

ВИКИПЕДИЯ

Кварцевый резонатор

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

Ква́рцевый резона́тор (жарг. «кварц») — электронный прибор, в котором пьезоэлектрический эффект и явление механического резонанса используются для построения высокодобротного резонансного элемента электронной схемы.

Следует отличать кварцевый резонатор от устройств, использующих другие пьезоэлектрические материалы — например, специальную керамику (см. керамический резонатор).



Кварцевый резонатор в кристаллодержателе

Содержание

Принцип действия

Эквивалентная электрическая схема

История

Применение

Преимущества

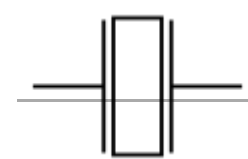
Недостатки

См. также

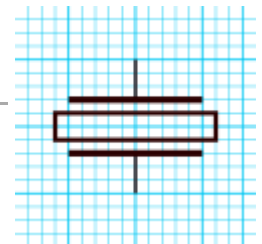
Примечания

Литература

Ссылки



по стандарту МЭК (IEC)



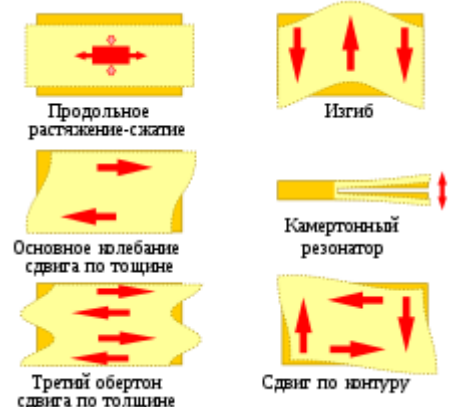
по ГОСТ 2.736-68^[1]

Обозначение кварцевого резонатора на принципиальных электрических схемах.

Принцип действия

На пластинку, тонкий цилиндр, кольцо или брусок, вырезанные из кристалла кварца с определённой ориентацией относительно кристаллографических осей монокристалла нанесены 2 или более электродов — проводящие металлические полосы, выполненные напылением в вакууме или вжиганием плёнки металла на заданные поверхности кристалла.

Резонатор механически крепится в узлах рабочей моды колебаний, чтобы снизить потери колебательной энергии через крепление кристалла. Для иных мод колебаний узлы собственных колебаний расположены в иных местах кристалла и поэтому иные моды колебаний подавлены.



Разные виды колебаний кварцевых резонаторов

Для рабочей моды колебаний кристалл имеет некоторую собственную резонансную частоту механических колебаний, причем на этой частоте добротность механического резонатора очень высока.

При подаче напряжения на электроды благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту происходит изгиб, сжатие или сдвиг в зависимости от того, каким образом вырезан кристалл относительно кристаллографических осей, конфигурации возбуждающих электродов и расположения точек крепления.

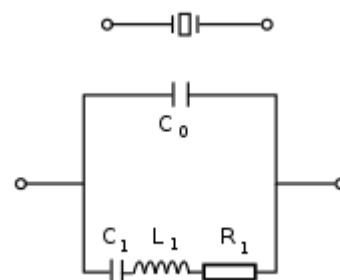
Собственные колебания кристалла в результате пьезоэлектрического эффекта наводят на электродах дополнительную ЭДС и поэтому кварцевый резонатор электрически ведёт себя подобно резонансной цепи, — колебательному контуру, составленному из конденсаторов, индуктивности и резистора, причем добротность этой эквивалентной электрической цепи очень велика и близка к добротности собственных механических колебаний кристалла.

Если частота подаваемого напряжения равна или близка к частоте собственных механических колебаний пластинки, затраты энергии на поддержание колебаний пластинки оказываются намного ниже, нежели при большом отличии частоты. Это тоже соответствует поведению электрического колебательного контура.

