

А.Е. Алимов, канд. техн. наук, заместитель начальника отдела ЗАО «МНИТИ»;
В.А. Григорьев, д-р техн. наук, начальник отдела ЗАО «МНИТИ»;
Ю.Т. Ларин, д-р техн. наук, директор научного направления – заведующий отделением ОАО «ВНИИКП»;
А.Г. Леляго, д-р техн. наук, советник генерального директора ЗАО «МНИТИ», член-корреспондент РАН, лауреат Государственной премии РФ;
М.Б. Цудиков, канд. техн. наук, директор ООО «ТПП «Конус»;
О.В. Шавкунов, ведущий инженер, аспирант ЗАО «МНИТИ»

Аннотация. Рассмотрен принцип действия и основные характеристики сигнализатора уровня жидкости, в основу конструкции которого положен оптический кабель на основе оптического волокна типа «кварц-кварц». Показаны результаты применения оптического волокна типа «кварц-полимер» для индикатора вида жидкости.

Ключевые слова: оптический кабель, сигнализатор уровня жидкости, оптическое волокно типа «кварц-кварц», индикатор вида жидкости, оптическое волокно типа «кварц-полимер».

Abstract. Operation principle and basic properties of the liquid level sensor based on the optical cable representing quartz-quartz and quartz-polymer optical fibers were investigated. The possibility of using this liquid level sensor as a liquid type indicator was shown.

Key words: optical cable, liquid level sensor, quartz-quartz optical fiber, quartz-polymer optical fiber, liquid type indicator.

Материал поступил в редакцию 10.04.2014
 В.А. Григорьев E-mail: dertel.00@mail.ru

ОПТИЧЕСКИЕ КАБЕЛИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ДАТЧИКОВ

Оптические кабели (ОК) – универсальное кабельное изделие, позволяющее осуществить многофункциональные операции при минимальных финансовых затратах.

В [1] рассматривался вопрос использования ОК для измерения физических величин, в частности, давления внутри нефтяных скважин, а также в глубоких колодцах. При рассмотрении этих вопросов не были затронуты такие положительные свойства ОК, как его абсолютная неспособность создавать предпосылки для возможности возникновения пожара или условий для взрывов самых активных веществ и сред. Причина – ОК можно создать полностью диэлектрическим, а передача информации осуществляется световыми импульсами, мощности которых недостаточны для создания условий взрывов и пожаров (во всяком случае авторам этой статьи такие данные не известны) [2].

Это позволяет использовать ОК для работы с любыми типами жидкостей, причем теоретически (и во многих случаях практически) используются все типы оптических волокон («кварц-кварц», «кварц-полимер», многокомпонентные и полимерные) [3].

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ СИГНАЛИЗАТОР УРОВНЯ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦЫ ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Волоконно-оптические сигнализаторы уровня жидкости предназначены для определения с высокой степенью точности границы раздела двух сред с различными пока-

зателями преломления. Сигнализаторы используются в различных системах автоматического контроля и управления. Применяются в устройствах, сигнализирующих о состоянии уровня жидкости, а также в устройствах, осуществляющих дозировку жидкости. Используются для комплектования контрольно-измерительной системы расхода воды в резервуарах, установленных на автомобилях и железнодорожных вагонах.

Разработанный сигнализатор уровня жидкости отличается простотой принципа действия, в основу которого положено измерение величины светового потока, вызванного отражением Френеля от границы раздела двух сред с разными показателями преломления [4]. Основой его конструкции является ОК на основе оптического волокна типа «кварц-кварц», торец световода которого играет роль чувствительного элемента сигнализатора.

Такой волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости (рис. 1) содержит источник 4 и приемник 5 излучения, размещенные в блоке обработки информации 6, снабженном оптическими разъемами 2; приемное оптическое волокно 8, передающее оптическое волокно 7, оптический кабель 3, выходной торец 1 которого, являясь чувствительным элементом сигнализатора, контактирует с окружающей средой. ОК 3 оптически связан с источником 4 и приемником 5 излучения Y-образным ответвителем посредством оптических волокон 7 и 8.

Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости работает следующим образом. Излучение от источника 4 через приемное оптическое волокно 8 и оптический кабель 3 распространяется до выходного торца 1 и излу-

чается в окружающее пространство. Однако излучение величиной порядка 4 %, распространяющееся по кабелю 3, согласно принципу Френеля, отражается от выходного торца 1, представляющего собой границу раздела двух сред (кварц-воздух), и по тому же кабелю 3 и передающему оптическому волокну 7 направляется на приемник излучения 5. Описанный процесс происходит, когда выходной торец 1 находится в воздухе, то есть вне контролируемой среды. Как только выходной торец 1 кабеля 3 попадает в контролируемую среду (например, жидкость), отражение Френеля исчезает (в той или иной степени) и отраженное излучение отсутствует. В зависимости от того или другого случая блок обработки информации выдает сигнал наличия или отсутствия жидкости. Функция преобразования сигнализатора уровня жидкости представлена на рис. 2.

