Лабораторна робота №5

Спрямовані відгалужувачі на хвилеводах

Мета роботи:

1. Практичне ознайомлення з видами, будовою та принципами роботи напрямлених відгалужувачів.
2. Вимірювання перехідного послаблення спрямованого відгалужувача.

1 Короткі теоретичні відомості

У техніці НВЧ *спрямованим відгалужувачем (СВ)* називають чотириплечий пристрій (восьмиполюсник), що здійснює передачу потужності з одного свого плеча (основний тракт) у два інших (основний та вторинний тракти). Четверте плече при цьому залишається не збудженим.

За ступенем зв'язку вторинного тракту з основним, розрізняють:

– *спрямовані відгалужувачі зі слабким зв'язком*, які відгалужують незначну частину потужності (такі відгалужувачі широко використовують у вимірювальній техніці);

– *мости*, які відгалужують рівно половину потужності, тобто ділять вхідну потужність навпіл;

– *спрямовані відгалужувачі з повним зв'язком*, які передають всю потужність в одне з плечей вторинного тракту.

Найчастіше зустрічаються восьмиполюсники, що мають горизонтальну та вертикальну площини симетрії (рисунок 5.1).

Оскільки його плечі фізично ідентичні, а сам пристрій взаємний, то виконуються такі співвідношення:

$$S_{11} = S_{22} = S_{33} = S_{44} = a;$$

$$S_{12} = S_{21} = S_{34} = S_{43} = b;$$

$$S_{13} = S_{31} = S_{24} = S_{42} = c;$$

$$S_{14} = S_{41} = S_{23} = S_{32} = d.$$

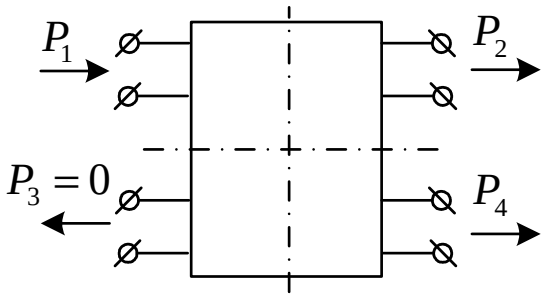


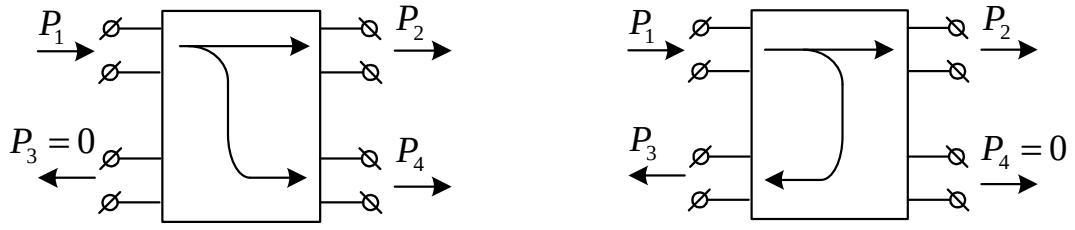
Рисунок 5.1 – Симетричний восьмиполюсник

Таким чином, матриця розсіяння симетричного взаємного восьмиполюсника містить чотири незалежних елемента:

$$(\dot{S}) = \begin{pmatrix} a & b & c & d \\ b & a & d & c \\ c & d & a & b \\ d & c & b & a \end{pmatrix}.$$

Якщо багатополюсник узгодити зі сторони одного з плечей, тобто за рахунок введення в конструкцію додаткових елементів, які не порушують симетрію пристрою, добитися рівності нулю коефіцієнта відбиття в одному з плечей (при під'єднанні до решти плечей узгоджених навантажень). то він виявиться узгодженим зі сторони інших плечей, при цьому $a = 0$.

Вважатимемо, що при збудженні зі сторони плеча 1 частина енергії надходить у плече 2. тоді щоб пристрій був спрямованим відгалужувачем, енергія не має надходити у плече 3 або у плече 4. у першому випадку $c = 0$ (*співнапрямлений відгалужувач*, рисунок 5.2, а), у другому випадку – $d = 0$ (*протиспрямований відгалужувач*, рисунок 5.2, б).



а) б)

Рисунок 5.2 – Схеми співспрямованого (а) та протиспрямованого (б) відгалужувачів

Матриці розсіяння цих пристроїв такі:

$$\left(\dot{S}_c\right)=\begin{pmatrix}0 & b & 0 & d\\ b & 0 & d & 0\\ 0 & d & 0 & b\\ d & 0 & b & 0\end{pmatrix},\ \left(\dot{S}_n\right)=\begin{pmatrix}0 & b & c & 0\\ b & 0 & 0 & c\\ c & 0 & 0 & b\\ 0 & c & b & 0\end{pmatrix}.$$

Якщо ж втрати у відгалужувачі відсутні, то його матриця розсіяння унітарна, що дає змогу записати $|b|=\sqrt{1-|d|^2}$ чи $|b|=\sqrt{1-|c|^2}$.

