Федеральное агентство по образованию РФ

Рязанский государственный радиотехнический университет

Кафедра РУС

Курсовой проект по дисциплине

Антенны и устройства СВЧ

на тему:

Коллинеарная антенная решетка с параллельным возбуждением

Выполнила:

ст гр 416

Брыкова Е.В.

Рязань 2007

**Введение**

Антенные решетки – наиболее эффективные и перспективные антенные системы, позволяющие осуществлять быстрый обзор пространства, многофункциональный режим работы, комплексирование радиосредств, адаптацию к конкретной радио обстановки ,предварительную обработку сверхвысокочастотных сигналов, обеспечение электромагнитной совместимости и т.д. Антенная решетка, обеспечивающая излучение и прием радиоволн,- неотъемлемая часть любой радиотехнической системы. Требования к техническим характеристикам антенн вытекают из назначения радиосистемы, условий размещения, режима работы, допустимых затрат и т.д. Реализуемость необходимых направленных свойств, помехозащищенности, частотных, энергетических и других характеристик антенн во многом зависит от рабочего диапазона волн.

Применение антенных решеток обусловлено следующими причинами. Решетка из N элементов позволяет увеличить приблизительно в N раз КНД (и соответственно усиление) антенны по сравнению с одиночным излучателем, а также сузить луч для повышения точности определения угловых координат источника излучения в навигации, радиолокации и других радиосистемах. С помощью решетки удается поднять электрическую прочность антенны и увеличить уровень излучаемой (принимаемой) мощности путем размещения в каналах решетки независимых усилителей высокочастотной энергии. Помехозащищенность радиосистемы зависит от уровня боковых лепестков антенны и возможности подстройки (адаптации) его по помеховой обстановке. Антенная решетка является необходимым звеном для создания такого динамического пространственно-временного фильтра или просто для уменьшения уровня боковых лепестков.

Вибраторные излучатели широко используются как элементы антенных решеток в метровом, дециметровом и сантиметровом диапазонах волн. Широкое применение вибраторных антенных решеток обусловлено рядом их достоинств: относительно малой массой, устойчивостью к атмосферным внешним воздействиям, возможностями складывания и быстрого разворачивания в мобильных радиотехнических системах, получения произвольной поляризации и управления поляризационной характеристикой излученного поля, управления диаграммой направленности отдельных излучателей благодаря включению управляемых нагрузок.

# Основные теоретические требования

Вибраторы широко применяются как в качестве самостоятельных антенн, так и в сложных антенных системах; являются, например, элементами антенных решеток или облучателями зеркальных и линзовых антенн. В последних случаях для получения однонаправленного излучения они используются вместе с рефлектором. Наибольшее распространение вибраторные антенны получили в KB и УКВ диапазонах.

## 

## Распределение тока, эффективная длина

Вследствие того, что постоянная ЭДС приложена вдоль оси вибратора между его внутренними торцами и вибратор предполагается тонким, электрический ток имеет только одну составляющую Iz (z). При теоретическом анализе в цилиндрической системе координат р, , z сначала решают внутреннюю задачу теории антенн, т.е. находят распределение тока на вибраторе. Это распределение в пространстве создает электромагнитное поле, которое можно описать одной продольной составляющей электрического потенциала



(1.1)



где I(z’) - эквивалентный ток, распределенный вдоль оси вибратора,

, - координата на поверхности =a.



Выразив Ez через по известной из электродинамике формуле и подставив в граничные условия на поверхности вибратора, для эквивалентного тока получим интегральное уравнение



(1.2)



где U=d-ЭДС, d-ширина зазора; А и В- постоянные, определяемые из условия обращения распределения тока в ноль на концах вибратора. Точное решение уравнения (1.2) в аналитическом виде не находится. Его приближенное решение для симметричного вибратора имеет довольно простой вид:



(1.3)



где I=const-амплитуда тока в точке питания (Z=0); верхний знак берется для z<0, нижний - для z>0.



