

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского**

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ И РАДИОФИЗИКИ

НАУЧНО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

«Активный перестраиваемый фильтр на основе конверторов сопротивления»

Выполнена студентом группы ФРМ-302-О-07

Григорьевой И.В.

Научный руководитель: Зам. нач. по научной работе, к.т.н. Яковлев А. Н.

Актуальность

Исторически сложилось так, что первые перестраиваемые фильтры были выполнены на LC-элементах, управляемые конденсаторами или катушками индуктивности. Однако, их габариты и параметры катушек препятствуют применению этих устройств на частотах ниже нескольких кГц. В связи с этим в данном диапазоне частот перестраиваемые фильтры целесообразно проектировать на основе ARC-схем, управление в которых осуществляют либо конденсаторы, либо резисторы переменного сопротивления. Однако в технической литературе вопросы практической реализации подобных фильтров остаются не до конца исследованными. К числу таких вопросов прежде всего относится выбор схем ARC-фильтров и элементов их перестройки. Поэтому решение вопросов, направленных на создание перестраиваемых фильтров СЧ диапазона, является актуальной задачей.

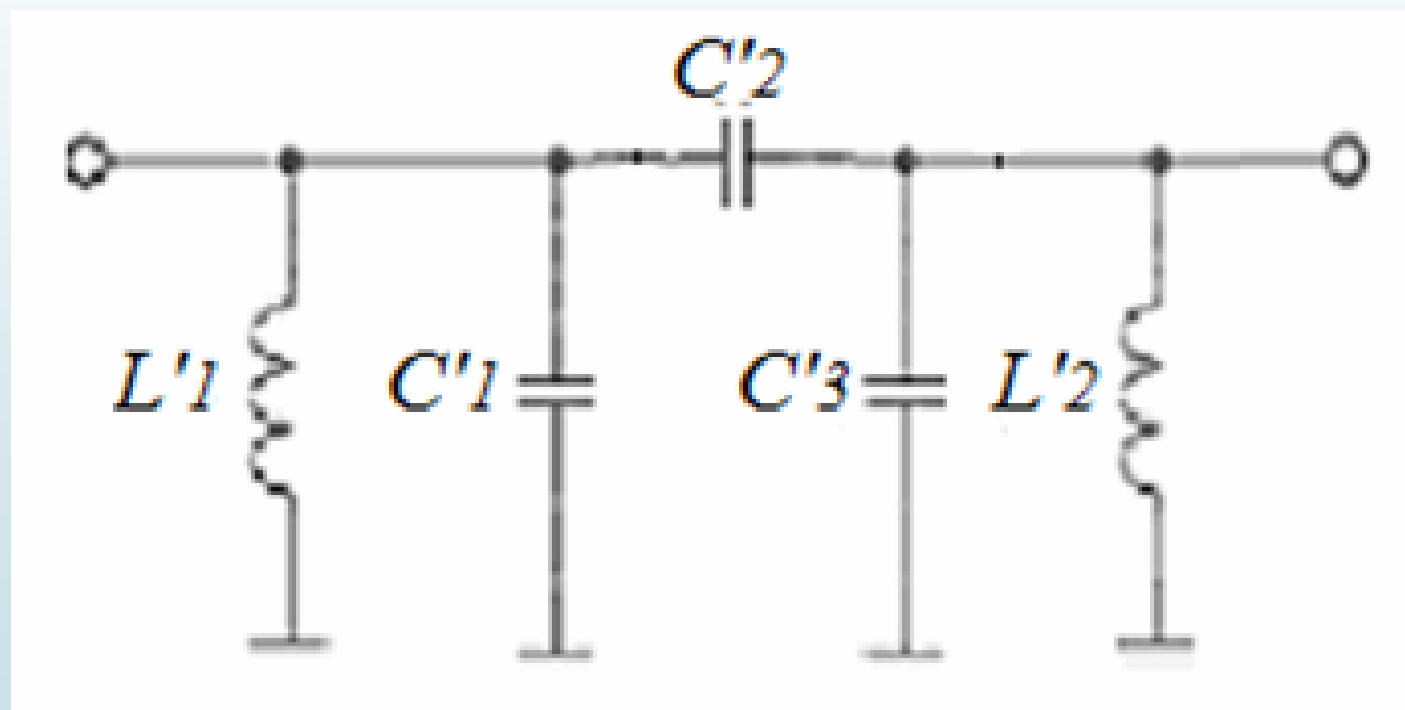


Техническое задание

Перестраиваемый фильтр

- диапазон частот от 165 до 550 Гц,
- сопротивление нагрузки 1 кОм,
- относительная полоса пропускания по уровню 3 дБ не менее 2,5 %
- потери в полосе пропускания не более 5 дБ,
- коэффициент прямоугольности по уровню 30 дБ не более 10.

Выбор схемы

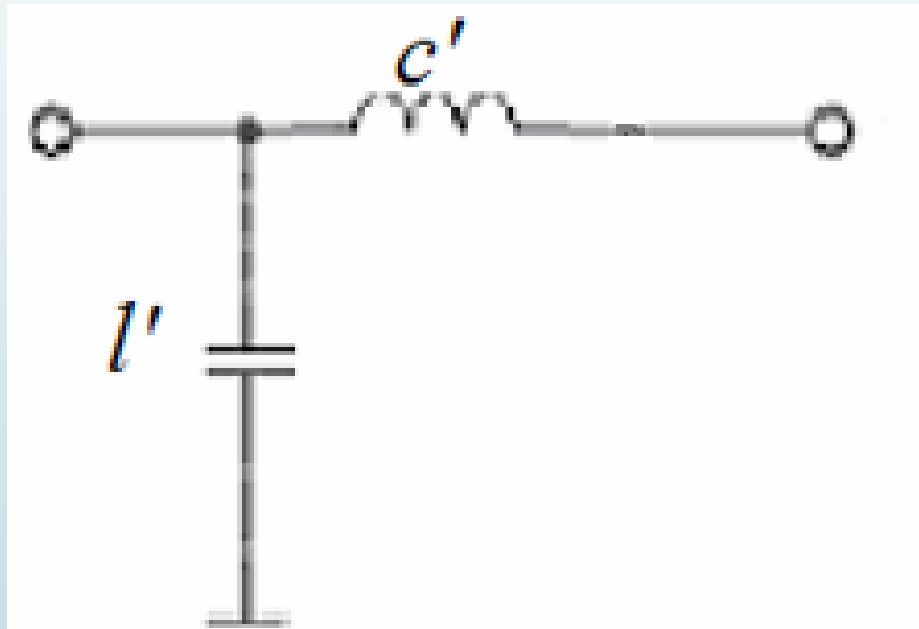


Фильтр-прототип




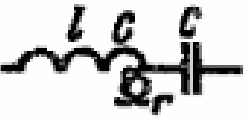
Фильтр Баттерворта нижних частот 2-го порядка

$$c' = 1,414$$

$$l' = 1,414$$



Реактансные преобразования

Фильтр-прототип нижних частот	Полосовой фильтр	
 	 	$c = \frac{1}{l} = ac'; \quad \tilde{\Omega}_r = 1$ $l = \frac{1}{c} = al'; \quad \tilde{\Omega}_r = 1$

