

Волоконно-оптический датчик давления

Александр Котов, Юрий Макаров, Анатолий Гориш,
Сергей Пономарёв (Москва), Елена Бадеева, Антон Щевелёв,
Александр Пивкин (г. Пенза)

В статье описана конструкция волоконно-оптического датчика давления аттенуаторного типа. Рассмотрена схема прохождения светового потока от источника до приёмника излучения. Приведены технические характеристики датчика.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня, в эпоху высоких технологий, на рынке электронных компонентов присутствует множество датчиков давления различных типов. Но в последнее время многие потребители проявляют интерес к датчикам избыточного давления, отвечающим требованиям искро-, взрыво- и пожаробезопасности. В наибольшей степени указанным требованиям отвечают волоконно-оптические датчики избыточного давления (ВОДИД).

Известные технические решения ВОДИД имеют существенные неинформативные потери светового потока в зоне измерения. В новом датчике используется управляющее устройство – аттенуатор с круглым отверстием, которое повышает освещённость и эф-

фективность использования светового потока и снижает размеры площади изображения торца подводящего оптического волокна в плоскости расположения отводящих оптических волокон [1]. Кроме того, такая конструкция обеспечивает простую юстировку аттенуатора и волокон.

ОПИСАНИЕ ДАТЧИКА

На рисунках 1 и 2 приведены общий вид и фото разработанного ВОДИД. Волоконно-оптический преобразователь давления (ВОПД) предназначен для преобразования измеряемого давления в изменение интенсивности светового потока, волоконно-оптический кабель (ВОК) передаёт световой поток от источника излучения в зону измерения давления и обратно к приёмни-

ку излучения, согласующее устройство (СУ) преобразует электрический сигнал в оптический и оптический в электрический. Блок преобразования информации (БПИ) служит для питания элементов СУ и преобразования электрического сигнала с выхода СУ в стандартный электрический сигнал, например 0...6 В.

Датчик состоит из мембранного блока 1, ВОК 2, штуцера 3, корпуса 4, втулки 5 и фотоблока 6. Мембранный блок 1 состоит из корпуса, стаканообразной мембраны и аттенуатора с круглым отверстием. Аттенуатор крепится к мембране посредством импульсной сварки. Мембрана с аттенуатором соединяется с корпусом сваркой. Отверстие в аттенуаторе $\varnothing 0,5$ мм выполняется после установки мембраны в корпусе блока. После укладки волокон мембранный блок устанавливается в корпус 4, в котором имеется выемка для ВОК.

Корпус датчика состоит из двух частей, соединённых между собой с помощью сварки. Мембрана выполнена из сплава 36НХТЮ, штуцер, корпус и аттенуатор – из стали 12Х18Н10Т. Свободное пространство штуцера заполняется компаундом «Виксинт» или герметиком. Фотоблок 6 представляет собой держатель, в который вклеены

