

УДК 621.3

ОБЛЕДЕНЕНИЕ ПРОВОДОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И СПОСОБЫ ЕГО УДАЛЕНИЯ

Малашенко И.С., Новик И.И., Пакульневич К.Л.

Научный руководитель – м.т.н., ст. преп. Гецмам Е.М.

В настоящее время для передачи энергии на большие расстояния, благодаря относительно небольшой стоимости, широко применяют воздушные линии электропередачи (ЛЭП). Одним из основных элементов ЛЭП являются провода. При эксплуатации воздушных линий электропередач возникает проблема обледенения проводов. Высокая влажность, ветры, резкие перепады температуры воздуха способствуют образованию наледи на проводах воздушных линий. Толщина гололёда на них может достигать 60-70 мм, существенно утяжеляя провода. В результате значительного увеличения массы проводов и воздействующих на них динамических и статических нагрузок происходят опасные и нежелательные явления, особенно при сильном ветре. К их числу относятся обрыв токопроводящих проводов и грозозащитных тросов под тяжестью снега и льда, недопустимо близкое сближение проводов и их сильное раскачивание (так называемая «пляска»), ухудшение защитных свойств изоляторов, разрушение опор.

Подобные аварии приносят значительный экономический ущерб, на их устранение уходит несколько дней и затрачиваются огромные средства. В результате потребители несут крупные убытки, а восстановление оборванных проводов – дорогостоящий и трудоемкий процесс. Среднее время ликвидации гололедных аварий превышает среднее время ликвидации аварий, вызванных другими причинами, в 10 и более раз. По статистике в энергосистемах по причине гололеда происходит от 6 до 8 крупных аварий в год.

В условиях относительно мягкой зимы при резком перепаде значений температуры окружающего воздуха от положительной к отрицательной на проводах оседают капли воды и начинается лавинообразный процесс образования толстой ледяной корки, достигающей толщины в несколько десятков миллиметров и многократно утяжеляющей провода (рисунок 1).



Рисунок 1. Гололедные отложения на проводах воздушной линии электропередач

Допустимая толщина стенки гололеда для линий с различным номинальным напряжением зависит от климатического района. В таблице 1 приведены нормативные значения стенки гололеда.

Таблица 1. Нормативная толщина стенки гололеда, мм

Климатический район по толщине стенки гололеда	Номинальное напряжение линии		
	до 3	6-330	500, 750
I	5	5	На основе данных наблюдений, но не менее 10
II	5	10	
III	10	15	
IV	15	20	
Особый	20 и более с уточнением по данным наблюдений	22 и более с уточнением по данным наблюдений	

При значительных гололедных отложениях возможны обрывы проводов, тросов, разрушения арматуры, изоляторов и даже опор воздушных линий (рисунок 2).



Рисунок 2. Гололёд – бедствие для линий электропередач

Опишем один из возможных физических механизмов образования гололёда, зарождающегося по причине соприкосновения двух масс воздуха – холодного и теплого повышенной влажности. В такой системе тёплая воздушная масса вытесняет тонкий слой холодного воздуха к поверхности земли. В результате на верхнем уровне образуется снег, который в тёплом слое превращается в дождь при превышении температуры кристаллизации. Капли дождя, попадая в слой более холодного воздуха у поверхности земли, замерзают при соприкосновении с переохлажденной поверхностью различных предметов, в том числе проводов и опор ЛЭП, и начинается процесс лавинообразного роста наледи. Описанный механизм образования гололёда свойственен, например, некоторым областям Канады. Здесь дождь с

образованием гололёда выпадает до 15 раз в году и длится несколько часов, оставляя на проводах ЛЭП наледь толщиной до 30-60 мм. Экономический ущерб от данного атмосферного давления достигал 5 млрд долларов. Таким образом, борьба с обледенением проводов линий электропередачи является серьёзной проблемой, актуальной для многих стран, имеющих регионы с высокой влажностью и низкими температурами.

Проблема борьбы с обледенением проводов линий электропередач довольно остро стоит по всему миру, особенно в районах с высокой влажностью и низкими температурами зимой, особенно в Гомельской области, особенно в Петриковском, Житковическом и Туровском районах. Особенно подвержены обледенению линии в лесных массивах. На рисунке 3 представлена диаграмма протяженности ВЛ 35 кВ по лесным участкам в разрезе филиалов «Электрические сети» РУП «Гомельэнерго», в км.