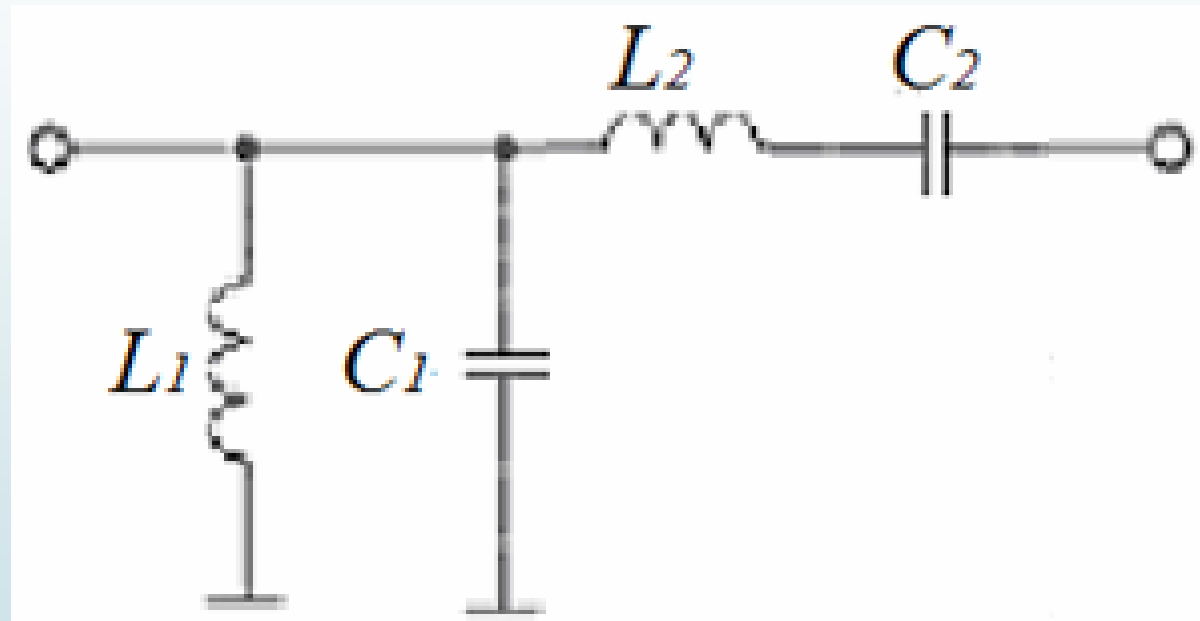
Полосовой фильтр

$$C_1 = 29 \text{ мкФ},$$

$$L_1 = 9,5 \text{ мГн},$$

$$L_2 = 29 \text{ Гн},$$

$$C_2 = 9,5 \text{ нФ}.$$