Эквивалентная электрическая схема

По поведению в электрических цепях кварцевый резонатор можно в первом приближении представить в виде эквивалентной электрической схемы, изображённой на рисунке где:

C_0 — собственная ёмкость кристалла, образуемая электродами на кристалле — обкладками конденсатора, где диэлектриком является сам кристалл и параллельно соединённой с этой ёмкостью паразитной ёмкостью кристаллодержателя и электрических выводов;
 C_1 , L_1 — эквивалентные ёмкость и индуктивность механической колебательной системы резонатора;
 R_1 — эквивалентное сопротивление потерь механической колебательной системы.



Условное обозначение кварцевого резонатора (сверху) и его эквивалентная схема (снизу)

Математически электрический импеданс в виде преобразования Лапласа можно по правилам параллельного и последовательного соединения двухполюсников записать:

$$Z(s) = \left(\frac{1}{s \cdot C_1} + s \cdot L_1 + R_1 \right) \parallel \left(\frac{1}{s \cdot C_0} \right),$$

где $s = j\omega$ — комплексная частота преобразования Лапласа, двумя вертикальными чертами обозначено параллельное соединение конденсатора C_0 и цепи, состоящей из последовательно соединённых C_1 , L_1 , R_1 ,

или:

$$Z(s) = \frac{s^2 + s \frac{R_1}{L_1} + \omega_s^2}{s \cdot C_0 \cdot (s^2 + s \frac{R_1}{L_1} + \omega_p^2)}.$$

В такой эквивалентной схеме наблюдается два вида резонанса — последовательный, который наступает при равенстве реактивных сопротивлений X_{C_1} и X_{L_1} , при этом резонансе полное электрическое сопротивление (модуль импеданса) мало и практически равно R_1 и параллельный резонанс, при котором равны полные сопротивления X_{L_1} и полное сопротивление цепи, состоящей из последовательно соединённых пары конденсаторов X_{C_1, C_2} , при этом полное сопротивление цепи велико, так как ток при резонансе протекает во внутреннем контуре, состоящем из всех двухполюсников эквивалентной схемы.

Резонансная частота последовательного резонанса ω_s :

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_1 \cdot C_1}}.$$

Резонансная частота параллельного резонанса ω_p :

$$\omega_p = \sqrt{\frac{C_1 + C_0}{L_1 \cdot C_1 \cdot C_0}} = \omega_s \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0}}.$$

Измерением импеданса кварцевого резонатора на четырёх различных частотах после решения системы 4 уравнений можно определить параметры всех двухполюсников, входящих в эквивалентную схему. Практически, типичная ёмкость конденсатора C_1 составляет десятые и даже сотые доли пФ, индуктивность L_1 единицы-десятки Гн, сопротивление R_1 — десятки-сотни Ом, паразитная ёмкость C_0 — десятки пФ.

Так как волновое сопротивление $R_w = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}}$ при последовательном и параллельном

резонансах очень велико относительно последовательного сопротивления R_1 , это обеспечивает очень высокую добротность резонансной цепи, достигающей нескольких миллионов.

Так как практически $C_0 \gg C_1$ формулу для частоты параллельного резонанса можно упростить:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{C_1 + C_0}{L_1 \cdot C_1 \cdot C_0}} = \omega_s \sqrt{1 + \frac{C_1}{C_0}} \approx \omega_s \left(1 + \frac{C_1}{2C_0}\right).$$

Опять же, так как $C_0 \gg C_1$ из формул следует, что частоты последовательного и параллельного резонансов очень близки, например, для типичных $C_1 = 0,1$ пФ и $C_0 = 10$ пФ для кварцевого резонатора в несколько МГц частоты резонансов различаются на 0,5 %.

Резонансную частоту последовательного резонанса ω_s невозможно изменить подключением к кварцевому резонатору внешней цепи, так как индуктивность и ёмкость C_1 , L_1 эквивалентной схемы определяются собственным механическим резонансом кристалла.

Резонансную частоту параллельного резонанса можно снижать в небольших пределах, практически на доли процента, так как $C_0 \gg C_1$ и ёмкость C_0 входит в формулу для частоты подключением к кварцевому резонатору внешнего конденсатора. Также возможно в малых пределах увеличить резонансную частоту подключением внешней катушки индуктивности, этот способ применяется редко.

