

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інститут інформатики та радіоелектроніки



**РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНІ ЗАВДАННЯ**

з дисципліни

**“КОНСТРУЮВАННЯ НВЧ ПРИСТРОЇВ”**

для студентів за напрямком підготовки  
6.050902 “Радіоелектронні апарати”  
усіх форм навчання

2010

Розрухунково-графічні завдання з дисципліни «Конструювання НВЧ пристроїв» для студентів за напрямком підготовки 6.050902 «Радіоелектронні апарати» усіх форм навчання / Уклад.: Е.М.Шинкаренко, Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 18с.

Укладачі: Шинкаренко Едуард Миколаєвич, ст. викладач;

Рецензент: Петрищев Олексій Олександрович, к.т.н., доцент.

Відповідальний за випуск: В.М. Крищук, к.т.н., професор, зав. каф. КТВР

Затвержено  
на засіданні кафедри КТВР  
“ 8 “ 0.2 2010 р.  
Протокол № 2

## ЗМІСТ

Тема 1. Кільцевий спрямований відгалужувач НВЧ.....	4
Тема 2. Фільтр нижніх частот НВЧ.....	5
Тема 3. Смуго-загороджуючий фільтр НВЧ.....	7
Тема 4. Смуго-пропускаючий фільтр НВЧ.....	9
Тема 5. Спрямований відгалужувач на зв'язаних смужкових лініях.....	12
Тема 6. Кільцевий дільник потужності НВЧ.....	14
Тема 7. Шлейфний відгалужувач НВЧ.....	16
Тема 8. Кільцевий міст НВЧ.....	17

## Тема 1

### Кільцевий спрямований відгалужувач НВЧ

Розрахувати конструктивні розміри гібридного кільця, виконаного на мікросмужковій лінії з хвильовим опором  $\rho_0 = 50 \pm 10\% \text{ Ом}$ . Вибрати матеріал підкладки ( її товщину та відносну діелектричну проникність ) та провідника. Розробити креслення плати. Описати технологію виготовлення плати.

#### Варіант 1. Вихідні дані:

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 20 \text{ см}$ ;  
 умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69,  
 категорія виконання В 2.1;  
 верхня границя робочих температур  $125^\circ \text{C}$ .

#### Варіант 2. Вихідні дані:

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 15 \text{ см}$ ;  
 умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69,  
 категорія виконання М 1.1;  
 верхня границя робочих температур  $100^\circ \text{C}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.
2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.
3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.
4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1979. – 136с.
5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.
6. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман. – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.

## Тема 2

### Фільтр нижніх частот НВЧ

$f_n$  – гранична частота за рівнем згасання  $\alpha_n$ ;

$f_3$  – гранична частота за рівнем згасання  $\alpha_3$ .

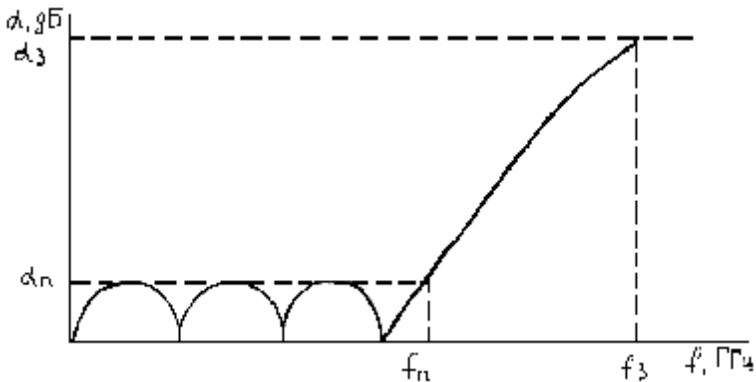


Рисунок 2.1 – Характеристика робочого згасання ФНЧ

Розрахувати геометричні розміри провідника фільтра нижніх частот, який реалізується на несиметричній смужковій лінії. Фільтр повинен мати чебишевську частотну характеристику робочого згасання. Вибрати матеріал підкладки. Вибір обґрунтувати.

Розробити креслення плати фільтра НЧ. Описати технологію виготовлення смужкової плати.