Полосовой фильтр с инвертором сопротивлений

$$k = \sqrt{Z_1 Z_2} = 997$$

$$c = \frac{1}{\omega k} = 0,53$$

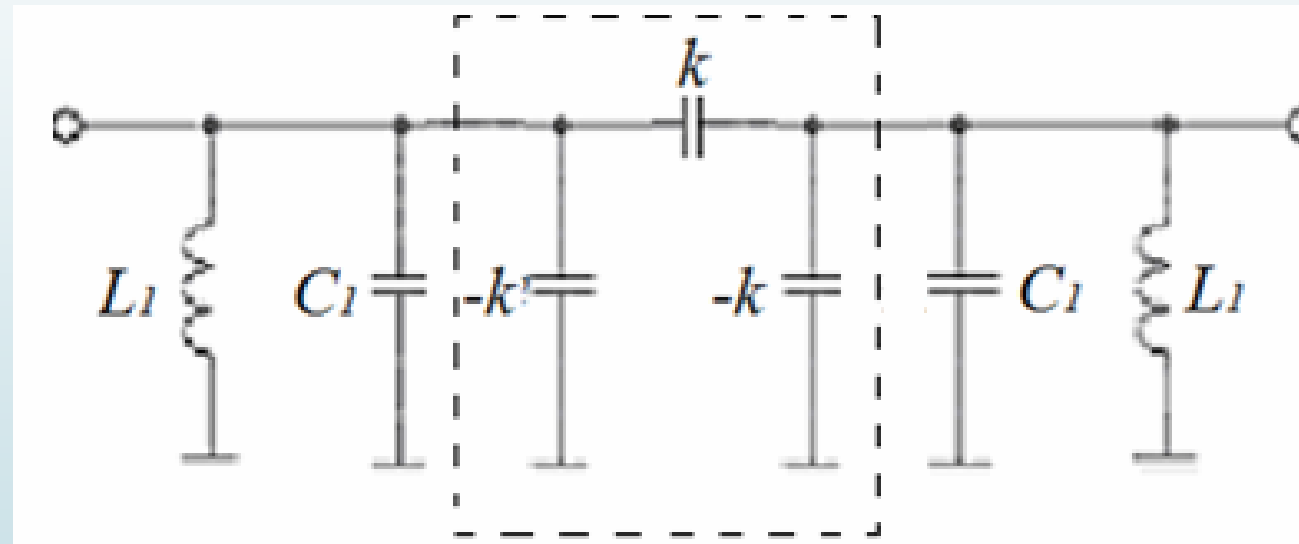
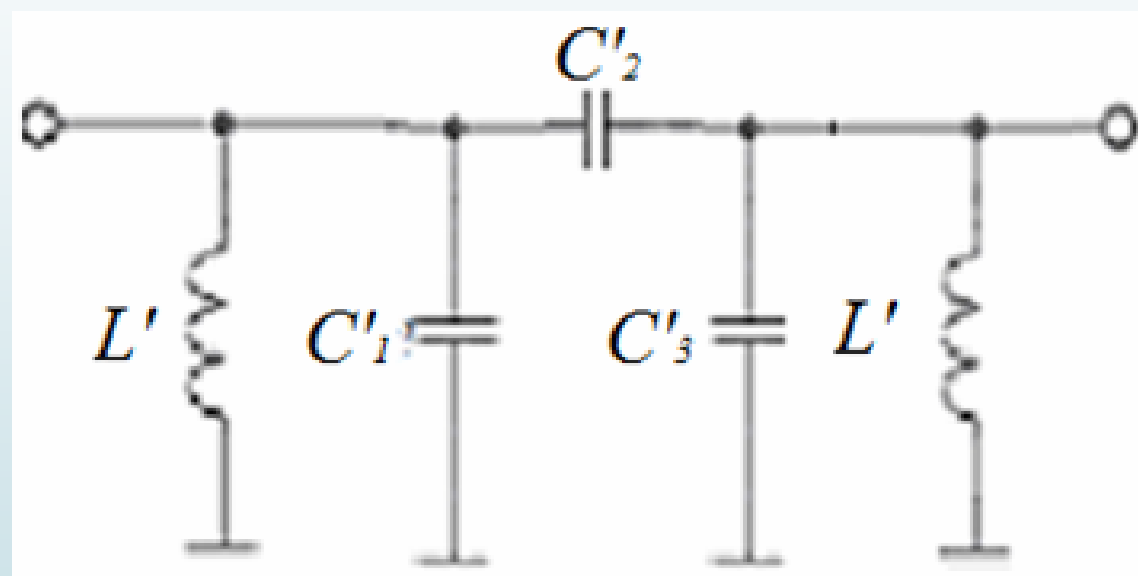


