

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КВАРЦЕВЫЕ РЕЗОНАТОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДАТЧИКАХ

Поляков А.В., Заднепрятный И.Е., Поляков В.Б.
ООО "СКТБ ЭлПА" г. Углич

Пьезоэлектрический резонатор представляет собой электромеханическую систему, в которой используется явление прямого и обратного пьезоэффекта, которая обычно выполнена в виде двухполюсника, объединяющего системы электрического возбуждения механических колебаний и съема электрического сигнала, пропорционально их амплитуде. В виду целого ряда свойств одним из самых распространенных пьезоэлектриков, применяемых в пьезоэлектрических резонаторах, является пьезокварц. Кварцевые резонаторы имеют высокую добротность 10^7 и более, кратковременную и долговременную стабильность 10^{-4} до 10^{-7} , практически отсутствует гистерезис при механических, температурных и электрических воздействиях.

В виду бурного развития радиоэлектронной промышленности в последние десятилетия кварцевые резонаторы нашли широкое применение в генераторах стабильной частоты.

Опорные кварцевые резонаторы на стандартные частоты от 32 кГц до 12 МГц выпускаются несколькими предприятиями, в том числе и ООО "СКТБ ЭлПА" (г. Углич), но в последнее время спросом стали пользоваться миниатюрные опорные резонаторы. ООО "СКТБ ЭлПА" освоено производство миниатюрных:

- камертонных кварцевых резонаторов на частоты от 32 до 320 кГц в корпусах $\varnothing 1,5 \times 5$ и $\varnothing 2 \times 6$ мм.;
- полосковых резонаторов на частоты от 3,5 до 12 МГц в корпусе $\varnothing 3 \times 10$, с характеристиками не уступающим зарубежным аналогам см. рис. 1

