

**Разработка ФНЧ СВЧ
диапазона, выполненного на
основе микрополосковых
линий передачи с постоянным
входным сопротивлением**

**Выполнила
студентка группы ФРМ-702-О
Гирько Кристина Геннадьевна**

Цель работы: исследовать возможности реализации ФНЧ СВЧ диапазона с постоянным входным сопротивлением

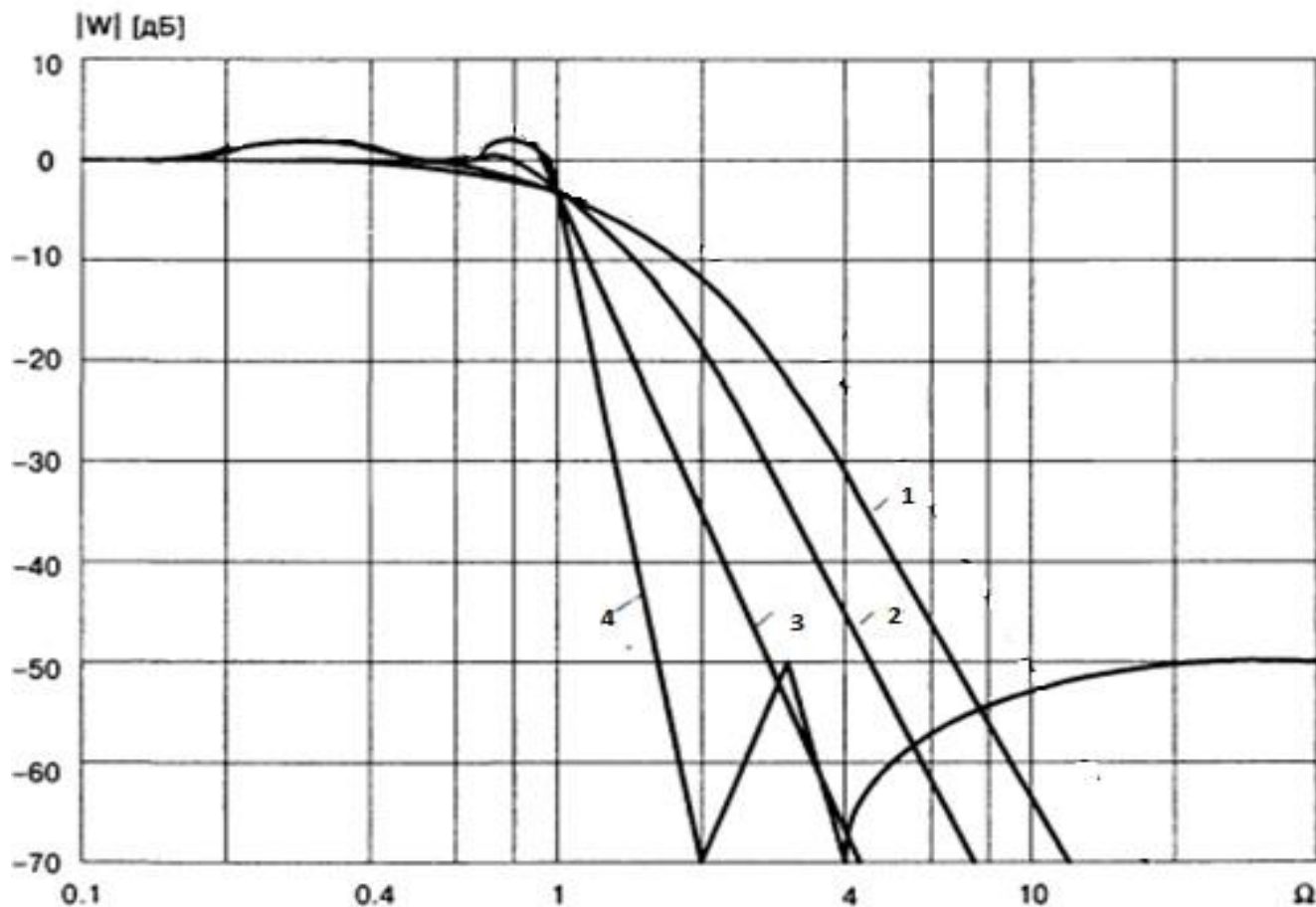
- Задачи:**
- 1)осуществить выбор материала для ЛП;
 - 2)провести расчет схемы фильтра, т.е. определить его порядок и значения прототипов;
 - 3)ввести корректирующую цепь в виде резистора и конденсатора;
 - 4)провести расчет конструктивных параметров фильтра и корректирующей цепи;
 - 5)провести схемотехническое и электромагнитное моделирования фильтра с корректирующей цепью в программе AWR;
 - 6) проанализировать полученные в ходе схемотехнического и электромагнитного моделирований графики АЧХ и входного сопротивления фильтра.

Все существующие фильтры делят на 4 основных типа:

1. Фильтры верхних частот (ФВЧ);
2. Полосно-пропускающие фильтры(ППФ);
3. Режекторные фильтры;
4. Фильтры нижних частот (ФНЧ).

