

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 18.01.2022 20:57:13

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d19e5f111e3bbf73e947d56485151b56d089

МИНОБНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)**

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
Локтионова
« 21 » 01 2019 г.
(ЮЗГУ)

ИЗМЕРЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ СИММЕТРИЧНОГО ВИБРАТОРА

Методические указания
по выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные
устройства»

Курск 2019

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: И. Е. Мухин

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор
кафедры космического приборостроения и систем связи

В.Г. Андронов

Измерение диаграммы направленности симметричного вибратора: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Е Мухин. –Курск, 2019. - 19 с.: ил. 7, табл. 1, прилож. 1. – Библиогр.: с. 19.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат краткие теоретические сведения о характеристиках антенно-фидерных устройств, способах их измерения, задания по выполнению работы, а также перечень вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Полученные знания в результате выполнения работы дают возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных телекоммуникационных системах.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы дисциплины «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства», и учебного плана по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.01.19* . Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 1,104. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ. *10* Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель работы

- изучение устройства симметричного вибратора и измерение диаграммы направленности симметричного вибратора.

2 Краткие теоретические сведения

2.1 Функциональная схема установки

В ходе выполнения лабораторных работ исследуется поляризация электромагнитного поля, излучаемого спиральной и турникетной антенной. Для этого собирается схема, в которой одна из указанных антенн является передающей. В качестве приемной антенны в обоих случаях используется симметричный вибратор.

Функциональная схема макета с турникетной антенной приведена на рисунке 1. В ее состав входят следующие элементы.

1) Передающая турникетная антенна, представляющая собой комбинацию двух симметричных вибраторов ($v1$, $v2$ и $v3$, $v4$), ориентированных перпендикулярно друг к другу. Для создания однонаправленного излучения в антенне используется плоский экран $э1$ в виде круглого диска. Конструктивно антенна связана с симметрирующими согласующим устройством с короткозамыкателем $кз1$. Каждый симметричный вибратор подключается к внешним устройствам с помощью отрезка коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом, заканчивающегося разъемами $p1$, $p2$ типа СР50-164ФВ. Настройка антенны осуществляется путем изменения размеров b и l (рисунок 1). Конструкция антенны допускает ее вращение вокруг оси симметрии (угол φ).

2) Приемная антенна - симметричный вибратор $v5$, $v6$ с плоским экраном $э2$ в виде круглого диска для создания однонаправленного излучения. Как и передающая эта антенна конструктивно связана с симметрирующими согласующим устройством с короткозамыкателем $кз2$, настраивается путем изменения размеров b и l и допускает вращение вокруг оси симметрии (угол φ на рисунке 1).

3) Две диэлектрические штанги $дш1$ и $дш2$, на которых крепятся приемная и передающая антенны.

4) Два поворотных устройства $пу1$ и $пу2$ для регулировки углового положения антенн в горизонтальной плоскости.

5) Отрезок коаксиального кабеля *кк1* с волновым сопротивлением 50 Ом, заканчивающегося разъемами типа СР50-164ФВ и СР50-163ФВ.

6) Волноводный тройник *т1*.

7) Генератор высокой частоты ГВЧ типа Г4-144 на диапазон (500-1000)МГц, который служит для питания передающей антенны. Подключение его к антенне осуществляется с помощью коаксиального кабеля *кк2* с волновым сопротивлением 50 Ом.

8) Детекторная секция *д* для измерения уровня принимаемой мощности.

9) Регистратор для измерения и индикации тока детекторной секции.

10) Соединительный шнур *си1* соединяющий детекторную секцию и регистратор.

11) Соединительный шнур *си2*, по которому синхронизирующий сигнал от регистратора поступает на вход ГВЧ.

Все кабели снабжены соответствующими разъемами СР50.

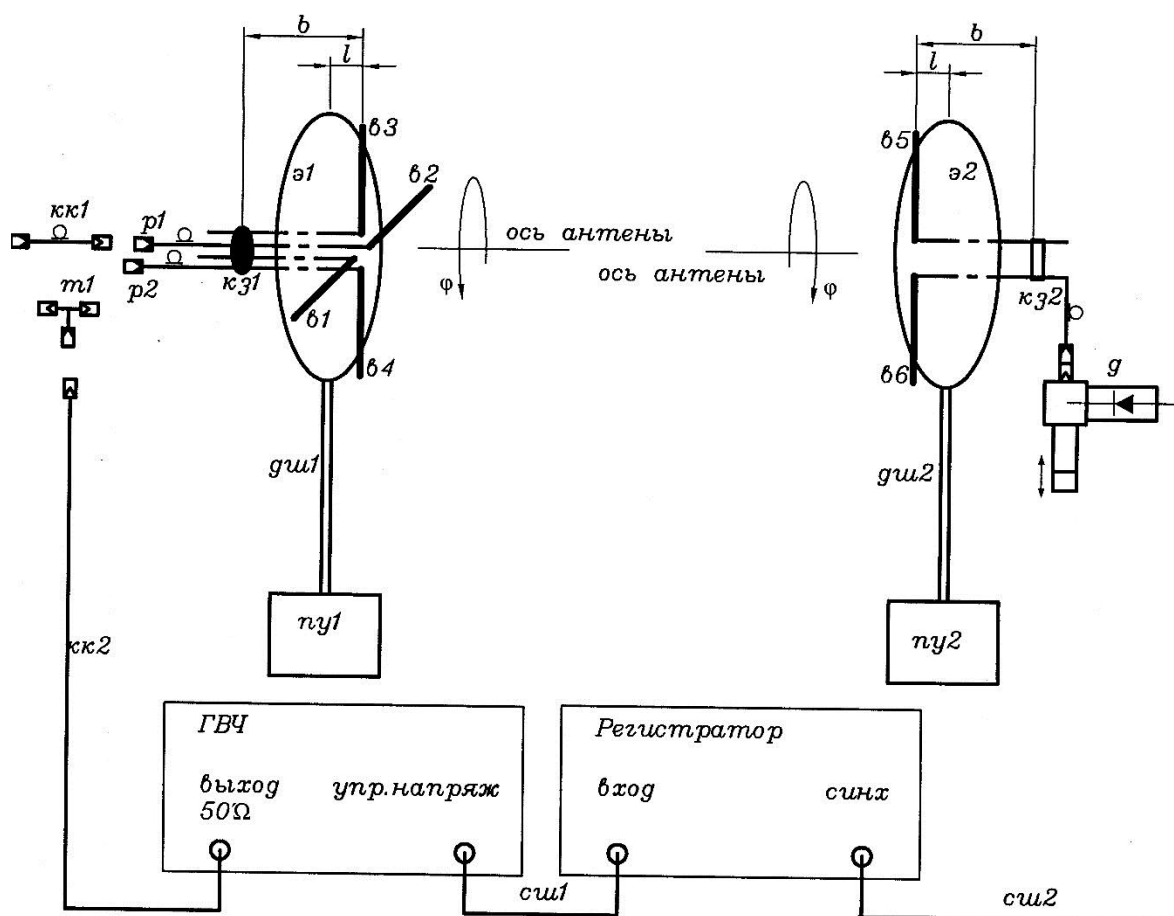


Рисунок 1 – Функциональная схема лабораторной установки

2.2 Назначение и органы управления регистратора

Для измерения уровня мощности электромагнитной волны, поступающей на приемную антенну, служит регистратор. Входным сигналом для него является ток детекторного диода, который расположен в детекторной секции. Значение этого тока пропорционально мощности электромагнитной волны, поступающей на приемную антенну.

На рисунке 2 изображена лицевая панель регистратора. Индикация принимаемого уровня мощности производится цифровым четырехразрядным индикатором. Его показания соответствуют напряжению на выходе усилителя тока детекторного диода. Поскольку детекторный диод работает без смещения, его вольт-амперная характеристика квадратична. Как следствие, показания индикатора пропорциональны уровню принимаемой мощности.

На лицевой панели расположен кнопочный переключатель переключения пределов измерения. Включение соответствующего предела производится простым нажатием соответствующей кнопки.



Рисунок 2 – Лицевая панель регистратора

Ток детекторного диода поступает на регистратор по соединительному кабелю, который подключается к блочному

разъему СР-50 с надписью «**вход**». Второй блочный разъем СР-50 с надписью «**синхр**» служит для подключения модулирующего сигнала к генератору ВЧ. В качестве такого сигнала используется прямоугольный меандр с частотой 7кГц.

Включение регистратора производится тумблером «**сеть**» на лицевой панели. При включении загорается подсветка тумблера.

2.3 Назначение и органы управления генератора ВЧ

Генератор ВЧ служит для питания передающих антенн. На рис. 10 изображена его лицевая панель. Включение генератора осуществляется тумблером «**СЕТЬ**». При включении загорается контрольный светодиод, расположенный над этим тумблером.

Внимание. Включение генератора без подключенной к выходному разъему 50Ω нагрузки может привести к его поломке.

В макете генератор используется в режиме внешней модуляции. Для обеспечения этого режима модулирующий сигнал от регистратора (гнездо «**синхр**») с помощью соединительного шнура (*см1*) подключается к гнезду «**упр. напряж.**» на лицевой панели генератора. При этом должна быть нажата одна из двух кнопок «**внеш.**» четырехпозиционного переключателя режима работы.

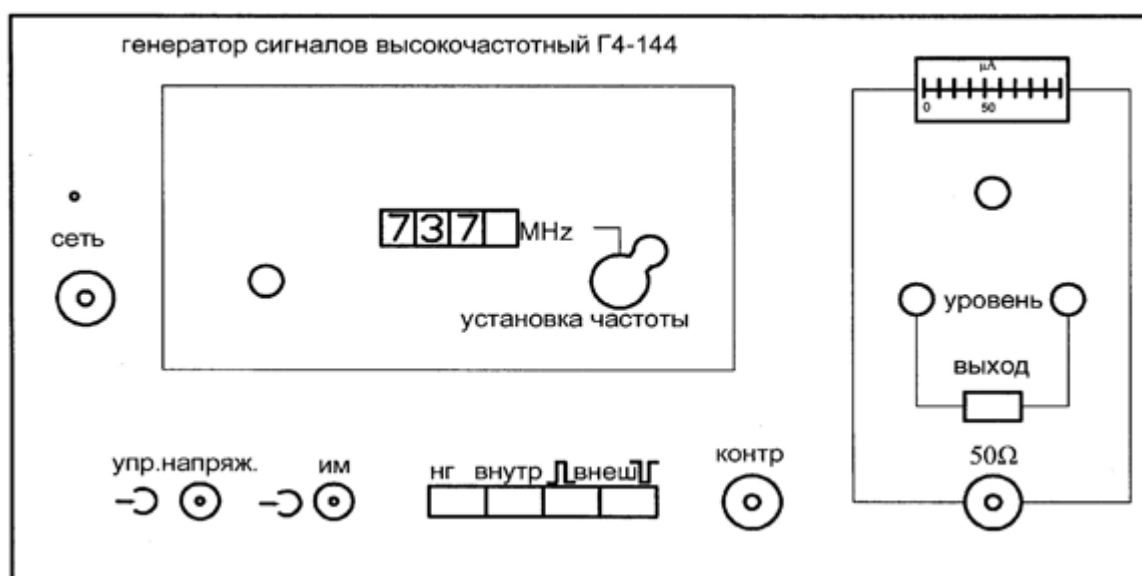


Рисунок 3 – Лицевая панель высокочастотного генератора сигналов

Коаксиальный кабель *кк2*, по которому электромагнитная волна поступает к антенне, подключается к разъему 50Ω . Над этим разъемом находится кнопочный переключатель «**выход**», который служит для временного отключения мощности СВЧ сигнала от выходного разъема. СВЧ сигнал поступает на разъем 50Ω только при нажатой кнопке. Выше кнопочного переключателя расположены два потенциометра «**уровень**», служащие для регулировки плавно и грубо уровня мощности СВЧ. Над ними расположен стрелочный индикатор уровня СВЧ мощности с потенциометром регулировки его чувствительности.

