

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

**Кафедра
«Системы телерадиовещания»**

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УКВ АНТЕНН

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по дисциплине «Основы антенн»
для направления образования**

**5350100 – «Телекоммуникационные технологии»
(специализации «Телевидение, радиосвязь, радиовещание»,
«Мобильная связь»)**

Ташкент – 2015

Kitobni quyida ko'rsatilgan muddatdan
kechiktirmay qaytaring

посвящены исследованию
их свойств нескольких
их с помощью компьютерной
ИА. Они включают в себя
и пять практических заданий,
удентам овладеть навыками
УКВ антенн, а также
характеристики, полученные в

ания предназначены для
при изучении курса «Основы
управления образования
логии» (специализации
ние», «Мобильная связь»)

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Турникетная антенна

Высокое качество передачи и приема телевизионного изображения и звука в значительной степени определяется условиями распространения и характеристиками передающих и приемных антенн.

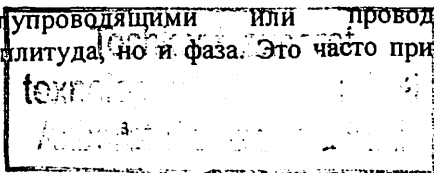
Исследования, проведенные по выявлению преимуществ и недостатков горизонтальной и вертикальной поляризаций, показали, что промышленные помехи и интерференция от зданий и сооружений меньше при использовании горизонтально поляризованных волн. На вертикально поляризованных волнах проще осуществлять ненаправленную передачу.

Для телевизионного вещания в основном применяются горизонтально поляризованные волны. Для того чтобы ослабить взаимные помехи телевизионному приему станций, работающих на одноименных каналах, используют для телевизионного вещания и вертикально поляризованные волны.

Большинство вибраторных антенн излучают или принимают линейно поляризованные волны, причем ориентированные либо только в вертикальной, либо в горизонтальной плоскостях. Для приема сигналов необходимо сделать так, чтобы плоскости поляризации передающей и приемной антенн совпадали, т.е. следует согласовать антенны по поляризации. Особо это важно сделать в случае, когда сигнал распространяется на открытой местности, без многочисленных переотражений от различных препятствий.

При распространении сигнала в сложных условиях, при наличии многочисленных объектов естественной и искусственной природы, возникает большая проблема, связанная с тем, что в приемную антенну приходят несколько волн, отраженных от указанных объектов. В антенне они интерферируют, причем результирующий сигнал может усиливаться, либо ослабляться, это зависит от разности фаз между приходящими сигналами.

При отражении волн от объектов с различными свойствами (диэлектрическими, полупроводящими или проводящими) меняются не только их амплитуда, но и фаза. Это часто приводит и



к изменению первоначального вида поляризации волны. В результате в приемную антенну с горизонтально поляризованной волной приходит волна с линейной поляризацией, произвольно ориентированной в пространстве.

Таким образом, говорить о согласовании передающей и приемной антенн по поляризации нельзя. Для получения максимального уровня сигнала на входе приемного устройства приходится проводить переориентацию приемной антенны. При этом такой прием возможен при любых произвольных положениях антенны.

Все сказанное выше касается вибраторных антенн с линейной поляризацией.

Для приема сигналов с произвольным видом поляризации применяют так называемую турникетную антенну.

Простейшая турникетная антенна (рис. 1.1.а) представляет собой два перпендикулярных друг другу симметричных вибраторов, чаще всего с относительной длиной, равной четверти рабочей длины волны ($l = \lambda/4$).

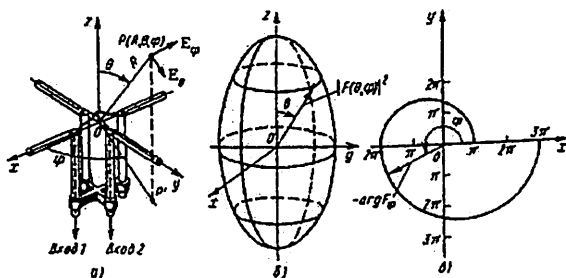


Рис. 1.1. Конструкция турникетной антенны

В общем случае турникетная антенна имеет два входа, к которым с помощью коаксиального фидера подводится высокочастотный ток.

В зависимости от фазовых соотношений между токами на входах вибраторов в антенне могут быть реализованы режимы с управляемой (от круговой до линейной) поляризацией излучения, т.е. изменением соотношений амплитуд токов и разности фаз между ними можно формировать определенный вид поляризации.

Если токи на входах вибраторов равны по амплитуде и синфазны, то турникетная антенна имеет линейную поляризацию.

При возбуждении вибраторов токами с равными амплитудами и фазовым сдвигом между ними, равным $\pi/2$, турникетная антенна формирует круговую поляризацию.

В направлении, перпендикулярном плоскости вибраторов, вектор напряженности поля вращается, сохраняя в течение периода постоянную амплитуду. Таким образом, в данном направлении поле поляризовано по кругу.

Пространственная диаграмма направленности (ДН) при этом имеет вид, показанный на рис. 1.1.б.

Нули в ДН отсутствуют, максимумы излучения формируются в направлениях, перпендикулярных плоскости расположения вибраторов. В этой плоскости поляризация излучения линейная, в направлении оси z – круговая противоположных направлений вращения для $z > 0$ и $z < 0$. В остальных направлениях поляризация эллиптическая.

Фазовая диаграмма в плоскости $хоу$ имеет вид спирали Архимеда (рис. 1.1.в). Незамкнутость линий равных фаз при обходе вокруг антенны в дальней зоне свидетельствует об отсутствии у турникетной антенны точечного фазового центра.

В других направлениях поляризация переходит в эллиптическую, вырождающуюся в линейную для направлений, лежащих в плоскости, в которой находятся вибраторы. Поэтому, если вибраторы горизонтальны, то в горизонтальной плоскости поле будет линейно поляризовано. В этой плоскости ДН турникетной антенны близка к окружности (рис. 1.2.а).

Таким образом, турникетная антенна в горизонтальной плоскости не обладает направленными свойствами.

В вертикальной плоскости ДН турникетной антенны представляет собой тороид (рис. 1.2.б).

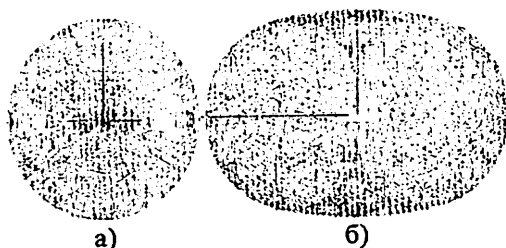


Рис. 1.2. Диаграмма направленности турникетной антенны: а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости

Для формирования однонаправленного излучения турникетную антенну следует дополнить рефлектором. Он представляет собой, в случае пассивного исполнения, такую же турникетную антенну, расположенную от основной антенны на определенном расстоянии, при этом размеры вибраторов несколько больше, чем у основной антенны (рис. 1.3).

Расстояние между рефлектором и основной антенной выбираются исходя из условий получения удвоенной напряженности поля в системе двух связанных вибраторов, наибольшего подавления излучения в обратном направлении и получения при этом наибольшего значения коэффициента защитного действия (КЗД).

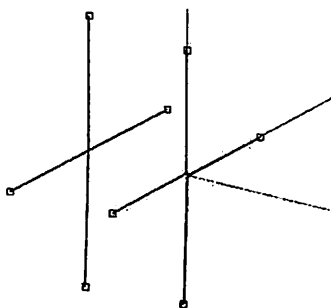


Рис. 1.3. Турникетная антенна с рефлектором

Как известно [1], если два связанных симметричных вибратора одинаковой длины расположены на расстоянии $0,25\lambda$ друг от друга, возбуждаются токами с одинаковыми амплитудами, а фазовый сдвиг между ними равен 90° , то в направлении вибратора с отстающей фазой тока будет распространяться волна с удвоенной напряженностью поля.

