

# ГИБРИДНЫЙ ФИЛЬТР С ОДНИМ КВАРЦЕВЫМ И ДВУМЯ КЕРАМИЧЕСКИМИ РЕЗОНАТОРАМИ

Кулаков Владимир Геннадьевич

SPIN РИНЦ: 2111-7702

Контакт с автором: [kulakovvlge@gmail.com](mailto:kulakovvlge@gmail.com)

Данная статья продолжает тему об использовании гибридных фильтров для преобразования импульсного сигнала в синусоидальный. В статье рассматривается фильтр, содержащий в своем составе **один кварцевый** и **два керамических** резонатора.

Фильтр с более простой конструкцией, содержащий один керамический и один кварцевый резонатор, схема которого приведена на рисунке 1, хорошо работает при сопротивлении нагрузки, составляющем десятки килоом, однако если сопротивление нагрузки измеряется единицами килоом, форма сигнала заметно искажается.

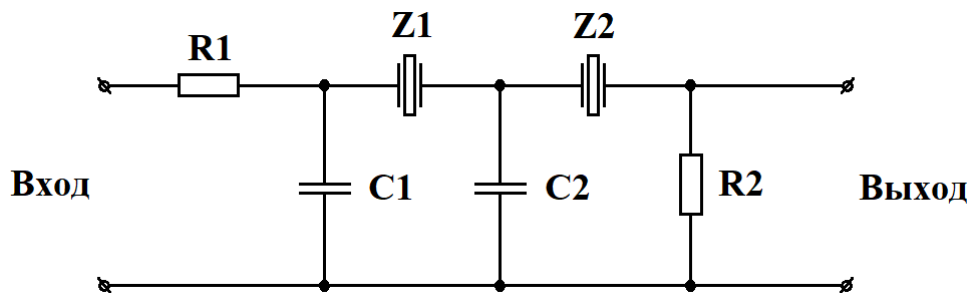


Рисунок 1. Схема гибридного фильтра, содержащего один керамический и один кварцевый резонатор

В качестве примера рассмотрим осциллограммы работы фильтра, построенного с использованием керамического резонатора, уже содержащего в своем составе шунтирующие конденсаторы (рисунок 2), при различных значениях сопротивления нагрузки  $R_2$ .

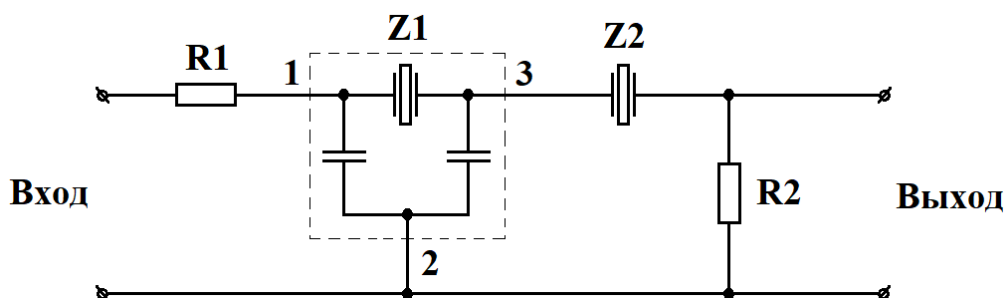


Рисунок 2. Схема гибридного фильтра при использовании керамического резонатора с встроенными конденсаторами

В приведенном примере будут использованы следующие элементы:

- Керамический резонатор типа ZTT 2.00MG с номинальной частотой 2 МГц и встроенными конденсаторами емкостью 30 пФ.
- Кварцевый резонатор типа HC-49U с номинальной частотой 2 МГц.
- Резистор R1 с сопротивлением 2 кОм.

На вход фильтра подается сигнал в форме меандра с частотой 2 МГц.

На рисунке 3 приведена осциллограмма, показывающая форму сигнала на выходе фильтра при использовании резистора R2 с сопротивлением 20 кОм. Как видно из осциллограммы, в этом случае форма сигнала синусоидальная.

