

Б. А. МАЛИК, канд. техн. наук (ХНУРЭ)

ВЗРЫВО-ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ДАТЧИКИ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Наведено результати досліджень первинних вибухо-пожежобезпечних перетворювачів для систем контролю та попередження, запропоновано ряд конструктивних реалізацій на основі ємнісних, індуктивних та оптичних ефектів.

Results of researches of primary fireproof converters for monitoring systems and preventions are resulted, it is offered a line of constructive realizations on the basis of capacitor, inductive and optical effects.

В системах, обеспечивающих безопасность человека и промышленных объектов, датчики состояния параметров окружающей среды или оборудования являются одними из основных элементов.

Наиболее приемлемыми являются оптоэлектронные датчики, так как они оказывают минимальное воздействие на объект контроля и позволяют измерять оптические, механические и тепловые параметры с высоким пространственным и временным разрешением. Такие первичные преобразователи обычно реализуются в виде оптопар с различными управляющими элементами, волоконно-оптических датчиков, сканирующих структур. При обследовании и контроле взрывопожароопасных объектов существенную роль в предотвращении чрезвычайных ситуаций могут сыграть тепловизоры, с помощью которых можно обнаружить повышенную электропроводную активность и тепловые аномалии.

Обеспечение безопасности такими датчиками может идти по двум направлениям: использование их как элемент системы предупреждения об опасности и как безопасный элемент в системах контроля и предупреждения. При использовании волоконно-оптических датчиков (ВОД) наиболее перспективными являются чисто оптические преобразователи, поскольку при этом наиболее полно используются все преимущества волоконно-оптической линии связи в целом [1,2]. Информационным параметром в таких датчиках может быть амплитуда, фаза, частота и поляризация оптического излучения. В соответствии с ролью волоконного световода в схеме можно выделить две категории ВОД – в которых волоконный световод служит чувствительным элементом, и в которых используется в качестве оптического тракта для соединения элементов датчиков. Датчики этих типов могут индентифицировать взаимное перемещение элементов конструкций величини

ной в доли микрометра, а также измерять параметры давлений и температур в больших динамических диапазонах с высокой точностью [3].

На графиках (рисунки 1,2) представлены зависимости затухания сигнала от взаимного смещения деталей конструкций, на которых закреплены световоды. Они могут состоять из

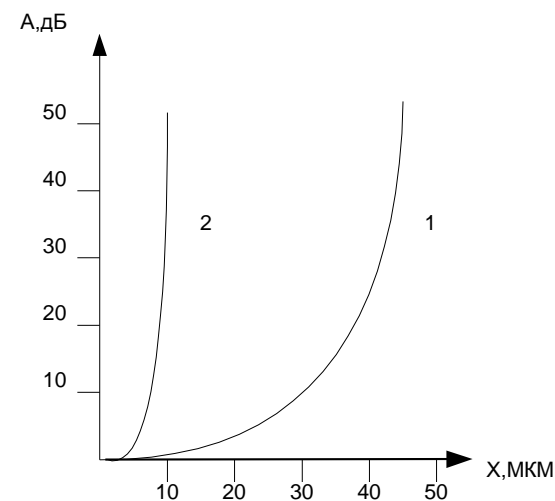


Рис.1.

двух отрезков (передающего и приемного) расположенных соосно (зависимости на рисунке 1) и сплошного, который разрушается при достижении смещения определенных пределов (зависимости на рисунке 2). В этом эксперименте использовались световоды кварц-кварц с диаметром сердцевины 50 микрометров (зависимости 1 на

рисунке 1 и 1,2,3 на рисунке 2) и одномодовое волокно (зависимость 2 на рисунке 1)

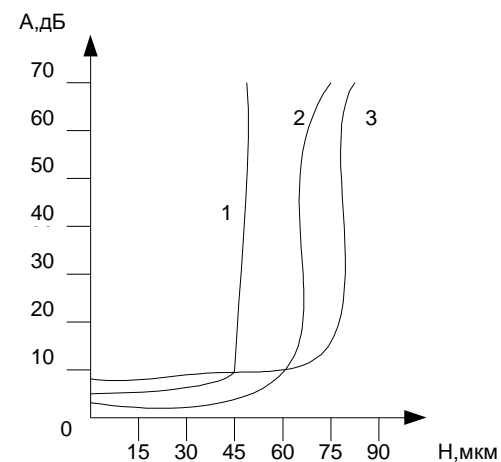


Рис.2.

При разработке и производстве автоматизированных систем управления различными технологическими комплексами и, как частный случай, устройствами мобильной техники возникают задачи, решение которых требует комплексного подхода. Это необходимость улучшения масс-габаритных

показателей, оптимизация режимов работы, а также повышение безопасности их эксплуатации.