1. Фильтры Чебышева
2. Фильтры Баттерворта
3. Фильтры Бесселя
4. Эллиптические (Кауэра)
фильтры

АЧХ фильтров



1- фильтр Бесселя; 2- фильтр Баттерворта; 3- фильтр Чебышева; 4- эллиптический фильтр

Способы реализации ФНЧ

- Сосредоточенные LC-фильтры
- Волноводы
- Элементы с квазисосредоточенными параметрами

Типы линий передачи

1. Симметричная полосковая линия
2. Микрополосковая линия
3. Щелевая линия
4. Компланарная линия

- Квазисосредоточенные емкостные элементы

- Квазисосредоточенные индуктивные элементы

Материалы для линий передач

Материал диэлектрика	Диэлектрическая постоянная ϵ_r	Тангенс угла диэлектрических потерь, $\operatorname{tg}\delta$.
Боросиликатное стекло	4,6	$6,2 \cdot 10^{-3}$
Корундовая керамика типа «Поликор»	9,8	$1 \cdot 10^{-4}$
Кварцевое стекло	4	От $2,5 \cdot 10^{-3}$ до $6 \cdot 10^{-4}$
<u>Ситаллы</u> СТ-32-1;	10	$4 \cdot 10^{-4}$
СТ-38-1;	7,37	$6 \cdot 10^{-4}$
СТ-50-1;	8,2	$5 \cdot 10^{-3}$

Расчет схемы фильтра

Определение порядка фильтра и значений прототипов

Запишем исходные данные:

частота среза

$$f_c = 1800 \text{ МГц}$$

сопротивление нагрузки

$$R_n = 50 \text{ Ом}$$

максимальное затухание в полосе пропускания

$$A_n = 3 \text{ дБ}$$

заданное затухание в полосе задерживания

$$A_s = 40 \text{ дБ}$$

коэффициент прямоугольности

$$K_{п 3/40} \leq 3$$

АЧХ фильтра нижних частот

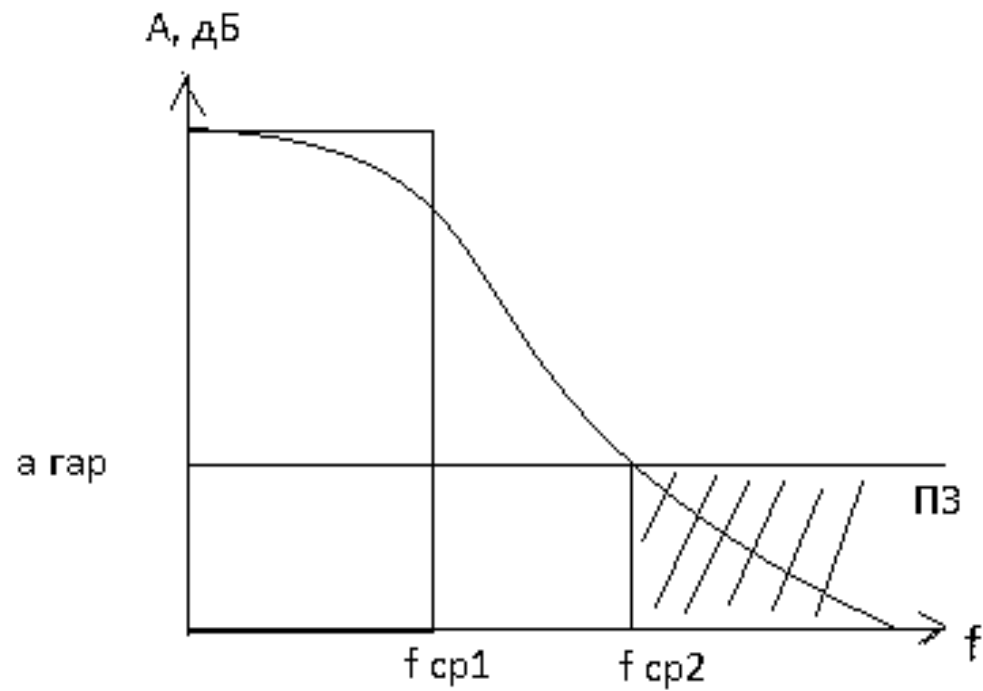
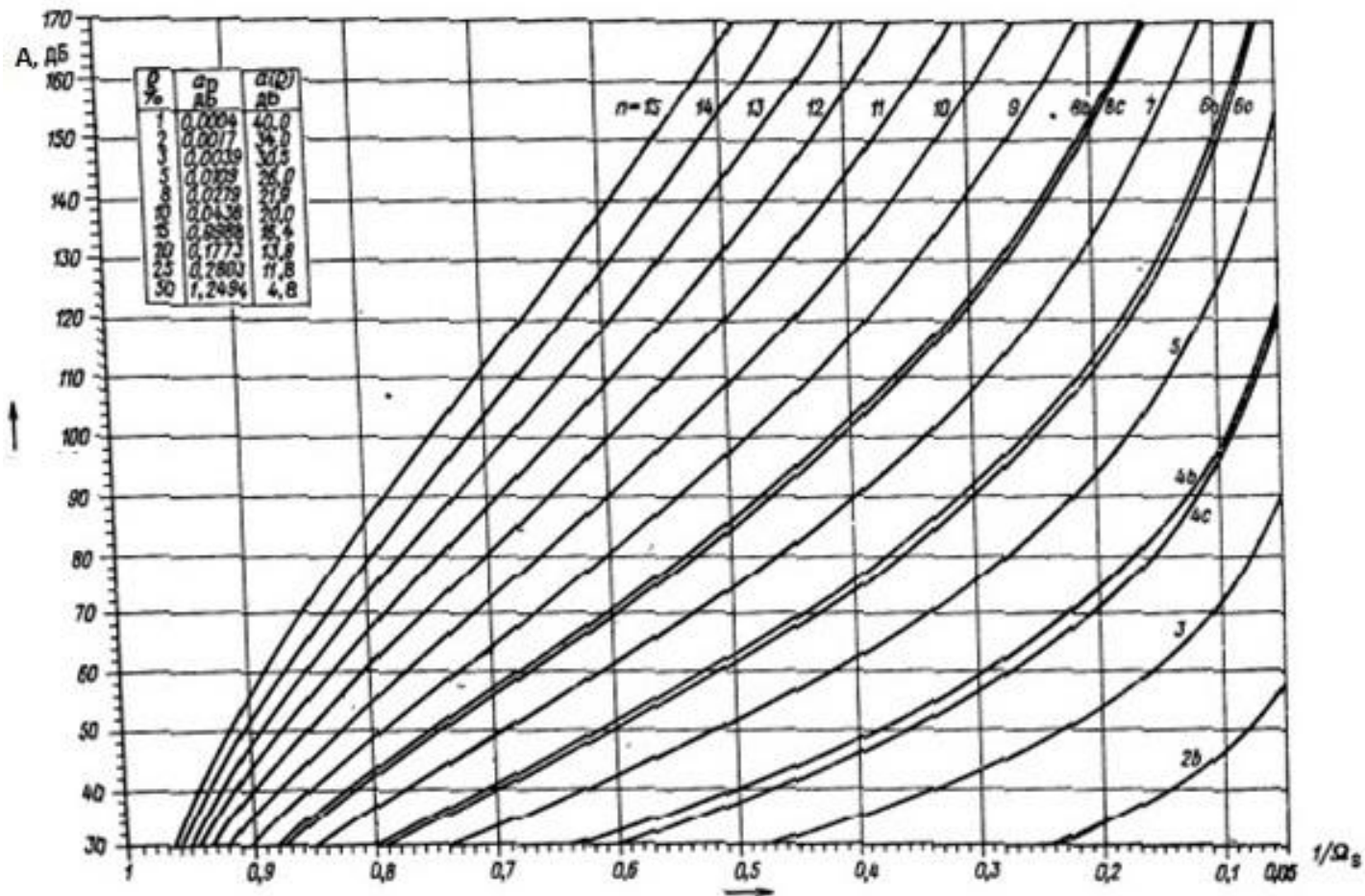


