

СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ГОЛОЛЁДНО – ИЗМОРОЗЕВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Ю.В. ПИСКОВАЦКИЙ, Д.Ф. ГУБАЕВ

Казанский государственный энергетический университет

Предлагается новый способ обнаружения гололёдно-изморозевых отложений на проводах воздушных линий электропередачи, включающий передачу по проводам воздушной линии синусоидального сигнала стабильной частоты и амплитуды и фиксацию уровня высокочастотного сигнала. Обсуждаются результаты лабораторных исследований применения данного способа на модели воздушной линии электропередачи.

Ключевые слова: провода воздушных линий, гололедно-изморозевые отложения, датчики уровня высокочастотного сигнала.

Теоретическим и практическим исследованиям, направленным на своевременное обнаружение гололёдно-изморозевых отложений (ГИО) на проводах и грозозащитных тросах воздушных линий (ВЛ) электропередачи, посвящено значительное количество работ. Перспективным является направление исследований, решающее задачу обнаружения гололеда на ранней стадии возникновения.

Одним из известных способов обнаружения ГИО является локационный, который заключается в подаче импульсного сигнала в контролируемую линию и определении суммарного времени, затраченного на его распространение вдоль провода в прямом и обратном направлении после отражения от неоднородности волнового сопротивления, например от конца линии либо от высокочастотного (ВЧ) заградителя, установленного в конце ВЛ [1,2]. Этот способ позволяет определить наличие ГИО на проводах ВЛ путем сравнения времени распространения сигналов при наличии и при отсутствии ГИО, т.к. ГИО на проводах представляют собой несовершенный диэлектрик, который уменьшает скорость распространения сигнала. Наряду с очевидным преимуществом указанного способа, по сравнению с другими способами обнаружения ГИО, он имеет недостаток – отсутствует возможность определения участка ВЛ, имеющей линейную структуру, на котором произошло образование ГИО.

Для преодоления указанного недостатка предлагается способ обнаружения участка ВЛ, на котором произошло образование ГИО, с использованием датчиков уровня ВЧ сигнала. Данный способ реализуется путем передачи по тракту ВЛ ВЧ сигнала. Для измерения параметров ВЧ сигнала используются датчики уровня ВЧ сигнала, устанавливаемые на опорах ВЛ. Таким образом, ВЛ разбивается на участки, для каждого участка линии между двумя датчиками, ограничивающими этот участок, определяется увеличение затухания ВЧ сигнала, вызванного появлением гололеда. При этом отношение модулей напряжения ВЧ сигнала в начале и в конце участка, при отсутствии ГИО на воздушной линии, является неизменной величиной и показывает величину коэффициента затухания ВЧ сигнала на данном участке [3]. Появление на проводах воздушной линии ГИО вызывает увеличение коэффициента затухания ВЧ сигнала на данном участке. Чем больше ГИО на ВЛ, тем больше затухание ВЧ сигнала. Возможность применения данного способа выявления ГИО на проводах ВЛ была проверена на физической модели ВЛ 10кв учебного полигона КГЭУ.

Для проведения лабораторных экспериментов использовалось следующее оборудование: генератор сигналов низкочастотный типа ГЗ-109 [4], предназначенный для передачи по ВЧ тракту линии непрерывного синусоидального сигнала, датчик уровня ВЧ сигнала.

На рис. 1 представлена функциональная схема датчика, которая поясняет принцип работы и показывает взаимодействие между его основными узлами. Измерение уровня ВЧ сигнала производится с помощью ферритовой антенны 1, расположенной перпендикулярно проводу ВЛ и настроенной на частоту передатчика. Для подстройки частоты применяется группа конденсаторов с переменной емкостью, для уменьшения влияния токов промышленной частоты установлен НЧ фильтр 2.

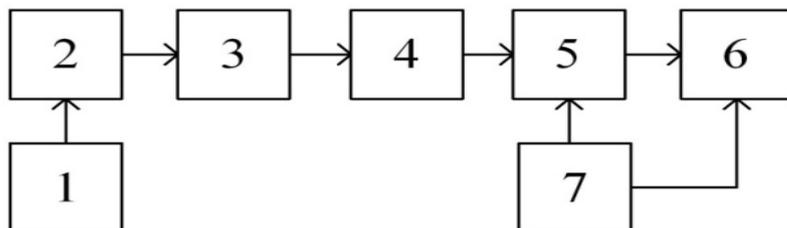


Рис. 1. Функциональная схема датчика, контролирующего уровень ВЧ сигнала

Полученное напряжение выпрямляется с помощью диодного моста 3. Выпрямленное напряжение поступает на усилитель 4, далее на АЦП микроконтроллера 5. Оцифрованное значение передаётся посредством GSM модема 6 на сервер, где полученные от каждого датчика данные обрабатываются и хранятся. Питание датчиков 7 можно осуществить двумя способами: с использованием аккумуляторных батарей, которые подзаряжаются солнечными панелями, или от фазного тока, посредством монтажа на фазный провод трансформаторов тока [5].

