

**А. В. БОРЦОВ**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доцент, НТУ «ХПИ»;  
**Е. И. КУЗНЕЦОВА**, инженер 1-й кат., НТУ «ХПИ»

## ГОЛОЛЕДНЫЕ НАГРУЗКИ НА ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Описано действие гололедных образований на воздушные линии электропередачи. Приведен пример аварийной ситуации в результате плохих погодных условий. Проанализированы система ведомственных автоматизированных метеопостов НЭК Укрэнерго и автоматизированная информационная система контроля гололедной нагрузки МЭС Юга РФ.

**Ключевые слова:** гололедная нагрузка, воздушная линия электропередачи, метеопост, класс безотказности, система плавки гололеда, погонная нагрузка, имитатор провода.

**Введение.** Надежная и безотказная работа энергосистемы обеспечивается рядом факторов, в том числе механической прочностью ее сооружений. Большую опасность для целостности воздушных линий электропередачи (ВЛ) представляют ветровые и гололедные нагрузки.

По классу безотказности ВЛ разделяют на [1] (см. табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики классов безотказности

Название характеристики	Характеристики для классов безотказности			
	1 КБ	2 КБ	3 КБ	4 КБ
Напряжение линии, кВ	до 1	1-35	110-330	500-750
Расчетный период эксплуатации, лет	30	50	50	50
Коэффициент надежности по ответственности $\gamma_n$ для расчета строительных конструкций	0,95	1,0	1,0	1,05

Нагрузка гололедных образований характеризуется толщиной стенки и весом гололеда. На рис. 1 [1] представлена карта районирования территории Украины по гололедным образованиям. Из рис. 1 можно сделать вывод, что образование гололеда на ВЛ очень распространенное для Украины явление. Для примера рассмотрим аварийную ситуацию, которая наблюдалась в ноябре 2000 года [2]: обледенение привело к аварии 20931 линии электропередачи, было разрушено свыше 307 тыс. железобетонных опор, стали непригодными для дальнейшей эксплуатации свыше 3420 т. проводов, погонная нагрузка на провод достигала 15кг/п.м. Общий ущерб составил 100 млн. евро. Значительная масса гололеда образовалась в течении 10-12 часов, затем 4-5 дней наблюдалось несущественное нарастание гололеда. Под действием климатических явлений было разрушено 17 ВЛ напряжением 330-750 кВ: 214

опор, 127 пролетов проводов, 71 пролет грозозащитных тросов, 22 гирлянды изоляторов и 3 фундамента. Комиссия при Кабинете Министров Украины приводит следующие причины аварии:

1. несовершенство норм по расчету и проектированию опор ВЛ, несоответствие данных нормативных документов, регламентирующих климатические нагрузки на электросетевые конструкции реальным процессам, происходящим в атмосфере;
2. старение элементов конструкций, вследствие длительной эксплуатации и недостаток денежных средств на их реконструкцию;
3. неработоспособность систем плавления гололеда токами КЗ;
4. недостаток аварийных запасов конструкций.