Изготовители кварцевых резонаторов при их изготовлении механически юстируют резонансную частоту при некотором подключённом внешнем конденсаторе. Ёмкость конденсатора, обеспечивающего заявленную изготовителем частоту параллельного резонанса обычно указывают в спецификации на конкретный резонатор, без подключения этого внешнего конденсатора резонансная частота будет немного выше.

История

Пьезоэлектрический эффект был впервые открыт братьями Жаком и Пьером Кюри в 1880 году. Полю Ланжевен впервые практически использовал этот эффект в ультразвуковом излучателе и приемнике ультразвука гидролокатора перед первой мировой войной.

Первый электромеханический резонатор, на основе сегнетовой соли, был изготовлен в 1917 году и запатентован в 1918 году Александром М. Николсоном (*Alexander M. Nicholson*) из компании Bell Telephone Laboratories, хотя его приоритет оспаривался Уолтером Гайтоном Кэди (*Walter Guyton Cady*), который изготовил кварцевый резонатор в 1921 году.

Некоторые улучшения в конструкцию кварцевых резонаторов предложены позже Льюисом Эссеном и Джорджем Вашингтоном Пирсом (*George Washington Pierce*).

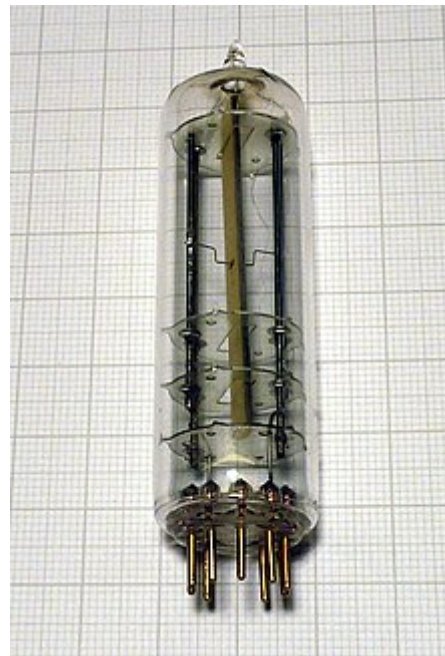
Первые стабильные по частоте кварцевые резонаторы были разработаны в 1920—1930-х годах. Начиная с 1926 года, кварцевые резонаторы на радиостанциях стали использоваться в качестве элементов, задающих несущую частоту. В это же время резко возросло количество компаний, начавших выпускать кварцевые резонаторы, например, только до 1939 года в США было выпущено более чем 100 тыс. штук.

Применение

Одним из самых популярных видов резонаторов являются резонаторы, применяемые в часовых схемах и таймерах. Частота одних из самых популярных часовых резонаторов составляет 32 768 Гц.^[2]

Применяются в генераторах с фиксированной частотой, где необходима высокая стабильность частоты. В частности, в опорных генераторах синтезаторов частот и в трансиверных радиостанциях для формирования DSB-сигнала на промежуточной частоте и детектирования SSB или телеграфного сигнала.

Также применяются в кварцевых полосовых фильтрах промежуточной частоты супергетеродинных приёмников. Такие фильтры могут выполняться по лестничной или дифференциальной схеме и отличаются очень высокой добротностью и стабильностью по



Кварцевый резонатор в герметичном стеклянном корпусе пальчикового бесцокольного исполнения



Резонатор на 4 МГц в миниатюрном металлическом герметизированном корпусе HC-49/US

сравнению с LC-фильтрами. В старых радиостанциях, прежде всего военных, наборы кварцевых резонаторов использовались для моментальной настройки на нужную частоту.



Металлические корпуса разнообразных размеров

По типу корпуса кварцевые резонаторы могут быть выводные для объёмного монтажа (стандартные и цилиндрические) и для поверхностного монтажа (SMD).

Качество схемы, в которую входят кварцевые резонаторы, определяют такие параметры, как допуск по частоте (отклонение частоты), стабильность частоты, нагрузочная ёмкость, старение.

