

СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ГОЛОЛЁДНО-ИЗМОРОЗЕВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

И.Л. Лебединский, С.Ю. Шевченко*, В.В. Волохин*

Сумский государственный университет, г. Сумы

**Национальный технический университет “Харьковский политехнический институт”, г. Харьков*

В статье проведён анализ существующих способов и устройств регистрации гололёдно-изморозевых образований. Описаны принцип их работы, основные преимущества и недостатки. Предложена классификация датчиков обнаружения гололёда. Сделаны некоторые выводы относительно практического применения этих устройств.

Наиболее опасными для воздушных линий (ВЛ) климатическим фактором считаются гололёдно-изморозевые образования (ГИО).

Основными при гололедообразовании являются процессы кристаллизации воды и сублимации водяного пара из воздуха, причём один из них – преобладающий в конкретной метеорологической ситуации. Главная причина отложения гололеда на поверхностях заключена в кристаллизации переохлажденных капель дождя, мороси или тумана. Скорость нарастания слоя льда (интенсивность) зависит от температуры воздуха и поверхности, на которую оседают капли, их размеров, влагосодержания воды в единице объема, скорости и направления ветра.

Многочисленные существенные расхождения между величинами метеопараметров, измеренными на метеостанциях, и фактическими их величинами непосредственно на объектах различного назначения лежат в основе стремлений некоторых организаций (в частности электроэнергетических) осуществлять специализированные измерения этих параметров.

Сложность процесса гололедообразования является основной причиной отсутствия достаточно надежных методов и средств его краткосрочного прогноза.

Было проведено множество исследований по изучению влияния различных факторов на процесс гололедообразования, их физико-химической связи и закономерности для получения эмпирических уравнений возможного образования гололеда с определенной степенью вероятности наступления события. Такой подход был вызван отсутствием достаточно надежных динамических моделей [1].

Задача контроля и интенсивности гололедообразования на проводах ВЛ может решаться и косвенным путем – на модели участка линии, находящегося в тех же метеоусловиях, что и провода ВЛ. Необходимо отметить, что одним из конструктивных элементов таких моделей является образец, на котором образуется слой льда, требующий плавления. Естественно, что эта операция не может быть выполнена мгновенно, поэтому после появления гололеда скорость передачи информации значительно падает. Кроме того, функционирование модели требует наличия в её составе нагревательных элементов, потребляющих определенное количество электроэнергии.

Другое направление работ – создание по результатам исследований аппаратуры краткосрочного прогноза гололедообразования. В основе этого направления лежат данные о граничных условиях метеопараметров, которые с вероятностью 0,9 позволяют определять опасность

возникновения гололеда (температура воздуха от -8°C до $+0,5^{\circ}\text{C}$, относительная его влажность – более 80 %, скорость ветра – менее 10 м/с).

Первым этапом в создании такой аппаратуры является изготовление устройств предупредительной сигнализации о появлении гололеда (СПГ). СПГ автоматически измеряет метеопараметры, сравнивает с заданными установками в точках настройки, а при совпадении выдает сигналы «Возможен гололед». Для регистрации начала образования гололедно-изморозевых отложений в сигнализаторе предусмотрен датчик, опрос которого осуществляется после выдачи сигнала «Возможен гололед». При наличии на датчике даже малых отложений льда выдается сигнал «Гололед» [2,3].

Все способы и устройства предупреждения гололёда можно условно разделить на:

- механические датчики и устройства;
- магнитные;
- частотные;
- оптические;
- омические;
- термические;
- радиационные;
- комбинированные.

Механические. Все механические устройства содержат датчик гололедной нагрузки, реагирующий на механическую нагрузку от образовавшегося гололеда, веса провода, а также ветровую нагрузку. Датчик подвешивается между траверсой и гирляндой изоляторов и может быть выполнен, как правило, в виде динамометра (пружины) или же с использованием упругого чувствительного элемента, преобразующего вес ГИО в выходной сигнал.

Магнитные. Существует несколько вариантов исполнения подобных устройств.

Устройства, реагирующие на изменение магнитного поля провода при нарастании на нём гололёдных отложений. Изменение фиксируется индукционным датчиком.

Устройства, которые преобразуют величины механических напряжений в ферромагнитных материалах в частоту следования прямоугольных электрических импульсов.

Устройства для измерения гололедной и ветровой нагрузок на воздушных линиях электропередачи, содержащие магнитоупругий датчик силы, подвешенный между траверсой опоры и гирляндой изоляторов с фазным проводом, контролирует полную нагрузку на воздушную линию электропередачи.

