

УДК 621.315.1

Ш 37

## ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ГОЛОЛЕДОМ В КАМЫШИНСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Шевченко Н.Ю., Лебедева Ю.В., Хромов Н.П., Сошинов А.Г.

*Камышинский технологический институт (филиал)  
Волгоградского государственного технического университета,  
Камышин, Россия*

**Показана актуальность внедрения автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки. Рассмотрен опыт эксплуатации системы мониторинга ВЛЭП на примере Камышинских электрических сетей, которая обеспечивает непрерывный контроль гололедной нагрузки и температуры воздуха в пунктах контроля, удаленных на значительное расстояние от пунктов приема.**

**Ключевые слова:** воздушная линия электропередачи, гололедно-ветровые нагрузки, автоматизированная информационная система контроля гололедной нагрузки.

Снижение надежности работы электрических сетей характерно для гололедных районов, где воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) подвержены опасным метеорологическим воздействиям. Несмотря на многолетние усилия энергетиков, гололедные аварии в электрических сетях многих энергосистем по-прежнему вызывают наиболее тяжелые последствия и периодически дезорганизуют электроснабжение регионов страны [2].

Территория Камышинских электрических сетей расположена в северной и северо-западной части Волгоградской области. Для неё характерно образование гололедно-изморозевых отложений в процессе выпадения морози и тумана при температуре воздуха от  $-2$  до  $-5$   $^{\circ}\text{C}$  и перемещение влажных теплых масс в нижней части тропосферы с преобладающим ветра восточного и юго-восточного направлений. Плотность отложений на проводах составляет  $0,3\text{-}0,6$   $\text{г}/\text{см}^3$ , а интенсивность отложений зависит от рельефа местности.

На основе результатов наблюдений отмечено, что наибольшую опасность для ВЛЭП представляет «ледяной дождь»,

т.е. гололед, образующийся при выпадении переохлажденного дождя перед медленно движущимся теплым фронтом со скоростью 20-25 км/ч. Последствия таких сложных метеоусловий на территории Камышинского, Котовского, Жирновского, Ольховского районов наблюдались в период с 12 по 23 декабря 1993 г. На проводах выросли гололедные муфты диаметром от 20 до 100 мм, а на отдельных участках до 150 мм (на возвышенности в районе Нижней Добринки). Порывы ветра достигали 25-27 м/сек. Механические нагрузки превысили расчетные в 9 раз. В результате произошло падение 379 опор ВЛЭП напряжением 10, 35, 110 кВ. Экономический ущерб составил 1 млн. рублей в ценах 1994 года [5]. Причины аварий классифицированы как стихийное бедствие. А так как основным средством борьбы с гололедом в России является плавка гололёда, то, анализируя последствия гололедного «дождя», можно выделить основные причины повреждений: отсутствие современных систем оповещения о наличии гололеда и ветра; несвоевременная плавка гололеда или ее отсутствие.

Практикой эксплуатации ВЛЭП доказано, что своевременно проведенной плавкой гололеда (в течение 1 часа с момента образования) можно предотвратить гололедные аварии. Для этого необходимо иметь оперативную информацию о метеоусловиях в каждой критической точке ВЛ. Поэтому в этот период организуется круглосуточное дежурство оперативно-ремонтного персонала, который находится непосредственно в местах наиболее вероятного образования максимального количества отложений. «Линейный метеопост» сообщает диспетчеру информацию о количестве отложений на воздушной линии с помощью имеющихся средств связи. Определить вес отложений, скорость их нарастания и скорость ветра визуально практически невозможно. Как правило, 80% всей поступающей информации диспетчеру, необъективно, что влечет за собой увеличение времени принятия решения и количества неверных решений.

Суммарное время устранения гололедно-ветровых ситуаций определяется по формуле [3]:

$$t = t_{\text{реш}} + t_{\text{сб}} + t_{\text{пл}},$$

где  $t_{\text{реш}}$  – время на принятие решения;  $t_{\text{сб}}$  – время на сборку схемы плавки;  $t_{\text{пл}}$  – продолжительность плавки гололеда. Наибольшее время уходит на принятие решения и сборку схемы плавки. Именно здесь следует искать резервы времени.

