



Корпоративный презентационный день ПАО «МРСК Северо-Запада»

СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СНЕГОНАЛИПАНИЯ И ГОЛОЛЕДОБРАЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ 6–150 кВ



Подготовил **Валерий Журавлев**, «Новости ЭлектроТехники»

Очередной корпоративный презентационный день (КПД) ПАО «МРСК Северо-Запада» (дочерняя компания ПАО «Россети») состоялся 31 октября в Санкт-Петербурге в гостинице Парк Инн Пулковская.

В КПД приняли участие технические специалисты исполнительного аппарата МРСК Северо-Запада, руководители и специалисты служб РЗА филиалов МРСК Северо-Запада – «Архэнерго», «Вологдаэнерго», «Карелэнерго», «Колэнерго», «Комиэнерго», «Новгородэнерго», «Псковэнерго», представители «Ленэнерго», Федерального испытательного центра, ЛОЭСКА, Петербургского энергетического института повышения квалификации, Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, крупнейшие отечественные разработчики и производители инновационных проводов для ВЛ, устройств ограничения гололедообразования, систем диагностики и мониторинга снегоналипания и гололедообразования, установок для плавки гололеда – всего более 70 человек.

Генеральным партнером и организатором КПД традиционно выступил журнал «Новости ЭлектроТехники».

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ



Открывая КПД, **заместитель главного инженера по эксплуатации – начальник Департамента технического перевооружения и реконструкции, обслуживания и ремонтов объектов электросетевого хозяйства ПАО «МРСК Северо-Запада» Виктор Абаимов** подчеркнул актуальность темы мероприятия:

– Еще несколько лет назад проблема предотвращения снегоналипания и гололедообразования на воздушных линиях не стояла перед электросетевым комплексом Северо-Запада России. Зима была зимой, лето – летом, переходы температуры через ноль весной и осенью происходили достаточно быстро. Однако изменения в климате за последнее время вынудили нас обратить пристальное внимание на эту проблему.

Только за зиму 2016–2017 года стихия неоднократно проверяла готовность энергетиков к реагированию на нештатные ситуации. В ноябре в Новгородской области произошло обильное налипание мокрого снега на провода, что привело к перебоям в электроснабжении потребителей пяти районов. Восстановительные работы на поврежденных линиях вели 63 бригады общей численностью 250 человек и 70 единиц спецтехники. Затем подобные ситуации случались в Вологодской и Мурманской областях, в Карелии.

Сейчас перед нами стоит задача диагностировать и предотвращать такие явления, чтобы затем не приходилось

героическими усилиями бороться со снегоналипанием и гололедообразованием. Внедрение новых разработок по данному направлению имеет важное значение для обеспечения надежного электроснабжения потребителей на нашей территории ответственности.



Николай Федоров, директор по развитию ООО «Ламифил» (г. Углич, Ярославская обл.), в своем выступлении рассказал о преимуществах проводов нового поколения, выпускаемых предприятием.

– В Положении о технической политике ПАО «Россети» сказано: «На ВЛ 35–150 кВ <...> в районах с интенсивными

ветровыми и гололедными нагрузками, а также на больших переходах <...> рекомендуется применять новые конструкции проводов, превосходящие стандартные пропускной способностью и техническими характеристиками с целью:

- снижения нагрузок на опоры и фундаменты;
- увеличения длины пролетов;
- уменьшения коэффициента аэродинамического сопротивления;
- снижения вероятности пляски проводов;
- снижения вероятности обрыва проводов при воздействии внешних механических нагрузок (противодействие налипанию снега и гололедообразованию)».

Одним из наиболее эффективных решений по решению этой задачи, по нашему мнению, является использование неизолированных проводов ЛЭП, стойких к снегоналипанию и гололедообразованию, таких как:

- проводов компактированных марок AAC-Z и AACSRZ;
- проводов термостойких марок ACCC® и GZTACSR.

Все эти провода отличаются от традиционных сочетанием гладкой поверхности, торсионной жесткости и способности к самодемпфированию, что в совокупности обеспечивает большую стойкость к ветровым воздействиям и гололедообразованию.

Компактированные провода AAC-Z при сравнимом эффективном сечении имеют меньшую, чем у проводов AC, массу, что уменьшает нагрузку на опоры и арматуру и повышает надежность линии. При этом их прочность более чем на 15% превышает прочность AC.

Провода ACCC® с композитным сердечником позволяют удвоить номинальный ток и увеличить пропускную способность линии в 2 раза, позволяют сократить потери линии на 20–30%. Они на 50–60% легче по сравнению с проводами AC аналогичного эффективного сечения, имеют меньшие диаметры и стрелы провеса, обладают большей стойкостью к обледенению и ветровым нагрузкам, что повышает надежность и долговечность работы ВЛ.

Термостойкие провода с зазором GZTACSR позволяют эксплуатировать ВЛ при повышенном значении тока. Стрелы провеса сохраняются в пределах допустимых границ при повышенной рабочей температуре провода (до 230 °C или 310 °C при пиковой нагрузке). Благодаря своей термостойкости такие провода позволяют существенно увеличить пропускную способность на существующих линиях без замены опор, а так как максимум передаваемой мощности в линии, по опыту, приходится на зимний период, то температура поверхности провода будет существенно выше нуля и отложения снега и льда на проводе невозможны.



Дмитрий Зотов, руководитель службы по продажам грозотросов и термостойких проводов ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ» (г. Саранск), представил компактированные провода, способные снизить ветро-гололедную нагрузку на линии электропередачи.

– В последнее время стало достаточно распространенным применение проводов из трапецевидных и Z-образных проволок в наружных и внутренних повивах. Такие конструкции придают проводу гладкую поверхность и уменьшают диаметр. Это способствует уменьшению объема гололеда, задерживающегося на проводе, и позволяет снизить ветро-гололедную нагрузку.

Однако применению компактированных проводов повсеместно мешает их высокая стоимость.

Согласно ГОСТ Р МЭК 62219 компактирование провода может производиться тремя способами.

1. Волочение профилированных проволок с последующей скруткой. Недостатком такого способа является потеря производительности оборудования на 80%, которую производители компенсируют стоимостью, в 2–2,5 раза превышающей стоимость провода AC.

2. Традиционное волочение круглых проволок и профилирование их на крутильной машине непосредственно перед скруткой. Для такого метода необходимо специальное оборудование, которого нет ни на одном кабельном заводе.