Підбираючи положення площин відліку, один з елементів матриці розсіяння, наприклад d чи c, можна зробити дійсними (щоб не порушити симетрію пристрою, площини відліку у всіх плечах потрібно переміщувати одночасно на однакові відстані, тобто у такий спосіб можна підібрати фазу лише одного елемента розсіяння матриці розсіяння). Враховуючи умову ортогональності для матриць $\left(\dot{S}_c\right)$ і $\left(\dot{S}_n\right)$, отримаємо $b^*d+d^*b=0$, $b^*c+c^*d=0$ чи $\mathrm{Re}(bd)=\mathrm{Re}(bc)=0$. Отже, за дійсних c і d елемент b має бути уявним. Тому матриці ідеальних спрямованих відгалужувачів такі:

$$\left(\dot{S}_c\right)=\begin{pmatrix}0 & \pm i\sqrt{1-d^2} & 0 & d\\ \pm i\sqrt{1-d^2} & 0 & d & 0\\ 0 & d & 0 & \pm i\sqrt{1-d^2}\\ d & 0 & \pm i\sqrt{1-d^2} & 0\end{pmatrix},$$

$$\left(\dot{S}_n\right)=\begin{pmatrix}0 & \pm i\sqrt{1-c^2} & c & d\\ \pm i\sqrt{1-c^2} & 0 & 0 & c\\ c & 0 & 0 & \pm i\sqrt{1-c^2}\\ 0 & c & \pm i\sqrt{1-c^2} & 0\end{pmatrix},$$

де d,c – дійсні числа. Отже, сигнали у «вихідних» плечах відгалужувача зсунуто по фазі на 90^0.

Реальні спрямовані відгалужувачі мають матриці розсіяння, які у певному частотному діапазоні наближаються до ідеальних. Їх характеризують такими основними параметрами (визначення наведено для спів напрямленого відгалужувача):

– **перехідне послаблення**, є відношенням потужності, що надходить у відгалужувач до відгалуженої потужності

$$C = 10\lg\frac{P_1}{P_4} = -20\lg|d|,$$

– **спрямованість**, є відношенням відгалужуваних потужностей: у задане плече і у протилежне до нього плече вторинного тракту

$$D = 10\lg\frac{P_4}{P_3} = -20\lg\left|\frac{\dot{S}_{41}}{\dot{S}_{31}}\right|,$$

– **робоче затухання**

$$L = 10\lg\frac{P_1}{P_2} = -20\lg\left(1-|d|^2\right),$$

– **КСХ**

$$K_{cm} = \frac{1+|\dot{S}_{11}|}{1-|\dot{S}_{11}|}.$$

У робочому діапазоні частот вказані параметри мають значення не гірші заданих.

2 Лабораторна установка

Лабораторна установка складається з панорамного вимірювача КСХН, досліджуваного відгалужувача, атенюатора, детекторної секції, індикатора, з'єднувальних хвилеводів та кабелів.

3 Хід виконання роботи

3.1 Ознайомтесь з лабораторною установкою №1 та підготуйте її до роботи.

3.2 Виміряйте перехідне послаблення напрямленого відгалужувача на фіксованій частоті. Порядок вимірювань наступний.

3.2.1 Складіть схему, зображену на рисунку 5.3.

3.2.2 Виставте на генераторі задану частоту, на атенюаторі – нульове послаблення.

3.2.3 Встановіть стрілку індикаторного приладу на $\frac{1}{2}$ – $\frac{2}{3}$ шкали, запам'ятайте це значення.

3.2.4 Перенесіть детекторну секцію на вихід атенюатора, а на її місце – узгоджене навантаження. Регулюючи затухання атенюатора, добийтеся тих самих показів індикатора, що і в п. 3.2.3.

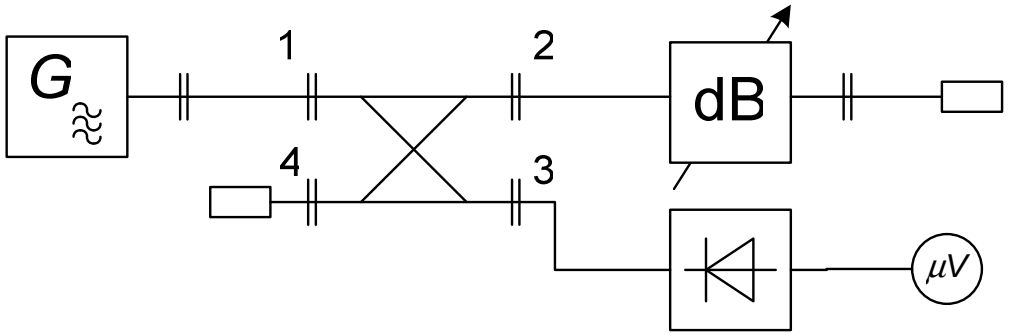


Рисунок 5.3 – Схема №1 для вимірювання перехідного послаблення відгалужувача

Оскільки ці покази індикатора отримують в результаті послаблення хвилі як відгалужувачем, так і атенюатором, то затухання, створюване обома елементами, є однаковим. Тому послаблення атенюатора в цьому випадку дорівнює перехідному послабленню відгалужувача.

