

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Колледж электроники и бизнеса

Кафедра электронной техники и физики

Л. А. Бушуй

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК ФИДЕРНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Методические указания к практической работе

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ
2010

УКД 621.37(075.3)
ББК 32.84 я73
Б90

Рецензент - преподаватель Ю.В. Есипов

Бушуй, Л.А.

Б90

Расчет конструкции и характеристик фидерного трансформатора: методические указания к практической работе / Л.А. Бушуй; Оренбургский гос. ун-т. – 2е изд. - Оренбург: ОГУ, 2010. – 28 с.

Методические указания предназначены для выполнения практической работы на тему «Расчет конструкции и характеристик фидерного трансформатора» дисциплины «Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн». Предназначены для студентов специальности 210308.51 «Техническое обслуживание и ремонт радиоэлектронной техники». Методические указания содержат методику и примеры расчетов фидерных трансформаторов.

Методические указания составлены с учетом Государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов утвержденного 18.03.2002 Министерством образования Российской Федерации.

УКД 621.37(075.3)
ББК 32.84 я73

© Бушуй Л.А., 2010
© ГОУ ОГУ, 2010

Содержание

Введение.....	4
1 Теоретическая часть работы.....	4
1.1Согласующие и симметрирующие устройства	4
1.1.1 Симметрирующий мостик	6
1.1.2 Симметрирующий короткозамкнутый шлейф	8
1.2 Расчет конструкции и характеристик фидерного трансформатора.....	12
1.2.1 Четвертьволновый трансформатор сопротивлений	12
1.2.2 Четвертьволновый трансформатор сопротивлений с компенсирующим шлейфом	16
1.2.3 Трансформатор сопротивлений на сосредоточенных постоянных	17
2 Практическая часть работы.....	26
Список использованных источников.....	27

Введение

Методические указания предназначены для выполнения практической работы на тему «Расчет конструкции и характеристик фидерного трансформатора» дисциплины «Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн» и могут быть использованы студентами при подготовке к тестированию и экзаменам.

1 Теоретическая часть работы

1.1 Согласующие и симметрирующие устройства

Под согласованием понимают обеспечение равенства волнового сопротивления фидера с входным сопротивлениям антенны и телевизора. Особое значение для повышения качества изображения имеет согласование фидера с входом телевизора.

У современных телевизоров вход несимметричный, 75-омный, поэтому при использовании в качестве фидера коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом согласование на входе телевизора обеспечивается автоматически. Что касается точности согласования фидера с антенной, то оно играет роль преимущественно при приеме слабых сигналов.

Симметрирование — это подключение симметричной антенны (имеется в виду «электрическая» симметрия) к несимметричному фидеру (коаксиальный кабель), при котором исключаются протекание токов по внешнему проводнику (оплетке) фидера и его антенный эффект. Антенный эффект может возникнуть в любом фидере при неправильном подключении его к антенне, что приводит к искажению диаграммы направленности антенны и приему помех.

Если фидерная линия возбуждается под действием электромагнитного поля, при приеме сигналов от близко расположенного передатчика на вход телевизора будут поступать два сигнала — от антенны и фидера. Более слабый сигнал,

принятый фидерной линией, достигнет входа первым. В результате на экране могут появиться менее контрастные изображения, сдвинутые влево от основного. Если сдвиг между основным и повторным изображениями невелик, основное изображение получается нечетким, а его контуры — утолщенными. В условиях дальнего приема антенный эффект приводит к уменьшению соотношения сигнал/шум на входе телевизионного приемника.

В тех случаях, когда входное сопротивление антенны не равно волновому сопротивлению фидера, применяют согласующие устройства, позволяющие трансформировать входное сопротивление антенны в сопротивление нужной величины. Согласующие устройства некоторых конструкций являются одновременно и симметрирующими устройствами. Эти устройства включают между зажимами антенны и фидером, идущим к входу телевизора. При использовании этих конструкций возможно присоединение несимметричной фидерной линии к симметричной антенне.

Непосредственное присоединение несимметричной фидерной линии к симметричной антенне недопустимо, так как при этом нарушается симметрия токов в плечах антенны, и, следовательно, искажается диаграмма направленности. Кроме этого, в приёме энергии начинает участвовать наружный экран несимметричного фидера, так как токи, наводимые на экране проходящей волной и помехами, получают возможность попадать на вход фидера наряду с токами от антенны. Это вызывает дополнительное искажение диаграммы направленности и увеличение уровня помех на входе телевизора.

Нарушение симметрии токов в плечах вибратора при непосредственном присоединении коаксиального кабеля без симметрирующего устройства показано на рисунке 1.

