

УДК 632.116.6

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП В УСЛОВИЯХ
ГОЛОЛЕДА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ
ENSURING THE RELIABILITY OF OVERHEAD POWER LINES IN ICY
CONDITIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

П.А. Крупень

Научный руководитель – С.В. Константинова, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

P. Krupen

Supervisor – S. Konstantinova, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** рассмотрены механизмы воздействия гололеда на воздушные линии электропередачи и методы борьбы с его образованием.*

***Abstract:** the mechanisms of the impact of ice on overhead power lines and methods of combating its formation are considered.*

***Ключевые слова:** гололед, противообледенительные системы, воздушные линии электропередачи, надежность.*

***Keywords:** ice, de-icing systems, overhead power lines, reliability.*

Введение

В Республике Беларусь, где холодные зимы и гололед – обеспечение надежного электроснабжения имеет первостепенное значение. Надежность воздушных линий электропередачи в таких условиях имеет решающее значение для повседневной жизни граждан, функционирование промышленности. Любое нарушение энергоснабжения во время гололеда может иметь самые разнообразные последствия, включая экономические потери, неудобства и потенциальную угрозу безопасности населения.

Основная часть

Климат и ледовые условия в Беларуси. В Беларуси континентальный климат, характеризующийся холодной зимой и теплым летом. Эта особенность делает страну уязвимой к гололеду, что может создать проблемы для ее инфраструктуры, включая воздушные линии электропередачи. Ледяные условия, включая ледяной дождь, мокрый снег и могут привести к образованию льда на различных поверхностях, в том числе на линиях электропередач. Что может оказать пагубное влияние на надежность электросети.

Дополнительный вес льда на проводах может привести к провисанию, что может привести к гибели людей, вызвать колебания напряжения и потенциальное повреждение электрооборудования. Например, во время сильной ледяной бури в 2022г. были одновременно обесточены около 340 населенных пунктов, что привело к отключениям подачи воды и тепла. Практически каждый год аварийные службы сталкиваются с подобными проблемами. Такие компоненты, как изоляторы, траверсы и разъемы, могут стать хрупкими или поврежденными, что приведет к утечкам тока и возможным коротким

замыканиям и снижению их эффективности, что может привести к сбоям в работе линий электропередачи и угрозам безопасности.

Помимо проблем с надежностью, гололед создает серьезные проблемы с безопасностью. Падающий лед с линий электропередачи может быть опасен для пешеходов и транспортных средств, проезжающих под ним. Также покрытый слоем корки льда провод часто попадает в резонансную «пляску», которая вызывается сильными порывами ветра. Это явление называется «пляской проводов». Она представляет опасность созданием на проводах сильных колебаний большой амплитуды, достигающей 12-14 м, и длину волны, равную длине межопорного пролёта линии. При долгом воздействии ветра может произойти схлестывание проводов или их обрыв. (рисунок 1)



Рисунок 1 – Пример аварии, вызванной гололедом и самой наледью

Профилактическое обслуживание и смягчения последствий.

Регулярные проверки линий электропередачи являются фундаментальным аспектом профилактического обслуживания. Эти проверки помогают выявить потенциальные проблемы, такие как поврежденные компоненты или скопление льда, прежде чем они приведут к отключению электроэнергии или угрозе безопасности. Проверки могут быть визуальными, проводимыми с помощью наземных или воздушных осмотров или даже использовать передовые технологии. Модернизация оборудования линий электропередачи с использованием более современных и надежных компонентов является частью профилактического обслуживания. Новые материалы и конструкции могут лучше противостоять суровым погодным условиям и снижать риск отказов оборудования. Это включает в себя использование современных изоляторов, коррозионностойких материалов, более прочных материалов и опорных структур. Обрезка или расчистка растительности вблизи линий электропередач может снизить риск повреждения во время гололеда и снизить вероятность отключения электроэнергии.

Наличие четко определенных планов реагирования на чрезвычайные ситуации является важной частью профилактического обслуживания. Быстрые и

эффективные меры реагирования могут помочь свести к минимуму время простоя и неудобства для потребителей.

Противообледенительные покрытия наносятся на критически важные компоненты, такие как изоляторы и проводники, чтобы предотвратить накопление льда. Эти покрытия создают гидрофобную поверхность, которая отталкивает воду и лед, снижая вероятность образования льда.

