**МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ГОЛОЛЕДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**.

Ситдиков К.А.1, Минкин А.С.2 ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

1[kamil.sitdikov.97@bk.ru,](mailto:kamil.sitdikov.97@bk.ru) [2cntnur\_mn@mail.ru](mailto:2cntnur_mn@mail.ru)

Рассмотрены два наиболее эффективных метода контроля гололедных отложений на воздушных линиях электропередачи. Первый - локационный метод, суть которого заключается в подаче импульса в линию, определения времени, затраченного на его распространение в прямом и обратном направлении и его амплитуды. Второй метод основан на контроле отдельных участков линий электропередачи, которые наиболее подвержены гололёдообразованию.

**Ключевые слова**: гололедные отложения, локационный метод, автоматизированная система контроля гололедной нагрузки.

Гололедные отложения на линиях электропередачи являются серьёзной проблемой, влияющих на надежность функционирования электроэнернетики. Образовавшийся на проводах гололед, оказывает дополнительную механическую нагрузку и может являться причиной тяжелых аварий, связанных с короткими замыканиями, обрывами проводов и тросов, поломкой траверс и опор, также может возникнуть опасность для жизни людей. Толщина гололёда на проводах может в разы увеличить массу провода. Гололедные аварии на воздушных линиях электропередачи являются трудно устранимыми. Такие аварии имеют массовый характер и приносят большой ущерб поставщикам и потребителям электрической энергии, статистика аварийных отключений на объектах энергетики, в том числе по причине гололедообразования составляет порядка 10%[1,2]. Поэтому своевременное обнаружение гололеда и контроль за его изменением позволяет, в случае достижения опасных толщин, принять необходимые меры по устранению этих отложений. Факторами, влияющими на возникновение гололедных отложений на проводах, являются температура воздуха, осадки, влажность воздуха, ветер, высота подвеса проводов, закручивание проводов, диаметр проводов, действие электрического поля, протекание нагрузочного тока.

Существуют различные методы обнаружения гололеда на ВЛ, рассмотрим два наиболее эффективных метода, существующих на данный момент.

Первый метод – это локационный метод обнаружения гололедных отложений на проводах воздушных ЛЭП[3], принцип работы которого, заключается в подаче импульсного сигнала в ВЧ тракт воздушной линии электропередачи, и определения суммарного времени затраченного на его распространение вдоль провода в прямом и обратном направлении после отражения от конца линии или ВЧ заградителя. Локационный метод позволяет определить наличие гололеда на проводах и их количество из сравнения времени распространения сигнала и амплитуд отраженных сигналов при наличии гололеда и при его отсутствии. Затухания локационного сигнала вызваны диэлектрическими потерями энергии электромагнитной волны, которая идет на нагрев слоя гололеда на проводах. При увеличении толщины стенки гололеда, скорость распространении импульса снижается, а его затухание увеличивается.

Преимущества и недостатки локационного метода. К преимуществам относится, простота реализации данного метода, всё оборудование может располагаться на подстанции, не нужно вносить какие-либо изменения в конструкцию воздушных линий, на которых оборудованы ВЧ тракты для технологической связи, релейной защиты и автоматики, и нет необходимости протягивать линии связи и устанавливать дополнительные устройства на воздушные линии. Один локационный комплекс может осуществлять зондирование до 16-ти отходящих от подстанции линий электропередачи. Кроме этого, локационный комплекс позволяет определять место повреждений на линии.

Недостатком этого метода является интегральное определение отложения гололеда по всей зондируемой линии, а гололед может образовываться неодинаково на различных участках линии.

Второй метод основан на локальном контроле гололедной нагрузки – это автоматизированные системы контроля гололёдной нагрузки [4]. Принцип работы такой системы заключается в постоянном контроле гололедной нагрузки одного пролета воздушной ЛЭП при помощи различных типов датчиков. Эти системы состоят из пунктов контроля (ПК) и пункта приема. Пункты контроля устанавливаются на опорах ЛЭП и включают в себя датчики нагрузки гололеда на провода ВЛ (тензометрические датчики), датчики температуры провода ВЛ, датчики вскрытия шкафа ПК, метеопосты, включающие в себя датчики температуры и влажности воздуха, датчики направления и скорости ветра и др. Также в ПК может входить и система видеонаблюдения для визуального осмотра. Питание ПК осуществляется при помощи солнечных панелей, устанавливаемых на опорах ВЛ. Пункт приема располагается в помещении оператора системы. Связь между двумя пунктами осуществляется по каналам связи. В качестве каналов связи могут

использоваться радиоканалы в УКВ диапазоне, канал сотовой связи (GSM), волоконно-оптический канал связи, каналы телемеханики.

Преимуществом таких систем является, точное определение опасной гололедной массы на конкретном пролете ВЛ.

Недостатком таких систем является его локальность, т.к. определяется состояние провода только в пролетах, прилегающих к опоре, на которой установлено устройство. Для увеличения достоверности контроля необходимо увеличивать количество таких устройств, что увеличивает затраты.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что на участках наиболее подверженных гололёдообразованию используется точечный метод контроля между опорами, однако этот метод не позволяет контролировать всю длину ЛЭП. Но существует также метод локационного зондирования, который как раз позволяет следить за всей длиной ЛЭП. Совместное использование локальных и интегральных методов обнаружения гололедных отложений позволит своевременно принять меры по удалению гололеда имеющимся средствами, тем самым повысить надежность воздушных линий электропередачи.

**Источники**

1. Минуллин, Р.Г. Локационный мониторинг гололеда и повреждений на линияхэлектропередачи: монография/Р.Г. Минуллин.– Казань: КГЭУ, 2022.– 439 с.
2. Ратушняк,В.С. Статистический анализ аварийных отключений электроэнергии из-за гололедообразования на проводах ЛЭП на территории РФ

/ В.С. Ратушняк , В.С. Ратушняк, Е.С.Ильин, О.Ю.Вахрушева - URL:https://mnv.irgups.ru/sites/default/ files/articles\_pdf\_files/statisticheskiy\_analiz\_avariynyh\_ratushnyak\_vs.pdf. – Текст: электронный.

1. Минуллин, Р.Г. Программно-аппаратные комплексы локационного мониторинга воздушных линий электропередачи / Р.Г. Минуллин , В.А. Касимов., А.С. Минкин, Ю.В. Писковацкий, Т.К. Филимонова // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике. Материалы XIII всероссийской научно-технической конференции. – Чебоксары, 2022. С. 271-274.
2. Дьяков, А.Ф. Информационная система контроля гололедообразования на воздушных линиях электропередачи / А.Ф. Дьяков, И.И. Левченко, А.С. Засыпкин [ и др.] //Энергетик.–2005.–№11.–С. 20–25.
3. Муратаева, Г.А. Мероприятия по диагностике кабельной линии6-10 кВ / Г.А. Муратаева , Ф.В. Сахаров // Современные тенденции развития науки

и мирового сообщества в эпоху цифровизации : Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Москва, 30 июня 2022 года / Редколлегия: Бабаева З.Ш. [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 74-79. – EDN MDZILH.

1. Определение влаги и примесей в трансформаторном масле модифицированным методом Фишера / И. Д. Гиззатова, В. К. Козлов, Д. М. Валиуллина, Р. А. Гиниатуллин // Аналитика. - 2019. - Т. 9. - № 3. - С. 232-235.