В окне «**установка частоты**» расположена ручка механического регулятора и окно, в котором отображается текущее значение частоты. В правой части окна расположен потенциометр, с помощью которого можно осуществить плавную подстройку частоты в небольших пределах.

Внимание. При наличии мощности на передающей антенне, о чем свидетельствует нажатая кнопка «**ВЫХОД**» на лицевой панели генератора, запрещается находиться перед передающей антенной. Все действия по изменению геометрии антенн и их настройке проводить только при отсутствии мощности на передающей антенне. Для выключения мощности следует отжать кнопку «**ВЫХОД**». Строго соблюдать правила электробезопасности. Все работы проводить только под руководством лаборанта или преподавателя!!!

3 Перечень ресурсов, необходимых для выполнения работы

- генератор высокочастотных сигналов (ГВЧ);
- регистратор;
- 2 типа антенно-фидерных устройств.

4 Задание на лабораторную работу

4.1 Измерение диаграммы направленности симметричного вибратора

Симметричный вибратор используется в качестве приемной антенны. Необходимо измерить характеристики его направленности в двух взаимно ортогональных плоскостях Е и Н.

Выполнить пункты 4.2.1. и 4.2.2.

4.2 Проведение измерений при использовании в качестве передающей антенны турникетного излучателя

4.2.1 Проверка необходимых соединений

Проверить наличие следующих соединений:

-коаксиальный разъем «упр. напряж.» на лицевой панели генератора должен быть соединен соединительным шнуром *см1* с гнездом«синх» на лицевой панели регистратора;

-кабель приемного симметричного вибратора должен быть подключен ко входу детекторной секции δ ;

-разъем детекторного диода на детекторной секции δ должен быть соединен соединительным шнуром *см2* с гнездом«вход» на лицевой панели регистратора;

-выходной разъемгенератора 50Ω соединен с коаксиальным кабелем *кк2*;

-противоположный разъем кабеля *кк2* должен быть подключен:

-либо к одному из разъемов симметричных вибраторов, образующих турникетную антенну. В этом случае выбранный симметричный вибратор исследуется как самостоятельная антенна;

-либо к коаксиальному тройнику *т2*. В этом случае к этому же тройнику должны быть подключены и кабели обоих симметричных вибраторов, образующих турникетную антенну. По указанию преподавателя в разрыв между одним из антенных кабелей и тройником может быть вставлена коаксиальная вставка *кк1*. В этом случае исследуется турникетная антенна.

Ниже описаны операции, выполняемые при исследовании турникетной антенны. Исследование одиночного симметричного вибратора выполняется аналогично.

4.2.2 Предварительная юстировка установки

1. По заданному значению частоты $F_1=670$ МГц рассчитать длины плеч L вибраторов приемной и передающей антенны и установить расчетное значение их длины.По заданному значению частоты F рассчитать длины плеч вибраторов L (формула 1).

$$L = c / (4F) (1)$$

Длину плеча вибратора отсчитывать от основания (рисунок 4). К измеренному значению L_1 следует прибавить длину скрытого в основании участка и вычесть толщину декоративного колпачка.

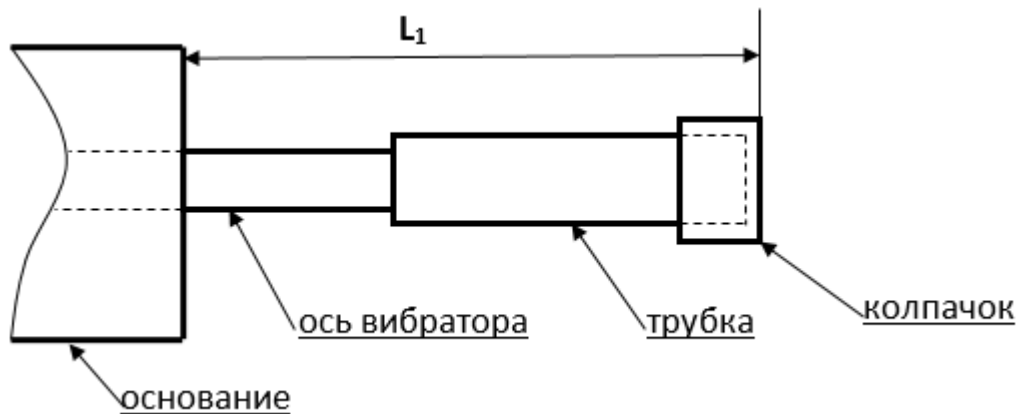


Рисунок 4 –Схема плеча симметричного вибратора

Полная длина плеча вибратора определяется соотношением $L=L_1+22$ (mm).

Перемещая по резьбе на оси вибраторов их плечи (рисунок 4), установить необходимое значение длины L .

2. Вращая турникетный излучатель вокруг горизонтальной оси φ установить угол его поворота равным 0° . Отсчет угла производится по шкале на обойме 1 (рисунок 5).

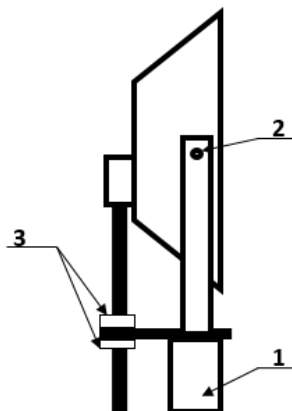


Рисунок 5 – Турникетный излучатель

3. Установить приемную и передающую антенны, приближенно ориентируя их направлениями главного максимума диаграммы направленности друг на друга.

4. Включить питание регистратора и генератора тумблерами «сеть» на их лицевых панелях. При включении загорается подсветка тумблера регистратора и загорается контрольный светодиод генератора.

5. Установить с помощью органов управления генератора «установка частоты» заданную преподавателем частоту. Проверить нажатие кнопки синхронизация «внеш» отрицательным импульсом. Установить выходное напряжение генератора 0,25 максимальной мощности.

6. С помощью кнопочного переключателя пределов измерения на лицевой панели регистратора добиться заметных показаний на его цифровом табло. Включение предела производится простым нажатием соответствующей кнопки.

7. Поляризация электромагнитной волны, излучаемой турникетной антенной зависит от:

- угла поворота вокруг горизонтальной оси φ ;
- наличия вставки ОК_{1,2};
- частоты генератора ВЧ.

Поэтому необходимо произвести подстройку ориентации приемного симметричного вибратора. Для этого его необходимо вращать вокруг оси, добиваясь максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

8. Произвести подстройку детектора, расположенного на экране приемной антенны с противоположной стороны. Для этого необходимо придерживая поршень 12 вращать регулировочную гайку 14 (рисунок 6). Добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

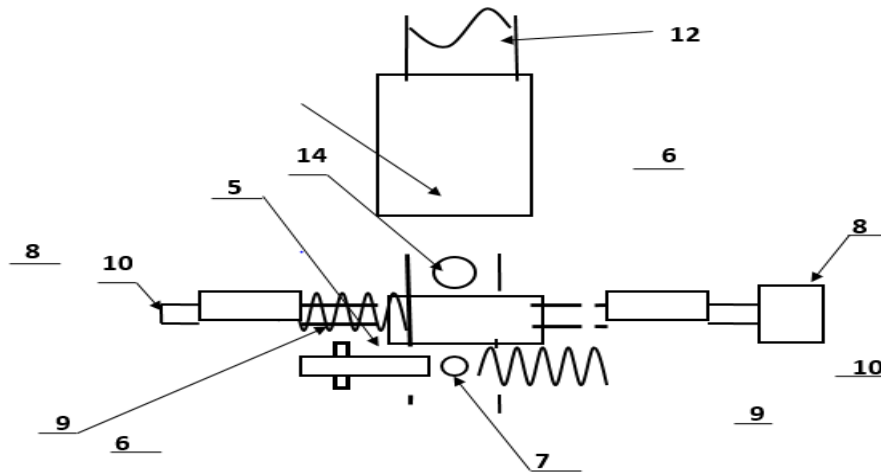


Рисунок 6 – Схема подстройки детектора

9. Осторожно перемещая симметричный вибратор в продольном направлении и меняя расстояние между ним и экраном добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

10. После этого ослабить крепление короткозамыкателя 12 на приемной антенне (рисунок 7) и перемещая его вдоль двухпроводной линии узла симметрирования и согласования вновь добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

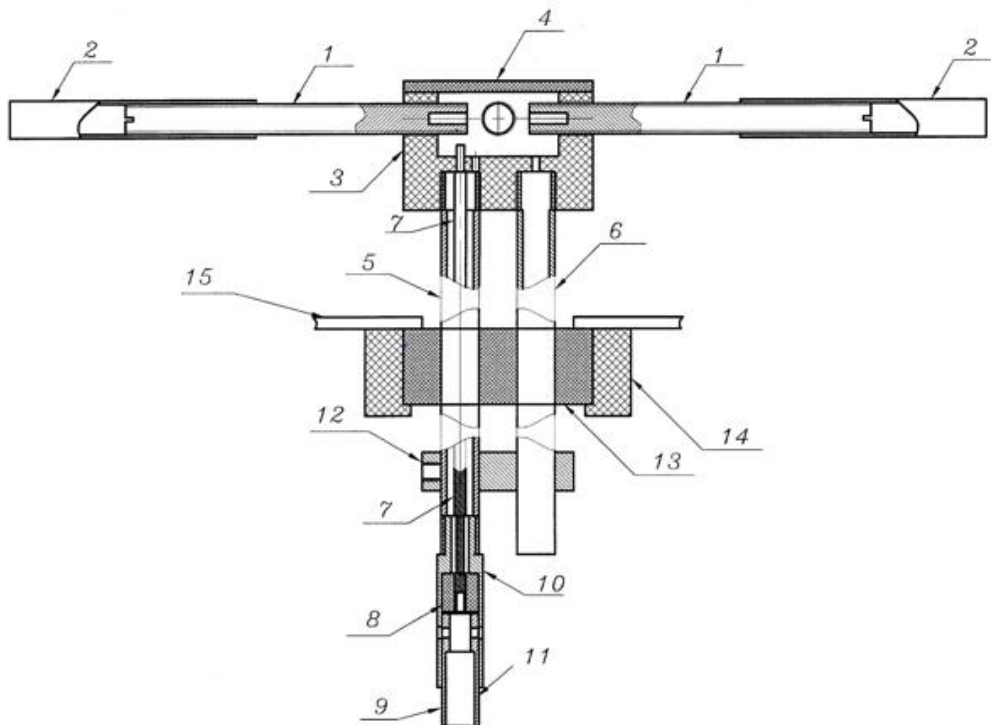


Рисунок 7 – Крепление короткозамыкателя

11. Повторить действия, описанные выше, для передающей турникетной антенны.