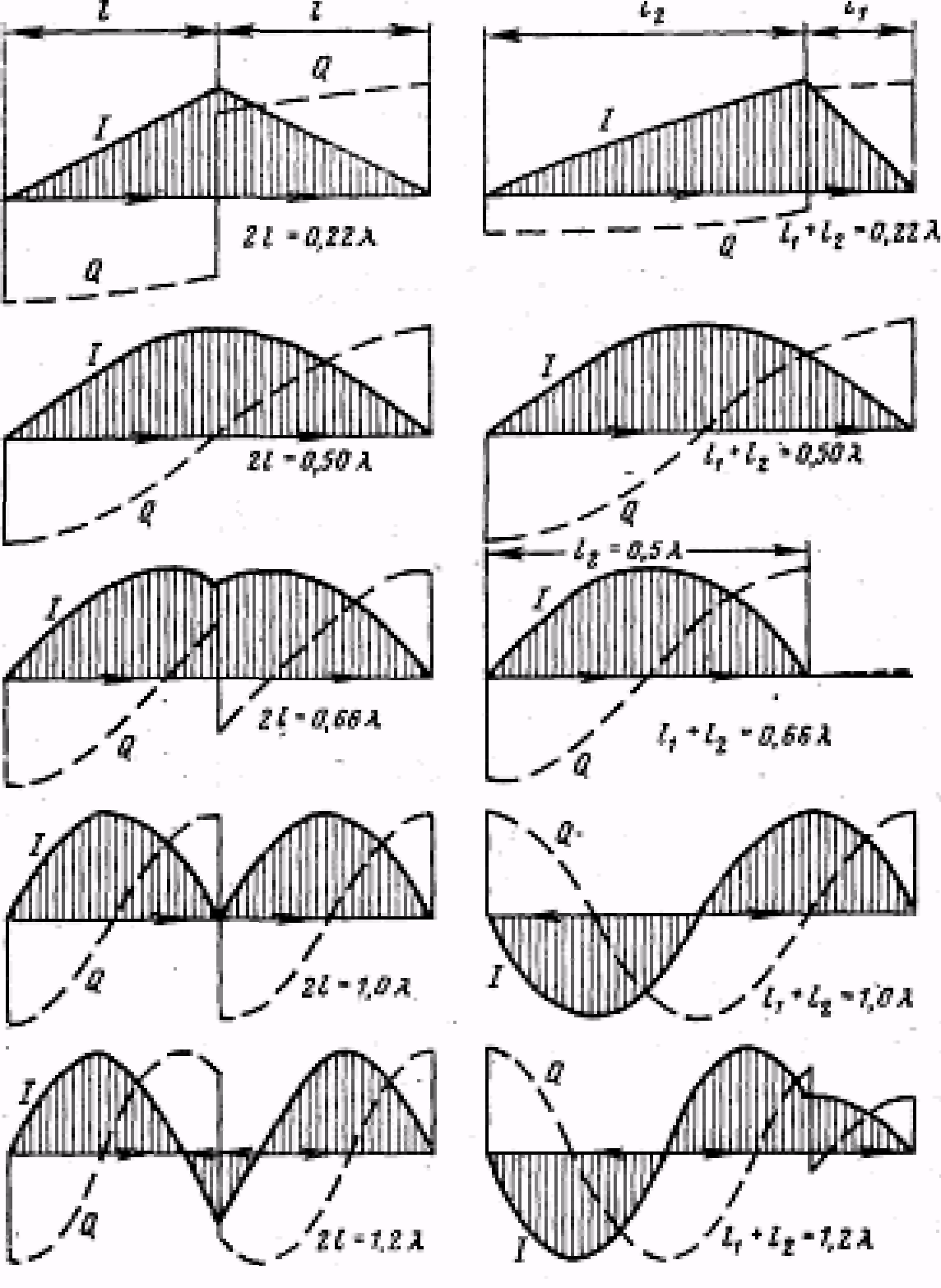
Распределения тока и заряда для тонкого симметричного вибратора приведены на рисунке 1. При 21 распределение является синфазным, а при 21 > - переменно-фазным.



