

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**С КВАРЦЕВЫМИ МОНОЛИТНЫМИ СВЕТОВОДАМИ В АСУТП ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ****А.А. Шехурдин (МГИЭМ)**

Рассматриваются проблемы повышения надежности работы систем контроля погасания пламени, эксплуатирующихся на взрывопожароопасных промышленных объектах. Показано положение сигнализаторов погасания пламени (СПП) в иерархической структуре Государственной системы промышленных приборов и средств автоматизации (ГСП), дается обоснование необходимости применения СПП, указываются недостатки существующих методов и средств контроля погасания пламени. Предлагается использовать дополнительные высокотемпературные средства, предназначенные для уменьшения влияния неинформативных факторов при работе оптических СПП. Приводятся результаты исследований.

Специализированные системы, выполняющие диспетчерские функции контроля и регулирования ТП в соответствии с поступающей информацией и заложенной программой, существуют под общим названием АСУТП и строятся в соответствии с иерархической структурой технических средств ГСП, включающей четыре уровня: 1) средства получения информации (датчики) и воздействия на процесс; 2) средства локального контроля и регулирования; 3) средства централизованного контроля и регулирования; 4) вычислительные средства автоматизации управления [1]. Далее, применительно к конкретной области промышленности, данная структура имеет различные варианты исполнения.

Например, в нефтеперерабатывающей отрасли АСУТП каждой отдельно рассматриваемой установки включает первые три уровня ГСП и имеет следующую структуру: контур распределенной системы управления (PCY), контур системы блокировок и противоаварийной защиты (СБ и ПАЗ). Причем эти контуры должны быть независимы друг от друга, а в рамках контура СБ и ПАЗ — автономные блоки с резервированием и возможностью "горячей" замены. Контроль за состоянием средств автоматизации возлагается на метрологическую службу предприятия.

Помимо прочего, в зону ответственности АСУТП входят промышленные печи и котлы, которые используются в ТП для нагрева продуктов и являются важными компонентами производственных линий нефтехимии, нефтепереработки, энергетике и ряда других отраслей. Их функционирование в рабочем режиме осуществляется с помощью горелок (форсунок), создающих требуемую температуру за счет тепловой энергии, выделяемой при сжигании топлива. При этом безотказная работа печей и котлов не в последнюю очередь определяется надежностью работы системы подачи и поддержания горения топлива, а для предотвращения аварийных ситуаций в обязательном порядке требуется установка в каждом горелочном блоке сигнализаторов погасания пламени (СПП).

Рассмотрим статистические данные за 2000 г: в США проанализированы причины 156 взрывов на печах и в топках котлов 44 котельных. Из этих взрывов 60% произошло при розжиге, 32% — при работе на малых нагрузках. Из обследованных объектов 39% работали на газе, 16% — на мазуте, 45% — на угле. Все взрывы при использовании жидкого топлива произошли при его подаче в горячую топку, что можно объяснить идентичностью свойств углеводородных паров топлива и природного газа.

В Германии проанализированы причины 85 взрывов (хлопков), из которых более половины произошли при включении горелок, в том числе 25% — из-за неправильного розжига, 15% — из-за неправильной предпусковой вентиляции, около 15% — из-за неполадок топливной аппаратуры. Причиной почти всех остальных хлопков (45%) являлось невоспламенение топлива после обрыва факела.

В Японии за 5 лет на котлах малой мощности произошло 200 взрывов, из них 60% — при розжиге [2].

Аналогичны причины возникновения аварийных ситуаций на нефтеперерабатывающих и нефтехимических взрывопожароопасных производствах России, и к настоящему времени кардинального улучшения ситуации не наблюдается.

Как видно, одной из причин возникновения аварийных ситуаций является погасание пламени основных или пилотных горелок, в связи с чем Правилами промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств Ростехнадзора РФ установлены следующие требования: "Рабочие и дежурные (пилотные) горелки должны быть оборудованы сигнализаторами погасания пламени, надежно регистрирующими наличие пламени форсунки" [3].

Таким образом, СПП относятся к первому уровню ГСП, являясь необходимыми элементами контура противоаварийной защиты АСУТП печных блоков, должны удовлетворять требованиям немедленной реакции при возникновении аварийных ситуаций и иметь возможность сопряжения с иерархически более высокими уровнями ГСП.

Особыми требованиями к СПП являются необходимость получения стабильных показаний от первичных преобразователей в течение длительного времени в условиях агрессивной высокотемпературной среды, использования различных типов топлив, накопления продуктов неполного сгорания и присутствия фонового излучения от раскаленной арматуры и соседних горелок, причем в случае с пилотными горелками — это более мощное излучение основных горелок.

В мировой практике основными для получения информации о наличии/отсутствии пламени являются методы, основанные на измерении интенсивности светового потока, либо электропроводности контролируемой среды.