Таким образом, в направлении $\varphi=0^\circ$ напряженность поля удваивается по сравнению с полем одиночного вибратора, возбуждаемого током, одинаковым с текущим по одному из связанных вибраторов. ДН в этом случае имеет вид кардиоиды. Такое увеличение в одном направлении происходит за счет уменьшения поля в других направлениях. В обратном направлении напряженность поля уменьшается, в идеальном случае до нуля.

Получить однонаправленное излучение можно и при расстояниях между вибраторами, отличных от $0,25\lambda$, но при этом потребуется изменение длины рефлектора. Кроме того, для получения максимального подавления излучения в сторону рефлектора потребуется подбор расстояния между вибраторами.

Все то же самое можно переложить на турникетную антенну. Выбрав размеры вибраторов рефлектора турникетной антенны, а также расстояние между рефлектором и антенной, можно получить однонаправленное излучение, вид которого показан на рис. 1.4 (а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости).

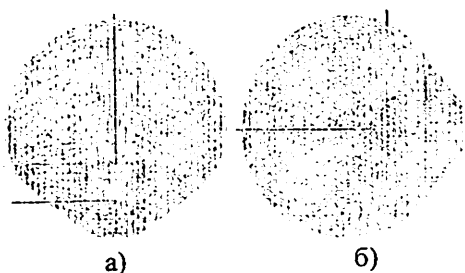


Рис. 1.4. Диаграмма направленности турникетной антенны с рефлектором: а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости

Для увеличения направленных свойств турникетной антенны с рефлектором устанавливают дополнительное полотно, выполняющее роль директора (рис. 1.5). Директор также представляет собой турникетный излучатель, состоящий из двух ортогональных вибраторов. Их размеры несколько меньше вибраторов основной турникетной антенны. Расстояние между директором и основной турникетной антенной лежит в пределах $(0,1 \dots 0,15)\lambda$ и подбирается экспериментально до получения наибольшего излучения в сторону директора, тем самым, достигая наибольшего значения коэффициента усиления (КУ).

На рис. 1.6 приведена ДН турникетного излучателя с рефлектором и директором.

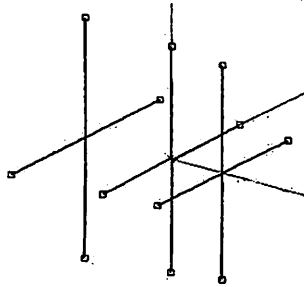


Рис. 1.5. Турникетная антенна с рефлектором и директором

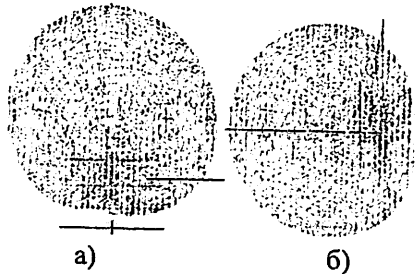


Рис. 1.6. Диаграмма направленности турникетной антенны с директором и рефлектором: а – в горизонтальной плоскости, б – в вертикальной плоскости

1.2. Рамочная антенна

Рамочная антенна является дальнейшим развитием петлевого диполя. Классический петлевой диполь (рис. 1.7.а) имеет сопротивление излучения, примерно равное 300 Ом. Полоса пропускания петлевого диполя шире, чем у обыкновенного диполя в несколько раз, что является его преимуществом. При этом входное сопротивление петлевого имеет высокое значение (порядка 300 Ом), что является его главным недостатком (при его использовании в качестве самостоятельной антенны). Если “растянуть” петлевой диполь, то получится классическая рамочная антенна-квадрат (рис. 1.7.б).

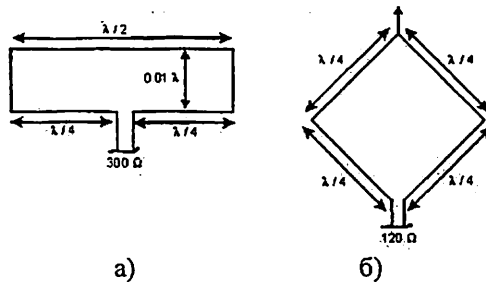


Рис.1.7 Петлевой вибратор (а) и рамочная антенна (б)

Рамочная антенна охватывает большее пространство, чем петлевой вибратор, в результате этого она имеет коэффициент усиления больше, чем коэффициент усиления простого и петлевого вибраторов.

Рамочная антенна является симметричной системой, поэтому для правильного ее питания необходимо использовать симметрирующее устройство. К тому же, она не нуждается в “земле”, проводящей поверхности, к которой подключается экранирующий провод коаксиальной линии передачи, питающей антенну.

Так как рамка охватывает большее пространство, чем петлевой вибратор, то входное сопротивление его ниже и составляет около 120 Ом. В этом случае ДН рамочной антенны в горизонтальной плоскости практически совпадает с ДН симметричного вибратора, хотя и в вертикальной плоскости будет примерно в два раза уже, чем у него.

За счет того, что часть антенны расположена вертикально, рамка излучает довольно большой уровень вертикально поляризованной волны. ДН рамочной антенны в вертикальной плоскости представляет собой овал, причем с небольшими максимумами, направленными к противоположным вертикальным сторонам. ДН рамочной антенны в горизонтальной плоскости имеет вид восьмерки.

На рис. 1.8 показана рамка и направления, в которых она принимает максимум и минимум приходящей электромагнитной волны.

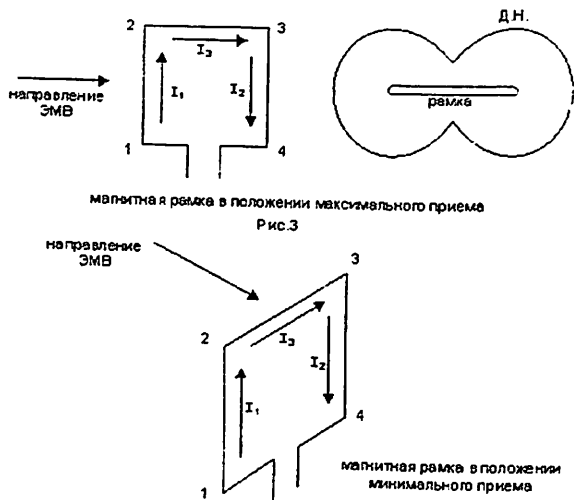


Рис. 1.8. Рамочная антенна и ее направленные свойства

Рамочная антенна может быть любой конфигурации, но чаще всего на практике применяют квадратные, круглые и треугольные рамки. Как показывают расчеты и исследования, рамочные антенны имеют КУ выше, чем у симметричных вибраторов.

Наибольший уровень вертикальной составляющей имеет треугольная рамочная антенна, поскольку у нее наибольшая длина вертикальной части антенны.

Наибольшее усиление имеет круглая рамка, т.к. именно круг охватывает наибольшее пространство. Это связано с физическими свойствами приемной системы – чем большее пространство охватывает антенна, тем выше усиление, обеспечиваемое ею.

Рамочные антенны сочетают повышенный КУ с простотой конструкции и отсутствием необходимости настройки при сравнительно узкой полосе пропускания. Узкополосные антенны по сравнению с широкополосными обладают таким дополнительным преимуществом, как частотная избирательность.

Особенно важна частотная избирательность антенны в условиях слабого сигнала. Нередки случаи, когда необходимо обеспечить прием слабого сигнала от удаленного передатчика, но поблизости работает мощный радиопередатчик на соседнем канале.

В таких условиях частотной избирательности приемного радиоустройства может не хватить.

Наибольшее входное сопротивление имеет круглая рамочная антенна, а наименьшее – треугольная. Эта величина также связана с КУ антенны. КПД рамочной антенны чуть выше КПД симметричного вибратора и может быть достигнут значения в 90% и более, но при условии их использования в УКВ, где размеры рамок малы.