Наиболее распространенный тип вибратора - полуволновой с . Его важной особенностью является то, что функция распределения тока не зависит от положения точки возбуждения. У вибраторов другой длины эта функция зависит от положения точки возбуждения. Во всех случаях распределение тока на тонком вибраторе близко к синусоидальному. Подобные законы распределения тока будут и у криволинейных вибраторов, только роль координаты z будет играть координата вдоль оси криволинейного вибратора. Токи на одинаковых расстояниях от центра симметричного вибратора имеют одинаковые амплитуды и фазы, т.е.Iz(z)=Iz(-z). Несмотря на приближенный характер синусоидального распределения (1.3), оно дает хорошие результаты при расчете характеристик излучения симметричного вибратора. Это объясняется тем, что они по отношению к распределению тока являются интегральными характеристиками. Эффективная длина симметричного вибратора находится интегрированием распределения тока (1.3) по длине вибратора. Относительно входа имеем



(1.4)



*Рисунок 1 - Распределения тока и заряда в электрическом вибраторе*

Для тонкого полуволнового вибратора с синусоидальным распределением тока находим 1эф 0,637\*2l Для электрически короткого вибратора (k) с треугольным распределением тока получаем 1эф = 0,5\*2l,т.е. эффективная длина электрически короткого вибратора равна половине его геометрической длины.



## 

## Диаграмма направленности и КНД

Совместим центр симметричного вибратора с началом сферической системы координат. Векторный потенциал в дальней зоне описывается выражением

(1.5)



Единственную составляющую напряженности электрического поля в этом случае можно записать так

(1.6)



(1.7)



где Iвх - амплитуда тока на входе; w - волновое сопротивление среды.

Формула получена подстановкой (1.3) в (1.5). Для вибраторов вместо Iвх часто вводят значение тока в максимуме Imax=Iвх/sin.kl, которое никогда в нуль не обращается. После вычисления интегралов получим

(1.8)



где l - длина плеча.

Отсюда можно сделать выводы:

* поле имеет характер сферических волн с центром в начале координат, т.е. фазовый центр вибратора совпадает с его геометрическим центром;
* от координаты (поле не зависит и ДН в азимутальной плоскости имеет вид окружности;



* в направлении оси () поле излучения равно нулю, т.е. вдольоси вибратор не излучает. Это следует из (1.7) после раскрытиянеопределенности;



* форма ДН в меридианной плоскости зависит от электрической длинывибратора. При 2/ < 1,25/1 ДН имеет максимум в боковом направлении

()