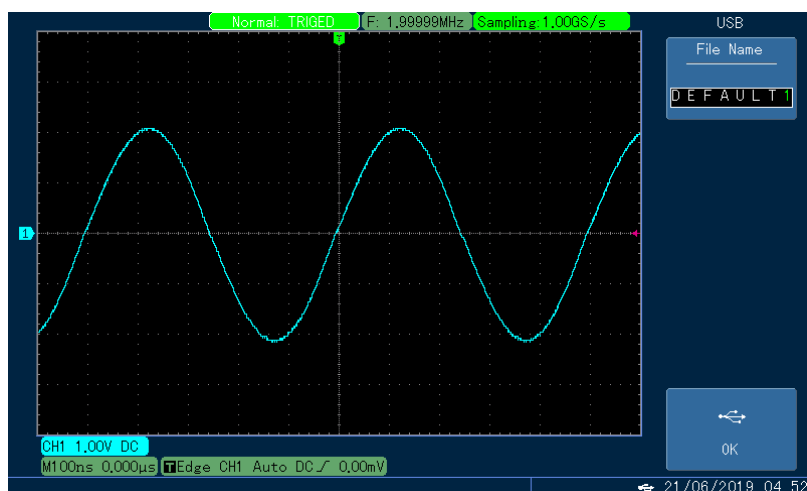


Рисунок 3. Форма сигнала на выходе фильтра с одним керамическим и одним кварцевым резонаторами при использовании резистора R2 с сопротивлением 20 кОм

Однако если уменьшить сопротивление резистора R2 до значения 2 кОм, то становится заметным искажение формы сигнала (рисунок 4).

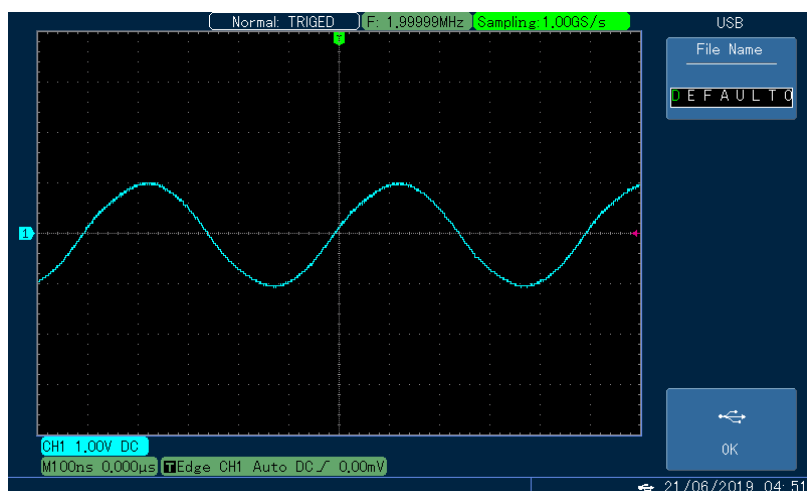


Рисунок 4. Форма сигнала на выходе фильтра с одним керамическим и одним кварцевым резонаторами при использовании резистора R2 с сопротивлением 2 кОм

Решить данную проблему можно, добавив в конструкцию фильтра еще один керамический резонатор (рисунок 5). Резонаторы  $Z1$  и  $Z3$  должны быть керамическими, а установленный между ними резонатор  $Z2$  – кварцевым. Номинальные частоты всех используемых в фильтре резонаторов должны быть **одинаковыми**. Емкость конденсаторов, шунтирующих керамические резонаторы, можно выбрать в соответствии с рекомендациями изготовителя этих резонаторов.