В настоящее время наибольшее распространение получили бесконтактные СПП оптического типа, регистрирующие инфракрасную (ИК) или ультрафиолетовую

(УФ) составляющие спектра излучения пламени, в основе принципа действия которых лежит использование фотоприемников для выделения из принимаемого светового потока требуемых для детектирования пламени диапазонов излучения с последующим преобразованием выделенного сигнала в электрический эквивалент. Нельзя не отметить, что недостатком фотоприемников ИК-диапазона ($\geq 0,78$ мкм) является восприимчивость к паразитному излучению стенок и технологической арматуры печей и котлов. Фотоприемники УФ-диапазона ($\leq 0,38$ мкм) надежно регистрируют наличие локального пламени форсунок, так как вследствие эффективного поглощения УФ-излучения средой пламя других форсунок не влияет на их работу. Однако это же свойство, с другой стороны, является и недостатком: к прозрачности и чистоте всего оптического тракта (от источника излучения до детектора) предъявляются очень высокие требования. В режимах работы печей эти требования трудновыполнимы, что служит поводом для возникновения ложных сигналов тревоги. При этом анализ работы применяемых оптических СПП показывает, что, несмотря на их использование для контроля наличия/отсутствия пламени с применением различных инженерных решений по выделению необходимого диапазона из спектра излучения и по выбору места установки чувствительного элемента (ЧЭ), максимально допустимая рабочая температура известных устройств не превышает 200°C , то есть ни одно устройство не может функционировать в непосредственной близости от зоны горения, что влечет за собой паразитные оптические наводки как от раскаленной печной арматуры, так и от соседних горелок.

Учитывая вышесказанное, для повышения надежности работы СПП представляется целесообразным использование специальных оптических проводных средств, параметры которых допускают их применение в области высоких температур. Одним из таких решений является применение кварцевых материалов, физические характеристики которых (температура плавления $\sim 1700^\circ\text{C}$, спектральная область пропускания $= 0,25...7,5$ мкм [4]) удовлетворяют условиям задачи, причем в качестве составного оптического канала возможно использовать кварцевый стержень, последовательно соединенный с волоконно-оптическим коллектором. При этом один из торцов стержня вводится в область высоких температур, а противоположный торец стыкуется с коллектором, задачей которого является трансляция оптического сигнала на удаленное расстояние [5]. Это позволяет в значительной степени снизить влияние паразитных факторов на оптический тракт от источника до детектора излучения.

Моделирование составного оптического канала, где в качестве энергетической характеристики источника излучения была выбрана спектральная плотность энергетической светимости $r_{\lambda T}$, показало, что при использовании прямого или однократно изогнутого кварцевого

безоболочного стержня ($\varnothing 5\text{мм}$, $l \leq 300\text{мм}$, угол изгиба 90° , радиус изгиба $R = 25\text{мм}$) и волоконно-оптического коллектора с собственным светопропусканием $\tau_1 \geq 45\%$ общее светопропускание $\tau_{\text{общ}}$ для случая с прямым световодом составило $\sim 40\%$ от мощности исходного сигнала, что в случае пороговых устройств, к которым относятся СПП, критичным не является. Для случая с изогнутым стержнем расчетное светопропускание оказалось значительно ниже.

Для исследования влияния пламени на размещенный в зоне горения торец кварцевого стержня, составной оптический канал был интегрирован в серийно выпускаемую пилотную горелку ЭИВ-01, которая в течение 6 недель постоянно функционировала в составе печного блока. По истечении указанного срока были обнаружены локальные структурные изменения оптического канала, а именно – помутнение той области стержня, которая была расположена в зоне горения.

Поэтому, с целью получения достоверных показаний и для увеличения срока службы оптического канала, было решено отказаться от его размещения непосредственно в зоне горения, но располагать на расстоянии, достаточном для воздействия теплового излучения пламени на торец кварцевого стержня. При нагреве торец кварцевого стержня раскаляется и сам становится источником ИК-излучения, вторичного по отношению к излучению пламени. Влияние паразитных наводок уменьшается из-за значительной разности мощностей полезного сигнала и неинформативных составляющих с использованием фотодетекторов со спектральной полосой чувствительности, настроенной на спектр излучения раскаленного кварца. Предлагаемое решение подходит как для действующих, так и для вновь разрабатываемых средств контроля погасания пламени.

Отметим, что дополнительными преимуществами данного способа являются:

- отсутствие необходимости внесения в конструкции горелочных блоков дополнительных закладных элементов для установки СПП;
- возможность реализации функции самодиагностики посредством изменения геометрии оптического канала.

Список литературы

1. Родионов В.Д., Терехов В.А., Яковлев В.Б. Технические средства АСУТП. М.: Высшая школа. 1989.
2. Луговской А.И., Логинов С.А., Паршин Г.Д., Черняк Е.Я. Контроль за работой печей и факельного хозяйства. Сигнализаторы погасания пламени // Химия и технология топлив и масел. 2000. №5
3. Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств ПБ 09-563-03. Госгортехнадзор РФ. 2003.
4. Зак А.Ф. Физико-химические свойства стеклянного волокна". М.: Ростехиздат. 1962.
5. Свидетельство на полезную модель №22985, РФ МПК7 F23D14/00. 2002.

Шехурдин Антон Александрович — инженер Московского государственного института электроники и математики (МГИЭМ). Контактный телефон (499) 190-54-03. E-mail: Anton.Shekhurdin@auditory.ru