12. Вращая попеременно приемную и передающую антенны с помощью поворотного устройства добиваться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

13. Изменяя в небольших пределах частоту генератора с помощью ручки «точно» на его лицевой панели добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

14. Добиться максимально возможных показаний на цифровом табло регистратора.

15. При необходимости по указанию преподавателя изменить угол наклона приемной и передающей антенны в вертикальной плоскости. Для этого необходимо ослабить винты 5 (рис.5) и повернуть антенну в вертикальной плоскости на нужный угол. Настройка ведется по максимальным показаниям на шкале регистратора.

16. Установить отсчет $0,0^0$ на шкалах поворотных устройств (рисунок 7). Для этого:

- ослабить фиксирующие винты (14) крепления узла опоры (13) со штангой (12) и антенной;

- ослабить фиксирующие винты (6) колец (5);

- удерживая узел опоры, повернуть основание с угловой шкалой (3) в положение, соответствующее отсчету угла 0^0 ;

- установить один из микрометрических винтов (8) в положение, соответствующее $0,0^0$ (см. пункт описание поворотного устройства) и затянуть соответствующий фиксирующий винт(6). Второй винт не затягивать.

- повернуть антенну с диэлектрической штангой (12) и опорой (11) относительно неподвижного основания с угловой шкалой (3), добившись максимальных показаний на шкале регистратора;

- зафиксировать винты (14) крепления узла опоры (13) со штангой (12) и антенной.

17. При необходимости произвести коррекцию положения антенн, повторяя описанные выше операции.

После этого снять диаграмму направленности симметричного вибратора в плоскости E. Для этого:

1. Установить приемный симметричный вибратор в положение, при котором его плечи горизонтальны. При этом отсчет угла φ на его обойме 1 (рисунок 6) соответствует 0^0 .

2. Вращая турникетную антенну вокруг своей оси, добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

3. Установить нулевой отсчет по угловой шкале поворотного устройства.

4. Отметить отсчет на цифровом табло регистратора q_{\max} , соответствующий нулевому значению угла поворота антенны. В результате проведенной предварительной юстировки он соответствует главному максимуму диаграммы направленности исследуемой антенны и прямо пропорционален мощности, которая поступает от приемной антенны.

5. Ослабить фиксирующие винты (6) колец (5) исследуемой антенны. Поворачивать вручную антенну с помощью поворотного устройства по часовой стрелке до тех пор, пока отсчет на цифровом табло регистратора не уменьшится в два раза.

6. Отметить значение угла поворота антенны. Этот угол определяет ширину диаграммы направленности исследуемой антенны $\theta_{0.5}$.

7. Повернуть антенну в положение, соответствующее нулевому отсчету угла (максимальные показания регистратора).

8. Измерить ненормированную диаграмму направленности исследуемой антенны. Для этого снять зависимость отсчета на цифровом табло регистратора q от угла поворота антенны θ . Угол изменять с постоянным шагом, выбрав его так, чтобы в пределах ширины диаграммы направленности уложилось не менее 5 отсчетных точек. Измерения проводить меняя угол от 0 до 90 градусов и вращая антенну по часовой стрелке. Отметить значения частоты генератора F и длины плеча вибратора L . Результаты измерений занести в таблицу 1.

9. Повторить измерения ненормированной диаграммы направленности антенны в соответствии с пунктом 5, вращая ее против часовой стрелки. Такому повороту соответствует отрицательное значение угла поворота.

Таблица 1 - Диаграмма направленности симметричного четвертьволнового вибратора в плоскости Е. $F=, L=$.

α (град.)	0	α_1		0	$-\alpha_1$	
q (от. ед.)						
q_n (от. ед.)						

10. После проведения всех измерений произвести нормировку диаграммы направленности. Для этого определить нормированное значение мощности на выходе исследуемой антенны q_n по формуле 2.

$$q_n = q / q_{\max} \quad (2)$$

11. Построить нормированную диаграмму направленности.

Для измерения диаграммы направленности в плоскости Н при необходимости повторить пункты 4.2.1 и 4.2.2 и выполнить следующие операции.

1. Установить приемный симметричный вибратор в положение, при котором его плечи вертикальны. При этом отсчет угла φ на его обойме 1 (рис.6) соответствует 90° .

2. Вращая турникетную антенну вокруг своей оси, добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

3. Установить нулевой отсчет по угловой шкале поворотного устройства. Для этого выполнить подпункт 17 пункта 4.2.2.

4. Отметить отсчет на цифровом табло регистратора q_{\max} , соответствующий нулевому значению угла поворота антенны. В результате проведенной предварительной юстировки он соответствует главному максимуму диаграммы направленности исследуемой антенны и прямо пропорционален мощности, которая поступает от приемной антенны.

5. Ослабить фиксирующие винты (6) колец (5) исследуемой антенны. Поворачивать ручную антенну с помощью поворотного устройства по часовой стрелке до тех пор, пока отсчет на цифровом табло регистратора не уменьшится в два раза.

6. Отметить значение угла поворота антенны. Этот угол определяет ширину диаграммы направленности исследуемой антенны $\theta_{0.5}$.

7. Повернуть антенну в положение, соответствующее нулевому отсчету угла (максимальные показания регистратора).

8. Измерить ненормированную диаграмму направленности исследуемой антенны. Для этого снять зависимость отсчета на цифровом табло регистратора q от угла поворота антенны θ . Угол изменять с постоянным шагом, выбрав его так, чтобы в пределах ширины диаграммы направленности уложилось не менее 5

отсчетных точек. Измерения проводить, меняя угол от 0 до 90 градусов и вращая антенну по часовой стрелке. Результаты измерений занести в таблицу 2.

9. Повторить измерения ненормированной диаграммы направленности антенны в соответствии с пунктом 5, вращая ее против часовой стрелки. Такому повороту соответствует отрицательное значение угла поворота.

Таблица 2 - Диаграмма направленности симметричного четвертьволнового вибратора в плоскости Н

α (град.)	0	α_1		0	$-\alpha_1$	
q (от. ед.)						
q_n (от.ед.)						

10. После проведения всех измерений произвести нормировку диаграммы направленности. Для этого определить нормированное значение мощности на выходе исследуемой антенны q_n по формуле 2

11. Построить нормированную диаграмму направленности.

5 Требования к оформлению отчёта по выполнению лабораторной работы

Отчёт должен быть оформлен с помощью редактора MSWord, версии 97 и выше (.doc, .rtf).

Параметры страницы:

- верхнее поле- 2 см;
- нижнее поле- 2 см;
- левое поле- 3 см;
- правое поле- 1 см;
- переплет- 0 см;
- размер бумаги А4;
- различать колонтитулы первой страницы.

Шрифт текста TimesNewRoman, 14 пунктов, через 1,5 интервала, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1,5 см. Номер страницы внизу, по центру, 14 пунктов.

Несложные формулы должны быть набраны с клавиатуры и с использованием команды «Вставка→Символ». Сложные формулы должны быть набраны в редакторе MathType 6.0 Equation.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- название предмета, номер и название лабораторной работы;
- фамилию и инициалы автора, номер группы;
- фамилию и инициалы преподавателя;
- цель работы;
- перечень используемого оборудования;
- последовательность действий проведения исследований;
- вывод о проделанной работе;
- дату выполнения и личную подпись.

Результаты различных измерений необходимо представить в виде нескольких самостоятельных таблиц и графиков. Каждая таблица и каждый график должны иметь свой заголовок и исходные данные эксперимента.

При выполнении численных расчетов надо записать формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления.

Пример оформления отчёта представлен в приложении 1.

6 Список вопросов для самоконтроля

- 1) Что называется антенной?
- 2) В чем заключается принцип дуальности антенны?
- 3) Основные параметры антенны.
- 4) Дайте определение диаграммы направленности.
- 5) Как производится измерение диаграммы направленности.
- 6) В чем заключается физический смысл диаграммы направленности?
- 7) Что такое поляризация электромагнитной волны.
- 8) Назовите виды поляризации.

7Список использованных источников

- 1) Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Г. Антенно–фидерные устройства и распространение радиоволн. Под. ред. Ерохина Г.А. – 2-е изд. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 491 с.

2) Нефедов Е.И. Распространение радиоволн и антенно – фидерные устройства. Под. ред. Нефедова Е.И. – изд. – Академия.: 2010. – 320 с.

3) Бушуй Л.А. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Методические указания по изучению теоретического курса раздела «Распространение радиоволн». - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 41 с.

Приложение 1

Пример оформления отчёта по лабораторной работе МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

Отчёт по выполнению лабораторной работы

по курсу «Радиопередающие и радиоприёмные устройства»

на тему «Изучение принципа работы супергетеродинного приёмника»

Выполнил:

студент группы ИТ-116

Иванов И.И.

«__»_____2012

(подпись)

Проверил:

д.т.н., профессор кафедры

Петров П.П.

«__»_____2012

(подпись)

Курск 2016

1 Цель работы

Ознакомиться ...

2 Структурная схема макета и перечень используемого оборудования

Структурная схема лабораторного макета для проведения исследований спектров сигналов представлена на рисунке 2.1.

Рисунок 2.1 – Структурная схема лабораторного макета

Перечень используемого оборудования:

- лабораторный стенд «Радиоприёмные устройства» (1 к-т);
- сменный блок «Изучение принципа работы супергетеродинного радиоприёмника АМ сигналов» (1 к-т);
- осциллограф типа С1-96 (1 к-т);
- милливольтметр переменного напряжения типа ДТ-820В (1 к-т).

3 Последовательность проведения и результаты лабораторных исследований

3.1 Снятие амплитудно-частотной характеристики входной цепи

Результаты снятия зависимости напряжения на выходе входной цепи от частоты генератора, при фиксированном напряжении на входе, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – АЧХ входной цепи

Частота генератора, кГц				
Напряжение на выходе входной цепи $U_{\text{ВЫХ}}$, мВ при $U_{\text{ВХ}} = 500$ мВ				

Продолжение таблицы 1

Нормированное напряжение на выходе входной цепи, $U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВЫХ.МАКС}}$.				
---	--	--	--	--

4 Ответы на контрольные вопросы

Вопрос №1. Какие основные функции радиоприёмных устройств?

Ответ:

Вопрос №2. Перечислите основные электрические характеристики радиоприемников.

Ответ:

5 Вывод о проделанной работе

В ходе выполнения лабораторной работы ознакомился с ...

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи



РАСЧЁТ ПОЛЯ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВИБРАТОРА, ПОДНЯТОГО НАД ИДЕАЛЬНОЙ ПРОВОДЯЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Методические указания
по выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные
устройства»

Курск 2019

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: И. Е. Мухин

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор
кафедры космического приборостроения и систем связи

В.Г. Андронов

**Расчет поля элементарного электрического вибратора,
поднятого над идеальной проводящей поверхностью:**
методические указания по выполнению лабораторной работы /
Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Е Мухин. - Курск, 2019. - 8 с.: ил. 5,
табл. 1. – Библиогр.: с. 8.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат краткие теоретические сведения о характеристиках антенно-фидерных устройств, способах их измерения, задания по выполнению работы.

Полученные знания в результате выполнения работы дают возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных телекоммуникационных системах.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы дисциплины «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства», и учебного плана по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства», а также для студентов других направлений подготовки в области инфокоммуникационных технологий в системе высшего образования.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.07.19*. Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 0,465. Уч.-изд. л. 0,42. Тираж 100 экз. Заказ. *13* Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

1 Цель работы

- освоить методику расчет поля элементарного электрического вибратора, поднятого над идеальной проводящей поверхностью.