3. Волочение круглых проволок и пластическое обжатие уже скрученного провода. Данный способ не ограничивает производительность, не требует специального оборудования и широко распространен в кабельной промышленности при изготовлении токопроводящих жил для проводов СИП и кабелей на высокое и среднее напряжение. Ограничивает его применение стальной сердечник из высокоуглеродистой стали, который не поддается уплотнению.

Решением проблемы компактирования стального сердечника является применение стали, плакированной алюминием. Именно такую использует в своей продукции «ЭМ-КАБЕЛЬ». Покрытие из алюминия при обжатии позволяет заполнить межпроволочное пространство и создать цилиндрическую поверхность. Себестоимость провода, выпущенного по такой технологии, остается на уровне традиционного AC.

Сегодня отношение энергетиков к компактированным проводам неоднозначно, так как стало известно, что гололед на компактированных и традиционных проводах образуется одинаково. Действительно, проведенные исследования показывают снижение веса наледи лишь на 10–15%. Но это при полном отсутствии ветра. Присутствие даже небольшого ветра заставляет капли воды быстрее скатываться с гладкой поверхности и как результат происходит снижение веса наледи на 30% и более.



Михаил Меркушев, директор ООО «ОКП «ЭЛКА-Кабель» (г. Пермь), рассказал об облегченных неизолированных компактных проводах для уменьшения гололедообразования с усиленным сердечником и уплотненными повивами из алюминиевого сплава.

– Неизолированный провод ELKALINE предназначен для применения в атмосфере воздуха типов I, II, III на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнении УХЛ, в том числе в районах с повышенной грозовой активностью, с сильными ветрами, снегопадом и гололедом, на воздушных ЛЭП повышенной протяженности и высокой пропускной способностью.

Особенностью проводов ELKALINE, кроме уплотненных повивов из термостойкого алюминиевого сплава, пригодного для плавления гололеда повышенным током с разогревом провода до 130 °C, является высокопрочный малогабаритный оцинкованный стальной сердечник. Возможно плакирование сердечника алюминием для эксплуатации в агрессивных средах.

Преимущества в сравнении с неизолированным проводом по ГОСТ 839-80:

– Уплотненные токопроводящие повивы из термостойкого алюминиевого сплава, пригодного для плавления гололеда без ухудшения физико-механических свойств, номинальная длительная температура нагрева провода до 210 оС.

– Уменьшенный диаметр провода, плотная компоновка (заполнение до 95%) обеспечивают уменьшение аэродинамической нагрузки и площади гололедообразования.

– Сниженный вес провода при сохранении эксплуатационных нагрузок.

– При равном весе с проводом по ГОСТ 839-80 провод ELKALINE обладает более высокими разрывными характеристиками.

– Провод более стойкий к обледенению и налипанию снега за счет торсионной жесткости, высокопрочного сердечника ▶



и меньшего диаметра, что в совокупности уменьшает вероятность обрыва провода.

Если сравнивать провода АС 150/19 ГОСТ 839-80 и ELKALINE АСТУ 150/18,5, то при практически одинаковом весе последние прочнее на 53% (разрывное усилие 46 307 Н и 70 668 Н соответственно) и имеет более высокую рабочую температуру (до 70 °С и до 210 °С соответственно).

Конструкция провода проста и не требует специального обучения персонала по условиям монтажа и эксплуатации. Применяемая арматура – специально разработанная усиленная прессуемая арматура производства МЗВА.

Гарантийный срок эксплуатации 5 лет, минимальный срок эксплуатации 50 лет. Провода ELKALINE прошли аттестацию в ПАО «ФСК ЕЭС».



Сергей Кузовкин, менеджер по развитию ООО ПО «ФорЭнерго» (г. Москва), ознакомил с устройствами ограничения гололедообразования и колебаний, а также межфазными изолирующими распорками повышенной надежности производства ПО «ФОРЭНЕРГО», выпускаемыми с целью предотвращения образования гололеда на проводах.

– Налипание снега на провода в подавляющем большинстве случаев происходит при действии ветра скоростью от 10 до 25 м/с. Снежные муфты, образующиеся на проводах, имеют прочное сцепление с ними и не разрушаются даже при действии порывистых ветров скоростью до 35–40 м/с.

Опасность налипания снега состоит в увеличении статических механических нагрузок на провода, линейную арматуру и опоры ВЛ. Масса налипающего снега соизмерима с массой провода, а иногда и значительно превышает последнюю, достигая 6–8 кг/м.

Пляска, как правило, появляется в результате воздействия ветра на провод, покрытый гололедом, мокрым снегом, изморосью, что приводит к искажению цилиндрической формы провода.

Наибольшую опасность при пляске вызывает соприкосновение проводов ВЛ между собой, что приводит к короткому замыканию и отключению линии, а также к повреждению провода. Кроме того, в результате пляски происходит интенсивный износ проводов, арматуры и изоляторов.

Для предотвращения налипания снега и пляски проводов ПО «ФОРЭНЕРГО» предлагает использовать межфазные изолирующие распорки повышенной надежности (РМИД) вместе с ограничителями гололедообразования и колебаний (ОГК).

Межфазные изолирующие распорки значительно ограничивают амплитуду колебаний и обеспечивают сохранение необходимых изоляционных расстояний между фазами в критических точках. Имеют одномодульную конструкцию (т.е. не имеют металлических вставок), что многократно увеличивает ресурс работы распорок.

Ограничители гололедообразования и колебаний позволяют за счет увеличения крутильной жесткости провода (троса, кабеля) уменьшить массу образующегося гололеда.

Грузы ОГК, размещенные под проводом, не позволяют проводу повернуться вокруг своей оси при образовании несимметричного гололедного отложения, вытянутого в сторону направления ветра, что, в свою очередь, мешает образованию цилиндрического гололеда большой толщины.

Ограничение образования гололеда, а также специальная схема расстановки ОГК по длине пролета снижает вероятность возникновения пляски. Кроме того, конструкция ОГК, состоящая из зажима, троса специальной конструкции и двух грузов различной массы, размещенных на концах троса (причем длина отрезков троса выполнена различной), позволяет использовать их в качестве гасителей вибрации (имеет не менее 3 резонансных частот).



