

Литература

1. Клышко, И. Н. Системы электрохимической защиты объектов трубопроводного транспорта : учеб.-метод. комплекс / И. Н. Клышко, А. Г. Кульбей ; под общ. ред. А. Г. Кульбея. – Новополоцк : ПГУ, 2006. – 192 с.
2. ГОСТ Р 51164–2001. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. – Введ. 01.07.02. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь, 2002. – 58 с.
3. Ткаченко, В. Н. Электрохимическая защита трубопроводных сетей : учеб. пособие / В. Н. Ткаченко. – М. : Стройиздат, 2004. – 320 с.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ БЛОК КОНТРОЛЯ РАСХОДА ХОЛОДНОЙ ВОДЫ  
В СТАЛЕПРОВОЛОЧНОМ ЦЕХУ**

**А. С. Ловецкий**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. М. Ростокина

*Рассмотрена разработка электронного блока контроля расхода холодной воды в сталепроволочном цеху, проанализированы основные технологии передачи данных в подобных системах, представлена структурная схема разрабатываемого блока контроля.*

**Ключевые слова:** электронный блок контроля, расходомер, сталепроволочный цех, LPWAN, LoRa, LoRaWan, Semtech.

В современных условиях специализированные организации проводят водоподготовку и подачу воды на предприятия и в дома. Системы учета и контроля расхода воды устанавливаются в государственных и частных домовладениях и предприятиях.

Основа современной коммерческой системы учета – это средства измерения объемов воды (природной, питьевой и сточной). На сегодняшний день основными средствами измерения объемов воды, используемыми на узлах, являются тахометрические (механические) водосчетчики, ультразвуковые, электромагнитные, вихревые расходомеры-счетчики и расходомеры переменного перепада давления. Для передачи информации от средств измерения применяются проводные и беспроводные решения [1].

Технологии LPWAN представляют собой узкополосные радиотехнологии, имеющие низкую мощность излучения и расширенную зону действия с радиусом до нескольких километров.

Не все стандарты LPWAN равны между собой, некоторые имеют больше преимуществ, чем другие. В настоящее время использование радиочастотного спектра технологиями LPWAN происходит следующим образом:

– для лицензионного спектра частот разработаны технологии LTE-M, NB-IoT и EC-GSM-IoT и т. д., продвигаемые операторами сотовой связи из ассоциации GSM и организациями, входящими в консорциум 3GPP, а также технология NB-Fi (NarrowBand Fidelity), претендующая на звание национального стандарта России;

– для нелицензионного спектра частот предназначены технологии LoRa, Sigfox, «Стриж» и др.

Среди сотовых стандартов LPWAN одним из самых популярных является стандарт LTE-M, который работает поверх существующей инфраструктуры сотовых сетей. Среди несотовых лидирует LoRa, работающий в ISM-диапазоне 868 и 921 МГц [2].

В качестве технологии LPWAN для электронного блока контроля расхода холодной воды в сталепроволочном цеху используется стандарт LoRa.

Технология LoRa была разработана корпорацией Semtech и поддерживается международным объединением LoRa Alliance, продвигающим открытый промышленный протокол LoRaWAN в рамках LPWAN.

При разработке беспроводной сети удаленного контроля определяющее значение имеет максимальная дальность радиосвязи. Чем она больше, тем меньше требуется ретрансляторов (повторителей), а значит, снижаются затраты и упрощается топология сети. Ключевая характеристика устройств LoRa, разработанных корпорацией Semtech, – это высокая чувствительность (до  $-148$  дБ), которой удалось добиться с помощью оригинального метода модуляции. Использование ресивера на максимально допустимой выходной мощности обеспечивает надежную передачу информации на расстояниях до 15 км на открытой местности и до 5 км – в условиях городской застройки.

Технология LoRa обеспечивает стабильный обмен данными даже в условиях воздействия сильных интерференционных помех от оборудования стандартов 4G и LTE.

Приемопередатчики LoRa с дальним радиусом действия позволяют развернуть сеть с топологией «звезда», обеспечивающей минимальную задержку обработки сигнала.

Структурная схема электронного блока контроля расхода холодной воды представлена на рис. 1.

