

УДК 531.7.084

С.П. Богданов, О.О. Басов

## Перспективы и проблемы применения беспроводных датчиков с автономным питанием

Показаны области применения беспроводных датчиков. Предложен вариант их классификации по различным признакам. Определены проблемы их использования. Предложены пути решения возникших проблем. Особый акцент сделан на снижение энергопотребления основных узлов беспроводных датчиков.

**Ключевые слова:** датчик, чувствительный элемент, аналого-цифровой преобразователь, протоколы беспроводной передачи данных.

В настоящее время задача построения распределенных систем сбора данных и мониторинга технологических процессов как никогда актуальна в самых различных областях жизнедеятельности человека. В качестве элементов систем, регистрирующих различные данные, используются датчики – средства измерений, предназначенные для выработки сигналов измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения, но не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем [1].

В зависимости от вида выходной величины, в которую преобразуется измеряемая величина, датчики разделяют на *электрические* и *неэлектрические*. Электрические датчики имеют неоспоримое преимущество, т.к. электрические величины можно передавать на большие расстояния с высокой скоростью, они универсальны (могут быть преобразованы в любые другие величины и наоборот), легко преобразуются в цифровой вид, позволяя отобразить измеряемую величину с высокими чувствительностью и точностью, и обеспечивают высокое быстродействие средств измерений.

В зависимости от среды передачи сигналов датчики могут быть *проводными* и *беспроводными*. Применение проводных систем не всегда эффективно из-за высокой стоимости монтажных и пусконаладочных работ, а также технического обслуживания. Кроме того, в некоторых ситуациях установка проводных датчиков вообще невозможна по технологическим или организационным причинам. Достоинствами беспроводных датчиков (рис. 1) являются минимальные ограничения по их размещению, возможность внедрения и модификации сети таких датчиков на эксплуатируемом объекте без вмешательства в процесс функционирования, надежность и отказоустойчивость всей системы в целом при нарушении отдельных соединений между узлами.



Рис. 1. Обобщенная структурная схема беспроводного датчика

Практическое использование беспроводных датчиков с автономным электропитанием долгое время сдерживалось низкой надежностью радиоканала по сравнению с проводным соединением, высокими стоимостью и энергопотреблением. Сейчас, благодаря развитию элементной базы, миниатюризации интегральных микросхем и появлению новых технологий передачи информации, беспроводные датчики и основанные на них системы сбора данных и мониторинга стали реальностью и применяются во многих сферах жизнедеятельности человека.

Одной из проблем, на решение которой направлены усилия разработчиков беспроводных датчиков с автономным электропитанием, является снижение энергопотребления. Но достижение минимального энергопотребления может оказывать существенное влияние на качественные характеристики элементов датчика. Ведь маломощные устройства, как правило, работают на пониженных тактовых частотах и содержат меньше элементов, чем их более энергопотребляемые аналоги. Выбирая экономичные устройства, приходится жертвовать их характеристиками (точностью измеряемых величин, быстродействием и др.). Решая задачу синтеза беспроводных датчиков с низким энергопотреблением, нужно выбирать такие элементы, производительность которых достаточна только для выполнения необходимых функций и не более того. Для определения основных функций, выполняемых элементами датчиков, проанализируем принципы их построения.

**Принципы построения.** Применение беспроводных датчиков с автономным электропитанием обуславливает необходимость детального рассмотрения принципов их построения, функционального наполнения и используемых схмотехнических решений в соответствии с обобщенной структурной схемой (см. рис. 1).