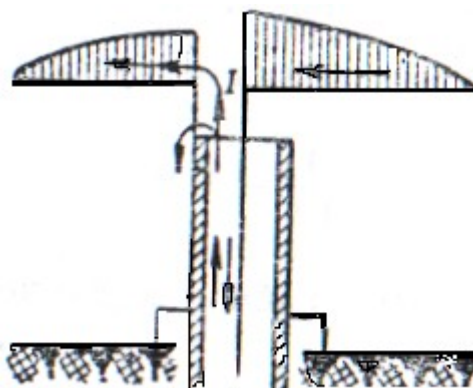


Рисунок 1 – Нарушение симметрии токов в плечах вибратора при присоединении коаксиального кабеля без симметрирующего устройства

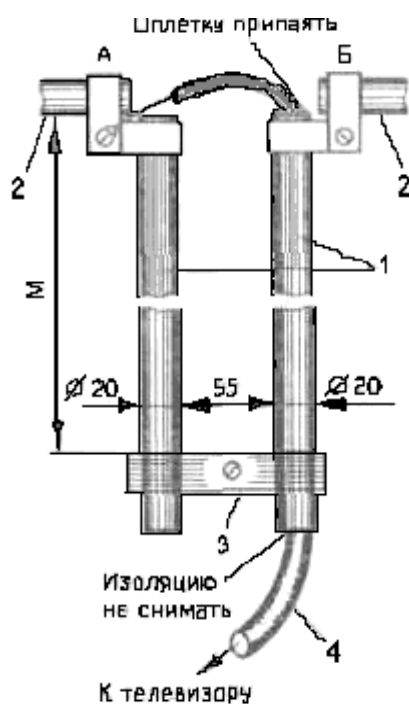
Как видно из этого рисунка, из-за неодинаковых условий соединения плеч вибратора с фидером (левое плечо, присоединённое к оболочке кабеля, имеет два пути для тока: один путь по внутренней стороне оболочки, а другой — по внешней, а правое плечо только один путь — по центральному проводнику), происходит нарушение симметрии токов в плечах за счёт ответвления тока левого плеча на внешнюю сторону оболочки кабеля. Ток в левом плече оказывается отличным от тока в правом плече как по амплитуде так и по фазе.

Симметрирующее устройство должно выполнять роль перехода, который позволяет соединить симметричные относительно земли антенны с несимметричным фидером. Согласующее устройство должно преобразовать входное сопротивление антенны до уровня волнового сопротивления фидера, благодаря чему обеспечивается максимальный сигнал на входе телевизора.

Для согласования синфазных антенн, состоящих из двух или более числа антенных полотен, с кабелем снижения, а также в ряде других случаев используются согласующие устройства различных конструкций.

Симметрирующий мостик, конструкция которого показана на рисунке 2, представляет собой две металлические трубки (1), которые прикрепляются к концам активного вибратора (2) антенны путем сварки, болтовыми соединениями и другими

способами в точках А и Б, и закороченные на расстоянии четверти длины волны в свободном пространстве металлической перемычкой (3) произвольной ширины. Важно обеспечить надежный контакт с трубками мостика, особенно если предусмотрена возможность небольшого передвижения перемычки. Путем незначительного изменения длины М мостика с помощью короткозамыкающей перемычки можно добиться наибольшей контрастности изображения на экране телевизора, особенно при слабом принимаемом сигнале.



- 1- металлические трубки; 2 – концы активного вибратора антенны;
3- короткозамыкающая перемычка; 4 – коаксиальный фидер

Рисунок 2 – Симметрирующий мостик

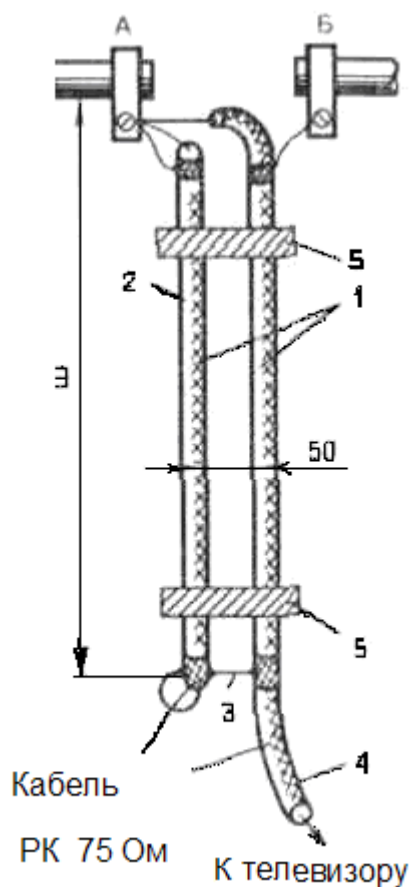
Расстояние между трубками мостика не критично, в основном оно определяется разрывом между концами вибратора антенны. На метровых волнах оно может быть 50-100 мм, на дециметровых — 10-30 мм. Диаметр трубок мостика любой, но он должен быть одинаковым для обеих трубок. Обычно его выбирают таким же, как и диаметр трубок вибратора антенны. Практически на метровых волнах диаметр равняется 10-20 мм, а на дециметровых — 5-10 мм.

Фидер (4) (кабель марки РК с волновым сопротивлением 75 Ом) протягивают внутри одной из трубок — левой или правой. Если кабель протягивают через правую трубку, то и оплетку кабеля припаивают к точке Б, а центральный проводник — к точке А и наоборот. Если кабель невозможно протянуть в трубке, то его прикрепляют к ней в нескольких местах. Если кабель прокладывают к точкам А и Б, нельзя снимать защитную оболочку, так как не будет обеспечено симметрирование антенны.