Диаграмма для оценки порядка фильтров Чебышева нижних частот



Нормированные значения индуктивностей и емкостей

ϵ	Ω_s	a_s dB	U	l_{2U-1}	C_{2U}
Т (Чебышева)	1	1,301894	1,345558
			2	2,128570	1,345558
			3	1,301894	

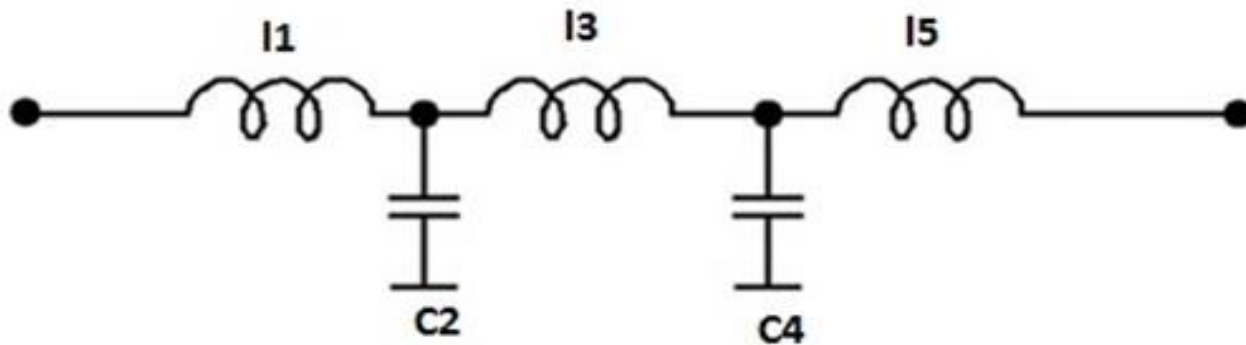


Схема фильтра нижних частот 5го порядка

Нормирующая индуктивность:

$$L_0 = \frac{R}{2\pi f_c} = \frac{50}{6,28 \times 1800 \times 10^6} = 4,42 \text{ нГн}$$

Нормирующая емкость:

$$C_0 = \frac{1}{2\pi f_c R} = \frac{1}{6,28 \times 1800 \times 10^6 \times 50} = 1,76 \text{ пФ}$$