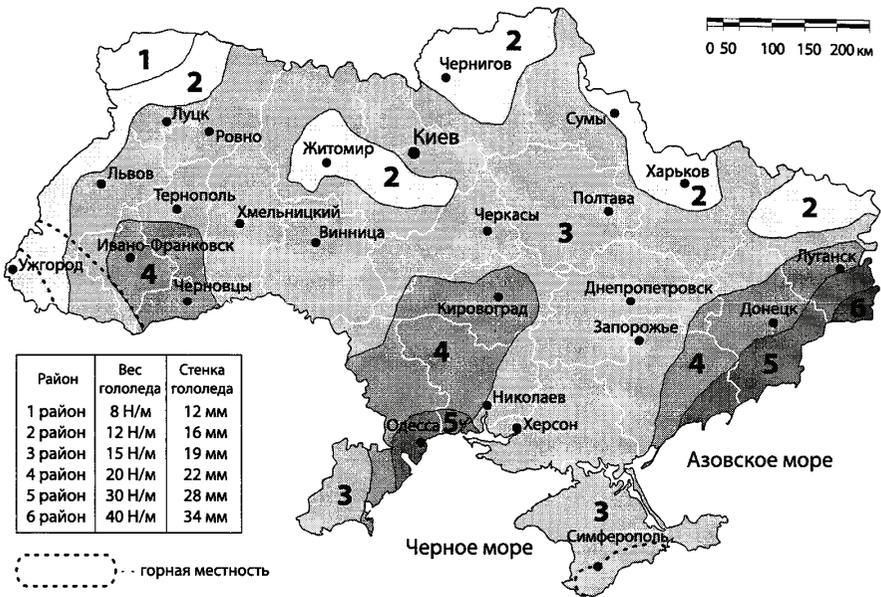


Рисунок 1 – Карта районирования территории Украины по характеристическим значениям гололеда

Для предотвращения подобных аварий вновь институтом «Укрэнерго-сетьпроект» совместно с Донбасской национальной академией архитектуры была доработана методика анализа климатических данных для определения нагрузок на воздушные линии электропередачи [3]. С целью получения более полной информации по метеорологической ситуации в местах прохождения ВЛ на 330-750 кВ в институте «Укрэнерго-сетьпроект» был разработан проект сети ведомственных автоматизированных метеопостов (СВАМ) НЭК Укр-энерго.

Целью данного проекта являлось [4]:

1. осуществление в автоматическом режиме непрерывного мониторинга метеобстановки на объектах;
2. оперативное получение текущей информации с места проявления метеоявления (либо его краткосрочный прогноз), для принятия производственными эксплуатационными службами электрических сетей предупредительных мер безопасности на объектах и обеспечение быстрого устранения в случае аварийного развития метеоситуации;
3. получение объективной, неискаженной вторичными преобразованиями, климатической ситуации для принятия решений по усилению конструкции существующих объектов, либо для разработки технических мер по предупреждению аварий климатического характера;
4. создание базы начальных данных для разработки конструкций электросетевых объектов, владеющих гарантированным уровнем надежности, стойкости, живучести и долговечности при рациональном вложении инвестиций;
5. накопление статистических данных по климату в условиях его постепенных изменений для дальнейшей корректировки или изменения нормативно-технической документации по расчету прочности конструкций ВЛ и подстанций.

На рис.2 приведена схема модуля метеопоста.

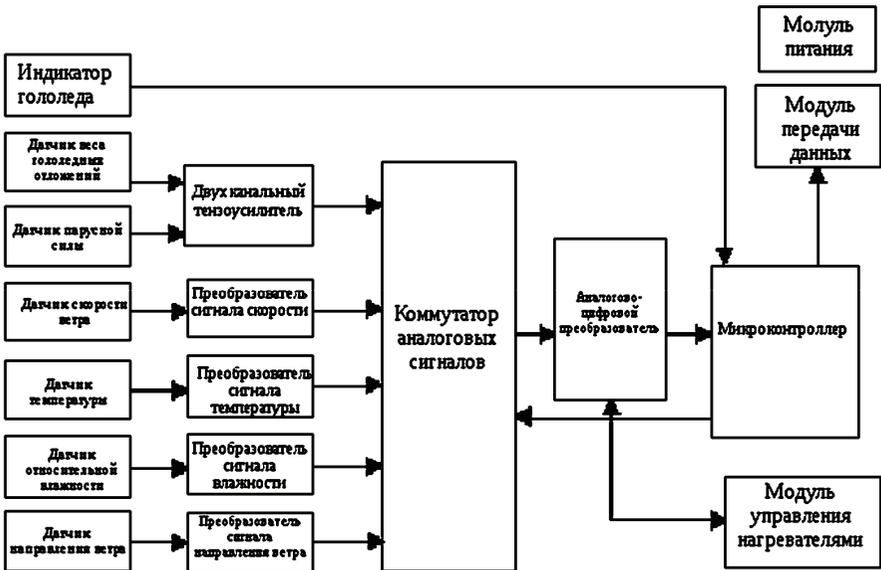


Рисунок 2 – Структурная схема измерительно-преобразовательного модуля метеопоста

Для контроля метеопараметров планировалось использоваться автоматизированные метеопосты, оснащенные датчиками температуры, влажности,

скорости и направления ветра, а также имитаторами проводов для измерения веса гололедных образований и парусности.