Практически эта функция реализуется оптическим кабелем на основе оптических волокон типа «кварц-кварц» 50/125 мкм.

Чувствительность датчика позволяет устанавливать регистрирующую аппаратуру на расстоянии до 1 км. При этом источником оптического излучения может быть недорогой широкополосный светодиод, работающий на длине волны 0,85 мкм. Приемник излучения – рпн-фотодиод.

Оптические волокна кабеля оконцованы с одного конца соединителями. На другом конце кабель имеет открытый торец оптического волокна, который является чувствительным элементом датчика.

На практике оптическая мощность, отраженная от границы раздела кварц-воздух, имеет величину 93,5 нВт, а от границ раздела кварц-вода и кварц-бензин 8,7 нВт и 5,2 нВт соответственно. Отношение мощностей излучения на границе: кварц-вода равно 10,75; кварц-бензин равно 17,98. Этих значений вполне достаточно для уверенного определения сигнализатором уровней различных видов жидкости.

С помощью блока контролируют изменение уровня принимаемой мощности оптического сигнала, принимают решение о том, в какой среде находятся торцы чувствительного элемента, вырабатывают сигнал оповещения или управления исполнительными устройствами, оперативно подстраиваются под параметры контролируемой жидкости, обеспечивают постоянный уровень мощности излучаемого

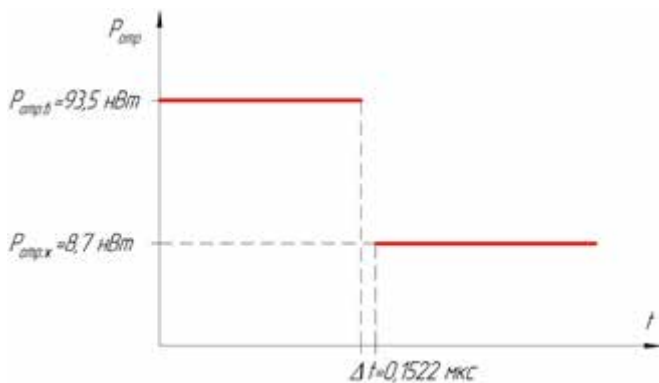


Рис. 2. Функция преобразования сигнализатора уровня жидкости

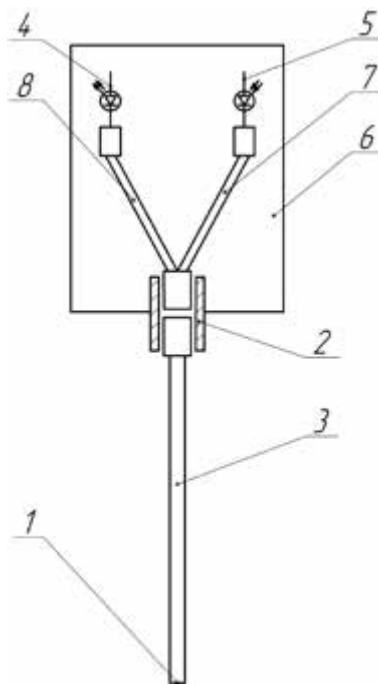


Рис. 1. Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости

оптического сигнала. Сигнализатор обеспечивает контроль уровня жидкости с погрешностью не более 0,05 мм при времени срабатывания сигнализатора 1 мс. Чувствительный элемент сигнализатора обеспечивает измерения в диапазоне рабочих температур $-60...+100$ °С. Сигнализатор работает на длине волны излучения $\lambda = 0,85 \pm 0,04$ мкм. Перепад оптического сигнала при изменении оптической среды вокруг чувствительного элемента (воздух, $n_1 = 1,0$ – вода, $n_2 = 1,33$) равен 10.

Другой тип ОК – на основе оптического волокна типа «кварц-полимер» – позволяет создать оптические датчики-индикаторы, которые по совокупности важнейших параметров и характеристик представляют собой следующий класс функциональных преобразователей для контрольно-измерительной техники [5].

Дело в том, что оптическое волокно типа «кварц-полимер» позволяет образовать чувствительный элемент, обеспечивающий одновременное выполнение двух физических эффектов: френелевского

отражения излучения от торца волокна и полное внутреннее отражение излучения от границы раздела сердцевина волокна/окружающая среда. Поэтому чувствительный элемент индикатора, состоящий из торца оптического волокна и его боковой поверхности, повышает достоверность установления наличия и определения вида жидкости, а также увеличивает разрешающую (обнаружительную) способность индикатора.

Индикатор вида жидкости работает следующим образом. Излучение от источника попадает в оптическое волокно. Распространяется по нему до выходного торца и излучается в окружающее пространство. Однако излучение величиной приблизительно в 4 % от введенного, согласно принципу Френеля, отражается от выходного торца оптического волокна, представляющего собой границу раздела двух сред (материал сердечника оптического волокна n_1 /окружающая среда n_0), и по тому же оптическому волокну направляется на приемник излучения. Описанный процесс происходит, когда выходной торец находится в воздухе, то есть вне контролируемой среды. В этом случае выходной сигнал индикатора постоянен во времени и имеет наибольшую величину (рис. 3).

