

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНЫМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ ОБЪЕКТА

В. Ф. ШИШЛАКОВ, С. В. СОЛЁНЫЙ, О. Я. СОЛЁНАЯ

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
190000, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ssv555svv@yandex.ru*

Представлена система управления безопасным энергоснабжением объектов, связанных с жизнедеятельностью человека. Приводится анализ критических ситуаций, связанных с пожаро- и взрывобезопасностью на объектах. Выявлены наиболее значимые причины, которые снижают общий уровень пожаро- и взрывобезопасности объекта при совместной эксплуатации систем электро-снабжения и газоснабжения. Сформированы требования к системе управления безопасным энергоснабжением, предложены способ и схема реализации системы с описанием алгоритмов ее функционирования.

Ключевые слова: *система управления, электроснабжение, газоснабжение, датчик газа, источник зажигания, утечка тока, электрическое искрение, контакт, электропроводка*

Количество связанных с жизнедеятельностью человека объектов, имеющих одновременно и систему электроснабжения, и систему газоснабжения, ежегодно увеличивается

Несмотря на то, что обе системы энергоснабжения по отдельности являются довольно надежными и прогнозируемыми в эксплуатации с точки зрения аварийности, количество пожаров, вызванных сбоями в системе электроснабжения, как и количество взрывов бытового газа, остается на весьма неблагоприятном уровне. Так по сведениям Международной ассоциации пожарных и спасательных служб, а также МЧС России [1, 2], в 2016 г. зафиксированы следующие данные:

— распределение количества пожаров по объектам:

- 50 % — сооружения жилого сектора;
- 17 % — другие объекты;
- 14 % — транспортные средства;
- 12 % — лесополосы;
- 5 % — мусорные свалки;
- 1 % — пространства вне зданий;
- 1 % — дымоходы;

— распределение количества взрывов бытового газа по объектам:

- 47 % — сооружения жилого сектора;
- 31 % — жилые дома;
- 14 % — транспортные средства;
- 3 % — сооружения производственного назначения;
- 2 % — торговые и складские здания;
- 2 % — другие объекты;
- 1 % — общественные здания.

Как правило, возникновение пожаровзрывоопасных ситуаций на объектах, связанных с жизнедеятельностью человека, объясняется взаимным влиянием систем энергоснабжения, т.е. одновременным проявлением аварийных режимов в обеих системах. Такие источники зажигания в электропроводке, как короткие замыкания, перегрузки, электрическое искрение, из-

менение переходного сопротивления, перенапряжения, утечки тока и другие трудноклассифицируемые причины могут спровоцировать не только пожары, но и взрывы бытового газа.

В работах [3, 4] рассматривается принцип построения системы подключения газовых приборов в помещении и способ формирования охранного пространства загазованного подвального помещения. С помощью предложенных в указанных работах способов и средств можно избежать случаев загазовывания помещения до взрывоопасной концентрации, которая составляет 5—15 %. Предлагаемые решения, однако, являются узкоспециальными, поскольку направлены в основном на взаимодействие с элементами запорной газовой арматуры и имеют ряд существенных недостатков, ограничивающих применение этих решений на объектах, связанных с жизнедеятельностью человека, а именно:

- не представляется возможным при достижении взрывоопасной концентрации бытового газа исключить вероятность появления электрического источника зажигания в электропроводке объекта;

- даже при отсутствии повреждений в электропроводке опасными являются моменты включения и отключения осветительной нагрузки, так как они могут сопровождаться коммутационным искрением в выключателях нагрузки;

- отсутствует возможность искробезопасного отключения электропроводки, находящейся в зоне взрывоопасной концентрации бытового газа (данное отключение необходимо осуществить по прибытии аварийно-ремонтных служб).

Таким образом, требуется усовершенствование способов и средств предупреждения взрывопожароопасных ситуаций на объектах, оснащенных одновременно и системой газоснабжения, и системой электроснабжения.

Предлагаемая в настоящей статье система управления безопасным энергоснабжением объекта должна обеспечивать:

- обесточивание аварийной электропроводки, находящейся в зоне возможной пожаровзрывоопасной концентрации бытового газа, путем реализации искробезопасных коммутаций, которые соответствуют требуемому уровню искробезопасности (ГОСТ Р 51330.10-99);

- исключение возможности поражения человека электрическим током при случайном прикосновении к оперативным цепям управления и коммутации;

- возможность минимальной прокладки дополнительных силовых и управляющих (оперативных) цепей, что позволит обеспечить снижение себестоимости предлагаемой системы;

- автоматический вызов аварийной газовой и пожарной служб.