В свою очередь, в низкочастотных диапазонах, где размеры рамочных антенн велики, они обладают низким КПД, обычно не более 3%, поэтому на передачу их используют редко.

Сказанное относится к вертикальным рамочным антеннам, расположенным в свободном пространстве. Большое влияние на них оказывают внешние факторы, прежде всего подстилающая поверхность, над которой расположена антенна, и объекты, находящиеся возле антенн.

Как было сказано выше, рамка является видом петлевого симметричного вибратора. Поэтому можно предположить, что периметр рамки будет соответствовать его периметру. Длина плеча полуволнового петлевого вибратора из-за влияния емкости на концах его проводников (ее значение зависит от диаметра провода, из которого выполнен вибратор) равна примерно $(0,248...0,249)\lambda$, т.е. чуть меньше четверти длины волны.

В рамочной антенне влияние концевых емкостей отсутствует (из-за отсутствия концов). Здесь наблюдается эффект уменьшения физической длины рамки из-за взаимодействия излучающих сторон. В этом случае, при использовании формы квадрата, длина рамки равна $(1,01...1,02)\lambda$. При использовании другой фигуры построения рамки общая длина ее будет такой же.

Если рамочная антенна размещена на малой высоте, возле нее находятся посторонние предметы, то часто приходится подбирать длину рамки. В любом случае ее необходимо немного уменьшать. Это уменьшение производится для настройки антенны по минимуму коэффициента стоячей волны (КСВ) в середине работы диапазона.

При построении рамочных антенн диаметр провода не влияет на ее длину, как это происходит в вибраторных антеннах. Здесь больше выражено то, что при увеличении диаметра провода возрастает широкополосность антенны. Однако, дальнейшее

увеличение диаметра провода рамки приводит только к увеличению веса и механической прочности антенны, и лишь немного увеличивает ее КПД. В случае использования толстого провода можно подходить к проблеме согласования менее тщательно, меньше будет проявляться и влияние посторонних предметов на рамку.

Для увеличения направленных свойств рамку дополняют еще одной либо несколькими рамками, выполняющими роль директора и рефлектора. Например, двухэлементная рамка с одним активным элементом и одним пассивным рефлектором обладает КУ, равным 8...9 дБи, что соответствует директорной антенне с тремя директорами.

На рис. 1.9 показана двухэлементная квадратная рамочная антенна. Размеры антенны определяются, исходя из рабочей длины волны: $b=0,26\lambda$, $p=0,31\lambda$, $a=0,18\lambda$. При построении размеры антенн подбираются экспериментально до получения наилучших направленных свойств.

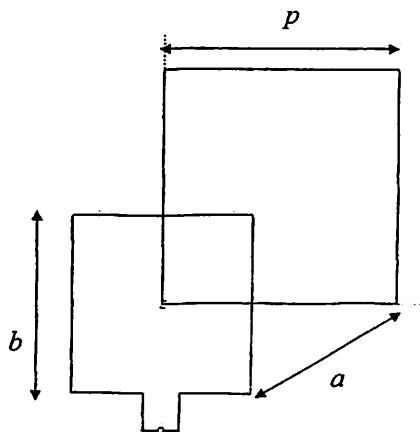


Рис. 1.9. Двухэлементная рамочная антенна

2. ЗАДАНИЯ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ВИБРАТОРНЫХ АНТЕНН

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №1 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРНИКЕТНОЙ АНТЕННЫ»

1. Цель задания

В результате выполнения практического задания студент должен:

– *знать* конструктивные особенности турникетной антенны, ее направленные и электрические свойства, зависимость этих свойств от вида распределения тока по плечам элементов антенны и диаметра их проводников;

– *уметь* моделировать направленные и электрические характеристики турникетной антенны с помощью программы MMANA;

– *приобрести навыки* в проведении исследований характеристик турникетной антенны с помощью компьютерных программ.

2. Задание к работе

2.1. Для заданной частоты f определить размеры элементов турникетной антенны, представляющих собой полуволновые симметричные вибраторы, которые выполнены из цилиндрических проводников (частота f , диаметр d , и тип материала проводников заданы в таблице П.1.1 Приложения 1).

2.2. Создать модель турникетной антенны в программе MMANA.

2.3. Задать источники и параметры возбуждения турникетной антенны (амплитуду и фазу тока).

2.4. Провести моделирование направленных и электрических характеристик турникетной антенны на заданной частоте f .

- 2.5. Получить ДН турникетной антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях.
- 2.6. Получить графики зависимостей входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в полосе частот $\Delta f = 0,5f \dots 1,5f$.
- 2.7. Повторить пункт 2.4 с учетом изменения диаметра проводников элементов турникетной антенны (d_2 – в соответствии с вариантом задания).
- 2.8. Провести анализ полученных результатов.

3. Порядок выполнения задания

- 3.1. Активировать программу MMANA на компьютере.
- 3.2. Во вкладке «Геометрия» задать рабочую частоту, на которой будут проводиться исследования турникетной антенны.
- 3.3. Во вкладке «Вычисления» задать тип окружающей среды (свободное пространство) и материал, из которого изготовлены элементы турникетной антенны.
- 3.4. С помощью кнопки «Правка провода» перейти в соответствующую вкладку для построения модели турникетной антенны.
- 3.5. Изобразить два перпендикулярных друг другу симметричных вибратора в соответствующих плоскостях, задав в программе их геометрические размеры: длину плеч и диаметр проводников (определяются, исходя из варианта задания).
- 3.6. Вернувшись во вкладку «Геометрия», задать источники возбуждения вибраторов (амплитуду и фазу).
- 3.7. Зайдя на вкладку «Вычисления» нажать кнопку «Пуск», получить результаты моделирования. Нажав кнопку «Диаграмма направленности», проанализировать полученные ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях и в трехмерном пространстве.
- 3.8. Определить ширину главного лепестка ДН по нулевой и половинной мощностям.
- 3.9. Зайдя на вкладку «Вид», проанализировать характер распределения токов по плечам вибраторов.
- 3.10. Во вкладке «Вычисления» нажать кнопку «Графики», в открывшемся окне провести исследования в требуемой полосе частот для значений входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД.

3.11. По результатам моделирования сделать выводы о направленных и электрических свойствах турникетной антенны.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

4.1. Название задания, его цель и исходные данные для моделирования.

4.2. Результаты моделирования:

– ДН исследуемой турникетной антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях на заданной частоте;

– графики зависимости входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в заданной полосе частот для исследуемой турникетной антенны;

4.3. Сравнительный анализ полученных результатов и основные выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №2 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРНИКЕТНОЙ АНТЕННЫ С РЕФЛЕКТОРОМ»

1. Цель задания

В результате выполнения практического задания студент должен:

– *знать* конструктивные особенности турникетной антенны с рефлектором, ее направленные и электрические свойства;

– *уметь* моделировать направленные и электрические характеристики турникетной антенны с рефлектором с помощью программы MMANA;

– *приобрести навыки* в проведении исследований характеристик турникетной антенны с рефлектором с помощью компьютерных программ.

2. Задание к работе

2.1. Для заданной частоты f определить размеры элементов активного полотна турникетной антенны, а также рефлектора, с учетом того, что симметричные вибраторы активного полотна являются полуволновыми, а размеры плеч симметричных вибраторов рефлектора несколько превышают значение $0,25\lambda$ (частота f , диаметр d , и тип материала проводников заданы в таблице П.1.1 Приложения 1).

2.2. Определить расстояние между активным полотном турникетной антенны и рефлектором, исходя из условия, что оно лежит в пределах $0,25\lambda$.

2.3. Создать модель турникетной антенны с рефлектором в программе MMANA.

