

Колмаков Виталий Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы обеспечения движения поездов», Красноярский институт железнодорожного транспорта, Россия, г. Красноярск

Тимошенко Максим Витальевич, студент 5 курс, факультет «Очное обучение», Красноярский институт железнодорожного транспорта, Россия, г. Красноярск

Гущин Кирилл Александрович, студент 5 курс, факультет «Очное обучение», Красноярский институт железнодорожного транспорта, Россия, г. Красноярск

АНАЛИЗ ПРИЧИН ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ И ВЛИЯНИЯ НА КОНТАКТНУЮ СЕТЬ

Аннотация: В данной статье рассмотрены факторы ухудшения работы контактной сети вследствие гололеда. Приведен ряд решений, для борьбы с гололедообразованием. Рассмотрены устройство плавки гололеда, а также ударно-встряхивающий метод борьбы с гололедом.

Ключевые слова: гололед, контактная сеть, ударно-встряхивающий механизм, устройство для плавления.

Annotation: This article discusses the factors of deterioration of the overhead contact network due to ice. Is a range of solutions to combat icing. A device for melting ice, as well as a shock-shaking method of dealing with ice is considered.

Keywords: ice, contact network, shock-shaking mechanism, device for melting.

Безопасность движения железнодорожных поездов и эксплуатационная надежность тягового электроснабжения определяется во многом состоянием контактной сети, по техническим и экономическим причинам сооружаемой без

резервирования [2]. Отказы во многом происходят из-за недостатка в эксплуатационной работе, из-за отклонения технических параметров системы и ее элементов. Но в значительной мере нарушения работы связаны с внешними факторами, т.е. условиями окружающей среды [1].

Одним из основных факторов ухудшения работы контактной сети является гололед и ветровое воздействие на провода. В совокупности эти факторы ухудшают токосъем. Гололед, увеличивая толщину стенок, соответственно увеличивает массу проводов, на проводах линии электропередач (ЛЭП) при образовании наледи толщиной 60-70 мм, что может иметь массу более 4 кг на погонный километр провода, что в свою очередь увеличивает массу провода в несколько раз [3].

Например, провод марки АС-185/43 диаметром 19,6 мм, при погонном километре имеет вес 846 кг. При образовании гололеда с толщиной стенки в 20 мм, масса провода увеличивается в 3,7 раза, а при толщине стенки в 60 мм – увеличивается в 17 раз. Соответственно общая масса ЛЭП из восьми проводов увеличивается до 25 и 117 тонн, что приводит к авариям, т.е. к обрыву проводов и разрушению опор [5].

Аварии, вызванные гололедом, являются тяжелыми и трудно устраняются, так как носят массовый характер и наносят огромный ущерб. На территории страны, такие аварии занимают порядка 25% от всех аварий. Если гололед в пределах допустимого, т.е. ниже нормы, то может, возникнуть «пляска» проводов при отложении гололеда или вибрации за счет цилиндрической формы гололедообразования [6]. Основная проблема гололеда на контактном проводе заключается в его диэлектрическом свойстве. Ток проходящий, через провод, покрытый гололедом, из-за свойств самой воды, имеет показатели энергии ниже необходимых, что приводит к росту потерь на контактной сети [4].

Проблема гололедообразования на контактной сети и линиях электропередач (ЛЭП) имеет ряд решений, которые тянутся еще с двадцатого века. Ученые разрабатывают методы борьбы с гололедообразованием и множество инструментов для устранения льда с проводов [7].

Разработанная в ОАО «НИИПТ» серия управляемых выпрямителей для плавки гололеда (ВУПГ) введена в эксплуатацию на ряде подстанций по России [9]. При подключении к стационарной подстанции, ВУПГ позволяет осуществлять плавку льда в радиусе 40 км. При этом ток плавки может составлять до 1200 А, в зависимости от марки провода. Комплектация ВУПГ включает в себя систему управления, регулирования, защиты и автоматики (СУРЗА) весом 25 кг (рис. 1а) и трехфазный выпрямитель, размещаемый в стандартном 20-футовом транспортном контейнере весом 4 т (рис. 1б) [8].