#### Варіант 1. Вихідні дані:

частота за рівнем  $\alpha_n = 0,5$  дБ (  $|G|_{\max} = 0,33$  ) дорівнює  $f_n = 1,050$  ГГц;

частота за рівнем  $\alpha_3 = 30$  дБ дорівнює  $f_3 = 1,365$  ГГц;

хвильовий опір підводячих ліній  $\rho_0 = 50$  Ом;

умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання ХЛІ;

верхня границя робочих температур  $100^\circ \text{C}$ .

**Варіант 2.** Вихідні дані:

частота за рівнем  $\alpha_n = 0,1$  дБ (  $|G|_{\max} = 0,15$  ) дорівнює  $f_n = 1,970$  ГГц ( $\omega_n = 12,4 \cdot 10^9$  Гц);

частота за рівнем  $\alpha_z = 35$  дБ дорівнює  $f_z = 2,17$  ГГц ( $\omega_z = 13,6 \cdot 10^9$  Гц);

хвильовий опір відрізків ліній передачі ФНЧ  $\rho_n = 30$  Ом.,  $\rho_B = 150$  Ом;

хвильовий опір підводячих ліній  $\rho_0 = 50$  Ом;

умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання М2;

верхня границя робочих температур  $90^\circ \text{C}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.

2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.

3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.

4. Конструирование и расчет полосковых устройств. Учебное пособие для вузов. Под ред. И.С.Ковалева – М.: Сов.радио. 1974 – 296с.

5. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1972. – 232с.

6. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.

7. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман. – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.

## Тема 3

### Смуго-загороджуючий фільтр НВЧ

$\omega_{-n}, \omega_n$  - граничні частоти, визначені за рівнем робочого згасання  $\alpha_n$ ;

$\omega_{-3}, \omega_3$  - граничні частоти, які відповідають робочому згасанню  $\alpha_3$ ;

$\omega_0$  - центральна частота смуги загороджування.

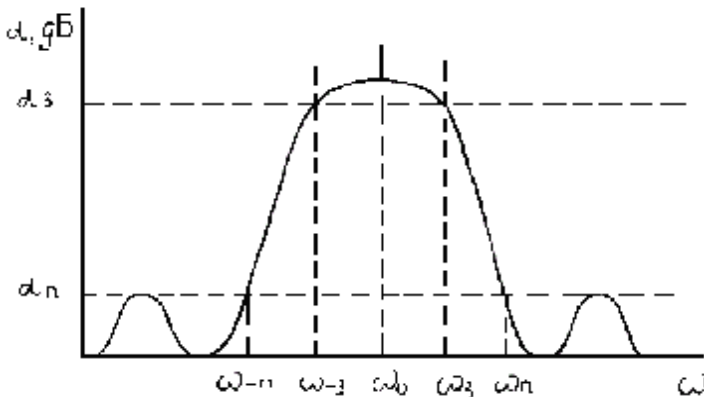


Рисунок 3.1 – Характеристика смуго-загороджуючого фільтра

Розрахувати смуго-загороджуючий фільтр НВЧ з чебишевською частотною характеристикою робочого згасання. Вибрати матеріал провідників ( вибір обґрунтувати ). Розробити конструкцію фільтра. Описати технологію складання фільтра.

**Варіант 1.** Граничні частоти смуги загородження:

$$f_{-n} = 1,12 \text{ ГГц},$$

$$f_n = 2,08 \text{ ГГц}.$$

Згасання в області прозорості фільтра  $\alpha_n \leq 0,1$  дБ.

Згасання на частотах  $f_3 = f_0 + 0,115$  ГГц та  $f_{-3} = f_0 - 0,115$  ГГц дорівнює:

$$\alpha_3 > 30 \text{ дБ} \quad (f_0 = (f_{-n} + f_n)/2).$$

Фільтр виконується на симетричній смужковій лінії з повітряним заповненням ( $\epsilon = 1$ ). Відстань між зовнішніми проводячими пластинами  $B = 11\text{мм}$ . Товщина внутрішнього провідника смуги  $t=4\text{мм}$ .

Хвильвий опір підводячої лінії  $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$ .

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання В 5.1;

Верхня границя робочих температур  $100^\circ \text{C}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.
2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.
3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.
4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1972. – 232с.
5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.
6. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман, Ю.Н.Либ и др.: Под ред. В.И.Вольмана – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.



