## Содержание:

Лист

Задание на курсовую работу…........................................................................………………3

Исходные данные ..........................................................................................…………….4

1. Выбор марки радиочастотного кабеля ....................................................………………5
2. Моделирование генератора, нагрузки и отрезка радиочастотного кабеля……………8
3. Расчёт распределения действующих значений напряжения и тока вдоль  
   нагруженного отрезка линии без потерь…..……………………………………………10
4. Расчёт распределений вещественных и мнимых частей сопротивления .....................13
5. Расчёт значений активных мощностей………………………………………………….15
6. Определение значений параметров элементов согласующего устройства...................17
7. Расчёт значений параметров элементов согласующего устройства с помощью

круговой диаграммы………..……………………………………………………………18

1. Расчёт распределения действующих значений напряжения и тока вдоль отрезка  
    линии и элементов согласующего устройства.................................................………..20
2. Расчёт значений активных мощностей в согласованном режиме…………………….23
3. Заключение……………………………………………………………………………….24
4. Список литературы………………………………………………………………………25

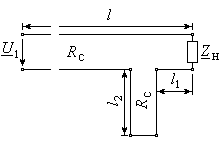
**Задание на курсовую работу**

Высокочастотный генератор мощностью *Р*г с внутренним сопротивлением *R*г, работающий на частоте *f*г, связан с приемником энергии отрезком радиочастотного кабеля длиной *l*. Приемник энергии представлен сосредоточенным пассивным двухполюсником с комплексным сопротивлением . В соответствии с вариантом задания требуется:

1. Выбрать марку радиочастотного кабеля, исходя из заданных значений параметров генератора. Критерий выбора – минимальное значение расчётной массы 1 км кабеля. Привести эскиз конструкции выбранного кабеля с указанием размеров его элементов, а также параметры и частотные характеристики.
2. Подобрать модели генератора, отрезка кабеля и приёмника энергии (нагрузка кабеля) и определить значения их параметров.
3. Рассчитать распределения действующих значений или огибающих напряжения и тока вдоль нагруженного отрезка кабеля и построить их графики на интервале [0, *l*].
4. Рассчитать распределения составляющих комплексного сопротивления или проводимости (в зависимости от способа последующего согласования) вдоль нагруженного отрезка кабеля и построить их графики на интервале [0, *l*].
5. Рассчитать распределения активной и реактивной мощностей вдоль отрезка кабеля на интервале [0, *l*] и построить их графики. Сравнить значения активной мощности, отдаваемой генератором, и активной мощности, потребляемой нагрузкой кабеля. Сопоставьте их со значением мощностью генератора *Р*г.
6. Рассчитать значения параметров элементов согласующего устройства.
7. Найти значения параметров элементов согласующего устройства по диаграмме полных сопротивлений (проводимостей) и описать порядок их определения с соответствующими графическими построениями.
8. Рассчитать распределения действующих значений напряжения и тока вдоль согласованного участка отрезка кабеля и элементов согласующего устройства и построить их графики.
9. Рассчитать распределения вещественной и мнимой составляющих сопротивления вдоль согласованного участка отрезка кабеля и элементов согласующего устройства и построить графики.
10. Сравнить значения активной мощности, отдаваемой генератором, и активной мощности, потребляемой нагрузкой кабеля. Сопоставить их со значением мощности генератора.

**Исходные данные**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *№*  *п/п* |  |  |  |  |  | *Номер рисунка согласующего устройства* |
| *Вт* | *Ом* | *МГц* | *отн.ед* | *Ом* |
| *6* | *20* | *75* | *210* | *0,75* | *40-j30* | 6 |



Согласование последовательным короткозамкнутым шлейфом.

**Выбор марки радиочастотного кабеля.**

Марку радиочастотного кабеля выбирают по ГОСТ 11326.1-79 – ГОСТ 11326.92-79 "Кабели радиочастотные", исходя из заданных значений параметров генератора: мощности *PГ*= 30 Вт, частоты ƒг = 230 МГц и внутреннего сопротивления *RГ*=75Ом. При этом необходимо соблюсти два условия:

1. Волновое сопротивление кабеля *RC* должно быть согласовано с внутренним сопротивлением генератора:

*RC* = *RГ* = 75 Ом. (1.1)

1. Выбранный кабель заданной на частоте должен пропускать заданное значение мощности генератора, т.е. должно выполняться неравенство:

*РK0 ≥ KPГ*, (1.2)

где *РК0* – предельно допустимая мощность в согласованном режиме; *К-* коэффициент стоячей волны напряжения (КСВн) в отрезке кабеля, вычисляемый по формуле:

, (1.3)

где *ρu* – модуль коэффициента отражения волны напряжения в конце кабеля. При пассивной сосредоточенной нагрузке коэффициент отражения по напряжению определяется выражением:

, (1.4)

где *Z2* – комплексное сопротивление нагрузки; при этом на значения *ρu* и *νu* налагаются следующие ограничения: *ρu > 0* и *|νu| < π*.