Дмитрий Гиберт, заместитель генерального директора по техническим вопросам ООО «Инкаб» (г. Пермь), остановился на возможностях системы мониторинга образования гололеда на грозозащитном тросе на основе распределенной волоконно-оптической измерительной системы.

– Наиболее перспективным способом повышения эффективности работы линий с применением новых технологий становится предупреждение аварий путем мониторинга и контроля с использованием автоматизированных средств и систем.

Наибольшие проблемы связаны с образованием гололеда и налипанием снега на грозозащитный трос и возникающим риском образования недопустимых стрел провеса, касания фазных проводов и замыканий, а также обрывов грозотроса при превышении максимальных нагрузок.

Существующие решения этих сложностей связаны с рядом проблем:

- специальные конструкции грозотроса не работают;
- специальные покрытия недолговечные, дорогостоящие, их производство связано с технологическими сложностями.

Наиболее эффективное решение на сегодняшний день – система плавки гололеда. При плавке гололеда возникают задачи необходимости контроля начала образования гололеда на грозозащитном тросе с целью своевременной организации плавки и контроля температуры грозотроса с целью недопущения перегрева.

Современный подход предполагает использование грозозащитного троса со встроенным оптическим кабелем (ОКГТ). Это решение обладает рядом ключевых преимуществ:

- защита ЛЭП от грозовых перенапряжений;
- организация канала связи (нет дополнительной нагрузки на опоры от отдельного кабеля);
- возможность мониторинга состояния грозотроса с помощью оптического волокна.

Завод «Инкаб» производит оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос, с центральным оптическим модулем ОКГТ-Ц Инкаб. Оптическое волокно внутри грозотроса является распределенным датчиком. С его помощью



возможно измерять различные физические параметры и состояние грозотроса вдоль линии с высоким разрешением.

Система мониторинга на основе оптического волокна позволяет контролировать нагрузку на грозотрос, растяжение и стрелы провеса, и соответственно определять начало гололедообразования. Затем система включает систему плавки гололеда, при этом следит за температурой грозотроса и своевременно отключает плавку.



Станислав Винников, директор ООО «ГК «Абак-2000» (г. Москва), представил автоматизированную интеллектуальную систему контроля гололедной нагрузки (АИСКГН), предупреждающую нежелательные последствия опасных и разрушительных природных явлений.

– Для целей мониторинга состояния проводов в компании была разработана и спроектирована АИСКГН «АБАК-2000», состоящая из множества постов контроля гололедной нагрузки и окружающих метеоусловий, а также единого центра сбора, обработки, хранения и отображения всей информации.

Замечу, что наш подход к построению системы отличается от традиционного, принятого в электроэнергетике. «АБАК-2000» – это IT-компания, поэтому наша АИСКГН, в первую очередь, является системой оповещений диспетчерских служб энергокомпаний о возможности образования гололеда на ВЛ. Эта система создана по западным наработкам с привлечением специалистов-психологов, определяет и выделяет цветом или звуком критичные оповещения, которые необходимо срочно «отработать» диспетчеру. Кроме того, система следит за действиями диспетчера и в случае, если он не предпринял никаких действий в течение определенного времени после оповещения, начинает рассылку оповещений с помощью мобильного приложения по заранее согласованной схеме – другому диспетчеру, начальнику участка, начальнику службы и т.д.

Если говорить об аппаратной части, то посты контроля реализованы как полностью автономные аппаратные комплексы с питанием от солнечных модулей и разнообразными сенсорами и датчиками, позволяющими контролировать все важные параметры:

- температура и влажность окружающего воздуха;
- скорость и направление ветра;
- состояние нагрузки на проводах и тросах;
- температура провода в режиме покоя и в режиме плавки.

Также, по запросам потребителей, возможны нестандартные конфигурации постов контроля, оснащенные специфическим оборудованием, например, датчиками уровня воды в руслах водоемов, или видеокамерами для визуального контроля объектов.

Каждый пост контроля позволяет подсоединять до 8 проводных устройств и неограниченное количество беспроводных.

Вся полученная информация по каналам сотовой, спутниковой или радиосвязи передается на сервера приема

информации, надлежащим образом обрабатывается и визуализируется на рабочие места диспетчеров. Таким образом, сотрудники электросетевых компаний видят реальную картину событий на опорах и проводах ВЛ из любой точки и на экранах устройств любых типов.

К преимуществам системы можно отнести высокую точность показаний, небольшое энергопотребление, сокращение расходов на GSM трафик, высокую отказоустойчивость и передовое программное обеспечение.

В АИСКГН «АБАК-2000» используются автономные источники питания, в том числе самые инновационные солнечные модули на базе моно- и полукристаллических кремниевых пластин, а также, при необходимости, ветрогенераторы и другие альтернативные источники. На практике это означает, что автономная система может быть развернута где угодно абсолютно без внешнего питания.



Владимир Мацейко, заместитель директора по науке и развитию ООО «Спец КБП и СА» (г. Невинномысск), ознакомил присутствующих с автоматизированной информационной системой контроля гололедной нагрузки «БЛАЙС®», предназначенной для мониторинга воздушных линий электропередачи в экстремальных погодных условиях.

- АИСКГН «БЛАЙС®» решает следующие задачи:
- раннее обнаружение образования гололеда на ВЛ;
 - контроль метеопараметров в местах установки пунктов контроля;
 - прогнозирование развития гололедной ситуации;
 - контроль температуры проводов и тросов;
 - управление устройствами плавки гололеда.

Работа системы основана на комплексном анализе контролируемых показателей изменения нагрузки на проводах и тросах, температуры и влажности воздуха, направлении и скорости ветра, а также других параметров. По изменениям показаний датчиков нагрузки можно отслеживать нарастание гололеда на проводах и тросах, а по показаниям метеодатчиков – изменение погодных условий в местах установки пунктов контроля. Используя показания всех датчиков, система отобразит приведенную толщину стянки гололеда на проводе и тросе.

Система состоит из одного или нескольких пунктов контроля, устанавливаемых непосредственно на опоры высоковольтных линий, и пункта приема, куда поступает вся информация из пунктов контроля.

Пункт контроля представляет собой шкаф (степень защиты IP55), устанавливаемый на опоре высоковольтной линии, в котором располагается необходимое электронное оборудование и аккумуляторные батареи. Различные датчики контроля могут подключаться с помощью кабеля или по радиоканалу.