Противообледенительное оборудование, такое как нагретые проводники и изоляторы, может активно растапливать лед, образующийся на линиях электропередач. Системы электрического отопления предназначены для поддержания критически важных компонентов при температуре выше точки замерзания, предотвращая накопление льда. Также противообледенительный нагрев может производиться по методу Виктора Петренко и заключается в принудительном нагреве проводов посредством увеличения силы тока. Системы мониторинга погоды предоставляют данные в режиме реального времени о погодных условиях, включая температуру и осадки. Эти системы могут помочь предсказать вероятность возникновения обледенения и инициировать активацию противообледенительных мер. Технологии обнаружения льда, такие как тепловидение и датчики, используются для мониторинга накопления льда на линиях электропередачи. Они могут запускать системы противообледенения или предупреждать обслуживающий персонал, когда накопление льда достигает критического уровня. Дроны, оснащенные камерами и датчиками, все чаще используются для воздушного осмотра линий электропередачи.

Аварийное реагирование, стандартизация и расчёт нагрузок.

Во время гололеда коммунальные организации часто задействуют группы быстрого реагирования, специально обученные для устранения перебоев в подаче электроэнергии, вызванных проблемами, связанными с гололедом. В тех случаях, когда полный ремонт может занять время, вводятся временные исправления, чтобы как можно быстрее восстановить работоспособность. Эти меры могут включать восстановление оборванных проводов, обход поврежденных компонентов или использование мобильных генераторов для подачи электроэнергии. После восстановления электроснабжения коммунальные компании обычно проводят анализ после события, чтобы оценить реакцию и определить области для улучшения реагирования.

Правила и стандарты детализируют частоту и объем работ по техническому обслуживанию и проверкам. Указания по разработке организационно-технологических карт и проектов производства работ по техническому обслуживанию и ремонту электроустановок и линий электропередачи устанавливаются СТП 33240.20.670-19.

Для того чтобы избежать обрывов провода, существует методика расчёта воздействия различных факторов на провод.

Технологические достижения ведут к созданию более сложных систем обнаружения и мониторинга льда. Эти системы, которые могут включать улучшенные датчики и анализ данных в реальном времени, могут предоставлять более точную и своевременную информацию коммунальным предприятиям, позволяя быстрее реагировать на проблемы, связанные с гололедом. Технология

интеллектуальных сетей играет все более важную роль в повышении надежности линий электропередачи. Она обеспечивает лучшую связь между коммунальными системами и потребителями, позволяя более эффективно обнаруживать сбои и быстрее восстанавливать электроснабжение.

Энергокомпании рассматривают возможность создания климатически устойчивой инфраструктуры, способной противостоять экстремальным погодным условиям, включая гололед. Это может включать использование материалов и конструкций, специально разработанных для защиты от накопления и повреждения льда. Достижения в области материаловедения приводят к улучшению изоляции и противообледенительных покрытий. Эти технологии предназначены для обеспечения более длительной защиты от накопления льда и поддержания надежности линий электропередачи.

По мере того, как растет понимание влияния изменения климата и экстремальных погодных явлений, могут появиться обновления политики и правил, регулирующих инфраструктуру линий электропередач.

Заключение

Рассмотрены проблемы, связанные с накоплением льда, сбоями оборудования и проблемами безопасности, а также важность профилактического обслуживания и эффективных стратегий реагирования. Надежность воздушных линий электропередачи имеет решающее значение для благосостояния населения и функционирования жизненно важных служб, промышленности и бизнеса. Гололед может нарушить эту надежность, что приведет к экономическим потерям и угрозам безопасности. Различные профилактические меры и стратегии смягчения последствий: от регулярных проверок до противообледенительных систем и современных материалов необходимы для снижения воздействия гололеда на линии электропередач.

Сотрудничество с соседними странами и международными организациями, а также адаптация технологий и подходов являются ключом к решению проблем, связанных с ледовыми условиями. Необходимо внедрение новейших технологий, укрепление инфраструктуры, а также разработка комплексных планов реагирования на чрезвычайные ситуации и практика регулярного технического обслуживания.

Литература

1. Вавилова, И. В. Борьба с гололёдом в электросетевых предприятиях / И.В. Вавилова, И.Е. Голубков, Р.М. Рудакова. — Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 1995. – 194 с.
2. Дьяков и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях. Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. – 284 с.
3. Губаев, Д. Ф. Обнаружение гололёда на линиях электропередачи локационным методом: дис. канд. техн. наук: 05.11.2013 / Д.Ф. Губаев. — Казань, 2009 – 186 л.