

Система представляет собой незамкнутую электрическую цепь (рис. 1), на одном конце её включена антенна - 1, на неё с помощью повышающего трансформатора - 3 приёмника электроэнергии подаётся переменное напряжение амплитудой 800–1000 Вольт и частотой в несколько десятков кГц. На низковольтную обмотку этого трансформатора работает генератор периодического напряжения, питающийся от земляной батареи - 2. К другому контакту повышающей обмотки трансформатора подсоединена нагрузка 4, второй контакт которого заземляется 5.

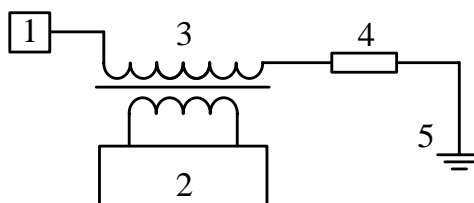


Рис. 2. Схема установки

При подключении источника напряжения в 9В, при отключенном ключе система продолжала работать, показания амперметр 0,5А и 0,3А, частота колебаний 660кНz, подключенная лампа накаливания мощностью ...В горит слабым свечением.

Научный руководитель: Н.М. Балахонов, инженер каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

РАЗРАБОТКА ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ "УМНОГО ПРОВОДА"

Д.А. Иванов, Д.А. Ярославский, М.Ф. Садыков
Казанский государственный энергетический университет

На сегодняшний день в различных регионах РФ идет реализация ряда пилотных проектов по внедрению элементов интеллектуальной сети. Например, это установка интеллектуальных приборов учета электроэнергии, переход на цифровые подстанции, цифровые устройства сбора данных. Однако, ключевой элемент системы, воздушные линии электропередачи (ВЛ), остаётся слабым её звеном, так как основная часть транспортных сетей эксплуатируется без систем мониторинга реального времени и находится в группе риска возникновения аварийных ситуаций. Это связано с тем, что традиционные способы не позволяют выполнить обследование ВЛ в необходимых масштабах, а существующие перспективные решения не нашли широкого применения ввиду дороговизны и локального размещения с целью решения конкретной задачи.

Мы занимаемся созданием новой технологии построения интеллектуальных проводов на базе существующих воздушных линий путём разработки системы на основе беспроводных датчиков, устанавливаемых на ВЛ.

Все развитые и большая часть передовых развивающихся стран инициировали проекты по развитию «умных сетей». Так, в США идет финансирование различных проектов НИОКР, а с 2009 года реализовывалась профильная программа поддержки, разработок и внедрения технологий «умных сетей» на

принципах софинансирования с частным сектором (всего около 11 млрд долл. за три года). В странах ЕС только в 2012 году на соответствующие цели было направлено около 1,8 млрд евро (около 2,3 млрд долл.). Масштабные программы SmartGrid реализуют Япония, Южная Корея; в чемпионы и по объемам финансирования, и по пилотным проектам выходит Китай. В мире реализуются десятки комплексных пилотных проектов. Глобальные корпорации и малые инновационные компании постоянно представляют все новые разработки.

Последние два-три года ознаменовались ростом интереса к системам интеллектуального электропитания и технологиям интеллектуальных энергосетей (Smart Grids) в Российской Федерации. Первым шагом в этом направлении считается интеграция интеллектуального измерительного оборудования (Smart Meters).

Действующие линии электропередач РФ не оснащены системами мониторинга реального времени, что увеличивает время поиска и устранения неисправностей, аварий и их ликвидации. При наличии систем диагностики ВЛ многие аварии можно предотвращать. Однако, проблема отсутствия универсальных систем мониторинга ВЛ в режиме реального времени и, как следствие, методик интерпретации результатов мониторинга до сих пор остается не решенной. Поэтому в существующих электросетях обследование является преимущественно визуальным и редким; значительное время занимает локализация аварийного участка линии, что усугубляет последствия аварии; отсутствует контроль за состоянием линии (температура, гололёд, перегрузка по мощности и пр.); невозможно объективно оценить остаточный ресурс линии (определяют только по часам выработки, без учёта текущих воздействий на линию).

Задача разработки методик определения состояния ВЛ в режиме реального времени включает в себя разработку методик определения мест и характера короткого замыкания, локализации местоположения обрыва провода, определения степени загруженности линии электропередачи, локализации местоположения удара молнии, контроля гололёдообразования, а также выявления разрегулировки арматуры.

