

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
факультет електроніки
кафедра мікроелектроніки

Домашня контрольна робота з курсу:

Мікроелектроніка НВЧ

підготовки бакалаврів
(назва освітньо-кваліфікаційного рівня)

напряму 6.050801 Мікро- та наноелектроніка
(шифр і назва)

спеціальності _____
(шифр і назва)

спеціалізації _____
(назва)

форми навчання денна
(денна/заочна)

Затверджено на засіданні
Кафедри мікроелектроніки

Протокол від 29.06.2017 р. № 22

РОЗРОБНИК:

доцент Татарчук Дмитро Дмитрович

Київ – 2017

Згідно варіанту розрахувати топологію НВЧ фільтру на основі мікросмушкової лінії. Розрахувати АЧХ принципової схеми та отриманого мікросмушкового фільтру в околі заданої частоти $\pm f_0/2$ та порівняти отримані характеристики. Результати оформити у вигляді пояснювальної записки згідно вимог затверджених в КПІ імені Ігоря Сікорського.

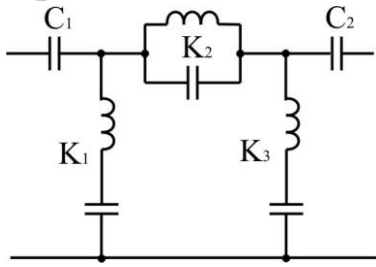
Таблиця 1

Номер схеми	Схема	Номінали елементів схеми
1.		$L_1 = 3[\text{нГн}]$ $L_2 = 3,3[\text{нГн}]$ $L_3 = 2,2[\text{нГн}]$ $C_1 = 1,5[\text{пФ}]$ $C_2 = 1,5[\text{пФ}]$ $C_3 = 1,5[\text{пФ}]$
2.		$L_1 = 3[\text{нГн}]$ $L_2 = 2[\text{нГн}]$ $C_1 = 2[\text{пФ}]$ $C_2 = 10[\text{пФ}]$ $C_3 = 5[\text{пФ}]$
3.		$L_1 = 0,8[\text{нГн}]$ $L_2 = 0,7[\text{нГн}]$ $L_3 = 0,6[\text{нГн}]$ $C_1 = 0,3[\text{пФ}]$ $C_2 = 0,6[\text{пФ}]$
4.		$L_1 = 2[\text{нГн}]$ $L_2 = 1[\text{нГн}]$ $C_1 = 0,7[\text{пФ}]$ $C_2 = 0,5[\text{пФ}]$ $C_3 = 0,4[\text{пФ}]$
5.		$L_1 = 1[\text{нГн}]$ $L_2 = 1,5[\text{нГн}]$ $C_1 = 0,8[\text{пФ}]$ $C_2 = 0,6[\text{пФ}]$ $C_3 = 0,5[\text{пФ}]$

Таблиця 2

Варіант	Схема	Z_0 , Ом	f_0 , ГГц	ε	h , мм
1.	1	50	5	5	0,5
2.	2	75	6	9	1,0
3.	3	50	7	5	1,5
4.	4	75	8	9	2,0
5.	5	50	9	5	0,5
6.	1	75	10	9	1,0
7.	2	50	5	5	1,5
8.	3	75	6	9	2,0
9.	4	50	7	5	0,5
10.	5	75	8	9	1,0
11.	1	50	9	5	1,5
12.	2	75	10	9	2,0
13.	3	50	5	5	0,5
14.	4	75	6	9	1,0
15.	5	50	7	5	1,5
16.	1	75	8	9	2,0
17.	2	50	9	5	0,5
18.	3	75	10	9	1,0
19.	4	50	5	5	1,5
20.	5	75	6	9	2,0
21.	1	50	7	5	0,5
22.	2	75	8	9	1,0
23.	3	50	9	5	1,5
24.	4	75	10	9	2,0
25.	5	50	5	5	0,5
26.	1	75	6	9	1,0
27.	2	50	7	5	1,5
28.	3	75	8	9	2,0
29.	4	50	9	5	0,5
30.	5	75	10	9	1,0