В стандартную комплектацию пункта контроля входят датчики-преобразователи гололедно-ветровой нагрузки, датчик контроля температуры и влажности воздуха, ▶

- ▶ датчик контроля направления и скорости ветра, датчик контроля температуры провода (троса).

В качестве источника заряжающего тока для пункта контроля может быть использован модуль солнечных батарей или устройство отбора мощности.

Система не имеет ограничений на количество пунктов контроля и пунктов приема, а программное обеспечение позволяет строить распределенные системы, которые могут охватывать различные предприятия ЕНЭС России. Такая единая информационная сеть системы АИСКГН «БЛАЙС®» позволяет получать актуальную информацию о гололедной ситуации и метеоданные из различных регионов страны.

На начало 2017 года единая сеть системы объединяет в себе более 400 пунктов контроля гололедообразования, а общее количество установленных пунктов превысило 500, что делает АИСКГН «БЛАЙС®» лидером среди подобных систем по количеству установленных пунктов и площади покрываемой территории.



Денис Урманов, заместитель генерального директора по научной работе ООО «Совтест АТЕ» (г. Курск), рассказал об автоматизированной системе обнаружения гололеда на ВЛ 110–220 кВ ASTROSE.

– Эффективность и надежность передачи энергии во многом зависит от состояния сетей энергоснабжения. Система мониторинга ВЛ ASTROSE позволяет решить многие проблемы в этой области.

Одна из них – это проблема механической перегрузки провода вследствие ледовой, снеговой и ветровой нагрузок, которые вызывают обрывы проводов, разрушение арматуры и опор ВЛ.

Следующая проблема – это превышение установленного значения токовой нагрузки из-за охлаждения кабеля под воздействием температуры, дождя, ветра и т.п.).

Еще одна проблема – максимально допустимая температура провода. Контроль этого параметра позволит сохранить механическую прочность провода, тем самым избежать увеличения стрелы провеса и возникновения опасности уменьшения нормированных расстояний до земли и пересекаемых объектов, а также избежать обрыва провода вследствие перегрева.

Наличие системы мониторинга ASTROSE позволяет контролировать уровень тока, температуру провода, угол провиса провода, вибрационные характеристики провода.

Кроме того, система ASTROSE открыта для интеграции различных датчиков, например, для определения замыкания на землю, контроля удара молнии, определения солнечной радиации, мониторинга влажности и температуры среды окружающей ВЛ.

Размеры модуля системы ASTROSE: в диаметре – 170 мм, по длине – 280 мм, а с учетом монтажной спирали – 1140 мм. Такие модули устанавливаются непосредственно на проводах преимущественно около траверса опор в пределах одного пролета и располагаются на расстоянии 500 м друг от друга. При установке модулей нет необходимости в специальных инструментах для монтажа на ЛЭП.

Модуль производит измерения непосредственно на месте установки и питается за счет электромагнитного поля высоковольтного провода посредством токового трансформатора. Данные, полученные в ходе измерений, передаются по беспроводной сети от модуля к модулю до конечного пункта в виде приемной базовой станции. Затем эти данные передаются в диспетчерский центр по внутренним коммуникационным сетям энергетической компании, где производится обработка данных и вывод результатов измерений.

Данные можно измерять и передавать с интервалом в 15 минут или в 10 секунд. Передача данных между модулями может осуществляться через несколько неактивных модулей (блокирующих связь по цепочке) до ближайшего действующего (максимальное расстояние между ними 1500 м).

Для определения провиса ЛЭП из-за высоких температур или обледенения используется высокоточный инклинометр, выполненный по МЭМС-технологии.



Александр Бородин, заместитель генерального директора ОАО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО» (г. Москва), поделился опытом применения оптической системы мониторинга воздушных линий.

– Оптическая система мониторинга воздушных линий высокого напряжения (ОСМ-ВЛ) была изобретена ОАО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО» в первую очередь для

решения задачи контроля гололедообразования.

Область применения ОСМ-ВЛ применительно к МРСК Северо-Запада ограничена ВЛ 35–150 кВ, которые оборудованы ВОЛС-ВЛ.

Система построена на волоконно-оптической измерительной технологии. Полностью автономные датчики ОСМ-ВЛ в натяжных гирляндах проводов измеряют тяжение, вибрацию проводов и температуру воздуха. Передача измерительной информации на подстанцию осуществляется через волокно существующей ВОЛС-ВЛ. С помощью модели механической части ВЛ на основании измерений могут быть рассчитаны толщина стенки гололеда и стрела провеса.

Принцип действия системы обеспечивает уникальные эксплуатационные преимущества:

- полная автономность оборудования на опорах (датчикам не требуется электропитание и обслуживание);
- гарантия полноты данных (показания поступают по оптоволокну несколько раз в секунду);
- долговечность и надежность (минимум оборудования на опоре);
- достоверность показаний (невосприимчивость к электромагнитному полю, высокая точность, контроль всей анкерной секции).

При прочих равных затраты на организацию ОСМ-ВЛ не выше, чем для существующих систем контроля гололедообразования. При этом система в силу своего устройства не требует никакого ежегодного обслуживания, что снижает суммарные затраты на её эксплуатацию.

Система прошла опытно-промышленную эксплуатацию в филиале ПАО «ФСК ЕЭС» МЭС Юга на ВЛ 330 кВ. По результатам ОПЭ техническим советом ФСК принято решение о внедрении системы.

Вне осенне-зимнего периода ОСМ-ВЛ может дополнительно применяться в целях:

- обнаружения механических повреждений элементов ВЛ и внештатных ситуаций (падение деревьев, возгорания в охранной зоне и пр.);
- контроля стрел провеса;
- накопления информации о специфике условий эксплуатации ВЛ.

Вопрос о внедрении ОСМ-ВЛ как многофункциональной системы мониторинга в масштабе «Россетей» был вынесен на заседание Технического совета 30.10.2017.



Дмитрий Титов, генеральный директор ООО «МИГ» (г. Камышин, Волгоградская обл.), представил систему телеметрии гололедных нагрузок воздушных линий электропередачи МИГ.

– На данный момент система МИГ решает следующие задачи:

- измерение температуры фазных проводов и грозотроса;
- измерение тяжения подвесок фазных проводов и грозотроса;
- измерение температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, атмосферного давления;
- пересылка, сохранение, визуализация данных; выгрузка отчета.

Система МИГ состоит из постов измерения и передачи данных, а также программного комплекса диспетчера.