Поскольку до выбора марки кабеля и последующего расчёта значение мощности неизвестно, вместо Рк в неравенство (1.2) подставляют заведомо большее значение мощности генератора:







В результате проведенной работы был выбран радиочастотный кабель марки РК 50-1-11 ГОСТ 11326.60-79, имеющий наименьшую массу среди аналогов с параметрами, удовлетворяющими заданным условиям: 1) *RC =RГ* ; 2) *РK0 ≥ KPГ*.

## Основные характеристики радиочастотного кабеля РК 50-1-11

## *Характеристики и параметры кабеля*

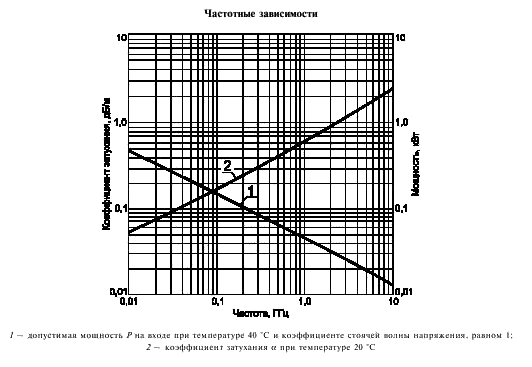
Электрическая ёмкость, пФ/м………………………………………………….………...100

Коэффициент укорочения длины волны………………………………………………..1,52

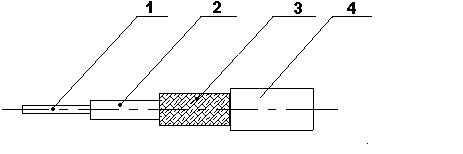
Электрическое сопротивление изоляции, ТОм⋅м, не менее ……………………….….5

Расчётная масса 1 км кабеля, кг………………………………………………………….5,7

95-процентный ресурс , ч…………………………………………………………………15000



***Рис 1.1*** *Частотные зависимости кабеля марки РК 75-2-12*



***Рис.1.2*** *Конструктивные элементы кабеля РК 50-1-11*

**Таблица 1. Характеристики материала кабеля.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование элемента** | **Конструктивные данные и размеры** |
| 1. Внутренний проводник | Сеть медных посеребренных проволок номинальным диаметром 0.32мм;номинальный диаметр проводника 0.36 мм |
| 1. Изоляция | Сплошная; полиэтилен низкой плотности; диаметр по изоляции (1 + 0,1) мм; |
| 1. Внешний проводник | Оплётка из медных посеребренных проволок номинальным диаметром 0.1;плотность оплетки 85%-92%; угол каждой оплетки 50-60о; |
| 1. Оболочка | Светостабилизированный полиэтилен низкой плотности; наружный диаметр кабеля (1,90.2) |

*7*

**2. Моделирование генератора, нагрузки и отрезка радиочастотного кабеля.**

Высокочастотный генератор гармонических колебаний мощностью *Рг*и внутренним сопротивлением *Rг* можно заменить эквивалентной активной ветвью, состоящей из последовательно включённых источника гармонического напряжения *U0* и резистора с сопротивлением *Rr.*

Мощность генератора равна:

 (2.1)

Отсюда напряжение холостого хода активного двухполюсника :



(2.2)

Сосредоточенная нагрузка отрезка кабеля в установившемся гармоническом процессе моделируется пассивной ветвью сопротивлением *Z2*.

 Отрезок радиочастотного кабеля моделируется отрезком регулярной линии, определяемой двумя характеристическими параметрами: *Rс = Rг* и коэффициентом распространения  Значение коэффициента затухания  находится из соответствующего графика частотных зависимостей выбранной марки кабеля:

Коэффициент фазы (волновое число) β определяется длиной волны в кабеле **:

 (2.3)

которая в k раз короче электромагнитной волны в вакууме. Длина последней определяется по формуле:



(2.4)



(2.5)  
где *c* = 3 · 108 м/с – округленное значение скорости электромагнитной волны в вакууме.