Схема симметричного полосового LC-фильтра

$$C'_1 = C'_3 = 28,5 \text{ мкФ},$$

$$C'_2 = 0,53 \text{ мкФ},$$

$$L' = L'_1 = L'_2 = 9,5 \text{ мГн}.$$



Активный аналог катушки индуктивности в виде КОС

$$L' = \frac{C' R_2 R_4 R_1}{K_2} = 9,5 \text{ мГн},$$

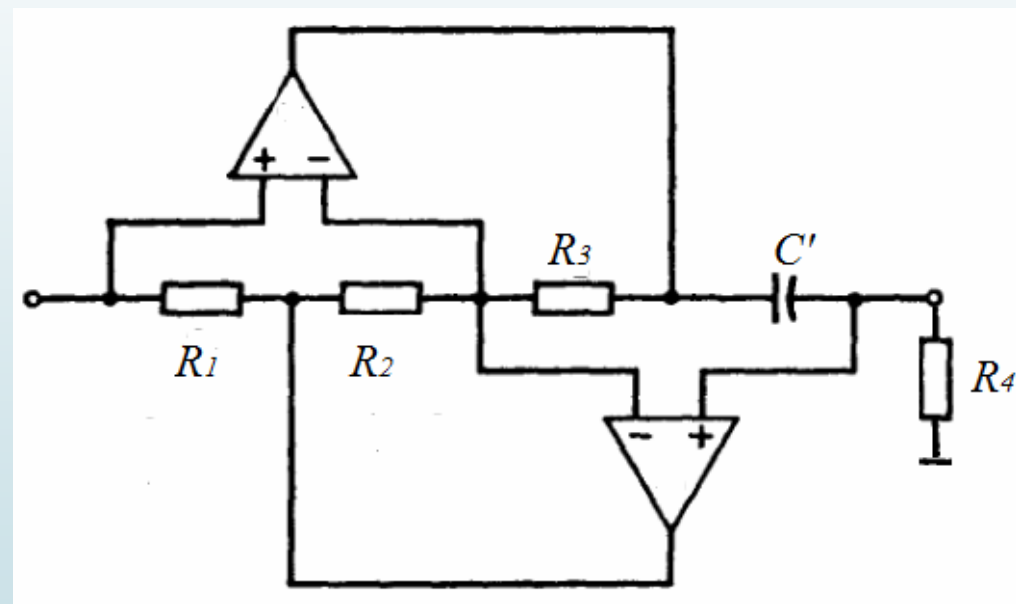
Добротность максимальна

при условии $R_2 = R_3$,

$$C' = \frac{L'}{R_4 R_1} = 1,9 \text{ нФ},$$

$$R_4 = 5 \text{ кОм},$$

$$R_1 = 1 \text{ кОм}.$$



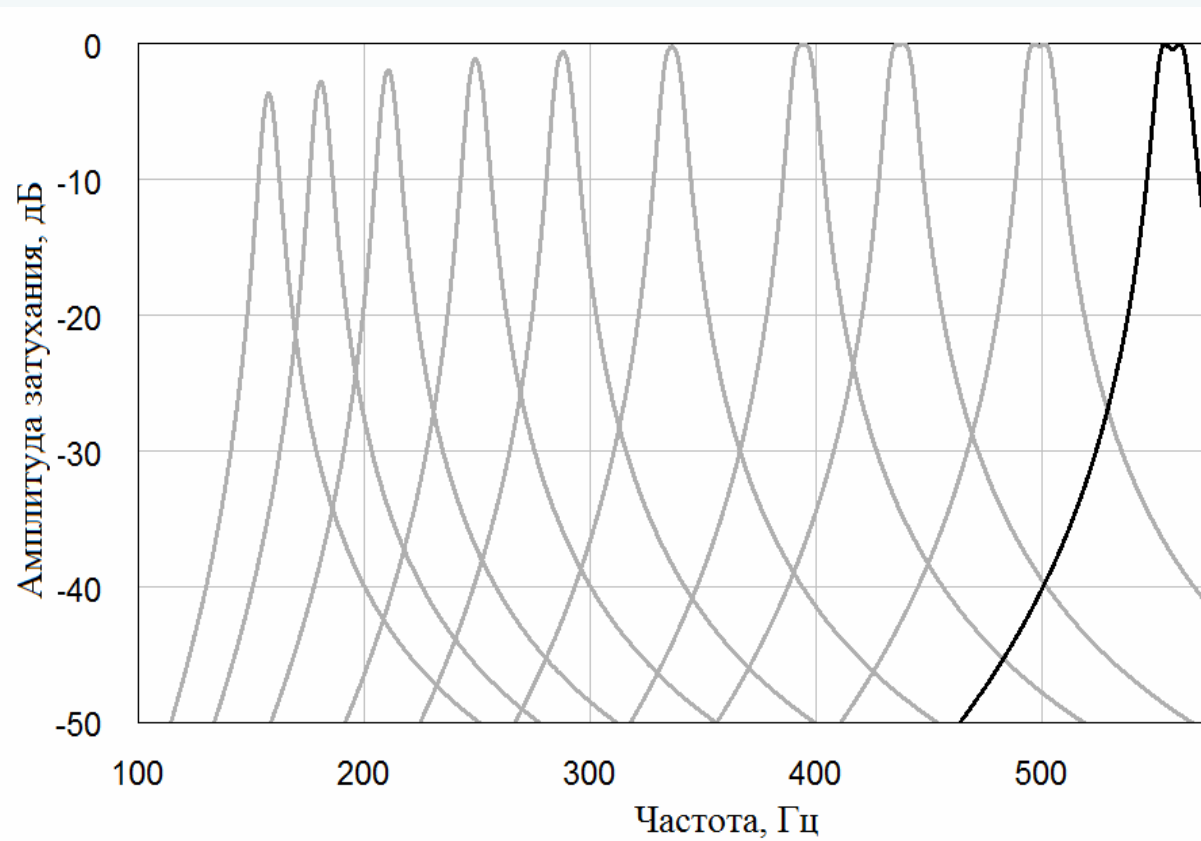


Выбор активных элементов

- В качестве переменного сопротивления выбрали потенциометр AD5290 фирмы Analog Devices, сопротивление которого имеет 256 значений