УДК 621.316

И.Н. ПАСКАРЬ, старший преподаватель каф. ЭГиПП (КузГТУ)
А. А. ЧЕРНОСЛИВ, студент ИЭ, гр. ЭЭб-141(КузГТУ)
О. Н. СКВОРЦОВ, студент ИЭ, гр. ЭЭб-141(КузГТУ)
г. Кемерово

БОРЬБА С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ПРОВОДОВ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

В настоящее время для передачи энергии на большие расстояния применяют воздушные линии электропередачи (ЛЭП). Одним из основных элементов ЛЭП являются провода.

В регионах с высокой влажностью и низкими температурами зимой, стоит проблема борьбы с обледенением проводов ЛЭП. Наличие гололеда обуславливает дополнительные механические нагрузки на все элементы воздушных линий. Во всем мире разными организациями активно ведется исследование и разработка экономически выгодных, менее затратных и эффективных способов для борьбы с обледенением ЛЭП.

Высокая влажность, ветры и резкие перепады температуры воздуха способствуют образования наледи на проводах воздушных линий (ВЛ). Толщина наледи может достигать 60-70 мм, во много раз утяжеляя провода (рис. 1). Это приводит к тому, что провода обрываются и ломаются металлические опоры (рис. 2).

Рис. 1. Обледенение проводов

Рис. 2. Последствие обледенения проводов

Такие аварии приносят большой экономический ущерб. На ликвидацию этих аварии уходит большое количество дней, и затрачиваются огромные средства. Среднее время устранения проблем превышает среднее время ликвидации аварий, вызванных другими причинами, в 10 и более раз. В результате сетевые энергокомпании и потребители несут крупные убытки. Восстановление оборванных проводов – дорогостоящий и трудоемкий процесс. Поэтому борьба с обледенением ЛЭП является серьезной проблемой.

Допустимая толщина стенки льда линий зависит от гололедного района. В таблицах 1 и 2 приведены нормативные значения толщины стенки для различных гололедных районов России.

Таблица 1

Нормативная толщина стенки гололеда, мм, для высоты 10 м над поверхностью земли

Гололедный район	1	2	3	4	5
Толщина стенки гололеда, мм	Не менее 3	5	10	15	Не менее 20

Таблица 2

Гололедные районы некоторых городов России

Город	Гололедный район	Город	Гололедный район
Москва	1	Краснодар	4
Санкт-Петербург	1	Магадан	5
Екатеринбург	2	Кемерово	2

Несмотря на многолетние усилия энергетиков и ученых, гололедные аварии в электрических сетях многих энергосистем по-прежнему вызывают наиболее тяжелые последствия и периодически дезорганизуют электроснабжение регионов страны.

Борьба с обледенением проводов ЛЭП осуществляется 4 современными методами: 1 –механический; 2 – электротермический; 3 – физико-химический; 4 – электромеханический.

1) Механический способ

Механический способ заключается в применении специальных приспособлений, обеспечивающих сбивание льда с проводов. Самый простой способ механического удаления гололеда – сбивание, которое производится при помощи длинных шестов. Обивка осуществляется боковыми ударами, вызывающие волнообразное колебание провода (рис. 3). Но этот способ требует доступа к ЛЭП, что нарушает нормальную работу участка. К тому же механическое воздействие не препятствует обледенению, а устраняет его.

Удаление гололеда с проводов шестами практически неосуществимо без большого количества рабочих. Этот метод требует много времени и применяется только на коротких участках линий, из-за чего в большинстве случаев признается нецелесообразным. Поэтому в настоящее время наиболее распространенным способом борьбы с гололедом на проводах ЛЭП является плавка гололеда переменным или постоянным током большой величины (в зависимости от сечения провода) в течение длительного периода времени (время плавки достигает 100 минут). При

этом расходуется значительное количество энергии и требуется отключение линии от потребителей на длительный срок.

Рис. 3. Сбивание льда с проводов

2) Электротермический способ

Электротермический способы удаления льда заключаются в нагреве проводов электрическим током, обеспечивающим предотвращение образования льда – профилактический подогрев или его плавку.

Профилактический подогрев проводов заключается в искусственном повышении тока в сети ЛЭП до такой величины, при которой провода нагреваются до температуры выше 0°С. При такой температуре гололед на проводах не откладывается. Профилактический подогрев необходимо начинать до образования гололеда. При этом способе следует применять такие схемы питания, которые не требуют отключения потребителей.

Плавка гололеда на проводах осуществляется при уже образовавшемся гололеде путем искусственного повышения тока сети ЛЭП. Провода нагревают постоянным или переменным током частотой 50 Гц до температуры 100-130°С. Сделать это проще, замкнув накоротко два провода, при этом от сети приходится отключать всех потребителей.

Плавка гололеда переменным током применяется только на линиях с напряжением ниже 220 кВ с проводами сечением меньше, чем 240 мм^2. Для ВЛ напряжением 220 кВ и выше с проводами сечений 240 мм^2 и более плавка гололеда переменным током требует значительно больших мощностей источника питания.