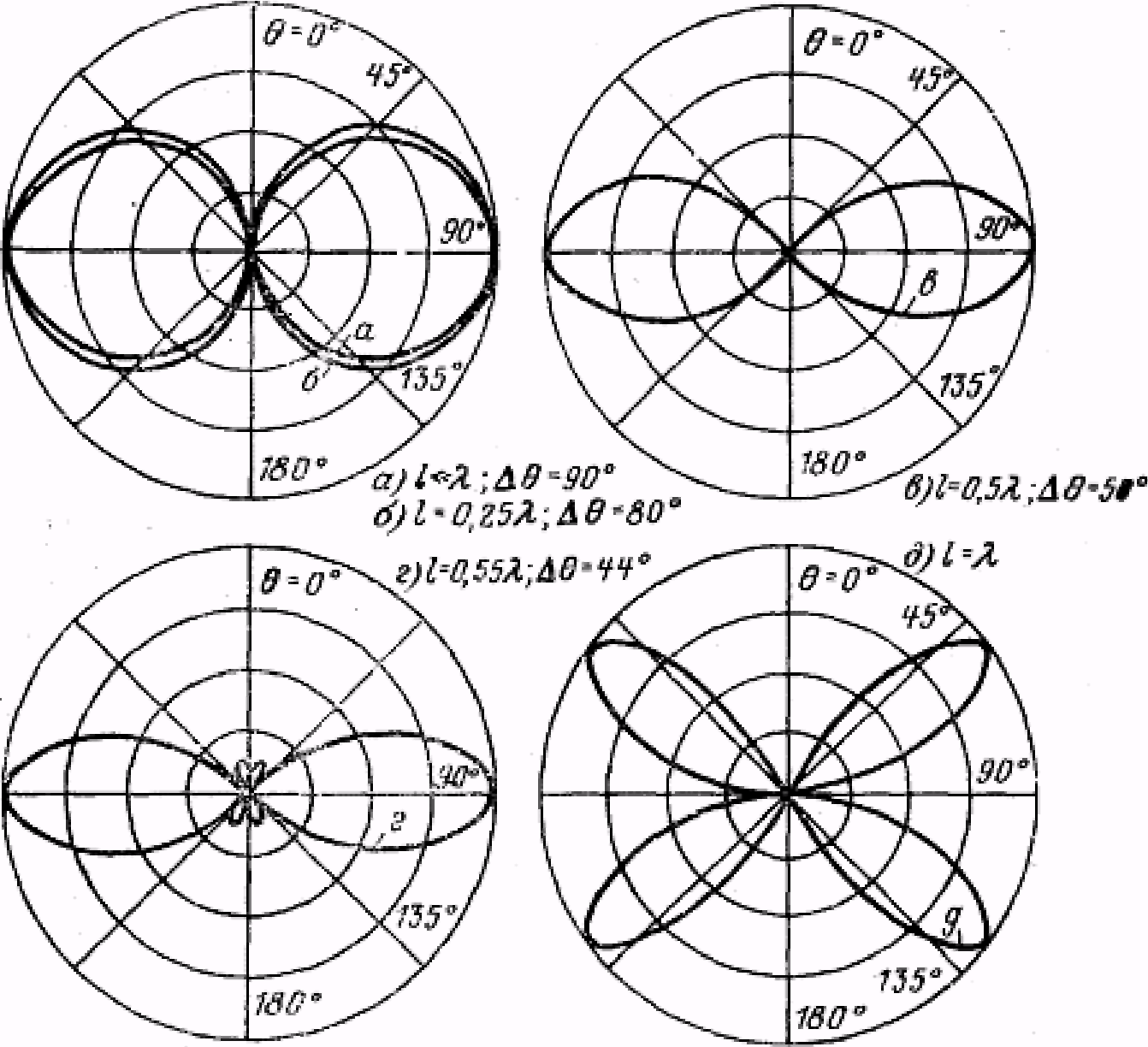
В азимутальной плоскости. При 2l> 1,25 необходимо сначала определить направление а затем произвести нормировку. Для очень коротких вибраторов (kl 1) имеем что совпадает с ДН диполя Герца. Для полуволнового вибратора ( kl = /2 ) получаем



(1.9)



Диаграммы направленности симметричного вибратора для ряда значенийего волновых размеров приведены на рисунке 2.



*Рисунок 2 - Диаграммы направленности симметричного вибратора*

Для КНД в направлении максимума излучения () при <1,25 имеем



(1.10)



Для полуволнового вибратора D01,64.



## 

## Сопротивление излучения и входное сопротивление

Сопротивление излучения симметричного вибратора при 2l /2 принято относить к току в максимуме



(1.11)



Подставив под знак интеграла значение из формулы (1.7), получм



(1.12)



Итеграл в явном виде не берется. График зависимости имеет характерные точки:



• для полуволнового (21 = 0,5/) вибратора 73,1Ом



• для волнового (2l = ) вибратора 200 Ом



При 2l< /2, когда максимум функции распределения тока в пределах вибратора не достигается, сопротивление излучения относят к току на его входе. Для пересчета сопротивления излучения из одного сечения в другое используется связь и условие баланса мощностей . Тогда



(1.13)



