

**Федеральное агентство связи государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования «Санкт-
Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича»**

Кафедра конструирования и производства радиоэлектронных средств связи

**Курсовая работа по дисциплине
«Конструирование и технология СВЧ устройств»**

**На тему
«Проектирование полосно-пропускающего фильтра СВЧ на
встречных стержнях прямоугольной и круглой формы»**

Выполнил:

Студент группы _____

Проверил: _____

Санкт-Петербург 2018

Содержание

1. Техническое задание для проектирования фильтра СВЧ
 2. Введение
 3. Расчет фильтра
 - 3.1 Определение граничных частот
 - 3.2 Определение числа резонаторов
 - 3.4 Переход от схемы ФПНЧ к схеме модифицированного прототипа с инверторами
 - 3.5 Определение электрической длины резонаторов
 - 3.6 Расчет тангенса угла, соответствующего длине резонансной линии, расчет параметра $N(k, k+1)$
 - 3.7 Выбор масштабного коэффициента
 - 3.8 Расчет параметров $M1$ и $M4$
 - 3.9 Определение нормированной собственной ёмкости стержней на единицу длины
 - 3.10 Расчет нормированных взаимных емкостей стержней
 - 3.11 Определение геометрических размеров фильтра на решетке прямоугольных стержней
 - 3.12 Определение нормированной ширины k -ого стержня
 - 3.13 Корректировка стержней фильтра
 4. Определение геометрических размеров фильтра на решетке из круглых стержней
 5. Заключение
 6. Список литературы
- Приложения

Техническое задание

1. Спроектировать ППФ
2. Центральная частота $f_0 = 3$ ГГц
3. Относительная полоса пропускания (ПП): $w = 2\%$
4. Затухание в полосе эффективного пропускания (ПЭП) $A_{max} = 0.1$ дБ
5. Затухание в полосе эффективного заграждения (ПЭЗ) $A_{min} = 65$ дБ
6. Реализация ФВС СВЧ должна быть осуществлена на симметричных полосковых линиях (СПЛ) с центральным проводником прямоугольного и круглого сечения.
7. Фильтр заполнен диэлектриком с $\epsilon = 5$
8. Тип аппроксимации: Чебышева
9. Фильтр имеет двустороннюю нагрузку: $R = R_r = 50$ Ом
10. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН)
11. Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН):
= 1,5
 ≤ 1.8 .
12. Неравномерность пульсации $\Delta a = 0.01$ дБ
13. Переходная область (ПО): $0.1 \cdot f_0 = 0.1 \cdot 3 = 0.3$ ГГц

Дата выдачи задания

Руководитель: _____

Задание принял к исполнению

Студент: _____

Введение

В последнее время широкое развитие получило направление в области СВЧ техники (проектирование СВЧ фильтров на встречных стержнях), В особенности это касается микроэлектронных устройств на микрополосковых фильтрах.

Данная курсовая работа представляет собой материал по расчету и проектированию полосно-пропускающего фильтра СВЧ на встречных стержнях прямоугольной и круглой формы.

Фильтрами СВЧ называют пассивные четырехполюсники, осуществляющие передачу колебаний СВЧ в согласованную нагрузку. В соответствии с заданной частотной характеристикой. Требования к частотным характеристикам фильтров задаются следующим образом. Указывается частотная полоса пропускания, в пределах которой вносимое ослабление фильтра не должно превышать некоторого допустимого значения. Вне полосы пропускания в полосе запираания вносимое ослабление должно быть как можно большим.

Различают фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры верхних частот (ФВЧ), полосно-пропускающие фильтры (ППФ) и полосно-запирающие фильтры (ПЗ). Находят применение и фильтры, имеющие несколько ПП и ПЗ (так называемые фильтры общего вида). Частотные характеристики ослабления и соответствующие условные графические обозначения фильтров показаны на рис.1.

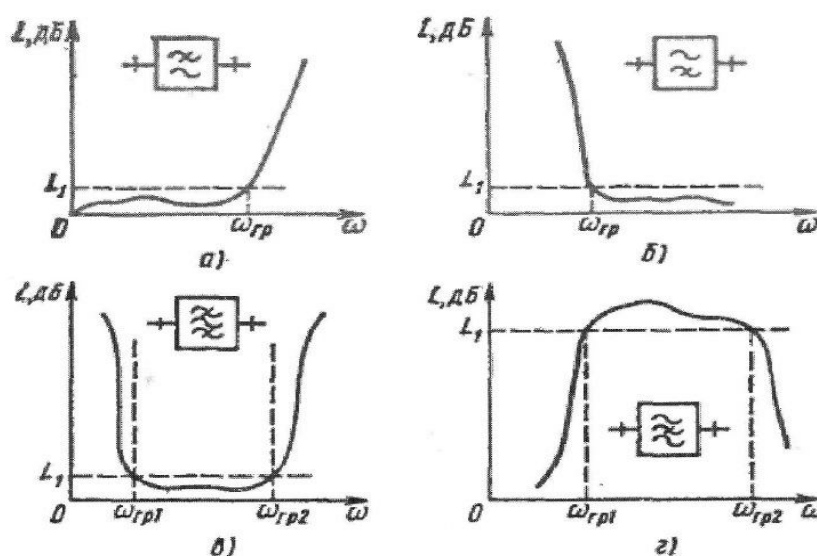


Рисунок 1 - Характеристики ослабления фильтров СВЧ:

а - ФНЧ; б - ФВЧ; в - ППФ; г - полосно-запирающий фильтр.