1.1.2 Симметрирующий короткозамкнутый шлейф

Симметрирующий короткозамкнутый шлейф, конструкция которого показана на рисунке 3, представляет собой четвертьволновый мостик на отрезках коаксиального кабеля. Роль трубок мостика играют оплетки кабелей. Оплетку фидера и центральный проводник припаивают к вибратору антенны аналогично мостику. Нижний конец шлейфа (2) соединяют с оплеткой фидера (4) с помощью жесткой металлической перемычки (3), которая одновременно фиксирует расстояние между кабелями. Для перемычки можно использовать оплетку шлейфа. Оплетки кабелей (1) и (2) припаивают друг к другу легкоплавким припоем во избежание оплавления изоляции. Отрезок шлейфа выполняют из кабеля, который идет для изготовления фидера.

Оба конца центрального провода кабеля можно срезать заподлицо и оставить разомкнутыми или спаять с оплетками, так как он не участвует в работе шлейфа. Для обеспечения параллельности кабелей необходимо установить между ними изоляционные распорки (5). Вместо них можно закрепить кабели параллельно друг другу на изоляционной пластине.



- 1 – отрезки коаксиального кабеля; 2 – шлейф; 3- короткозамкнутая перемычка;
 4 – коаксиальный фидер; 5 – диэлектрические распорки-фиксаторы

Рисунок 3 – Симметрирующий шлейф

Размеры описанных выше устройств для метровых волн приведены в таблице 1, а для дециметровых — в таблице 2. В верхних каналах диапазона ДМВ длины волн относительно короткие, поэтому трудно установить шлейф длиной 10-15 см. В таких случаях длину шлейфа (мостика) можно увеличить в нечетное количество раз. Принцип работы этих устройств такой же.

Таблица 1 – Согласующее-симметрирующие устройства диапазона метровых волн, мм

Телевизионный канал	Средняя длина волны канала, мм	Длина устройства, мм		
		Полуволновая петля	Шлейф Ш Мостик М	Трансформатор
1	2	3	4	5
1	5720	1900	1430	950
2	4840	1610	1210	805
3	3750	1240	935	620
4	3410	1120	850	560
5	3130	1030	780	5515
6	1680	560	420	280
7	1610	535	400	235
8	1550	515	385	255
9	1480	495	370	245
10	1430	475	355	235
11	1370	455	340	225
12	1320	440	330	220

Таблица 2 - Размеры согласующих и симметрирующих устройств для каналов дециметровых волн

Телевизионный канал	Средняя длина волны канала, мм	Длина устройства, мм		
		Полуволновая петля	Шлейф Ш Мостик М	Трансформатор
1	2	3	4	5
21	632	208	158	104
22	622	205	156	102

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
23	611	221	153	100
24	602	198	151	99
25	592	195	148	97
26	583	192	146	96
27	575	189	144	95
28	565	186	141	93
29	556	183	139	91
30	548	180	137	90
31	541	178	135	89
32	533	175	133	87
33	525	173	131	86
34	518	170	130	85
35	512	168	128	84
36	505	166	126	83
37	498	164	125	82
38	492	162	123	81
39	485	160	121	80
40	479	158	120	79
41	473	156	118	78
42	467	154	117	77
43	461	152	115	76
44	456	150	114	75
45	450	148	113	74
46	445	146	111	73
47	439	144	110	72
48	435	143	109	71
49	429	141	107	70

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
50	425	140	106	70
51	420	138	105	69
52	415	137	104	68
53	411	135	103	67
54	406	134	102	67
55	402	132	101	66
56	397	131	99	65
57	394	130	98	64
58	389	128	97	64
59	385	127	96	63

Мостик и шлейф имеют одинаковые параметры и диапазонные свойства. Механически более прочен и надежен четвертьволновый мостик, но изготовить его несколько сложнее, чем шлейф.

Оба симметрирующих устройства используют в антеннах, входное сопротивление которых близко к 75 Ом (например, линейный полуволновый вибратор, рамочные антенны, многоэлементные антенны типа «Волновой канал», широкополосные и др.). Мостик и шлейф широко применяются при подключении коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 75 Ом к синфазным антеннам, когда сумма входных сопротивлений отдельных антенн близка к 75 Ом.

В этих случаях симметрирующие устройства типа мостика и шлейфа обеспечивают согласование входного сопротивления антенны с волновым сопротивлением 75-омного фидера, так как они являются устройствами трансформаторного типа с коэффициентом трансформации, равным единице.

Согласующие четвертьволновые трансформаторы часто применяются в сложных многоэтажных антеннах, а также, если нужно трансформировать активное сопротивление нагрузки.

При отсутствии гибких коаксиальных кабелей с необходимым волновым сопротивлением необходимое волновое сопротивление можно получить, включив параллельно несколько одинаковых по длине отрезков кабелей. Например, три параллельно включенных отрезка кабелей с волновым сопротивлением 75 Ом (или два с 50 Ом) образуют линию с волновым сопротивлением 25 Ом.