3.3 Повторіть п.3.2. для інших частот, заданих викладачем.

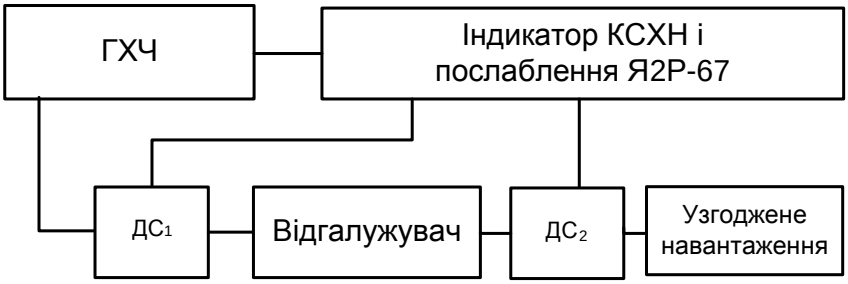
3.4 Виміряйте перехідне послаблення цього ж відгалужувача на тих самих частотах за допомогою панорамного вимірювача КСХН. Порядок вимірювань такий.

3.4.1 Відкалібруйте прилад для вимірювання послаблення у смузі частот.

3.4.2 Складіть схему, зображену на рисунку 5.4, де досліджуваним об’єктом є відгалужувач, який включіть так, як показано на рисунку 5.5.

3.4.3 Виміряйте послаблення на цій частоті.

3.4.4 Повторіть пп. 3.4.1 – 3.4.3 для інших заданих частот.



ГХЧ – генератор хитної частоти; $ДС_1$ – детектор спрямований падаючої хвилі; $ДС_2$ – детектор спрямований відбитої хвилі

Рисунок 5.4 – Схема №2 для вимірювання перехідного послаблення відгалужувача

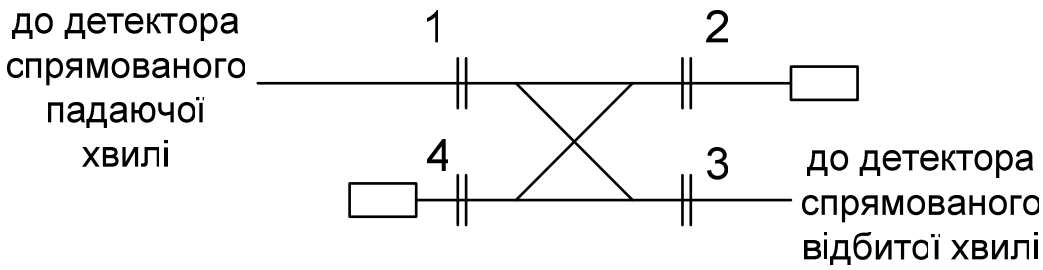


Рисунок 5.5 – Схема підключення відгалужувача до вимірювального тракту панорамного вимірювача

4 Вимоги до звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити:

1. Назву, мету та коротке описання ходу виконання роботи.
2. Перелік використаних приладів.
3. Результати вимірювань (у табличній та графічній формах) по пп. 3.2 – 3.4.
4. Оцінку похибок результатів, отриманих в п. 3.4 (у табличній та графічній формах).
5. Висновки.

5 Контрольні питання

1. Що таке СВ? Які види СВ ви знаєте
2. Яка структура матриці розсіяння ідеального СВ?
3. Дайте визначення параметрів НВ: перехідне послаблення, , спрямованість, КСХ.
4. Поясніть принцип роботи СВ з зосередженим зв’язком. Які його переваги та недоліки?
5. Поясніть принцип роботи СВ з розподіленим зв’язком. Які його переваги та недоліки?
6. Як за допомогою СВ можна вимірювати КСХ довільного об’єкта?
7. Пояснити різницю між співнапрямленим та протинапрямленим відгалужувачем.
8. Наведіть приклади та поясніть принципи роботи таких відгалужувачів.

9.Поясніть методику вимірювання перехідного послаблення СВ, використану у роботі.

10.Чи доцільно для вимірювання КСХ спрямованого відгалужувача використовувати панорамний вимірювач КСХ?