Данную задачу в состоянии выполнить только автоматизированная система наблюдения. При использовании систем мониторинга воздушной линии отсутствует необходимость визуального наблюдения за ЛЭП. Поступающая информация с постов телеметрии достаточна, своевременна и точна. Система мониторинга ВЛ разработана ООО «НТЦ Инструмент-микро» г. Энгельс совместно с ОАО «Волгоградэнерго».

В Камышинских электрических сетях внедрена первая очередь автоматизиро-

ванной информационной системы контроля гололедной нагрузки (АИСКГН), которая представляет собой единый комплекс программно-аппаратных средств.

В комплекс входят:

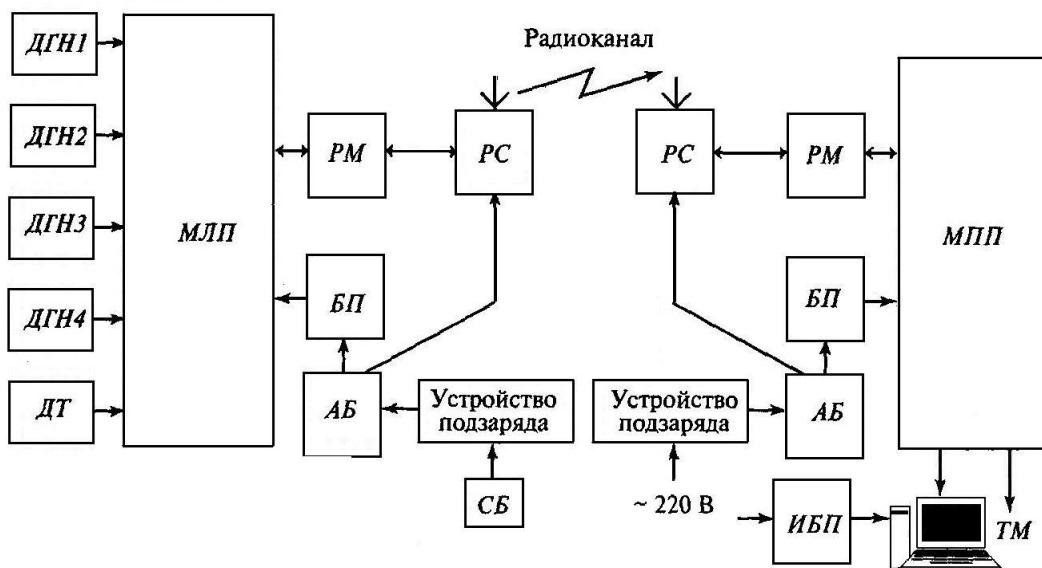
- радиотелемеханические системы телеметрии гололедных нагрузок (СТГН) на ВЛЭП, обеспечивающие совместно с устройствами радиосвязи и телемеханики передачу информации о гололедно-ветровых нагрузках и температуре воздуха из пунктов контроля (ПК) на ВЛ в пункты приема (ПП);
- технологическое и прикладное программное обеспечение (программы функционирования микропроцессорных устройств СТГН и программы обработки для автоматизированного рабочего места в пунктах приема и управления).

Являясь многоуровневой цифровой информационно-вычислительной системой, АИСКГН обеспечивает непрерывный контроль гололедной нагрузки и температуры воздуха в пунктах контроля, удаленных на значительное расстояние от пунктов приема. Открытая, гибкая и модульная архитектура АИСКГН позволяет поэтапно развивать информационную систему путем увеличения ПК и ПП и расширять ее до границ региональной системы.

Функциональная схема системы телеметрии гололедных нагрузок (СТГН) представлена на рис. 1 [1].