Проблема эксплуатации ВЛ в условиях интенсивных гололедно-ветровых воздействий характерна не только для территории Украины, например, некоторые районы Российской Федерации [5]. ВЛ электропередачи МЭС Юга расположенные на территориях 11 субъектов РФ в регионе Северного Кавказа подвержены воздействию гололедно-ветровых явлений в осени, зимний, и весенний периоды. Наиболее часто воздействию гололедных нагрузок подвергаются ВЛ, трассы которых проходят в предгорьях Главного Кавказского хребта, по территориям Ставропольского края – в Республике Калмыкия и Ростовской области. В 2004 г. в МЭС Юга была внедрена первая очередь автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки (АИСКГН). АИСКГН обеспечивает непрерывный контроль гололедной нагрузки и температуры воздуха. На рис. 3 представлена схема радиотелемеханической системы телеизмерения.

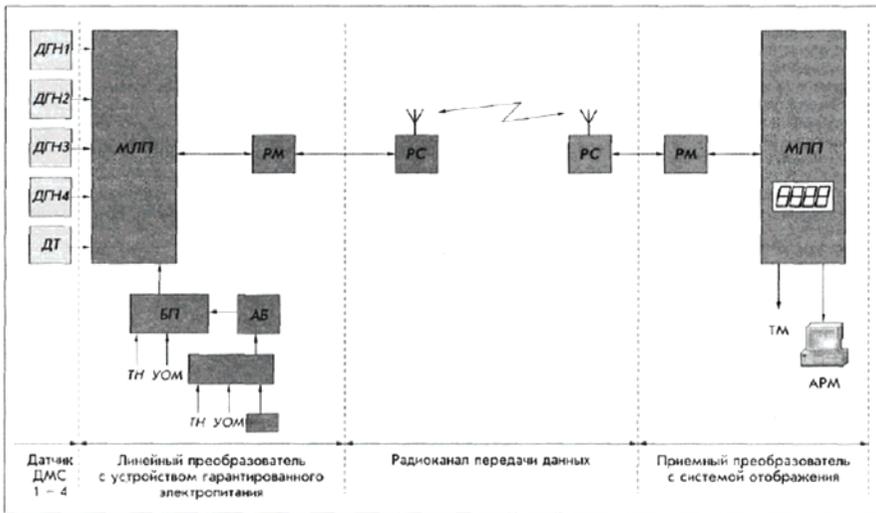


Рисунок 3 – Функциональная схема радиотелемеханической системы телеизмерения гололедных нагрузок (СГТН): ДГН – датчик гололедной нагрузки; ДТ – датчик температуры; МЛП – микропроцессорный линейный преобразователь; МПП – микропроцессорный приемный преобразователь; РМ – радиомодем; РС – радиостанция; ТМ – телемодем; БП – блок питания; АБ – аккумуляторная батарея; УОМ – устройство отбора мощности; ТН – трансформатор напряжения; АРМ – автоматизированное рабочее место

В АИСКГН используются бесконтактные датчики гололедной нагрузки, с диапазоном нагрузок от 0 до 100 кН (0-10000 кгс), датчики температуры для диапазона от -40 до +40 °С. В качестве источника питания используется фо-

тоэлектрические панели.

Основным недостатком проекта СВММ НЕК Укрэнерго является проблема энергоснабжения метеопоста на линиях электропередачи 330 – 750 кВ.

Недостатками автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки является то, что:

- измерения проводятся только по двум метеопараметрам – нагрузка гололеда и температура;
- не измеряется скорость и направление ветра, влажность окружающего воздуха.

Перспективным представляется использование автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки и системы автономного питания, содержащей фотоэлектрическую панель, ветроустановку и трансформаторный источник питания от высоковольтной линии.

### **Выводы**

1. Гололедные нагрузки на ВЛ являются весомой проблемой для Украины
2. Для СВММ НЭЕ Укрэнерго необходимо обеспечение питанием на ВЛ.
3. Для питания автоматизированных информационных систем контроля предлагается использовать энергетический комплекс, включающий энергию солнца, ветра и энергию, передаваемую по ВЛ.