Посты устанавливаются на наиболее проблемных участках ВЛ. Пост выполнен в виде IP-защищенного шкафа, устанавливаемого на теле опоры. Внутри шкафа находится аккумулятор, блок управления и сбора показаний с датчиков, модемы, контроллер заряда аккумулятора. Рядом с постом на опоре крепится солнечная батарея с системой

автоматической резистивной плавки гололедно-изморозевых отложений на ее поверхности. Также вблизи поста закреплена траверса с датчиками погодных условий, в том числе осадков.

Модули измерения температуры фазного провода и грозотроса, модули измерения тяжения подвески устанавливаются под потенциалом фазных проводов и грозотроса воздушной линии, на сближающихся, пересекающихся, параллельно идущих линиях, что позволяет выполнять мониторинг температуры и тяжения провода, а вместе с тем интенсивности гололедообразования сразу на нескольких линиях одним постом.

Наличие устройств отбора мощности с фазного провода в модулях измерения температуры и тяжения подвески фазного провода позволяет организовать питание модулей и гальванически развязать модули от оборудования поста измерения и передачи, находящегося на теле опоры. Отсутствие проводной связи модулей измерения тяжения подвески с постом позволяет не допустить аварий системы МИГ в грозовой период.

Каждые 30 секунд происходит опрос датчиков, информация по беспроводной связи поступает в контроллер, который формирует единый пакет данных, после чего высылает его посредством GSM-связи на сервер.

Специалистами компании разработана математическая модель, позволяющая определить момент начала гололедообразования по направлению и скорости ветра, напряженности электрического поля провода, температуре провода, влажности и температуре воздуха. Модель используется в работе программного обеспечения МИГ.

Диспетчер на основе данных системы МИГ принимает решение о проведении плавки гололеда. При этом система каждые 30 секунд предоставляет диспетчеру информацию о температуре проплавляемого провода, что позволяет контролировать плавку, минимизировать вероятность пережога провода.

Система МИГ – инновационный продукт, включенный в реестр инновационных продуктов ПАО «Россети». Система успешно прошла ОПЭ в ПАО «МРСК Юга». В данный момент подписан договор на установку 21 поста в «Волгоградэнерго». На систему МИГ предоставляется гарантия до 3-х лет и постгарантийное обслуживание.



Павел Кузнецов, технический директор ООО «НТЦ Инструмент-микро» (г. Энгельс, Саратовская обл.), рассказал о возможностях разработанной в компании системы телеметрии гололедно-ветровых нагрузок на ВЛ (СТГН).

– Система СТГН предназначена для непрерывного автоматического в реальном масштабе времени контроля за состоянием ВЛ, передачи, обработки и отображения информации о состоянии ВЛ, выработки текущих рекомендаций по оптимальным действиям диспетчерского персонала.

Система СТГН решает следующие функциональные задачи:

– Производит обнаружение гололедно-изморозевых отложений на проводах (грозотросах) ВЛ, выделяя при этом действие других атмосферных явлений.

– Измеряет количественные параметры отложений (вес, диаметр муфты).

– Отображает динамику изменения измеряемых параметров, прогнозируя развитие метеорологической обстановки в районе расположения ВЛ и динамику изменения метеовоздействий на линию.

– Вырабатывает текущие рекомендации по оптимальным действиям диспетчерского персонала, выдает сигналы на проведение подготовки схем плавки, на запуск и окончание процесса плавки отложений.

– Обнаруживает начальный момент возникновения пляски проводов, производит регистрацию динамических нагрузок на элементы ВЛ в процессе пляски проводов.

– Контролирует текущее значение температуры провода, сигнализирует об опасности перегрева проводов ВЛ в процессе плавки.

– Формирует базу архивных данных по изменению воздействующих на ВЛ метеорологических факторов и механического состояния элементов ВЛ.

– Накапливает статистические данные об изменяющихся метеопараметрах в контролируемых районах для обновления карт районирования по ветру, гололеду, температуре, пляске проводов и, как следствие, актуализации требований к конструкциям ВЛ при строительстве новых и реконструкции действующих линий.

– Информирует об эксплуатационных отклонениях и предаварийных режимах работы ВЛ.

Система состоит из постов контроля (СТГН-ПК) метеорологических и эксплуатационных воздействий на элементы ВЛ и пунктов приема информации (СТГН-ПП).

СТГН-ПК устанавливаются на промежуточных опорах ВЛ в местах наиболее вероятного образования максимальных метеорологических (гололедно-ветровых) и эксплуатационных воздействий. Включают в себя специальные датчики измерения силовых и метеорологических параметров, блоки электроники, приемо-передающие модемы, солнечные и аккумуляторные батареи электропитания. Выполнение функциональных задач поста обеспечивается контроллером, проводящим опрос датчиков и иницирующим приемо-передачу информации по каналу связи.

СТГН-ПП предназначены для сбора, обработки и отображения информации, сигнализации о ненормальных и аварийных режимах работы ВЛ (АРМ диспетчера).

ЗАОЧНОЕ УЧАСТИЕ

ООО «АГНИ-К» представило мобильную установку плавки гололеда (УПГМ), предназначенную для борьбы с гололедными образованиями на проводах и грозозащитных тросах ВЛ, не оборудованных стационарными установками плавки гололеда.

УПГМ предназначена для плавки гололедных отложений на проводах марок АС120 – АС500 и грозозащитных тросах марок С35 – С70 ВЛ и подстанций ЕНЭС напряжением 110–500 кВ с длиной нагреваемого участка около 2 км.

УПГМ состоит из автоконтейнера, транспортного контейнера, дизельной генераторной установки, преобразователя, переключателя выбора элементов ВЛ, устройства для смотки и транспортировки кабелей, токовых зажимов и кабелей.

Плавка гололедных образований с помощью УПГМ осуществляется нагревом проводов (тросов) ВЛ выпрямленным током, величина которого зависит от марки провода (троса) и режима плавки. Источником тока служит ДГУ. Генератор ДГУ вырабатывает переменное напряжение 400В, частотой 50Гц. С помощью автоподъемника УПГМ подключают токоподводящими кабелями к проводам ВЛ. Прогреваемый участок ВЛ (длиной около 2 км) с противоположного конца закорачивается.