## Тема 4

### Смуго - пропускаючий фільтр НВЧ

- $\alpha_n$  - згасання на границі смуги пропускання;
- $f_n$  - гранична частота фільтра за рівнем згасання  $\alpha_n$ ;
- $2 \Delta f_n$  - смуга пропускання;
- $2 \Delta f_z$  - смуга пропускання на заданому рівні згасання.

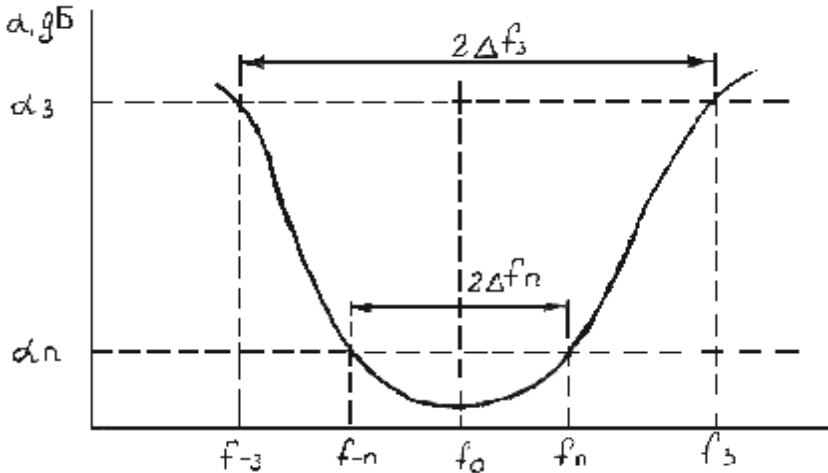


Рисунок 4.1 – Характеристика робочого згасання смуго-пропускаючого фільтра

Розрахувати геометричні розміри внутрішнього провідника смуго – пропускаючого фільтра на зв'язаних лініях. Вибрати матеріал підкладки та провідників. Розробити креслення плати фільтра. Описати технологію виготовлення плати.

#### Варіант 1. Вихідні дані:

граничні частоти смуги пропускання фільтра за рівнем  $\alpha_n = 0,01$  дБ дорівнює:

$$f_{-n} = 1,14 \text{ ГГц}, f_n = 1,26 \text{ ГГц};$$

граничні частоти смуги пропускання фільтра за рівнем  $\alpha z = 30$  дБ дорівнює:

$$f_{-z} = 1,08 \text{ ГГц}, f_z = 1,32 \text{ ГГц};$$

хвильовий опір підводячих ліній фільтра  $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$ .

Фільтр виконується на симетричній смужковій лінії та повинен мати чебишевську частотну характеристику робочого згасання.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання В 5.

Верхня границя робочих температур  $80^\circ \text{C}$ .

### **Варіант 2.** Вихідні дані:

центральна частота смуги пропускання фільтра  $f_0 = 9 \text{ ГГц}$ ;

відносна смуга пропускання фільтра за рівнем згасання  $\alpha n = 3$  дБ дорівнює  $(2 \Delta f_n) / f_0 = 0,3$ ;

відносна смуга пропускання фільтра за рівнем згасання  $\alpha z = 10$  дБ дорівнює  $(2 \Delta f_z) / f_0 = 0,55$ ;

хвильовий опір підводячих ліній фільтра  $\rho_0 = 50 \pm 10\% \text{ Ом}$ .

Фільтр виконується на мікросмужковій лінії і повинен мати максимально плоску частотну характеристику робочого згасання.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання ОМЗ.

Верхня границя робочих температур  $155^\circ \text{C}$ .

### **Варіант 3.** Вихідні дані:

відносна смуга пропускання фільтра за рівнем згасання  $\alpha n = 0,43$  дБ ( $|\Gamma|_{\max} = 0,1$ ) дорівнює  $V_n = 0,10$  (смуга пропускання прототипного переходу  $W_n = 2$ ,  $V_n = 0,2$ );

відносна смуга пропускання фільтра за рівнем згасання  $\alpha z = 30$  дБ дорівнює  $V_z = 0,19$  (смуга пропускання прототипного переходу  $W_z = 2$ ,  $V_z = 0,38$ );

центральна частота робочої смуги частот  $f_0 = 1,2 \text{ ГГц}$ ;

хвильовий опір підводячих ліній фільтра  $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$ .

Фільтр виконується на симетричній лінії і повинен мати чебишевську частотну характеристику робочого згасання.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання ОМ 5.1.

Верхня границя робочих температур  $85^\circ \text{C}$ .