2 Краткие теоретические сведения

В свободном пространстве напряженность поля от элементарного вибратора определяется выражением

$$E_{1i} = \frac{60\pi I_m l}{\lambda r} \cdot \sin \theta, \quad (1)$$

где I_m - амплитуда тока в антенне; l - длина вибратора; θ - угол направления приема.

При расположении вертикального вибратора над поверхностью Земли возникает его зеркальное отражение, формирующее также свою диаграмму направленности.

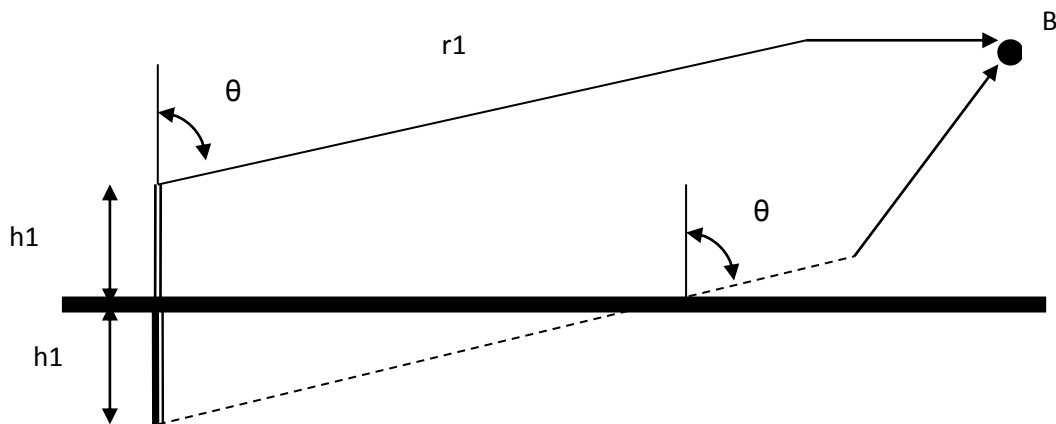


Рисунок 1 – Схема формирования двух лучей в точке приема. Первый луч прямой, второй луч отраженный от земли.

Результирующая диаграмма направленности в точке приема В будет определяться выражением

$$E_m = \frac{60\pi I_m l}{\lambda r} \cdot \sin \theta \cdot \sqrt{1 + |R_g|^2 + 2|R_g| \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} 2h_1 \cos \theta + \Phi_g\right)}, \quad (2)$$

где Φ_g - сдвиг фазы второго луча при отражении от земли; R_g - коэффициент отражения луча от земли.

Вертикальный вибратор создает главным образом вертикально поляризованную волну.

Рассмотрим случай идеально проводящей поверхности $\gamma = \infty$.
 Для всех углов падения волны на поверхность $|R_e|=1$, $\Phi_B=0$.

При этих условиях

$$E_m = \frac{60\pi I_m l}{\lambda r} \cdot \sin \theta \cdot \sqrt{2 \left[1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} 2h_1 \cos \theta_e \right) \right]} = \frac{120\pi I_m l}{\lambda r} \sin \theta \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} 2h_1 \cos \theta_e \right)$$

(3)

Входящий в эту формулу интерференционный множитель $\cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} 2h_1 \cos \theta_e \right)$

показывает на существование интерференционных максимумов и минимумов при достаточно большом отношении $\frac{h_1}{\lambda}$.

Действительно

при

$$\frac{2\pi}{\lambda} h_1 \cos \theta_{\max} = 0, \pi, 2\pi, \dots \quad E_m = E_{\max} = \frac{120 I_m l}{\lambda r} \sin \theta,$$

А при $\frac{2\pi}{\lambda} h_1 \cos \theta_{\max} = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots E_m = E_{\min} = 0$

Первый минимум излучения (нуль) имеет место при $\cos \theta = \frac{\lambda}{4h_1}$.

Следовательно, чем выше расположен вибратор над поверхностью, тем уже оказывается его первый лепесток диаграммы направленности.

Вдоль поверхности в горизонтальном направлении имеется максимум излучения, так как при $\theta = 90^\circ \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} h_1 \cos \theta \right) = 1$.

В вертикальном направлении вертикальный вибратор не излучает. С уменьшением угла θ амплитуды лепестков уменьшаются за счет влияния диаграммы направленности самого вибратора.

На рисунке 2 представлена диаграмма направленности вертикального вибратора, находящегося над идеальной проводящей поверхностью.

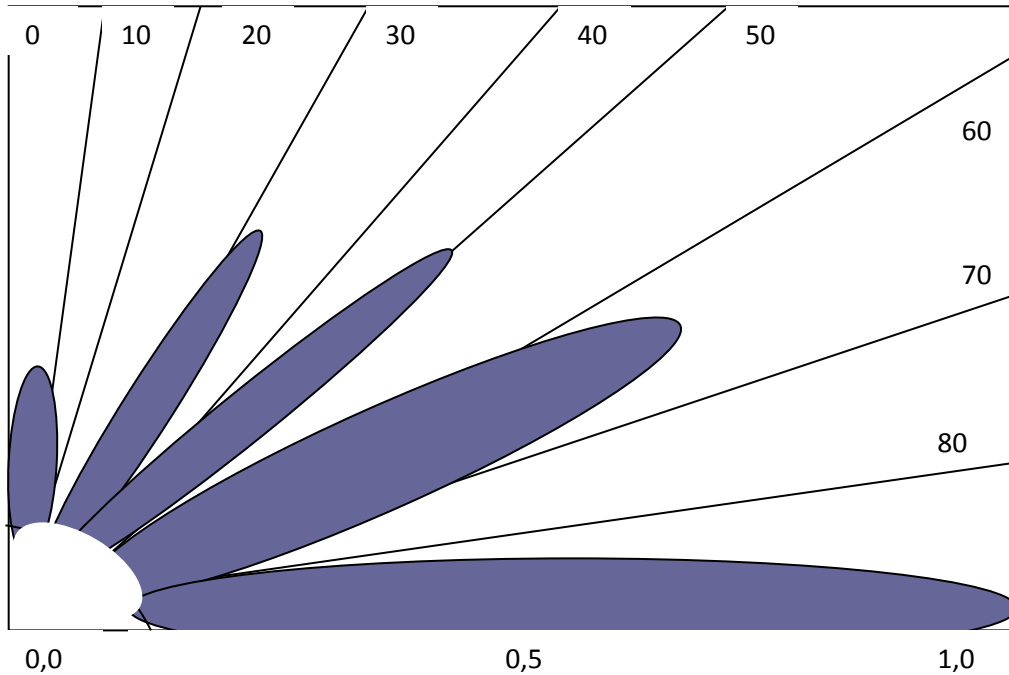


Рисунок 2 – Диаграмма направленности вертикального вибратора, расположенного на высоте $h_1 = 2,5\lambda$ над идеально проводящей поверхностью

Задание на лабораторную работу

Вертикальный вибратор расположен на высоте $h_1 = 10\lambda$ над идеальной проводящей поверхностью. Построить диаграмму направленности для этого случая в полярной системе координат. Построить диаграмму направленности для этого вибратора с помощью программного обеспечения MANNA. Сравнить вид расчетной диаграммы направленности и диаграммы направленности, полученной с помощью программы MANNA. Объяснить различие и наличие большого количества боковых лепестков.

Решение:

1. Строим полярную систему координат.
2. Производим расчет по формуле (3), определяя минимумы и максимумы диаграммы направленности.
3. Рисуем в полярной системе координат минимумы и максимумы диаграммы направленности.
4. Задаем параметры вертикального вибратора. Его пространственные координаты, высоту поднятия над Землей, вид проводящей поверхности. Строим с помощью программного

обеспечения диаграмму направленности и распечатываем на принтере.

5.Производим сравнение диаграмм направленностей, полученных расчетным путем и программным путем.

6.Производим объяснение наличия боковых лепестков.

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Имя Частота МГц в лямбдах

Проводов 1 Автоsegmentация: DM1 DM2 SC EC Не разрывать

No.	X1(m)	Y1(m)	Z1(m)	X2(m)	Y2(m)	Z2(m)	R(mm)	Seg.
1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.8	-1
след.								

Источников 1 Одинаковые источники Нагрузок 0 Включить нагрузки

No.	PULSE	Phase dg	Volt. V
1	w1e	0.0	1.0
след.			

No.	PULSE	Type	L(uH)	C(pF)	Q	F(MHz)
след.						

Геометрия Вид Вычисления Диаграмма направленности

Noname

Частота МГц

Земля

Свободное пространство

Идеальная

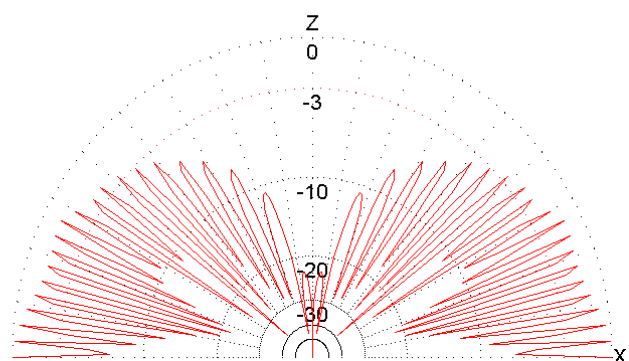
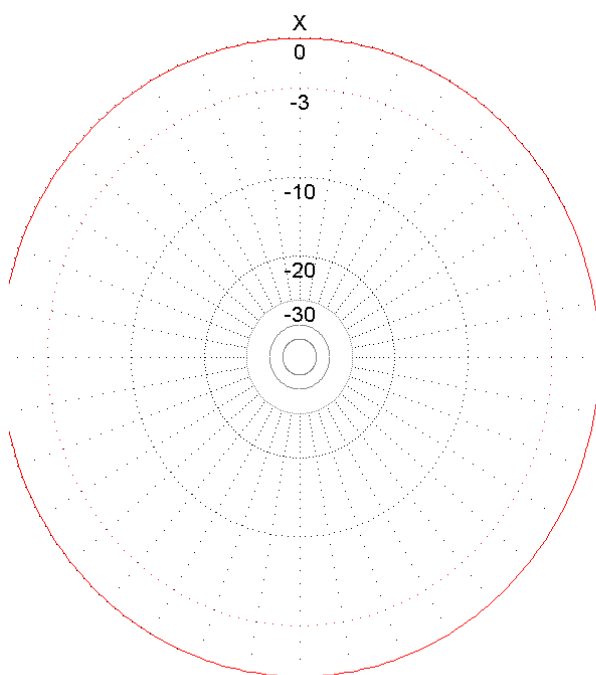
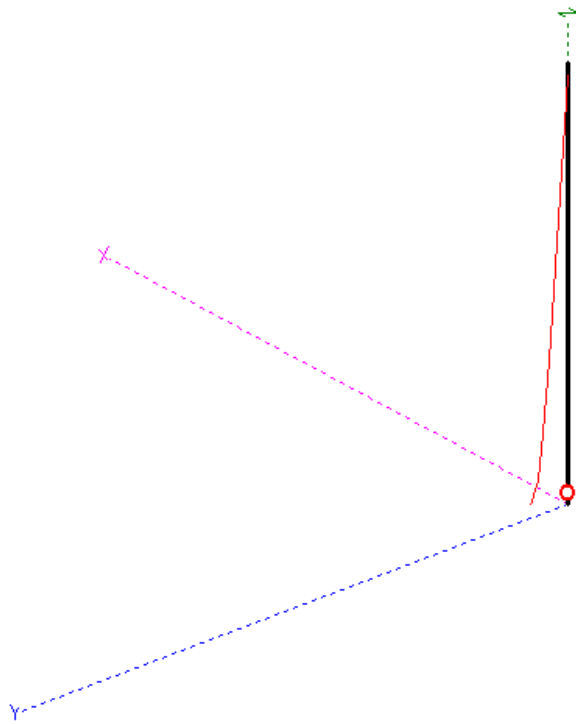
Реальная

