

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОБРОТНОСТИ РЕЗОНАНСНЫХ СИСТЕМ

С.Н. Ключников

Рассмотрены известные методы определения добротности резонансных систем. Указаны недостатки известных методов и предложен новый метод определения добротности по амплитудным измерениям. Представлены экспериментальные расчеты.

Ключевые слова: резонансные системы; добротность; динамические измерения; характерные точки; АЧХ.

Добротность является одной из основных характеристик резонансных систем (РС). Рассмотрим для примера пьезокерамические элементы (ПКЭ), которые являются механическими РС. Основными параметрами ПКЭ как РС, являются частота механического резонанса f_p или $\omega_p = 2\pi f_p$ и механическая добротность Q_M .

Использование электромеханических аналогий, позволяет заменить рассмотренное реальное ПКЭ рассмотрением его эквивалентной электрической схемы с сосредоточенными параметрами, которая имеет вид, показанный на рисунок 1. [1]:

Введены обозначения: C_0 - емкость заторможенного ПКЭ; C , L , R - соответственно динамическая емкость, индуктивность, сопротивление потерь. Тогда частота резонанса и добротность определяются формулами: $\omega_p = 1/\sqrt{LC}$, $Q = \omega_p L / R$.

Практически все применяемые методы определения добротности являются динамическими, связанными с частотными измерениями в области резонанса.

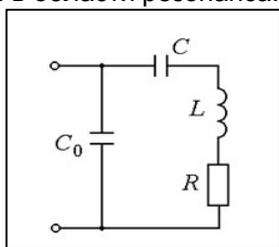


Рисунок 1 - Эквивалентная электрическая схема ПКЭ

Первый метод заключается в том, что находится частота резонанса ω_p и ширина резонансной кривой $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ на уровне 0,5 от максимального значения активной составляющей проводимости (рисунок 2). Далее добротность находится по формуле:

$$Q_{M1} = \omega_p / \Delta\omega. \quad (1)$$

Метод, предложенный в [2] заключается в том, что осуществляется дифференцирование амплитудно-частотной характеристики по частоте, определяются частоты максимума ω_{\max} и минимума ω_{\min} производной. Далее эти частоты отождествляются с частотами ω_1 и ω_2 , а добротность определяется по формуле (2):

$$Q_{M2} = \omega_p / (\omega_{\min} - \omega_{\max}). \quad (2)$$

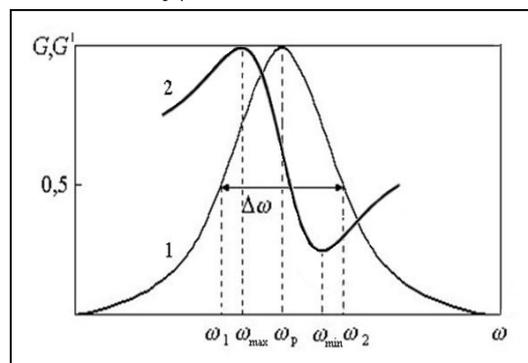


Рисунок 2 - Определение добротности по активной составляющей проводимости

Нахождение добротности этим методом позволяет увеличить скорость измерений и облегчить поиск характерных точек на частотной характеристике. Однако точность измерений не будет высокой, поскольку на самом деле экстремумы производной не соответствуют частотам ω_1, ω_2 , что иллюстрирует рисунок 2: линия 1 - активная составляющая проводимости, линия 2 - ее производная. Оба графика нормированы на свои максимальные значения.

Для повышения точности, в работе [3] предложен метод определения добротности по амплитудным измерениям. Показано, что добротность определяется формулой:

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ИСТОЧНИКОВ ОПОРНЫХ КОЛЕБАНИЙ

$$Q_{M3} = \frac{\pi \omega_p G^l(\omega_{max})}{4 G(\omega_p)}, \quad (3)$$

в которой $G(\omega_p)$ - максимум активной составляющей проводимости на частоте резонанса, а $G^l(\omega_{max})$ - максимальное значение производной от активной составляющей проводимости на частоте ω_{max} . Следовательно, для нахождения значения добротности РС должны быть найдены максимумы активной составляющей проводимости и ее производной, а также их отношение.

Результаты нахождения добротности по формулам (1) и (3) для разных образцов ПКЭ, представлены в таблице 1. Видно хорошее совпадение результатов.

Таблица 1.

	1	2	3	4
Q_{M1}	50	100	200	400
Q_{M3}	50,8	100,3	200,53	399,26

УДК 621.373.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ ИСТОЧНИКОВ ОПОРНЫХ КОЛЕБАНИЙ

А.В. Косых, С.А. Завьялов, К.В. Мурасов

В статье представлены результаты работы по моделированию интегрального датчика температуры, предназначенного для последующего внедрения в систему на кристалле. Рассматриваются модели биполярных транзисторов для осуществления моделирования. Проводится анализ линейности и крутизны характеристики выходного сигнала.

Ключевые слова: датчик температуры, операционный усилитель, биполярный транзистор.

Введение

Возрастающие требования по миниатюризации в современной электронике приводят к необходимости разработки большого количества устройств в интегральном исполнении. При разработке источников опорных колебаний проблема миниатюризации стоит особенно остро, поскольку одновременно ужесточаются противоречащие друг другу требования по габаритным размерам и по стабильности частоты.

Основным фактором нестабильности частоты кварцевых генераторов является температурная зависимость частоты. Известны два метода для минимизации темпера-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земляков В.Л. Методы и средства измерений в пьезоэлектрическом приборостроении: Монография. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ. 2009. – 180 с. (Пьезоэлектрическое приборостроение. Т. 5)
2. Патент РФ 2059202 МПК G01H3/12 Способ измерения добротности объекта и устройство для его осуществления/ Дороднов Е.И., Ерыхов Б.П.– Оpubл. 27.04.1996.
3. Земляков В.Л., Ключников С.Н. Определение параметров пьезокерамических элементов по амплитудным измерениям. // Измерительная техника, 2010, № 3, с. 38–40.

С.Н. Ключников Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет». E - mail: sartat557@mail.ru. 344090, г.Ростов-на-Дону, ул. Зорге 28/2, общежитие 5«Б». Тел.: +79094021924.

турной нестабильности: термостатирование и термокомпенсация. В зависимости от предъявляемых требований по энергопотреблению, точностью поддержания частоты, габаритным размерам и времени выхода на режим целесообразно применение одного из методов температурной компенсации. В мобильном оборудовании связи с малым энергопотреблением широкое применение находят термокомпенсированные кварцевые генераторы [1,2].

Дальнейшее уменьшение размеров источника опорных колебаний при сохранении и увеличении достижимой стабильности частоты осуществимо при объединении на одном