Преимущества

- Достижение намного бо́льших значений добротности (10^4 — 10^6) эквивалентного колебательного контура, нежели любым другим способом.
- Малые размеры устройства (вплоть до долей миллиметра).
- Высокая температурная стабильность.
- Большая долговечность.
- Лучшая технологичность.
- Построение качественных каскадных фильтров без необходимости их ручной настройки.

Недостатки

- Чрезвычайно узкий диапазон подстройки частоты внешними элементами. На практике для многодиапазонных систем эта проблема решается построением синтезаторов частот различной степени сложности.

См. также

- Кварцевые часы
- Кварцевый генератор
- Генератор Пирса
- Генератор тактовых импульсов
- Резонистор
- Атомные часы
- Пьезокерамический излучатель

Примечания

1. ГОСТ 2.736-68 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Элементы пьезоэлектрические и магнитострикционные; линии задержки. (<http://files.stroyinf.ru/Data/182/18226.pdf>) __ Дата обращения: 21 ноября 2018. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20181121203733/http://files.stroyinf.ru/Data/182/18226.pdf>) __ 21 ноября 2018 года.

2. Часовые кварцевые резонаторы 32768Гц (<https://www.chipdip.ru/news/32768hz-quartz-resonators>). Дата обращения: 22 января 2023. Архивировано (<https://web.archive.org/web/20230121222209/https://www.chipdip.ru/news/32768hz-quartz-resonators>) 21 января 2023 года.

Литература

- *Смагин А. Г., Ярославский М. И.* Пьезоэлектричество кварца и кварцевые резонаторы. — М.: «Энергия», 1970. — 488 с. — 6000 экз.
- *Альтшуллер Г. Б.* Кварцевая стабилизация частоты. — М.: «Связь», 1974. — 272 с. — 5600 экз.
- *Андросова В. Г., Банков В. Н., Дикиджи А. Н. и др.* Справочник по кварцевым резонаторам / Под ред. П. Г. Позднякова. — Связь, 1978. — 288 с. — 15 000 экз.
- *Глюкман Л. И.* Пьезоэлектрические кварцевые резонаторы. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1981. — 232 с. — 10 000 экз.
- *Зеленка И.* Пьезоэлектрические резонаторы на объёмных и поверхностных акустических волнах: Материалы, технология, конструкция, применение: Пер. с чешск. — М.: Мир, 1990. — 584 с. — 4050 экз. — ISBN 5-03-001086-6.
- *Ладик А. И., Сташкевич А. И.* Изделия электронной техники. Пьезоэлектрические и электромеханические приборы: Справочник. — М.: Радио и связь, 1993. — 104 с. — 3000 экз. — ISBN 5-256-01145-6, ISBN 5-256-00588-X.

Ссылки

- *Кварцевый генератор* — статья из *Большой советской энциклопедии*.
- *Хоменко И. В., Косых А. В.* Кварцевые резонаторы и генераторы. Учебное пособие. ([https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_quot_radio_devices_and_diagnostic_systems_quot/educational-materials/Radio_transmitter/Quartz_resonators_and_generators_\(tutorial\).pdf](https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_quot_radio_devices_and_diagnostic_systems_quot/educational-materials/Radio_transmitter/Quartz_resonators_and_generators_(tutorial).pdf)) Архивная копия ([https://web.archive.org/web/20181124003712/https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_quot_radio_devices_and_diagnostic_systems_quot/educational-materials/Radio_transmitter/Quartz_resonators_and_generators_\(tutorial\).pdf](https://web.archive.org/web/20181124003712/https://www.omgtu.ru/general_information/faculties/radio_engineering_department/department_quot_radio_devices_and_diagnostic_systems_quot/educational-materials/Radio_transmitter/Quartz_resonators_and_generators_(tutorial).pdf)) от 24 ноября 2018 на *Wayback Machine*

Источник — https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Кварцевый_резонатор&oldid=132623917

Эта страница в последний раз была отредактирована 28 августа 2023 в 07:05.

Текст доступен по лицензии Creative Commons «С указанием авторства — С сохранением условий» (CC BY-SA); в отдельных случаях могут действовать дополнительные условия.

Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации Фонд Викимедиа (Wikimedia Foundation, Inc.)