Частотные. Устройства для обнаружения гололеда, содержащие высокочастотный генератор, датчики атмосферных осадков, выполненные в виде элементов колебательного контура высокочастотных генераторов и частотомер. В роли датчиков могут выступать, например, катушки индуктивности, витки которых разделены воздушными промежутками, емкость цепи «фаза-земля» (зависящая от толщины гололеда на проводах и влажности воздуха) и т.п.

Оптические. Одним из перспективных направлений в развитии систем регистрации и предупреждения возможности образования гололеда является использование в подобных устройствах в качестве датчиков оптическое волокно, которое даёт возможность контролировать плавку гололеда и ее окончание.

Схема одного из вариантов построения оптического датчика приведена на рисунке 1.

Оптическим датчиком является разрыв между передающим 1 и приемным 2 концами волоконных светодиодов 3, строго ориентированными друг относительно друга и жестко закрепленными на проводе 4 с помощью держателей 5, локализирующих образование гололедных отложений 6 и обеспечивающих защиту оптического датчика от загрязнения и попадания прямых солнечных лучей. Между держателями 5 на проводе 4 расположен нагревательный элемент 7, предназначенный для оплавления гололедных отложений 6.

Наличие гололеда на проводе фиксируется фотоприёмником 9. Если имеет место ГИО, то световой поток, поступающий от светопередатчика 8 на вход фотоприемника, оказывается сильно ослабленным и сигнал на входе фотоприемника отсутствует. При отсутствии гололеда световой поток ослабляется незначительно, что приводит к появлению на входе фотоприемника сигнала.

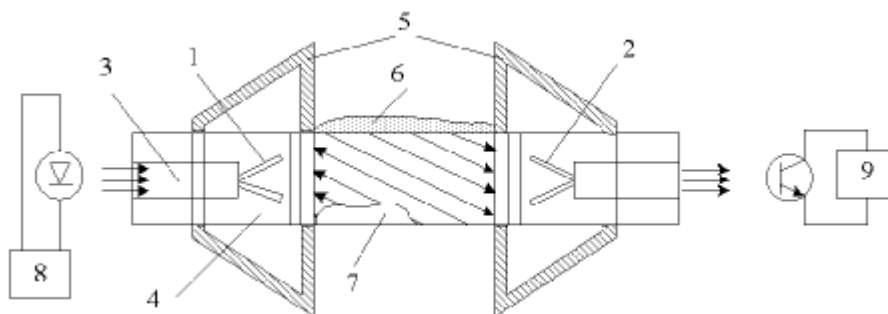


Рисунок 1 – Оптический датчик

В роли оптических датчиков регистрации гололёда также выступают устройства, которые реагируют на весовое давление, создаваемое гололедными образованиями на ВЛ, но измерение этого давления производится оптическим путём. Примером такого устройства может служить силомоментный датчик, содержащий упругий элемент из эластичного материала, в котором выполнен параллельно его оси сквозной канал, образованный светопоглощающими поверхностями. Воздействие на элемент силовых факторов изменяет падающий на фотоприемник световой поток осветителя, функционально связанный со степенью деформации этого элемента [4,5].

Омические. Устройства для контроля уровня гололедной нагрузки на проводах линий электропередачи, содержащие датчики гололедной нагрузки, которые изменяют свое сопротивление под действием веса гололеда. К ним можно отнести тензорезисторный датчик силы (измеряемая сила преобразуется в изменение электрического сигнала), пьезоэлектрический преобразователь силы, содержащий пьезоэлемент, генератор электрических колебаний и измерительный прибор (под действием измеряемой силы изменяется амплитуда колебательной скорости колебаний пьезоэлемента, что приводит к изменению электрического напряжения, которое является мерой измеряемого усилия) [5].

Термические. Тензометрический датчик усилий, в котором применен термочувствительный материал с памятью формы и с электроконтактным

нагревом в качестве тензометрического датчика. При приложении усилия и деформации термочувствительного элемента его электрическое сопротивление изменяется пропорционально измеряемому усилию или деформации [3].

Радиационные. Радиационный датчик гололеда содержит источник β -излучений, укрепляемый на проводе, и приемник β -излучений, закрепленный на опоре. При отсутствии льда приемник улавливает наиболее интенсивное излучение. При появлении льда на проводе или источнике интенсивность облучения приемника падает [4,7].