Высота м

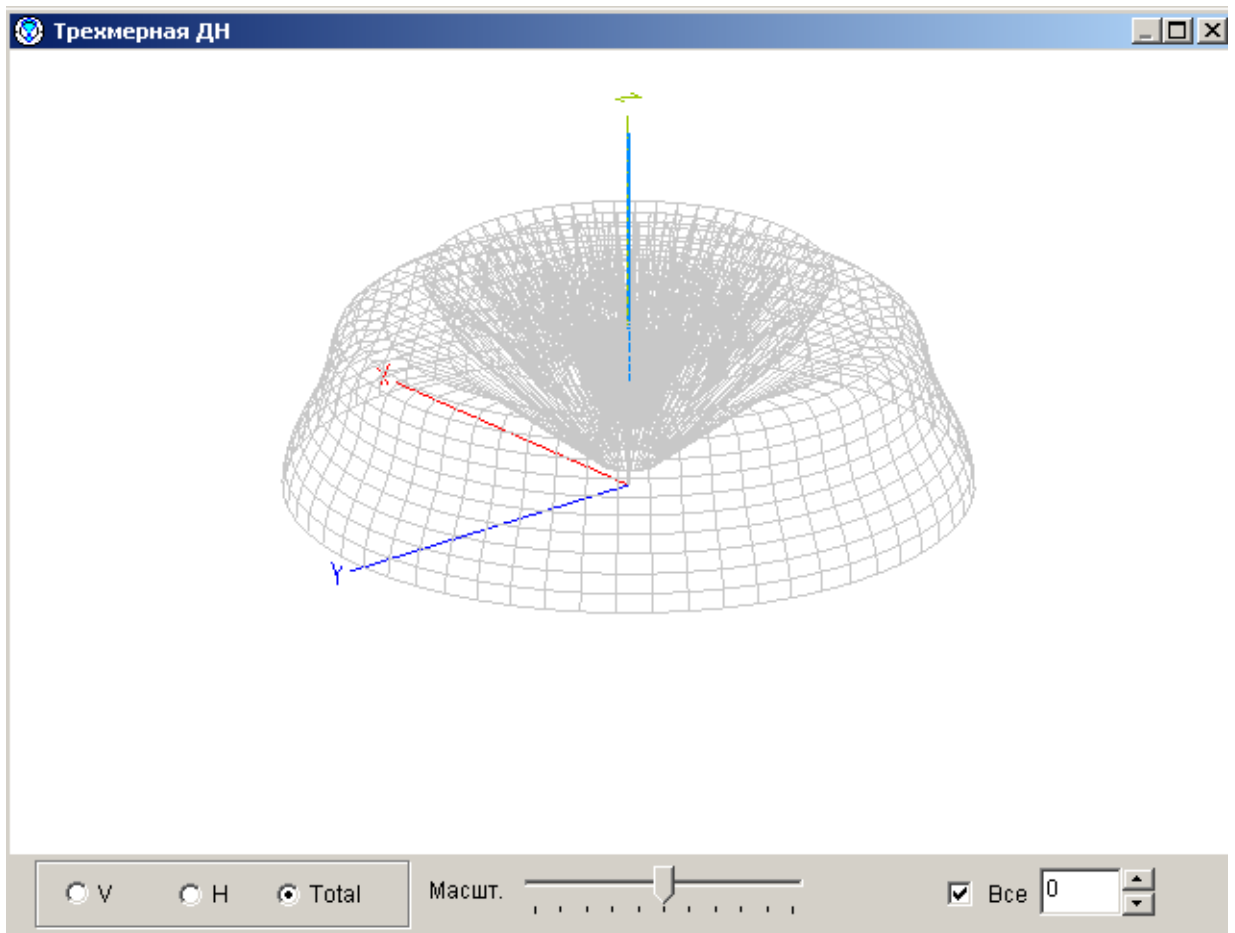
Материал

ДЛИНА ВОЛНЫ = 21.187 (m)
 ВСЕГО ТОЧЕК ДЛЯ РАСЧЕТА = 9
 НИЖНЯЯ ТОЧКА АНТЕННЫ = 210.000 M
 ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦ...
 РАСЧЕТ МАТРИЦ...
 ТОЧКА U (В) I (mA) Z (Ом) КСВ
 w1e 1.00+j0.00 0.00+j0.04 0.28-j26796.99 1999999.00
 РАСЧЕТ ТОКОВ...
 РАСЧЕТ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ...
 РАСЧЕТ АНТЕННЫ УСПЕШНО ЗАВЕРШЕН
 0.02 sec

No.	F (МГц)	R (Ом)	jX (Ом)	КСВ 50	Gh (dBd)	Ga (dBi)	F/B (dB)	Elev(гр)	Земля	Высота	Поляр.
1	14.15	0.277	-26796	1999999	---	7.92	---	---	Идеал.	210.0	верт.



Ga : 7.92 dBi = 0 dB (V поляризация)
 F/B: 0.00 dB; Тыл: Азим. 120 гр, Элевация 60 гр
 F: 14.150 МГц
 Z: 0.277 - j26796.994 Ом
 КСВ: 1999999.0 (50.0 Ом),
 Elev. гр.: 0.0 гр. (Идеал. земля. Высота = 210.00 м)



Варианты выполнения лабораторной работы выбираются по номеру в списке студентов

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
$\lambda=10\text{м}$	$\lambda=20\text{м}$	$\lambda=5\text{м}$	$\lambda=1\text{м}$	$\lambda=15\text{м}$	$\lambda=25\text{м}$	$\lambda=100\text{м}$	$\lambda=7\text{м}$	$\lambda=2\text{м}$	$\lambda=8\text{м}$

11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
$\lambda=9\text{м}$	$\lambda=12\text{м}$	$\lambda=50\text{м}$	$\lambda=17\text{м}$	$\lambda=4\text{м}$	$\lambda=150\text{м}$	$\lambda=120\text{м}$	$\lambda=110\text{м}$	$\lambda=32\text{м}$	$\lambda=11\text{м}$

21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.
$\lambda=31\text{м}$	$\lambda=35\text{м}$	$\lambda=14\text{м}$	$\lambda=45\text{м}$	$\lambda=10\text{м}$	$\lambda=28\text{м}$	$\lambda=3\text{м}$	$\lambda=0,1\text{м}$	$\lambda=19\text{м}$	$\lambda=250\text{м}$

31.	32.	33.	34.	35.	36.	37.	38.	39.	40.
$\lambda=10\text{м}$	$\lambda=15\text{м}$	$\lambda=20\text{м}$	$\lambda=25\text{м}$	$\lambda=30\text{м}$	$\lambda=40\text{м}$	$\lambda=45\text{м}$	$\lambda=50\text{м}$	$\lambda=55\text{м}$	$\lambda=60\text{м}$

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.А. Дюкотинова
« 21 » 05 (ЮЗГУ) 2019 г.



**ИЗМЕРЕНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ
ТУРНИКЕТНОЙ АНТЕННЫ**

Методические указания
по выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные
устройства»

Курск 2019

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: И. Е. Мухин

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор
кафедры космического приборостроения и систем связи

В.Г. Андронов

Измерение диаграммы направленности турникетной антенны: методические указания по выполнению лабораторной работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Е Мухин. - Курск, 2019. - 16 с.: ил. 4, табл. 1, прилож. 1. – Библиогр.: с. 16.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат краткие теоретические сведения о характеристиках антенно-фидерных устройств, способах их измерения, задания по выполнению работы, а также перечень вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Полученные знания в результате выполнения работы дают возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных телекоммуникационных системах.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства», а также для студентов других направлений подготовки в области информационных технологий в системе высшего образования.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.07.19*. Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,84. Тираж 100 экз. Заказ: *11* Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1 Цель работы

- изучение устройства системы турникетной антенны и измерение диаграммы направленности

2 Краткие теоретические сведения

2.1 Функциональная схема установки

В ходе выполнения лабораторных работ исследуется устройство турникетной антенны и производится измерение диаграммы направленности. Для этого собирается схема, в которой турникетные антенны являются передающими, симметричный вибратор является приемной антенной.

Функциональная схема макета с турникетной антенной приведена на рисунке 1. В ее состав входят следующие элементы.

1) Передающая турникетная антенна. Для создания однонаправленного излучения в антеннах используется плоский экран $\varepsilon 1$ в виде круглого диска. Каждая турникетная антенна подключается к внешним устройствам с помощью отрезков коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом.

2) Приемная антенна - симметричный вибратор $\nu 5, \nu 6$ с плоским экраном $\varepsilon 2$ в виде круглого диска для создания однонаправленного излучения. Эта антенна конструктивно связана с симметрирующим и согласующим устройством с короткозамыкателем $\kappa 3$, настраивается путем изменения размеров b и l и допускает вращение вокруг оси симметрии (угол φ на рис.1).

3) Две диэлектрические штанги $\delta \mu 1$ и $\delta \mu 2$, на которых крепятся приемная и передающая антенны.

4) Два поворотных устройства $\nu \mu 1$ и $\nu \mu 2$ для регулировки углового положения антенн в горизонтальной плоскости.

5) Отрезок коаксиального кабеля $\kappa \kappa 2$ с волновым сопротивлением 50 Ом, заканчивающегося разъемами типа CP50-164ФВ и CP50-163ФВ.

6) Волноводный тройник $m 2$.

7) Генератор высокой частоты ГВЧ типа Г4-144 на диапазон (500-1000)мГц, который служит для питания передающей антенны. Подключение его к антенне осуществляется с помощью коаксиального кабеля $\kappa \kappa 2$ с волновым сопротивлением 50 Ом.

8) Детекторная секция д для измерения уровня принимаемой мощности.

9) Регистратор для измерения и индикации тока детекторной секции.

10) Соединительный шнур *см1* соединяющий детекторную секцию и регистратор.

11) Соединительный шнур *см2*, по которому синхронизирующий сигнал от регистратора поступает на вход ГВЧ.

Все кабели снабжены соответствующими разъемами **СР50** (рисунок 1).

