асимметрию тягового тока в цепи его возврата (канализации) на тяговую подстанцию [8, 9]. Асимметрия обратного тягового тока является причиной различного рода неисправностей аппаратуры автоблокировки, в том числе рельсовых цепей, включая опасные отказы технических средств, выражающиеся в ложном срабатывании путевого реле, ложной занятости блок-участка, что в итоге приводит к задержкам в движении поездов.

Таким образом, при регулярном обращении тяжеловесных поездов обостряется комплекс проблем в работе систем обеспечения движению поездов, связанных с электробезопасностью работы персонала, асимметрией обратного тягового тока, устойчивостью функционирования защит тяговой сети и аппаратуры рельсовых цепей, что крайне негативно сказывается на бесперебойности перевозочного процесса.

Рассмотрим на примере Дальневосточной железной дороги, как обстоят дела с вышеозначенными проблемами, для чего обратимся к статистической информации по отказам технических средств. В настоящее время информация по отказам технических средств и их причинам собирается и систематизируется при помощи двух автоматизированных систем мониторинга состояния инфраструктуры и подвижного состава:

- 1) КАС АНТ – комплексная автоматизированная система учёта, контроля устранения отказов технических средств ОАО «РЖД» и анализа их надёжности
- 2) ГИД – система автоматизированного ведения графика движения поездов.

На рис. 1 представлена диаграмма количества случаев отказа технических средств цепей канализации обратного тягового тока по участкам Хабаровской дистанции электроснабжения ДВжд за период 2010-2017 гг, полученная по результатам обработки баз данных упомянутых автоматизированных систем мониторинга состояния инфраструктуры и подвижного состава за восемь последних лет (с 2010 по 2017 г. включительно).

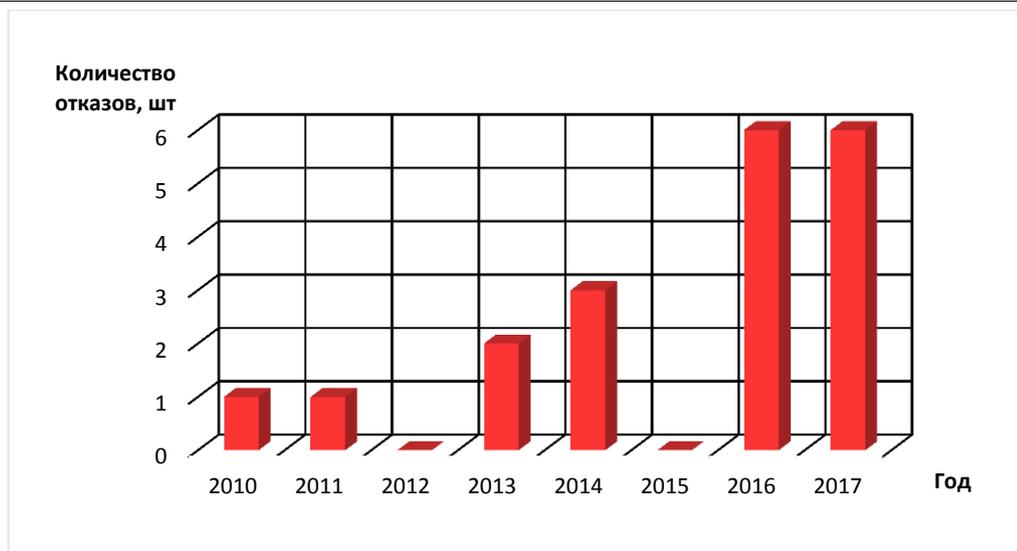


Рисунок 1 – Отказы технических средств цепей канализации обратного тягового тока Хабаровской дистанции электроснабжения ДВЖД

Как показано на рис.1, за рассматриваемый период времени произошло 17 случаев отказа технических средств, причем количество отказов технических средств в 2016 и 2017 годах было наибольшим, что свидетельствует об актуальности рассматриваемой проблемы.

Произведем анализ распределения количества отказов технических средств цепей канализации обратного тягового тока Хабаровской дистанции электроснабжения ДВЖД по месяцам года и представим результаты на рис. 2.