и изменяется до 50 кОм. Высокое напряжение питания равное ± 15 В и нормированный уровень нелинейных искажений этого потенциометра позволяет обеспечить высокий динамический диапазон.
- В качестве усилителей выбрали микросхему К140УД25А с напряжением питания равным ± 15 В и коэффициентом усиления – 10^6 , скоростью нарастания выходного напряжения – 1,7 В/мкс.

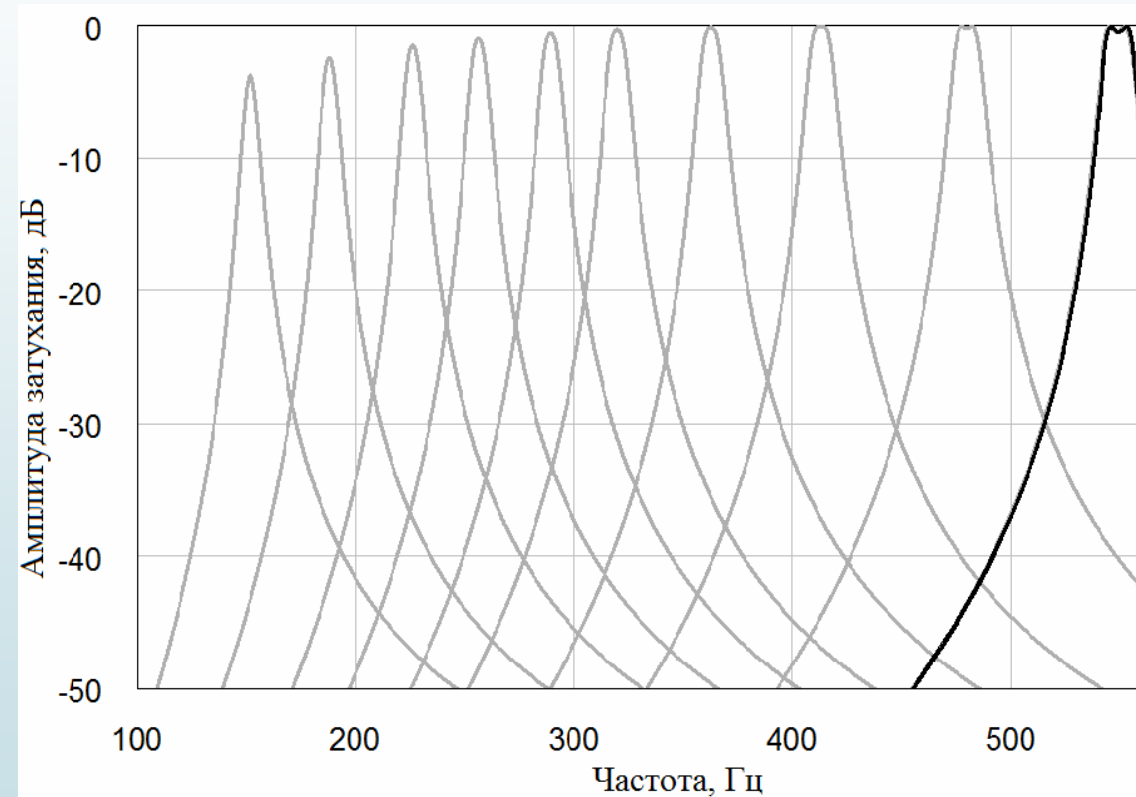
Моделирование идеального полосового LC-фильтра

Диапазон перестройки
от 150 до 550 Гц, при этом
вносимое затухание в ПП
от 0 до 3,6 дБ, относительная
ПП составила величины
от $(2,6 \div 3,7) \%$, коэффициент
прямоугольности
не превышает 7,8.