Денормированные значения емкостей и индуктивностей

$$L_1 = L_5 = L_0 \times l_1 = 4,42 \times 1,31 = 5,79 \text{ нГн}$$

$$L_3 = L_0 \times l_3 = 4,42 \times 2,12 = 9,37 \text{ нГн}$$

$$C_2 = C_4 = C_0 \times c_2 = 1,76 \times 1,34 = 2,36 \text{ пФ}$$

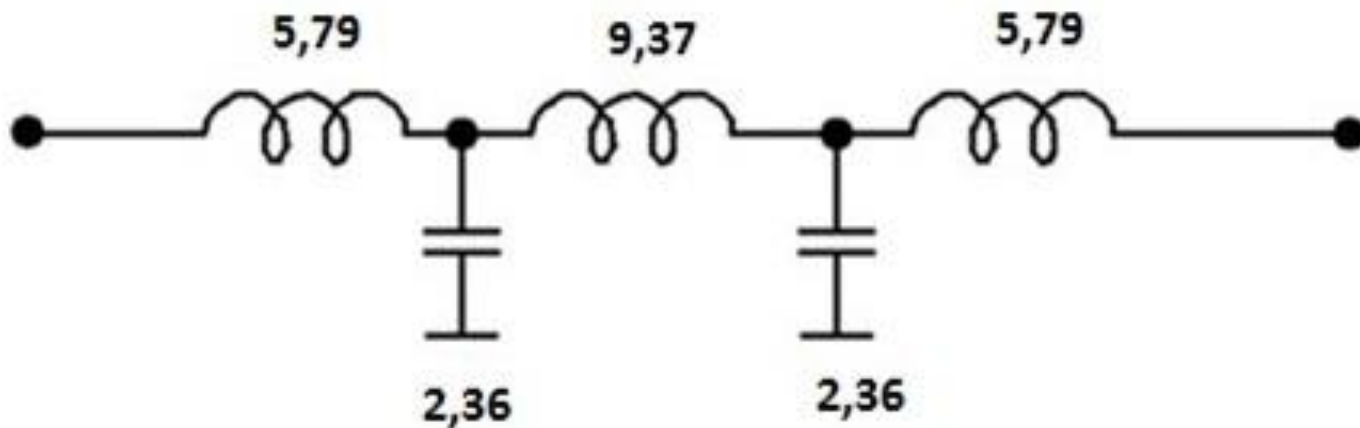
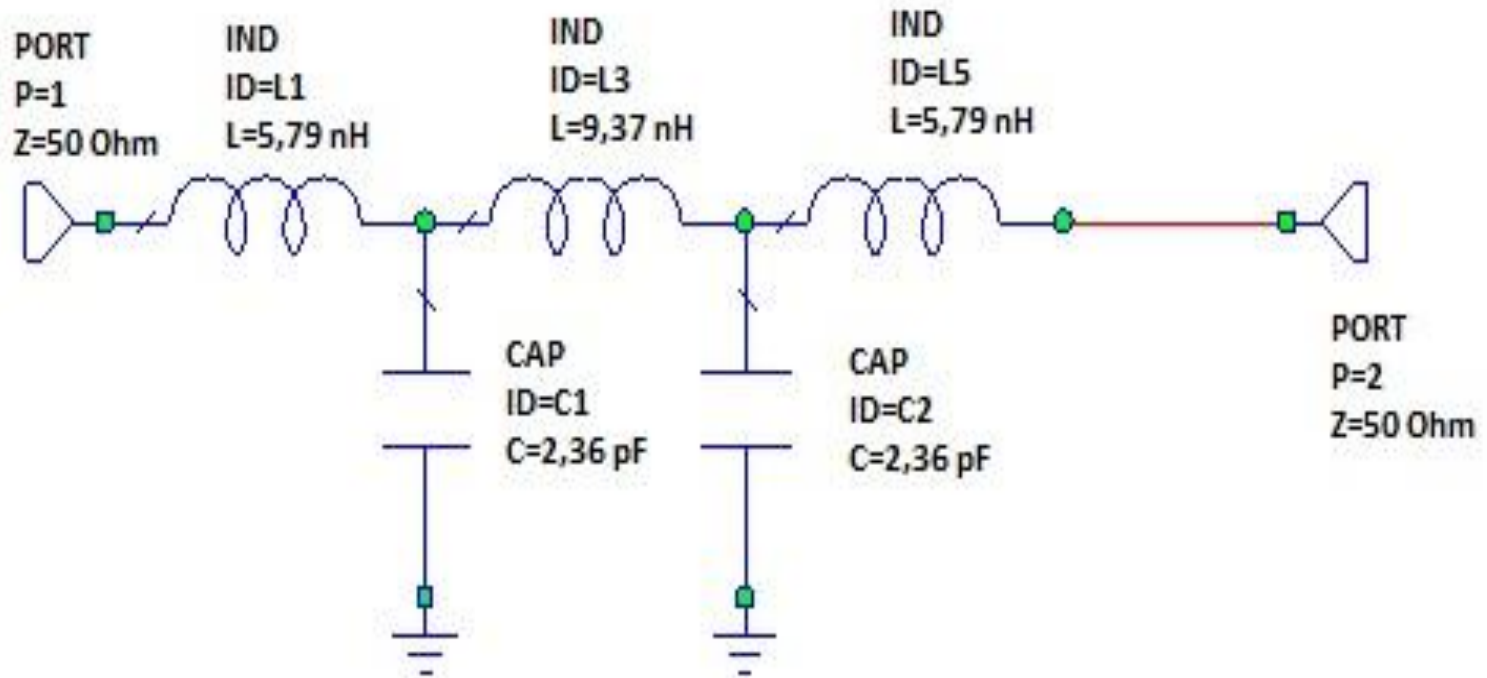