Для решения этих задач может быть полезна серия первичных преобразователей, которые передают информацию о состоянии уровня углеводородного топлива или другой технологической жидкости с подобными свойствами в систему обработки информации для принятия решения[4].

Емкости для хранения таких жидкостей могут иметь весьма сложную форму, а сами жидкости – широкий спектр физико-химических свойств. Использование традиционных контактных поплавково-резисторных первичных преобразователей нецелесообразно из-за их низкой надёжности, наличия скользящего контакта, который может искрить и привести к возгоранию или детонации топлива, необходимости сложной тарировки и трудности эксплуатации индикаторных приборов со сложной шкалой с неравномерным шагом.

При возможности использования поплавка с маятниковым рычагом (баки с горизонтальным размером, большим, чем вертикальный) разработан первичный оптоэлектронный преобразователь, в котором между излучателем и фотоприёмником размещен подвижный сектор с плавно изменяющейся оптической плотностью (оптический клин).

Поплавок жестко соединен с оптическим клином, представляющим из себя пластину из прозрачного полимера, например полистирола, на которую нанесен экспонированный и обработанный фотоэмульсионный слой с изменяющейся по определенному закону оптической плотностью $\psi=f(x)$. Закон распределения оптической плотности определяется формой бака и, например, для параллелепипеда или цилиндра будет иметь вид:

$$\psi(x) = 0,02094x - \left[\arccos\left(\frac{h-x}{r}\right) - 30^\circ \right],$$

где h – высота бака; x – уровень топлива; r – длина рычага поплавка; 30° – начальный угол расположения рычага относительно вертикали.

Уровень топлива определяется величиной тока $I=f(\psi)$, возникающего в приемнике оптического излучения (фотодиоде), и, в свою очередь, определяется величиной светового потока, проходящего через пластину. Источником узконаправленного излучения является светодиод, а световой поток на фотодиоде изменяется в зависимости от угла поворота пластины (положения поплавка) и, следовательно, от оптической плотности участка, через который он проходит.

Во избежание попадания топлива датчик герметично корпусируется. Такие датчики можно выполнять в едином корпусе, разместив извне лишь индикатор, или же располагать в самом баке только корпус с пластиной, а фотодиоды, светодиоды и интерфейс вынести вне бака. В таком случае фотоприемник и излучатель будут связаны с пластиной оптическими волокнами.

При визуализации показаний датчика обычно используется стрелочный прибор, поэтому для удобства считывания желательно использовать линейную зависимость, которая обеспечивается распределением плотности эмульсии по определенному закону. Один из вариантов для баков прямоугольной формы представлен на рисунке 1 (сплошная линия – зависимость угла поворота оптического клина от уровня топлива; пунктирная линия – закон распределения оптической плотности).

При невозможности использования поплавка с маятниковым рычагом можно применять оптоэлектронный датчик с синхронно перемещающимися на поплавке излучателем и приемником.

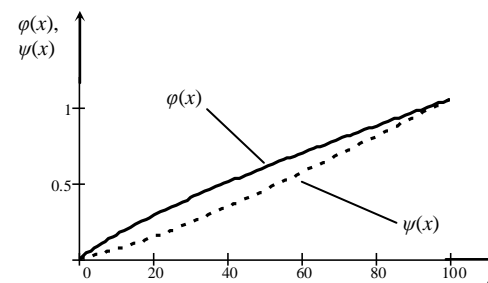


Рис.3.

Поплавок перемещается вдоль вертикально расположенного окна с изменяющейся оптической плотностью. Такие окна довольно просто изготовить методом переменного экспонирования эталонного шаблона на прозрачной основе и последующей фотопечати рабочих окон на основании из полистирола, покрытого фотоэмульсией.

Характеристика изменения плотности должна учитывать параметры поперечного сечения бака на различных уровнях.

Единственным существенным недостатком такого датчика является необходимость обеспечения гибкого токоподвода к перемещающимся излучателю и приемнику, но такие конструкции отработаны на различного вида аппаратуре, где есть подвижные электронные модули.

Аналогично можно использовать индуктивный трансформаторный датчик, в котором в качестве подвижного элемента применён ферритовый сердечник.

Такой преобразователь практически всегда требует усилитель со специальной передаточной характеристикой для линеаризации шкалы аналоговых стрелочных индикаторов.

Иногда целесообразно использовать емкостные датчики, которые обладают высокой чувствительностью и надёжностью и имеющие хорошие массогабаритные показатели.

