

ИЗМЕРЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

УДК 622.78.8:558

DOI 10.21685/2307-5538-2018-4-5

А. А. Коноваленко, А. И. Нефедьев, Д. И. Нефедьев

ДАТЧИК СЕЛЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ФАКЕЛА ГОРЕЛКИ

А. А. Konovalenko, A. I. Nefed'ev, D. I. Nefed'ev

SELECTIVE CONTROL SENSOR OF THE BURNER FLAME

А н н о т а ц и я. Актуальность и цели. Статья посвящена проблеме контроля наличия стабильно горящего пламени в топках котлов. **Материалы и методы.** Рассмотрены различные методы, применяющиеся при создании датчиков контроля пламени, такие как методы прямого контроля (ультразвуковой, термометрический, ионизационный и наиболее часто применяемый фотоэлектрический) и косвенного контроля (контроль за разрежением в топке, за давлением топлива в подающем трубопроводе, за давлением или перепадом его перед горелкой и контроль за наличием постоянного источника воспламенения). Основное внимание уделено свойствам пламени и особенностям работы фотоэлектрических датчиков. **Проблема и решение.** Надежность работы котельных установок всецело зависит от правильного выбора датчиков контроля пламени. Авторы пришли к выводу, что для повышения надежности работы и уменьшения количества остановов котла из-за подачи ошибочного сигнала датчика пламени необходимо применять интеллектуальные комбинированные датчики пламени, работающие на нескольких независимых друг от друга принципах, что позволит обеспечить повышенную надежность определения наличия пламени в топке котла. **Результаты.** Для решения этой задачи был разработан датчик селективного контроля факела горелки, сочетающий в себе два принципа работы: оптический и ионизационный, приведена структурная схема датчика и его конструкция. **Выводы.** Таким образом, сочетание в одном устройстве двух датчиков, работающих на независимых друг от друга принципах, позволит обеспечить повышенную надежность определения наличия пламени в топке котла.

A b s t r a c t. Background. The article is devoted to the problem of controlling the presence of a stably burning flame in boiler furnaces. **Materials and methods.** various methods are considered that are used in the creation of flame monitoring sensors, such as direct control methods (ultrasonic, thermometric, ionization and most commonly used photoelectric) and indirect control (monitoring of vacuum in the furnace, pressure of fuel in the supply line, pressure or its difference in front of the burner and control over the presence of a constant source of ignition). The main attention is paid to the properties of the flame and the features of the operation of photoelectric sensors. **Problem and solution.** The reliability of the operation of boilers depends entirely on the correct choice of flame monitoring sensors. The authors concluded that in order to increase the reliability of the operation and to reduce the number of boiler shutdowns due to the error signal of the flame sensor, intelligent combined flame sensors must be used, working on several principles that are fundamentally independent of each other, which will allow for an increased reliability in determining the presence of a flame in furnace boiler. **Results.** To solve this problem, a sensor for selective control of the torch flame was developed,

combining two principles of operation: optical and ionization, a structural diagram of the sensor and its design were presented. **Conclusions.** Thus, the combination in one device of two sensors operating on principles that are fundamentally independent of each other will allow to provide increased reliability of detecting the presence of a flame in the furnace of the boiler.

К л ю ч е в ы е с л о в а: оптический датчик пламени, ионизационный датчик пламени, котел, селективный контроль, комбинированный датчик.

К e y w o r d s: photoelectric flame sensor, ionization flame sensor, boiler, selective control, combination sensor.

Необходимым и важным условием для работы печей и топок является наличие стабильно горящего пламени в топках. Контроль за пламенем осуществляют специальные датчики, основное предназначение которых заключается в обеспечении безопасного функционирования различных установок по сжиганию твердого, жидкого или газообразного топлива. Датчики и приборы для контроля пламени также участвуют в автоматическом или полуавтоматическом процессе розжига пламени, осуществляют постоянный контроль за процессом сгорания топлива с учетом всех требуемых условий и мероприятий по защите. Таким образом, надежность работы котельных установок всецело зависит от правильного выбора датчиков контроля пламени [1].

Для контроля наличия пламени при сжигании в топках котлов газа и жидкого топлива применяются методы прямого контроля (ультразвуковой, термометрический, ионизационный и наиболее часто применяемый фотоэлектрический) и косвенного контроля (контроль за разрежением в топке, за давлением топлива в подающем трубопроводе, за давлением или перепадом его перед горелкой и контроль за наличием постоянного источника воспламенения) [2, 3].