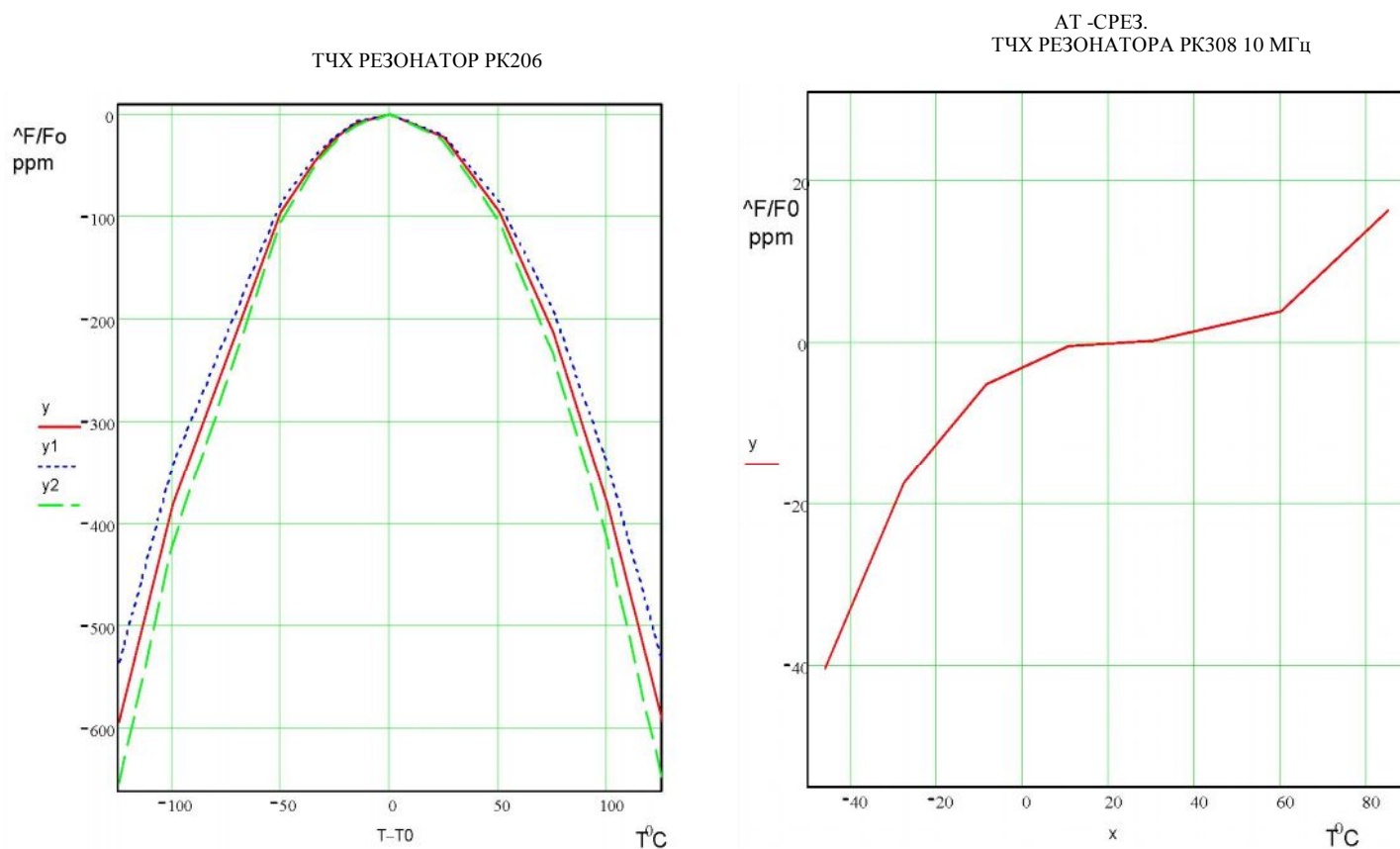


Рис. 1

Миниатюрные кварцевые резонаторы изготавливаются не только механической обработкой, но и групповым методом фотолитографии, который позволяет получить кварцевые детали сложной формы, включая мезаструктуры с воспроизводимостью размеров до 1 мкм.

СКТБ разработаны и изготовлены опытные образцы микроминиатюрного опорного резонатора для поверхностного монтажа на частоту 256 кГц, в кварцевом корпусе 3,3(4,3)x1,7x0,65(0,4) мм. Есть возможность изготавливать такие резонаторы на диапазон частот от 32 до 256 кГц.

Развитие современной цифровой электроники сделало более доступным применение датчиков с частотным или кодовым выходом для создания измерительных систем управления технологическими процессами, контроля параметров окружающей среды, создания образцовых средств измерений. На основе кварцевых резонаторов различных срезов СКТБ выпускаются прецизионные резонаторы-датчики температуры, давления, усилия, влажности, ускорения.

Чувствительным элементом датчика температуры является камертонный кварцевый резонатор термочувствительного среза, который помещен в корпус размером Ø2x6 мм. Данная конструкция имеет малые габаритные размеры и малую постоянную времени тепловой инерции (до 5 секунд). Также есть варианты датчиков температуры в том же корпусе, но с еще меньшей постоянной времени, что достигается заполнением внутрикорпусного пространства инертными газами. Характеристики термочувствительных резонаторов приведены в таблице 1.

табл. 1

Характеристика	Тип резонатора	
	РКТ206	РКТВ206
Номинальная частота, кГц	32 .. 39	32 .. 39
Чувствительность, Гц/°С	1,9	2
Динамическое сопротивление, при температуре 25 °С, кОм	<75	<70
Интервал рабочих температур, °С	-55 .. +100	-55 .. +370

Градуировочная характеристика резонаторов описывается полиномом второй или третьей степени (погрешность аппроксимации в среднем – сотые доли градуса). $f_T = f_0 + A_1(T_T - T_0) + A_2(T_T - T_0)^2$

Особенностью конструкции высокотемпературных кварцевых резонаторов РКТВ является применение в заделке высокотемпературного припоя и легкоплавкого стекла, что обеспечивает высокую предельную температуру и стабильность. В настоящее время ведется разработка высокотемпературных термочувствительных резонаторов с верхним пределом температуры выше +500 °С, на основе галлосиликата лантана.