Комплексное входное сопротивление или входной импеданс определяют как . От его значения зависит возможность согласования антенны с питающей линией. Определить из приближенного решения (1.3) интегрального уравнения (1.2) нельзя, поскольку для этого необходимо, по крайней мере, учесть геометрию области возбуждения. В инженерной практике широко применяется метод эквивалентных схем. Для симметричного вибратора схема замещения будет в виде отрезка разомкнутой на конце двухпроводной линии с потерями, длина которой равна длине плеча вибратора l. Предполагают, что мощность потерь в линии на всех частотах равна мощности излучения вибратора. Параметры схемы: Wв-волновое сопротивление линии, k=i - комплексная постоянная распространения, l -длина линии. Для расчета волнового сопротивления берут формулы:



-формула С. Щелкунова (1.14)



- формула В.Н. Кессениха(1.15)



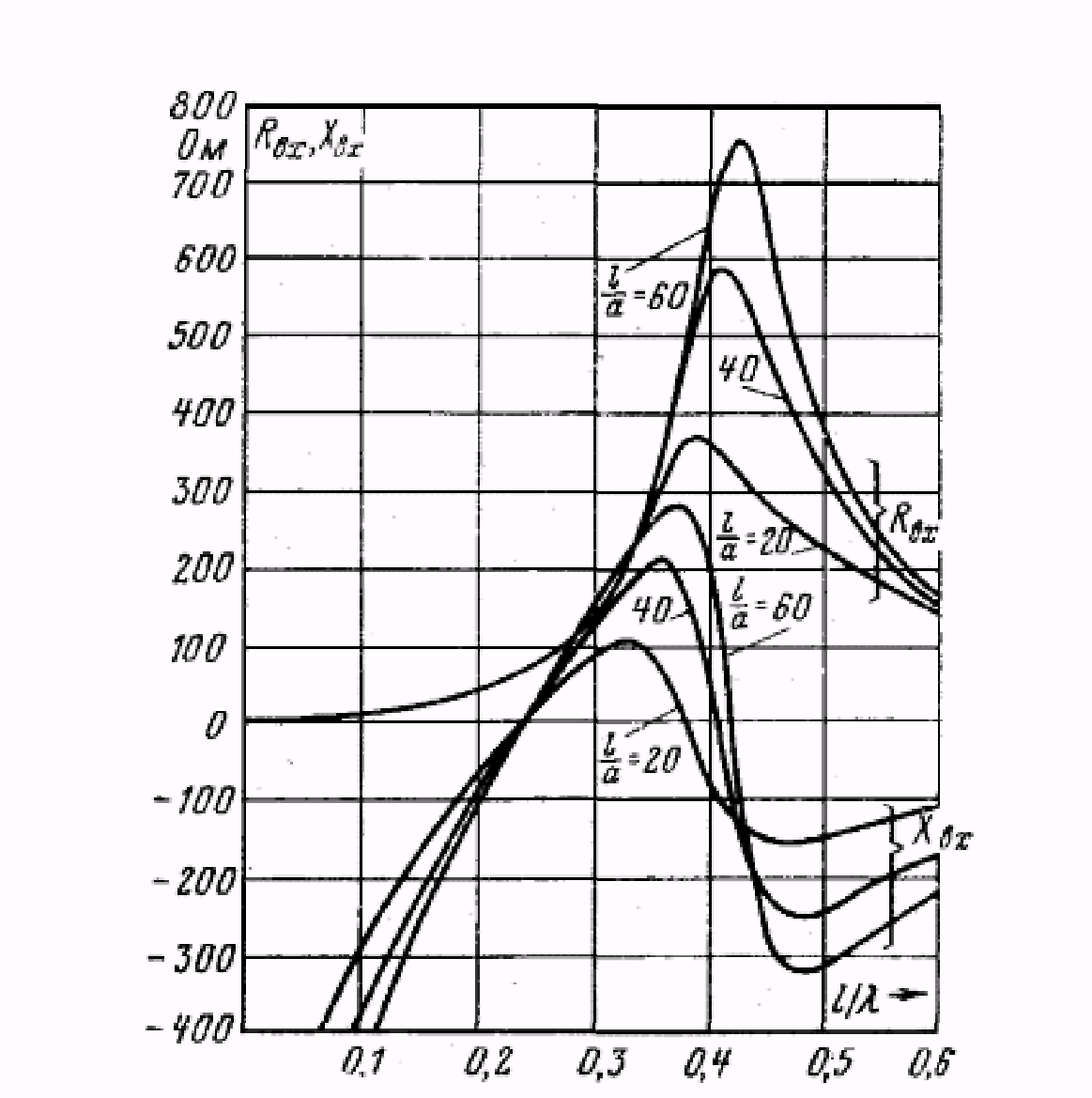
а - радиус проводника, w - волновое сопротивление среды.