Ослабление фильтра в его ПП не должно превышать некоторой заданной $\Delta\alpha$, называемой неравномерностью характеристики ослабления фильтра в его ПП.

В пределах ПЗ фильтра не должно принимать значений, меньших, чем это допускается техническими требованиями к фильтру.

Фильтры верхних частот выполняются с помощью соединения параллельных индуктивностей в виде полосковых короткозамкнутых шлейфов с высоким волновым сопротивлением, имеющих малую длину, и последовательных емкостей. Из-за трудности реализации надежного короткого замыкания на высокочастотных участках СВЧ диапазона применяют широкополосные полосовые фильтры, называемые фильтрами псевдо верхних частот. Полосовые фильтры могут быть реализованы на основе микрополосковых резонаторов, связанных между собой определенным способом. В ПФ имеющим последовательные связи полуволновых резонаторов через торцевые емкости для получения широкой полос пропускания соседние резонаторы должны быть связаны между собой, что возможно при больших емкостях в зазорах. Ввиду технологических ограничений на зазор реализуемые полосы пропускания не превосходят 20%.

Более компактная конструкция ПФ со связью полуволновых фильтров на параллельно связанных резонаторах являются малые габаритные размеры, относительно большие расстояния между резонаторами, что облегчает их производство и повышает электрическую прочность. Фильтр на встречных стержнях состоит из полосковых четвертьволновых резонаторов, короткозамкнутых на одном конце и разомкнутых на другом, причем короткозамкнутые концы чередуются.

Эти фильтры имеют малые габаритные размеры и потери, широкие пределы полосы пропускания. Однако выполнение такого фильтра в печатном исполнении связано с трудностями обеспечения надежного короткого замыкания резонаторов. Одна из основных проблем полосковых фильтров, обусловленная ограниченной добротностью печатных резонаторов, состоит в получении меньших потерь и узкой полосы пропускания.

Режекторные фильтры, подобно полосовым, могут быть реализованы на основе ферритовых и диэлектрических резонаторов. В этом случае резонаторы устанавливаются на некотором расстоянии от полосового проводника линии или накладывая на него, забирая при этом энергию при резонансе.

3. Расчет фильтра

3.1 Определение граничных частот

$$\Delta F = f_0 \cdot \omega \quad (1)$$

$$\Delta F = 0,06 \text{ ГГц}$$

$$F_{-\infty} = f_0 - \frac{\Delta F}{2} \quad (2)$$

$$F_{-\infty} = 2,97 \text{ ГГц}$$

$$F_{+\infty} = f_0 + \frac{\Delta F}{2} \quad (3)$$

$$F_{+\infty} = 3,03 \text{ ГГц}$$

$$F_{-3} = \left(f_0 - \frac{\Delta F}{2} \right) - \text{ПО} \quad (4)$$

$$F_{-3} = 2,67 \text{ ГГц}$$

$$F_{+3} = \left(f_0 + \frac{\Delta F}{2} \right) + \text{ПО} \quad (5)$$

ΔF – полоса пропускания фильтра на уровне 0,7 от максимума;

ΔF_{-3} – полоса запираания фильтра при заданном ослаблении L , дБ;

3.2 Определение числа резонаторов

Класс фильтра n определяется по графикам рис.2 зависимости от типа аппроксимирующего полинома и требуемой неравномерности Δa в пределах полосы пропускания.

Затухание в ПЭЗ равняется 65 дБ при соотношении

$$\frac{\omega}{\omega_1} = \frac{2}{\omega \cdot \frac{f_{+3} - f_0}{f_0}} \quad (6)$$

$$\frac{\omega}{\omega_1} = 11$$

$$\frac{\omega}{\omega_1} - 1 = 10$$

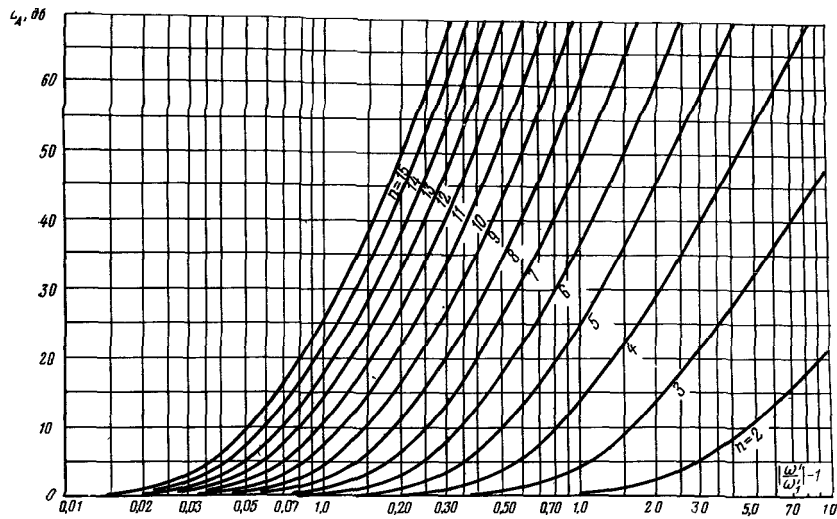


Рисунок 2 – Чебышевская характеристика затухания с пульсацией 0.01 дБ

Так-как $4 \leq n \leq 3$, следовательно, порядок фильтра берем равный $n = 4$.