2.4. Задать источники и параметры возбуждения активного полотна турникетной антенны (амплитуду и фазу тока).

2.5. Провести моделирование направленных и электрических характеристик турникетной антенны с рефлектором на заданной частоте f .

2.6. Получить ДН турникетной антенны с рефлектором в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

2.7. Получить графики зависимостей входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в полосе частот $\Delta f = 0,5f \dots 1,5f$.

2.8. Изменяя расстояние между активным полотном и рефлектором найти наибольшее значение КЗД турникетной антенны с рефлектором.

2.9. Провести анализ полученных результатов.

3. Порядок выполнения задания

3.1. Активировать программу MMANA на компьютере.

3.2. Во вкладке «Геометрия» задать рабочую частоту, на которой будут проводиться исследования турникетной антенны с рефлектором.

3.3. Во вкладке «Вычисления» задать тип окружающей среды (свободное пространство) и материал, из которого изготовлены элементы турникетной антенны с рефлектором.

3.4. С помощью кнопки «Правка провода» перейти в соответствующую вкладку для построения модели турникетной антенны с рефлектором.

3.5. Изобразить два перпендикулярных друг другу симметричных вибратора активного полотна в соответствующих плоскостях, задав в программе их геометрические размеры: длину плеч и диаметр проводников (определяются, исходя из варианта задания).

3.6. Изобразить рефлектор в виде двух перпендикулярных вибраторов, длина которых несколько больше, чем у вибраторов активного полотна. Рефлектор расположить на расстоянии $0,25\lambda$ от активного полотна.

3.7. Вернувшись во вкладку «Геометрия», задать источники возбуждения вибраторов (амплитуду и фазу) активного полотна.

3.8. Зайдя на вкладку «Вычисления», нажать кнопку «Пуск», получить результаты моделирования. Нажав кнопку «Диаграмма направленности», проанализировать полученные ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях и в трехмерном пространстве.

3.9. Провести исследования по улучшению направленных свойств турникетной антенны с рефлектором, изменяя расстояние между активным полотном и рефлектором, а также изменяя размеры вибраторов рефлектора, при этом следует добиться наибольшего значения КЗД.

3.10. Определить ширину главного лепестка ДН по нулевой и половинной мощностям.

3.11. Зайдя на вкладку «Вид», проанализировать характер распределения токов по плечам вибраторов.

3.12. Во вкладке «Вычисления» нажать кнопку «Графики», в открывшемся окне провести исследования в требуемой полосе частот для значений входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД.

3.13. По результатам моделирования сделать выводы о направленных и электрических свойствах турникетной антенны с рефлектором.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

4.1. Название задания, его цель и исходные данные для моделирования.

4.2. Результаты моделирования:

- ДН исследуемой турникетной антенны с рефлектором в горизонтальной и вертикальной плоскостях на заданной частоте;
- графики зависимости входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в заданной полосе частот для исследуемой турникетной антенны;

4.3. Сравнительный анализ полученных результатов и основные выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №3 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРНИКЕТНОЙ АНТЕННЫ С ДИРЕКТОРОМ И РЕФЛЕКТОРОМ»

1. Цель задания

В результате выполнения практического задания студент должен:

– *знать* конструктивные особенности турникетной антенны с директором и рефлектором, ее направленные и электрические свойства;

– *уметь* моделировать направленные и электрические характеристики турникетной антенны с директором и рефлектором с помощью программы MMANA;

– *приобрести навыки* в проведении исследований характеристик турникетной антенны с директором и рефлектором с помощью компьютерных программ.

2. Задание к работе

2.1. Для заданной частоты f определить размеры элементов активного полотна турникетной антенны, а также директора и рефлектора. При этом следует учитывать, что симметричные вибраторы активного полотна являются полуволновыми, размеры плеч симметричных вибраторов директора несколько меньше значения $0,25\lambda$, а размеры плеч симметричных вибраторов рефлектора несколько больше значения $0,25\lambda$ (частота f , диаметр d , и тип материала проводников заданы в таблице П.1.1 Приложения 1).

2.2. Определить расстояние между активным полотном турникетной антенны и директором, исходя из условия, что оно лежит в пределах $0,15\lambda$.

2.3. Определить расстояние между активным полотном турникетной антенны и рефлектором, исходя из условия, что оно лежит в пределах $0,25\lambda$.

2.4. Создать модель турникетной антенны с директором и рефлектором в программе MMANA.

2.5. Задать источники и параметры возбуждения активного полотна турникетной антенны (амплитуду и фазу тока).

2.6. Провести моделирование направленных и электрических характеристик турникетной антенны с директором и рефлектором на заданной частоте f .

2.7. Получить ДН турникетной антенны с директором и рефлектором в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

2.8. Получить графики зависимостей входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в полосе частот $\Delta f = 0,5f \dots 1,5f$.

2.9. Изменяя расстояние между активным полотном, директором и рефлектором найти наибольшее значение КЗД турникетной антенны с рефлектором.

2.10. Провести анализ полученных результатов.

3. Порядок выполнения задания

3.1. Активировать программу MMANA на компьютере.

3.2. Во вкладке «Геометрия» задать рабочую частоту, на которой будут проводиться исследования турникетной антенны с директором и рефлектором.

3.3. Во вкладке «Вычисления» задать тип окружающей среды (свободное пространство) и материал, из которого изготовлены элементы турникетной антенны с рефлектором.

3.4. С помощью кнопки «Правка провода» перейти в соответствующую вкладку для построения модели турникетной антенны с директором и рефлектором.

3.5. Изобразить два перпендикулярных друг другу симметричных вибратора активного полотна в соответствующих плоскостях, задав в программе их геометрические размеры: длину плеч и диаметр проводников (определяются, исходя из варианта задания).

3.6. Изобразить рефлектор в виде двух перпендикулярных вибраторов, длина которых несколько больше, чем у вибраторов активного полотна. Рефлектор расположить на расстоянии $0,25\lambda$ от активного полотна.

3.7. Изобразить директор в виде двух перпендикулярных вибраторов, длина которых несколько меньше, чем у вибраторов

активного полотна. Директор расположить на расстоянии $0,15\lambda$ от активного полотна.

3.8. Вернувшись во вкладку «Геометрия», задать источники возбуждения вибраторов (амплитуду и фазу) активного полотна.

3.9. Зайдя на вкладку «Вычисления», нажать кнопку «Пуск», получить результаты моделирования. Нажав кнопку «Диаграмма направленности», проанализировать полученные ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях и в трехмерном пространстве.

3.10. Провести исследования по улучшению направленных свойств турникетной антенны с директором и рефлектором, изменяя расстояние между активным полотном, директором и рефлектором, а также изменяя размеры вибраторов директора и рефлектора, при этом следует добиться наибольших значений КУ и КЗД.

3.11. Определить ширину главного лепестка ДН по нулевой и половинной мощностям.

3.12. Зайдя на вкладку «Вид», проанализировать характер распределения токов по плечам вибраторов.

3.13. Во вкладке «Вычисления» нажать кнопку «Графики», в открывшемся окне провести исследования в требуемой полосе частот для значений входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД.

3.14. По результатам моделирования сделать выводы о направленных и электрических свойствах турникетной антенны с рефлектором.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

4.1. Название задания, его цель и исходные данные для моделирования.

4.2. Результаты моделирования:

– ДН исследуемой турникетной антенны с директором и рефлектором в горизонтальной и вертикальной плоскостях на заданной частоте;

– графики зависимости входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в заданной полосе частот для исследуемой турникетной антенны;

4.3. Сравнительный анализ полученных результатов и основные выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №4 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КВАДРАТНОЙ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ»

1. Цель задания

В результате выполнения практического задания студент должен:

- *знать* конструктивные особенности квадратной рамочной антенны, ее направленные и электрические свойства, зависимость этих свойств от вида распределения тока по проводникам антенны;
- *уметь* моделировать направленные и электрические характеристики квадратной рамочной антенны с помощью программы MMANA;
- *приобрести навыки* в проведении исследований характеристик квадратной рамочной антенны с помощью компьютерных программ.

