

**Б. А. МАЛИК**, канд. техн. наук (ХНУРЭ)

### ВЗРЫВО-ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ ДАТЧИКИ АСК УРОВНЯ УГЛЕВОДОРОДНОГО ТОПЛИВА

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

There are discussed requirements and difficulties of using traditional level sensors in the tanks with complex space form and proposed several decisions optoelectronic and inductive converters which delete difficulties in indication converters in this report.

При разработке и производстве автоматизированных систем управления различными технологическими комплексами и, как частный случай, устройствами мобильной техники стоит несколько задач, решение которых требует комплексного подхода. Это необходимость улучшения масс-габаритных показателей, что предполагает наиболее полное использование свободного пространства, создание автоматизированных систем управления, что дает возможность использования оптимальных режимов работы силового агрегата и других систем, а также повышение взрыво-пожаробезопасности.

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.

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.

Для вариантов баков с возможностью использования поплавка с маятниковым рычагом 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;  $30^\circ$  – начальный угол расположения рычага относительно вертикали.

Уровень топлива определяется величиной тока  $I=f(\psi)$ , возникающего в приемнике оптического излучения (фотодиоде). 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. Можно выполнять такие датчики 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 зависимостей для баков прямоугольной формы представлен на графике см. рис.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.

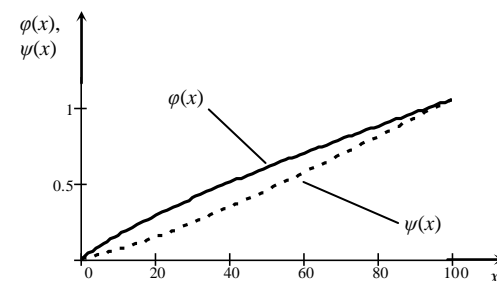


Рисунок 1.

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.

Датчики без маятникового рычага применяют индуктивный трансформатор с вертикально перемещающимся поплавком, несущим сердечник, и индуктивностью с переменным шагом намотки.

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

Иногда целесообразно использовать емкостные датчики, обладающие высокой чувствительностью и надежностью и имеющие хорошие массогабаритные показатели.

Емкость такого преобразователя определяется как емкость двух параллельно включенных конденсаторов. Один из них  $C_e$  образован частью электродов и топливом в качестве диэлектрика, другой  $C_0$  – оставшейся частью электродов с межэлектродным пространством, не заполненным топливом. Если расстояние между электродами  $\delta$  заполнено топливом с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_2$ , то функция преобразования описывается выражением:

$$C = C_e + C_0 = \epsilon_0 [Q + Q_e (\epsilon_2 - 1)] / \delta,$$

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

Конструктивно датчики выполнены в виде коаксиальных металлических цилиндров с отверстиями для свободного прохода топлива (см. рис.2, датчик А). Для такого преобразователя емкость будет определяться выражением:

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

где  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость воздуха;  $\epsilon_2$  – диэлектрическая

проницаемость 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, осна-

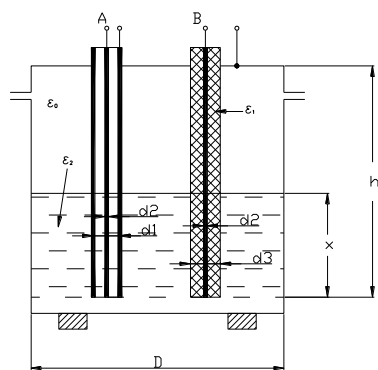


Рисунок 2.

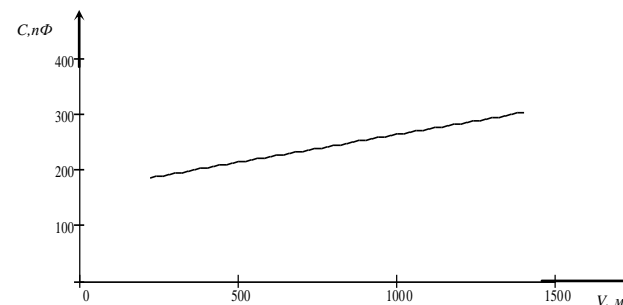


Рисунок 3.

щённых решающими системами, сигнал обрабатывается по отдельной программе, прежде чем попасть на индикатор. Если на объекте нет многофункционального решающего устройства, предполагается использование схем с ПИС-процессорами.

Были проведены исследования характеристик датчиков при использовании дизельного топлива. Из зависимости изменения емкости датчика от объема топлива (см. рис.3), видна ее линейность и достаточная крутизна, приемлемые для практического использования.

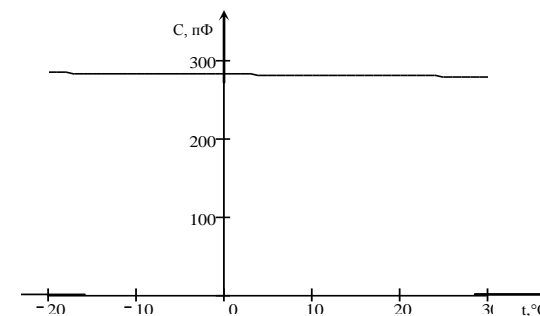


Рисунок 4.

Температурная зависимость (см. рис.4), дает основание предполагать о стабильности работы датчика в различных климатических условиях.

Аналогичные датчики можно использовать при измерении уровня электропроводных жидкостей. В этом случае зонд изолируется диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_1$  (см. рис.2, датчик В), 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;  $\epsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость воздуха;  $\epsilon_1$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика.

Серия датчиков отмакетирована и при определенной конструкторской доработке применима на объектах различного функционального назначения. При серийном производстве их стоимость сравнима со стоимостью резисторных преобразователей, а показатель качества значительно превосходит.