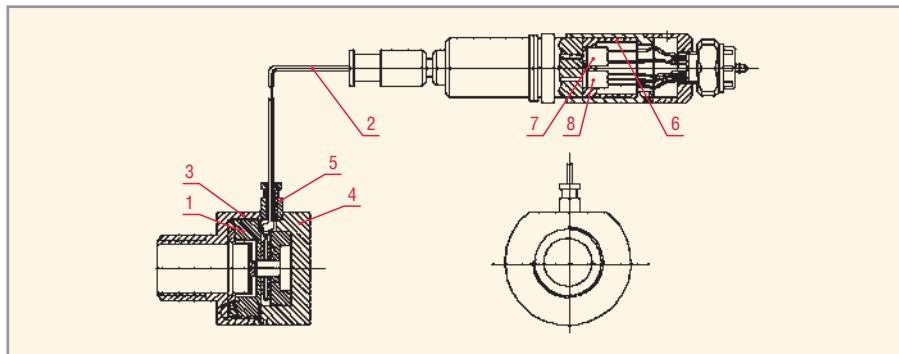


Рис. 1. Блок-схема волоконно-оптического датчика избыточного давления



Рис. 2. Макетный образец ВОДИД совместно с БПИ

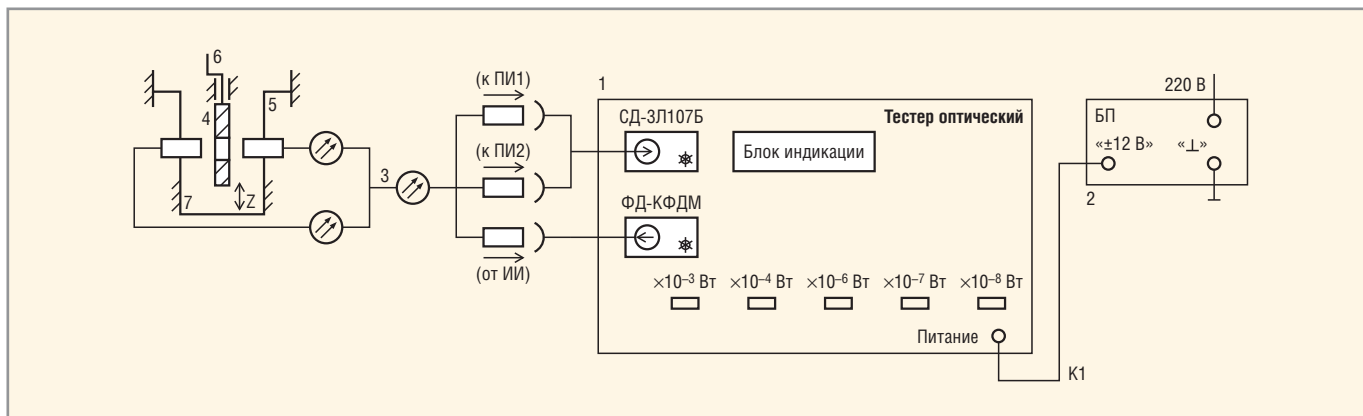
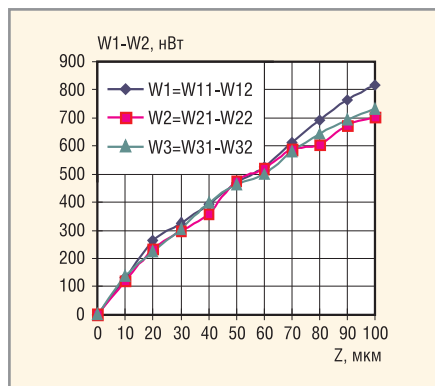
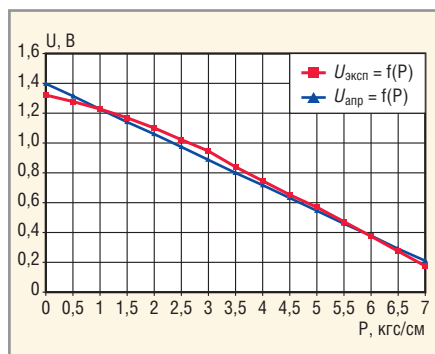


Рис. 3. Схема экспериментальных исследований ВОПД аттенуаторного типа

Рис. 4. Графические зависимости $W = f(Z)$ Рис. 5. Графики экспериментальной и аппроксимирующей кривых $U_{\text{экср}} = f(P)$ и $U_{\text{апр}} = f(P)$ макетного образца ВОДИД совместно с БПИ

светодиод 7, фотодиоды первого и второго измерительных каналов 8. Фотоблок присоединяется к БПИ с помощью розетки типа МР1-10-5-В. К контактам розетки подпаиваются выводы светодиода и фотодиодов. Для упрощения процесса юстировки оптических волокон относительно отверстия в аттенуаторе ужесточены допуски на соосность отверстий в мембранном блоке. Для повышения надёжности конструкции увеличен радиус изгиба волокна внутри мембранного блока.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Схема экспериментальных исследований ВОПД приведена на рисунке 3. Установка для снятия экспериментальной зависимости $\Phi/\Phi_0 = f(P)$ состоит из оптического тестера 1, блока питания 2, ВОК 3, соединительного электрического кабеля К1, аттенуатора 4, микровинта 5 для задания перемещения по оси Z, основания 6 и стойки 7.

Оптический тестер выполнен в виде малогабаритного переносного прибора и состоит из фотоэлектрического преобразователя ФП-0,85, усилителя-преобразователя, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), электроопти-

Техническая характеристика ВОДИД

Название параметра	Значение параметра
Диапазон измерения, кгс/см ²	0...10
Выходной сигнал (напряжение постоянного тока при работе совместно с БПИ), В	0,5...6
Основная приведенная погрешность, не более, %	1
Дополнительная приведенная погрешность, не более, %	3
Работоспособен при воздействии:	
- температуры окружающей среды в диапазоне, ОС	± 60 (и более)
- вибрации частотой, Гц (с ускорением, м/с ²)	10...5000 (5...400)
- механического удара с ускорением, м/с ²	1000
- длительностью импульса, мс (число ударов)	1...5 (9)
Вероятность безотказной работы	0,99
Срок службы, лет, не менее	11
Масса, кг, не более	0,15
Габаритные размеры чувствительного элемента, мм	M18 × 35
Длина волоконно-оптического кабеля (по требованию заказчика), м	2...200

ческого преобразователя СИД-0,85 и индикатора. Входной и выходной оптические разъёмы предназначены для соединения с оптическими волокнами датчика, заключёнными в стандартный наконечник диаметром 2,5 мм и длиной 8 мм. Диапазон измерений оптической мощности изменяется за счёт изменения масштабного коэффициента усилителя. Оптическая мощность фиксируется в ваттах в диапазоне волн $(0,85 \pm 0,1)$ мкм.

По показаниям оптического тестера были построены графические зависимости $W = f(Z)$ (см. рис. 4).

Анализ экспериментальной зависимости для одного измерительного канала показал:

- максимальное значение погрешности линейности $|\gamma|_{\text{max}}$ составляет 3%;

- чувствительность преобразования датчика $dU1/dZ = 0,17$ В/кгс/см².

При реализации алгоритма $[U1(P) - U2(P)]/[U1(P) + U2(P)]$ погрешность линейности не превысит 1,5%, а чувствительность преобразования составит приблизительно 0,34 В/кгс/см².

На рисунке 5 приведены графики экспериментальной и аппроксимирующей кривых $U_{\text{экср}} = f(P)$ и $U_{\text{апр}} = f(P)$, а в таблице – основные технические характеристики макетного образца ВОДИД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пивкин А.Г. Математическая модель волоконно-оптического преобразователя аттенуаторного типа. Информационно-измерительная техника, экология и мониторинг. 2003. Вып. 6, МГУЛ. С. 268–274. ©