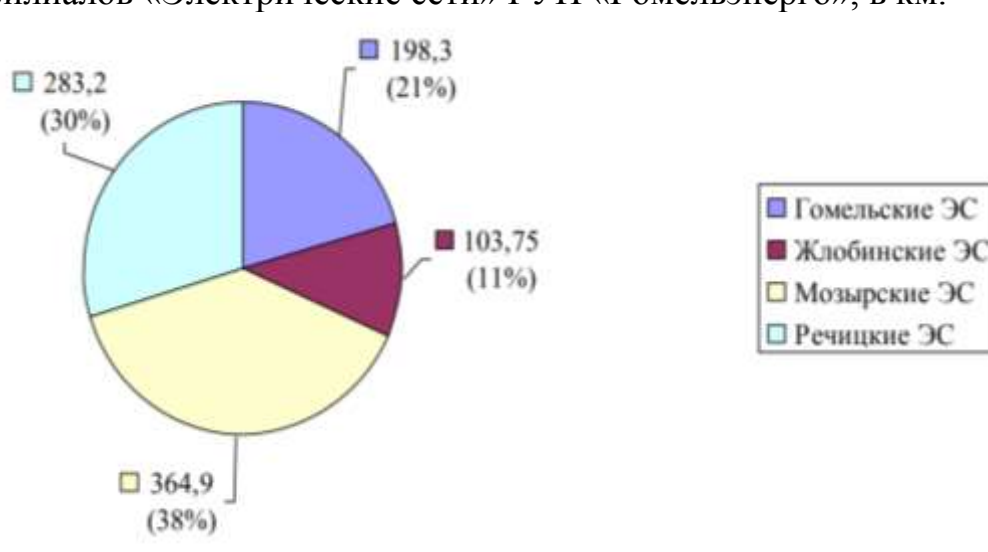


Рисунок 3. Протяжённость ВЛ 35 кВ по лесным участкам в разрезе филиалов «Электрические сети» РУП «Гомельэнерго», км

Несмотря на многолетние усилия энергетиков, гололедные аварии в электрических сетях многих энергосистем по-прежнему вызывают наиболее тяжелые последствия и периодически дезорганизуют электроснабжение регионов страны. Борьба с гололедом осуществляется в большинстве случаев примитивно, путем обивки проводов от мокрого снега и льда. Установка опор через небольшие интервалы и даже примитивная борьба с гололедом требуют больших затрат труда и материальных ресурсов. В результате энергокомпания и потребители несут крупные убытки, а восстановление оборванных проводов – дорогостоящий и трудоемкий процесс. Энергетики рассматривают обледенение ЛЭП в качестве одного из наиболее серьезных бедствий. С такими же проблемами сталкиваются многие северные страны, а также Китай и Япония. Поэтому во всем мире целым рядом компаний и организаций активно ведутся исследования и разработка способов и устройств для борьбы с обледенением линий электропередач. Методы борьбы с образованиями на проводах и тросах воздушных линий электропередачи заключаются в недопущении обледенения, снижения размеров отложений и удаления гололедных отложений.

Существует 4 метода активной борьбы с обледенением: механические, электротермические, физико-химические, электромеханические.

1) Механические способы, используемые чаще всего, заключаются в применении специальных приспособлений, обеспечивающих сбивание льда с проводов. На линиях чаще всего используют механические методы борьбы с обледенением. Механические способы заключаются в применении специальных приспособлений, обеспечивающих сбивание льда с проводов (рисунок 4).



Рисунок 4. Механическое удаление отложения льда с проводов

Самый простой способ механического удаления гололеда - сбивание, которое производится при помощи длинных шестов с земли или с корзины автовышки, но они требуют доступа к ЛЭП, что нарушает нормальную работу участка. К тому же механическое воздействие не препятствует обледенению, а устраняет его.

Для обивки используются деревянные, бамбуковые, стеклопластиковые или бакелитовые шесты. Шест для обивки с земли должен иметь длину от 5 до 8 м на верхнем конце на длине 2 м, начиная от верхнего среза, должен быть оплетен виток к витку алюминиевой проволокой диаметром от 2 до 3 мм. Шест для обивки с механизмов может иметь длину от 1,5 до 2 м и оплетается алюминиевой проволокой весь, за исключением участка, предназначенного для его удержания. Обивка осуществляется боковыми ударами, вызывающими волнообразное колебание провода, при этом гололедные образования ломаются и осыпаются. Удаление гололеда с проводов шестами практически неосуществимо без привлечения большого количества рабочих. Этот метод требует много времени и применяется только на коротких участках линий, когда плавка электрическим током экономически нецелесообразна или технически невыполнима.

2) Электротермические 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 сети ЛЭП до такой величины, при которой провода нагреваются до температуры выше 0°C . При такой температуре гололед на проводах не откладывается. Профилактический подогрев необходимо начинать до образования гололеда на проводах при климатических условиях, когда его образование становится возможным. При профилактическом подогреве следует, как правило, применять такие схемы питания, которые не требуют отключения потребителей.

Плавка гололеда на проводах осуществляется при уже образовавшемся гололеде путем искусственного повышения тока сети ЛЭП до такой величины, при которой выделяемой в проводах теплоты достаточно для расплавления гололеда с нормативной толщиной стенки при нормативных значениях температуры окружающей среды и скорости ветра.

3) В последние годы для борьбы с обледенением стали активно применять физико-химические методы, заключающиеся в нанесении на провода растворов специальных веществ, которые замерзают при температурах значительно более низких, чем вода. Последняя группа методов предполагает получение покрытий с низкой адгезией к водным средам, снегу и льду.

Одним из наиболее перспективных методов снижения адгезии, основанным на применении современных достижений физикохимии, является создание супергидрофобных покрытий на проводах. Эти жидкости или покрытия хороши в дорожном хозяйстве и авиации, но при транспортировке энергии малоэффективны. Срок действия таких «незамерзающих жидкостей» недолог, а регулярно наносить их на сотни, а то и тысячи километров проводов нереально.



Рисунок 5. Испытания супергидрофобных покрытий в потоке водного аэрозоля при температуре -5°C и скорости ветра 10 м/с

4) 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.

Литература

1. Наука и жизнь. Главная/ Как расплавить лёд на проводах ЛЭП/ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.nkj.ru/archive/articles/14553/>- Дата доступа: 08.05.2020
2. Никитина И.Э. Способы удаления льда с проводов ЛЭП/ - Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2015. – 31 с.