Для полуволнового вибратора эти формулы полностью совпадают. При небольших тепловых потерях, что обычно имеет место, из квивалентной схемы можно получить

(1.16)



Если построить график (см. рисунок 3), то у тонких вибраторов при 2l<m/2, m= 1,2,3,..., наблюдаются резонансы, когда Rвx резко возрастает, а Хвх = 0. При переходе через ноль знак у Хвх меняется на



*Рисунок 3 - Входной импеданс электрического вибратора* противоположный. На самом деле резонансы наступают не строго при 2l=m/2, а несколько раньше из-за так называемого эффекта укорочения вибратора. Для полуволнового вибратора укорочение равно



(1.17)



Несколько конкретных значений



•для ненастроенного полуволнового вибратора

(1.18)



•для электрически коротких вибраторов с kl1



(1.19)



• для резонансных вибраторов длиной 2l= , m=1,2,3,.--, без учета эффекта укорочения



(1.20)



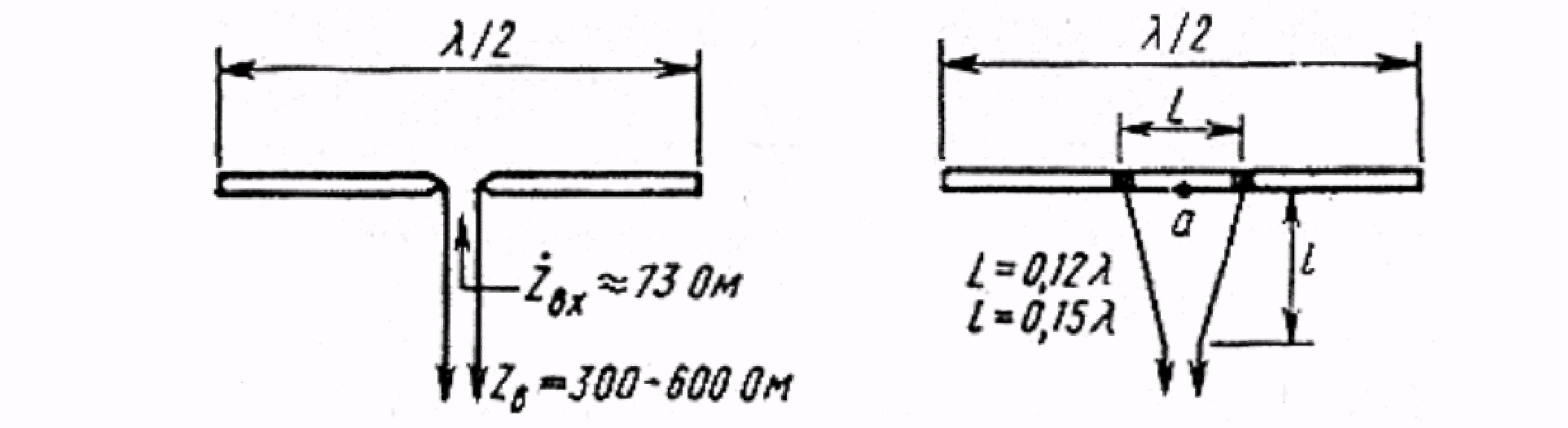
Настройку вибраторов в резонанс можно осуществлять посредством включения реактивных элементов. На низких частотах - это удлиняющая индуктивность и укорачивающая емкость. На СВЧ - это последовательные и параллельные шлейфы. Необходимо знать, что элементы настройки не влияют на вид распределения тока, поэтому характеристики излучения остаются неизменными. Существенное влияние на распределение тока и характеристики излучения оказывает место включения в антенну нагрузки (генератора или приемника), исключая случай полуволнового вибратора.