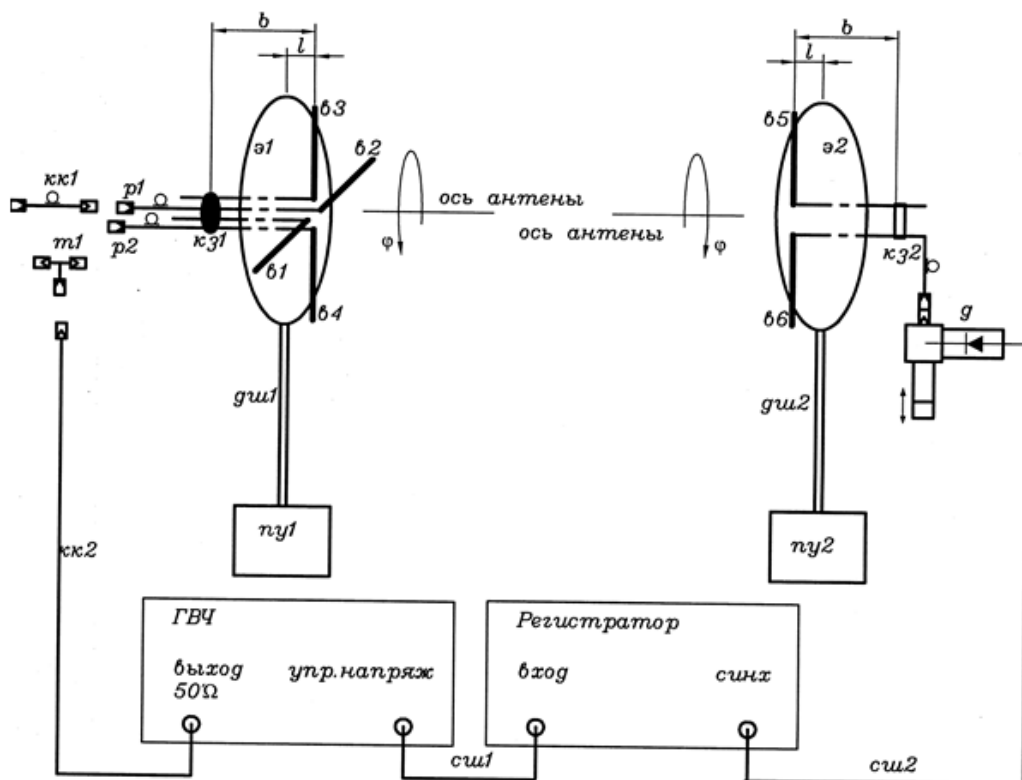


Рисунок 1 – Функциональная схема лабораторной установки

2.2 Назначение и органы управления регистратора

Для измерения уровня мощности электромагнитной волны, поступающей на приемную антенну, служит регистратор. Входным сигналом для него является ток детекторного диода, который расположен в детекторной секции. Значение этого тока пропорционально мощности электромагнитной волны, поступающей на приемную антенну.

На рисунке 2 изображена лицевая панель регистратора. Индикация принимаемого уровня мощности производится цифровым четырехразрядным индикатором. Его показания соответствуют напряжению на выходе усилителя тока детекторного диода. Поскольку детекторный диод работает без смещения, его вольт-амперная характеристика квадратична. Как следствие, показания индикатора пропорциональны уровню принимаемой мощности.

На лицевой панели расположен кнопочный переключатель переключения пределов измерения. Включение соответствующего предела производится простым нажатием соответствующей кнопки.



Рисунок 2 – Лицевая панель регистратора

Ток детекторного диода поступает на регистратор по соединительному кабелю, который подключается к блочному разъему СР-50 с надписью «вход». Второй блочный разъем СР-50 с надписью «синхр» служит для подключения модулирующего сигнала к генератору ВЧ. В качестве такого сигнала используется прямоугольный меандр с частотой 7кГц.

Включение регистратора производится тумблером «сеть» на лицевой панели. При включении загорается подсветка тумблера.

2.3 Назначение и органы управления генератора ВЧ

Генератор ВЧ служит для питания передающих антенн. На рисунке 3 изображена его лицевая панель. Включение генератора

осуществляется тумблером «СЕТЬ». При включении загорается контрольный светодиод, расположенный над этим тумблером.

Внимание. Включение генератора без подключенной к выходному разьему $50\ \Omega$ нагрузки может привести к его поломке.

В макете генератор используется в режиме внешней модуляции. Для обеспечения этого режима модулирующий сигнал от регистратора (гнездо «синхр») с помощью соединительного шнура (*см1*) подключается к гнезду «упр. напряж.» на лицевой панели генератора. При этом должна быть нажата одна из двух кнопок «внеш.» четырехпозиционного переключателя режима работы.

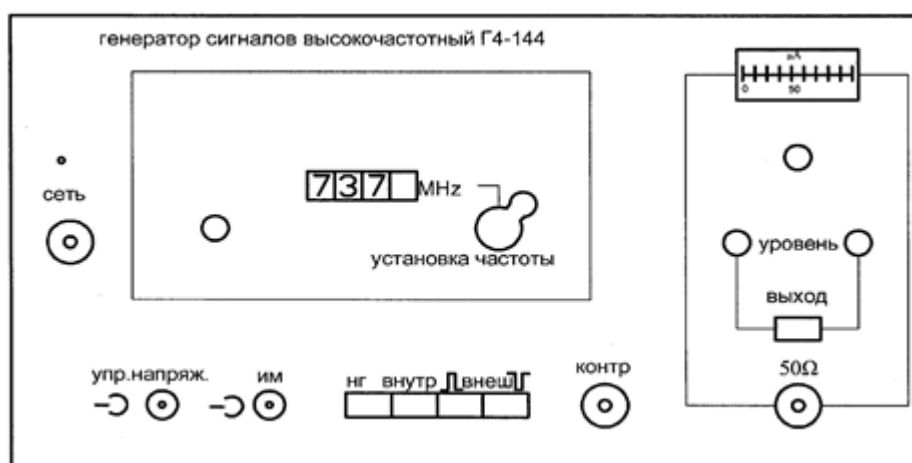


Рисунок 3 – Генератор сигналов высокой частоты

Коаксиальный кабель *кк2*, по которому электромагнитная волна поступает к антенне, подключается к разьему $50\ \Omega$. Над этим разьемом находится кнопочный переключатель «выход», который служит для временного отключения мощности СВЧ сигнала от выходного разьема. СВЧ сигнал поступает на разьем $50\ \Omega$ только при нажатой кнопке. Выше кнопочного переключателя расположены два потенциометра «уровень», служащие для регулировки плавно и грубо уровня мощности СВЧ. Над ними расположен стрелочный индикатор уровня СВЧ мощности с потенциометром регулировки его чувствительности.

В окне «установка частоты» расположена ручка механического регулятора и окно, в котором отображается текущее значение частоты. В правой части окна расположен потенциометр,

с помощью которого можно осуществить плавную подстройку частоты в небольших пределах.

Внимание. При наличии мощности на передающей антенне, о чем свидетельствует нажатая кнопка «ВЫХОД» на лицевой панели генератора, запрещается находиться перед передающей антенной. Все действия по изменению геометрии антенн и их настройке проводить только при отсутствии мощности на передающей антенне. Для выключения мощности следует отжать кнопку «ВЫХОД». Строго соблюдать правила электробезопасности. Все работы проводить только под руководством лаборанта или преподавателя!!!

3 Перечень ресурсов, необходимых для выполнения работы

- генератор высокочастотных сигналов (ГВЧ);
- регистратор;
- 2 типа антенно-фидерных устройств.

4 Задание на лабораторную работу

4.1 Измерение диаграммы направленности турникетной антенны

Симметричный вибратор используется в качестве приемной антенны. Необходимо измерить диаграмму направленности турникетной антенны.

Выполнить пункты 4.2.1 и 4.2.2

4.2 Проведение измерений при использовании в качестве передающей антенны турникетной

4.2.1 Проверка необходимых соединений

Проверить наличие следующих соединений:

- коаксиальный разъем «упр. напряж.» на лицевой панели генератора должен быть соединен соединительным шнуром *сш1* с гнездом «синх» на лицевой панели регистратора;
- кабель приемного симметричного вибратора должен быть подключен ко входу детекторной секции *д*;

- разъем детекторного диода на детекторной секции д должен быть соединен соединительным шнуром *см2* с гнездом «ВХОД» на лицевой панели регистратора;

- выходной разъем генератора 50Ω соединен с коаксиальным кабелем *кк2*;

- противоположный разъем кабеля *кк2* должен быть подключен:

- либо к одному из разъемов симметричных вибраторов, образующих турникетную антенну. В этом случае выбранный симметричный вибратор исследуется как самостоятельная антенна;

- либо к коаксиальному тройнику *т2*. В этом случае к этому же тройнику должны быть подключены и кабели обоих симметричных вибраторов, образующих турникетную антенну. По указанию преподавателя в разрыв между одним из антенных кабелей и тройником может быть вставлена коаксиальная вставка *кк1*. В этом случае исследуется турникетная антенна.

Ниже описаны операции, выполняемые при исследовании турникетной антенны. Исследование одиночного симметричного вибратора выполняется аналогично.

4.2.2 Предварительная юстировка установки

1. По заданному значению частоты F рассчитать длины плеч вибраторов L :

$$L = c / 4F .$$

Длину плеча вибратора отсчитывать от основания 3 (рисунок 4). К измеренному значению L_1 следует прибавить длину скрытого в основании участка и вычесть толщину декоративного колпачка.

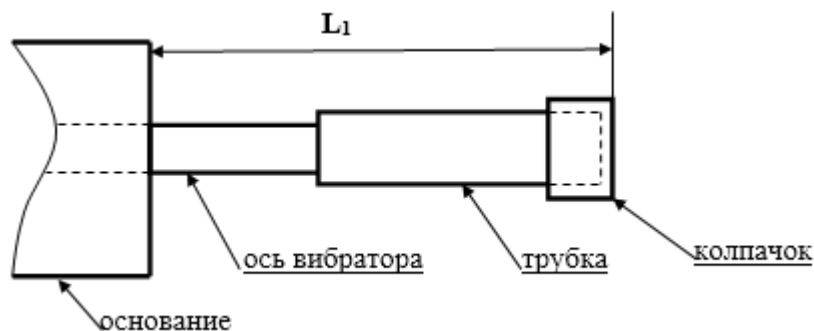


Рисунок 4 – Схема плеча симметричного вибратора

2. Полная длина плеча вибратора определяется соотношением $L=L_1+22$ (mm).

3. Перемещая по резьбе на оси вибраторов их плечи (рисунок 4), установить необходимое значение длины L .

4. Установить заданные преподавателем углы поворота правой и левой спирали ψ_1 и ψ_2 по шкале на экране.

5. Установить приемную и передающую антенны, приближенно ориентируя их направлениями главного максимума диаграммы направленности друг на друга.

6. Включить питание регистратора и генератора тумблерами «сеть» на их лицевых панелях. При включении загорается подсветка тумблера регистратора и загорается контрольный светодиод генератора.

7. Установить с помощью органов управления генератора «установка частоты» заданную преподавателем частоту.

8. С помощью кнопочного переключателя пределов измерения на лицевой панели регистратора добиться заметных показаний на его цифровом табло. Включение предела производится простым нажатием соответствующей кнопки.

9. В данном случае система двух спиральных излучателей обеспечивает поляризацию электромагнитной волны, близкую к линейной. Направление вектора напряженности электрического поля зависит от взаимной ориентации спиралей. Поэтому необходимо произвести подстройку ориентации приемного симметричного вибратора. Для этого его необходимо вращать вокруг оси, добиваясь максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

10. Произвести подстройку детектора, расположенного на экране приемной антенны с противоположной стороны. Для этого необходимо придерживая поршень 12 вращать регулировочную гайку 14 (рисунок 4). Добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

11. Осторожно перемещая симметричный вибратор в продольном направлении и меняя расстояние между ним и экраном (размер l на рисунке 4) добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

12. После этого ослабить крепление короткозамыкателя 12 на приемной антенне и перемещая его вдоль двухпроводной линии узла симметрирования и согласования (изменяя размер b на

рисунке 4) вновь добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

13. Вращая попеременно приемную и передающую антенны с помощью поворотного устройства добиваться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

14. Изменяя в небольших пределах частоту генератора с помощью ручки «точно» на его лицевой панели добиться максимальных показаний на цифровом табло регистратора.