Схема фильтра нижних частот 5го порядка

Схема ФНЧ 5го порядка



Графики АЧХ и входного сопротивления ФНЧ без корректирующей цепи

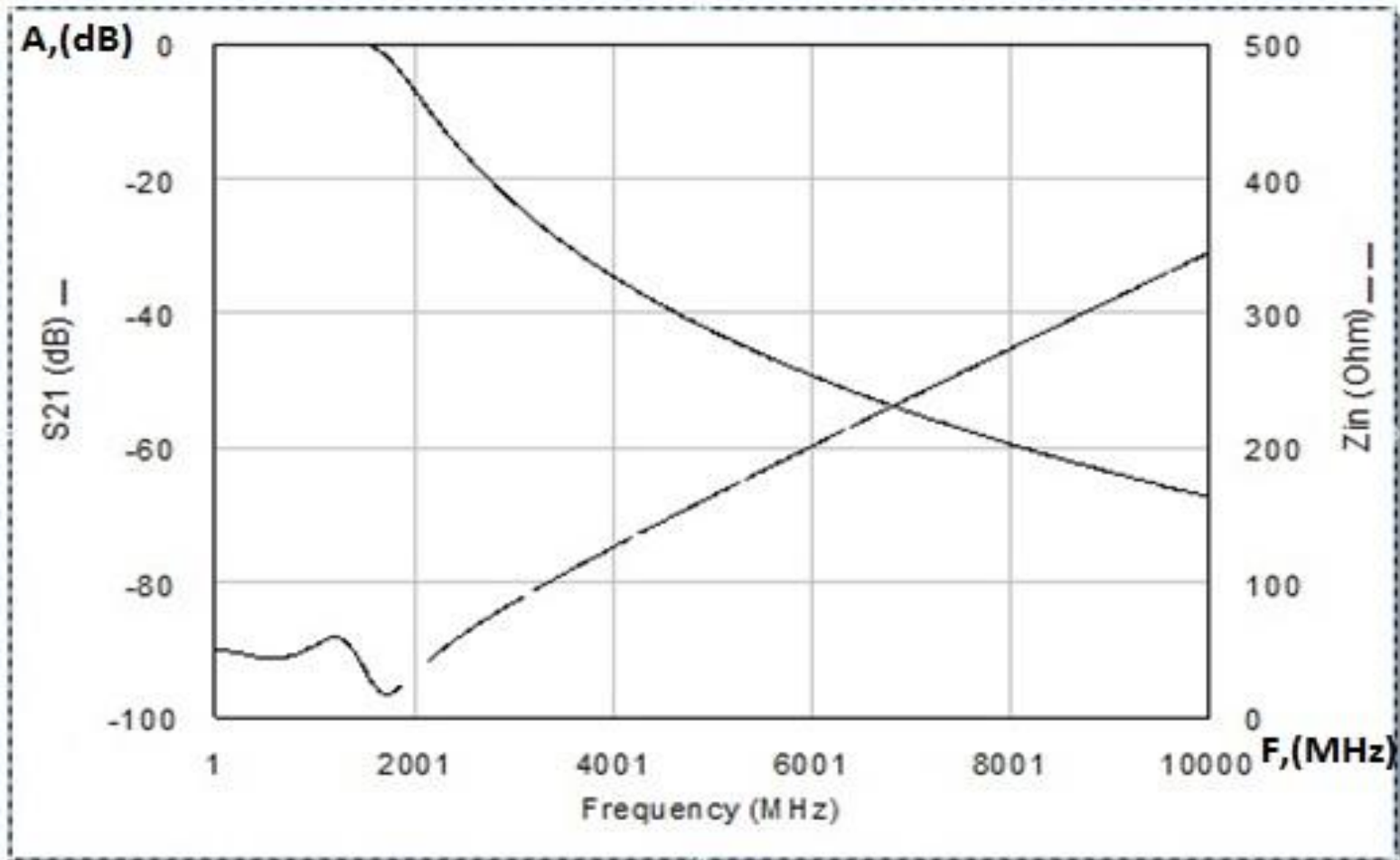
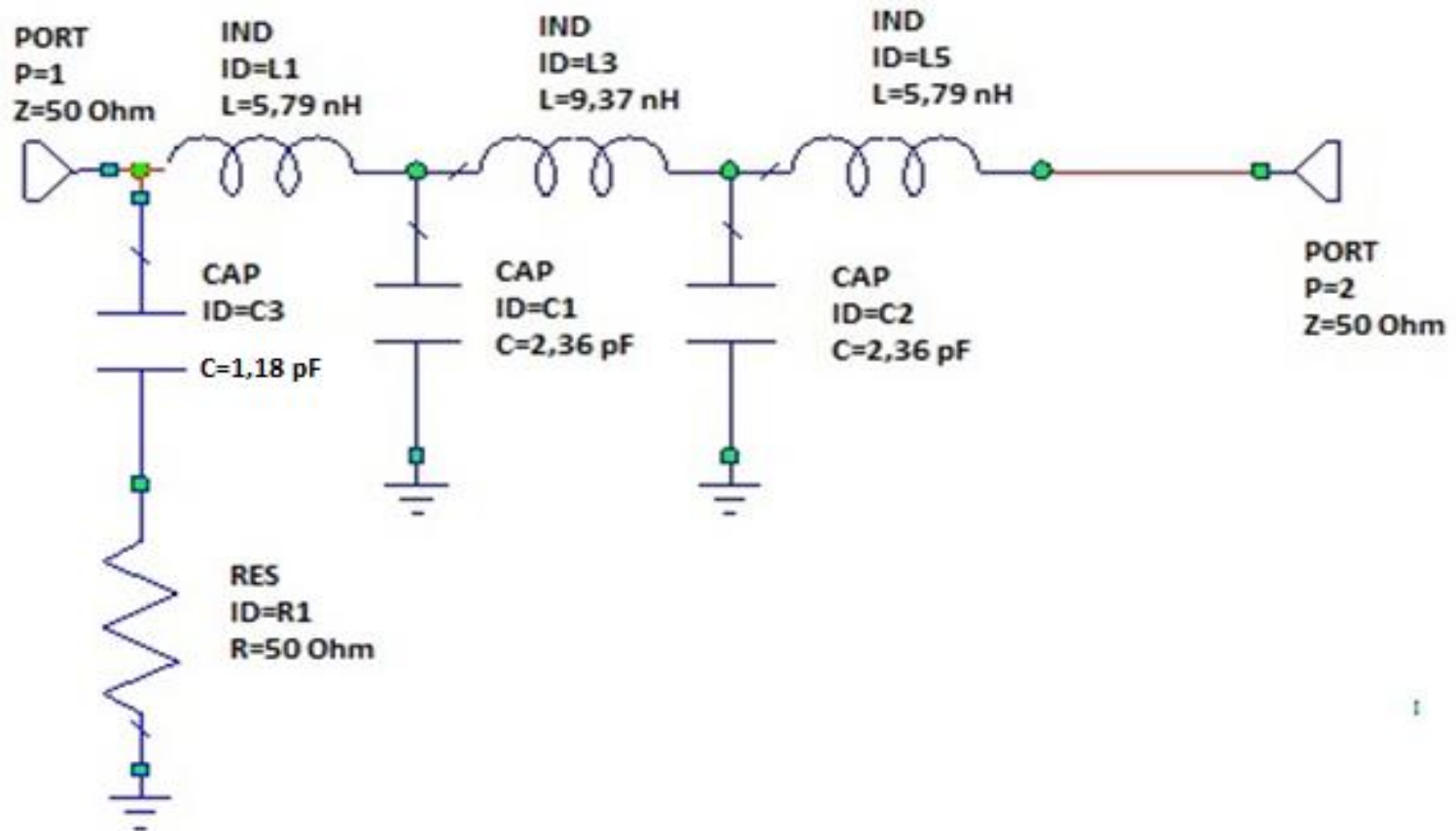
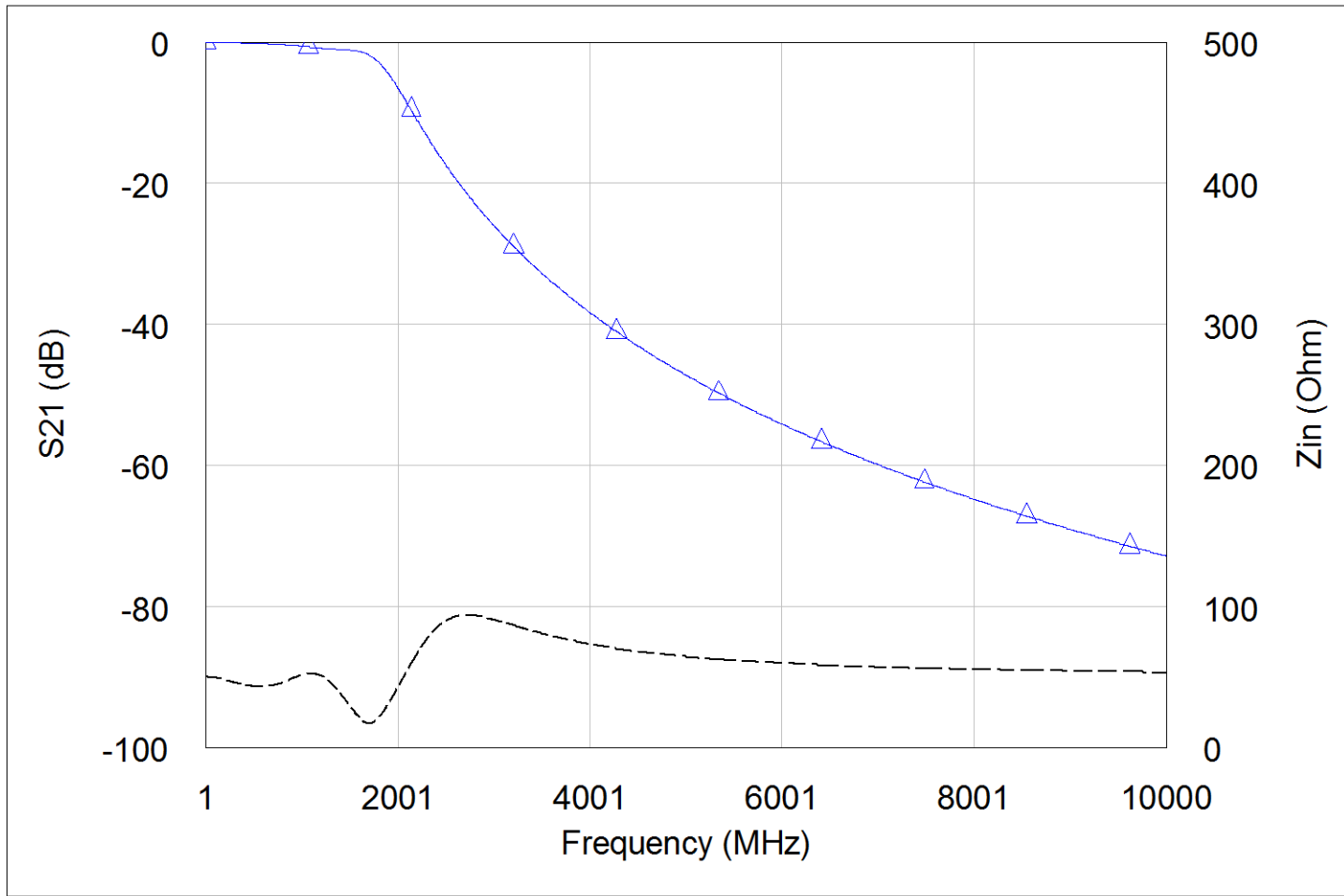