3.2 Определение параметров фильтров выбор прототипа

Учитывая то, что $g_0 = 1,1007$, $\omega_1 = 1$, $\Delta a = 0.01$, $n = 4$, пользуясь таблицей 1 можно определить значения элементов фильтра:

Таблица 1 - Значения элементов фильтров с Чебышевскими характеристиками при уровне пульсаций 0.01дБ при n=4

g1	0.712
g2	1,200
g3	1.321
g4	0.647
g5	1.100

Обобщённым параметрам элементов схем придаётся следующий смысл:

$$g_k|_{k=1+n} = \begin{cases} \text{обобщённые индуктивности последовательно} \\ \text{включённых элементов,} \\ \text{обобщённые ёмкости параллельно включённых} \\ \text{элементов,} \end{cases}$$

$$g_{n+1} = \begin{cases} \text{обобщённое сопротивление нагрузки } R'_{n+1}, \text{ если } g_n = C'_n; \\ \text{обобщённая проводимость нагрузки } G'_{n+1}, \text{ если } g_n = L'_n; \end{cases}$$

$$g_0 = \begin{cases} \text{обобщённое внутреннее сопротивление генератора } R'_0, \\ \text{если } g_1 = C'_1; \\ \text{обобщённая внутренняя проводимость генератора } G'_0, \\ \text{если } g_1 = L'_1; \end{cases}$$

При выборе прототипа имеют значение величина нагрузки на входе и выходе фильтра (входное и выходное сопротивления предыдущего и последующего каскадов), необходимость компенсировать паразитные ёмкости каскадов на входе и выходе, а также соображения по вопросу шунтирования входом и выходом фильтра частот, удалённых от полосы пропускания.

В соответствии задания целесообразно выбрать схему прототипа вида рис.3 так как у нас четное число n .

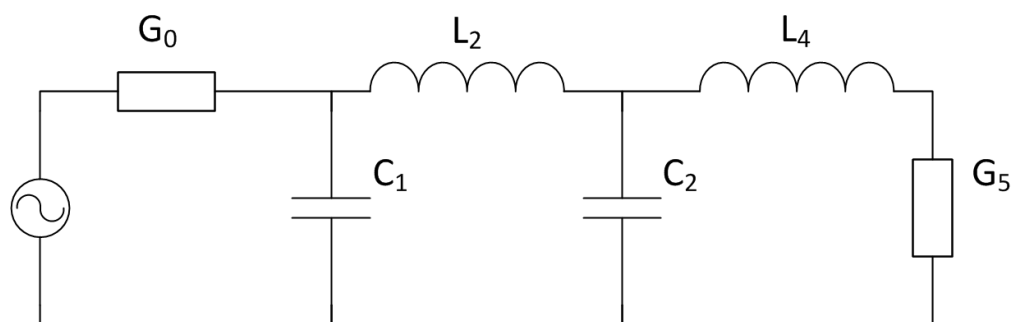


Рисунок 3 – Лестничная схема прототипа

3.5 Определение электрической длины резонаторов

$$L = \frac{\lambda}{4} \quad (7)$$

$$L = \frac{c}{4 \cdot f_0} \quad (8)$$

$$L = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 3 \cdot 10^9} = 25 \text{мм}$$

3.3 Расчет проводимостей инверторов прототипа

От схемы прототипа делаем переход к схеме модифицированного типа с инверторами, которая показана на рис. 4. Для этого рассчитаем проводимость инверторов.