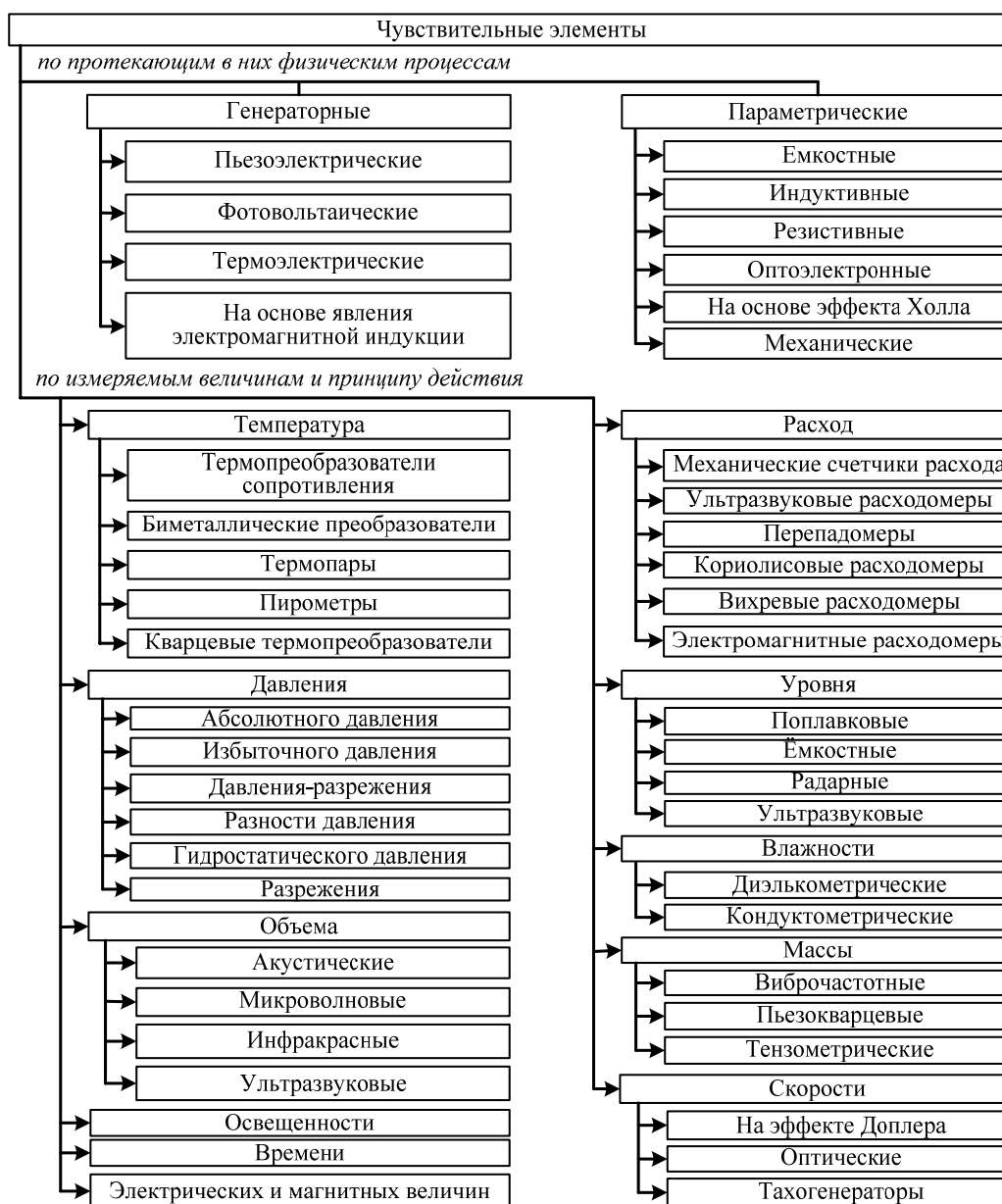


Рис. 2. Типы чувствительных элементов беспроводных датчиков

*Чувствительный элемент* (ЧЭ) предназначен для восприятия измеряемой величины и ее преобразования в слабый электрический сигнал (генераторный ЧЭ) или изменения параметров электрической цепи (параметрический ЧЭ). Классификация типов ЧЭ по физическим процессам, протекающим в них под влиянием измеряемой величины, по ее виду и принципам действия представлена на рис. 2. Следует заметить, что для измерения одной и той же величины могут применяться датчики, использующие различные физические процессы ее преобразования в электрические сигналы и разнообразные принципы действия.

*Блок обработки* (см. рис. 1) предназначен для усиления электрического сигнала и его преобразования к виду, удобному для передачи. Функциональное наполнение блоков обработки зависит от вида выходного сигнала (рис. 3). Наиболее широко применяются цифровые и бинарные датчики.

Для преобразования электрического сигнала, характеризующего измеряемую величину, к цифровому виду используются аналого-цифровые преобразователи (АЦП) различного типа [2].