1.2 Расчет конструкции и характеристик фидерного трансформатора

1.2.1 Четвертьволновый трансформатор сопротивлений

Это простейшее согласующее устройство, представляющее собой отрезок линии, длина которой равна четверти длины волны на средней частоте рабочего диапазона (рисунок 4,а).

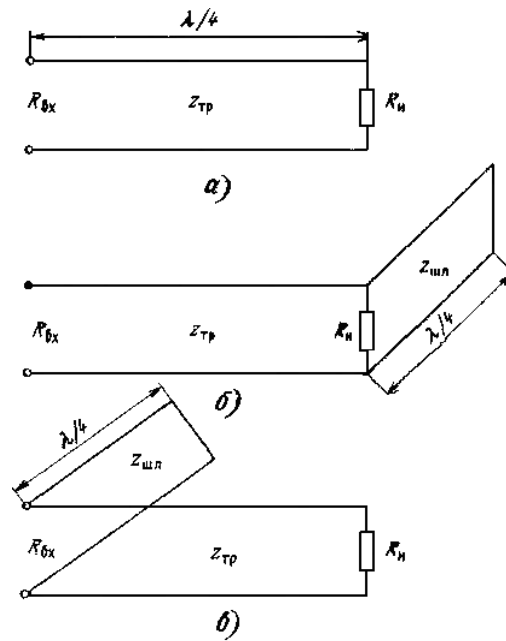


Рисунок 4 - Согласующие устройства

Волновое сопротивление линии $Z_{в.тр}$, образующей трансформатор, подсчитывается по формуле:

$$Z_{в.тр} = \sqrt{R_1 R_2}, \quad (1)$$

где R_1 — сопротивление на выходе трансформатора, подлежащее трансформации;

R_2 — требуемое сопротивление со стороны входа трансформатора.

Трансформатор обеспечивает эффективное согласование в полосе частот $\pm 20\%$ от средней частоты.

Пример - Рассчитать четвертьволновый трансформатор для согласования двухэтажной антенны 3-го телевизионного канала с кабелем снижения РК 75-4-15 ($Z_{в}=75$ Ом). Входное сопротивление каждого этажа считать равным 75 Ом.

1) Сопротивление R_1 , подлежащее трансформации, представляет собой параллельное соединение двух сопротивлений по 75 Ом каждое. Следовательно, сопротивление на выходе трансформатора $R_1 = 37,5$ Ом;

2) Требуемое сопротивление со стороны входа трансформатора должно быть из условий согласования равным волновому сопротивлению Z_B кабеля снижения. Следовательно, сопротивление со стороны входа трансформатора $R_2 = Z_B = 75$ Ом;

3) Волновое сопротивление кабеля, образующего трансформатор, рассчитываем по формуле (1):

$$Z_{в.тр} = \sqrt{R_1 R_2} = \sqrt{37,5 * 75} = 53 \text{ Ом.}$$

Согласно таблице 1 выбираем кабель РК 50-4-11 или любой другой кабель с волновым сопротивлением $Z_B = 50$ Ом.

4) Длина волны λ , соответствующая средней частоте 3-го телевизионного канала ($f_{cp} = 80$ МГц), рассчитывается по формуле (2):

$$\lambda = 300 / f_{cp} \quad , \quad (2)$$

$$\lambda = 300 / 80 = 3,75 \text{ м.}$$

5) Длина кабеля, образующего трансформатор, рассчитывается по формуле (2):

$$L_{тр} = \frac{\lambda}{4n} \quad , \quad (3)$$

$$L_{тр} = \frac{3,75}{4 * 1,52} = 0,62 \text{ м,}$$

где n — коэффициент укорочения длины волны в кабеле, равный 1,52 согласно таблице 1 для кабеля РК 50-4-11.

Если кабеля с требуемым по расчету волновым сопротивлением нет, то можно изготовить трансформатор из нескольких параллельно соединенных отрезков кабеля с одинаковыми или разными волновыми сопротивлениями. При этом нужно иметь в виду, что волновое сопротивление линии, образованной несколькими параллельно соединенными кабелями, рассчитывается через волновые сопротивления этих кабелей точно так же, как суммарное сопротивление нескольких параллельно включенных резисторов. Если $Z_{в1}$ и $Z_{в2}$ — волновые сопротивления двух кабелей, то волновое сопротивление $Z_{в}$ линии, образующейся при их параллельном включении, определяется по формуле:

$$Z_{в} = \frac{Z_{в1} Z_{в2}}{Z_{в1} + Z_{в2}}, \quad (4)$$

Соответственно волновое сопротивление $Z_{в}$ линии, образованной параллельным включением трех кабелей с волновыми сопротивлениями $Z_{в1}$, $Z_{в2}$ и $Z_{в3}$, можно определить из соотношения:

$$Z_{в} = \frac{Z_{в1} Z_{в2} Z_{в3}}{Z_{в1} Z_{в2} + Z_{в1} Z_{в3} + Z_{в2} Z_{в3}}, \quad (5)$$

Так, например, линия, образованная двумя параллельными кабелями с одинаковыми волновыми сопротивлениями, равными 75 Ом, имеет $Z_{в}=37,5$ Ом. Линия, образованная тремя кабелями с волновыми сопротивлениями $Z_{в1} = 50$ Ом, $Z_{в2} = 50$ Ом и $Z_{в3}=75$ Ом, имеет $Z_{в}=18,7$ Ом.