## 

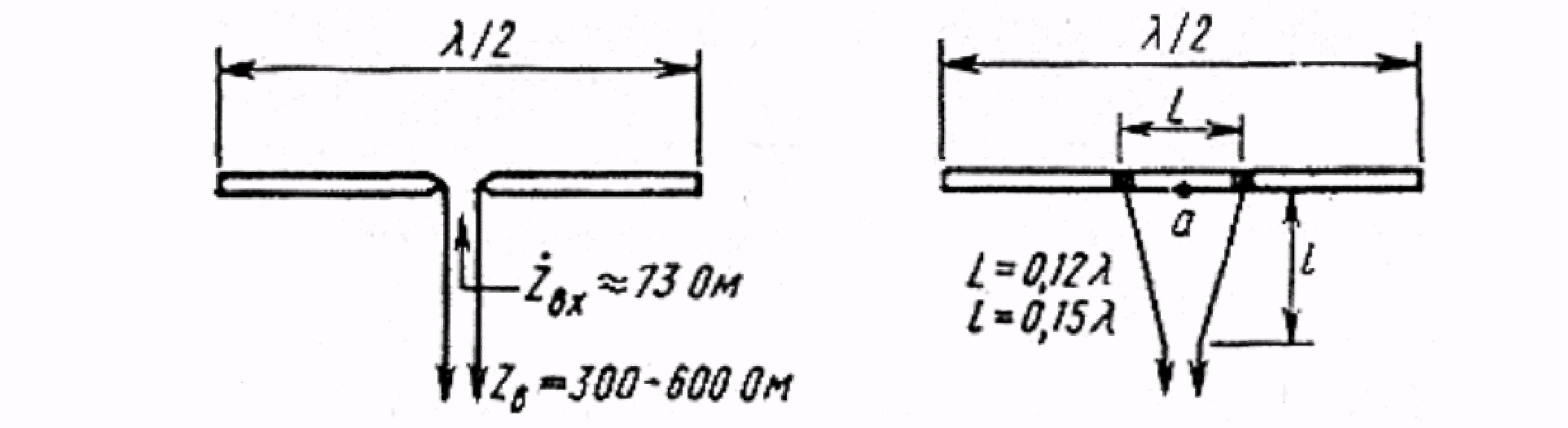
## Конструкция симметричных вибраторных антенн и способы их возбуждения

На УКВ и СВЧ вибраторы выполняются из трубок или стержней. Рассмотрим симметричный полуволновой вибратор, как наиболее распространенный. Самая простая схема его возбуждения при помощи симметричной двухпроводной линии с противофазными токами в проводниках (рисунок 4). Из-за большой разницы между Rвх и wв в линии устанавливается режим с КСВ ~5...7. Поэтому требуется согласование или настройка на режим бегущей волны.

Более широкополосной является схема с шунтовым питанием (рисунок 5). Подбирая размеры L и l шунта удается в линии получить без дополнительных элементов настройки режим, близкий к режиму бегущей волны. Преимущество такой схемы еще и в том, что в середине вибратора образуется узел напряжения, что дает возможность крепить вибратор к опоре без изоляторов.



*Рисунок 4 - Полуволновой симметричный вибратор*



*Рисунок 5 - Вибратор с шунтовым питанием*

# Расчет коллинеарной антенной решетки с параллельным возбуждением

## Расчет излучателя решетки:

В качестве излучателя выбран симметричный полуволновый вибратор.