Появление недорогих и надежных микропроцессоров (МП), связанное с созданием средств вычислительной техники, породило новые сферы их применения, в частности, в контрольно-измерительных устройствах. Появляется возможность построения и обработки результатов принципиально новой аппаратурой, в которой автоматизация измерений и обработка результатов осуществляются на основе программирования взамен построения аналогичных сложных систем на логических элементах. Встроенные в аппаратуру МП дают возможность повысить ее класс за счет выполнения операций по самодиагностике, коррекции, калибровке и линеаризации измеряемых величин, усреднения показаний (без введения инерционного звена), сравнения снятых показаний с установленными, а главное – обрабатывать данные и их анализировать по специально разработанным вычислительным программам. Поэтому к современным средствам контроля и предупреждения ГИО следует отнести и автоматические метеорологические станции. В наборе поставляются датчики для измерения уровня осадков, температуры, влажности и параметров ветра. Станция показывает все необходимые параметры, характеризующие состояние погоды, в том числе и климатические условия внутри помещения. Но, к сожалению, эти устройства не имеют дополнительных элементов (или они не совершенны), позволяющих контролировать и измерять массу и интенсивность льдообразования, а также «парусную» силу ветра, что значительно снижает их эффективность в схемах контроля и управления с гололедообразованием.

Для автоматизации процесса плавки гололеда, предотвращения пережога провода и своевременного выявления аварийной ситуации должна применяться автоматизированная система диагностики, позволяющая решать следующие задачи:

- расчет средних (вдоль линий) значений внешних условий (температура воздуха, скорость ветра, теплоотдача);
- оценку температуры провода;
- определение длины гололедного участка;
- коррекции расчетного времени плавки по параметрам внешних условий;
- определение момента опадания гололеда по изменению тока плавки.

Для реализации вышеперечисленных расчетных задач необходимо устройство, которое в комплексе контролирует параметры, входящие в систему диагностики.

Имеются данные об отдельных редких случаях экспериментального использования описанных устройств как сигнализаторов ГИО, но промышленное изготовление устройств (даже мелкосерийное) отсутствует как в Украине, так и в России.

ВЫВОДЫ

1 Для решения задачи предупреждения ГИО разработано множество способов и устройств, где эти способы реализуются. Большая часть таких устройств используют конструктивно-механическую часть ВЛ в качестве элемента собственно датчика (введение в подвеску провода механических,

магнитных, либо других датчиков, сооружение контрольных пролётов вдоль ВЛ и т.п.). Это сдерживает развитие данного вида техники, так как переоборудование линий, как правило, связано со значительными материальными затратами и требует индивидуальной «настройки» измерений при очень низкой их точности. Кроме того, функционирование всех известных датчиков требует наличия в их составе нагревательных элементов, потребляющих определенное количество электроэнергии.

2 Практически все известные способы предназначены для предупредительной сигнализации о появлении ГИО. Такая сигнализация лишь частично удовлетворяет требованиям электроэнергетической отрасли, в то время как важнейшим требованием является непрерывное измерение ГИО (его количественных параметров) в автоматическом режиме.

3 На сегодняшний день не существует устройства контроля гололедообразования, отвечающего современным подходам в автоматизации процессов управления плавкой гололеда.

SUMMARY

METHODS AND DEVICES FOR PREVENTING GLAZE AND RIME FORMATIONS

Lebedinskiy I.L., Shevcenko S.Yu., Volokhin V.V.**
Sumy State University, R-Korsakova Str., 2, Sumy, 40007
**National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute",*
Frunze Str., 21, Kharkov, 61002

The article presents an analysis of the up-to-date methods and devices for registration of glaze and rime formations. Their operating principles, the main advantages and shortcomings are discussed. A classification of glaze detection sensors is developed. Some conclusions on practical application of these devices are drawn.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королев А. М. Усовершенствование сигнализатора появления гололеда: Сборник научных трудов МИИСП – М., 1987, Вып. 17. – С. 24-27.
2. Колмогорова И. М., Саргутдинов Р. Ш., Зубенко Б. И., и др. Устройство для контроля за гололедообразованием, Техника в с.х. – 1984. – №3. –С. 28-29.
3. Дьяконов А. Ф., Левченко И. И. Опыт борьбы с гололедом на линиях электропередачи // Электрические станции. – 1982. –№1. –С. 50-54.
4. Левченко И.И. Плавка гололёда на проводах и тросах воздушных линий высокого напряжения : Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 1998.
5. Фигурнов Е. П., Бойко Т. А. Датчики гололеда для электрических сетей //Электрические станции. – 1974. – №12. – С. 39-41.
6. Попов Н.И., Холодов В.В. К вопросу о точности гололедно-изморозевых наблюдений // Труды ГГО. – 1988. – Вып. 408. – С. 44 - 48.
7. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 68 с.

Лебединский И.Л., канд. техн. наук;
Шевченко С.Ю., канд. техн. наук, доцент;
Волохин В.В., аспирант

Поступила в редакцию 12 марта 2008 г.