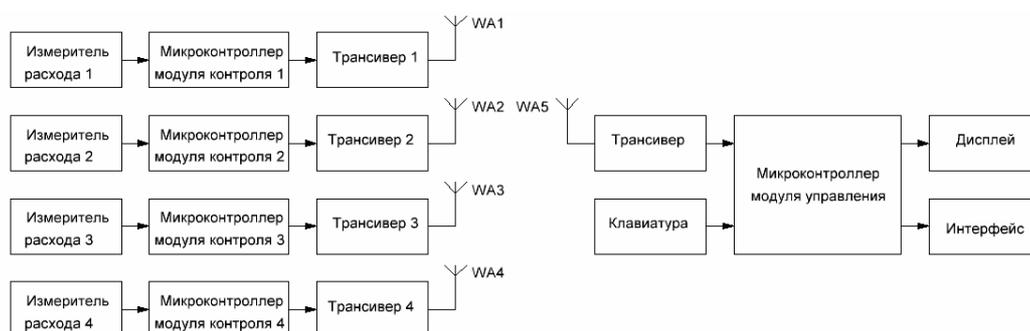


Рис. 1. Структурная схема системы контроля

Электронный блок контроля состоит из электрически несвязанных частей: 4 модуля контроля (оконечные устройства) и один модуль управления – концентратор (шлюз). Каждая из частей имеет независимое электропитание. В состав схемы входит:

1) блок измерителя расхода. В качестве измерителя расхода воды используется счетчики холодной воды типа WPD производства фирмы «Zenner International GmbH & Co. KG» (Германия). Счетчик допущен к применению в Республике Беларусь с мая 2016 г. и внесен в Государственные реестр средств измерений под номером РБ 03 07 0271 15. Счетный механизм заключен в водонепроницаемую герметичную капсулу;

2) блок микроконтроллера модуля контроля;

3) блок трансивера. В схеме электронного блока контроля в качестве трансивера используется модуль Lora1276-C1-868, построенный на трансивере Semtech SX1272 с поддержкой LoRaWAN протокола на частоте 868 МГц. Трансивер осуще-

## **70 Секция IV. Радиоэлектроника, автоматизация, телекоммуникации и связь**

ствяет обмен данными между устройствами и базовыми станциями на расстояние 3,5 км в плотной городской застройке. При этом модуль имеет невысокое энергопотребление – 11 мА при приеме и 100 мА – при передаче;

4) блок микроконтроллера модуля управления;

5) блок клавиатуры. Клавиатура позволяет выбрать модуль контроля, показания счетчиков которого будут отображаться на ЖК-дисплее. В случае, если модуль контроля не выбран, то на экране ЖК-дисплея отображается суммарный расход всех показаний счетчиков;

6) блок дисплея;

7) блок интерфейса. Устройство имеет связь с удаленным компьютером или устройством дальнейшей обработки информации по интерфейсу USB;

8) блок питания модуля контроля и управления выполнен по одной схеме. Питание осуществляется от сети 220 В частотой 50 Гц. В блоке питания предусмотрено резервное питание. При отсутствии питания от сети 220 В модуль контроля и управления питается от аккумуляторной батареи 3,6 В. При наличии напряжения 220 В питание от аккумуляторной батареи автоматически отключается.

### **Литература**

1. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование автоматизированных систем / М. Г. Журба. – М. : АСВ, 2003.
2. Шешалевич, В. В. LPWAN – низкопотребляющие сети большого радиуса действия. Связь для интернета вещей / В. В. Шешалевич // Безопасность информационных технологий. – 2017. – № 3. – С. 6–16.

## **МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ КОТЛОМ**

**Г. И. Кандыба**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Э. М. Виноградов

*Рассмотрена разработка микроконтроллерной система управления для нагревательного котла.*

**Ключевые слова:** система автоматического управления, нагревательный котел, Scilab, передаточная функция, переходная характеристика.

Современные вычислительные средства позволяют без особого труда и затрат времени решать сложные задачи управления в технических системах с использованием математического аппарата любой степени сложности. В последнее время начинает широко использоваться бесплатный, свободно распространяемый программный продукт – Scilab.

В докладе рассмотрен пример применения пакета Scilab для исследования системы автоматического управления (САУ) электрическим водонагревателем. Он используется для поддержания температуры в резервуаре на желаемом уровне.

Температура воды измеряется с помощью аналогового датчика, реализованного на интегральной схеме LM35DZ. Выходной сигнал датчика преобразуется в цифровую форму и сравнивается с желаемой температурой для формирования сигнала