В настоящее время на территории Камышинских электросетей организовано четыре контрольных пункта:

- на линии 110 кВ № 424 ПС 220/110/10 кВ Литейная – ПС 110/10 кВ Антиповская в Камышинском районе;
- на ЛЭП 110 кВ №410 ПС Коробки - ПС Филино в Котовском районе;
- на ЛЭП 35кВ №1 в Еланском районе;
- на ЛЭП 110 кВ № 445 ПС 110/35/10 кв Линево – ПС 110/35/6 кВ Жирновская в Красноярском районе.



**Рис. 1.** Функциональная схема системы телеизмерения гололедных нагрузок:

ДГН – датчик гололедной нагрузки; ДТ – датчик температуры;

МЛП – микропроцессорный линейный преобразователь;

МПП – микропроцессорный приемный преобразователь;

РС – радиостанция; БП – блок питания; АБ – аккумуляторная батарея;

СБ – солнечная батарея; ИБП – источник бесперебойного питания; ТМ – телемеханика

В каждом пункте контроля (ПК), размещаемом на опоре воздушной линии электропередачи, установлено 7 датчиков, микропроцессорный линейный преобразователь (МЛП) и источник бесперебойного питания (БП). Датчики гололедной нагрузки (ДГН) устанавливаются на трех фазах и грозозащитном тросе. Пятый – датчик температуры (ДТ). Шестой и седьмой датчики определяют скорость и направление ветра. Бесконтактные датчики гололедной нагрузки обладают хорошей чувствительностью и обеспечивают с достаточной точностью непрерывный контроль нагрузки на проводе ВЛ. Датчики получают питание от специальной аккумуляторной батареи напряжением 12 В, эксплуатация которой лежит в большом диапазоне температур. Примерная потребляемая мощность всей установки 20 Вт. Микропроцессорный линейный преобразователь считывает информацию с четырех ДГН и с датчика температуры, а также с двух датчиков скорости и на-

правления ветра, преобразуя ее в цифровой сигнал для передачи по каналу радиосвязи.

В комплект пункта приема (ПП) входят микропроцессорный приемный преобразователь, радиостанция с антенной, сервер обработки и хранения данных, автоматизированное рабочее место диспетчера (АРД). Передача информации осуществляется по радио-, GSM-каналам, ВОЛС.

АИСКГН в зависимости от набора датчиков может автоматически, непрерывно и в реальном масштабе времени:

- определять наличие гололедно-изморозевых отложений на проводах (тросах) ВЛЭП;
- выделяя при этом действие других атмосферных явлений;
- измерять количественные параметры отложений (вес, диаметр муфты);
- распознавать вид отложений (гололед, изморозь, снег и т. д.);
- вычислять скорость нарастания отложений и оставшееся время до начала

сборки схемы плавки и самой плавки отложений исходя из прочности каждой конкретной ВЛЭП.

- определять начальное состояния ВЛЭП, при котором возможно начало пляски проводов (тросов) и информировать о начале немедленной сборки схемы плавки и самой плавки отложений;

- контролировать температуру провода при плавке и окончание плавки гололедно-изморозевых отложений на ВЛЭП (температура провода контролируется в реальном масштабе времени с помощью автономного датчика с GSM каналом);

- информировать о возникшем предварийном и аварийном режиме работы ВЛЭП (отклонении любой опоры в анкерном пролете от вертикальной оси, возникшее вследствие наезда транспорта, хищения уголка, оттяжек, просадки грунта, пожаров; хищение, обрыв проводов, линейной арматуры);

- измерять метеорологические параметры, что может быть использовано при составлении карт районирования по ветру, гололеду, температуре и т.д.

Систему отличает от других использование уникальной Y-образной подвески провода или троса, что повышает вероятность правильного обнаружения отложений, снижает вероятность ложного срабатывания, вероятность пляски проводов и увеличивает количество выводимой информации.

Пункт приема информации организован на ОДС подстанции Литейная г. Камышин. Диспетчер запрашивает информацию, касающуюся состояния линии. Видит по графику скорость нарастания гололедных отложений и температуру окружающего воздуха, скорость ветра в режиме реального времени. Опрос состояния гололедообразования производится с периодичностью 6 минут. При желании этот период можно увеличить или уменьшить.

