

## **УЗЕЛ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛАССИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ И МЕТОДА РАСПРЕДЕЛЁННОГО ДАТЧИКА ТОКА**

А.А.Дворников

Факультет информационных технологий и  
вычислительной техники

### **АННОТАЦИЯ**

Разработка интеллектуальных систем электроснабжения является приоритетным направлением во многих государствах, включая Россию.

В работе представлен узел для организации интеллектуальных систем электроснабжения на базе стека протоколов uIP поверх радиостандарта IEEE 802.15.4, реализующий как классический метод измерения характеристик силовой сети, так и новый метода распределённого датчика тока.

Представлены результаты проделанной работы.

### **ВВЕДЕНИЕ**

На сегодняшний день тематика интеллектуальных систем электроснабжения является очень актуальной. Большое количество зарубежных университетов занимаются решением этой стратегически важной задачи. Перспективы, которые открываются при внедрении интеллектуальных систем электроснабжения, позволяют получить совершенно иной уровень качества предоставления услуги электроснабжения.

Для построения интеллектуальных систем электроснабжения необходима программно-аппаратная база, решающая базовые для системы задачи — выполнение измерений характеристик силовой линии, передача данных к целевому узлу (в случае, когда система централизована) и принятие решений.

В рамках данной работы рассматривается разработка узла для построения интеллектуальных систем электроснабжения, которые используют как классический способ измерения (на узле располагается как датчик напряжения, так и тока), так и новый метод, основанный на использовании распределённого датчика тока [1] [2].

### **СУЩЕСТВУЮЩИЕ РЕШЕНИЯ**

К существующим решениям в области интеллектуальных систем электроснабжения можно отнести электросчётчики электроэнергии, предназначенные для автоматизации (например, электросчётчики Меркурий, НПО им. М.В.Фрунзе и др.).

По результатам проведённых НИР в 2012 году установлено, что любой из рассмотренных приборов может быть использован для установки перед входом линии электроснабжения в помещение или здание к конечному потребителю, но непригоден для установки на отдельных участках силовой линии ввиду больших габаритных размеров (156x138x58 мм для электросчётчика Меркурий 200 [3]) и ограничения сетевых функций.

Существует разработка, направленная на решение аналогичной задачи — «автоматизированная

информационно-измерительная система безопасности электрической энергии, связанная с ее качеством» (разработка компании «ПРОРЫВ»). Тем не менее, единственный узел данной разработки имеет крайне высокую стоимость (58000 рублей за прибор ТККЭ [4]) и большие габариты (140x218x68 мм — прибор ТККЭ [5]).

Таким образом, установлена необходимость в разработке более компактного устройства, способного измерять как минимум мгновенные значения напряжения, тока, активной составляющей мощности, а также частоту силовой сети. Данные должны быть доступны для считывания любому из устройств, входящему в систему интеллектуального электроснабжения, а сами узлы должны обладать сравнительно небольшой стоимостью.

### **ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

Наиболее предпочтительным типом сети является беспроводная сеть. Качество связи в такой сети хотя и зависит от внешних факторов, но не зависит от состояния силовой сети, обладая при этом хорошей масштабируемостью.

Стандарт IEEE 802.15.4 чаще используется для построения маломощных сетей, которые могут покрывать большие территории за счёт ретрансляции данных, поэтому он наиболее подходит для использования в разрабатываемом макете устройства.

В качестве протокола верхнего уровня хорошо подходит стек uIP. Большим плюсом является то, что стек обеспечивает прозрачное взаимодействие с другими IP сетями и поддерживает как гарантированную, так и негарантированную доставку данных.

### **МИКРОКОНТРОЛЛЕР**

В качестве микропроцессорного модуля со встроенным приёмопередатчиком стандарта IEEE 802.15.4 для разрабатываемого макета устройства больше всего подходит модуль NXP JN5148-001-M03, так как он обладает наименьшими габаритными размерами, функцией аппаратного шифрования AES-128 и небольшой стоимостью, работает на высокой тактовой частоте. В отличие от модулей серии Telegesis ETRX3xHR модуль NXP JN5148-001-M03 не требует покупки дополнительного программного обеспечения для разработки прикладного ПО, что делает выбор последнего более выгодным. Данный выбор и обоснование сделаны по результатам, полученным при проведении НИР в 2012 году.

### **РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ УЗЛА**

Приведён выбор и обоснование технических решений, которые будут использованы в разрабатываемом макете устройства.