2. Задание к работе

2.1. Для заданной частоты f определить размеры сторон квадратной рамочной антенны, рамка выполнена из цилиндрических проводников. (частота f , диаметр d_1 и тип материала проводников заданы в таблице П.2.1 Приложения 2).

2.2. Создать модель квадратной рамочной антенны в программе MMANA.

2.3. Задать источник и параметры возбуждения квадратной рамочной антенны (амплитуду и фазу тока).

2.4. Провести моделирование направленных и электрических характеристик квадратной рамочной антенны на заданной частоте f .

2.5. Получить ДН квадратной рамочной антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

2.6. Получить графики зависимостей входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в полосе частот $\Delta f = 0,5f \dots 1,5f$.

2.7. Провести анализ полученных результатов.

3. Порядок выполнения задания

3.1. Активировать программу MMANA на компьютере.

3.2. Во вкладке «Геометрия» задать рабочую частоту, на которой будут проводиться исследования квадратной рамочной антенны.

3.3. Во вкладке «Вычисления» задать тип окружающей среды (свободное пространство) и материал, из которого изготовлены элементы квадратной рамочной антенны.

3.4. С помощью кнопки «Правка провода» перейти в соответствующую вкладку для построения модели квадратной рамочной антенны.

3.5. Изобразить квадратную рамку в соответствующей плоскости, задав в программе ее геометрические размеры: длину стороны рамки и диаметр проводников (определяются, исходя из варианта задания).

3.6. Вернувшись во вкладку «Геометрия», задать источник возбуждения квадратной рамочной антенны (амплитуду и фазу).

3.7. Зайдя на вкладку «Вычисления» нажать кнопку «Пуск», получить результаты моделирования. Нажав кнопку «Диаграмма направленности», проанализировать полученные ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях и в трехмерном пространстве.

3.8. Определить ширину главного лепестка ДН по нулевой и половинной мощностям.

3.9. Зайдя на вкладку «Вид», проанализировать характер распределения токов по сторонам рамки.

3.10. Во вкладке «Вычисления» нажать кнопку «Графики», в открывшемся окне провести исследования в требуемой полосе частот для значений входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД.

3.11. По результатам моделирования сделать выводы о направленных и электрических свойствах квадратной рамочной антенны.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

4.1. Название задания, его цель и исходные данные для моделирования.

4.2. Результаты моделирования:

- ДН исследуемой квадратной рамочной антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях на заданной частоте;
- графики зависимости входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в заданной полосе частот для исследуемой квадратной рамочной антенны;

4.3. Сравнительный анализ полученных результатов и основные выводы.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ №5 «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХЭЛЕМЕНТНОЙ КВАДРАТНОЙ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ»

1. Цель задания

В результате выполнения практического задания студент должен:

– *знать* конструктивные особенности двухэлементной квадратной рамочной антенны, ее направленные и электрические свойства, зависимость этих свойств от вида распределения тока по проводникам антенны;

– *уметь* моделировать направленные и электрические характеристики двухэлементной квадратной рамочной антенны с помощью программы MMANA;

– *приобрести навыки* в проведении исследований характеристик двухэлементной квадратной рамочной антенны с помощью компьютерных программ.

2. Задание к работе

2.1. Для заданной частоты f определить размеры сторон квадратной рамочной антенны, рамка выполнена из цилиндрических проводников (частота f , диаметр d_1 и тип материала проводников заданы в таблице П.2.1 Приложения 2).

2.2. Для заданной частоты f определить размеры сторон пассивного рефлектора в виде квадратной рамочной антенны, рамка выполнена из цилиндрических проводников (частота f , диаметр d_1 и тип материала проводников заданы в таблице П.2.1 Приложения 2).

2.3. Для заданной частоты f определить расстояние между активной рамкой и пассивным рефлектором.

2.4. Создать модель двухэлементной квадратной рамочной антенны в программе MMANA.

2.5. Задать источник и параметры возбуждения активной квадратной рамочной антенны (амплитуду и фазу тока).

2.6. Провести моделирование направленных и электрических характеристик двухэлементной квадратной рамочной антенны на заданной частоте f .

2.7. Получить ДН двухэлементной квадратной рамочной антенны в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

2.8. Получить графики зависимостей входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в полосе частот $\Delta f = 0,5f \dots 1,5f$.

2.9. Провести анализ полученных результатов.

3. Порядок выполнения задания

3.1. Активировать программу MMANA на компьютере.

3.2. Во вкладке «Геометрия» задать рабочую частоту, на которой будут проводиться исследования двухэлементной квадратной рамочной антенны.

3.3. Во вкладке «Вычисления» задать тип окружающей среды (свободное пространство) и материал, из которого изготовлены проводники двухэлементной квадратной рамочной антенны.

3.4. С помощью кнопки «Правка провода» перейти в соответствующую вкладку для построения модели двухэлементной квадратной рамочной антенны.

3.5. Изобразить активную квадратную рамку и пассивный рефлектор в соответствующей плоскости, задав в программе их геометрические размеры: длину сторон рамок, диаметр проводников, расстояние между активной рамкой и рефлектором (определяются, исходя из варианта задания).

3.6. Вернувшись во вкладку «Геометрия», задать источник возбуждения активной рамки (амплитуду и фазу).

3.7. Зайдя на вкладку «Вычисления» нажать кнопку «Пуск», получить результаты моделирования. Нажав кнопку «Диаграмма направленности», проанализировать полученные ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях и в трехмерном пространстве.

3.8. Определить ширину главного лепестка ДН по нулевой и половинной мощностям.

3.9. Зайдя на вкладку «Вид», проанализировать характер распределения токов по сторонам двухэлементной квадратной рамочной антенны.

3.10. Во вкладке «Вычисления» нажать кнопку «Графики», в открывшемся окне провести исследование в требуемой полосе частот для значений входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД.

3.11. Повторить пункты 3.5-3.10, изменяя расстояние между активной рамкой и рефлектором таким образом, чтобы получить наибольшее значение КЗД антенны.

3.11. По результатам моделирования сделать выводы о направленных и электрических свойствах двухэлементной квадратной рамочной антенны.

4. Содержание отчета

Отчет должен содержать:

4.1. Название задания, его цель и исходные данные для моделирования.

4.2. Результаты моделирования:

– ДН исследуемой двухэлементной квадратной рамочной антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях на заданной частоте;

– графики зависимости входного сопротивления, КСВ, КУ и КЗД от частоты в заданной полосе частот для исследуемой двухэлементной квадратной рамочной антенны;

4.3. Сравнительный анализ полученных результатов и основные выводы.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица П. 1.1

Вариант	f (МГц)	d ₁ (мм)	d ₂ (мм)	материал
1	500	10	20	Медь
2	525	12	18	Медь
3	550	11	17	Медь
4	575	15	21	Медь
5	600	13	22	Медь
6	625	12	23	Алюминий
7	650	10	22	Алюминий
8	675	9	16	Алюминий
9	700	8	14	Алюминий
10	725	12	24	Алюминий
11	750	10	16	Медь
12	775	7	18	Медь
13	800	6	24	Медь
14	825	9	21	Медь
15	850	10	16	Медь
16	900	7	22	Медь
17	925	9	17	Медь
18	950	13	24	Медь
19	975	12	25	Медь
20	1000	13	20	Медь
21	300	10	25	Алюминий
22	325	15	27	Алюминий
23	350	18	22	Алюминий
24	375	16	23	Алюминий
25	400	14	25	Алюминий