15. Повторяя операции, предусмотренные в пунктах 7-12 добиться максимально возможных показаний на цифровом табло регистратора.

16. При необходимости по указанию преподавателя изменить угол наклона приемной и передающей антенны в вертикальной плоскости. Для этого необходимо ослабить винты 5 (рисунке 4) и повернуть антенну в вертикальной плоскости на нужный угол. Настройка ведется по максимальным показаниям на шкале регистратора.

17. Установить отсчет $0,0^0$ на шкалах поворотных устройств. Для этого:

- ослабить фиксирующие винты (14) крепления узла опоры (13) со штангой (12) и антенной;

- ослабить фиксирующие винты (6) колец (5);

- удерживая узел опоры, повернуть основание с угловой шкалой (3) в положение, соответствующее отсчету угла 0^0 ;

- установить один из микрометрических винтов (8) в положение, соответствующее $0,0^0$ (см. пункт описание поворотного устройства) и затянуть соответствующий фиксирующий винт(6). Второй винт не затягивать.

- повернуть антенну с электрической штангой (12) и опорой (11) относительно неподвижного основания с угловой шкалой (3), добившись максимальных показаний на шкале регистратора;

- зафиксировать винты (14) крепления узла опоры (13) со штангой (12) и антенной.

18. При необходимости произвести коррекцию положения антенн, повторяя описанные выше операции.

4.3 Измерение диаграммы направленности турникетной антенны

Турникетная антенна используется в качестве передающей.

Выполнить пункты 4.2.1 и 4.2.2. После этого снять диаграмму направленности передающей турникетной антенны в горизонтальной плоскости (от угла θ на рис. 1). Для этого выполнить следующие операции.

1. Отметить отсчет на цифровом табло регистратора q_{\max} , соответствующий нулевому значению угла поворота антенны. В результате проведенной предварительной юстировки он соответствует главному максимуму диаграммы направленности исследуемой антенны и прямо пропорционален мощности, которая поступает от приемной антенны.

2. Ослабить фиксирующие винты (6) колец (5) на поворотном устройстве исследуемой антенны. Поворачивать вручную антенну с помощью поворотного устройства по часовой стрелке до тех пор, пока отсчет на цифровом табло регистратора не уменьшится в два раза.

3. Отметить значение угла поворота антенны. Этот угол определяет ширину диаграммы направленности исследуемой антенны $\theta_{0.5}$.

4. Повернуть антенну в положение, соответствующее нулевому отсчету угла (максимальные показания регистратора).

5. Измерить ненормированную диаграмму направленности исследуемой антенны. Для этого снять зависимость отсчета на цифровом табло регистратора q от угла поворота антенны θ . Угол изменять с постоянным шагом, выбрав его так, чтобы в пределах ширины диаграммы направленности уложилось не менее 5 отсчетных точек. Измерения проводить меняя угол от 0 до 90 градусов и вращая антенну по часовой стрелке. Результаты измерений занести в таблицу 3.

6. Повторить измерения ненормированной диаграммы направленности антенны в соответствии с пунктом 5, вращая ее против часовой стрелки. Такому повороту соответствует отрицательное значение угла поворота (таблица 1).

Таблица 1. Диаграмма направленности турникетной антенны в горизонтальной плоскости

θ (град.)	0	θ_1		0		$-\theta_1$
Q						
q_{\max}						
$q_n = q / q_{\max}$						

7. После проведения всех измерений произвести нормировку диаграммы направленности. Для этого определить нормированное значение мощности на выходе исследуемой антенны q_n по формуле:

$$q_n = q / q_{\max}.$$

8. Построить нормированную диаграмму направленности.

5 Требования к оформлению отчёта по выполнению лабораторной работы

Отчёт должен быть оформлен с помощью редактора MS Word, версии 97 и выше (.doc, .rtf).

Параметры страницы:

- верхнее поле- 2 см;
- нижнее поле- 2 см;
- левое поле- 3 см;
- правое поле- 1 см;
- переплет- 0 см;
- размер бумаги А4;
- различать колонтитулы первой страницы.

Шрифт текста Times New Roman, 14 пунктов, через 1,5 интервала, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1,5 см. Номер страницы внизу, по центру, 14 пунктов.

Несложные формулы должны быть набраны с клавиатуры и с использованием команды «Вставка→Символ». Сложные формулы должны быть набраны в редакторе MathType 6.0 Equation.

Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- название предмета, номер и название лабораторной работы;
- фамилию и инициалы автора, номер группы;
- фамилию и инициалы преподавателя;
- цель работы;
- перечень используемого оборудования;

- последовательность действий проведения исследований;
- вывод о проделанной работе;
- дату выполнения и личную подпись.

Результаты различных измерений необходимо представить в виде нескольких самостоятельных таблиц и графиков. Каждая таблица и каждый график должны иметь свой заголовок и исходные данные эксперимента.

При выполнении численных расчетов надо записать формулу определяемой величины, сделать соответствующую численную подстановку и произвести вычисления.

Пример оформления отчёта представлен в приложении 1.

6 Список вопросов для самоконтроля

- 1) Что такое апертурные антенны.
- 2) Дайте классификацию видов антенн.
- 3) Какие виды антенн могут обеспечить самые узкие диаграммы направленности?
- 4) В каком случае невозможно излучение фидера. Почему?
- 5) В каком случае возможно излучение фидера?
- 6) Возможные меры по снижению уровня боковых лепестков.
- 7) Чем вреден повышенный уровень боковых лепестков.
- 8) Что такое антенный фактор?

7 Список использованных источников

1) Ерохин Г.А., Чернышев О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Г. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. Под. ред. Ерохина Г.А. – 2-е изд. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 491 с.

2) Нефедов Е.И. Распространение радиоволн и антенно – фидерные устройства. Под. ред. Нефедова Е.И. – изд. – Академия.: 2010. – 320 с.

3) Бушуй Л.А. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Методические указания по изучению теоретического курса раздела «Распространение радиоволн». - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 41 с.

Приложение 1
Пример оформления отчёта по лабораторной работе
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

Отчёт по выполнению лабораторной работы
по курсу «Радиопередающие и радиоприёмные устройства»
на тему «Изучение принципа работы супергетеродинного приёмника»

Выполнил:

студент группы ИТ-116

Иванов И.И.

«__» _____ 2012

(подпись)

Проверил:

д.т.н., профессор кафедры

Петров П.П.

«__» _____ 2012

(подпись)

1 Цель работы

Ознакомиться ...

2 Структурная схема макета и перечень используемого оборудования

Структурная схема лабораторного макета для проведения исследований спектров сигналов представлена на рисунке 2.1.

Рисунок 2.1 – Структурная схема лабораторного макета

Перечень используемого оборудования:

- лабораторный стенд «Радиоприёмные устройства» (1 к-т);
- сменный блок «Изучение принципа работы супергетеродинного радиоприёмника АМ сигналов» (1 к-т);
- осциллограф типа С1-96 (1 к-т);
- милливольтметр переменного напряжения типа ДТ-820В (1 к-т).

3 Последовательность проведения и результаты лабораторных исследований

3.1 Снятие амплитудно-частотной характеристики входной цепи

Результаты снятия зависимости напряжения на выходе входной цепи от частоты генератора, при фиксированном напряжении на входе, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – АЧХ входной цепи

Частота генератора, кГц				
Напряжение на выходе входной цепи $U_{\text{ВЫХ}}$, мВ при $U_{\text{ВХ}} = 500$ мВ				

Продолжение таблицы 1

Нормированное напряжение на выходе входной цепи, $U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВЫХ.МАКС}}$.				
---	--	--	--	--

4 Ответы на контрольные вопросы

Вопрос №1. Какие основные функции радиоприёмных устройств?

Ответ:

Вопрос №2. Перечислите основные электрические характеристики радиоприемников.

Ответ:

5 Вывод о проделанной работе

В ходе выполнения лабораторной работы ознакомился с ...

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

О.Г. Доктионова
« 21 » 05 2019



ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИММЕТРИЧНОГО ВИБРАТОРА

Методические указания
по выполнению лабораторной работы
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»
по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные
устройства»

Курск 2019

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: И. Е. Мухин

Рецензент:

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор
кафедры космического приборостроения и систем связи

В.Г. Андронов

Исследование характеристик симметричного вибратора:
методические указания по выполнению лабораторной работы /
Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Е Мухин. - Курск, 2019. - 12 с.: ил. 7,
табл. 4. – Библиогр.: с. 12.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат краткие теоретические сведения о характеристиках антенно-фидерных устройств, способах их измерения, задания по выполнению работы, а также перечень вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Полученные знания в результате выполнения работы дают возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных телекоммуникационных системах.

Методические указания соответствуют требованиям рабочей программы дисциплины «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства», и учебного плана по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства», а также для студентов других направлений подготовки в области инфокоммуникационных технологий в системе высшего образования.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *21.08.19* . Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 0,6975. Уч.-изд. л. 0,63. Тираж 100 экз. Заказ. *16* Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1 Цель работы:

- изучить свойства симметричного вибратора, освоить основы проектирования антенн для работы на разных частотах с помощью соответствующего программного обеспечения.

Симметричный вибратор

Простейшая телевизионная антенна – разрезной полуволновой вибратор – рис. 1. Активная часть антенны образована двумя металлическими трубками диаметром 15...20 мм. Плечи вибратора крепятся к горизонтальной перекладине, которая установлена на вершине мачты. Мачта может быть металлической или деревянной, но перекладина обязательно должна быть из изоляционного материала.

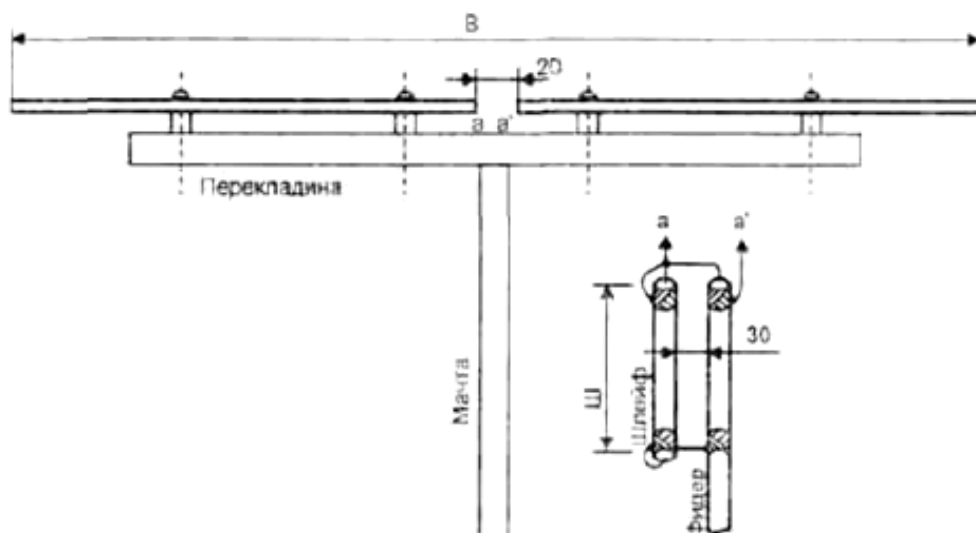


Рис. 1 – Разрезной полуволновой вибратор и симметрирующее устройство

Входное сопротивление полуволнового вибратора составляет 73 Ом и хорошо согласуется с коаксиальным кабелем, имеющим волновое сопротивление 75 Ом. Однако для подключения коаксиального кабеля к антенне симметричной конструкции необходимо установить симметрирующее устройство. Наиболее часто в качестве такого симметрирующего устройства, которое не изменяет величину входного сопротивления антенны, используют устройство, называемое U-коленом – рис. 2. U-колено образовано двумя отрезками 75-омного коаксиального кабеля.

