

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Аннотация. Задачей данной статьи является анализ опасности образования гололедных отложений на проводах линий электропередачи (ЛЭП). Обзор методов борьбы с гололедообразованием и способов его обнаружения.

Ключевые слова: гололёдные отложения, линии электропередачи, обрыв проводов, механические методы, электротермические методы, физико-химические методы, электромеханические методы, плавка льда.

Annotation. The purpose of this article is to analyze the risk of ice deposits on the wires of power lines (TL). Overview of anti-icing methods and methods for its detection.

Keywords: ice deposits/ power lines/ wire breakage/ mechanical methods/ electrothermal methods/ physical and chemical methods/ electromechanical methods/ ice melting.

Климатическое воздействие занимает очень большой процент устойчивых отключений воздушных линий электропередачи. Чаще всего это вызвано гололёдными и ветровыми нагрузками, а также грозovým перенапряжением. При этом наиболее серьёзные неполадки на воздушных линиях электропередач возникают от совместного действия ветровой и гололёдной нагрузки.

Отложения льда оказывает существенное воздействие на воздушные линии электропередач. Это воздействие сказывается и на технико-экономических показателях. Цена возведения ВЛЭП может варьироваться в зависимости от толщины стенки льда. Недоучет в планирование нагрузок приводит к тому, что снижается надёжность воздушных линий.

Последние несколько лет за рубежом и на территории России происходило большое количество аварий в электрических сетях, вызванных воздействием гололёдно-ветровых нагрузок и ледяных дождей. Это, в первую очередь, связано с изменением климата.

В настоящее время происходят глобальные изменения климата, которые способствуют изменению ветровых и гололёдных явлений. Они становятся чаще и сильнее. По всему миру все более актуальными становятся проблемы надёжного

энергоснабжения потребителей, находящихся в регионах с гололёдно-ветровыми нагрузками.

В начале 2010-ых масштабные аварии отмечались на воздушных линиях электропередач по всему миру и связано это было с ледяными дождями. В Российской Федерации особенно сильно пострадали ПФО и ЦФО, суммарно более 500 тысяч человек остались на длительное время без электроэнергии [1].

Для снабжения электроэнергией потребителя на большие расстояния применяются воздушные линии электропередачи (ЛЭП), так как они являются наиболее выгодным способом передачи электроэнергии. Основным их элементом являются токоведущие части – провода, а также металлические или деревянные опоры. В регионах с гололёдно-ветровыми нагрузками в зимнее время года провода подвержены образованию на них гололёдных отложений. В осенне-зимних и весенне-зимних сезонах отрицательные температуры, высокая влажность, ветры и резкие перепады температуры воздуха также способствуют образованию гололёдных отложений на проводах воздушных линий.

Провода марки АС-185/43 диаметром 19,6 мм километровой длины имеет массу 846 кг; при толщине гололёда 20 мм она увеличивается в 3,7 раза, при толщине 40 мм – в 9 раз, при толщине 60 мм – в 17 раз. При этом общая масса линии электропередачи из восьми проводов километровой длины возрастает соответственно до 25, 60 и 115 тонн, что приводит к обрыву проводов и поломке металлических опор [2].

Ледяная корка значительно увеличивает массу воздушных линий. Увеличение массы повышает механическую нагрузку на все элементы конструкции, особенно опасна ситуация становится тогда, когда присутствует сильный ветер.

В настоящее время существует четыре способа борьбы с гололёдными образованиями на проводах ЛЭП :

1. механические;
2. электрические;
3. физико-химические;
4. электромеханические

Механические методы заключаются в основном в применении специальных приспособлений, предназначенных для сбивания льда с проводов. Это самый простой способ устранения льда, который осуществляют с помощью длинных шестов, с земли, либо с автовышки. При этом требуется доступ к ЛЭП, который может быть осложнен плохими погодными условиями, плохой дорогой, а кроме того, нарушает нормальную работу данного участка ЛЭП. Также к минусам данного способа можно отнести то, что он не препятствует обледенению, а только устраняет его.

Иногда используется способ очистки проводов, который подразумевает использование специального передвижного устройства – роликов-ледорезов.

В 2005 г. группа специалистов из компании «Хайдро-Квебек» во главе с Андре Леблонном разработала и провела практические испытания многозарядного пневматического устройства для удаления гололеда. Оно ударными усилиями разрушает наледь [3].

Сравнительные оценки показывают, что для применения механических методов разрушения и удаления гололеда требуется в 100 тысяч раз меньше энергии, чем при использовании тепловых методов удаления сформировавшихся гололедных отложений (плавки гололеда).

В настоящее время разработано дистанционно управляемое устройство для механического удаления льда.