Например, проблема предотвращения гололедных аварий в электрических сетях энергосистем актуальна для многих регионов России и других стран [1-3]. Гололедные отложения создают внешние механические нагрузки на провода и опоры ВЛ электропередачи, приводя к обрывам и коротким замыканиям.

Мы разработали датчик, который послужит платформой для новой технологии построения интеллектуальных проводов на базе существующих воздушных линий путём разработки системы на основе беспроводных датчиков, устанавливаемых на ВЛ. Аппаратная часть устройства имеет распределенную архитектуру (рис.1), которая включает набор датчиков для измерения параметров состояния проводов линии и окружающей среды, и средства приема и передачи данных [1].

Для контроля гололёдообразования на ВЛ проводятся измерения параметров: температура провода; относительная влажность воздуха; угол провеса провода.

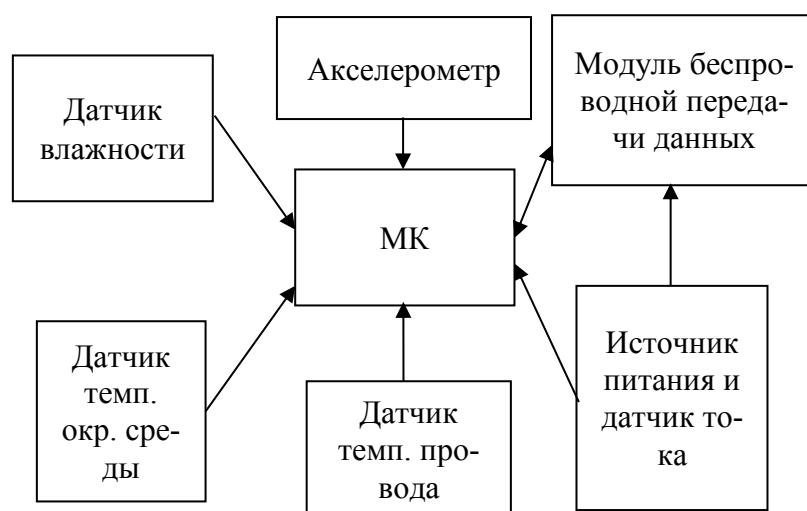


Рис. 1. Структура элемента (устройства) сети

Для измерения влажности и температуры окружающей среды использован датчик, представляющий собой интегральную микросхему, в корпусе которой находится первичный и вторичный преобразователь физической величины, аналого-цифровой преобразователь и драйвер шинного интерфейса I²C, выводы которого подключаются на одноименные выводы микроконтроллера.

Датчик измерения температуры провода представляет собой терморезистор, включенный по мостовой схеме, аналоговый сигнал с которого оцифровывается микроконтроллером. Он установлен на металлической пластине длиной 1,5 сантиметра, находящейся в непосредственном контакте с проводом. От внешних воздействий датчик температуры провода защищён внешней защитной оболочкой, при этом на нём отсутствует термоизоляция в целях исключения его нагрева.

Определение угла провеса провода выполнено с использованием акселерометра. Кроме того, предусмотрена возможность определения действующего значения силы тока в проводе.

Питание устройства осуществляется за счёт отбора мощности с магнитной составляющей электромагнитного поля. Первичным источником питания является трансформатор тока с разделяемым сердечником, установленный на проводе ЛЭП, а вторичная обмотка трансформатора соединена с мостовым диодным выпрямителем, в цепь постоянного тока которого и включен преобразователь. Выход блока питания соединяется с общей шиной питания. Второй трансформатор тока используется в качестве датчика тока.

Приём и передача данных осуществляются по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц с использованием модуля беспроводной сети автоматизации процессов (БСАП). Модуль беспроводной радиосвязи представляет собой микросборку. Микросборка соединена с контроллером посредством интерфейса UART. В качестве модуля беспроводной радиосвязи могут быть использованы встраиваемые модули БСАП, сочетающие высокое быстродействие и низкое энергопотребление. Они содержат встроенное программное обеспечение [2-6], реализующее все основные операции в сети, такие как образование сети, присоединение к сети, ретрансляция данных и автоматическое восстановление сети. Причём надёжная связь между соседними устройствами может осуществляться на

расстоянии до 1000 метров при расположении соседних устройств в пределах прямой видимости, что может быть использовано в случае выхода из строя одного или нескольких устройств, так как есть возможность передавать информацию, минуя неисправные звенья.