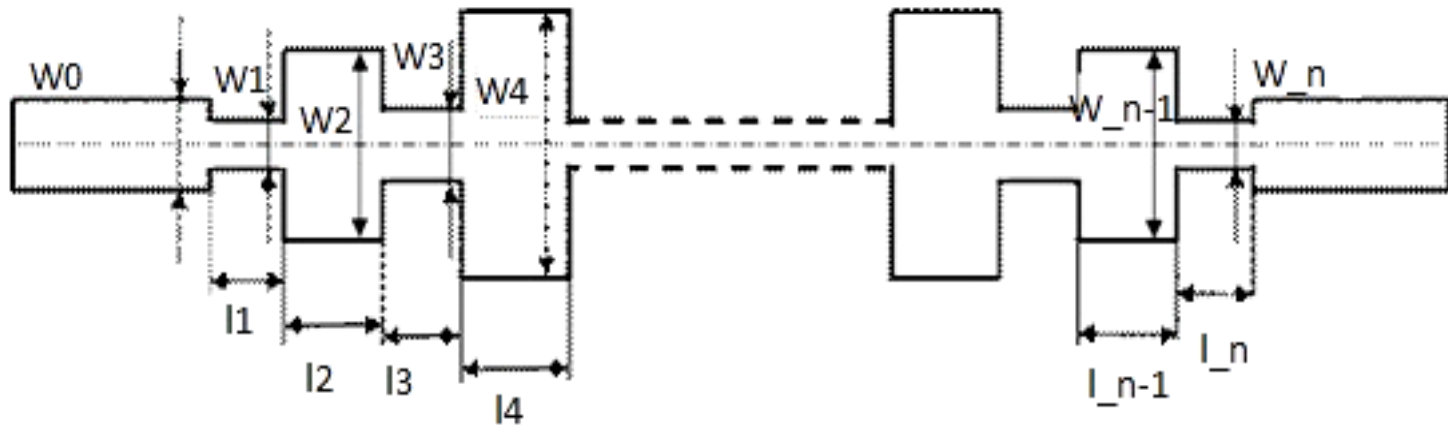
Схема ФНЧ 5го порядка с корректирующей цепью



