

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

нагрузок на проводе или контроль нагрузки транзитных ВЛ; определение механических нагрузок на проводе; определение условий возникновения гололедообразования.

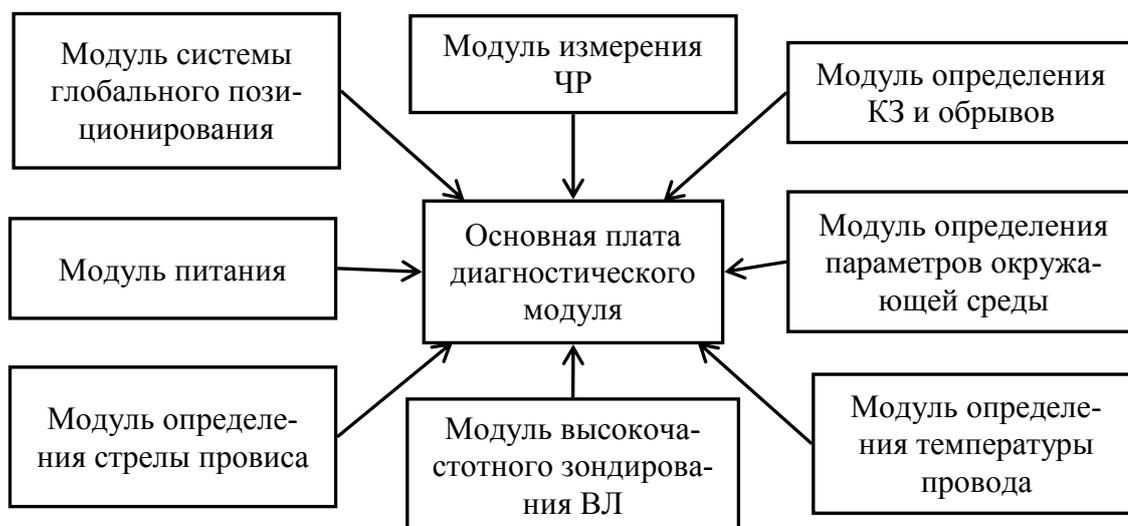


Рис. 1. Блок-схема модульного устройства

Контроль гололёдообразования осуществляется путём установки модуля определения стрелы провиса и/или модуля высокочастотного зондирования ВЛ. Стрела провиса определяется благодаря акселерометрам, передающим информацию об угле наклона датчика, устанавливаемого непосредственно на проводе. Тем больше стрела провиса, тем выше гололёдная нагрузка на данный провод. Однако, следует учитывать и перетяжку проводов между соседними пролётами. При высокочастотном зондировании осуществляется локацию провода зондирующими импульсами и обеспечивается обнаружение сигналов, отраженных от неоднородностей волнового сопротивления линии. Появление гололеда на проводах линии обнаруживается по уменьшению амплитуды и увеличению запаздывания импульса, отраженного от конца линии [4].

Контроль плавки гололёда проводится благодаря использованию модуля определения температуры провода. Это позволяет избегать перегрузок провода по току, приводящих к его повреждению.

Локализация места короткого замыкания, обрыва, удара молнии реализуется путём установки датчика тока и модуля системы глобального позиционирования. Роль модуля глобального позиционирования может заменить адрес устройства диагностики, местоположение которого заранее известно. Более точная локализация будет наблюдаться, если устройства будут установлены в начале и в конце воздушной линии.

Определение электрических нагрузок на проводе или контроля нагрузки транзитных ВЛ осуществляется установкой модуля определения температуры провода. Это позволяет оптимизировать загрузку линии, учитывая текущие потери и термические воздействия на провод.

Определение механических нагрузок на проводе осуществляется благодаря модулю определения стрелы провиса. Это позволяет определять текущие испытываемые проводом механические воздействия, а также уровень износа (усталости) воздушной линии.

Определение условий возникновения гололедообразования достигается за счёт установки модуля определения параметров окружающей среды. Данный модуль включает в себя датчик температуры провода, датчик температуры воздуха, и датчик относительной влажности. Модуль позволяет выявить точку дисублимации [4].