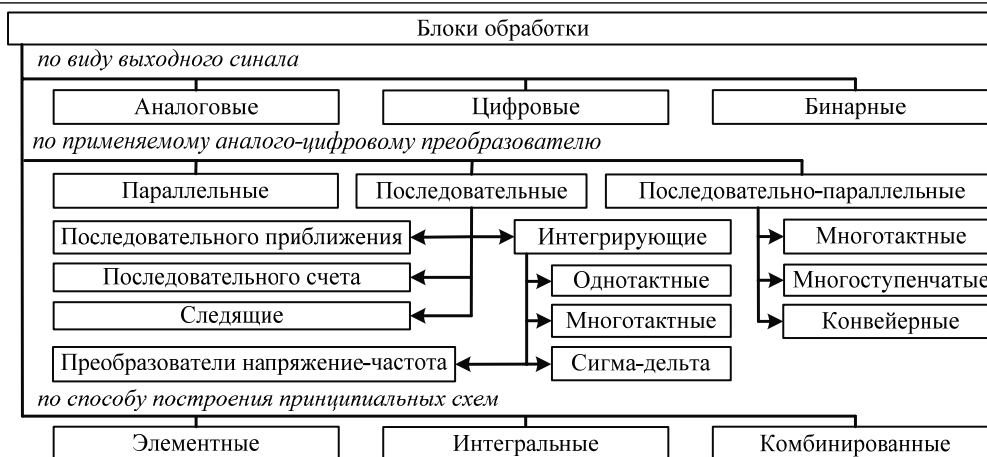


Рис. 3. Классификация видов блоков обработки

Основным элементом, на котором строятся практически все блоки обработки, являются операционные усилители (ОУ), которые можно разделить на следующие типы: *общего применения, прецизионные, с малым входным током (электрометрические), быстродействующие, программируемые и микромощные* [3]. Следует отметить, что критерии достижения минимального токопотребления противоречат критериям достижения максимального быстродействия, поэтому микромощные ОУ имеют очень скромные скоростные параметры.

Для кодирования и передачи данных в беспроводных датчиках могут использоваться различные протоколы (Bluetooth, Wi-Fi, Wireless MAN, ZigBee, UWB, GSM, CDMA, NMT, IRDA, EDGE, DECT, INSTEON, Z-Wave, ANT, RuBEE, RFID, X10, UMTS, IDEN, PDC) [4]. Тип протокола определяет набор требований, предъявляемых к *передатчику* беспроводного датчика, а его выбор зависит от объема и скорости передачи данных, возможностей источника электропитания, а также других факторов.

Такие распространенные протоколы, как GSM, Bluetooth или Wi-Fi, ориентированы на мобильные устройства (например, сотовые телефоны), потребляющие мощность порядка нескольких милливатт при достаточно широкой полосе пропускания. Беспроводные датчики с автономным электропитанием формируют меньший объем передаваемых данных, что позволяет использовать гораздо более узкополосные протоколы и, как следствие, осуществлять питание источниками микроваттной мощности (рис. 4).

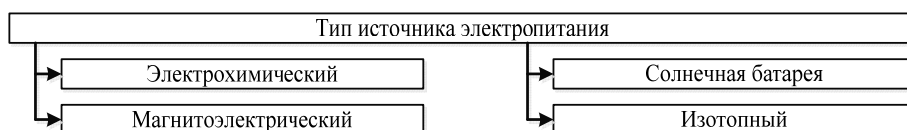


Рис. 4. Классификация источников электропитания беспроводных датчиков

Возможность применения *солнечного* излучения в качестве источника электропитания не всегда возможна, поскольку датчики могут быть изолированы от естественного света. *Магнитоэлектрическим* источникам требуется специальный генератор, создающий переменное магнитное поле, что приводит к дополнительным затратам. *Изотопные* источники дороги и экологически небезопасны. Применение *электрохимических* батарей не решает проблему, так как уровень их миниатюризации и мощности не успевает за темпами развития современной элементной базы. Традиционные батареи не способны обеспечить многолетнюю работу беспроводных датчиков.

С учетом указанных ограничений обеспечить стабильную работу датчика в течение длительного времени возможно путем *управления* по входу, выходу либо по программе (периодически), существенно ограничив при этом периоды активности передатчика.