$$\frac{J_{0,1}}{Y_a} = \frac{1}{\sqrt{g_0 \cdot g_1 \cdot w^1}} \quad (6)$$

$$\frac{J_{0,1}}{Y_a} = 1.13$$

$$\frac{J_{1,2}}{Y_a} = \frac{1}{\sqrt{g_1 \cdot g_2 \cdot w^1}} \quad (7)$$

$$\frac{J_{1,2}}{Y_a} = 1.082$$

$$\frac{J_{2,3}}{Y_a} = \frac{1}{\sqrt{g_2 \cdot g_3 \cdot w^1}} \quad (8)$$

$$\frac{J_{2,3}}{Y_a} = 0.794$$

$$\frac{J_{3,4}}{Y_a} = \frac{1}{\sqrt{g_3 \cdot g_4 \cdot w^1}} \quad (9)$$

$$\frac{J_{3,4}}{Y_a} = 1.082$$

$$\frac{J_{4,5}}{Y_a} = \frac{1}{\sqrt{g_3 \cdot g_4 \cdot w^1}} \quad (10)$$

$$\frac{J_{4,5}}{Y_a} = 1.185$$

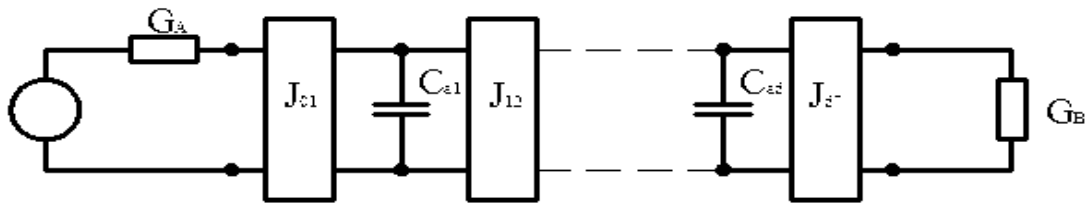


Рисунок 4 - Схема модифицированного ФПНЧ

3.6 Расчет тангенса угла, соответствующего длине резонансной линии, расчет параметра N

$$\theta_1 = \frac{\pi}{2} \cdot \left(1 - \frac{w}{2}\right) \quad (11)$$

$$\theta_1 = 1.555$$

$$\operatorname{tg}(\theta_1) = 63.657$$

$$N_{k,k+1} = \sqrt{\left(\frac{J_{k,k+1}}{Y_a}\right)^2 + \frac{\operatorname{tg}^2(\theta_1)}{4}} \quad (12)$$

$$N_{0,1} = 31.848$$

$$N_{1,2} = 31.847$$

$$N_{2,3} = 31.838$$

$$N_{3,4} = 31.847$$

$$N_{4,5} = 31.85$$

3.7 Выбор масштабного коэффициента

Масштабный множитель определяет уровень проводимостей и конструкторские размеры фильтра. Для его определения воспользуемся формулой:

$$k := \frac{n+1}{2} \quad (13)$$

$$k := 2.5 \approx 3$$

$$h := \frac{\sqrt{\varepsilon_r} \cdot k_0}{120\pi \cdot Y_a \cdot \left(N_{23} + N_{34} - \frac{1}{\sqrt{g_2 \cdot g_3}} - \frac{1}{\sqrt{g_3 \cdot g_4}}\right)} \quad (14)$$

Величина k_0 зависит от типа полосковой линии, и для воздушной СПЛ выбирается равной 5.4.

$$h := 0.026$$

3.8. Рассчитаем параметры M1-M4:

$$M = Y_a \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{g_0 \cdot g_1}} \cdot \sqrt{h} + 1 \right), \quad (15)$$

$$M1 = 0.0238$$

$$M4 = 0.0238$$

3.9 Определение нормированной собственной емкости стержня на единицу длины

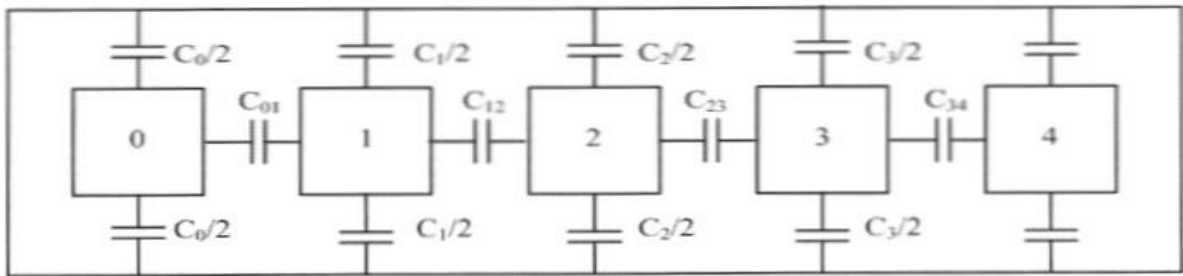


Рисунок 5 - Схема фильтров со встречными стержнями.

$$\frac{C0}{\varepsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\varepsilon r}} \cdot [(2Y_a) - M1] \quad (16)$$

$$\frac{C0}{\varepsilon} = 2.755$$

$$\frac{C1}{\varepsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\varepsilon r}} \cdot \left[(2Y_a) - M1 + h \cdot Y_a \cdot \left[\frac{\tan(\theta 1)}{2} + \left[\left(\frac{1}{\sqrt{g_2 \cdot g_3}} \right)^2 \right] + N12 - \frac{1}{\sqrt{g_2 \cdot g_3}} \right] \right] \quad (17)$$

$$\frac{C1}{\varepsilon} = 4.4995$$

$$\frac{C2}{\varepsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\varepsilon r}} \cdot \left[(h \cdot Y_a) \cdot \left(N12 + N23 + \left(\frac{1}{\sqrt{g_1 \cdot g_2}} \right) - \frac{1}{\sqrt{g_2 \cdot g_3}} \right) \right]$$

$$\frac{C2}{\varepsilon} = 5.429$$

$$\frac{C3}{\varepsilon} = 5.429$$

$$\frac{C4}{\varepsilon} = 5.396$$

3.10 Расчет нормированных взаимных емкостей стержней

$$\frac{C01}{\varepsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\varepsilon r}} \cdot [(M1 - Y_a)]$$

$$\frac{C01}{\varepsilon} = 0.615$$

$$\frac{C12}{\varepsilon} = \frac{376.7}{\sqrt{\varepsilon r}} \cdot [(M1 - Y_a)]$$

$$\frac{C12}{\varepsilon} = 0.095$$

$$\frac{C23}{\varepsilon} = 0.07$$

$$\frac{C34}{\varepsilon} = 0.095$$

$$\frac{C45}{\varepsilon} = 0.104$$

3.11 Определение геометрических размеров фильтра на решетке прямоугольных стержней