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Таблица П. 2.1

Вариант	f (МГц)	d ₁ (мм)	материал
1	775	5	Медь
2	725	6	Медь
3	850	7	Медь
4	875	8	Медь
5	900	4	Медь
6	925	5	Алюминий
7	950	6	Алюминий
8	975	7	Алюминий
9	800	8	Алюминий
10	825	3	Алюминий
11	750	4	Медь
12	775	5	Медь
13	810	6	Медь
14	815	7	Медь
15	820	8	Медь
16	910	9	Медь
17	915	5	Медь
18	920	6	Медь
19	770	4	Медь
20	840	3	Медь
21	780	8	Алюминий
22	730	6	Алюминий
23	940	7	Алюминий
24	660	3	Алюминий
25	630	4	Алюминий

ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ «ММАНА»

Для расчета основных электрических и направленных характеристик антенн используется компьютерная программа ММАНА. Она позволяет проводить расчет электрических и направленных свойств антенн и их оптимизацию. Расчет производится методом моментов. Задавая определенный набор тонких проводов (т.е. саму антенну) программа строит ДН и рассчитывает основные параметры, такие как КУ, КСВ, КЗД и другие. Программа имеет возможность рассчитывать параметры антенны в реальных условиях: в ней можно выбрать материал проводников, высоту установки антенны, задавать параметры реальной среды и т.д.

Русифицированная версия программы ММАНА позволяет:

- создавать и редактировать описание антенны, как заданием координат, так и “мышкой”;
- рассматривать множество разных видов вибраторных антенн;
- рассчитывать характеристику направленности и строить ДН в вертикальной и горизонтальной плоскостях под любыми вертикальными углами;
- одновременно сравнивать результаты моделирования нескольких антенн;
- редактировать описание каждого элемента антенны, включая возможность менять форму элемента без сдвига его резонансной частоты;
- использовать удобное меню создания многоэтажных антенн – стеков;
- гибко настраивать процесс оптимизации антенны по входному сопротивлению $Z_{вх}$, КСВ, КУ.

На рис. П.3.1...3.4 приведены основные окна программы с примером моделирования симметричного вибратора. На рис.П.3.1 показано первое окно программы, в котором задаются основные параметры моделируемой антенны: рабочая частота (или длина волны), геометрические размеры, параметры возбуждения (источники), нагрузки и их параметры. Кроме этого, по умолчанию задаются параметры программы расчета (окна «Автосегментация»), которые следует изменять очень осторожно.

На рис. П.3.2 показано второе окно программы, в котором демонстрируется модель антенны. На рис. П.3.3 показано третье окно программы, где задаются параметры окружающего пространства (вкладка «Земля»), высота подвеса антенны, материал, из которого она изготовлена, а также выводятся результаты расчета.

На рис. П.3.4 показано четвертое окно программы, где приводятся рассчитанные ДН в полярной системе координат (в горизонтальной и вертикальной плоскостях) и основные характеристики антенны.

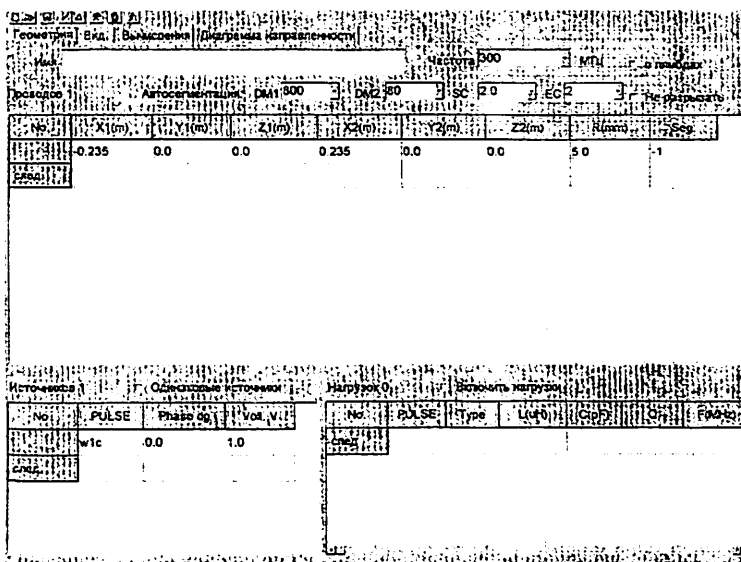


Рис. П.3.1. Первое основное окно программы MMANA «Геометрия»

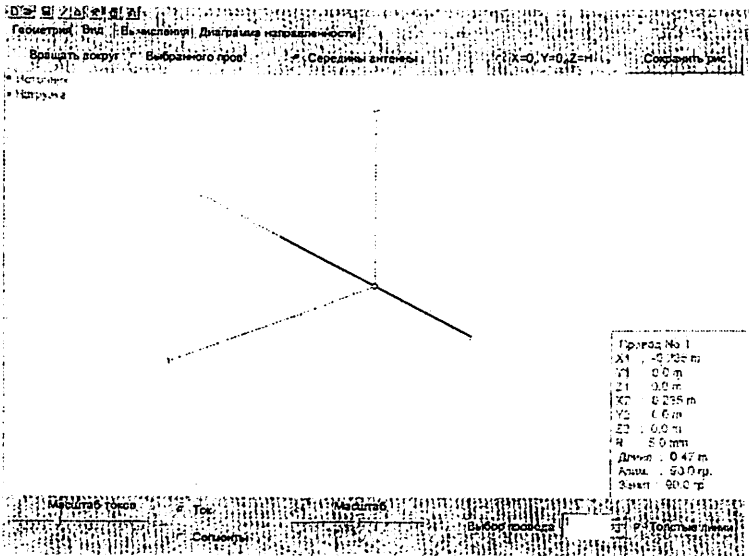


Рис. П.3.2. Второе основное окно программы MMANA «Вид»

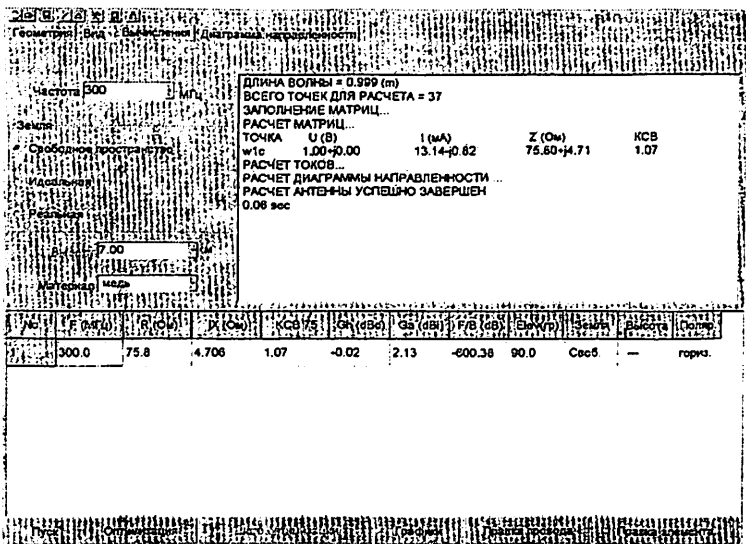


Рис. П.3.3. Третье основное окно программы MMANA «Вычисления»