**Варіант 4.** Вихідні дані:

кількість резонаторів  $n = 6$ ;

відносна смуга пропускання за рівнем згасання  $\alpha_n = 0,3$  дБ  
 ( $|G| = 0,26$ ) дорівнює  
 $(2 \Delta f n) / f_0 = 0,1$ ;

центральна частота робочої смуги частот  $f_0 = 1,2$  ГГц  
 ( $\lambda_0 = 25$  см);

хвильовий опір підводячих ліній фільтра  $\rho_0 = 50$  Ом.

Фільтр виконується на симетричній лінії з зазором і повинен мати чебишевську частотну характеристику робочого згасання.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання М 2.1.

Верхня границя робочих температур  $125^\circ \text{C}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.

2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.

3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.

4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1979. – 136с.

5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.

6. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман, Ю.Н.Либ и др.: Под ред. В.И.Вольмана – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.

## Тема 5

### Спрямований відгалужувач на зв'язаних смужкових лініях

Розрахувати конструктивні параметри спрямованого відгалужувача на зв'язаних лініях із боковим зв'язком. Вибрати матеріал підкладки і провідника ( вибір обґрунтувати ). Розробити креслення плати відгалужувача. Описати технологію виготовлення плати.

#### Варіант 1. Вихідні дані:

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 25$  см;

перехідне згасання  $S_{12}^0 = 18$  дБ,  $\Delta S_{12} = 0,5$  дБ;

хвильовий опір смужкової лінії  $\rho_0 = 50$  Ом.

Спрямований відгалужувач виконується на симетричній лінії.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання ТС 3.1.

Верхня границя робочих температур  $90^\circ \text{C}$ .

#### Варіант 2. Вихідні дані:

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 20$  см;

перехідне згасання  $S_{12}^0 = 15$  дБ,  $\Delta S_{12} = 0,5$  дБ;

хвильовий опір смужкової лінії  $\rho_0 = 50$  Ом.

Спрямований відгалужувач виконується на симетричній лінії.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання М 2.1.

Верхня границя робочих температур  $80^\circ \text{C}$ .

#### Варіант 3. Вихідні дані:

центральна довжина хвилі  $\lambda_0 = 10$  см;

перехідне послаблення  $S_{13} = 10$  дБ;

хвильовий опір підводячих ліній  $\rho_0 = 50 \pm 10\%$  Ом.

Спрямований розгалужувач реалізується на мікросмужковій лінії.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання ОМ 5.1.

Верхня границя робочих температур  $125^\circ \text{C}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.
2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.
3. ОСТ 4.070.012. – 79. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.
4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1972.
5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Котова Е.П. и др. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.
6. Обзоры по электронной технике. Серия: Электроника СВЧ Н.К. Гордиенко, Б.П. Зотов, В.Д. Купуш, В.А. Сосунов. Направленные ответвители и возможности их применения в измерителях проходящей мощности. Выпуск № 1 (8), ЦНИИ « Электроника », Москва.
7. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман, Ю.Н.Либ и др.: Под ред. В.И.Вольмана – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.
8. Конструирование и расчет полосковых устройств. Учебное пособие для вузов. Под ред. И.С.Ковалева. – М.: Сов.радио, 1974 – 296с.

## Тема 6

### Кільцевий дільник потужності НВЧ

$\Theta = (2\pi l) / \lambda$  – електрична довжина відрізків ліній;

$\Theta_n, \Theta -n$  – граничне значення  $\Theta$  у смузі пропускання;

$\lambda_n, \lambda -n$  – граничне значення довжини хвилі в смузі пропускання.

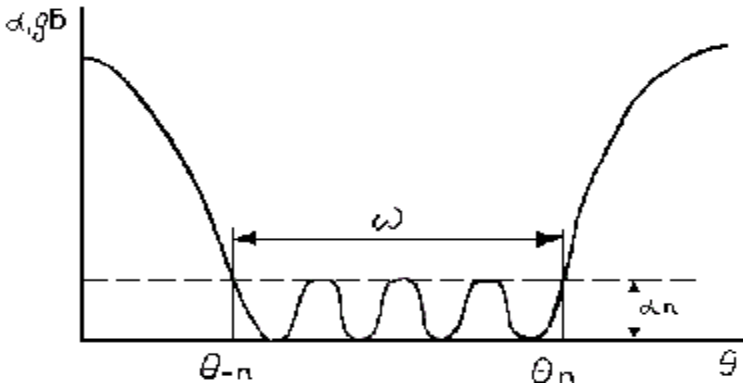


Рисунок 6.1 – Характеристика дільника потужності

Розрахувати конструктивні параметри трьохдецибельного дільника потужності, що реалізовується на симетричній смужковій лінії. Відстань між зовнішніми провідячими пластинами  $b = 4$  мм. Вибрати матеріал підкладки та провідника ( вибір обґрунтувати ).