**Список литературы:** 1. Правила устройства электроустановок. Раздел 2. Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи выше 1 кВ до 750кВ. – Х.: Форт, 2009. – С. 249-253. 2. *Горохов С. В.* Вітрові та ожередові впливи на повітряні лінії електропередачі / *С.В. Горохов, М.І.Казакевич, С.В.Турбін, Я.В.Назін* та ін. – Д.: 2005. – С. 26–33. 3. *Нейман В.А.* Климатические данные для определения нагрузок на ВЛ по локальным территориям Украины / *В.А.Нейман* // Электрические сети и системы. – К.: 2009. – № 4. – С. 33–35. 4. *Потовська К.І.* Використання відновлюваних джерел енергії для живлення автоматизованого метеопосту на лінії електропередач / *К.І.Потовська* // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – Х.: 2008. – №6. – С. 37–44. 5. *Дьяков Ф. А.* Эксплуатация ВЛ 330-500 кВ в условиях интенсивных гололедно-ветровых воздействий. Внедрение системы автоматического наблюдения за гололедом / *Ф. А. Дьяков* // Энергетик. – М.: 2005. – №6. – С. 20–25.

*Поступила в редколлегию 03.09.2013*

УДК 620.9

**Гололедные нагрузки на воздушные линии электропередач / А. В. Борцов, Е. И. Кузнецова** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 60 (1033). – С. 38-43. – Бібліогр.: 6 назв.

Описано дію ожеледових утворень на повітряні лінії електропередачі. Наведено приклад аварійної ситуації в результаті поганих погодних умов. Проаналізовані система відомчих автоматизованих метеопостів НЕК Укрэнерго та автоматизована інформаційна система контролю ожеледового навантаження МЕС Півдня РФ.

**Ключові слова:** ожеледове навантаження, повітряна лінія електропередачі, метеопост, клас безвідмовності, система плавки ожеледі, подовжинне навантаження, імітатор дроту.

The effect of formation of glaze on the overhead transmission lines has been described. An example of an emergency situation as a result of bad weather conditions has been given. The system of departmental automated weather station NEC Ukrenergo and automated information system for monitoring ice load MEN South RF have been analyzed.

**Keywords:** ice load, overhead transmission line, weather station, reliability class, ice melting system, linear load, wire simulator.

УДК 621.317.3

**О. Ю. ГЛЕБОВ**, ст. науч. сотр., НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ»;  
**В. В. КНЯЗЕВ**, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., НИПКИ «Молния»  
НТУ «ХПИ»;  
**Г. М. КОЛИУШКО**, канд. техн. наук, зам. директора, НИПКИ «Мол-  
ния» НТУ «ХПИ»

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЭФФЕКТОВ МОЛНИИ НА ОБОРУДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ**

Рассмотрены примеры использования двух разработанных методов для определения каналов растекания тока молнии по гальваническим связям на типовых объектах. Доказана эффективность использования этих методов при прогнозировании параметров электромагнитных помех, поступающих на входы аппаратуры, при вероятных ударах молнии в элементы объекта.

**Ключевые слова:** молния, молниеприемник, заземляющее устройство, гальваническая связь, уровень стойкости.

### **Введение**

Проблема защиты объектов от молниевых разрядов существенно изменила акценты. Если ранее главной задачей было обеспечить пожарную безопасность объекта, то сегодня, наряду с этой задачей требуется обеспечить надежное функционирование оборудования, расположенного на объекте. Поскольку, зачастую, повреждение оборудования может привести к катастрофическим последствиям. Анализ состояния систем молниезащиты однозначно показывает, что второй аспект проблемы – защита оборудования, как правило, не учитывается проектантами.

Основные негативные последствия удара молнии в объект связаны с протеканием больших импульсных токов. Для оценки возможных деструктивных явлений важно знать по каким гальваническим связям и в какой пропорции будет происходить протекание тока молнии, при ударе в то, или иное

© О. Ю. Глебов, В. В. Князев, Г. М. Колиушко, 2013