Систему управления безопасным энергоснабжением объекта, связанного с жизнедеятельностью человека, рассмотрим на примере загазованного объекта, схематическое изображение которого представлено на рис. 1, где приняты следующие обозначения: 1 — датчики бытового газа, 2 — искробезопасные коммутационные устройства, 3 — низковольтное комплектное устройство, 4 — электромонтажные коробки, 5 — приборы освещения, 6 — розетки, 7 — выключатели освещения, 8—12 — помещения, имеющие системы газоснабжения и электроснабжения, 13 — система электроснабжения, 14 — система газоснабжения.

Система работает следующим образом. В каждом помещении располагается датчик бытового газа 1 с возможностью передачи сигнала по радиоканалу. Каждое помещение имеет собственный участок электропроводки, которая состоит из электромонтажных коробок 4 (применены электромонтажные коробки для бытовых электросетей [5], наделенные возможностью мониторинга состояния клеммных блоков), приборов освещения 5, электрических розеток 6 (используются электрические розетки [6], наделенные возможностью мониторинга состояния контактов и защитой от перегрузок, коротких замыканий и электрических искрений), выключателей освещения 7 (применено коммутационное устройство [7], которое реализует искробезопасные коммутации и снабжено возможностью дистанционного управления)

и силовых проводов (показаны соединительными линиями 13). Все участки электропроводки соединяются в единую систему внутреннего электроснабжения с помощью искробезопасных коммутационных устройств 2, которые имеют возможность приема сигнала по радиоканалу и расположены в низковольтном комплектном устройстве 3 (применено низковольтное комплектное устройство [8], снабженное автоматической системой удаления пожароопасной пыли).

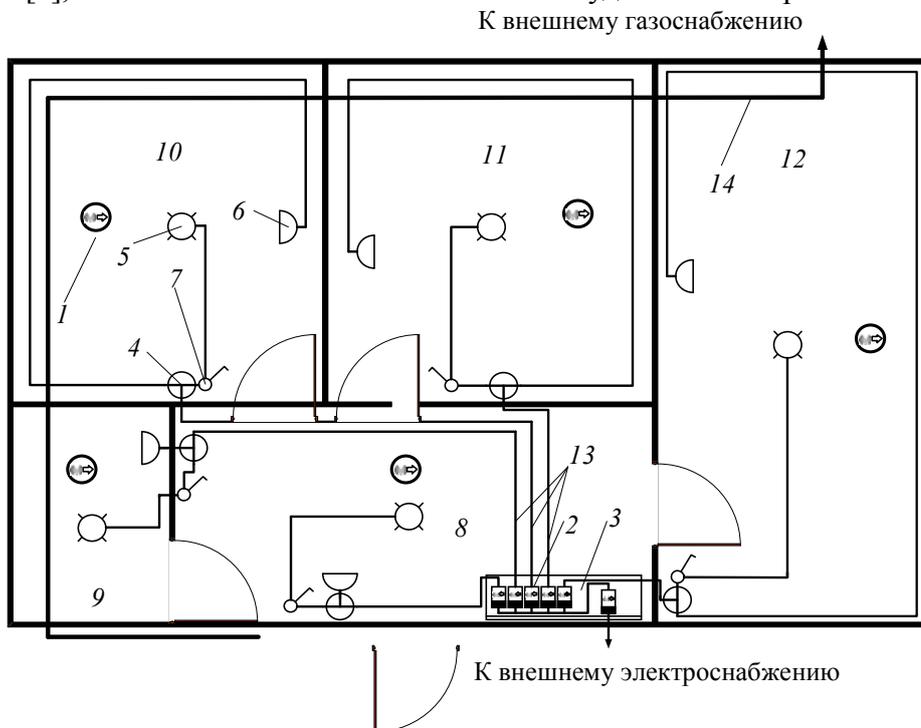


Рис. 1

Датчики бытового газа контролируют уровень загазованности каждого помещения по такому критерию, как минимальная площадь, которая рассчитывается по формуле [4]

$$F_{\min} = Kq\tau,$$

где q — параметр, характеризующий величину утечки бытового газа в помещении с наличием систем газоснабжения и электроснабжения, $\text{м}^3/\text{ч}$; τ — время, необходимое для ликвидации аварийной ситуации, мин; $K \in [0,1—0,3]$ — коэффициент.