ООО "СКТБ ЭлПА" выпускаются прецизионные манометрические кварцевые резонаторы абсолютного и избыточного давления РКМА-Р и БРКМ-Р, в которых применяются кварцевые силочувствительные резонаторы, представляющие из себя сдвоенный камертон ПС 27-40, полученный методом фотолитографии.

Особенностью конструкции является то, что силочувствительный резонатор крепится легкоплавким стеклом на кварцевую мембрану того же среза, что обеспечивает высокую прочность в широком диапазоне измеряемых давлений, малый воспроизводимый уход частоты в рабочем температурном диапазоне, малый гистерезис барочастотной характеристики (БЧХ), малый уход ноля, высокую разрешающую способность.

Основные технические характеристики РКМА и БРКМ представлены в таблице 2.

Табл. 2

Характеристика	Тип резонатора	
	РКМА-Р	БРКМ-Р
Номинальная частота, кГц	30 .. 45	30 .. 45
Интервал рабочих давлений, МПа	$7 \times 10^{-5} \dots 100$	0.1 .. 25
Чувствительность, Гц/МПа	20000 .. 42	5500 .. 58
Гистерезис БЧХ, %	<+0.02	<+0.02
Интервал рабочих температур, °С	-55 .. +80	-55 .. +80
Функциональная температурная погрешность, в диапазоне рабочих температур, %	<±1	<±1
Изменение частоты в год, % (уход ноля)	<+0.02	<+0.02
Динамическое сопротивление, кОм	<200	<200

Градуировочная характеристика резонаторов описывается полиномом второй или третьей степени (погрешность аппроксимации не более 0.05% и 0.02% соответственно).

$$f(p) = A_0 + A_1 P + A_2 P^2$$

Для компенсации температурной погрешности температурно-частотная характеристика описывается так же полиномом второй или третьей степени (см. пример рис. 2).