Для расчета геометрических размеров фильтров необходимо знать нормированные и взаимные емкости на единицу длины. Поперечные размеры стержней фильтра и расстояние между ними определяются следующим образом. Выбираем t и b . Пусть $t/b = 0,2$, где $b=5$ мм, $t=1$ мм.

Воспользуемся графиком Гетзингера (рис.6) для определения нормированных краевых емкостей

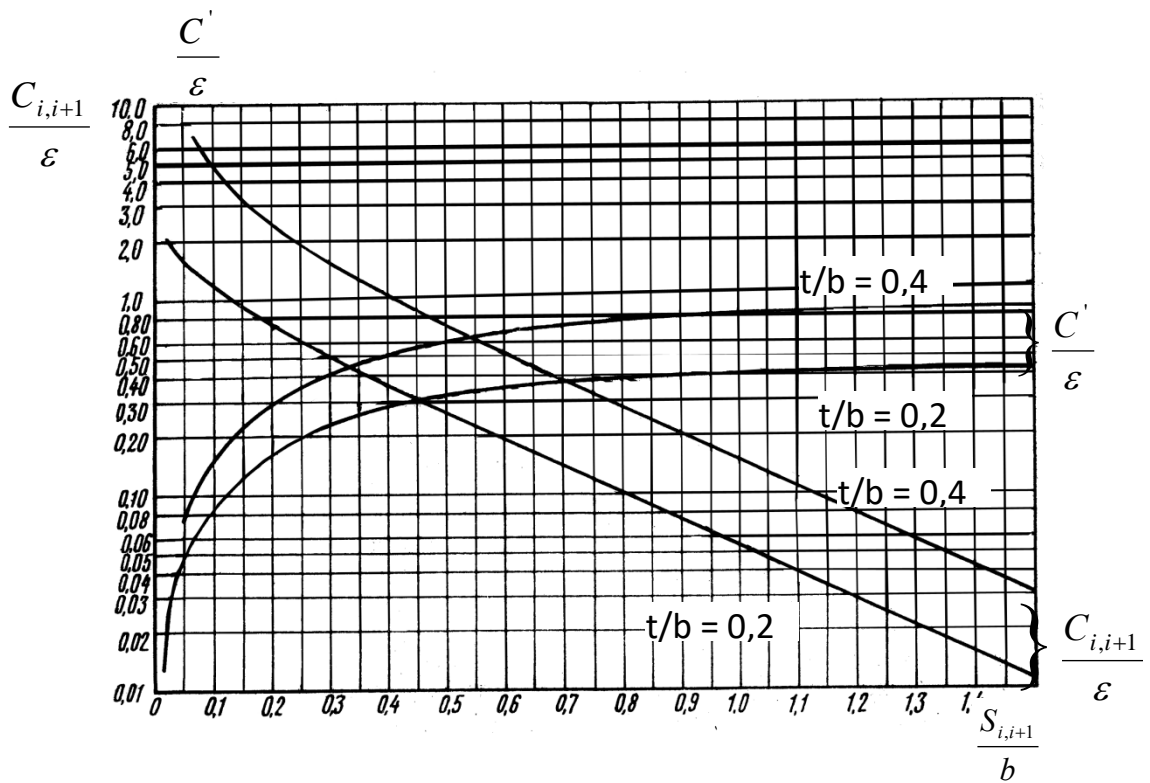


Рисунок 6 – График Гетзингера (нормированная кривая емкость цепи типа колебаний и емкость между связанными стержнями)

Задавшись поперечным размером фильтра расстояние $S_{i,i+1}$ между полосками фильтра находим из графика рис.6 и рассчитанным взаимным емкостям $\frac{C_{i,i+1}}{\varepsilon}$:

Ширину полосок рассчитываем по формулам:

$$\frac{S_0}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_0}{\varepsilon}\right) - \frac{C''}{\varepsilon} - \frac{C'_{01}}{\varepsilon} \right]$$

$$\frac{S_1}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_1}{\varepsilon}\right) - \frac{C'_{01}}{\varepsilon} - \frac{C'_{12}}{\varepsilon} \right]$$

$$\frac{S_2}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_{2i}}{\varepsilon}\right) - \frac{C'_{12}}{\varepsilon} - \frac{C'_{23}}{\varepsilon} \right]$$

$$\frac{S_3}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_3}{\varepsilon}\right) - \frac{C'_{23}}{\varepsilon} - \frac{C'_{34}}{\varepsilon} \right]$$

$$\frac{S_4}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_4}{\varepsilon}\right) - \frac{C'_{34}}{\varepsilon} - \frac{C''}{\varepsilon} \right]$$

$$\frac{S_5}{b} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{t}{b}\right) \left[\frac{1}{2} \left(\frac{C_5}{\varepsilon}\right) - \frac{C'_{45}}{\varepsilon} - \frac{C''}{\varepsilon} \right]$$