При случайном возникновении аварийной ситуации в определенный момент времени в одном из помещений концентрация бытового газа достигает опасного значения. Тогда датчик бытового газа выдает сигнал на отключение части электропроводки по радиоканалу, соответствующему искробезопасному коммутационному устройству. В данном случае отключение электропроводки позволит избежать возможного совпадения во времени и в пространстве следующих двух взаимно опасных событий: утечки бытового газа, достигающего взрывоопасной концентрации, и появления в электропроводке одного из возможных электрических источников зажигания (также электрическим источником зажигания может служить коммутационное искрение в выключателях освещения). Отключение участка электропроводки, расположенного только в месте утечки бытового газа, позволяет оставить напряжение в других помещениях, что очень важно с точки зрения надежности и бесперебойности электроснабжения, — это приведет к сохранению технологического процесса, в частности, при использовании системы в промышленных помещениях.

В работе [9] проведен анализ применения в качестве датчиков бытового газа полупроводниковых газовых датчиков типа MQ. Результаты исследований показали, что наиболее подходящим является датчик MQ-4. Для обработки сигналов, поступающих с данных датчиков, используется микроконтроллер Arduino NANO v3.1, применение которого позволяет рас-

ширить возможности системы при передаче сигналов по радиоканалу с использованием Bluetooth-технологии передачи данных на базе модуля HC-06.

На рис. 2 приведена принципиальная схема передачи сигналов на персональный компьютер (диспетчерский пункт защищаемого объекта) с датчика бытового газа MQ-4. Код программы для реализации данного алгоритма написан на языке C++ в программном обеспечении Arduino IDE. На рис. 3 представлен скриншот диалогового окна с информацией о концентрации (в процентах) бытового газа в помещении.

Код программы:

```
int analogInPin = A0;
unsigned int gaz = 0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
}
void loop(){
  gaz = analogRead(analogInPin);
  unsigned int procent = (100*gaz)/1023;
  Serial.print("Concentration:");
  Serial.println(procent);
  delay(100);
}
```