#### Направления развития беспроводных датчиков с автономным электропитанием

Одним из направлений развития беспроводных датчиков с автономным электропитанием является их *миниатюризация*, которая достигается обеспечением высокой плотности размещения элементов датчиков за счет повышения степени интеграции и уменьшения размеров отдельных структурных элементов датчика (см. рис. 1).

Второе направление – *увеличение времени работы без замены источников электропитания* – может быть реализовано следующими путями.

1. *Использование управляемого («импульсного») режима* работы датчиков, предназначенных для измерения медленно изменяющихся параметров. При этом разнесение во времени процессов

измерения параметра и передачи результата измерений уменьшает и среднюю, и пиковую потребляемую мощность.

2. *Работа элементов в микрорежиме*, под которым понимается такой режим функционирования электронных элементов, при котором их ток потребления не превышает долей миллиампера. Применение микрорежима позволяет значительно улучшить и такие важные показатели средств измерения, как точность, надежность, материалоемкость и экономичность [5]. Повышение точности при работе в микрорежиме достигается за счет снижения тепловыделения, что непосредственно приводит к снижению температурных погрешностей за счет облегчения и выравнивания теплового режима узлов и блоков. При снижении тепловой нагрузки на электронные элементы уменьшается также температурный уход их параметров и значение термоЭДС. Малое выделение тепла в микрорежиме позволяет повысить плотность компоновки элементов на плате, исключить системы теплоотвода и теплозащиты, в результате чего снижаются габаритные размеры датчиков.

3. *Уменьшение рабочих напряжений*, имеющее смысл даже в режиме полного или частичного выключения структурных элементов (узлов) датчика, т.к. при этом уменьшаются токи утечки. Понижение напряжения питания сужает динамический диапазон и уменьшает усиление, что может привести к ухудшению точности [6], однако с практической точки зрения датчик должен обеспечивать лишь тот уровень точности, который требуется для конкретного приложения.

4. *Рациональный выбор протокола беспроводной передачи данных*, который осуществляется в зависимости от объема передаваемых данных, расстояния передачи и используемой частоты.

Третье направление развития беспроводных датчиков с автономным электропитанием связано с повышением эргономичности их использования. Установка и подключение датчиков, а также настройка системы передачи данных от них должны быть достаточно простыми и стремиться к технологии Plug and Play («Подключи и работай»).

**Заключение.** Достоинства беспроводных датчиков с автономным электропитанием и систем сбора данных на их основе очевидны. Одной из основных проблем их повсеместного применения является ограниченность энергетического обеспечения. Ее решение может быть только комплексным, затрагивающим все структурные блоки и узлы беспроводных датчиков.

#### *Литература*

1. ГОСТ Р 51086–97. Датчики и преобразователи физических величин электронные. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 2005. – 10 с.
2. Ширяев В.В. Компьютерные измерительные средства: учеб. пособие / В.В. Ширяев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 190 с.
3. Достал И. Операционные усилители: пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 512 с.
4. Колыбельников А.И. Обзор технологий беспроводных сетей // Труды МФТИ. – 2012. – Т. 4, № 2. – С. 3–29.
5. Загорский Я.Т. Микромощные электронные измерительные устройства / Я.Т. Загорский, Б.Р. Иванов. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 320 с.
6. Ринсин-Мора Г., Вогт Д. Беспроводные датчики с автономным питанием // Электронные компоненты. – 2007. – № 11. – С. 51–56.

---

#### **Богданов Сергей Петрович**

Преподаватель Академии ФСО России, г. Орел

Тел.: 8 (486-2) 54-94-50

Эл. почта: spbogdanov@mail.ru

#### **Басов Олег Олегович**

Канд. техн. наук, докторант Академии ФСО России

Тел.: 8 (486-2) 54-94-50

Эл. почта: oobasov@mail.ru

Bogdanov S.P., Basov O.O.

#### **Prospects and problems of wireless sensors**

The application of wireless sensors is considered. We offer a variant of their classification according to various criteria. The problems of sensor application are described. The ways for solving the problems are defined. Special attention is paid to reducing power consumption of wireless sensors basic components.

**Keywords:** sensor, analog-digital converter, a wireless data communication protocols.