Система на основе модульных датчиков, устанавливаемых на ВЛ, представляет собой установленные в каждом пролёте и на каждой фазе датчики, передающие информацию друг через друга, питающиеся от линии (для резервного питания предусмотрен модуль автономного питания). При этом реализуется резервирование каналов связи, что подразумевает передачу данных, минуя неисправное устройство, не только в пределах одного фазного провода, но и через устройства на соседних фазных проводах [5]. Модуль сбора информации может быть заменён на другой, в зависимости от задач мониторинга, а неизменный модуль связи может быть использован в качестве инфраструктуры для передачи данных. Данные с модульных устройств собираются на «облачном» сервере, где обрабатываются. Обработанные данные доступны для диспетчеризации и наблюдения посредством web-интерфейса.

Что касается канала связи устройств, то он будет организован на основе собственного протокола «интеллектуальный провод» на основе модификации стандарта IEEE 802.15.4 [6,7]. Передача данных на средний уровень (накопление первичных данных) также осуществляется модульными устройствами ввиду возможности их достаточно близкого расположения от ближайшего вычислительного устройства (точка сбора может быть установлена на подстанции, которая находится в непосредственной близости от диагностируемой ВЛ) через модуль совместимый со стандартом IEEE 802.15.4 и подключенный к вычислительной машине через UART-USB преобразователь. При необходимости интеграции данных в ОИК «Диспетчер» возможна установка устройства сопряжения.

Однако, следует учитывать и топологические особенности построения сенсорной сети в зависимости от конфигурации диагностируемой электрической сети. В первую очередь, предполагается оснащение сенсорами именно распределительных сетей напряжением 35 кВ и ниже, так как данные воздушные линии являются наименее обследованными, но при этом самыми протяжёнными. В сетях данного типа преобладают радиально-магистральные (древовидные) структуры.

На основе результатов исследования будут созданы модульные устройства, открывающие широкие возможности для мониторинга состояния воздушных линий благодаря применению различных наборов датчиков, подключаемых по модульному принципу. Это позволяет с минимальными финансовыми затратами превращать обычный провод в умный путём простой установки на него устройства, конструкция которого позволяет изменять конфигурацию оборудования и решать широкий спектр задач: локализация места обрыва или короткого замыкания; контроль гололедообразования; оценка остаточных ресурсов провода исходя из данных об электрических и механических нагрузках в динамике.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта 17-48-160878 p_a.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Боков Геннадий. Техническое перевооружение российских электрических сетей. Сколько это может стоить? Новости Электротехники. 2002. №2(14). URL: <http://www.news.elteh.ru/arh/2002/14/03.php>
2. Yaroslavsky D.A., Ivanov D.A., Sadykov M.F., Goryachev M.P., Savelyev O.G., Misbakhov R.S. Real-time operating systems for wireless modules // Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Т. 11. № 6. С. 1168-1171. DOI: 10.3923/jeasci.2016.1168.1171 <http://elibrary.ru/item.asp?id=27574026>
3. 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.
4. 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.
5. Faludi, R. Building Wireless Sensor Networks // O'Reilly Media, 2010 -320 с.
6. Майская, В. Беспроводные сенсорные сети, малые системы - большие баксы / В. Майская // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. - 2005. - №10. - С. 18–22.
7. Панфилов, Д., Соколов, М. Введение в беспроводную технологию ZigBee стандарта 802.15.4. URL: <http://www.freescale.com/files/abstract/global/s50210.pdf>.

Научный руководитель: М.Ф. Садыков, к.ф.-м.н., зав.каф.ТОЭ, КГЭУ.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ АСКУЭ

Р.М. Сагадуллина

Казанский государственный энергетический университет

В соответствии со ст.11 «Основных положений функционирования розничных рынков электрической энергии», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 04.05.12 г. № 442, гарантирующий поставщик в целях обеспечения качественного и своевременного обслуживания потребителей (покупателей) обязан внедрять программы мероприятий по по-