

мой частотой и антирезонанса, импеданс Π р. становится максимальным, а ток в его цепи — минимальным (резонанс токов). Величину $\Delta f = f_a - f_p$ называют резонансным промежутком. Качество Π р. определяется остротой его частотной характеристики (рис. 2) и величиной кпд. Значение частот f_p и f_a позволяет определить ряд важных характеристик Π р.,

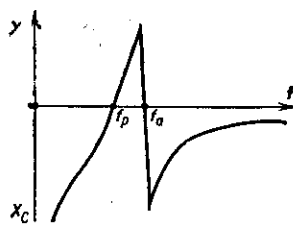


Рис. 2. Зависимость реактивного сопротивления пьезоэлектрического резонатора от частоты колебаний.

и в первую очередь коэф. эл.-механич. связи $K \approx \sqrt{2\Delta f/f_p}$. Экспериментально параметры Π р. определяются методами резонанса — антирезонанса, переменной электрич. нагрузки, круговых диаграмм и др.

Π р. широко используются в радиотехнике, электронике, электроакустике и др. в качестве фильтров, резонаторов в задающих генераторах, резонансных преобразователей и пьезотрансформаторов. Пьезоэлектриком в Π р. служит кристалл кварца или пьезокерамика с малыми потерями. Кварцевые резонаторы применяются в качестве резонансных контуров генераторов электрич. ВЧ-колебаний. Высокая добротность ($10^4 - 10^5$) кварцевого резонатора определяет малый уход частоты генератора от её номинального значения [($10^{-3} - 10^{-6}$)%] при изменении окружающей темп-ры, давления и влажности. Разработаны микроинтегральные кварцевые резонаторы на частоты колебаний 30 кГц — 8,4 МГц, нашедшие применение в электронных часах, системах электронного зажигания двигателей внутр. сгорания и др. Π р. на основе кварца используются в акустоэлектронных устройствах фильтрации и обработки сигналов: монолитных пьезоэлектрич. фильтрах, а также фильтрах и резонаторах на *поверхностных акустических волнах* (ПАВ). Осн. достоинство резонаторов на ПАВ — возможность использования в устройствах стабилизации частоты и узкополосной фильтрации в диапазоне частот 100—1500 МГц. Пьезоэлектрич. фильтры из пьезокерамики, как правило, многозвенные, изготавливают на частотах 1 кГц — 10 МГц. При этом на частотах до 3,5 кГц используют биморфные пьезоэлементы, когда Π р. совершает резонансные колебания изгиба по грани; в

Параметры пьезоэлектрического резонатора

Основные параметры	Производные параметры
Емкость Π р., заторможенного по отношению к рассматриваемому резонансу C_{op}	Емкостное отношение $r = C_{op}/C_s$
Динамич. ёмкость C_1	Механич. добротность $Q_m = \frac{\omega_p l_1}{R_1} = \frac{1}{\omega_p C_1 R_1}$
Динамич. индуктивность L_1	Коэф. качества $M = \frac{Q_m}{r} = \frac{1}{\omega_p C_{op} R_1}$
	Резонансная частота $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$
Эквивалентное сопротивление механич. потерь R_1	Частотная постоянная $N = f_p d$ Константа динамич. ёмкости $G_1 = \frac{C_1 l}{A}$

Примечание. d — резонансный размер; l — расстояние между электродами; A — площадь электродов.

диапазоне 40—200 кГц применяют Π р. с продольными колебаниями по длине, а на частотах 200—800 кГц — Π р. в виде дисков, совершающих радиальные колебания. На частотах св. 1 МГц используют толщинные колебания пьезокерамич. колец. Рассматриваемые фильтры отличаются простотой конструкции, малыми (по сравнению с LC-фильтрами) габаритами и стабильными рабочими характеристиками (табл.).

Лит.: Кэди У., Пьезоэлектричество и его практические применения, пер. с англ., М., 1949; Пьезокерамические преобразователи, под ред. С. И. Пугачева, Л., 1984; Интегральные пьезоэлектрические устройства фильтрации и обработки сигналов, под ред. В. Ф. Высоцкого, В. В. Дмитриева, М., 1985.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСТВО — обратимая эл.-механич. связь электрич. поляризации и механич. деформации, наблюдаемая в виде прямого и обратного пьезоэлектрич. эффектов в кристаллич. средах с определ. симметрией, см. *Пьезоэлектрики*.



РАБИ МЕТОД — метод исследования энергетич. структуры атомов и молекул, основанный на явлениях резонансного поглощения радиочастотного поля при совпадении частоты поля с частотой *квантового перехода* в этих системах. Разработан И. Раби (I. Rabi) в 1938 для *молекулярных и атомных пучков*.

При помощи Р. м. впервые наблюдался *ядерный магнитный резонанс* в нейтральных молекулярных пучках, при этом радиочастотное магн. поле H_1 вызвало резонансную переориентацию магн. моментов молекул. Пучок молекул, выходящий из источника O , отклоняется неоднородным магн. полем (магнит A на рис.), а затем фокусируется на детектор D неоднородным полем с градиентом противоположного знака (магнит B). Поля подбирают так, чтобы молекулы попадали на детектор независимо от их скорости. В вазе магнита C , создающего однородное магн. поле H_0 , помещают проволочную петлю, соединённую с радиочастотным генератором и создающую поле H_1 . В результате переориентации магн. моментов нарушается условие фокусировки и уменьшается число молекул, попадающих на детектор. Резонанс наблюдают по изменению интенсивности пучка на детекторе при изменении напряжённости поля H_0 или частоты генератора ω .

В квантовой теории переориентацию магн. моментов описывают как переход между двумя уровнями энергии молекул. Вероятность перехода под действием осциллирующего возмущения за время t равна

$$P(t) = \left(\frac{\Omega}{\tilde{\Omega}} \sin \frac{\tilde{\Omega} t}{2} \right)^2,$$

где $\Omega = \omega_0 H_1 / H_0$ — частота Раби, $\omega_0 = \gamma H_0 =$ угл. частота прецессии магн. момента, γ — гиромагн. отношение, $\tilde{\Omega}^2 = \Omega^2 + (\omega - \omega_0)^2$ (см., напр., *Девуэт уровневая система*). Время t воздействия поля H_1 на молекулу равно l/v , где l — размеры области, в которой $H_1 \neq 0$, v — скорость молекулы. Вероятность $P(t)$ нужно усреднить в соответствии с распределением молекул по скоростям. Ширина резонанса по частоте обратно пропорциональна величине l/v_0 , где v_0 — ср. скорость молекул, но с увеличением l уменьшается интенсивность пучка.

Н. Рамзей (N. Ramsay) усовершенствовал Р. м., добившись существенного сужения резонанса. При этом пучок молекул последовательно проходит через