В данном датчике используется программируемый микроконтроллер *atmega328p* [6]. Контроллер установлен на плате *Arduino Uno R3*, которая имеет микросхему питания, микросхему преобразователя протокола *UART-USB*, кварцевый генератор. Контроллер осуществляет оцифровку напряжения, подаваемого с усилителя, а также управление GSM модулем связи *SIM 900A* [7], который также установлен на плате, имеющей микросхему питания и преобразования протоколов. Для выполнения данных функций для контроллера была написана программа на языке низкого уровня программирования. Температурный диапазон работы компонентов датчика от -40 C до $+70\text{ C}$. Для предотвращения воздействия осадков все компоненты помещены в герметичный корпус.

Проведенные испытания на физической модели ВЛ позволили экспериментальным путём определить влияние ГИО на условия распространения ВЧ сигнала. Исследуемая линия является трёхпроводной, выполнена проводом марки АС-50 диаметром 9,6 мм (участок длиной 13,2 м) и проводом СИП 3 (участок длиной 27,4 м), имеет длину 40,6 м и расстояние между проводами 0,6 м. На рис. 2 показана однолинейная нормальная электрическая схема полигона «Распределительные сети 10/0,4 кВ», отмечены участки закрепления ГИО и расположения датчиков уровня ВЧ сигнала (Д-1,2).

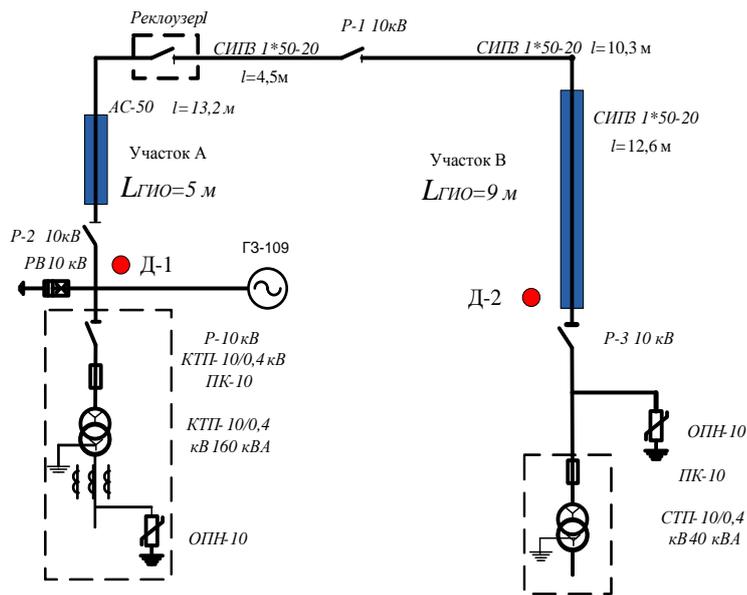


Рис. 2. Нормальная электрическая схема полигона «Распределительные сети 10/0,4 кВ»

Для моделирования образования ГИО на проводах ВЛ были использованы заготовки льда цилиндрической формы с плотностью порядка $0,8-0,9 \text{ г/см}^3$, длина заготовки составляла 1 м, диаметр – 110 мм. Было закреплено 42 заготовки на три фазных провода ВЛ, что в совокупности равнялось 14 м ГИО, с толщиной стенки гололёдной муфты 50 - 55 мм. ГИО были закреплены на двух участках – А и В. На участке А длина ГИО составила 5 м, на участке В – 9 м (рис. 3).

К вводному концу модели ВЛ по схеме «провод-земля» был подключен генератор ГЗ-109, выставлена частота передаваемого по ВЛ синусоидального сигнала – 30,5 кГц.