Емкость такого преобразователя определяется как емкость двух параллельно включенных конденсаторов. Один из них C_e образован частью элек-

родов и топливом в качестве диэлектрика, другой C_0 – оставшейся частью электродов с межэлектродным пространством, не заполненным топливом. Если расстояние между электродами δ заполнено топливом с диэлектрической проницаемостью ϵ_2 , то функция преобразования описывается выражением:

$$C = C_\epsilon + C_0 = \epsilon_0 [Q + Q_\epsilon (\epsilon_2 - 1)] / \delta,$$

где Q – площадь электродов; Q_ϵ – часть площади электродов, находящаяся в топливе.

Конструктивно датчики выполнены в виде коаксиальных металлических цилиндров с отверстиями для свободного прохода топлива. Для такого преобразователя емкость будет определяться выражением:

$$C = \frac{2\pi}{\ln(d1/d2)} [\epsilon_0 h + \epsilon_0 (\epsilon_2 - 1)x],$$

где ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость воздуха; ϵ_2 – диэлектрическая проницаемость топлива, $d1$ и $d2$ – внешний и внутренний диаметры коаксиальных цилиндров соответственно, h и x – соответственно длина цилиндров и уровень топлива.

Такой преобразователь обладает высокой надёжностью вследствие отсутствия скользящего контакта. При простой форме бака не требуется специальной обработки сигнала; при сложной форме и использовании на объектах, оснащённых решающими системами, сигнал обрабаты-

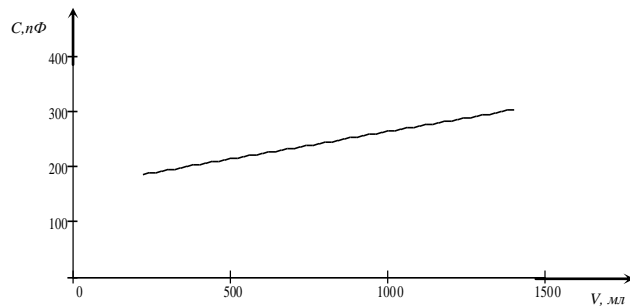


Рис.4.

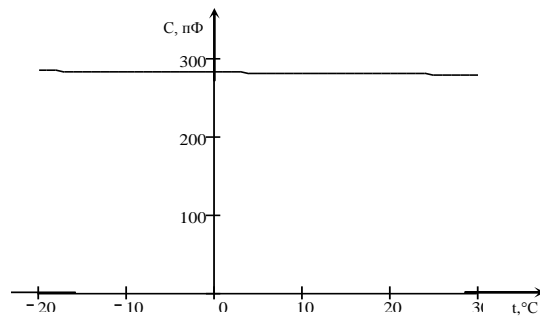


Рис.5.

вается по отдельной программе, прежде чем попасть на индикатор. Если на объекте нет multifunctional решающего устройства, предполагается использование схем с PIC-процессорами.

Были проведены исследования характеристик таких датчиков при использовании дизельного топлива. Из рисунка 4, на котором изображена зависимость изменения емкости датчика от объема топлива, видно, что она линейна и имеет достаточную крутизну, приемлемую для практического использования.

На рисунке 5 показана температурная зависимость, которая дает основания предполагать о стабильности работы такого датчика в различных климатических условиях.

Аналогичные датчики можно использовать при измерении уровня электропроводных жидкостей. В этом случае зонд изолируется диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ_1 , а уравнение для суммарной емкости будет иметь вид:

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon_1 \left[\frac{(h-x)}{\ln(d3/d2) + \epsilon_1 \ln(D/d3)} + \frac{x}{\ln(d3/d2)} \right],$$

где h – высота бака; x – уровень топлива; ϵ_0 – диэлектрическая проницаемость воздуха; ϵ_1 – диэлектрическая проницаемость диэлектрика, $d3$ – диаметр изолятора, D – диаметр бака.

Экспериментальные исследования датчиков и предварительные конструкторские проработки позволяют использовать их на объектах различного функционального назначения. Особенно это целесообразно в условиях мобильной техники, а так же при эксплуатации конструкций подвергающихся значительным разрушающим воздействиям.

Список литературы: 1.Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения.- М.:Компания Сайрус Системс, 1999.-672 с.2.Иоргачев Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи.-М.: ЭкоТ-рейдз,2002.-284 с.3.Невлюдов І.Ш., Малик Б.О. і ін.Інформаційні оптоволоконні мережі зв'язку банківських систем.-Харків, 2004.-231 с. 4. Малик Б.А., Малик С.Б.Первичные преобразователи в системах обеспечения безопасности жизнедеятельности.//Тези доповідей науково-методичної конференції "Безпека життєдіяльності". – Харків:НТУ"ХПІ", 2005.– С.70-72.