Значение коэффициента укорочения длины волны k для данного типа кабеля берется из параметров кабеля: *k* = 1.52





Длину отрезка l найдем из заданного соотношения:

(2.6)

\Коэффициент фазы(волновое число) β обратно пропорционален длине электромагнитной волны в кабеле λ



Значение электрической длинны отрезка:



Проверим выполнение условия , можно ли выполнять расчет отрезком линии без потерь:

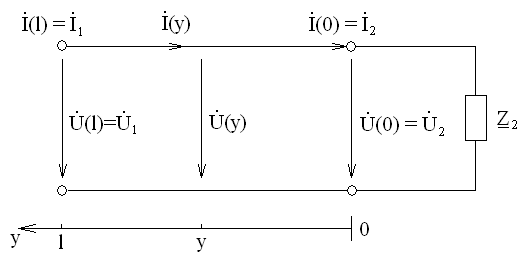


< 0.045 Нп

Следовательно можно моделировать отрезком линии без потерь

**3. Расчет распределения действующих значений (огибающих) напряжения и тока вдоль нагруженного отрезка линии без потерь.**

Исходными являются выражения, определяющие комплексы действующих значений напряжения U(y) и тока I(y) в произвольном сечении с координатой у(0<y<l), отсчитываемой от конца отрезка линии без потерь (рис.3.1).



***Рис. 3.1****. Линия без потерь*

Уравнение распределения действующих значений напряжения и тока вдоль нагруженного отрезка линии без потерь имеют вид:

 (3.1)

где:

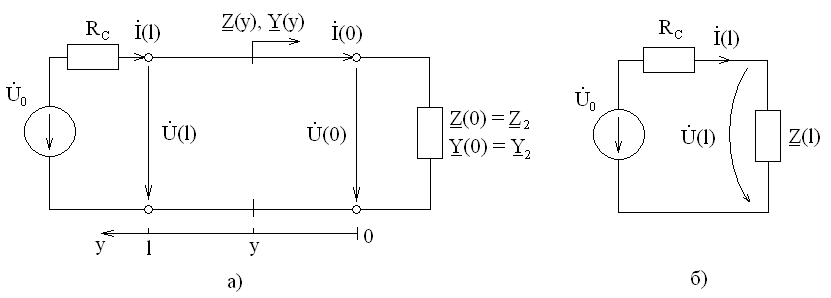
 (3.2)

C:\Users\Евгений\Desktop\формуо.jpg

Значения постоянных интегрирования определяются из граничных условий для начала отрезка линии (x=l):

 (3.3)

Исключая из выражений (3.1) и (3.3) неизвестные значения , получаем:

 ,  (3.4)

***Рис. 3.2****. Эквивалентные схемы нагруженного отрезка линии*

Для расчёта граничных значений U(l) и I(l) заменим нагруженный отрезок регулярной линии длиной l эквивалентным сосредоточенным пассивным двухполюсником, значение сопротивления которого вычислим по формуле в показательной функции:

  (3.5)

Значение проводимости нагруженного отрезка линии:







Из полученной эквивалентной схемы (рис.3.2,б), полагая для простоты равной нулю начальную фазу и **, имеем граничные комплексные значения искомых величин в начале отрезка линии:

,  (3.6)





Модули этих величин используются в последующем расчете распределений действующих значений напряжения и тока:

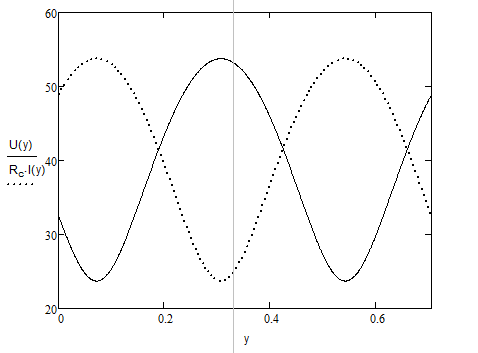




Итак, мы имеем все данные для расчета распределения действующих значений напряжения и тока по формулам **,** . Ниже приведены результаты вычислений и графические зависимости (0 ≤ *y* ≤ *l*, шаг l/8).

**Таблица 3.1**



******

***Рис. 3.3****. Графики распределения действующих значений напряжения и тока*

**4.Расчет распределения вещественной и мнимой частей проводимости**

**вдоль нагруженного отрезка линии.**

Так как согласование будет осуществляться последовательным шлейфом, удобнее рассчитать распределение вещественной и мнимой частей сопротивления.