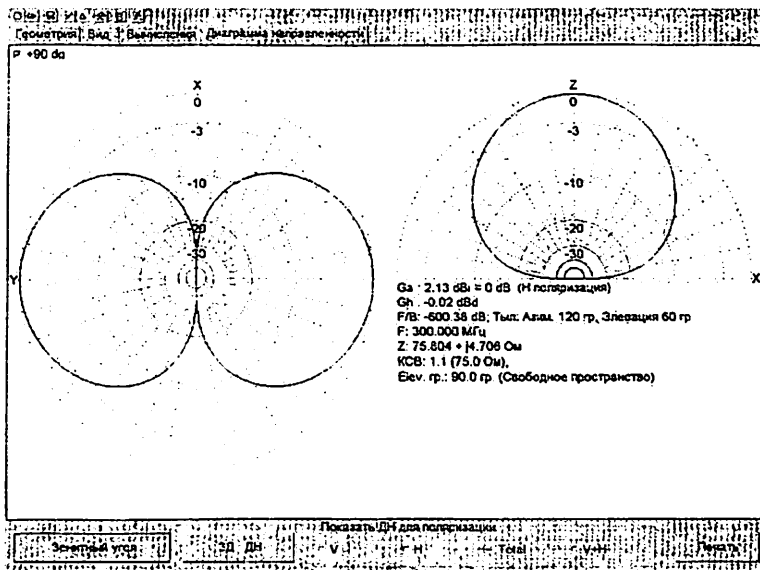


Рис. П.3.4. Четвертое основное окно программы MMANA «Диаграмма направленности»

Задавать параметры модели и создавать ее вид, можно несколькими путями: либо заполняя таблицу координат проводников, из которых состоит антенна, либо рисуя с помощью мышки проводники непосредственно в окне «Правка провода», либо задавая координаты проводников в специальном окне, которое находится в том же окне «Правка провода».

Окно «Правка провода» состоит из четырех окон (вкладок), каждое из которых соответствует определенной плоскости прямоугольной системы координат. Таким образом, моделировать антенну, добавляя, удаляя или изменяя их длину можно в любой из этих плоскостей.

На рис. П.3.5 показано окно «Правка провода» для представления модели в трехмерном пространстве.

На рис. П.3.6 показано окно «Правка провода» для представления модели в плоскости XOY.

На рис. П.3.7 показано окно «Правка провода» для представления модели в плоскости XOZ.

На рис. П.3.8 показано окно «Правка провода» для представления модели в плоскости YOZ. В этих же окнах можно рисовать модель антенны с помощью мыши, активировав при этом кнопку «Создать провод», либо «Создать рамку».

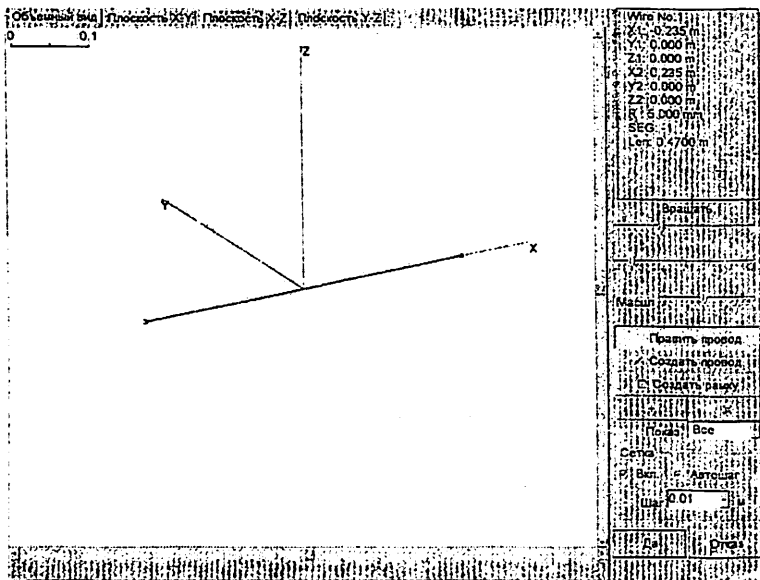


Рис. П.3.5. Окно «Правка провода», вкладка «Объемный вид»

Кроме основных программа MMANA имеет дополнительные окна, в которых отображается информация, связанная как с задаваемыми параметрами, так и с результатами моделирования направленных и электрических свойств исследуемых антенн. Так, например, программа выдает такие параметры, как КСВ, КЗД, значения входного сопротивления моделируемой антенны.

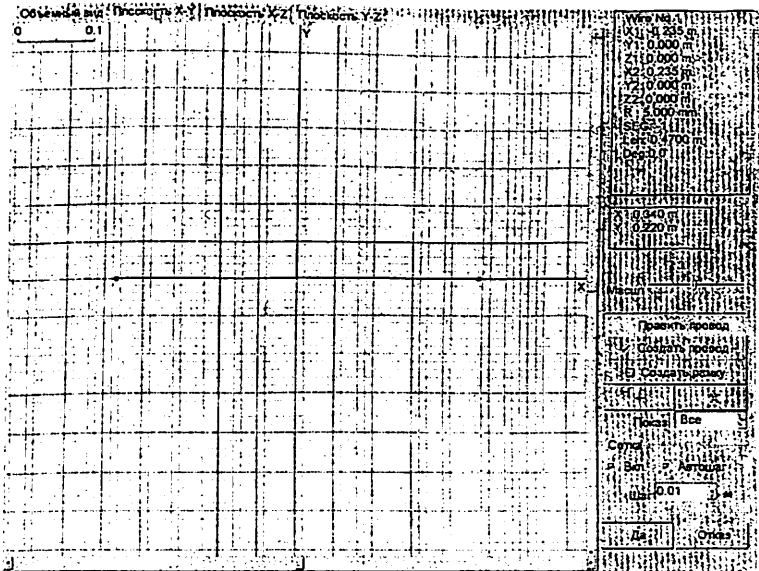


Рис. П.3.6. Окно «Правка провода», вкладка «Плоскость XOY»

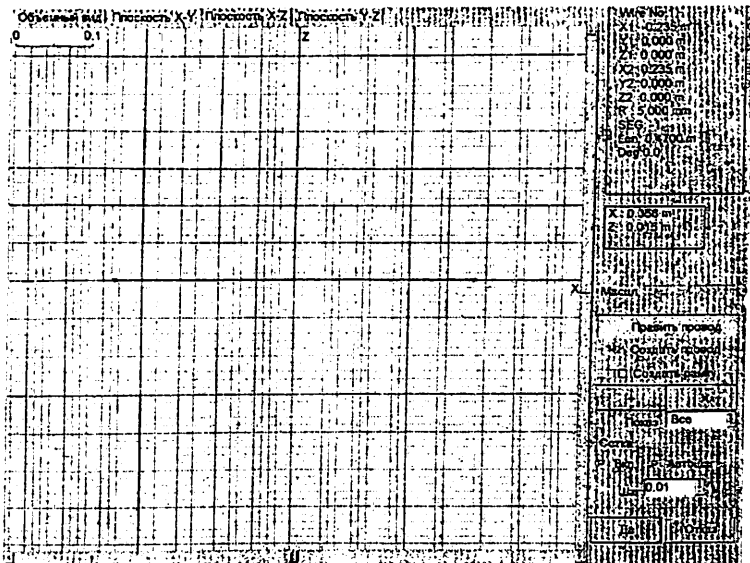


Рис. П.3.7. Окно «Правка провода», вкладка «Плоскость XOZ»

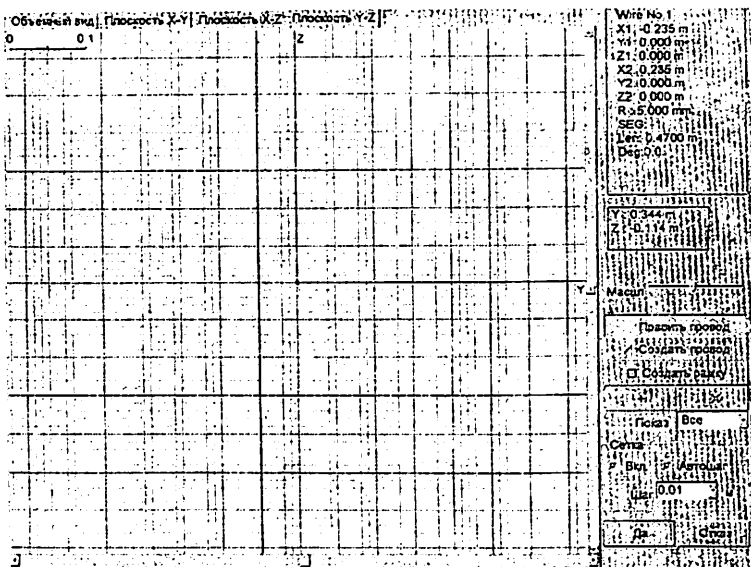


Рис. П.3.8. Окно «Правка провода», вкладка «Плоскость YOZ»