Розробити креслення плати. Описати технологію виготовлення плати.

#### Варіант 1. Вихідні дані:

хвильовий опір підводячої лінії  $\rho_0 = 50$  Ом;

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 10$  см.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання Т 3.1.

Верхня границя робочих температур  $125^\circ \text{C}$ .

**Варіант 2.** Вихідні дані:

хвильовий опір підводячої лінії  $\rho_0 = 50 \text{ Ом}$ ;

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 7 \text{ см}$ .

Пристрій повинен працювати в умовах підвищеної радіації.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання В 5.1.

Верхня границя робочих температур  $90^\circ \text{C}$ .

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.

2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.

3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.

4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1979. – 136с.

5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Котова Е.П. и др. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.

6. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман, Ю.Н.Либ и др.: Под ред. В.И.Вольмана – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.

## Тема 7

### Шлейфний відгалужувач НВЧ

Розрахувати конструктивні розміри трьохдецибельного трьохшлейфного відгалужувача на симетричній смужковій лінії. Вибрати матеріал підкладки та провідника ( вибір обґрунтувати ). Розробити креслення плати розгалужувача. Описати технологію виготовлення плати.

#### Варіант 1. Вихідні дані:

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 10$  см;

хвильовий опір підводячої лінії  $\rho_0 = 50$  Ом.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання У 2.1.

Верхня границя робочих температур  $125^\circ \text{C}$ .

#### Варіант 2. Вихідні дані:

довжина хвилі у вільному просторі  $\lambda_0 = 7$  см;

хвильовий опір підводячої лінії  $\rho_0 = 50$  Ом.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання УХЛ 3.

Верхня границя робочих температур  $85^\circ \text{C}$ .

### ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.
2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.
3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.
4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1979. – 136с.
5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Котова Е.П. и др. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.



6. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман, Ю.Н.Либ и др.: Под ред. В.И.Вольмана – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.

## Тема 8

### Кільцевий міст НВЧ

Розрахувати конструктивні розміри кільцевого мосту.

Вибрати матеріал підкладки та провідника ( вибір обґрунтувати). Розробити креслення плати кільцевого мосту. Описати технологію виготовлення плати.

#### **Варіант 1.** Вихідні дані:

середня довжина хвилі в робочому діапазоні  $\lambda_0 = 5$  см;

хвильовий опір смужкової лінії  $\rho_0 = 50$  Ом.

Кільцевий міст реалізується на симетричній смужковій лінії.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання ОМ 2.

Верхня границя робочих температур  $125^{\circ}$  С.

#### **Варіант 2.** Вихідні дані:

середня довжина хвилі в робочому діапазоні  $\lambda_0 = 30$  см;

хвильовий опір смужкової лінії  $\rho_0 = 50$  Ом.

Кільцевий міст реалізується на несиметричній смужковій лінії.

Умови експлуатації повинні відповідати ГОСТ 15150-69, категорія виконання У 3.

Верхня границя робочих температур  $85^{\circ}$  С.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 15150-69. Аппаратура радиоэлектронная. Нормы и методы климатических испытаний.

2. ОСТ 4. ГО 710.001. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Платы. Конструирование.

3. ОСТ 4.070.012. Устройства СВЧ. Полосковые линии. Модули. Конструирование.

4. Малорацкий Л.Г. и Явич Л.Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. – М.: Сов. радио, 1979. – 136с.

5. Полосковые платы и узлы. Проектирование и изготовление. Котова Е.П. и др. Под ред. Котова Е.П. и Каплуна В.Д. – М.: Сов. радио, 1979. – 248с.

6. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. С.И.Бахарев, В.И.Вольман, Ю.Н.Либ и др.: Под ред. В.И.Вольмана – М.: Радио и связь, 1982. – 328с.