Приклад



$$C_1 = 5,3 [\text{пФ}]$$

$$C_2 = 5,3 [\text{пФ}]$$

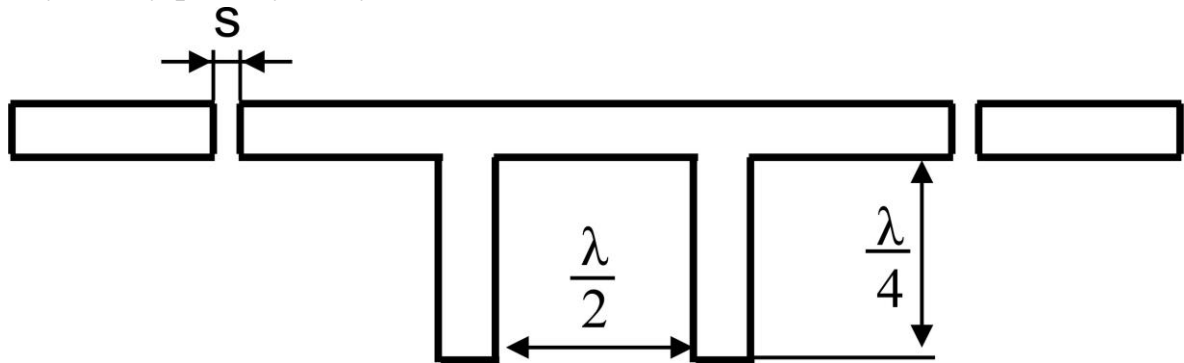
$$f_0 = 10 [\text{ГГц}]$$

$$Z_0 = 50 [\text{Ом}]$$

$$h = 1 [\text{мм}]$$

$$\varepsilon = 9$$

Задану схему реалізуємо у вигляді:



Визначимо ширину базової смужки. Для несиметричної мікросмужкової лінії на діелектричній підкладці ширина смужки обчислюється з виразів:

$$Z_0 = 60 \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_{\text{эф}}}} \ln \left(\frac{8h}{W} + 0,25 \frac{W}{h} \right),$$

$$\varepsilon_{\text{эф}} = \frac{\varepsilon_{\text{д}} + 1}{2} + \frac{\varepsilon_{\text{д}} - 1}{2} \left(\left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{W}}} \right) + 0,041 \left(1 - \frac{W}{h} \right)^2 \right),$$

при $\frac{W}{h} < 1$,

$$Z_0 = 120\pi \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_{\text{эф}}}} \frac{1}{\frac{W}{h} + 1,393 + 0,667 \ln \left(\frac{W}{h} + 1,4444 \right)};$$

$$\varepsilon_{\text{эф}} = \frac{\varepsilon_{\text{д}} + 1}{2} + \frac{\varepsilon_{\text{д}} - 1}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{W}}};$$

при $\frac{W}{h} \geq 1$.

Оскільки невідомо відношення $\frac{W}{h}$, то маємо два випадки. В кожному з випадків необхідно розв'язати нелінійну систему двох рівнянь, де невідомі величини $x = \frac{W}{h}$ та $y = \varepsilon_{\text{еф}}$. Доведеться розглянути обидва випадки.

Розглянемо перший випадок - $\left(x = \frac{W}{h}\right) < 1$. Підставимо всі відомі величини.

Тоді маємо систему рівнянь:

$$50 = 60 \sqrt{\frac{1}{y}} \ln\left(\frac{8}{x} + 0,25x\right),$$

$$y = 5 + 4 \left(\left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12}{x}}} \right) + 0,041(1-x)^2 \right),$$

за умови $x < 1$

Розв'язок має вигляд:

$$x \approx 1,05$$

$$y \approx 6,14$$

Даний розв'язок не задовольняє умові, оскільки $x > 1$.

Розглянемо другий випадок - $\left(x = \frac{W}{h}\right) > 1$. Підставимо всі відомі величини. Тоді

маємо систему рівнянь:

$$50 = 120\pi \sqrt{\frac{1}{y}} \frac{1}{x + 1,393 + 0,667 \ln(x + 1,4444)};$$

$$y = 5 + \frac{4}{\sqrt{1 + \frac{12}{x}}};$$

за умови $x > 1$.

Розв'язок має вигляд:

$$x \approx 1,05$$

$$y \approx 6,13$$

Даний розв'язок задовольняє всі умови.

$$\frac{W}{h} \approx 1,05 \Rightarrow W \approx 1,05 [\text{мм}]$$

$$\varepsilon_{\text{еф}} \approx 6,13$$

Розрахуємо довжину хвилі у лінії:

Швидкість світла у вакуумі $c = 3 \cdot 10^8 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$. Довжина хвилі у вакуумі – $\lambda_0 = \frac{c}{f_0}$,

а у лінії – $\lambda_{\text{л}} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{\text{еф}}}}$. Звідки маємо вираз для розрахунку довжини хвилі у лінії:

$$\lambda_{\text{л}} = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_{\text{еф}}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^9 \cdot \sqrt{6,13}} = 1,2 \cdot 10^{-2} [\text{м}] = 12 [\text{мм}] \Rightarrow \frac{\lambda}{2} = 6 [\text{мм}], \frac{\lambda}{4} = 3 [\text{мм}]$$

Залишилось розрахувати величину зазору s , для ємностей C_1 та C_2 .

Величину зазору s для випадку мікросмушкової лінії можна розрахувати з виразу:

$$C = \frac{\epsilon_{\text{д}} \pi}{4 \left(\ln(4) + \frac{\pi s}{2h} \right)} W$$

В даному виразі розміри задають у мм, а ємність у пФ. Підставимо відомі величини і отримаємо нелінійне рівняння відносно змінної $x = \frac{s}{h}$.

$$5,3 = \frac{9\pi}{4 \left(\ln(4) + \frac{\pi}{2} x \right)} 1,05$$

Розв'яжемо це рівняння. Отримаємо: $x = \frac{s}{h} \approx 0,01$ $h = 1 [\text{мм}] \Rightarrow s \approx 0,01 [\text{мм}]$.