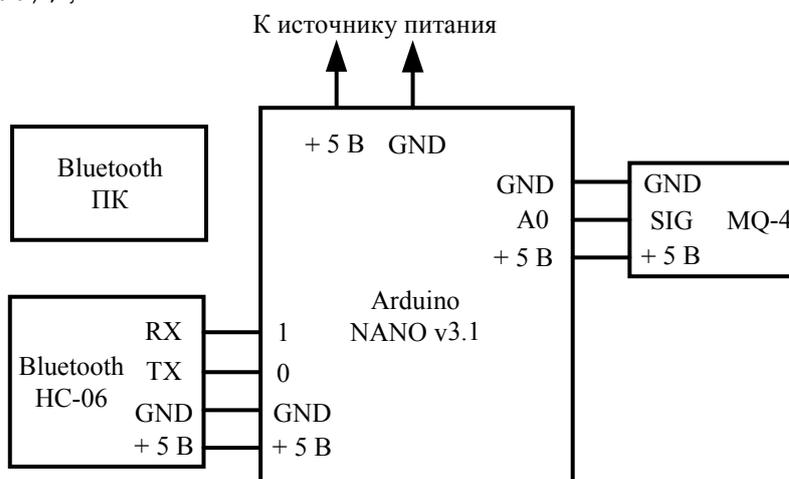


Рис. 2

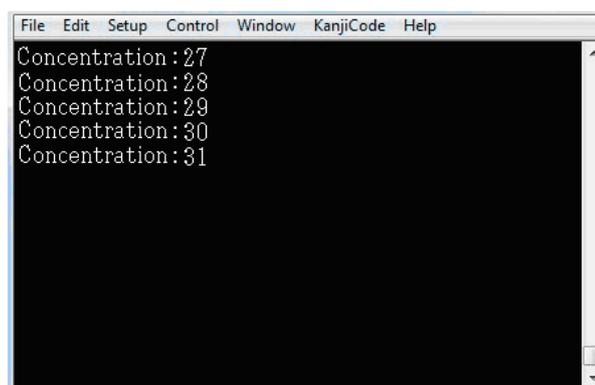


Рис. 3

Предложенная система управления безопасным энергоснабжением объекта позволяет вывести его безопасность на необходимый нормированный уровень согласно ГОСТ Р 51330.10-99 и ГОСТ 12.1.004-91. Также исключается влияние человеческого фактора — работники аварийной газовой и пожарной служб, которые прибудут по сигналу тревоги, не смогут включить освещение в помещении с опасным уровнем бытового газа, что позволит избежать появления коммутационного искрения в выключателях освещения и другом электрооборудовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bruschlinsky N. N., Ahrens M., Sokolov S. V., Wagner P.* World Fire Statistics — Report № 22: Center of fire statistics of CTIF [Электронный ресурс]: <http://www.ctif.org/sites/default/files/ctif_report22_world_fire_statistics_2017.pdf>.
2. Официальный сайт МЧС России [Электронный ресурс]: <http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2017_god>.
3. Пат. 79177 Украина, МПК(2013.01) F24D 10/00. Устройство подключения газовых приборов в бытовых объектах / *М. А. Нагорный, А. П. Ковалев, О. Я. Солёная, В. В. Цванг, Г. В. Демченко, А. А. Рябошапка*. Заявл. 12.11.12; опубл. 10.04.13.
4. Пат. 2059292 РФ, МПК 6, G08B 17/10. Способ формирования охранного пространства загазованного подвального помещения / *Л. М. Фастов, А. Л. Закгейм*. Заявл. 16.06.1992; опубл. 27.04.1996.
5. Пат. 72224 Украина, МПК(2012.01) H01R 9/00. Электромонтажная коробка для бытовых электросетей / *О. Я. Солёная, А. П. Ковалев, В. И. Гудым, Г. В. Демченко, И. А. Бершадский*. Заявл. 07.02.12; опубл. 10.08.12.
6. Пат. 71854 Украина, МПК(2012.01) H01R 9/00. Электрическая розетка / *О. Я. Солёная, А. П. Ковалев, В. И. Гудым, Г. В. Демченко, М. А. Нагорный*. Заявл. 07.02.12; опубл. 25.07.12.
7. Пат. 78278 Украина, МПК(2006.01) H01H 9/16. Коммутационное устройство / *А. М. Брюханов, О. Я. Солёная, Ю. В. Кудинов, А. П. Ковалев, Г. В. Демченко, П. А. Кузнецов*. Заявл. 02.10.12; опубл. 11.03.13.
8. Пат. 88268 Украина, МПК (2014.01) H02G 7/00. Низковольтное комплектное устройство / *О. Я. Солёная, А. П. Ковалев, Г. В. Демченко, П. А. Кузнецов, А. А. Рябошапка*. Заявл. 16.09.13; опубл. 11.03.14.
9. *Солёный С. В., Солёная О. Я.* Безопасная эксплуатация энергетических систем „Умного дома“ // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 11. С. 921—927.

Сведения об авторах

- Владислав Федорович Шишлаков** — д-р техн. наук, профессор; СПбГУАП, кафедра управления в технических системах; директор Института инновационных технологий в электромеханике и робототехнике; E-mail: svfmail@yandex.ru
- Сергей Валентинович Солёный** — канд. техн. наук, доцент; СПбГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: ssv555sv@yandex.ru
- Оксана Ярославовна Солёная** — канд. техн. наук, доцент; СПбГУАП, кафедра электромеханики и робототехники; E-mail: osolenaya@list.ru

Рекомендована кафедрой
систем управления и информатики
НИУ ИТМО

Поступила в редакцию
21.03.17 г.

Ссылка для цитирования: *Шишлаков В. Ф., Солёный С. В., Солёная О. Я.* Система управления безопасным энергообеспечением объекта // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 9. С. 898—903.

CONTROL SYSTEM OF SAFE ENERGY SUPPLY OF AN OBJECT

V. F. Shishlakov, S. V. Soleniy, O. Ya. Solenaya

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
190000, St. Petersburg, Russia
E-mail: ssv555sv@yandex.ru

A system of management and control over safe energy supply is considered. Critical situations related to explosion and fire safety at sites associated with human activity are analyzed. The most important reasons reducing the total level of explosion and fire safety of an object are found in situation when simultaneous exploitation of power supply and gas supply systems takes place. Requirements to the management and control system for safe power supply are established. A method and schematic of a safe system are proposed, a description of the algorithms of the system operation is presented.

Keywords: control system, power supply, gas supply, gas sensor, ignition source, leak current, electric sparking, contact, wiring

Data on authors

- Vladislav F. Shishlakov** — Dr. Sci., Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Control in Technical Systems; Director of Institute of Innovative Technologies in Electromechanics and Robotics; E-mail: svfmail@yandex.ru
- Sergey V. Soleniy** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics; E-mail: ssv555ssv@yandex.ru
- Oksana Ya. Solenaya** — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Department of Electromechanics and Robotics; E-mail: osolenaya@list.ru

For citation: Shishlakov V. F., Soleniy S. V., Solenaya O. Ya. Control system of safe energy supply of an object. *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 9. P. 898—903 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-9-898-903