Из формулы сопротивления эквивалентного сосредоточенного пассивного двухполюсника в тригонометрических функциях: 

 (4.1)

можно получить:

 (4.2)

 (4.3)

C:\Users\Евгений\Desktop\Безымянный.jpg

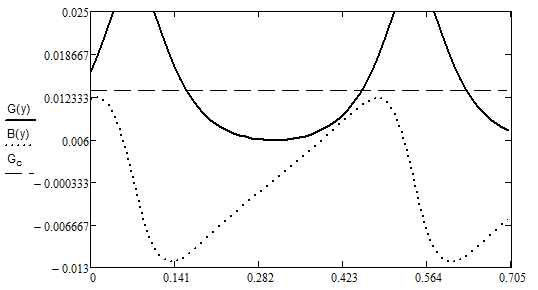
Ниже приведены результаты вычислений и графические зависимости (0 ≤ *y* ≤ *l*, шаг l/8):

**Таблица 4.1**









***Рис. 4.1****. Графики распределения вещественной и мнимой частей сопротивления*

**5. Расчет значений активных мощностей**

Среднее значение мощности за период *T* = 1/ƒг в произвольном сечении отрезка линии с координатой *y* (0 ≤ *y* ≤ *l*) – активная мощность *P(y)* – определяется формулой:

 (5.1)

С учетом линейной взаимосвязи  и :

 и  (5.2)

имеем:

 (5.3)

Значение активной мощности в начале отрезка линии без потерь:



Значение активной мощности в конце отрезка линии без потерь:



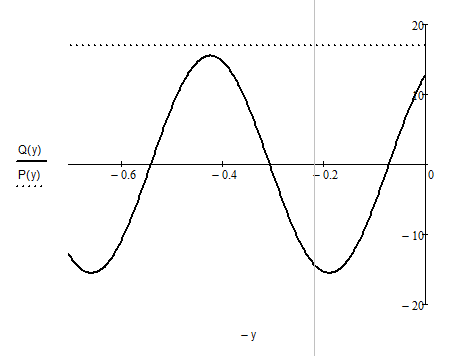
Распределение значений потребляемой реактивной мощности Qп(x) в произвольном сечении отрезка с координатой y определяется выражением:

 (5.4)

**Таблица 5.1**







***Рис. 5.1****. График распределения активной и реактивной мощностей вдоль нагруженного отрезка линии без потерь*

**6. Определение значений параметров элементов**

**согласующего устройства.**

Параметры элементов согласующего устройства определяются из условий согласования отрезка регулярной линии или его части. Места подключения элементов согласующего устройства представляют собой сосредоточенные нарушения регулярности.

В данной работе рассматривается согласующее устройство в виде последовательного короткозамкнутого шлейфа.

Шлейф подключается в таком сечении , в котором вещественная часть проводимости равна характеристической проводимости линии. Шлейф длиной , включаемый в это сечение, компенсирует мнимую составляющую проводимости несогласованного участка линии. Отсюда следуют два условия согласования:

 или  (6.1)

, или  (6.2)

Из (4.2) и первого условия согласования (6.1) получаем спектр значений координаты последовательно включенного шлейфа:

(6.3)

Из второго условия согласования и выражений (4.3) и - сопротивление короткозамкнутого шлейфа, получаем формулу, определяющую спектр длины:



(6.4)

Параметр *k и n*, а также согласованные знаки перед последними слагаемыми в формулах выбираем так, чтобы получить наименьшую длину шлейфа, вследствие чего обеспечится наиболее широкая полоса частот согласования и получим искомые величины:

Наименьшее сечение получаем при значении параметра *k=1: l1(0)=0.395*  *м*

Наименьшую длину шлейфа получаем при значении *k=0:* *l2(0)=0.105 м*

**7. Расчёт значений параметров элементов согласующего устройства с помощью круговой диаграммы сопротивлений.**

С помощью круговой диаграммы (рис 7.1) полных сопротивлений (проводимостей) можно проверить полученные расчетные параметры  и . В нашем случае удобнее использовать координаты нормированного сопротивления, т.к. короткозамкнутый шлейф включен последовательно с нагрузкой.