При параллельном включении кабелей соединение внутренних проводников (центральных жил), а также наружных проводников (экранов) нужно производить только на концах кабелей.

Если подобрать требуемую комбинацию кабелей не удастся, то можно выполнить трансформатор в виде воздушной коаксиальной линии.

1.2.2 Четвертьволновый трансформатор сопротивлений с компенсирующим шлейфом

Является вариантом четвертьволнового трансформатора с расширенной полосой пропускания (рисунок 4, б, в). Он состоит из четвертьволновой линии, образующей трансформатор, и четвертьволнового короткозамкнутого шлейфа, подключенного параллельно трансформатору с низкоомной стороны. Если $R_1 < R_2$, то шлейф включается параллельно сопротивлению R_1 (рисунок 4,б); если $R_1 > R_2$, то параллельно сопротивлению R_2 (рисунок 4,в).

Волновое сопротивление линии $Z_{в.тр}$, образующей трансформатор, подсчитывается по той же формуле, что и для трансформатора без компенсирующего шлейфа. Волновое сопротивление короткозамкнутого компенсирующего шлейфа $Z_{ш}$ находится по формулам (6, 7)

$$Z_{ш} = \frac{R_1 \sqrt{R_1 R_2}}{R_2 - R_1} \quad \text{при } R_2 > R_1, \quad (6)$$

$$Z_{ш} = \frac{R_1 \sqrt{R_1 R_2}}{R_1 - R_2} \quad \text{при } R_2 < R_1. \quad (7)$$

При отсутствии кабеля с волновым сопротивлением $Z_{в} = Z_m$ можно изготовить шлейф из нескольких параллельно включенных кабелей. Так как значение волнового сопротивления шлейфа не критично, то допустимо изготовить его из любого кабеля с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом.

Четвертьволновый трансформатор с компенсирующим шлейфом обеспечивает хорошее согласование в полосе частот до $\pm 35\%$ от средней частоты.

1.2.3 Трансформатор сопротивлений на сосредоточенных постоянных

Это широкополосное согласующее устройство, эффективно работающее на метровых и дециметровых волнах в широкой полосе частот. Трансформатор является аналогом широкополосного согласующего устройства и виде сходящейся линии (линия с переменным волновым сопротивлением) и состоит из последовательно включенных полувзвеньев фильтров нижних частот. Рабочая полоса частот трансформатора зависит от отношения согласуемых сопротивлений и числа используемых полувзвеньев. Чем ближе отношение согласуемых сопротивлений к единице и больше число полувзвеньев, тем шире рабочая полоса частот. Особенностью трансформатора является пульсирующий характер частотной характеристики (рисунок 5). В рабочей полосе частот в нескольких точках затухание T , вносимое трансформатором, достигает максимальных значений, равных значениям затухания на краях полосы.

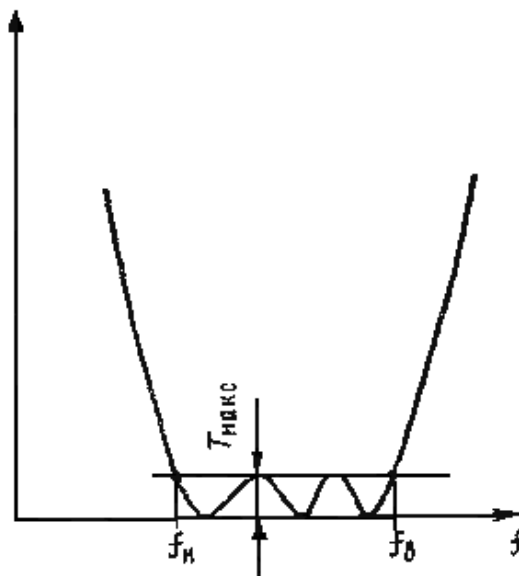
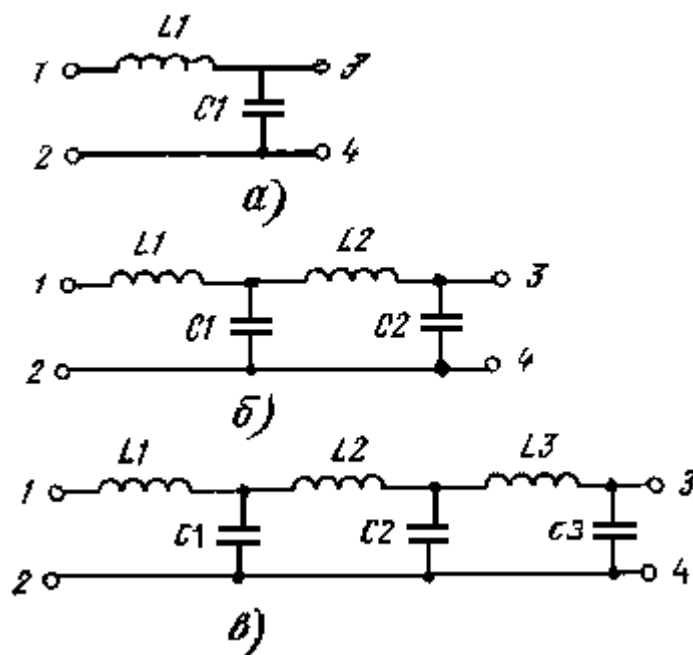