Напряжение от ДГУ через автоматический выключатель поступает на вход преобразователя В-ТППТ-1,3к-700, состоящего из тиристорного мостового выпрямителя, повышающего автотрансформатора и транзисторного ШИМ-регулятора тока. Выпрямленный ток с выхода преобразователя через переключатель выбора элементов ВЛ, токоподводящие кабели и зажимы для подключения к ВЛ подается к прогреваемым элементам (проводам или тросу).

Преобразователь имеет два режима работы: «Основной» – прогрев проводов и «Высоковольтный» – прогрев тросов.

В режиме «Основной» напряжение ДГУ поступает непосредственно на тиристорный выпрямитель.

В положении «Высоковольтный» напряжение подается на обмотку повышающего автотрансформатора, с выхода которого поступает на тиристорный выпрямитель. Система управления выпрямителя стабилизирует постоянное напряжения на заданном уровне (500 В для основного режима и 720 В для высоковольтного режима) и обеспечивает быстродействующую защиту, в том числе по сигналам от ШИМ-регулятора. ШИМ-регулятор постоянного тока стабилизирует заданное значение выходного тока.

Контроль электрических параметров режима плавки гололеда осуществляется по щитовым приборам (амперметру и вольтметру) на лицевой панели преобразователя, а электрические параметры ДГУ (напряжение, ток, активная мощность) – по показаниям на контрольной панели ДГУ.

НАГРАЖДЕНИЕ

По итогам дня эксперты и участники КПД выбрали победителей в трех номинациях.

В номинации «Рекомендовано к применению» лауреатом стала компания ООО «Совмест АТЕ».

Лучшим инновационным решением была признана разработка ОАО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО».

Доклад директора ООО «ГК «Абак-2000» Станислава Винникова был оценен аудиторией как самое убедительное выступление форума.

ОБСУЖДЕНИЕ

Традиционно во время обсуждения докладов у аудитории возникает множество вопросов к выступающим. Представляем небольшой дайджест прозвучавших вопросов и ответов.

– Требуют ли провода нового поколения применения какой-либо специальной арматуры, и отличается ли технология их монтажа от традиционной?

– Для проводов типа Z используется типовая методика монтажа. Что касается арматуры, то, к примеру, спиральную арматуру для таких проводов производят российские компании «Сармат», «ЭлектроСетьСтройПроект», «Астон Электротехника». Причем в их каталогах присутствуют типоразмеры для наших проводов, т.е. это не какие-то специальные продукты (**Николай Федоров, «Ламифил»**).

– На тех линиях, которые уже построены на наших проводах, применяется стандартная российская арматура. К примеру, натяжные прессуемые зажимы. Что касается спиральной арматуры, то мы рекомендуем ее использование только при сечении провода не более 120 мм². При больших сечениях существует опасность повреждения компактированного провода (**Дмитрий Зотов, «ЭМ-КАБЕЛЬ»**).

– Конструкция провода проста и не требует специального обучения персонала по условиям монтажа и эксплуатации. Применяемая арматура – специально разработанная усиленная прессуемая арматура производства российского завода «МЗВА» (**Михаил Меркушев, ОКП «ЭЛКА-Кабель»**).

– Чем подтверждается гололедостойчивость предлагаемых проводов?

– К сожалению, нет типовых методик лабораторных испытаний на гололедофобность, на стойкость к гололедо-ветровым нагрузкам. В реальной эксплуатации тоже непросто отследить реальные преимущества этих проводов. Поэтому необходимо взаимодействие производителей и эксплуатации в конкретном регионе – построить, к примеру, две параллельных линии с разными проводами, но с одинаковыми условиями эксплуатации. И отслеживать образование гололеда (**Николай Федоров, «Ламифил»**).

– На нашем предприятии есть небольшая лаборатория, где мы проводим испытания на гололедостойкость. Но ее возможности ограничены, кроме того, нет методик испытаний. Предлагаем сотрудничество всем заинтересованным организациям, прежде всего эксплуатации, чтобы совместно построить хороший испытательный центр и разработать необходимые методики (**Дмитрий Зотов, «ЭМ-КАБЕЛЬ»**).

– Как ваша система определяет начало образования гололеда на грозотросе или на проводах?

– Система работает по простому принципу индикатора. При достижении определенных показателей по удлинению грозотроса, которые рассчитываются по математической модели, она сигнализирует о начале образования гололеда (**Дмитрий Гиберт, «Инкаб»**).

– Наша система получает от датчиков данные о весе провода, о температуре окружающей среды, влажности и ветре. Если идет увеличение веса и данные с метеодатчиков показывают, что ситуация способствует образованию гололеда, диспетчер по графику нарастания веса провода

определяет момент, когда в ручном режиме начинать плавку (**Станислав Винников, «ГК «Абак-2000»**).

– При составлении техзадания, четко оговариваются допустимые углы провисания провода в конкретном пролете линии. При превышении предельно допустимого угла, что определяет инклинометр, на пульте диспетчера приходит сообщение о начавшемся снегоналипании или гололеде (**Денис Урманов, «Совмест АТЕ»**).

– Критический параметр, характеризующий наличие и степень гололедной нагрузки – тяжение провода или грозотроса. Полностью автономные датчики ОСМ ВЛ в натяжных гирляндах проводов измеряют тяжение, вибрацию проводов и температуру воздуха и несколько раз в секунду передают эти показания. На основании измерений рассчитывается необходимый момент начала плавки гололеда (**Александр Бородиц, «Союзтехэнерго»**).

– В системе МИГ используется математическая модель, позволяющая определить момент начала гололедообразования по направлению и скорости ветра, напряженности электрического поля провода, тяжению провода, его температуре, влажности и температуре воздуха (**Дмитрий Титов, «МИГ»**).

– Может ли система интегрироваться с устройствами плавки гололеда?

– Система СТГН выработывает текущие рекомендации по оптимальным действиям диспетчерского персонала, выдает сигналы на проведение подготовки схем плавки, на запуск и окончание процесса плавки отложенной. При этом она контролирует текущее значение температуры провода, сигнализирует об опасности перегрева проводов ВЛ в процессе плавки (**Павел Кузнецов, «НТЦ «Инструмент-микро»**).

– Одной из основных задач, решаемых АИСКГН «БЛАЙС®» является управление устройствами плавки гололеда (**Владимир Мацейко, «Спец КБП и СА»**).

