

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ УРОВНЯ ЖИДКИХ СРЕД МОНОЛИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Сегодня в качестве датчиков контроля уровня жидкостей и сжиженных газов различной плотности на объектах высокой критичности уровней используются резонансные пьезоэлектрические уровнемеры, для которых весьма актуально расширение температурного диапазона работы. Проблему решает предложенная специалистами филиала НИИ физических измерений (НИИФИ) в Ростове-на-Дону монолитная многослойная конструкция пьезопреобразователя.

Конструктивно сигнализаторы уровня резонансного типа выполнены в виде погружаемого в жидкость резонатора с прикрепленным к нему пьезопреобразователем. Резонатор, генерирующий механические продольные колебания, вместе с пьезопреобразователем представляют собой единую резонансную систему, которая крепится в корпусе датчика к мембране в точке ее нулевой продольной деформации. Схематично такой акустоэлектронный резонансный датчик уровня жидких сред показан на рис. 1.

К пьезопреобразователю в резонансной системе такого типа датчиков предъявляются следующие требования:

- резонансная частота пьезопреобразователя и всей системы в целом должна обладать высокой стабильностью во времени, чтобы при старении не происходило рассогласования всей резонансной системы, т.е. выхода из строя датчика контроля уровня;
- для достижения высокой точности контроля уровня жидкости минимальная ширина резонансной полосы пропускания частот должна составлять менее 0,3% от резонансной частоты, что обеспечит пьезопреобразователю механическую добротность выше 350;
- устойчивая работа в широком диапазоне температур – от -196 до +200°C;
- емкость подсоединительного кабеля должна быть значительно ниже собственной электрической емкости преобразователя (~100 пФ).

В современных серийно выпускаемых датчиках резонансных уровнемеров используются преобразователи в виде цилиндра диаметром 8,5 мм и высотой 10–11 мм, изготовленные из пьезокерамического материала ЦТСтБС-2. Их торцевые поверхности снабжены серебряными элект-

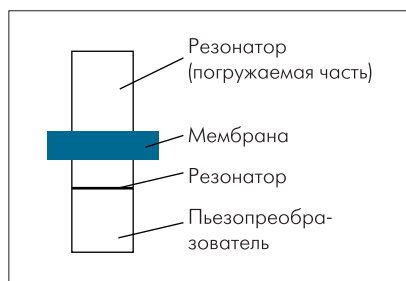


Рис. 1. Акустоэлектронный резонансный датчик контроля уровня жидких сред

А.Дышко, А.Панич

тродами, предназначенными для контакта с контрольно-измерительной аппаратурой.

Для такой конструкции пьезопреобразователя материал ЦТСтБС-2 оптимален по всему набору параметров: относительной диэлектрической проницаемости (≈ 2000), механической добротности (≥ 350), тангенсу угла диэлектрических потерь ($\leq 0,01$). С другой стороны, конструкция пьезоэлемента в виде стержня не позволяет использовать пьезоматериалы с более стабильными параметрами в рабочем диапазоне температур и более высоким значением механической добротности, так как они обладают сравнительно низким значением относительной диэлектрической проницаемости.

С целью повышения эксплуатационных характеристик резонансных сигнализаторов уровня специалисты филиала НИИФИ (Ростов-на-Дону) разработали конструкцию монолитного многослойного пьезопреобразователя (рис. 2). В нем на торцевых поверхностях двух пьезоактивных элементов расположены изоляторы. Пьезоэлементы электрически соединены параллельно друг с другом гибки-

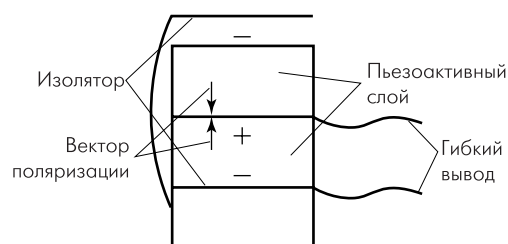


Рис. 2. Монолитный пьезопреобразователь для резонансного датчика уровня

ми проволочными выводами из стали марки 18×12Н10Т, которые находятся под прямым углом друг к другу и закреплены механически в пазах глубиной 0,25–0,2 мм. Пазы размещены в плоскости электродов между изоляторами и пьезоэлементами, а также в средней части между пьезоэлементами. Монолитность конструкции достигается путём термокомпрессионной сварки изоляторов и пьезоэлементов, свариваемые поверхности которых покрыты вождженным в керамику серебром. Новая конструкция обладает следующими преимуществами по сравнению с обычной:

- электроды пьезоактивных элементов изолированы от корпуса датчика, что обеспечивает его помехозащищенность;
- возможность применения более "сегнетотвердых" пьезокерамических материалов с более низкими значениями относительной диэлектрической проницаемости и более высокими значениями механической добротности;
- гибкие проволочные токопроводы освобождают от необходимости ненадежной пайки токовыводов к электродам пьезопреобразователя, приводящей к локальному перегреву пьезоэлементов;

- наличие изоляторов на торцах пьезоэлементов упрощает операцию точной подгонки по частоте преобразователя после поляризации.

В процессе разработки были проведены исследования характеристик пьезопреобразователя обычной конструкции и образца монолитной многослойной конструкции, который изготовлен из пьезокерамического материала ПКЛ-2. Сопоставление основных электрофизических параметров ЦТСтБС-2 и ПКЛ-2 приведено в табл. 1.

Таблица 1. Основные электрофизические параметры пьезокерамических материалов

Параметр	ЦТСтБС-2	ПКЛ-2
Электрическая емкость, пФ	1950	1500
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,0018	0,0006
Пьезомодуль, пКл/Н	320	325
Коэффициент электромеханической связи	0,635	0,680
Механическая добротность	320–350	400–500
Точка Кюри, °С	170	280

Из таблицы следует, что разработанный пьезокерамический материал ПКЛ-2 практически по всем параметрам превосходит традиционно используемый в датчиках уровня пьезоматериал ЦТСтБС-2 и может эффективно применяться в монолитных многослойных пьезопреобразователях.

Результаты сравнительных испытаний преобразователей старой конструкции – ПЭСД-16 и новой – ПЭСД-16М приведены в табл. 2. При комнатной и отрицательных температурах измерялись параме-

Таблица 2. Параметры пьезопреобразователей новой и старой конструкций

t°С	ПЭСД-16(на ЦТСтБС-2)				ПЭСД-16М (на ПКЛ-2)			
	tgδ	R _r , Ом	K _e	f _r ,кГц	tgδ	R _r , Ом	K _e	f _r ,кГц
20	0,009	82,1	0,598	137,4	0,008	26,7	0,638	138,7
0	0,01	187,6	0,604	136,6	0,008	32,8	0,639	138,8
-20	0,01	226,8	0,606	136,8	0,008	47,9	0,640	137,22
-30	0,01	285,6	0,603	136,7	0,0074	65,0	0,640	136,6
-50	0,012	514,3	0,602	137,8	0,0093	97,5	0,640	136,2
-80	0,026	914,0	0,594	141,7	0,0142	165,5	0,632	136,7
-100	0,035	1036,9	0,572	143,6	0,023	223,2	0,523	138,0
-110	–	–	–	–	0,029	234,5	0,624	139,42
-196	–	–	–	–	0,032	315,1	0,591	143,15

тры: тангенс угла диэлектрических потерь tgδ, резонансное сопротивление R_r, эффективный коэффициент электромеханической связи K_e и резонансная частота f_r.

Основной параметр, характеризующий стабильность работы резонансного уровнемера – резонансное сопротивление R_r. Этот параметр ограничивает область применения уровнемера при криогенных температурах: R_r возрастает при -50°С для ПЭСД-16 в 6,3 раза, для ПЭСД-16М – в 2,6 раза, при -100°С – в 12 и в 8,5 раз, соответственно. Элементы ПЭСД-16М сохраняют работоспособность до -196°С, характеризуясь резонансным сопротивлением, втрое меньшим, чем ПЭСД-16 при -100°С, и меньшим сопротивлением, чем ПЭСД-16 при -50°С. Измерение параметров ПЭСД-16, так же, как и его эксплуатация при температуре ниже –100°С, невозможны из-за резкого роста резонансного сопротивления и, как следствие, падения механической добротности. ○