В отопительных котлах отечественного производства, газовых калориферах и малых газовых нагревателях применяют приборы, которые основаны на фотоэлектрическом, термометрическом и ионизационном методах контроля. Также широко применяются методы контроля, основанные на электрическом потенциале пламени и на электрической пульсации пламени [4, 5].

Фотоэлектрический метод контроля горения топлива заключается в измерении степени видимого и невидимого излучения пламени фотодатчиками с внешним или внутренним фотоэффектом. Действие оптических датчиков основано на оптических свойствах пламени. Фотодатчики осуществляют регистрацию и реагирование на все изменения в интенсивности принимаемого ими светового потока, и отличаются они друг от друга по длине волны, принимаемой от источника излучения, так как спектральные характеристики пламени в значительной степени зависят от вида используемого топлива. Пламя излучает в видимом, инфракрасном и ультрафиолетовом спектре излучения. Основная часть энергии, излучаемой пламенем, соответствует инфракрасной части спектра и характеризуется длиной волны 0,8–800 мкм. Видимому излучению соответствует длина волны в диапазоне 0,4–0,8 мкм, ультрафиолетовому излучению соответствует длина волны в диапазоне 0,28–0,4 мкм (области УФ-А и УФ-В). В соответствии с выбранным чувствительным элементом фотодатчики делятся на инфракрасные, ультрафиолетовые или просто датчики светимости. Каждому диапазону излучения соответствует чувствительный элемент фотоприемного устройства [6, 7]. Серьезной проблемой при использовании оптических датчиков пламени является их низкая селективность, особенно характерная для горелочных котлов, имеющих три или более горелок. При ошибочном сигнале оптического датчика о наличии пламени возможна серьезная аварийная ситуация [5].

Термоэлектрический метод заключается в выработке термопарой ЭДС, при наличии которой электромагнитный клапан подачи газа удерживается в открытом состоянии только при наличии пламени [8, 9]. Устройство для термоэлектрического метода контроля состоит из датчика (термопары) и электромагнитного клапана. Термопара помещена в зону горения запальной горелки котла, а электромагнитный клапан установлен на газопроводе, по которому подается газ в запальную горелку. Такое устройство применяется в отопительных и пищеварочных котлах, газовых отопительных печах и емкостях водонагревателей.

Ионизационный метод контроля наличия пламени основан на использовании электрических свойств пламени, т.е. основан на фиксировании электрических процессов, возникающих

и протекающих в пламени. К таким процессам можно отнести способность пламени проводить ток, возбуждать в электродах, помещенных в пламя, собственную ЭДС, выпрямлять переменный ток, а также возбуждать периодическую пульсацию электрических колебаний в пламени, что во всех случаях обуславливается степенью ионизации пламени.

Преимуществом этого метода является безынерционность, так как при погасании контролируемого пламени ионизационные процессы сразу прекращаются, что приводит к практически мгновенному отключению подачи газа в горелки котла. Этот метод позволил разработать приборы контроля, основанные на электропроводности пламени, возникновении ЭДС пламени, его вентильном эффекте и электрической пульсации. За рубежом применяется метод контроля пламени, основанный на вентильном эффекте. В устройствах безопасности горения, где используется этот метод, не наблюдается ложного сигнала при замыкании в цепи датчиков [10]. Но ионизационный метод контроля может оказаться непригодным в агрегатах с интенсивно запыленной рабочей атмосферой, а также в агрегатах с сильным вихревым движением газов. Ионизационный контроль надежно работает в условиях прямоструйного факела, не имеющего застойных вихревых зон.

Метод контроля, использующий электрический потенциал пламени, основан на введении в факел металлических электродов, между которыми при наличии пламени возникает разность потенциалов (ЭДС), переменных по амплитуде, но постоянных по знаку. Величина ЭДС пропорциональна разности температур между электродами и достигает 2 В. При погасании пламени или замыкании в цепи датчика, ЭДС исчезнет, и устройство автоматики прекращает подачу газа в горелку [2].

Для контроля пламени применяется метод, использующий электрическую пульсацию пламени. Для любого факела, независимо от вида сжигаемого топлива и типа горелочного устройства, характерным признаком является пульсация процессов, сопровождающих горение. К таким процессам относятся температура пламени, давление в камере сгорания, интенсивность излучения и ионизация факела пламени. Частота и амплитуда пульсаций зависят как от скорости истечения газовой смеси из горелки, так и от условий перемешивания газа с воздухом. При неудовлетворительном перемешивании газа с воздухом горение сопровождается отдельными вспышками, что приводит к пульсациям ионизационного тока, которые можно измерить. Это свойство пламени также дает возможность обеспечить самоконтроль автоматики от замыкания в цепи датчика. При замыканиях в цепи датчика, а также при погасании факела подача управляющего сигнала на вход усилителя прекращается и автоматика срабатывает на отключение газа [2, 3].