Рисунок 5 – Частотная характеристика трансформатора сопротивлений на сосредоточенных постоянных

При расчете трансформатора задаются наибольшим допустимым значением вносимого затухания $T_{\text{макс}}$. Чем больше допустимое затухание, тем шире рабочая

полоса при том же отношении согласуемых сопротивлений и числе полузвеньев. На практике наибольшее распространение имеют трансформаторы из одного (рисунок 6,а), двух (рисунок 6,б) и трех (рисунок 6,в) полузвеньев, содержащие соответственно два, четыре и шесть реактивных элементов. Низкоомной стороной трансформатора является сторона с последовательно включенной индуктивностью (клеммы 1—2), высокоомной — с параллельно включенной емкостью (клеммы 3—4). Поэтому, если сопротивление нужно повысить, его включают между клеммами 1—2, если понизить, то между клеммами 3—4.



а) одно звено; б) два звена; в) три звена.

Рисунок 6 – Трансформаторы

В таблице 3 приведены значения $T_{\text{макс}}$ для различных значений относительной полосы пропускания w и коэффициента трансформации сопротивлений m , равного отношению согласуемых сопротивлений $R1$ и $R2$ (большого к меньшему) при числе полузвеньев от одного до трех.

Таблица 3 - Значения $T_{\text{макс}}$ при различных соотношениях коэффициента трансформации сопротивлений m и относительной полосы пропускания

Число полу-звеньев	Коэффициент трансформации сопротивлений, m	$T_{\text{макс}}$, дБ, для различных w						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
1	1,5	0,002	0.007	0.016	1.027	0.054	0.085	0.114
	2	0,005	0.021	0.046	0.080	0.161	0.251	0.334
	4	0,024	0.095	0.205	0.347	0.683	1.030	1.335
	6	0.045	0.174	0.373	0.622	1.191	1.748	2.218
	8	0.066	0.253	0.538	0.887	1.655	2.376	2.966
2	1,5	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,018	0,040
	2	0,000	0,000	0,001	0,003	0,173	0,053	0,119
	4	0,000	0,001	0,005	0,016	0,077	0,232	0,510
	6	0,000	0,002	0,009	0,029	0,142	0,419	0,901
	8	0,000	0,003	0,013	0,042	0,207	0,603	1,268
3	1,5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,003	0,010
	2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,009	0,033
	4	0,000	0,000	0,000	0,001	0,007	0,040	0,146
	6	0,000	0,000	0,000	0,001	0,018	0,073	0,266
	8	0,000	0,000	0,000	0,002	0,019	0,107	0,385

Исходными данными для расчета трансформатора являются нижняя f_H и верхняя f_B частоты рабочего диапазона, максимально допустимое затухание T_{\max} в рабочем диапазоне, согласуемые сопротивления R_1 и R_2 .

В таблицах 4 и 5 приведены значения коэффициентов g_1 , g_2 и g_3 , с помощью которых определяют значения емкостей и индуктивностей полузвеньев.

Таблица 4 - Значения коэффициентов g_1 , g_2 и g_3 при различных значениях коэффициента трансформации сопротивлений m и относительной полосы пропускания w (для w от 0,1 до 0,4)

Число полузвеньев	Коэффициент трансформации сопротивлений, m	Относительная полоса пропускания										
		0,1		0,2			0,3			0,4		
		g_1	g_2	g_1	g_2	g_3	g_1	g_2	g_3	g_1	g_2	g_3
1	1,5	0,706	-	0,704	-	-	0,699	-	-	0,693	-	-
	2	0,9999	-	0,995	-	-	0,989	-	-	9,981	-	-
	4	1,730	-	1,723	-	-	1,713	-	-	1,598	-	-
	6	2,233	-	2,225	-	-	2,211	-	-	2,193	-	-
	8	2,642	-	2,633	-	-	2,616	-	-	2,594	-	-
2	1,5	0,655	0,879	0,658	0,877	-	0,660	0,874	-	0,664	0,869	-
	2	5,818	0,864	0,821	0,861	-	0,825	0,856	-	0,832	0,849	-
	4	1,155	0,750	1,162	0,745	-	1,174	0,737	-	1,191	0,727	-
	6	1,349	0,677	1,360	0,671	-	1,378	0,662	-	1,404	0,650	-
	8	1,490	0,628	1,504	0,622	-	1,528	0,612	-	1,563	0,59	-
3	1,5	-	-	0,553	0,914	1,392	0,557	0,912	1,390	0,562	0,909	1,384
	2	-	-	0,654	0,919	1,654	0,660	0,916	1,65	0,668	0,911	1,645
	4	-	-	0,846	0,865	2,360	0,856	0,859	2,354	0,871	0,849	2,342
	6	-	-	0,947	0,822	2,868	0,901	0,814	2,858	0,980	0,803	2,843
	8	-	-	1,018	0,791	3,286	1,034	0,782	3,274	1,057	0,769	3,257