Из собранной информации формируется пакет с указанием идентификатора отправителя [2]. Измерительный элемент (устройство) сети, находящийся на удаленном конце контролируемого участка ВЛ, производит передачу первым. Он передает пакет ближайшему соседнему элементу [7]. Далее соседний элемент передает полученный и свой пакет следующему элементу, находящемуся ближе к контрольному центру или пункту сбора данных. Таким образом строится самоорганизующаяся сеть из устройств, включающих в себя датчики для измерения основных параметров воздушной линии. Информация о линии с этой сети далее поступает в центр хранения и обработки данных.

Работа по созданию модуля беспроводной сети автоматизации процессов под различные протоколы связи выполняется при финансовой поддержке прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (ПНИЭР) Министерством образования и науки Российской Федерации по Соглашению №14.577.21.0168 от 27 октября 2015 года, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57715X0168.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Иванов Д.А., Савельев О.Г., Садыков М.Ф. Датчик системы мониторинга гололедно-ветровой нагрузки // В сборнике: Интеллектуальные энергосистемы труды IV Международного молодёжного форума: в 3 томах. Томский политехнический университет. 2016. С. 138-140.
2. Иванов Д.А., Савельев О.Г., Мисбахов Р.Ш. Система мониторинга и количественного контроля гололедообразования на проводах воздушных линий электропередачи // В сборнике: Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи материалы IV российской молодежной научной школы-конференции: в 2 томах. Томский политехнический университет. 2016. С. 334-336.
3. D.A. Ivanov, M.F. Sadykov, I.A. Murataev, D.A. Yaroslavsky, M.P. Goryachev, A.R. Gainutdinov, A.A. Naumov and R.Sh. Misbakhov, 2016. Development of an Automated Lighting Control System Based on Machine Vision and Wireless Communication Channels. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11: 2893-2898. DOI: 10.3923/jeasci.2016.2893.2898. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2016.2893.2898>.
4. D.A. Yaroslavsky, D.A. Ivanov, M.F. Sadykov, M.P. Goryachev, O.G. Savelyev and R.S. Misbakhov, 2016. Real-Time Operating Systems for Wireless Modules. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11: 1168-1171. DOI: 10.3923/jeasci.2016.1168.1171. URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2016.1168.1171>.
5. I.N. Lizunov, R.Sh. Misbakhov, I.Z. Bagautdinov, O.E. Naumov and V.V. Ivanov, 2016. A Mathematical Model of the Distribution Transformer Sub-

station in Matlab Simulink. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11: 1128-1135. DOI: 10.3923/jeasci.2016.1128.1135 URL: <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2016.1128.1135>.

6. Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Гайнутдинов А.Р., Садыков М.Ф. Выбор операционной системы реального времени для беспроводного устройства // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2016. Т. 72. № 4. С. 95-100.
7. Safin, A.R., R.Sh. Misbakhov, A.N. Tsvetkov, N.V. Denisova and I.V. Ivshin, 2016. Controlled rectifier simulation model development for reversible reciprocating electrical machine. International Journal of Pharmacy and Technology, 2(8): 14059-14068.

МОДУЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ УМНОГО ПРОВОДА В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

М.П. Горячев, Д.А. Иванов, Д.А. Ярославский
Казанский государственный энергетический университет

Протяжённость воздушных линий электропередачи в Российской Федерации составляет свыше 2,8 млн. км. Электросетевое хозяйство стремительно устаревает. Уровень износа оборудования достигает 70% [1]. Это приводит к обрывам на воздушных линиях электропередачи и снижению качества поставки электроэнергии. Одно из основных направлений улучшения ситуации - проведение глубокой модернизации электросетевого хозяйства с ориентиром на энергоэффективность.

Развитие микроэлектроники позволило производить достаточно дешёвую элементную базу для создания беспроводных сенсорных сетей в целях мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Внедрение беспроводных сенсорных сетей для обследования воздушных линий позволит оптимизировать загрузку воздушных линий и осуществлять их замену по текущему состоянию. Беспроводная сенсорная сеть — это распределённая, самоорганизующаяся сеть множества датчиков (сенсоров) и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканала.

В качестве узла сенсора будет выступать модульное устройство (рис.1), состоящее из основной платы, на которой установлен микроконтроллер с необходимой обвязкой и модуль связи [2,3]. Датчик устанавливается непосредственно на фазный провод. Возможны модификации с модулем автономного питания, модулем электростатического питания – для линий 110 кВ и выше с отбором мощности от ВЛ, модулем электромагнитного питания – для линий до 110 кВ с отбором мощности от ВЛ.

Модульное устройство конфигурируется в зависимости от решаемых задач: контроль гололёдообразования; контроль плавки гололёда; локализация места короткого замыкания, обрыва, удара молнии; определение электрических