Графики АЧХ и входного сопротивления ФНЧ с корректирующей цепью



Топология фильтра нижних частот



$$W_L = \left(\frac{377}{70\sqrt{9.8}} - 1,57 \right) \times 1 = 0.10 \text{ MM}$$

$$W_c = \left(\frac{377}{14\sqrt{9.8}} - 1,57 \right) \times 1 = 4,25 \text{ MM}$$

$$W_0 = \left(\frac{377}{50\sqrt{9.8}} - 1,57 \right) \times 1 = 0.97 \text{ MM}$$

$$l_1 = l_5 = 4,05 \text{ MM}$$

$$l_3 = 9,14 \text{ MM}$$

$$l_2 = l_4 = 5,73 \text{ MM}$$

Размеры резистора

$$b = \frac{1}{K_{\phi}} = 3,05 \text{ мм}$$

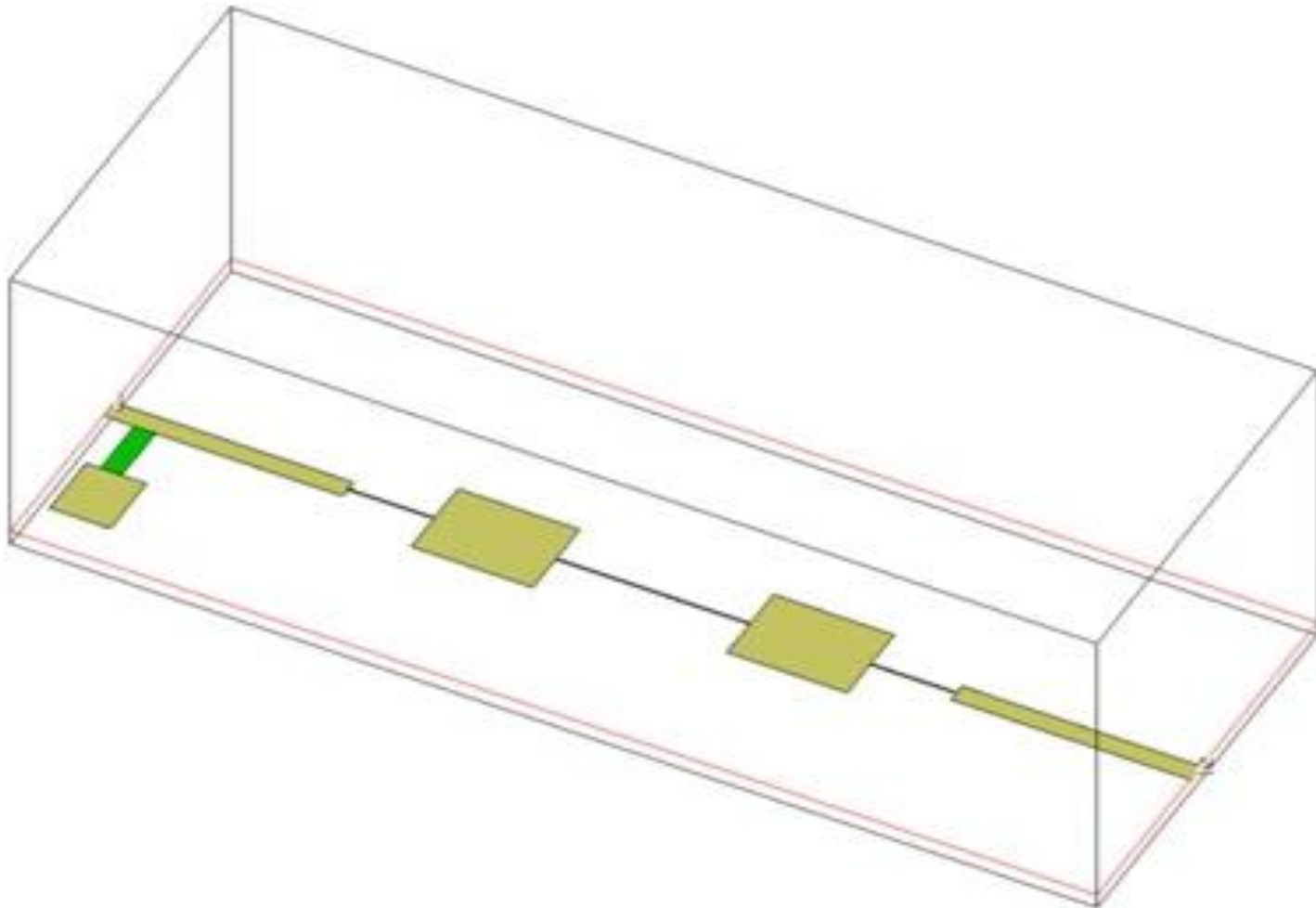
$$l = b \times K_{\phi} = 1 \text{ мм}$$