Разработана принципиальная схема узла и топологии четырёхслойной печатной платы, разработан макет узла, выполненный на четырёхслойном фольгированном стеклотекстолите (Рис. 1).

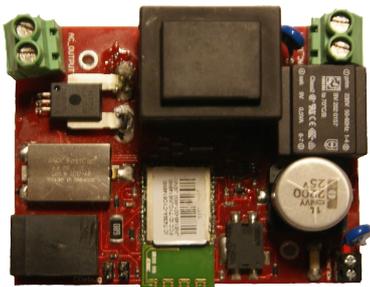


Рис. 1. Фотография разработанного макета узла

Характеристики разработанного макета узла:

- Габариты — 58x71x90 мм.
- Тип связи — беспроводная (IEEE 802.15.4).
- Стандарт сети — uIP.
- Датчик напряжения — измерительный трансформатор.
- Датчик тока — датчик Холла.
- Микроконтроллер — OpenRISC (32 МГц).
- Операционная система — Contiki OS 2.5 [4].
- Источник резервного питания — ионистор.
- Возможность подключения внешнего автомата — да.

#### МЕТОД РАСПРЕДЕЛЁННОГО ДАТЧИКА ТОКА

В процессе внедрения в различные системы вычислительных сетей появились возможности производить косвенные измерения, где необходимые для вычисления величины приходят от других, зачастую пространственно распределённых, датчиков.

Одним из случаев распределённого датчика является распределённый датчик тока, который даёт преимущества при разработке систем интеллектуального электроснабжения.

Принцип распределённого датчика тока (Рис. 2) состоит в том, что при разделении измерительной сети на сегменты (А-В) при достаточном расстоянии между ними становится возможным использовать в качестве шунта отрезок линии электропередачи  $R_{AB}$ .

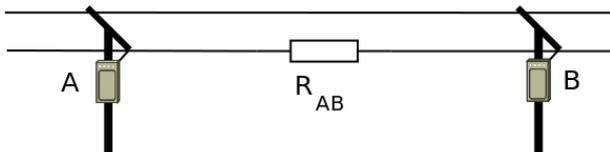


Рис. 2. Схематическое изображение пространственно-распределённого датчика тока

Таким образом, ток можно измерить, используя только датчик напряжения, при его достаточной точности и достаточной длине линии электропередачи.

Несмотря на преимущества этого способа перед классическим, использующим два вида датчиков, существует и ряд недостатков, связанных как с синхронизацией узлов (особенно при специфических измерениях, вроде обработки формы сигнала), так и связанных с нестабильностью характеристик

электролинии, в зависимости от условий окружающей среды.

Данный метод требует проведения дополнительных экспериментов до ввода в эксплуатацию.

Разработанный в рамках данной работы макет узла позволит провести часть экспериментов, необходимых для исследования метода распределённого датчика.

#### ПРОГРАММНАЯ ЧАСТЬ

В настоящий момент идёт разработка программного обеспечения для макета узла и сервера. По проведённым в 2012 году НИР было установлено, что в качестве основы для программного обеспечения узла эффективным решением будет использование операционной системы Contiki OS со встроенным стеком uIP.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы установлена необходимость в разработке макета узла для организации интеллектуальных систем электроснабжения и определены технические требования к узлу.

На текущий момент в рамках работы разработан макет узла для организации интеллектуальных систем электроснабжения и ведётся разработка программного обеспечения узла и сервера системы.

Запланирован ряд экспериментов для исследования метода распределённого датчика тока.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.А. Дворников. Разработка платформы для «умного электроснабжения». Тезисы докладов «Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ», с.84-86, – М. МИЭМ, 2011г. ISBN 978-5-94506-257-3 - 420.
2. А.А. Дворников. Измерение характеристик переменного тока в системах электроснабжения с использованием пространственно-распределённого датчика. Тезисы докладов «Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ, посвященная 50-летию МИЭМ», с.232-234, – М. МИЭМ, 2012г. ISBN 978-5-94506-314-3 - 445.
3. Счетчики Меркурий – URL : <http://www.incotexcom.ru/m200.htm>. Дата обращения : 17.01.2013.
4. Прайс лист :: ЗАО «НПФ Прорыв» – URL : <http://proryv.com/purchase/>. Дата обращения : 17.01.2013.
5. Контроллеры терминальные ТККЭ: Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – 2011. – . – Режим доступа: [http://proryv.com/files/doc/ТККЭ\\_UserManual.pdf](http://proryv.com/files/doc/ТККЭ_UserManual.pdf). Дата обращения : 17.01.2013.