Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт Радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова

Типовой расчет по дисциплине

«Техническая электродинамика»

Студент: Малова К.А.

Группа: ЭР-15-16

Вариант №12

Москва

2019

**Содержание**

Рассчитать параметры СВЧ устройств, осуществляющих узкополосное и широкополосное согласование комплексной нагрузки с линией передачи. Для всех случаев согласования провести расчет зависимости КБВ в заданной полосе частот.

**Согласуемая нагрузка**

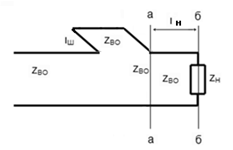
Параметры согласуемой нагрузки, состоящей из последовательно соединенных активного сопротивления и индуктивности либо емкости, задаются в виде нормированного комплексного сопротивления на центральной частоте согласования.

zн = 0,3-j0,6

**Часть 1**

1. **Узкополосное согласование заданной нагрузки на частоте** *f0*

А) **Последовательный шлейф** (найти длину шлейфа и расстояние от шлейфа до сечения входа нагрузки).



На круговой номограмме сопротивлений (Рис.1) отмечаем точку 1, соответствующую значению нормированного сопротивления нагрузки. Определяем значение КБВ, создаваемое нагрузкой в линии – КБВ = 0,22. Положение т.1 фиксируем на шкале расстояний, проведя радиус вектор через т.1.

Двигаясь от точки 1 к генератору по кругу **КБВ = 0,22**, доходим до точки, в которой активное сопротивление, равно 1. Таких точек на круговой диаграмме две (т. 2 и т. 2`). Выбираем точку 2, как ближайшую к нагрузке. Проводим через центр номограммы и т.2 радиус вектор и по шкале расстояний отсчитываем расстояние между нагрузкой и точкой включения шлейфа в долях волны  **= 0,5 – 0,409 + 0,182 = 0,273.**

Находим требуемое сопротивление шлейфа (т.4), оно равно с обратным знаком реактивному сопротивлению в т.3. **zш = -j1,75**. Выбираем тип шлейфа (разомкнутый или короткозамкнутый), руководствуясь стремлением сократить длину шлейфа. Более коротким, оказывается, шлейф с **холостым ходом**. Его длина **=0,333 – 0,25 = 0,083**.



6

5

4

3

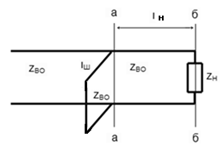
2’

2

1

*Рис.1. Круговая номограмма сопротивлений.*

Б) **Параллельный шлейф** (найти длину шлейфа и расстояние от шлейфа до сечения входа нагрузки).



Учитывая, что при параллельном соединении элементов схемы складываются их проводимости, будем использовать при решении поставленной задачи номограмму проводимостей.



На круговой номограмме проводимостей откладываем значение проводимости нагрузки (точка 1 на рис 2). Определяем значение КБВ, создаваемого нагрузкой в линии - **КБВ = 0,22**.

Двигаясь от точки 1 к генератору по кругу **КБВ = 0,22**, доходим до точки, в которой активное сопротивление, равно 1. Проводим через центр номограммы и т.2 радиус вектор и по шкале расстояний отсчитываем расстояние между нагрузкой и точкой включения шлейфа в долях волны  **= 0,18 – 0,158 = 0,022.**

Находим требуемое сопротивление шлейфа (т.3), оно равно с обратным знаком реактивному сопротивлению. **zш = -j1,67**. Выбираем тип шлейфа (разомкнутый или короткозамкнутый), руководствуясь стремлением сократить длину шлейфа. Более коротким оказывается шлейф с **холостым ходом**. Его длина **0,32 – 0,25 = 0,7**.



3

2

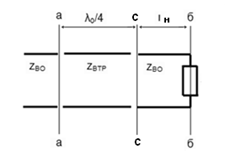
1

*Рис.2. Круговая номограмма проводимостей.*

В) **Четвертьволновый трансформатор** (найти волновое сопротивление трансформатора и расстояние от трансформатора до сечения входа нагрузки)

Методика согласования четвертьволновым трансформатором основана на свойстве преобразования сопротивлений четвертьволновым отрезком линии передачи. В нашем случае соответствующее соотношение имеет вид:

где zс-с и zа-а соответствующие эквивалентные нормированные к zво (zво - волновое сопротивление основного тракта)сопротивления в сечениях с-с и а-а; – безразмерное нормированное к zво волновое сопротивление трансформатора.