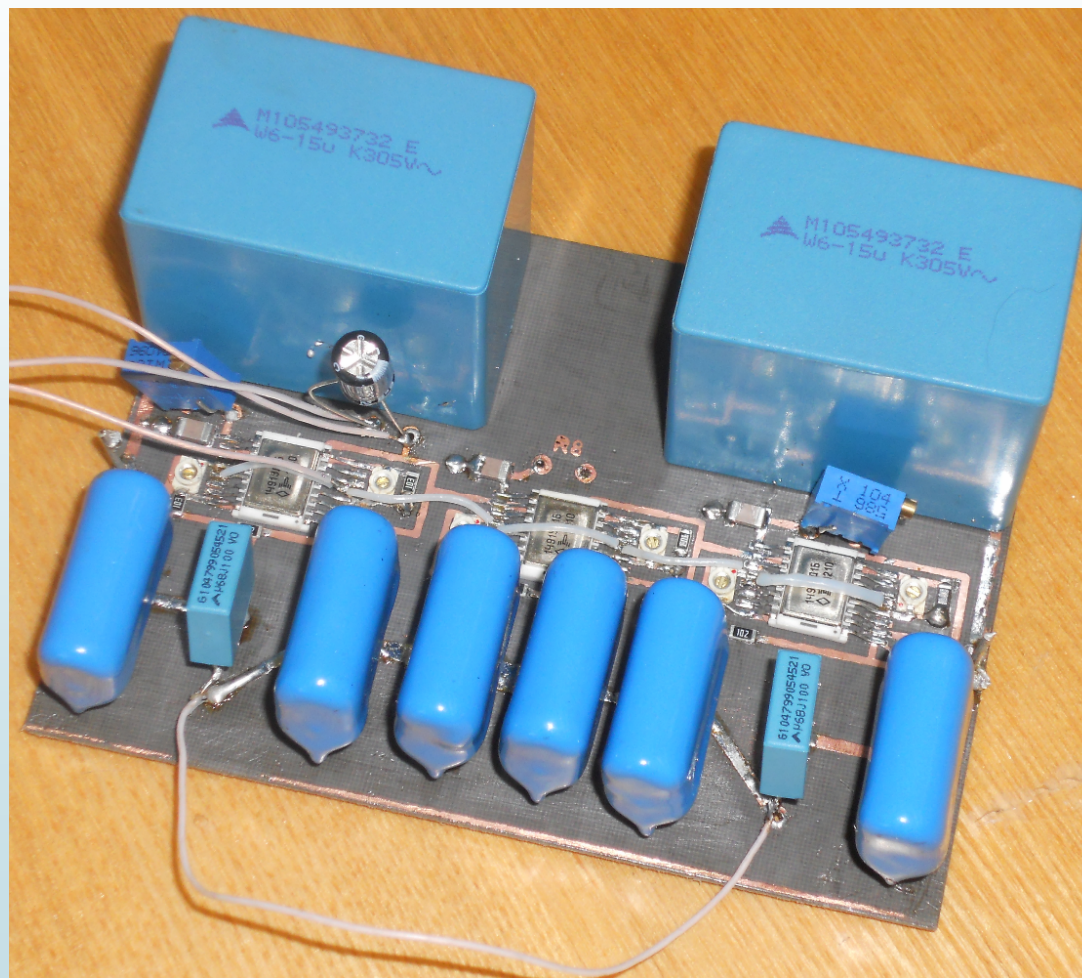


Моделирование идеального полосового АРС-фильтра

Диапазон частот от 150 до 550 Гц, при этом его ПП варьируется в пределах от 2,6 до 3,9 %, вносимое затухание от 0 до 3,7 дБ, а коэффициент прямоугольности изменяется от 5 до 8,1.