Таблица 5 - Значения коэффициентов g_1 , g_2 и g_3 при различных значениях коэффициента трансформации сопротивлений m и относительной полосы пропускания w (для w от 0,6 до 1)

Число полузвеньев	Коэффициент трансформации сопротивлений, m	Относительная полоса пропускания								
		0,6			0,8			1,0		
		g_1	g_2	g_3	g_1	g_2	g_3	g_1	g_2	g_3
1	1,5	0,677	-	-	0,657	-	-	0,632	-	-
	2	0,958	-	-	0,928	-	-	0,894	-	-
	4	1,659	-	-	1,608	-	-	1,549	-	-
	6	2,142	-	-	2,076	-	-	2,000	-	-
2	1,5	0,673	0,855	-	0,683	0,835	-	0,692	0,809	-
	2	0,849	0,829	-	0,870	0,802	-	0,891	0,770	-
	4	1,237	0,697	-	1,297	0,659	-	1,362	0,616	-
	6	1,476	0,616	-	1,571	0,574	-	1,677	0,528	-
3	1,5	0,575	0,900	1,366	0,593	0,886	1,343	0,617	0,865	1,315
	2	0,688	0,896	1,622	0,718	0,873	1,592	0,758	0,841	1,557
	4	0,912	0,822	2,308	0,975	0,782	2,266	1,064	0,728	2,220
	6	1,037	0,769	2,803	1,127	0,719	2,755	1,253	0,655	2,704

Задача расчета состоит в синтезе согласующей цепи, т. е. в определении требуемого числа полузвеньев n и значений емкостей и индуктивностей. Расчет производится в следующем порядке:

1) Относительная полоса пропускания:

$$w = \frac{2(f_g - f_n)}{f_g + f_n} \quad (8)$$

2) Коэффициент трансформации сопротивлений:

$$m=R_1/R_2 \text{ при } R_1>R_2, \quad (9)$$

или

$$m=R_2/R_1 \text{ при } R_2>R_1, \quad (10)$$

3) Исходя из рассчитанных значений w и m , определяем по таблице 1 требуемое число полузвеньев n , при котором максимальное затухание T_{\max} не превышает заданного.

4) Определяем значения индуктивностей и емкостей:

а) при $n=1$ (трансформатор в виде одного полузвена, рисунок 3,а), значение g_1 находим из таблицы 2 или 3 для тех w и m , что были определены в пункте 3 настоящего примера, а значение g_2 определяем по формуле:

$$g_2=g_1/m, \quad (11)$$

Значения индуктивности, Γ_n , и емкости, Φ :

$$L_1 = g_1 R / 2\pi f_{cp}, \quad (12)$$

где $R=R_1$ при $R_1>R_2$ или $R=R_2$ при $R_2>R_1$, f_{cp} — средняя частота рабочего диапазона, Гц, равная $(f_n+f_B)/2$;

$$C_1 = g_2 / 2\pi f_{cp} R, \quad (13)$$

В этих формулах R подставляется в Ом;

б) при $n=2$ (трансформатор из двух полузвеньев рисунок 6,б) значения g_1 и g_2 находим из таблиц 2 или 3, а значения g_3 и g_4 по формулам:

$$g_3 = g_2 m, \quad (14)$$

$$g_4 = g_1 / m, \quad (15)$$

Значения индуктивностей, Γ_n , и емкостей, Φ :

$$L_1 = g_1 R / 2\pi f_{cp}, \quad (16)$$

$$C_1 = g_2 / 2\pi f_{cp} R, \quad (17)$$

$$L_2 = g_3 R / 2\pi f_{cp}, \quad (18)$$

$$C_2 = g_4 / 2\pi f_{cp} R, \quad (19)$$

где R и f_{cp} — те же, что и в пункте а);

в) при $p=3$ (трансформатор из трех полузвеньев, рисунок б,в) значения g_1, g_2 и g_3 находим из таблиц 2 или 3:

$$g_1 = g_3 / m, \quad (20)$$

$$g_5 = g_2 m, \quad (21)$$

$$g_6 = g_1 m, \quad (22)$$

Значения индуктивностей, Γ_n , и емкостей, Φ :

$$L_1 = g_1 R / 2\pi f_{cp}, \quad (23)$$

$$C_1 = g_2 / 2\pi f_{cp} R, \quad (24)$$

$$L_2 = g_3 R / 2\pi f_{cp}, \quad (25)$$

$$C_2 = g_4 / 2\pi f_{cp} R, \quad (26)$$

$$L_3 = g_6 R / 2\pi f_{cp}, \quad (27)$$

$$C_3 = g_6 / 2\pi f_{cp} R, \quad (28)$$

где R и f_{cp} — те же, что и в пункте а).