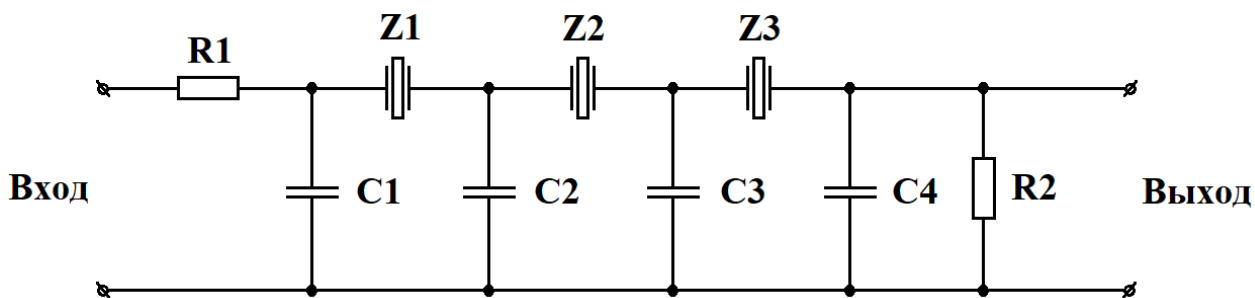


Рисунок 5. Схема гибридного фильтра, содержащего два керамических и один кварцевый резонатор

Если керамические резонаторы уже содержат встроенные шунтирующие конденсаторы, то никакие дополнительные конденсаторы использовать не нужно (рисунок 6).

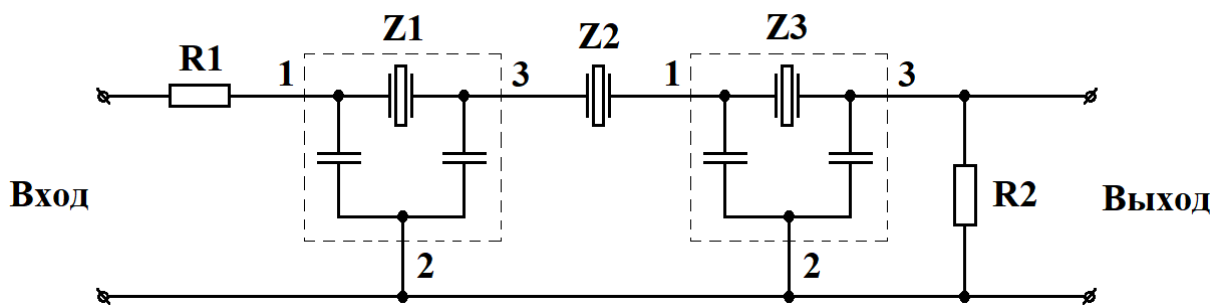


Рисунок 6. Схема гибридного фильтра при использовании двух керамических резонаторов с встроенными конденсаторами

Повторим эксперимент, используя фильтр, изображенный на рисунке 6, со следующими элементами:

- Керамические резонаторы  $Z1$  и  $Z3$  типа ZTT 2.00MG с номинальной частотой 2 МГц и встроенными конденсаторами емкостью 30 пФ.
- Кварцевый резонатор  $Z2$  типа HC-49U с номинальной частотой 2 МГц.
- Резистор  $R1$  с сопротивлением 2 кОм.

На вход фильтра подается сигнал в форме меандра с частотой 2 МГц.

На рисунке 7 приведена осциллограмма, показывающая форму сигнала на выходе фильтра при использовании резистора R2 с сопротивлением 20 кОм. Как видно из рисунка, в этом случае форма сигнала синусоидальная, а амплитуда сигнала практически такая же, как на осциллограмме, приведенной на рисунке 3. Следовательно, добавление в фильтр дополнительного керамического резонатора лишь незначительно снижает уровень выходного сигнала.