На рис. 2 представлен пример графического отображения динамики гололедных нагрузок на ВЛ 110 кВ Коробки-Филино за январь месяц 2009 года на опоре №410. На рис. 3 приведен график изменения окружающей температуры, и скорости ветра за тот же период времени.

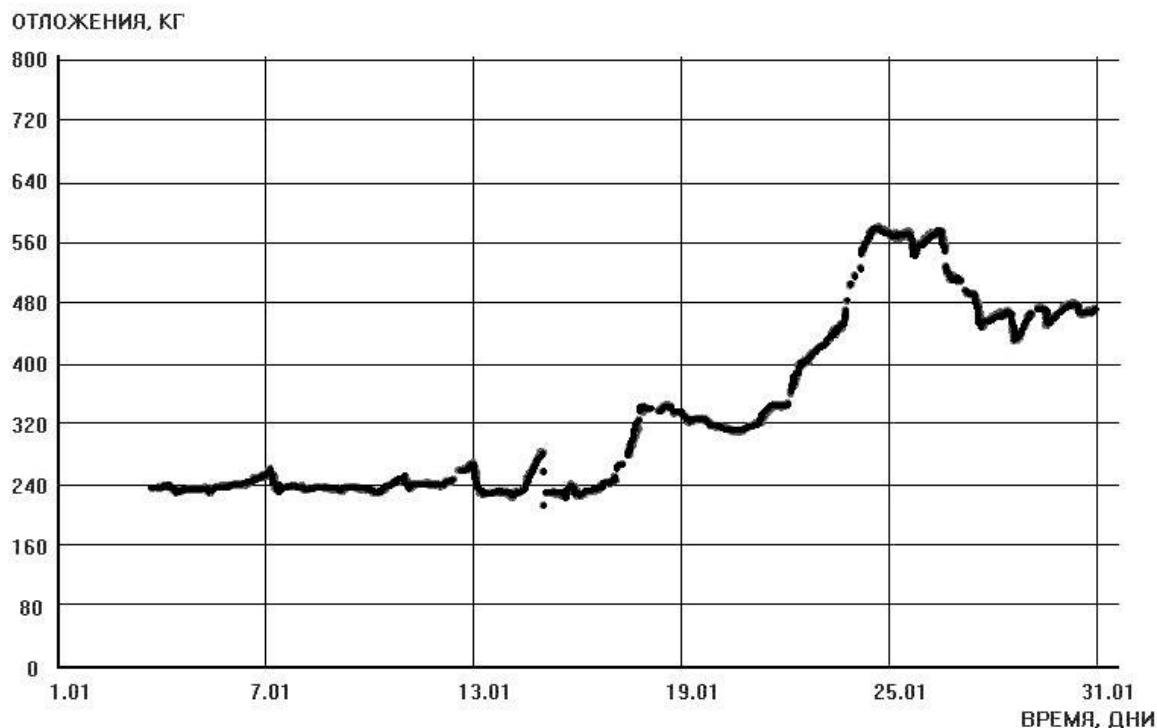
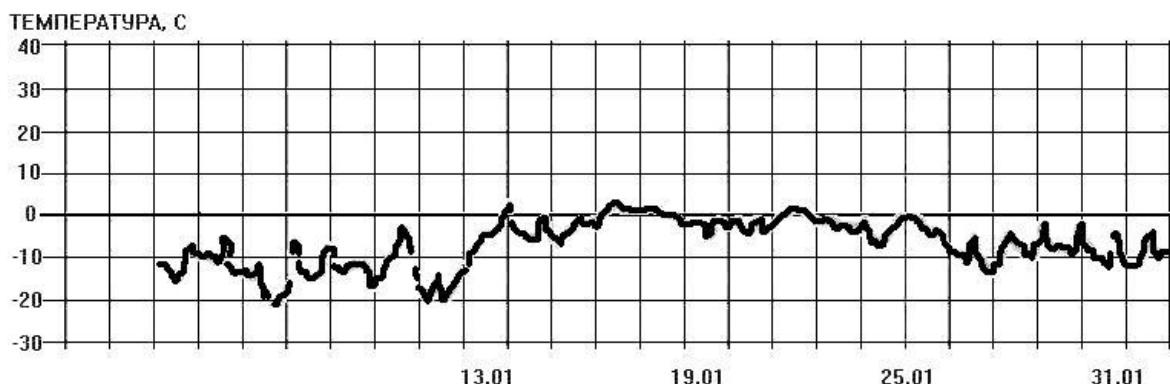