Условие согласования означает, что zа-а равно единице. Тогда из приведенного выше соотношения следует, что величина , должна быть действительной, поскольку и zа-а являются действительными величинами.

Сопротивление трансформатора находим как .

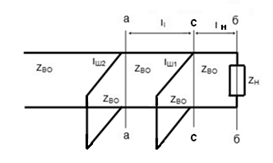
Сечениями линии, в которых эквивалентное сопротивление чисто активное, являются сечения либо узла, либо пучности распределения напряжения в линии, нагруженной на .

На круговой номограмме сопротивлений (Рис.1), соответственно идем от нагрузки (т.1) в сторону генератора по линии КБВ до сечения либо узла напряжения, где сопротивление равно КБВ, либо пучности, где сопротивление равно КСВ (две точки пересечения круга КБВ и линии на которой Imz=0).

Сопротивление трансформатора находим в первом случае как , во втором.

Двигаясь от точки 1 по линии КБВ в сторону генератора доходим до сечения с-с (т.6, **н/λ=0,02**), где сопротивление чисто активное и равно КБВ = 0,2. Получаем, что **zвтр==0,47**

Г) **Двухшлейфный трансформатор с последовательными короткозамкнутыми шлейфами** (найти длины шлейфов). Расстояние от нагрузки до ближайшего к ней шлейфа считать равным нулю. Расстояние между шлейфами взять равным 1/8 длины волны на частоте f0.



Сопротивление согласуемой нагрузки zн = 0,3-j0,6, расстояние н/λ = 0, расстояние между шлейфами 1/λ = 1/8 = 0,125.

Наносим на круговую номограмму сопротивлений вспомогательную окружность, соответствующую окружности Rez=1, повернутой в сторону нагрузки на угловое расстояние/λ (сплошная линия на рис. 3).

Отмечаем на номограмме значение сопротивления нагрузки (т.1). Определяем, что **КБВ =0,22**.

Т.к. сечение подключения шлейфа 1 (сечение с-с) совпадает с сечением нагрузки, то в этом сечении zн = 0,3-j0,6.

Выбираем сопротивление шлейфа таким, чтобы точка, соответствующая сумме эквивалентного сопротивления линии в сечении с-с и сопротивления шлейфа, оказалась на вспомогательной окружности. Для этого двигаемся от точки 1 по линии постоянной активной составляющей Rez=0,5 до точки 2, лежащей на вспомогательной окружности. В точке 2 сопротивление равно z(т.2)=0,3+j0,29 Таким образом, для перемещения из т.1 в т.2 требуется добавить к сопротивлению в точке 1 величину сопротивления шлейфа

**zш1 = – j0,89** (т.3).

Другой точкой, лежащей на вспомогательной окружности и окружности Rez=0,3, является точка 3, но для попадания в нее требуется существенно большее сопротивление шлейфа, что приводит, как правило, к увеличению ошибок при расчете с помощью круговой номограммы и реализации схемы, по сравнению со случаем малых величин сопротивлений.

Пересчитываем сопротивление из сечения с-с (точка 2) в сечение а-а через отрезок линии /λ=0,125 в сторону к генератору. При этом мы попадаем в т.4 с сопротивлением z(т.4) = 1+ j1,4

Сопротивление шлейфа 2 выбираем равным **zш2 = -j1,4** (т.5).

Определяем длины короткозамкнутых шлейфов 1 и 2 с нормированными сопротивлениями –j0,89 и –j1,4 соответственно. Находим, что в случае выбора короткозамкнутых шлейфов их длины равны: **/λ=0,116;/λ=0,348.**



5

4

3

2

1

Рис.3. Круговая номограмма для расчета двухшлейфного согласующего устройства.

1. **Для исходной нагрузки и всех случаев согласования провести расчет зависимости КБВ в полосе частот +-20% от *.* Сравнить полосу согласования по уровню КБВ = 0.7**