$$f_{p(t)} = f_0 + A_1(T_T - T_0) + A_2(T_T - T_0)^2$$

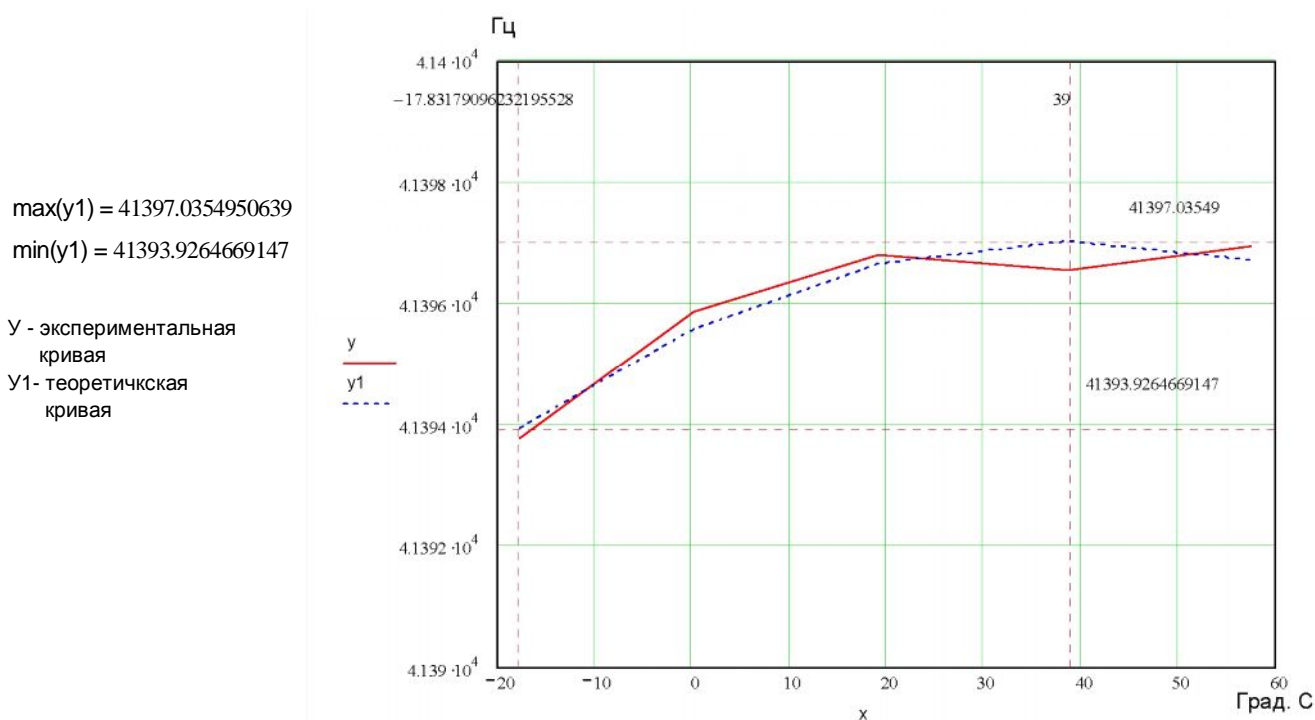


рис. 2

Манометрические резонаторы выпускаются с верхним пределом измерений абсолютного давления в соответствии с рядом: 0,1; 0,2; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,0; 10,0; 16,0; 25,0; 100,0 МПа. Допускается кратковременная перегрузка давлением в 130% от верхнего предела измерения, в настоящее время ведутся испытания новых конструкций РКМА, позволяющих выдержать кратковременную перегрузку в несколько сотен %.

Габаритные размеры стандартного РКМА 25x23x(3 .. 8) мм., но есть малогабаритное исполнение РКМА в корпусе 12x11x1, который имеет меньшую чувствительность и чуть большее динамическое сопротивление. Манометрические кварцевые резонаторы имеют несколько исполнений: дополнительная крышка, для температурной развязки; дополнительная крышка со штуцером, делает возможным подачу измеряемого давления через штуцер (до 0,2МПа) или подачу атмосферного давления при измерении избыточных давлений.

Благодаря своим высоким метрологическим характеристикам по сравнению с датчиками давления на полупроводниковых чувствительных элементах и относительно небольшой цене, манометрические кварцевые резонаторы находят применение в высокоточных приборах. На основе кварцевых манометрических резонаторов РКМА-Р и температурных резонаторов РКТ206 и РКТВ206 нашими партнерами выпускаются преобразователи давления с компенсированной температурной погрешностью класса точности 0,1%; 0,06% и 0,03%. Мы так же разрабатываем и выпускаем ряд преобразователей температуры, давления и температуры, планируется выпуск преобразователя влажности и температуры.

Манометрические резонаторы могут найти широкое применение в цифровых приборах измеряющих: давление; скорость; расход; массу; уровень и др.

Нельзя обойти вниманием высокочастотный силочувствительный элемент ЭПКВ-10М, который нашел массовое применение в силочувствительных балках весов. Достоинствами этого элемента является его высокая стабильность, чувствительность 3,5 Гц/г, низкое сопротивление <30 Ом на воздухе, низкая цена.

Потребность в датчиках с частотным выходом постоянно растет, этому способствует постоянно расширяющиеся области их применения, высокие метрологические характеристики, рентабельность их серийного производства. Используя многолетний опыт производства кварцевых резонаторов и датчиков на их основе, предприятие ООО "СКТБ ЭлПА" постоянно совершенствует имеющиеся резонаторы и датчики, а так же разрабатывает новые конструкции.