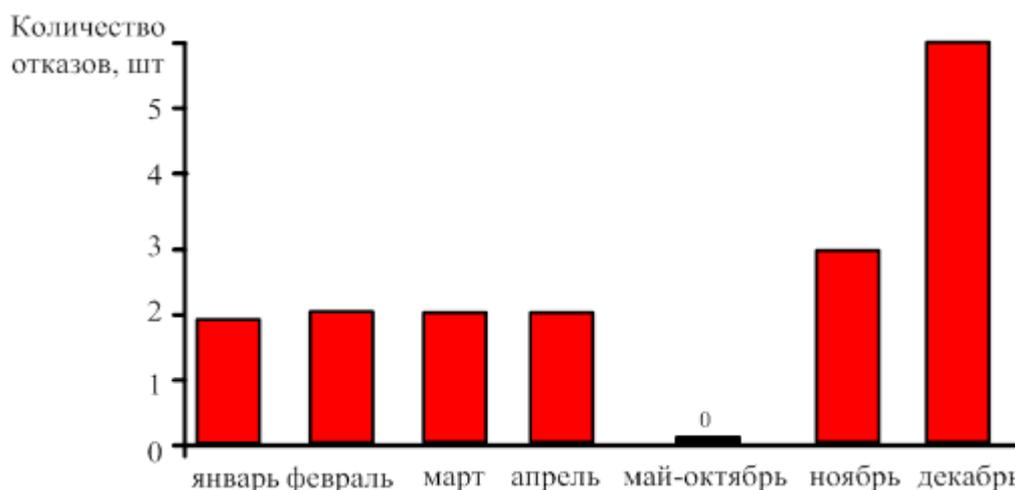


Рисунок 2 – Распределение отказов элементов цепей канализации обратного тягового тока Хабаровской дистанции электроснабжения ДВЖД по месяцам

Как можно заметить из рис.2, все случаи отказов элементов цепей канализации обратного тягового тока по Хабаровской дистанции электроснабжения приходятся на холодное время года. В теплое время года отказов технических средств по рассматриваемому полигону железной дороги не зафиксировано. Объяснить это явление можно ростом асимметрией обратного тягового тока, которая по оценкам многих

исследователей достигает своих максимальных значений именно в холодное время года и приводит к отказам технических средств. Действительно, сопротивление изоляции рельсовых нитей относительно земли зависит от метеорологических условий, конструкции верхнего строения пути и его засорённости рельсо-смазочными материалами и металлической стружкой, что сказывается на величине сопротивления. На сопротивление изоляции одной из рельсовых нитей также оказывает влияние присоединение к ней опор контактной сети. Наибольшего значения разница сопротивлений изоляции рельсовых нитей относительно земли достигает зимой, когда из-за высокого сопротивления промёрзшего грунта проводимость между одним рельсом и землёй и между рельсами практически равна нулю, а проводимость изоляции другого рельса относительно земли определяется проводимостью опор контактной сети и оказывается значительной [8-10].

Произведенный далее анализ причин отказов элементов цепей канализации обратного тягового тока Хабаровской дистанции электроснабжения ДВЖД подтвердил это предположение, а долевое распределение установленных причин отказов представлено на рис. 3.

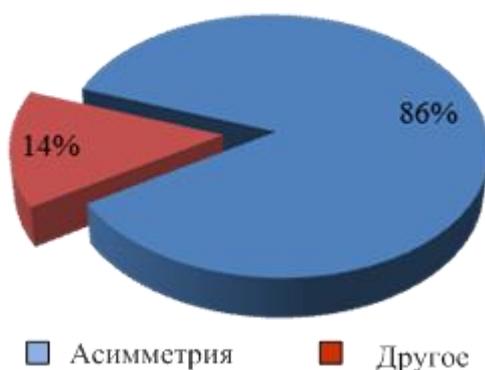


Рисунок 3 – Распределение причин отказов элементов цепей канализации обратного тягового тока Хабаровской дистанции электроснабжения ДВЖД