Устройство подобного типа представляет собой питаемую от аккумуляторных батарей перемещающуюся по проводу каретку, оснащенную режущими устройствами высокой прочности, взламывающими за счет толкающих усилий каретки гололедную муфту, освобождая провод от отложений [4].

Механические методы трудоемки, требуют много времени и применяются только на коротких участках линии, где они более экономичны.

Этот метод заключается в нагреве проводов электрическим током до температуры выше 0 градусов, что обеспечивает таяние льда и предотвращает его образование при профилактическом нагреве.

Профилактический подогрев необходимо начинать до образования льда на проводах в климатических условиях, когда возможно образование льда. При профилактическом обогреве следует использовать схему питания, не требующую отключения потребителей. Там, где гололед уже образовался, таяние осуществляется путем искусственного увеличения тока сети ЛЭП до значений, при которых выделяющегося в проводах тепла достаточно для плавления льда со стандартной толщиной стенки при стандартных значениях температуры окружающего воздуха и скорости ветра [3].

Рекомендации по применению растопки льда приведены в п. 2.5.16 ПУЭ-7. Они подходят для воздушных линий электропередач напряжением от 1 кВ до 750 кВ. Плавку льда на проводах и тросах ВЛ в районах с толщиной стенки гололеда 25 мм и более рекомендуется проводить с периодичностью 1 раз в 25 лет, а при сильном ветре - чаще. Для сетевых компаний, у которых более 50 % ВЛ работают в этих районах, рекомендуется формировать комплексный план плавки льда на линиях электропередач. Стандартная

толщина ледяных стен III-го класса и надледовых районах, должна быть не менее 20 мм, но может быть уменьшена до 15 мм при плавке льда без отключения электроснабжения потребителей.

Плавление льда может осуществляться переменным током и постоянным током. В линиях значительной длины и сечения из-за сравнительно большой индуктивности проводов экономически выгоднее плавить постоянным током, в этом случае напряжение питания и его мощность снижаются в 5-10 раз по сравнению с переменным текущий. Правда, это требует применения специальных мощных высоковольтных выпрямителей. Поэтому на ВЛ 110кВ и ниже обычно применяется плавка переменным током, а выше 110кВ – плавка постоянным током.

В последние годы все чаще используются и другой метод. Суть его заключается в нанесении на провода специальных химикатов, устойчивых к холоду и замерзанию при температурах значительно ниже нуля градусов по Цельсию.

Одним из наиболее перспективных способов снижения адгезии является создание супергидрофобных покрытий. Специалист Института физической химии и электрохимии РАН разработало и испытало супергидрофобное покрытие, которое предотвращает примерзание проводов и, если это происходит, легко удаляет лед. Было проведено несколько исследований, чтобы продемонстрировать эффективность этого метода. Кроме того, установлено, что разработанное супергидрофобное нанотекстурированное покрытие на основе нановолокон оксида алюминия выдерживает до 100 циклов замораживания/оттаивания без существенной деградации текстуры и супергидрофобного состояния [5].

Эти методы представляют собой новый подход к работе со льдом. Предполагает удаление обледенения электромеханическим воздействием без отключения потребителя. По проводам линии пропускают импульсы тока определенной частоты. При протекании тока по проводу создается сила ампера, под действием которой возникают механические колебания, препятствующие обледенению и разрыву ледяной оболочки. В результате можно ожидать значительного сокращения времени и энергии, необходимых для очистки, поскольку вместо тепла применяется механическое воздействие.

На основе этого метода канадские ученые разработали автоматическое механическое устройство для сброса льда.

Своевременное обнаружение обледенения проводов является важной мерой обеспечения надежности безотказной работы ЛЭП.

Список литературы

1. Исмагилов Ф. Р., Максимов В. А., Волкова Т. Ю., Елизарьев А. Ю., Валеев А. Р. Региональная карта расчетных районов территории Республики Башкортостан по толщине стенки гололеда (с. 7-13). - Электротехнические комплексы и системы: межвузовский научный сборник; Уфим. гос. авиац. техн. ун-т / Уфа: УГАТУ, 2017.– 267 с.

2. Приборы контроля и диагностики в электроэнергетике [Текст]: учеб. пособ. / А.Н. Шилин [и др.]. - Волгоград: ВолгГТУ, 2017. - 131 с.

3. Нгуен, Т.Ф. Информационно-измерительная система распознавания аварийных режимов воздушных линий электропередачи [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Т.Ф. Нгуен. - Волгоград, 2015. - 118 с.

4. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] / под ред. Д.Л. Файбисовича. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2019. - 376 с.

5. Шилин, А.Н. Диагностика коротких замыканий на воздушных линиях электропередачи с применением искусственной нейронной сети [Текст] / А.Н. Шилин, С.С. Дементьев // Электротехнические комплексы и системы: материалы Международной научно-практической конференции (24 октября 2018 г.) / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа, 2018. - С. 252-255.