Рис. 2. Графического отображения динамики гололедных нагрузок на ВЛ 110 кВ



**Рис. 3.** Графического отображения изменения окружающей температуры на ВЛ 110 кВ

Экономический эффект Э от внедрения АИСКГН определяется по выражению (1):

$$\dot{Y} \geq \sum C_{\text{нед}} - \frac{C_i i i \delta}{t} \geq 0 \quad (1)$$

где  $\Sigma Z_{\text{сист}}$  – сумма ежегодных затрат на восстановление ВЛ после аварий, затрат на зарплату и ГСМ бригад, задействованных при наблюдении за гололёдной обстановкой на ВЛ, и ущерба от недоотпуска электроэнергии;  $Z_{\text{монит}}$  – сумма приведенных затрат на внедрение и функционирование системы мониторинга;  $t$  – срок окупаемости основного оборудования, лет. Стоимость систем варьируется от степени оснащенности постов, количества постов, диспетчерских пунктов, программного обеспечения, а стоимость системы передачи информации зависит от используемых каналов связи (радиоканал, GSM-канал, ВОЛС, спутник) и выбранного тарифа.

При оценке экономической эффективности можно пользоваться «критерием применимости»  $T_{\text{ок}} \leq 8$  лет. По предварительным расчетам срок окупаемости АИСКГН не превышает 4 лет [4].

**Выводы:** внедрение системы автоматического наблюдения за гололедом дает возможность вести круглосуточный мониторинг за гололедообразованием на

большой территории. Повышается оперативность и эффективность принятия решений о проведении плавки гололеда. Система сама подсказывает диспетчеру время начала и окончания плавки гололеда на ВЛ и тросах, очерёдность проплавляемых ВЛ, направление движения фронтов отложений. Повышается ответственность диспетчера за принятое решение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах: учебное Пособие / И.И. Левченко, А.С. Засыпкин, А.А. Аллилев, Е.В. Сацук. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 448 с.: ил.
2. Дьяков Ф.А. Эксплуатация ВЛ 330-500 кВ в условиях интенсивных гололедно-ветровых воздействий. Внедрение системы автоматического наблюдения за гололедом. Энергетик №6, 2005г.
3. Дьяков А.Ф. Системный подход к проблеме предотвращения и ликвидации гололедных аварий в энергосистемах. – М.: Энергоатомиздат, 1987 – 160 с.: ил.
4. ООО «НТЦ Инструмент-микро». Мониторинг. Электронный ресурс: <http://www.instrument-micro.ru/content/monitoring>
5. Шевчук В.П., Хромов Н.П., Коваленко А.В. Анализ состояния и перспективы развития научной работы в филиале ГОУ ВПО «МЭИ (ТУ)» в городе Волжском. // Сборник материалов конференции, г. Волжский, 2005 г.

**APPLICATION OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR ICING OBSERVATION  
AT KAMYSHIN ELECTRIC NETWORKS**

Shevchenko N.J., Lebedeva J.V., Khromov N.P., Soshinov A.G.

*Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University,  
Kamyshin, Russia*

Actuality of application of an automated information system of icing load control is shown in this article. The experience of electric transmission air lines monitoring system exploitation by Kamyshin electric networks has been investigated. This system provides continuous control of black ice load and air temperature in control centers remote from reception centers.

Key words: electric transmission air line, black ice and wind load, automated information system of black ice load control.