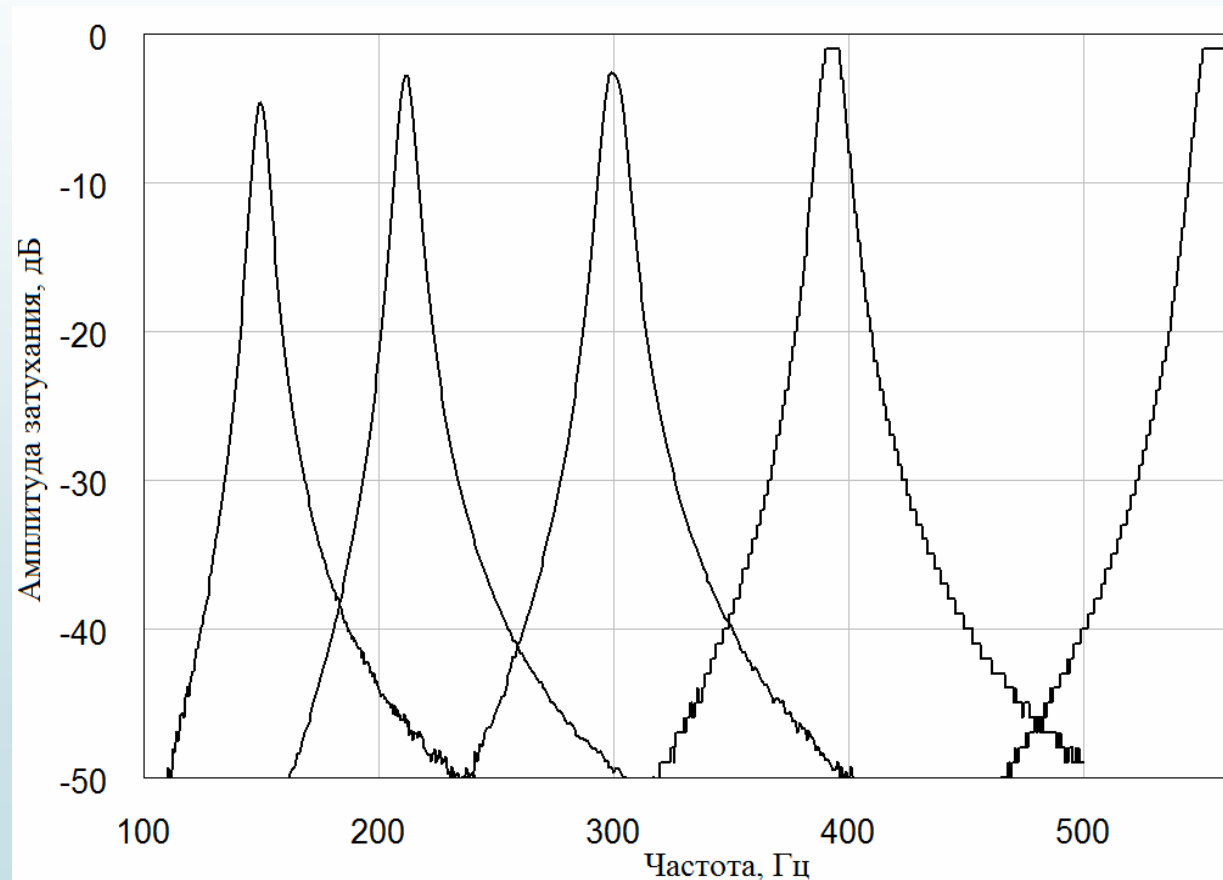


Опытный образец



АЧХ опытного образца

Диапазон перестройки от 150 до 550 Гц, при этом вносимые потери фильтра изменяются от 1 до 4,6 дБ, относительная ПП составила $(2,7 \pm 0,2) \%$, коэффициент прямоугольности не превышает 7,4.



Заключение

В ходе проведённой работы показана актуальность создания перестраиваемых фильтров, предназначенных для работы в СЧД диапазоне. Рассмотрены методы проектирования таких фильтров, их возможные реализации и проведен выбор элементов перестройки.

Проведенный анализ показал, что реализация перестраиваемых фильтров с низкими потерями в полосе пропускания, предназначенных для работы в СЧД диапазоне наиболее целесообразна в виде ARC-схем, выполненных на основе метода элементной имитации с использованием конверторов обобщенного сопротивления Антонио-Риордана.

Был проведен выбор и расчет схемы перестраиваемого ARC-фильтра, его компьютерное моделирование и экспериментальная проверка. Результаты расчета и эксперимента показали высокую корреляцию.

Это позволяет говорить о достоверности теоретических результатов и показывает возможность реализации перестраиваемых фильтров СЧД диапазона с низкими потерями и высокой избирательностью.



Спасибо за внимание!