Преимущество этого метода это то, что он снижает энергозатраты. Однако к недостаткам такого метода можно отнести следующее: необходимость постоянного подогрева проводов для предотвращения гололедообразования, высокая стоимость источников высокочастотного тока необходимой мощности.

3) Электромеханический способ

Электромеханические способы удаления льда с проводов линий электропередач образуют класс новых способов и устройств борьбы с

гололедом на ЛЭП. Удаление гололеда предлагается производить не с помощью термического воздействия от протекающего по проводам тока, а с помощью электромеханического воздействия на лед. Принцип работы устройств - следующий. По проводам линии пропускают импульсы тока определенной частоты и формы. При протекании тока по проводам возникает сила Ампера, под действием которой происходят механические колебания, которые предупреждают образование обледенения и разрушают корку льда. В результате, так как применяется не термическое, а механическое воздействие, прогнозируется существенное снижение времени и энергии, требуемых на очистку.

Электромеханический способ, предотвращающий образование льда на проводах линий электропередачи в штатном режиме их работы без необходимости отключения на обслуживание, реализуется известным электромеханическим устройством. Устройство содержит упруго связанный с проводом ударный элемент, представляющий собой надетую на провод прямоугольную рамку, две противоположные стороны, которой выполнены в виде пластинчатых постоянных магнитов, намагниченных аксиально и обращенных друг к другу разноименными полюсами и свободно охватывающих провод с возможностью относительных смещений. Две другие стороны прямоугольной рамки выполнены в виде соединяющих магниты пластин из неферромагнитного материала, в частности – дюралюминия, и прикреплены к магнитам с помощью винтов, ввернутых в заармированные в магниты резьбовые втулки. При этом каждая из пластин с обращенной к магнитам стороны в своей центральной части снабжена выступающим цилиндрическим бойком и свободно надетой на него втулкой из упругого эластичного материала, введенной в контакт своим наружным торцом с поверхностью провода. Работа данного устройства осуществляется следующим образом.

Постоянные магниты вплотную прижаты к проводу, и в рабочем зазоре между полюсами, равном диаметру провода, создается постоянное магнитное поле. При протекании по проводу переменного тока возникает знакопеременная электромагнитная сила взаимодействия провода и магнитного поля постоянных магнитов, вызывающая смещения ударного элемента относительно провода, то есть происходят колебания ударного элемента относительно провода. Ударный элемент автоматически и непрерывно работает в вибрационном режиме, что придает электромеханическим воздействиям на провод вибрационный характер и обеспечивает непрерывность процесса удаления с проводов капель воды на ранней стадии до ледообразования .

Достоинством предлагаемого устройства является способность работать в двух режимах: в вибрационном и в ударно-встряхивающем, что расширяет его функциональные возможности. В профилактическом режиме устройство работает непрерывно за счет взаимодействия с переменным током, протекающим по проводам ЛЭП в штатном режиме их работы, без необходимости отключения на обслуживание, что придает

электромеханическим взаимодействиям устройств с проводом ЛЭП вибрационный характер и обеспечивает непрерывность процесса удаления с проводов капель воды на ранней стадии до ледообразования. Таким образом, в профилактическом режиме работы линии электропередачи ликвидируются причины обледенения проводов, а не его последствия, что избавляет от необходимости отключения на обслуживание, снижает требуемые затраты ресурсов и энергии.

Подчеркнём: в профилактическом режиме устройство позволяет не допускать появления гололёда на проводах, а не начинать с ним бороться после того, как ледяная «шуба» их окутает. экстремальном режиме электромеханическому взаимодействию устройства с проводом линии электропередачи придается ударно-встряхивающий характер за счет периодического пропускания по проводам пролета линии электропередачи импульсов постоянного тока от специального источника электропитания, создавая механические ударные воздействия на провод с периодическим его встряхиванием и вызывая этим разрушение и стряхивание налипшего на провод льда. В диапазоне частот 1,5-8 Гц устройство способно возбуждать колебания провода с амплитудой до 33 см и ускорением от 0,5 до 14 g.

Ожидается, что устройство будет эффективно разрушать и сбрасывать с провода или троса гололед значительных размеров. Для этого при возникновении опасности обрыва проводов ЛЭП из-за их обледенения отключают высоковольтное переменное напряжение. После чего к двум проводам ЛЭП подключают импульсный источник постоянного электрического тока 2, вырабатывающий ток величиной, достаточной для ударного встряхивания проводов и удаления обледенения.

Использование механических колебаний для разрушения льда, а не нагрева, как это делается в настоящее время, позволит существенно уменьшить время, необходимое для очистки линии ото льда, и энергию, затрачиваемую на очистку.

4) Физико-химический метод

Этот метод заключается в нанесении на провода растворов специальных веществ, которые замерзают при температурах значительно более низких, чем вода. Метод предполагает получение покрытий с низкой адгезией к водным средам, снегу и льду. Одним из наиболее перспективных методов снижения адгезии является создание супергидрофобных покрытий (рис. 4).