Недостатком такой системы контроля пламени является повышенная чувствительность к помехам, частота колебаний которых близка к частоте пульсации факела, что приводит к необходимости экранировки входных цепей усилителя и линий связи, соединяющих электродный датчик с прибором.

От выбора типа датчика контроля пламени, места и направления установки зависит надежность его работы и системы защиты от погасания факела. Все типы датчиков имеют определенные достоинства и недостатки, и неправильный выбор типа датчика или его неправильная установка может вызвать возникновение ложного сигнала. Для снижения вероятности ошибки обнаружения пламени при выборе датчиков для конкретного проекта необходимо принимать во внимание все их особенности [1].

Для повышения надежности работы и уменьшения количества остановов котла из-за подачи ошибочного сигнала датчика пламени необходимо применять интеллектуальные комбинированные датчики пламени, работающие на нескольких независимых друг от друга принципах, что позволит обеспечить повышенную надежность определения наличия пламени в топке котла.

Для решения этой задачи был разработан датчик селективного контроля факела горелки, сочетающий в себе два принципа работы: оптический и ионизационный. В предложенном датчике происходит выделение и усиление переменного сигнала, характеризующего процесс горения. При горении топлива имеются пульсации яркости факела горелки, которые преобразуются в электрический сигнал с помощью фотодатчика, сигнал с которого через усилитель-формирователь поступает в устройство обработки сигнала. Второй датчик – ионизационный, сигнал на выходе которого имеется только при наличии электропроводности среды между электродами, что бывает только при наличии факела.

Конструкция оптоионизационного датчика контроля факела горелки приведена на рис. 1. Датчик состоит из корпуса 1, разъема 2, устройства обработки сигналов 3, фотодатчика 4, защитных стекол-линз 5 и жаропрочных электродов 6.

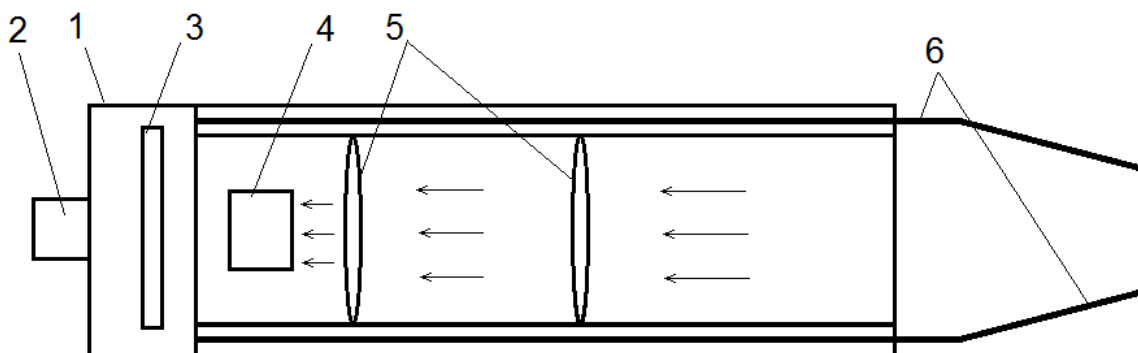


Рис. 1. Конструкция оптоионизационного датчика контроля факела горелки

Сигналы с оптического и ионизационного датчиков поступают на устройство обработки сигналов, структурная схема которого приведена на рис. 2.

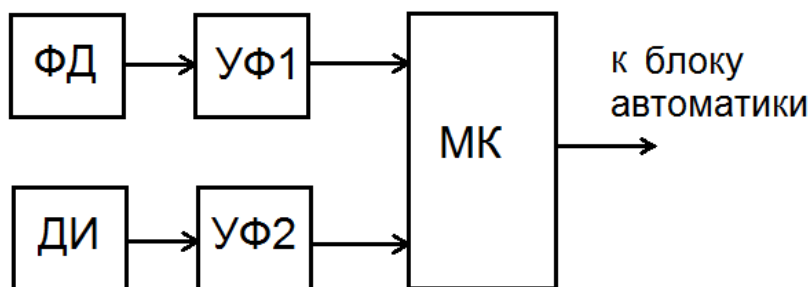


Рис. 2. Структурная схема устройства обработки сигналов

Сигналы переменной амплитуды с фотодатчика ФД и ионизационного датчика ДИ усиливаются и приводятся к логическим уровням с помощью усилителей-формирователей УФ1 и УФ2 соответственно. Микроконтроллер МК предназначен для обработки сигналов с датчиков ФД и ДИ и формирования управляющего сигнала для системы автоматики котла.