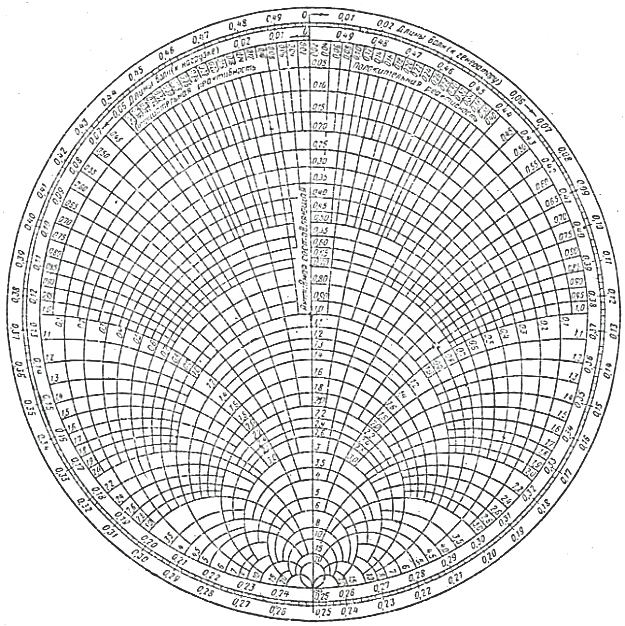
Рассчитаем нормированное сопротивление нагрузки:

1. На круговой диаграмме сопротивлений отмечаем точку А, соответствующую нормированному значению сопротивления нагрузки, и проводим через нее радиус до пересечения со шкалой расстояний.
2. Перемещаемся по ходу часовой стрелки от точки А по окружности постоянного КБВ до пересечения с окружностью, соответствующей значению нормированного сопротивления . Выбираем точку С ближайшую к точке А (в правой половине диаграммы).
3. Проведя через нее радиус до пересечения со шкалой расстояний, отсчитываем нормированное значение длины несогласованного участка :



1. По X-дуге, проходящей через точку С, находим нормированное значение мнимой части сопротивления нагруженного участка длиной .
2. На противоположной стороне диаграммы сопротивлений находим точку D с координатами  - нормированное значение сопротивления шлейфа и проводим через нее радиус до пересечения со шкалой расстояний).
3. Минимальное значение нормированной длины короткозамкнутого шлейфа отсчитывается по шкале расстояний от верхней точки диаграммы сопротивлений, где сопротивление конца шлейфа равно 0, по ходу часовой стрелки до точки D ().

L1=0.301 м L2=0.156 м



***Рис. 7.1****. Диаграмма полных сопротивлений*

*19*

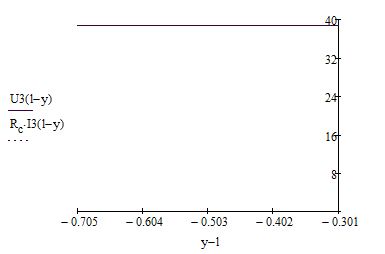
**8. Расчет распределения действующих значений напряжения и тока вдоль отрезка линии и элементов согласующего устройства**

Расчет распределений действующих значений напряжения и тока вдоль несогласованного участка линии и шлейфа выполняется с учетом условий сопряжения:

 (8.1)

В согласованном режиме значения и до места подключения согласующего устройства будут постоянны и равны:

,  (8.2)



***Рис. 8.1.*** *Распределение действующих значений тока и напряжения до места подключения шлейфа.*

Значения и  в шлейфе будут равны:

,  (8.3)

где:  (8.4)

Ниже приведены результаты вычислений и графические зависимости (0 ≤ *y* ≤ ):

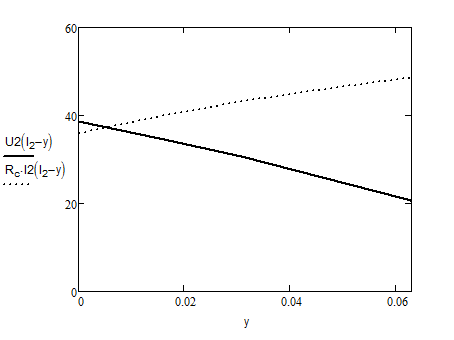
*20*

**Таблица 8.1**







******

***Рис. 8.2.*** *Распределение действующих значений тока и напряжения в шлейфе.*

Значения и  после места подключения шлейфа будут равны:



,  (8.5)

Ниже приведены результаты вычислений и графические зависимости (0 ≤ *y* ≤**):