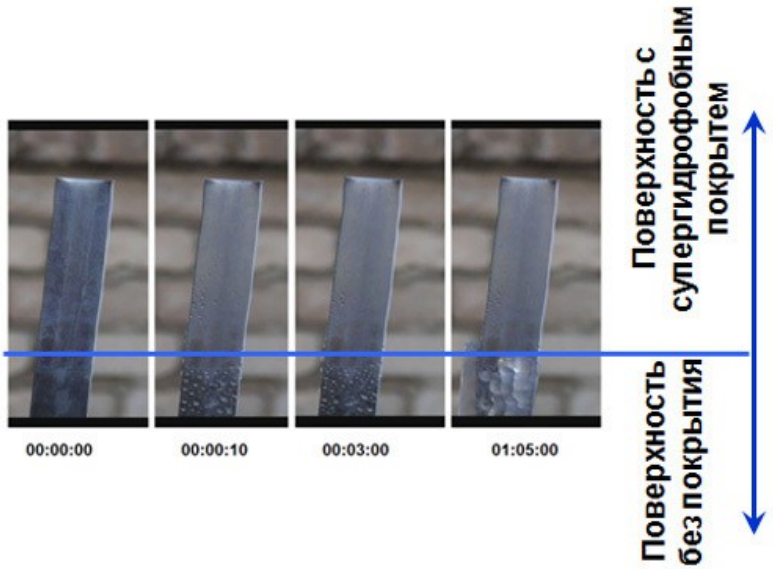

Рис. 4. Испытание супергидрофобного покрытия

Физико-химический способ в отличие от других предотвращает появления обледенения проводов. Полученные результаты позволяют говорить о новом физико-химическом методе в борьбе с обледенением проводов ЛЭП, эффективность которого существенно превышает возможности традиционных методов. Также этот метод не требует каких либо больших экономических затрат. Поэтому он является более перспективным. Единственным недостатком физико-химического метода является то, что срок действия таких жидкостей недолог, а регулярно наносить их на сотни и тысячи километров проводов нереально.

5) Метод будущего

Такое название методу дали мы. Метод заключается в том, чтобы не изобретать никаких второстепенных приборов для очистки проводов ото льда, а создать новые высокотехнологичные провода. Эти провода должны выполнять следующие требования:

- увеличить пропускную способность существующих линии;
- снизить механические нагрузки, прикладываемые к опорам ЛЭП, из-за пляски проводов;
- повышение коррозионной стойкости проводов и тросов;
- снижение риска обрыва провода при частичном повреждении нескольких внешних проволок из-за внешних воздействий, в том числе в результате удара молнии;
- улучшение механических свойств проводов при налипании снега или образовании льда

Для этого, внешние слои провода нужно выполнять из таких проводников, которые будут плотно прилегать друг к другу.

Таким образом, за счет более плотной скрутки проводников и более гладкой внешней поверхности возможно использование более тонких и более легких проводов. Это, в свою очередь приводит к снижению электрических потерь в проводах (на 10 – 15 %), в том числе потери на

корону, и повышению механической прочности конструкции. Также, благодаря плотной скрутке практически исключается проникновение во внутренние слои воды и загрязнений, следовательно снижается коррозия внутренних слоев провода.

Как было сказано выше, обледенение проводов ЛЭП серьезная проблема. При авариях тратятся огромные средства, чтобы ликвидировать её. У каждого метода есть свои плюсы и минусы. Исследование проведено для того, чтобы найти самый эффективный и менее затратный метод для борьбы с обледенением. В дальнейшем планируется проанализировать Кемеровскую область.

Список используемой литературы

1. Устройство для сброса гололедных отложений с проводов / Белый Д. М., Афанасьев Г.Ф.: пат. № 2481684 Росс. Федерация. № МПК H 02 G 7/16, опубл. 10.05.2013 г., бюл. № 1. 3 с.: ил

2. Способ удаления обледенения с проводов линий электропередач / Козин В.М., Соловьев В.А., Орлов Д.А., Сухоруков С.И., Малых К.С. : пат. 2442256 C1 Росс. Федерация, МПК H 02 G 7/16.; № 2010144485/07 ; заявл. 29.10.2010 ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4. 4с.: ил.

3. Бойнович Л. Б. Методы борьбы с обледенением ЛЭП: перспективы и преимущества новых супергидрофобных покрытий. / Л. Б. Бойнович, А.М. Емельянов //Журнал ЭЛЕКТРО. - 2011. - № 6. - http://www.ess.ru/.

4. Дьяков А.Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях / А.Ф. Дьяков // Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор». - 2000. - 284 с.

5. Алмаев, М.А. Электромеханическое вибрационное устройство очистки линий электропередачи от гололедных отложений / М.А. Алмаев, А.В.Трофимов // Сборник научно-исследовательских работ аспирантов финалистов конкурса аспирантов и молодых ученых в области энергосбережения в промышленности. г. Новочеркасск, октябрь 2010 г. / Мин- во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т.(НПИ). – Новочеркасск: Лик, 2010. – С. 3-5

6. Абжанов Р.С. Исследование осаждения аэрозолей применительно к процессу гололедообразования на проводам ЛЭП / Дис. канд.техн.наук Алма- Ата,1973.