На рис. П.3.9 показано окно зависимостей активного и реактивного сопротивлений от частоты. Частотный диапазон задается в форме «Полоса» в том же окне. Там же можно задать дополнительные параметры расчета. На рис. П.3.10 показано окно зависимости КСВ от частоты. На рис. П.3.11 показано окно зависимостей КУ (в дБ) и КЗД (в дБ) антенны от частоты. На рис. П.3.12 показано окно, в котором отображаются рассчитанные ДН в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

В последнем дополнительном окне «Установки» задаются значения средней частоты расчета («Центральная частота»), предел изменения КСВ («Предел КСВ»), дополнительные точки расчета («Дополнительные точки»), установки согласования («Установки согласования»), частота согласования («Частота согласования»).

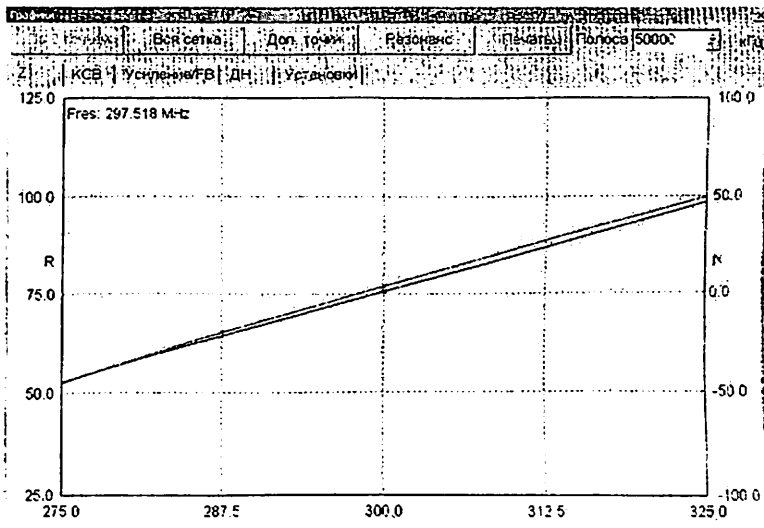


Рис. П.3.9. Окно зависимостей активного и реактивного сопротивлений от частоты

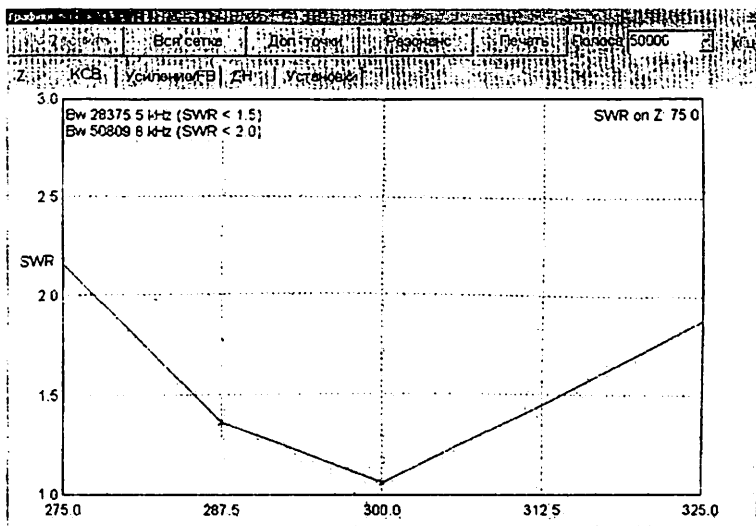


Рис. П.3.10. Окно зависимости КСВ от частоты

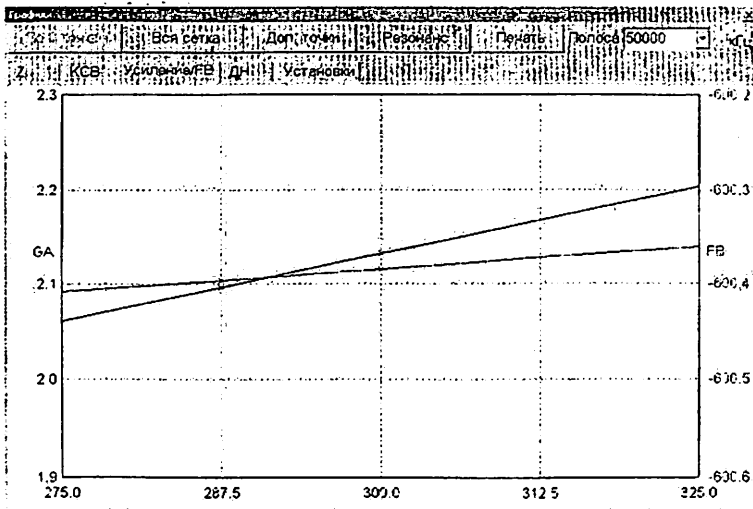


Рис. П.3.11. Окно зависимостей коэффициента усиления и коэффициента защитного действия от частоты

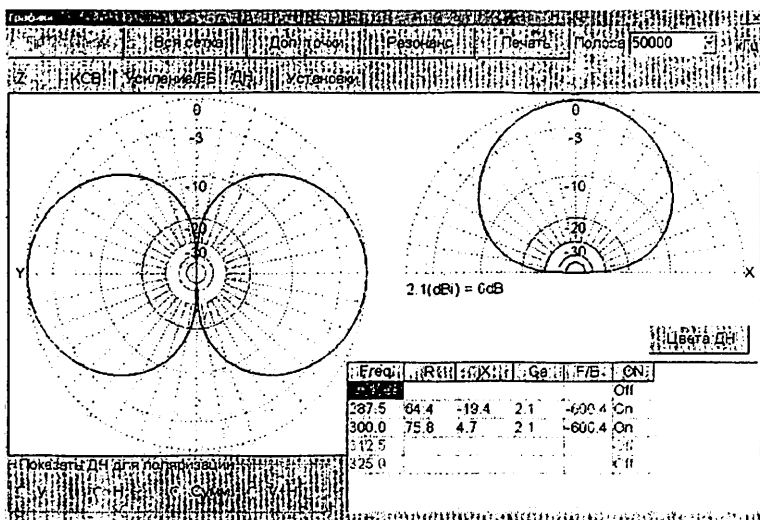


Рис. П.3.12. Окно рассчитанных диаграмм направленности

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерохин Г.А., Чернышев О.В. и др. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2004.
2. Constantine A. Balanis. Antenna Theory: Analysis and Design. Wiley-Interscience, 3 edition, 2005.
3. Гончаренко И.В. Антенны КВ и УКВ. Компьютерное моделирование. ММАНА. М.: ИП РадиоСофт, Радио, 2004.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УКВ АНТЕНН

Методические указания
по дисциплине
«Основы антенн»

Рассмотрено на заседании кафедры СТРВ 7.04.2015
(протокол № 28) и рекомендовано к печати.

Рассмотрено на Научно-методическом Совете ФТТ 28.04.2015
(протокол № 9) и рекомендовано к печати.

Составитель доц. Губенко В.А.

Отв. редактор доц. Парсиев С.С.
Корректор доц. Доспанова Д.У.

Заказ № 3
Тираж 50

Печать
Количество