Рис. 3. Закрепление заготовок льда цилиндрической формы на фазных проводах модели ВЛ

Для выявления влияния ГИО на уровень ВЧ сигнала вдоль трассы ВЛ в контрольных точках, а именно в начале и в конце линии, были расположены датчики уровня ВЧ сигнала. Затем произведены многократные измерения уровня ВЧ сигнала в контрольных точках при различной длине ГИО на проводе, а также при отсутствии ГИО. Условия проведения эксперимента были следующие: температура окружающего

воздуха минус 6°C, относительная влажность воздуха 85%, отсутствие атмосферных осадков. Данные измерений представлены в таблице.

Таблица

Результаты измерений уровня ВЧ сигнала

№ измерения	Начало линии, $U, В$	Конец линии, $U,$ $В$	Начало линии, $U, В$	Конец линии, $U,$ $В$	Начало линии, $U, В$	Конец линии, $U,$ $В$
	отсутствие ГИО		длина ГИО 9 м		длина ГИО 14 м	
1	0,193	0,191	0,192	0,184	0,190	0,178
2	0,192	0,190	0,192	0,185	0,191	0,176
3	0,194	0,189	0,191	0,181	0,192	0,178
4	0,195	0,191	0,194	0,182	0,191	0,177
5	0,191	0,192	0,193	0,182	0,192	0,176
6	0,193	0,189	0,191	0,184	0,193	0,178
7	0,193	0,191	0,192	0,183	0,191	0,177
8	0,195	0,192	0,190	0,182	0,190	0,176
9	0,192	0,191	0,193	0,184	0,188	0,179
10	0,193	0,190	0,192	0,183	0,191	0,175
$\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{n}$	0,1931	0,1906	0,192	0,183	0,1909	0,177

Оценка погрешности результатов измерений проводилась вероятностно-статистическим методом, согласно ГОСТ Р 8.736 – 2011. Оценка результатов измерений проводилась путём получения среднего арифметического 10 наблюдений уровня сигнала. С учётом полученных значений для данного датчика $\Delta A = \pm 0,001 В$, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и результатах измерений в диапазоне от 0,175 до 0,195 В.

Затухание ВЧ сигнала при этом составило: при отсутствии ГИО на проводах ВЛ – 0,113 дБ, при длине ГИО 9 м – 0,417 дБ, при длине ГИО 14 м – 0,657 дБ. Таким образом, можно судить о возможности определения данным способом участка ВЛ, на котором произошло образование ГИО.

Работа выполнена: в Казанском государственном энергетическом университете, Россия, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51, тел. (раб): (843) 519-42-42, yura_kazan@mail.ru.

Summary

A new method for ice detection on wires of air-lines, including transmission by wire overhead line sine wave frequency and amplitude stable and fixing the level of the RF signal. We discuss the results of laboratory studies using this method on a model of an overhead power line.

Keywords: wires of air-lines, glaze ice clutch, RF signal level sensors.

Литература

1. Минуллин Р.Г., Фардиев И.Ш., Петрушенко Ю.Я., Губаев Д.Ф., Мезиков А.К., Коровин А.В. Способ обнаружения появления гололеда на проводах линии электропередачи. М. Кл. Н02 G7/16. Патент № 2287883. Приоритет с 15.04.05.

2. Писковацкий Ю.В., Губаев Д.Ф., Мустафин Р.Г. Способ обнаружения гололедных отложений на проводах воздушных линий электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 1-2. С. 41-44.

3. Мустафин Р.Г., Писковацкий Ю.В., Хакимзянов Э.Ф. Способ обнаружения гололёда на проводах воздушных линий электропередачи. М. Кл. H02 G7/16. Патент № 2537380. Приоритет от 03.07.13.

4. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ЕХ3.269.086 ТО – ЛУ, 1985.

5. Хузяшев Р.Г., Кузьмин И.Л. Блок питания на основе трансформатора тока с микропроцессорным управлением // Электротехника. 2009. № 4. С. 28-34.

6. Datasheet ATMEGA328P-PU - Atmel 8-bit Microcontrollers (MCU) 32 Kb In-system Flash 20 MHz 1.8V-5.5V / Atmel, 2014. p.448.

7. SIM900A Hardware DesignVersion: 1. Document Control ID: SIM900A HD_V1.01., Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd, 2009. p.58.

Поступила в редакцию

02 апреля 2015 г.

Писковацкий Юрий Валерьевич – магистр, доцент кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» (РЗА) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ). Тел: 8(843)519-42-42. E-mail: yura_kazan@mail.ru.

Губаев Дамир Фатыхович – канд. техн. наук, профессор кафедры «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» (РЗА) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).