Как только выходной торец попадает в контролируемую среду (например, жидкость с показателем преломления n), френелевское отражение исчезает (в той или иной степени) и отраженное излучение отсутствует. Величина выходного сигнала падает (рис. 3). Падение выходного сигнала говорит о касании торца оптического волокна поверхности жидкости. По величине падения выходного сигнала можно судить о виде жидкости, так как для каждого вида жидкости будет своя строго определенная величина падения сигнала, зависящая от показателя преломления жидкости.

Для увеличения достоверности обнаружения наличия жидкости и определения ее вида при дальнейшем поднятии уровня жидкости в резервуаре идет процесс уменьшения выходного сигнала индикатора из-за излучения энергии в окружающее пространство, вызванное нарушением полного внутреннего отражения на боковой поверхности оптического волокна «кварц-полимер». При этом на графике наблюдается

линейное уменьшение величины выходного сигнала (рис. 3). При прекращении контакта между жидкостью и торцом оптического волокна (понижился уровень жидкости в резервуаре) индикатор посылает сигнал сначала об уменьшении уровня, а затем и об отсутствии жидкости в месте установки торца оптического волокна.

В одном из исполнений индикатор содержит кварц-полимерное оптическое волокно диаметром $\varnothing 400$ мкм и длиной 15 м, излучатель АЛ-107, фотоприемник ФД-24 К, разъёмные оптические соединители.

При отсутствии контакта с жидкостью (водой), то есть при нахождении торца оптического волокна в воздухе на фотоприемник поступало излучение мощностью 269–271 нВт. При контакте с водой мощность излучения составляла величину 24–26 нВт. Повышение уровня уменьшало сигнал до 8–10 нВт.

Образцы индикаторов прошли опытную апробацию и идет подготовка к их промышленному применению.

Таким образом, тип оптического кабеля определяет принадлежность измерительного прибора к определенному классу функциональных преобразователей. ОК на основе оптического волокна типа «кварц-кварц» позволяют

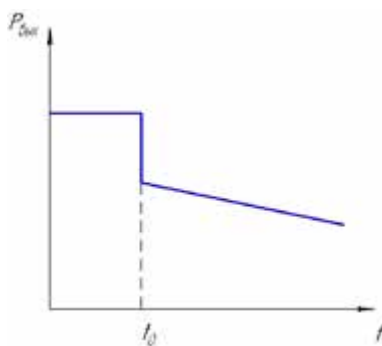


Рис. 3. Зависимость выходного сигнала индикатора во времени от наличия контролируемой жидкости

создать сигнализаторы уровня жидкости. Применение ОК на основе оптического волокна типа «кварц-полимер» расширяет возможности разработчиков приборов и позволяет создать индикаторы вида жидкости, определяющие одновременно и уровень, и вид контролируемой жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев В.А., Ларин Ю.Т., Летяго А.Г., Мартыанов А.Н., Прядко В.И., Рахманов А.А. Некоторые вопросы теории использования оптических линий передачи для измерения физических величин // Кабели и провода. – 2014. – № 1 (344). – С. 28–30.
2. Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И. Оптические кабели. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 174 с.
3. Ларин Ю.Т., Нестерко В.А. Полимерные оптические волокна // www.informost.ru: портал о Радиоэлектронике и Телекоммуникациях. 2002. URL: http://www.rit.informost.ru/rit/4-2002/28.pdf. (дата обращения: 02.10.2013).
4. Григорьев В.А., Пименов М.Г., Сучкова Е.В. Волоконно-оптический сигнализатор уровня жидкости // Патент РФ № 2327959 / заявл. 31.07.2006; опубл. 27.06.2008.
5. Григорьев В.А. Волоконно-оптический сигнализатор уровня и вида жидкости // Патент РФ № 2429453 / заявл. 06.08.2009; опубл. 20.06.2011.

Поддерживайте
давление

С 1984 года производители кабелей и проводов по всему миру используют наши обоснованные советы, квалифицированную техническую помощь и надежные изделия.

Для того, чтобы узнать, как наши высококачественные сварочные агрегаты могут помочь вам выполнить ваши производственные задания, позвоните нам по телефону +44 (0) 1233 820847 или посетите наш сайт www.pwmltd.co.uk

Video demo
www.pwmltd.co.uk

Обращайтесь к нашим
агентам в России:
Торговый Дом ВНИИКП
Шоссе Энтузиастов,
5 Москва 111024
Телефон: (495) 361-6424, 918-1756
Факс: (495) 911-8060
E-mail: equipment@tdvniikp.ru

Pressure Welding Machines Ltd
Tel: +44 (0) 1233 820847 Fax: +44 (0) 1233 820591
E-mail: pwm@btinternet.com www.pwmltd.co.uk