Рисунок 1. а) Шкаф СУРЗА, б) Контейнер

Компания Hydro-Québec разработала устройство DAC (De-icer Actuated by Cartridge) для удаления льда ударными волнами [18]. Это портативная цилиндро-поршневая система, активирующаяся при стрельбе пустыми патронами, ударяющая по проводу с высокой скоростью [9]. Сначала при помощи специального метателя на провод ЛЭП забрасывается снаряд, к которому прикреплен трос, затем по тросу к проводу подтягивается DAC. Управление устройством осуществляется с земли (рис. 2) [10].

Известно устройство ударно-механической очистки проводов ЛЭП от налипания снега и обледенения [15]. Экспериментальный макет устройства (рис. 3) содержит силовой трансформатор 1, опорные изоляторы 2, между которыми натянут исследуемый участок провода 3, трансформатор тока 4, блок управления 5, якорь в форме медного диска 6, ударный диск 7, индуктор 8, крепежный элемент 9, пружину 10, каркас 11 [11].



Рисунок 2 – Устройство DAC, размещенное на проводе ЛЭП

Вторичная обмотка силового трансформатора 1 последовательно соединена с трансформатором тока 4 и участком исследуемого провода 3, обеспечивает ток «в проводе» на уровне 0 – 40 А [12]. Трансформатор тока 4 обеспечивает блок управления 5 зарядным напряжением U_0 для системы мониторинга и заряда емкостного накопителя энергии, которые находятся внутри блока управления [14]. Выполненный в форме медного диска якорь 6 соединен с ударным диском 7 и посредством элемента 9 жестко крепится к проводу 3 в середине пролета. Блок управления 5 осуществляет контроль показателей влажности и температуры окружающей среды. Пружина 10 прижимает якорь 6 к индуктору 8, обеспечивая его аксиальное перемещение с возвратом в исходное положение [13].

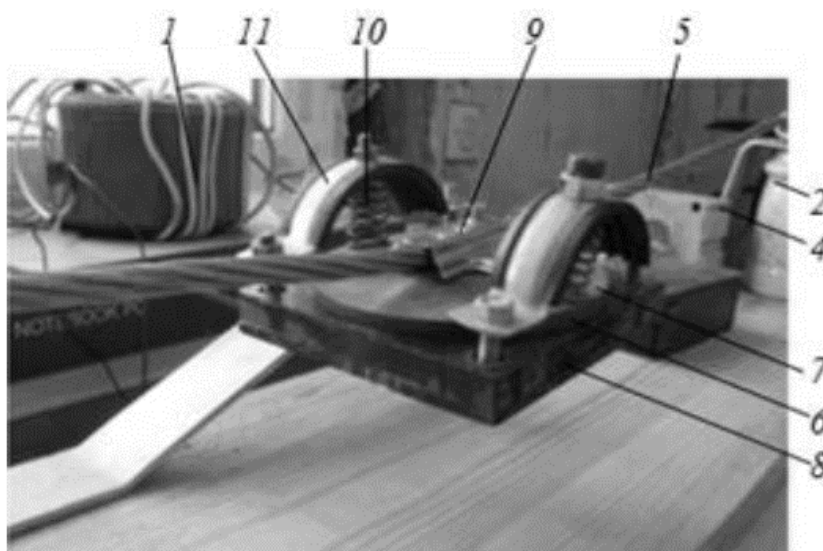


Рисунок 3 – Устройство ударно-механической очистки проводов ЛЭП

Таким образом если для плавки гололеда требуется напряжение 10 кВ, то необходимо применять дорогостоящий дизель-генератора 2,5 МВт напряжением 11 кВ. Другой недостаток метода связан с затрудненным доступом к ВЛ. Согласно методу определения целесообразности применения мобильных установок для плавки гололеда, на проводах ВЛ вычислено, что УПГМ следует применять там, где льдом покрыто не более 12% полной длины ВЛ. В противном случае применение мобильных установок экономически неоправданно [19].

Тогда имеет целесообразность применить подход ударно-встряхивающего освобождения проводов ЛЭП от намерзшего льда [17]. Основными задачами этого подхода, являются:

- создание условий отделения льда в точке удара. В основе данной проблемы лежит многокритериальность процесса удаления, зависящего как от внешних условий (например, температура окружающей среды и провода, структура льда, упругие и жесткостные свойства провода), так и от параметров воздействия [20];
- удаление льда по всей длине пролета. Данная проблема связана с затуханием ударного воздействия по мере удаления от точки приложения;
- недопущение колебаний, способствующих разрушению провода [16].