Пример - Рассчитать трансформатор сопротивлений на сосредоточенных постоянных для согласования двухэтажной двухрядной антенны на каналы 6—12 ($f_n=174$ МГц, $f_b = 230$ МГц, $f_{cp}=200$ МГц) с кабелем снижения РК 75-4-16 ($Z_B=75$ Ом). При этом считаем, что входное сопротивление каждого из четырех полотен равно 75 Ом, а наихудший КСВ в рабочей полосе частот не должен превышать $1,43$ (КБВ не менее $0,7$). При этом коэффициент отражения $P=(КСВ-1)/(КСВ+1)=0,18$, что соответствует максимальному затуханию вследствие рассогласования $T_{max}=0,15$ дБ.

Сопротивление на выходе трансформатора, подлежащее согласованию, представляет собой параллельное соединение четырех сопротивлений по 75 Ом каждое, т. е. $R_2=75/4=18,5$ Ом. Сопротивление на входе трансформатора должно быть равным волновому сопротивлению кабеля снижения, т. е. $R_1 = Z_B=75$ Ом.

1) Относительная полоса пропускания:

$$w=2(f_b-f_n)/(f_b+f_n), \quad (29)$$

$$w = 2(230-174)/(230+ 174) = 0,28.$$

В таблице 1 значения $w=0,28$ нет. Поэтому принимаем для дальнейшего расчета ближайшее большее значение $w=0,3$, что дает некоторый запас по полосе пропускания.

2) Коэффициент трансформации сопротивлений рассчитываем по формуле (9) или (10)

$$m = 75/18,5=4.$$

3) Согласно таблице 1 для трансформатора из одного полузвена ($n=1$) значение T_{\max} при $w=0,3$ и $m=4$ составляет 0,205 дБ (на пересечении столбца $w=0,3$ и строки $m=4$), что превышает требуемое значение 0,15 дБ на 0,05 дБ.

Поэтому реализовать заданные требования при одном полузвене нельзя. Для трансформатора, состоящего из двух полузвеньев ($n=2$), значение T_{\max} по той же таблице при $w=0,3$ и $m=4$ составляет 0,005 дБ, что меньше требуемого значения 0,15 дБ. Поэтому параметры трансформатора из двух полузвеньев соответствуют исходным данным, что определяет выбор схемы (рисунок 6,б).

4) По таблице 2 находим коэффициенты g_1 и g_2 для $n=2$ при $w=0,3$ и $m=4$
 $g_1 = 1,174$, $g_2=0,737$.

Коэффициенты g_3 и g_4 определяем расчетным путем:

$$g_3 = g_2 m, \quad (30)$$

$$g_3 = 0,737 \cdot 4 = 2,948$$

$$g_4 = g_1/m, \quad (31)$$

$$g_4 = 1,174/4 = 0,294$$

5) Определяем значения индуктивностей и емкостей (рисунок 6,б)

$$L_1 = g_1 R_1 / 2\pi f_{\text{ср}}, \quad (32)$$

$$L_1 = 1,174 * 75/2 * 3,14 * 200 * 10^6 = 0,07 * 10^{-6} \text{ Гн} = 0,07 \text{ мкГн};$$

$$L_2 = -g_3 R_1 / 2\pi f_{cp}, \quad (33)$$

$$L_2 = 2,948 * 75/2 * 3,14 * 200 * 10^6 = 0,175 * 10^{-6} \text{ Гн} = 0,175 \text{ мкГн};$$

$$C_1 = g_2 / 2\pi f_{cp} R_1, \quad (34)$$

$$C_1 = 0,737/2 * 3,14 * 200 * 10^6 * 75 = 8 * 10^{-12} \text{ Ф} = 8 \text{ пФ};$$

$$C_2 = g_4 / 2\pi f_{cp} R_1, \quad (35)$$

$$C_2 = 0,294/2 * 3,14 * 200 * 10^6 * 75 = 3 * 10^{-12} \text{ Ф} = 3 \text{ пФ}.$$

На этом расчет схемы заканчивается.

2 Практическая часть работы

Цель работы: ознакомиться с методикой расчета фидерного трансформатора

2.1 Произвести расчет фидерного трансформатора.

2.2 Оформить отчет в соответствии с требованиями стандарта.

Список использованных источников

- 1 Каганов, В.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для сред.проф.образования /В.И. Каганов.- М.: Издательский центр «Академия», 2005. - 224с.
- 2 Капчинский, Л.М. Конструирование и изготовление телевизионных антенн / Л.М. Капчинский.- 2-е изд., стереотип. – М.: Радио и связь, 2000. 120с.
- 3 Григорьев, И.Н. Антенны. Настройка и согласование: Справочное пособие / И.Н. Григорьев.- М.: ИП Радио Софт, 2007.- 272 с.
- 4 Пясецкий, В.В. Антенны телевизионные. Конструкция, установка, подключение: Справочное пособие / В.В. Пясецкий.- Минск: Беларусь,2002. - 264 с.