Как следует из рис.3, подавляющее большинство (86%) отказов вызвано асимметрией тягового тока в цепи обратного тягового тока. Статистика баз данных Хабаровской дистанции электроснабжения ДВЖД также показывает, что отказы по вине асимметрии обратного тягового тока происходят вследствие утечки тока через: 1) низкоомные опоры; 2) неисправные искровые промежутки; 3) пробитые искровые промежутки. В первых двух случаях проблема решается установкой на опоры контактной сети искровых промежутков и заменой (ремонт) неисправных. При необходимости также существует практика установки новой опоры контактной сети взамен низкоомной опоры. Однако, существуют и другие варианты решения этой проблемы. К примеру, увеличение асимметрии цепи обратного тягового тока вследствие дренажной способности балластного

слоя и его засорении может быть устранено при своевременной очистке и подсыпке балластной призмы вдоль железнодорожного пути.

Еще одним вариантом решения проблемы пробоя искровых промежутков согласно [8] может быть статья модификация устройства самого ИП, которая заключается в дополнительной герметизации рабочих электродов посредством помещения их в капсулу из полихлорвинила. Данная модификация защищает искровой промежуток от попадания влаги вовнутрь, что позволяет сохранить его пробивное напряжение близко к нормируемому значению. Такая мера позволит избежать срабатывания защит фидеров контактной сети при прохождении поездов повышенной массы, а реагировать защита станет только на пробой искровых промежутков при возникновении коротких замыканий. Таким образом, перечисленные варианты решения проблемы требуют дополнительных исследований на предмет целесообразности применения и оценки своей эффективности.

Таким образом, на основании произведенного анализа отказов технических средств цепи обратного тягового тока Дальневосточной железной дороги в условиях тяжеловесного движения можно сформулировать следующие выводы:

1. количество отказов технических средств цепи обратного тягового тока Дальневосточной железной дороги за рассмотренный период неизменно увеличивается, что свидетельствует об актуальности проблемы и необходимости поиска причин и путей ее решения;
2. все отказы происходят в холодное время года при отрицательных температурах окружающей среды;
3. подавляющее большинство (86%) отказов вызвано асимметрией тягового тока в цепи обратного тягового тока;
4. наиболее часто встречающиеся события среди отказов технических средств цепи обратного тягового тока – это пробой и неисправная работа искровых промежутков, установленных в цепь заземления низкоомных опор контактной сети;

Вместе с тем, перечисленные варианты решения проблемы асимметрией тягового тока требуют дополнительных исследований на конкретном участке железной дороги на предмет целесообразности применения и оценки своей эффективности.

Библиографический список

1. Развитие тяжеловесного движения позволит осваивать растущий грузопоток [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1391189&archive=2017.10.26>
2. Makasheva S.I. An automated monitoring system as an instrument of lean production of a traction power supply system // Russian Electrical Engineering. 2016. Т. 87. № 2. С. 107-109.
3. Указания по техническому ремонту и опорных конструкций контактной сети К-146-2008. М.: Трансиздат, 2010, 80 с.

4. ЦЭ 191. Инструкция по заземлению устройств электроснабжения на электрифицированных железных дорогах, 2004.
5. Московский энергомеханический завод - структурное подразделение Дирекции капитального ремонта и реконструкции объектов электрификации и электроснабжения железных дорог - филиала ОАО «РЖД». URL: <http://www.mez.ru/products.aspx?group=2&item=7>
6. Пинчуков П.С. О причинах излишних срабатываний защит фидеров контактной сети в условиях обращения тяжеловесных поездов // Вестник института тяги и подвижного состава. 2016. № 12. С. 108-110.
7. Мындреску Е.В., Пинчуков П.С. Поведение и состояние защит контактной сети переменного тока в современных условиях // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2016. Т. 1. С. 308-312.
8. Остапенко А. Н. Защита от электрокоррозии опор контактной сети переменного тока при обращении поездов повышенной массы и длины: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2012.
9. Могильников Ю.В. Влияние асимметрии тягового тока на работу рельсовых цепей // Транспорт Урала, 2015, № 3 (46). С. 83-85.
10. Шаманов В.И. Процесс формирования асимметрии тягового тока в рельсовых линиях // Электротехника, 2014, № 8, С. 34-38.