Расчет его параметров:

(м)



С ДН вида



## 

## Диаграмма направленности одного излучающего элемента.

В декартовой системе координат:



В полярной системе координат:



КНД и коэффициент усиления одного излучателя:

Из литературы [5] известно, что КНД полуволнового вибратора имеет значение:



коэффициент усиления для одного полуволнового вибратора

, поскольку , т.е. согласовано.



Рассчитаем количество элементов необходимое для обеспечения заданного коэффициента усиления в 12дБ



Отсюда выбираем что количество элементов необходимое для обеспечения коэффициента усиления



Расчет ДН всей антенны.

Длина антенны:



Диаграмма направленности антенной решетки имеет вид:



антенна вибраторная коллинеарная решетка

В декартовой системе координат:



В полярной системе координат:



## Расчет ширины диаграммы направленности

на нулевом уровне:



по уровню 0.5 мощности составляет:

.



Расчет результирующего КНД всей антенной решетки:

, поскольку , т.е. согласовано.



так как , получаем что коэффициент усиления антенной решетки равен:



Отсюда:



### Эскиз конструкции решетки



Конструктивные требования для коллинеарной антенной решетки с параллельным возбуждением:

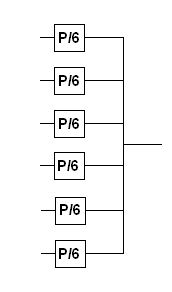
Коллинеарная антенная решетка состоит из вертикальной оси, шести симметричных полуволновых вибраторов длиной (м), закрепленных непосредственно на самой оси, на расстоянии между центрами (местами крепления вибраторов к оси) которое принимается приблизительно равным .



Симметрирующее-согласующее устройство в виде полуволновой петли, необходимое для подключения к симметричному полуволновому вибратору

75-омного коаксиального кабеля.

Схема распределения мощности для коллинеарной антенной решетки с параллельным возбуждением:



Заключение

Современные устройства с электронными приборами и электрически управляемыми средами позволяют не только создать управляемое фазовое распределение в антенной решетке, но и произвести частичную обработку поступающей информации (сложение полей, преобразование частоты, усиление сигнала и т.д.) непосредственно в СВЧ тракте антенны.

Дальнейшее улучшение характеристик РТС, таких как разрешающая способность, быстродействие, пропускная способность, дальность обнаружения, помехозащищенность, можно обеспечить, совершенствуя методы пространственно-временной обработки сигналов, излучаемых и принимаемых антенной. В зависимости от назначения системы и требований к ее характеристикам применяют антенны с различными методами обработки. Антенные решетки это системы однотипных излучателей, расположенных в пространстве по определенному закону и определенным образом возбуждаемых. Антенные решетки (АР) могут быть одномерными (или линейными) и двумерными (или поверхностными). Из совокупности одномерных решеток можно составить двумерную решетку. Излучатели в решетках могут располагаться на плоских поверхностях или на поверхностях с криволинейной образующей. Важное место в классе антенных решеток занимают фазированные антенные решетки (ФАР) с независимой регулировкой амплитудно-фазовых распределений на элементах.

# Список литературы

1. «Антенны и устройства СВЧ», Сазонов Д.М. ,1988г.
2. «Устройства СВЧ и антенны (проектирование ФАР)» ред. Воскресенский Д.М., 2003г.
3. «Антенно-фидерные устройства и распространение радио волн», Ерохин Г.А., 2004г.
4. «УКВ антенны для радиосвязи с подвижными объектами, радиовещания и телевидения», Бузов А.Л.,1997г.
5. «Распространение радио волн и антенно-фидерные устройства средств связи с подвижными объектами», Маторин А.В., Шамеева Н.И., Бакулин А.И. 2000г.
6. «Антенно-фидерные устройства систем сухопутной подвижной радиосвязи», Бузов А.Л., Казанский Л.С., 1997г.
7. «Антенны УКВ» т1 и 2, Айзенберг Г.З. 1977г.

Размещено на http://www.