Размеры конденсатора

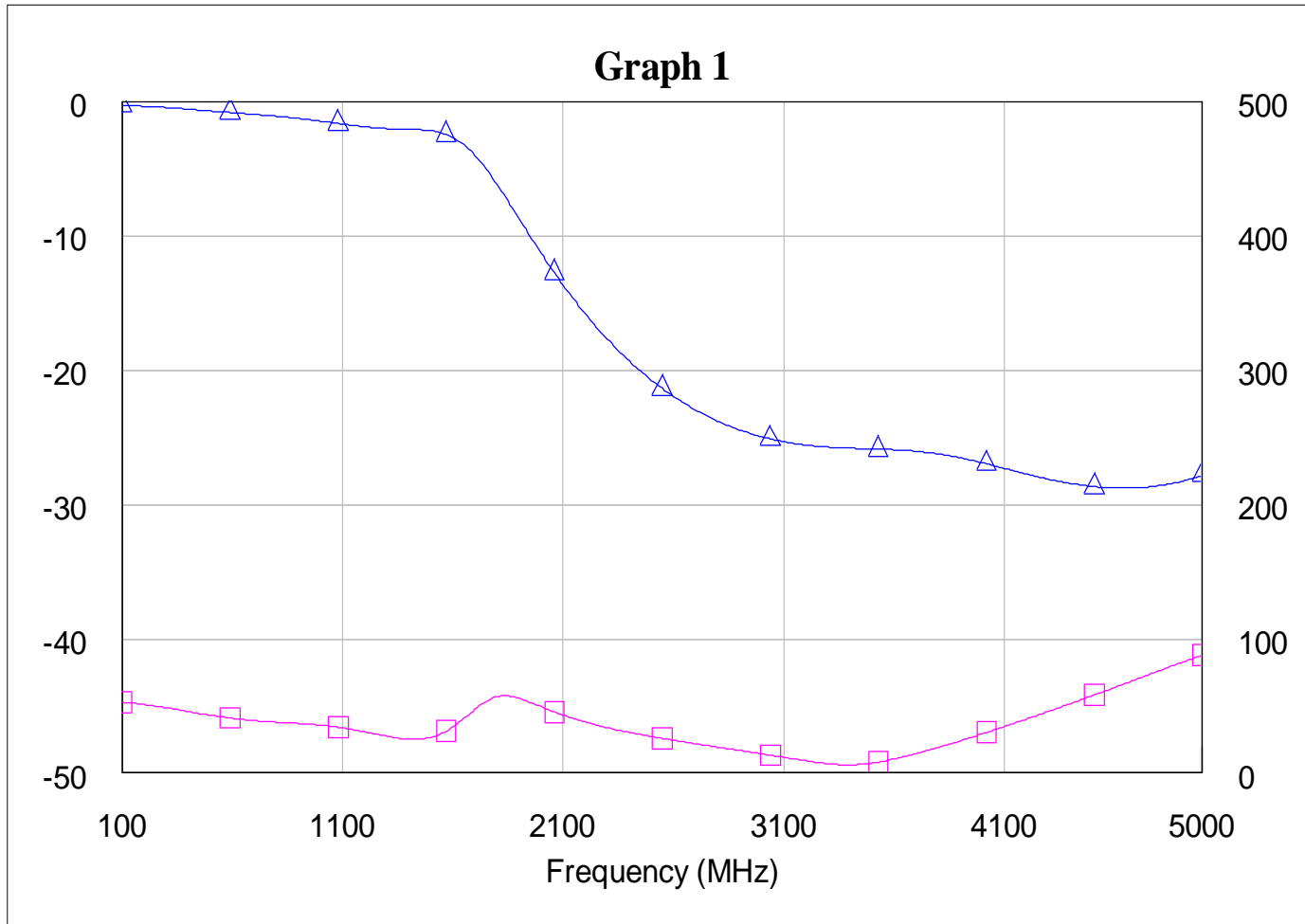
$$C = 8,85 \times 10^{-3} \times \varepsilon_r \times \frac{S}{d}$$

$$a = 3,6 \text{ мм}$$

3D- топология проектируемого фильтра нижних частот с корректирующей цепью



Графики АЧХ и входного сопротивления ФНЧ с корректирующей цепью



Заключение

В ходе работы был проведен обзор различных типов ФНЧ. Было установлено, что для обеспечения постоянного входного сопротивления необходимо ввести компенсирующую цепь, состоящую из резистора и конденсатора. Разработана топология ФНЧ с постоянным входным сопротивлением. Установили, что для обеспечения заданных требований необходимо материал Поликор, имеющий малые диэлектрические потери. Были проведены расчеты электрич. и конструктивных параметров ФНЧ с введением компенсирующей цепи. Проведены схемотехническое и электромагнитное моделирования с введением компенсирующей цепи, в результате которых видим, что входное сопротивление в полосе затухания стало практически постоянным. Результаты схемотехнического и ЭМ моделирования показали, что разработанный фильтр соответствует заданным требованиям.

Литература:

- Проектирование полосковых устройств СВЧ : Учеб. пособие для техн. спец. вузов – У.: УГТУ, 2001 – 129 с.
- Проектирование гибридно-пленочных интегральных микросхем: Учеб. пособие для техн. спец. вузов/ М. П. Романова – У.: УГТУ, 2006 – 72 с.
- **Belleman J. M.** Passive low-pass filters with constant input resistance / J. M. Belleman: Geneva, Switzerland, 2002 – 193 с.
- **Randall W. Rhea** HF Filter Design and Computer Simulation / W. Rhea Randall: Atlanta, 1994 – 448 с.
- **Wiley J.** Microwave Applications / J. Wiley: New York, 2001 – 485 с.
- **Маттей Г. Л.** Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи / Г. Л. Маттей; Перевод с англ. Л. В. Алексеева, Ф. В. Кушнера М.: Связь, 1971 – 222 с.
- **Зааль Р.** Справочник по расчету фильтров / Р. Зааль; Перевод с нем. Ю.В. Камкина, под ред. Н.Н. Слепова М.: Радио и связь, 1983 – 752 с.
- **Симин А.** Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот на основе керамики с низкой температурой обжига: Статья / А. Симин, 2005 – 196с.
- Конструирование и расчет полосковых устройств: Учеб. пособие для техн. спец. вузов / В. И. Ковалев – М.: Советское радио, 1974 – 296с.
- **Ханзел Г.** Справочник по расчету фильтров / Г. Ханзел; Перевод с англ. В.А. Старостина, под ред. А.Е. Знаменского М.: Советское радио, 1974 – 288с.