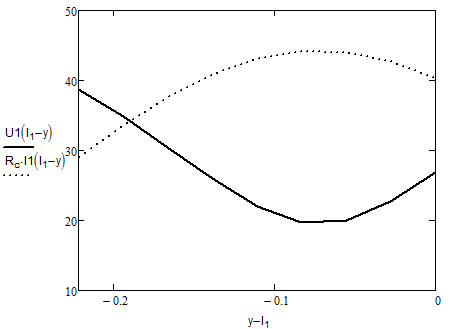
*21*

**Таблица 8.2**







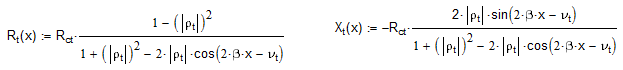


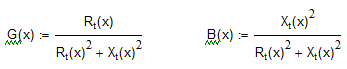
***Рис. 8.3.*** *Распределение действующих значений тока и**напряжения после места подключения шлейфа.*





**9. Расчет распределения вещественной и мнимой составляющей проводимостей вдоль отрезка линии и элементов согласующего устройства.**

Распределения и вдоль несогласованного участка описывается уравнениями:



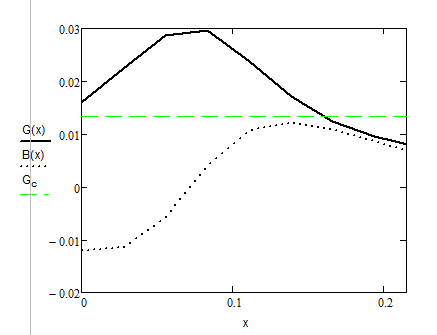










****

**Рис. 9.2**. Распределение вещественной и мнимой частей

проводимостей вдоль несогласованного участка

Выражения распределений вещественной и мнимой частей проводимости вдоль шлейфа:



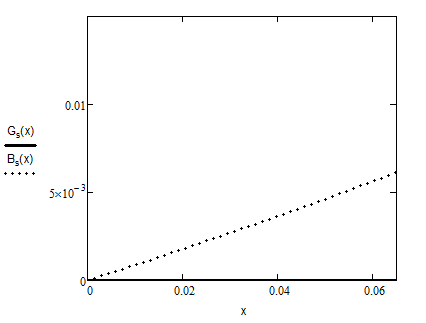


Ниже приведены результаты вычислений и графические зависимости и







****

**Рис. 9.3**. Распределение вещественной и мнимой частей

проводимостей после четверть волнового трансформатора

**10. Определение значений активной мощности нагрузки в начале и в**

**конце отрезка линии в согласованном режиме**

 Значение мощности в начале отрезка кабеля:

P=20 Вт

 Значение активной мощности нагрузки в конце линии в согласованном режиме:

P1=20 Dn

Как видно из расчетов, выполняется баланс мощностей: вся генерируемая мощность идет в нагрузку. Кроме того полученные результаты равняются исходному значению мощности генератора *P*г. Следовательно, рассматриваемая линия является согласованной и может определяться как линия без потерь.

*25*

**Заключение**

В данной работе по заданным параметрам в качестве однородной длинной линии был выбран наиболее экономически выгодный радиотехнический кабель (наименьшей массы среди аналогов). Небольшая длина, а также некоторые соответствующие параметры кабеля позволяют рассматривать его как отрезок длинной линии без потерь, с погрешностью вычислений не более 5-6%.

Эквивалентные представления отрезка однородной длинной линии без потерь помогают определить распределения напряжения, тока, вещественной и мнимой частей сопротивления вдоль линии.

Рассчитанное согласующее устройство позволяет согласовать линию на выходе. Линия считается согласованной на выходе, когда сопротивление нагрузки, включенной на конце линии, равно ее волновому сопротивлению. Такая нагрузка считается согласованной по отношению к генератору, а работа однородной линии в этом случае характеризуется режимом бегущих волн. В линии распространяются только прямые волны напряжения и тока, т.е. амплитуды напряжения и тока обратных волн во всех сечениях линии равны нулю. В этом случае вся энергия, передаваемая прямой волной, потребляется нагрузкой. На практике обычно добиваются, чтобы это условие выполнялось в заданном диапазоне частот.

*26*

**Список литературы:**

1. «Анализ гармонического процесса в отрезке радиотехнического кабеля» Задания и методические указания к курсовой работе по ОТЦ, Новосибирск, 2004

2. В.В. Афанасьев. «Анализ периодических процессов в линейных электрических цепях с распределенными элементами», учебное пособие, Новосибирск, 2000.

3. А.К. Лосев. «Линейные радиотехнические цепи», Москва,1971

4. ГОСТ11326.1-79 - ГОСТ11326.92-79 “Кабели радиочастотные”

5. Зевеке В. П. «Основы теории цепей», Москва , 1985

*27*