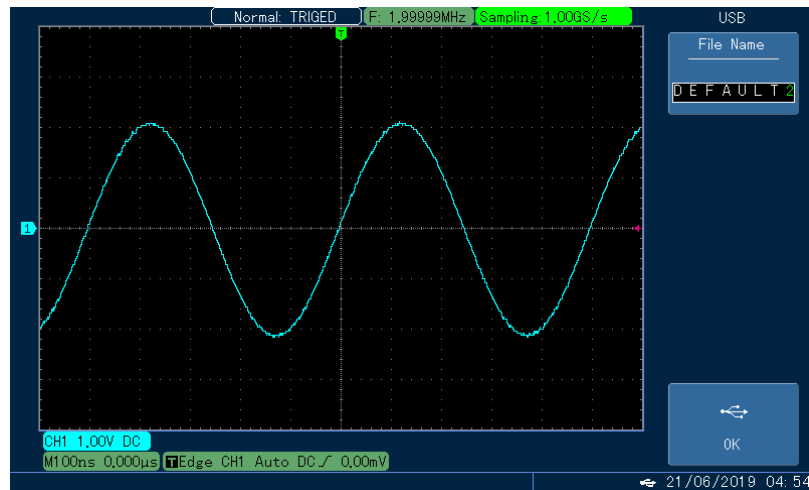


Рисунок 7. Форма сигнала на выходе фильтра с двумя керамическими и одним кварцевым резонаторами при использовании резистора R2 с сопротивлением 20 кОм

Уменьшим теперь сопротивление резистора R2 до значения 2 кОм и получим осциллограмму, показанную на рисунке 8.

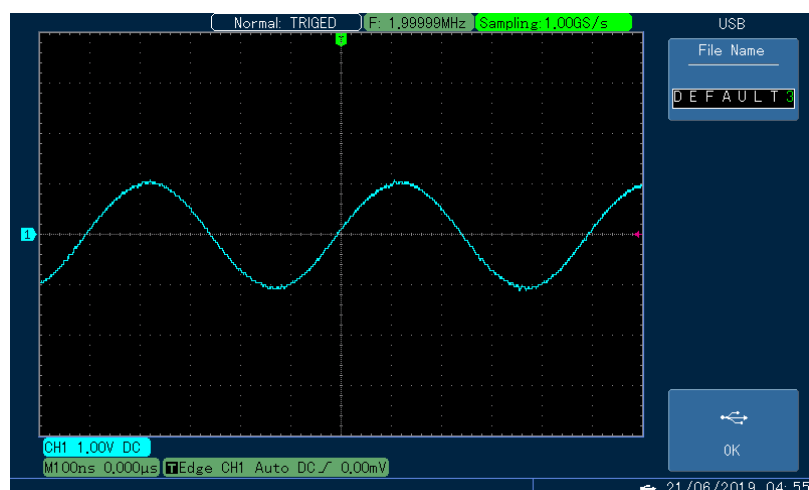


Рисунок 8. Форма сигнала на выходе фильтра с двумя керамическими и одним кварцевым резонаторами при использовании резистора R2 с сопротивлением 2 кОм

Как можно видеть из рисунка 8, амплитуда сигнала уменьшается в два раза (в следствие значительного падения напряжения на резисторе  $R_1$ ), но форма сигнала остается синусоидальной.

Таким образом, добавление в гибридный фильтр дополнительного керамического резонатора позволяет улучшить фильтрацию высших гармоник сигнала при низком сопротивлении нагрузки на выходе фильтра.

### **Список использованной литературы**

1. Кулаков В.Г. Простой высокочастотный генератор синусоидального сигнала. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200225082020.pdf> (дата обращения: 25.02.2020).
2. Кулаков В.Г. Применение керамических резонаторов для преобразования меандра в синусоидальный сигнал. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200621074046.pdf> (дата обращения: 21.06.2020).
3. Кулаков В.Г. Применение фильтра на керамических резонаторах для получения модулированного по амплитуде синусоидального сигнала. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200706164433.pdf> (дата обращения: 06.07.2020).
4. Кулаков В.Г. Гибридный фильтр с керамическим и кварцевым резонаторами. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200713073925.pdf> (дата обращения: 13.07.2020).
5. Кулаков В.Г. Генератор модулированного по амплитуде сигнала с гибридным фильтром. [Электронный ресурс]. URL: <http://new-idea.kulichki.net/pubfiles/200716073825.pdf> (дата обращения: 16.07.2020).

© В.Г. Кулаков, 2020