Библиографический список:

1. Калиниченко А.Я., Ковалев А.А., Кардаполов А.А. Предотвращение гололедообразования при токосяеме // Мир транспорта. 2014. Т. 12. № 3(52). С. 176-183.
2. Никитина И.Э., Абдрахманов Н.Х., Никитина С.А. Способы удаления льда с проводов линий электропередачи // Электронный научный журнал нефтегазовое дело. 2015. № 3. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23767034> (дата обращения 27.10.2020).

3. Санакулов А.Х. проблемы обледенения электрических и контактных сетей // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2016. №2 С. 34–51.

4. Сайрутдинов Р.И. Разработка системы мониторинга воздушных линий электропередачи на напряжение 110 кВ.: магистр. дис. студ.: 2017. допуск к защите: 2017. Тольятти, 2017. 92 с.

5. Качество электроэнергии в системах светодиодного освещения. Колмаков В.О., Пантелеев В.И. В сборнике: Электроэнергия: от получения и распределения до эффективного использования. Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Редакторы: Кудрин Б.И., Лукутин Б.В., Сайгаш А.С., 2012. С. 87-90.

6. Схемотехническое обеспечение качества электрической энергии в сетях с нелинейными электроприемниками массового применения. Колмаков В.О. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сибирский федеральный университет. Красноярск, 2014.

7. Мониторинг состояния тяговых трансформаторов на основе тензорного анализа. Петров М.Н., Колмаков О.В., Колмаков В.О., Орленко А.И. В сборнике: Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава. Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией И.К. Лакина. 2020. С. 263-269.

8. Analysis of dynamic characteristics of frequency-dependent links. Kolmakov V.O., Kolmakov O.V., Ijgin E.S., Ratushnyak V.S. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 012026.

9. Снижение пожароопасности тепловозов с гибридной системой привода. Колмаков О.В., Довженко Н.Н., Минкин А.Н., Бражников А.В., Колмаков В.О., Колмакова А.И., Шилова В.А. Безопасность регионов - основа устойчивого развития. 2014. Т. 1-2. С. 140-144.

10. Энергосберегающее оборудование и электромагнитная совместимость. Колмаков В.О., Колмакова Н.Р. В сборнике: Инновационные

технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КриЖТ ИрГУПС. Ответственный редактор В.С. Ратушняк. 2018. С. 46-53.

11. Способ определения постоянной времени нагрева сухого трансформатора. Плотников С.М., Колмаков В.О. Патент на изобретение RU 2683031 C1, 26.03.2019. Заявка № 2018116287 от 28.04.2018.

12. Упрощенное определение момента инерции асинхронного двигателя серии 4А. Плотников С.М., Колмаков В.О. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2019. Т. 62. № 1. С. 87-91.

13. Оптимизация динамического торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Плотников С.М., Колмаков В.О. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61. № 5. С. 13-17.

14. Электромагнитная совместимость и энергосберегающее оборудование. Колмаков В.О., Пантелеев В.И. Энергетик. 2012. № 11. С. 47-49.

15. Оптимизация динамического торможения двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Плотников С.М., Колмаков В.О. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61. № 5. С. 13-17.

16. Метод динамической диагностики механических узлов. Колмаков О.В., Колмаков В.О. В сборнике: 120 лет железнодорожному образованию в сибире. материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС. 2014. С. 198-203.

17. Определение коэффициента затухания частотозависимых звеньев. Колмаков О.В. В сборнике: Инновационные технологии на железнодорожном транспорте. Труды XXII Межвузовской научно-практической конференции КриЖТ ИрГУПС. Ответственный редактор В.С. Ратушняк. 2018. С. 3-5.

18. Метод расчета емкости компенсирующего конденсатора асинхронных двигателей малой мощности. Плотников С.М., Колмаков О.В. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2016. № 5. С. 59-63.

19. Экспериментальные исследования размагничивания генератора постоянного тока. Плотников С.М., Колмаков О.В. Journal of Advanced Research in Technical Science. 2020. № 18. С. 37-40.

20. Анализ состояния силовых трансформаторов тяговых подстанций Красноярской железной дороги: / Орленко А.И., Петров М.Н., Колмаков В.О., Колмаков О.В. // Научное издание под ред. проф. Петрова М.Н. – Красноярск: 2020 г. - 119 с.