Таблица 2

$S_{01}/b = 0.25$	$S_0 = 1.25\text{мм}$	$C_{i,i+1}/\varepsilon = 0.2$	$C_{01}/\varepsilon = 0.615$	
$S_{12}/b = 0.13$	$S_1 = 0.65\text{мм}$	$C_{i,i+1}/\varepsilon = 1.13$	$C_{12}/\varepsilon = 0.095$	
$S_{23}/b = 0.05$	$S_2 = 0.25\text{мм}$	$C_{i,i+1}/\varepsilon = 1.6$	$C_{23}/\varepsilon = 0.07$	
$S_{34}/b = 0.13$	$S_3 = 0.65\text{мм}$	$C_{i,i+1}/\varepsilon = 1.13$	$C_{12}/\varepsilon = 0.095$	
$S_{45}/b = 0.25$	$S_4 = 1.25\text{мм}$	$C_{i,i+1}/\varepsilon = 0.2$	$C_{12}/\varepsilon = 0.615$	

Линии от $i=1$ до n являются резонаторами, а линии 0 и $n+1$ являются элементами связи (петлями связи) на входе и выходе фильтра. Связь между резонаторами осуществляется за счет краевых полей между отрезками линий.

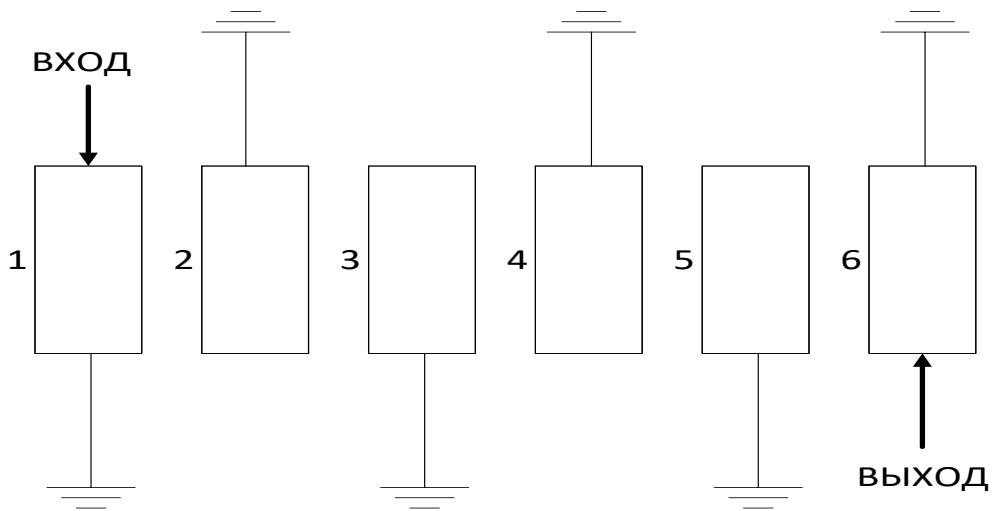


Рисунок 7 – Эскиз фильтра СВЧ

3.12 Определение нормированной ширины k-ого стержня

$$\frac{W_k}{b} = 0.5 \cdot \left(1 - \frac{t}{b}\right) \cdot \left[\left(0.5 \cdot \frac{C_k}{\varepsilon}\right) - \frac{(C'_{fe})_{(k-1)}}{\varepsilon} - \frac{(C'_{fe})_{(k+1)}}{\varepsilon} \right]$$

$$W_1 = 5.0370$$

$$W_2 = 5.3938$$

$$W_3 = 5.3537$$

$$W_4 = 5.3207$$

Так как решетка ограничена боковыми стенками корпуса, удаленные на расстояние d_0 , то ширина крайних стержней определяется из графика рис.9.

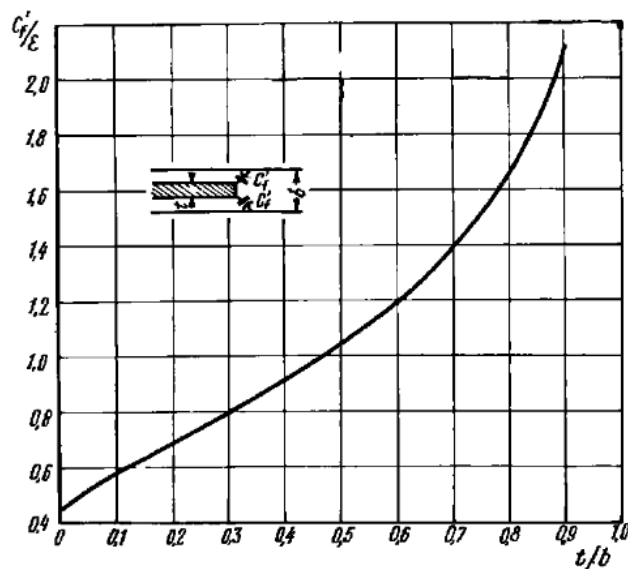


Рисунок 8 - Нормированная краевая ёмкость для одиночного стержня.