Устройство обработки сигналов обеспечивает выделение высокочастотных пульсаций факела, полученных с фотоприемника, при работающей и не работающей горелке, и формирование признака наличия и отсутствия факела, самодиагностику с выводом состояния датчика на световой индикатор.

Предложенный датчик позволяет контролировать наличие факела при сжигании газа или жидкого топлива. Для повышения надежности работы применен режим автоматической настройки чувствительности датчиков.

Основными функциями оптоионизационного датчика контроля факела являются сигнализация погасания факела горелки, что вызывает немедленное срабатывание защиты и прекращение подачи топлива, самоконтроль исправности оптоионизационного датчика, автоподстройку параметров датчика, сохранение параметров датчика в энергонезависимой памяти микроконтроллера при исчезновении питания и сбоях в работе, а также формирование дискретного выходного сигнала для устройства автоматики.

Таким образом, сочетание в одном устройстве двух различных датчиков, работающих на нескольких независимых друг от друга принципах, позволит обеспечить повышенную надежность определения наличия пламени в топке котла.

В статье представлены результаты исследования, проведенного по программе Erasmus + № 573879-EPP-1-2016-1-FREPPKA2-SBHE-JP «Интернационализация магистерских программ в России и Китае в области электротехники».

Библиографический список

1. *Полтавцев, О. В.* Датчики контроля пламени – один из важнейших факторов безопасной работы котельной / О. В. Полтавцев // *Новости теплоснабжения.* – 2016. – № 12 (196). – URL: www.rosteplo.ru/nt/196 (дата обращения: 30.10.2018).
2. *Берсенева, И. С.* Автоматика отопительных котлов и агрегатов / И. С. Берсенева, М. А. Волков, Ю. С. Давыдов. – М. : Стройиздат, 1979. – 376 с.
3. *Зак, Е. А.* Методы контроля погасания пламени горелок промышленных печей / Е. А. Зак, И. И. Касатонов, А. А. Шехурдин // *Сенсор.* – 2002. – № 4. – С. 46–49.
4. Приборы контроля наличия пламени. – URL: <http://prommatika.ru/staty/113-priboroplameni> (дата обращения: 30.10.2018).
5. Приборы контроля пламени, сигнализаторы горения. – URL: <http://www.termonika.ru/inf/pribory-kontrolya-plameni-signalizatory-goreniya.shtml> (дата обращения: 30.10.2018).
6. *Поскачей, А. А.* Оптико-электронные системы измерения температуры / А. А. Поскачей, Е. П. Чубаров. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 248 с.
7. *Аксененко, М. Д.* Приемники оптического излучения : справочник / М. Д. Аксененко, М. Л. Бараночников. – М : Радио и связь, 1987. – 296 с.
8. ГОСТ Р 51983-2002. Устройства многофункциональные регулирующие для газовых аппаратов. Общие технические требования и методы испытаний. Введ. 01.01.2004. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 35 с.
9. ГОСТ Р 51843-2001. Термоэлектрические устройства контроля пламени. Общие технические требования и методы испытаний. Введ. 24.12.2001. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.
10. *Луговской, А. И.* Контроль за работой печей и факельного хозяйства. Сигнализаторы погасания пламени / А. И. Луговской, С. А. Логинов, Г. Д. Паршин, Е. А. Черняк // *Химия и технология топлив и масел.* – 2000. – № 5. – С. 50–52.

Коноваленко Артем Александрович

аспирант,
Волгоградский государственный
технический университет
(Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28)
E-mail: artyom.konovalenko34@gmail.com

Konovalenko Artem Aleksandrovich

postgraduate student,
Volgograd State Technical University
(28 Lenin avenue, Volgograd, Russia)

Нефедьев Алексей Иванович

доктор технических наук, профессор,
кафедра электротехники,
Волгоградский государственный
технический университет
(Россия, г. Волгоград, пр. Ленина, 28)
E-mail: nefediev@rambler.ru

Nefed'ev Aleksey Ivanovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of electrical engineering,
Volgograd State Technical University
(28 Lenin avenue, Volgograd, Russia)

Нефедьев Дмитрий Иванович

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационно-измерительной техники
и метрологии,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: iit@pnzgu.ru

Nefed'ev Dmitriy Ivanovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of information-measuring
equipment and metrology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 622.78.8:558

Коноваленко, А. А.

Датчик селективного контроля факела горелки / А. А. Коноваленко, А. И. Нефедьев, Д. И. Нефедьев // *Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль.* – 2018. – № 4 (26). – С. 32–36. – DOI 10.21685/2307-5538-2018-4-5.