– Технически решить этот вопрос возможно, автоматически подав команду на включение системы плавки гололеда. Но в данный момент нет четко прописанных регламентов, на какой линии в какой момент нужно начинать плавку (**Станислав Винников, «ГК «Абак-2000»**).

МНЕНИЯ

Александр Виноградов, заместитель начальника Департамента технологического развития и инноваций, начальник службы перспективного развития и проектирования ПАО «МРСК Северо-Запада»:

– Выступления, прозвучавшие на Корпоративном презентационном дне, были достаточно интересными. И, как результат, в ходе мероприятия были достигнуты предварительные договоренности с несколькими компаниями о возможности использования их продукции на объектах МРСК Северо-Запада, в том числе в части проведения опытно-промышленной эксплуатации систем диагностики и мониторинга гололедообразования.

Такой позитивный итог КПД получился благодаря тому, что на мероприятии присутствовали главные инженеры филиалов и начальники служб высоковольтных линий нашей компании, которым непосредственно приходится решать проблемы и снегонапления, и гололедообразования на ВЛ в процессе эксплуатации. Именно поэтому они рассматривали предлагаемые решения сквозь призму практического использования в повседневной работе.

С этого КПД мы продолжим когда-то утраченную традицию ведения протоколов мероприятия, в котором будут отмечаться не только компании-участники, но и целесообразность, по мнению МРСК Северо-Запада, применения предложенных решений либо для опытно-промышленной эксплуатации, либо в качестве тем НИОКР в электросетевом комплексе.

Вместе с тем считаю необходимым отметить недочеты докладов – недостаточно полно были освещены эконо-

мические вопросы, связанные с потерями от недоотпуска элек-троэнергии вследствие отключений ВЛ по причине гололеда-изморозевых отложений. Само оборудование было «подано» достаточно красиво, подробно описаны внедренные ноу-хау. Но это только один из этапов решения проблемы, а хотелось бы видеть весь путь, в том числе оценку затратной части в процессе эксплуатации.

Понимаю, что нет общепринятой методики расчета экономической окупаемости предлагаемого продукта. У каждого производителя свой подход, при этом в большинстве случаев такая методика не учитывает в полной мере операционных затрат на обслуживание, в том числе затрат от недоотпуска электроэнергии и т.д. Но мы должны как-то рассчитывать реальный экономический эффект. Для этого и нужна совместная работа производителей и потребителей.

Неправильно говорить о том, что внедрив в эксплуатацию, к примеру, системы мониторинга, мы сможем «забыть» о гололедообразовании. Пока не придумано ничего более рационального, чем схемно-режимные мероприятия, то есть увеличение токовой загрузки проводов на ВЛ, подверженных гололедообразованию, а в необходимых случаях – выполнение плавки гололеда. Но, говоря о плавке, мы должны понимать, что для этого требуется обученный персонал, специализированное оборудование и разработанные схемы плавки для наиболее подверженных гололеду линий.

Используемые инновационные провода и грозотросы изначально должны обладать свойствами, уменьшающими степень обледенения провода за счет меньшего налипания снега, а системы мониторинга и диагностики лишь должны подсказывать персоналу службы линий, как можно быстро и менее затратно достичь положительного результата в борьбе с гололедом.

Андрей Иванов, заместитель главного инженера по операционно-технологическому и ситуационному управлению – начальник Департамента ПАО «МРСК Северо-Запада»:

– Задача Корпоративного презентационного дня – подсказать нам, эксплуатирующей компании, какими способами и средствами достичь того, чтобы всё наше оборудование, несмотря на любые неблагоприятные условия, оставалось в работе.

Сегодня получилось охватить практически все аспекты, связанные с предотвращением гололеда и изморозевых отложений и борьбой с ними на линиях. Со многими разработками так или иначе мы уже были знакомы в теории. Хотелось услышать о накопленном опыте эксплуатации, о плюсах и минусах, выявленных в это время, об экономическом эффекте, который можно получить при внедрении того или иного оборудования. Никто не скрывает, что мы хотим получить максимальный экономический эффект при минимальных затратах.

Электросетевой комплекс Северо-Запада только вступает в эпоху борьбы с гололедообразованием. Неизвестно, что будет с климатом в дальнейшем, но пока мы не являемся зоной с интенсивным образованием гололеда. Проведением КПД МРСК Северо-Запада предвосхищает проблемы, которые могут возникнуть на территории влияющей компании. У наших коллег, к примеру, в МРСК Юга, МРСК Северного Кавказа опыт намного больше, поскольку в течение зимнего периода они чуть ли не ежедневно сталкиваются с подобными проблемами.

Поэтому хочется надеяться, что производители будут предлагать нам уже готовые решения, опробованные в регионах, где проблема стоит наиболее остро, и соответственно уже прошедшие «огонь и воду».

Не случайно дипломы на Корпоративном презентационном дне получили именно те компании, продукция которых уже прошла опытно-промышленную эксплуатацию на воздушных линиях либо на юге России, либо в западных странах.

Иван Аникин, начальник отдела технологического развития и инноваций филиала ПАО «МРСК Северо-Запада» «Карелэнерго»:

– Считаю тему КПД достаточно актуальной, поэтому интересно было выслушать выступления представителей заводов-изготовителей компактированных и высокотемпературных проводов, а также систем, предназначенных для выявления гололедообразования и информирования диспетчерского персонала о его начале.

- Вместе с тем мне, как специалисту эксплуатирующей организации, совершенно неважно знать об истории компании, о технологии производства, чему немало времени уделяли в своих докладах некоторые участники. Для нас главное – как представляемое оборудование поведет себя в эксплуатации, сколько оно стоит и чем отличается, например, от аналогичной продукции других производителей.

О некоторых продуктах у нас уже была некоторая информация, но о ряде решений, к примеру, компании «Инкаб», представившей систему мониторинга образования гололеда, где в качестве распределенного датчика используется волоконно-оптическая линия связи, мы не знали. А это очень современный и нестандартный подход.

Три компании рассказали об инновационных конструкциях проводов. Но об их эффективности, как с точки зрения уменьшения снегонапления и гололедообразования, так и с позиции экономики, пока судить достаточно сложно. Снижение нароста льда на проводах на 15-30% при стоимости таких проводов в 2-2,5 раза большей, чем традиционных, вряд ли вызовет интерес у эксплуатации. Необходима гораздо более привлекательная аргументация. Да, приводилось технико-экономическое обоснование эффективности применения таких проводов, но в нем не учитывались эксплуатационные затраты.