Зная, что $\frac{t}{b} = 0,2$ определим по рис. 9 $\frac{C_f}{\varepsilon} = 0,7$

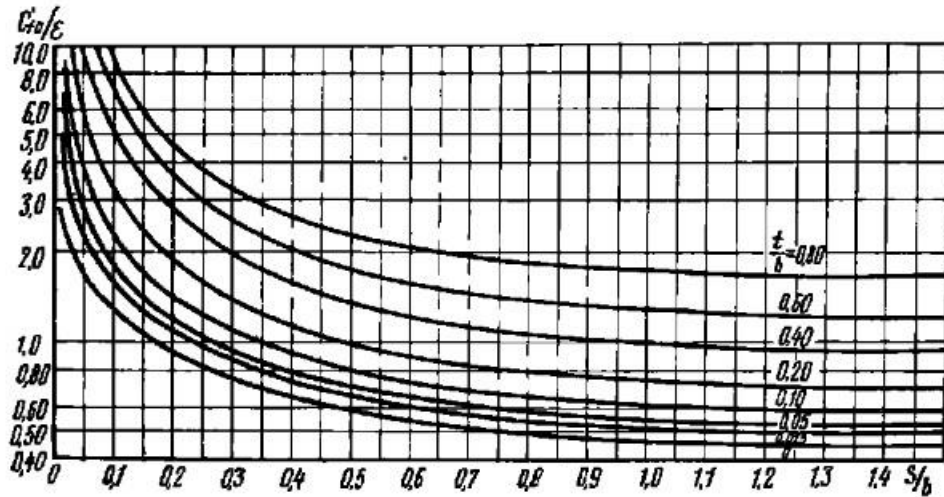


Рисунок 9 - Нормированная краевая ёмкость нечётно типа колебаний для прямоугольных стержней

$$\text{При } S_{01}/b = 0.25 \quad C_{f,e}/\epsilon = 1.8$$

$$W_0 = W_6 = 0.5 \cdot \left(1 - \frac{t}{b}\right) \cdot \left[\left(0.5 \cdot \frac{C_0}{\epsilon}\right) - \frac{C'_f}{\epsilon} - \frac{C'_{f0}}{\epsilon} \right]$$

$$W_0 = W_6 = 1.618 \text{ мм}$$

$$d_0 = \frac{\left(\frac{S}{b}\right)_{0.1} \cdot b}{2} = 0.675$$

3.12 Корректировка стержней фильтра

Для того чтобы проверить верны ли формулы для определения размеров стержней достаточно проверить выполнение строго неравенства:

$$\frac{W_k}{b} > \left(0.25 \cdot \frac{1-t}{b}\right)$$

$$\frac{W_k}{b} > 0.2$$

$$\frac{W_0}{b} = 0.3236 > 0.2$$

$$\frac{W_1}{b} = 0.617 > 0.2$$

$$\frac{W_2}{b} = 0.79 > 0.2$$

$$\frac{W_3}{b} = 0.79 > 0.2$$

$$\frac{W_4}{b} = 0.78 > 0.2$$

$$\frac{W_5}{b} = 0.3236 > 0.2$$

Неравенство выполняется, корректировка фильтра не нужна.

Таблица 3 – Параметры фильтра на прямоугольных стержнях

k	$\frac{C_{k-1,k}}{\varepsilon}$	$\frac{S_{k-1,k}}{\varepsilon}$	$S_{k-1,k}$	$\frac{C_f}{\varepsilon}$
0,1	0.644	0.25	1.25	0.7
1,2	0.095	0.13	0.65	0.7
2,3	0.069	0.05	0.25	0.7
3,4	0.095	0.13	0.65	0.7
4,5	0.644	0.25	1.25	0.7

4 Определение геометрических размеров фильтра на решетки из круглых стержней

Для расчета геометрических размеров фильтров необходимо знать нормированные и взаимные емкости на единицу длины. Тогда диаметры стержней фильтра и расстояние между ними определяются следующим образом. Сначала выбирается отношение $t/b = 0.2$, где $t = 1$ мм, а $b = 5$ мм. На рисунке 10 приведен график Кристалла. Кривые, идущие в горизонтальном направлении, представляют собой зависимость нормированной собственной емкости внутренней связанной стороны. От расстояния между проводниками для фиксированных значений d/b относительных диаметров проводников. Кривые, ориентированные в вертикальном направлении, соответствует фиксированным значениям C_{ab}/ε и определяет зависимость этой величины от S/b причем значение d/b отсчитывается по системе кривых для C/ε .

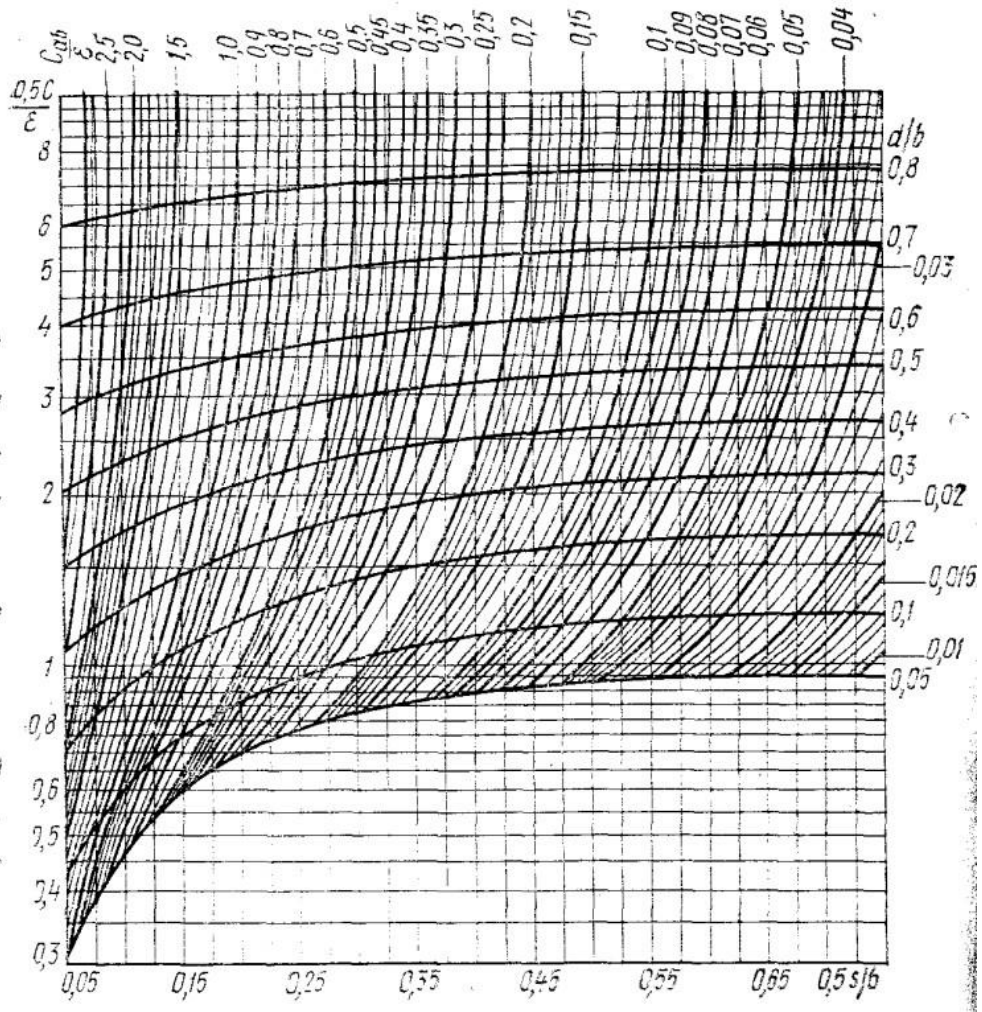


Рисунок 10 - Собственная и взаимная емкости связанных симметричных полосковых линий с круглыми внутренними проводниками

Для крайних стержней с одной стороны находится соседний резонатор, а с другой стороны емкость связи будет равна нулю, и расстояние между стенкой и крайним резонатором равно $\frac{s}{2b} = 0.625$

Таблица 4 - Параметры фильтра на круглых стержнях

Секция 0:	Секция 1:
$\frac{C_{0,1}}{\epsilon} = 0.615$	$\frac{C_{0,1}}{\epsilon} = 0.615$
$\frac{C_0}{\epsilon} = 2.742$	$\frac{C_{1,2}}{\epsilon} = 0.095$

$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_0 = 0.08$ $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{0,1} = 0.2$ $\frac{d_0}{b} = 0.5$	$\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{0,1} = 0.2$ $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{1,2} = 0.51$ $\frac{d_0}{b} = 0.5$
Секция 3:	Секция 4:
$\frac{C_{2,3}}{\varepsilon} = 0.07$ $\frac{C_{3,4}}{\varepsilon} = 0.095$ $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{2,3} = 0.58$ $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{3,4} = 0.51$ $\frac{d_0}{b} = 0.5$	$\frac{C_{3,4}}{\varepsilon} = 0.095$ $\frac{C_{4,5}}{\varepsilon} = 0.615$ $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{3,4} = 0.51$ $\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{S}{b}\right)_{4,5} = 0.2$ $\frac{d_0}{b} = 0.5$

5 Заключение

В данном курсовом проекте был разработан полосно-пропускающий фильтр на встречных прямоугольных и круглых стержнях с типом аппроксимации АЧХ - Чебышевским. Фильтр состоит из четырех резонаторов с использованием согласующих (нерезонансных) стержней на входе и выходе фильтра. Были рассчитаны размеры стержней, а также их местоположение в корпусе (см. Приложение 2).

Список литературы

1. Л. Маттей, Л. Янг, Е.М.Т. Джонс. «Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи», часть 2 М.: Связь, 1971г.
2. Д.Л. Фельдштейн, Л.Р.Явич, В.П.Смирнов «Справочник по элементам волноводной техники» М.: Советское радио, 1967 г.

ПРИЛОЖЕНИЯ