В сетях «Карелэнерго» пока не используются системы мониторинга гололедообразования. Мы готовы их применять, но только при условии, что такие системы будут работать совместно с устройствами плавки гололеда в автоматическом режиме. То есть нам необходимо комплексное решение. На КПД многие докладчики упоминали о такой возможности, но конкретных примеров реализации не привели.

Отмечу такой позитивный момент, как предложения производителей предоставить свое оборудование в опытно-промышленную эксплуатацию. Сегодня такое сотрудничество, на мой взгляд, может быть достаточно эффективным.

ПРОТОКОЛ проведения корпоративного презентационного дня ПАО «МРСК Северо-Запада»

ОТМЕТИЛИ:

1. Тема диагностики и предотвращения снегонапления и гололедообразования на воздушных линиях электропередачи в осенне-зимний период (ОЗП) не теряет своей актуальности. Гололедно-изморозевые отложения, ветер и пониженные температуры воздуха можно рассматривать как основные негативные природные факторы, которые при совместном воздействии могут привести к аварийной ситуации.
2. Задача проведения Корпоративного презентационного дня по предложенной тематике – поиск новых решений по снижению аварийности и повышению эффективности работы ВЛ при гололедно-ветровых нагрузках.
3. В сетях ПАО «МРСК Северо-Запада» в настоящее время не предусмотрены системы плавки гололеда, поэтому наиболее актуальными решениями в предотвращении аварийных ситуаций в ОЗП являются: недопущение (снижение вероятности) образования гололедно-изморозевых отложений на проводах (тросах) ВЛ, своевременное обнаружение начала образования изморози на ВЛ, прогнозирование развития аварийной ситуации, ликвидация гололедно-изморозевых отложений на ВЛ без перерыва электроснабжения потребителей.
4. Наиболее интересные выступления отмечены дипломами в следующих номинациях:
 - 4.1. Диплом за «Убедительный доклад» вручен ООО «ГК «Абак-2000» (г. Москва), которое представило систему мониторинга образования гололеда АИСКГН «АБАК-2000», включающую в себя датчики гололедной нагрузки, температуры, влажности воздуха, скорости и направления ветра, устройство контроля температуры провода, шкафа сбора и передачи информации. Отличительные особенности данной системы: эшелонированная защита и обеспечение информационной безопасности, наглядное отображение информации, контроль всех показателей системы по каждой опоре ВЛ.
 - 4.2. Диплом в номинации «Рекомендовано к применению» получило ООО «Совтест АТЕ» (г. Курск) за представленную автоматизированную систему ASTROSE для обнаружения гололеда на ВЛ 110-220 кВ. Система позволяет контро-

лировать мгновенную температуру провода, изменение габарита провода в пролете, действующее значение тока, вибрационные характеристики провода (гармонические колебания в широком спектре). Данные, полученные в ходе измерений, передаются вдоль ЛЭП последовательно от модуля к модулю, находящимся на расстоянии 500 м друг от друга, до базовой станции.

- 4.3. Диплом за «Лучшее инновационное решение» вручен ОАО «СОЮЗТЕХЭНЕРГО» (г. Москва) за представленную оптическую систему мониторинга воздушных линий (ОСМ-ВЛ), которая построена на волоконно-оптической измерительной технологии. Датчики ОСМ ВЛ, установленные на проводах ВЛ, измеряют тяжесть, вибрацию проводов и температуру воздуха. Передача измерительной информации на подстанцию осуществляется посредством существующей ВОЛС. С помощью предложенной участником математической модели могут быть рассчитаны толщина стенки гололеда и величина стрелы провеса. Принцип действия системы обеспечивает уникальные эксплуатационные преимущества:
 - полная автономность оборудования на опорах (датчикам не требуется электропитание и обслуживание);
 - гарантия полноты данных (показания поступают по оптоволокну несколько раз в секунду);
 - долговечность и надежность (минимум оборудования на опоре);
 - достоверность показаний (невосприимчивость к электромагнитному полю, высокая точность, контроль всей анкерной секции).
5. Также можно отметить интересные решения, предложенные выступающими:
 - 5.1. ООО «Ламифил» (г. Углич), представившее энергоэффективные провода нового поколения: провод с z-образным повивом, провода с композитным сердечником и термостойкие провода с зазором. В выступлении была показана экономическая эффективность внедрения данных проводов, малый срок окупаемости в случае их использования.
 - 5.2. ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ» (г. Саранск), представившее компактный провод в сердечнике из стали, плакированный алюминием. Данный провод имеет пропускную способность в 2 раза выше аналогичного провода типа АС.
 - 5.3. ООО «ЭЛКА-Кабель» (г. Пермь), представившее неизолированный провод типа ELKALINE повышенной механической прочности, позволяющей работать в зоне повышенных рабочих температур.
 - 5.4. ООО «НТЦ Инструмент-микро» (г. Энгельс, Саратовская обл.), представившее систему телеметрии гололедно-ветровых нагрузок, предназначенную для непрерывного автоматического контроля состояния ВЛ, передачи, обработки и отображения информации о состоянии ВЛ, выработки текущих рекомендаций по оптимальным действиям персонала ЦУС.

РЕШИЛИ:

1. Итоги проведения КПД признать положительными.
2. Специалистам ПАО «МРСК Северо-Запада» рекомендовать к использованию предложенные компаниями-участниками технические решения, оборудование и материалы в целях предотвращения снегонапления и гололедообразования на воздушных линиях 6-150 кВ.
3. Считать целесообразным использовать положительный опыт применения компактированных и термостойких проводов в следующих проектах:
 - 3.1. Строительство компактных линий в условиях плотной городской (промышленной) застройки.
 - 3.2. Строительство спецпереходов и длинных пролетов, связанных с высокой механической прочностью.
 - 3.3. При реконструкции ВЛ с целью увеличения пропускной способности линии без замены опор. В вышеперечисленных случаях на этапе ОТР в обязательном порядке выполнять технико-экономическое обоснование возможности применения инновационных проводов наряду с традиционными решениями.
4. Организовать проведение опытно-промышленной эксплуатации инновационных проводов и оборудования для мониторинга гололедообразования в электрических сетях ПАО «МРСК Северо-Запада» в соответствии с Положением об опытной эксплуатации оборудования. ■