Длина волны в кабеле $\lambda_{\text{к}}$ в 1,52 раза меньше λ – в свободном пространстве. Длина короткого отрезка $l_{\text{б}} = \lambda_{\text{к}}/4$, а длинного – $l_{\text{а}} = 3\lambda_{\text{к}}/4$. К точке их соединения подключается фидер, также выполненный из 75-омного кабеля. Короткий отрезок б вместе с верхней частью длинного отрезка а такой же длины образуют двухпроводную линию с волновым сопротивлением 150 Ом и трансформируют входное сопротивление антенны с 75 до 300 Ом. Оставшаяся часть отрезка а образует полуволновую петлю, которая, снижает сопротивление 300 Ом в 4 раза, до 75 Ом. К антенне U-колена подключается в точках а и а'. В таблице 1 даны значения длины полуволнового вибратора L для любого из 12 метровых каналов при двух значениях диаметра провода: $d = 1$ мм и $d = 4$ мм, а также размеры отрезков U-колена.

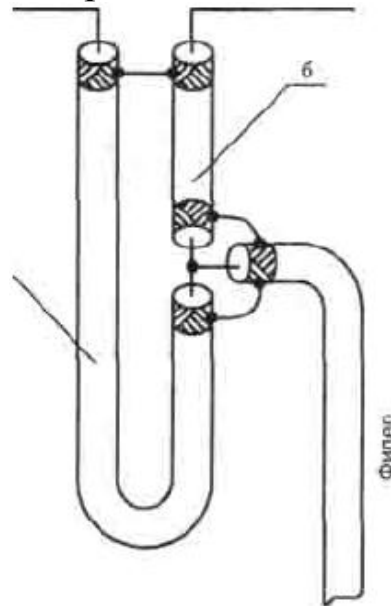


Рис. 2 – Симметрирующее U-колено: а – длинный отрезок длиной $3\lambda_{\text{к}}/4$; б – короткий отрезок длиной $\lambda_{\text{к}}/4$

Таблица 1 Размеры проволочного полуволнового вибратора

Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d = 1$ мм; L, мм	276 4	234 1	181 5	165 0	151 3	81 6	78 1	74 9	72 0	69 2	66 6	64 3
$d = 4$ мм; L, мм	257 6	233 4	180 9	164 5	150 9	81 4	77 9	74 7	71 7	68 9	66 3	64 0
$l_{\text{а}},$ мм	279	237	184	167	153	82	79	76	73	70	67	65

	8	2	0	4	5	9	4	1	1	3	7	4
l_6 , мм	933	791	613	558	512	276	265	254	244	234	226	21

Диаграмма направленности полуволнового вибратора в горизонтальной плоскости имеет два одинаковых лепестка – рис. 3, с нулевым приемом в направлениях вдоль оси вибратора.

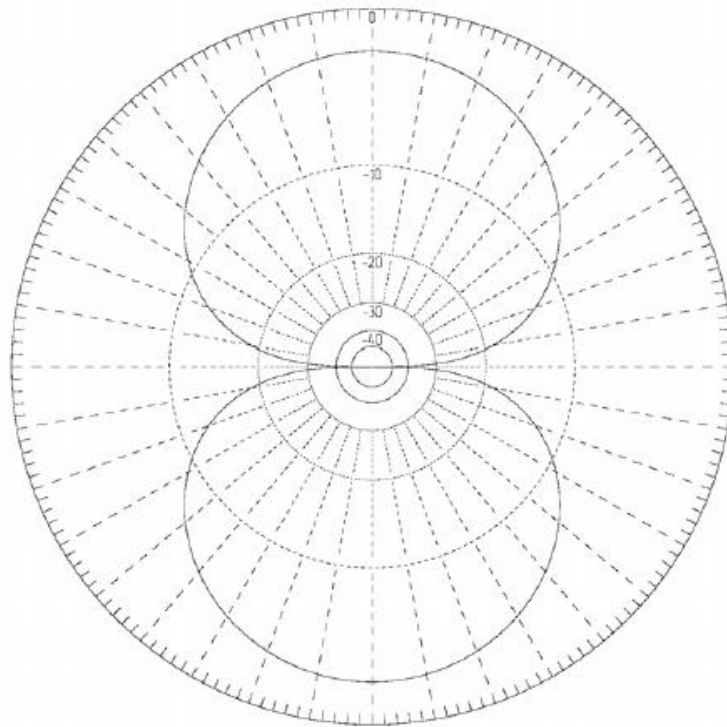


Рис. 3 – Диаграмма направленности полуволнового вибратора

Ширина диаграммы по половинной мощности (по напряжению на уровне $0,707$; 3 дБ) составляет 80° . Диаграмма достаточно широка, и поворот антенны относительно направления на передающую антенну в пределах до 20° в обе стороны мало влияет на уровень принятого сигнала. Диаграмма направленности в вертикальной плоскости – окружность, в вертикальной плоскости антенна оказывается ненаправленной.

Расчет длины вибратора производится аналогично расчету проволочной антенны с учетом коэффициента укорочения D , приведенного в табл. 2. Размер перекладины, расстояние между ней и вибратором, а также расстояние между втулками выбираются произвольно.

Таблица 2 - Размеры антенны Разрезной полуволновой вибратор.

Каналы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$d = 16$ мм; B , мм	2685	2273	1762	1599	1465	785	751	720	691	664	640	617
$d = 30$ мм; B , мм;	2668	2261	1747	1587	1454	776	742	711	682	655	630	607
$Ш$ мм	1418	1202	932	848	778	420	402	386	370	356	343	331

Петлевой вибратор

Оба плеча петлевого вибратора выполнены в виде короткозамкнутых шлейфов длиной каждого приблизительно равной $1/4$ длины волны. Таким образом, полная длина петлевого вибратора, как и разрезного, составляет около половины длины волны. Середина верхней неразрезанной части вибратора является точкой нулевого потенциала, что позволяет в этой точке крепить вибратор к металлической мачте без изоляции любым способом: сваркой, заклепками или винтовым соединением. Петлевой вибратор выполняется из тех же материалов, которые рекомендовались для разрезного вибратора. Радиус закругления концов петлевого вибратора не имеет значения. Можно даже соединить верхнюю и нижние трубки по краям перпендикулярными им металлическими перемычками. В точках питания концы трубок нужно сплющить. При расчете длины петлевого вибратора для определения коэффициента его укорочения вместо диаметра трубок вибратора берется среднее геометрическое между наружным диаметром трубки и расстоянием между осями верхней и нижней трубок, то есть корень квадратный из их произведения. Поэтому петлевой вибратор обычно короче разрезного.

Входное сопротивление петлевого вибратора составляет 292 Ом – считается приблизительно равным 300 Ом. Для подключения к петлевому вибратору 75-омного коаксиального кабеля необходимо установить симметрирующее-согласующее устройство (ССУ) в виде полуволновой петли – рис. 4. Полуволновая петля уменьшает входное сопротивление антенны в 4 раза. Входное сопротивление каждой половины петлевого вибратора между точкой питания и точкой нулевого потенциала составляет 146 Ом, и эти сопротивления соединены последовательно, образуя 292 Ом. Полуволновая петля, не изменяя сопротивление

одной половины вибратора, изменяет фазу сигнала на 180° –
 в точке подключения фидера сопротивление половин вибратора соедин
 ены параллельно, образуя 73
 Ома. При расчете полуволновой петли необходимо помнить, что ее
 длина должна быть равна половине
 средней длины волны сигнала в кабеле, то есть в 1,52
 раз меньше половины средней длины волны в свободном пространстве.
 В табл.

3 приводится длина петлевого вибратора V , выполненного из трубки диа
 метром 20 мм при расстоянии между осями трубок 80 мм, а
 также длина петли Π в развернутом виде для любого метрового
 канала.

Таблица 3 Размеры антенны "Полуволновой петлевой вибратор"

Каналы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V , мм	2659	2252	1740	1579	1443	770	735	704	676	648	625	602
Π , мм	1865	1581	1227	1116	1023	553	529	508	488	469	452	436

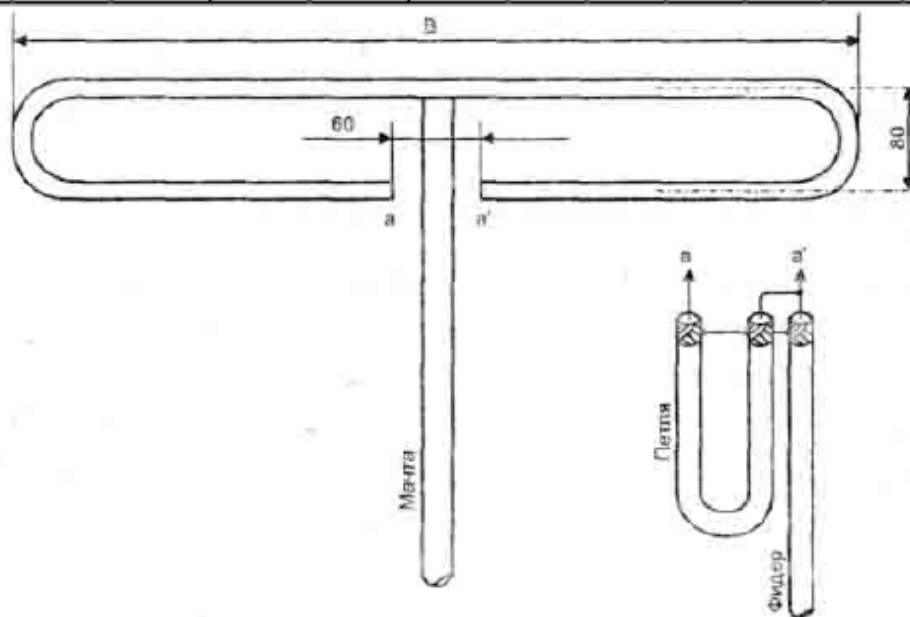


Рис. 4 – Петлевой вибратор

Входное сопротивление петлевого полуволнового вибратора составл
 яет 292 Ома только в том случае, если он полностью выполнен
 из трубок одинакового диаметра; в противном случае входное
 сопротивление петлевого вибратора может значительно отличаться от 2
 92 Ом. Это свойство петлевого вибратора используется для согласовани
 я с фидером многоэлементных антенн.

Иногда требуется получить значительно большее или значительно меньшее входное сопротивление петлевого вибратора, чем это позволяет использование трубок различного диаметра – либо нижняя трубка должна быть очень тонкой, либо верхняя очень толстой. В этом случае предлагается изготовить тройной вибратор, состоящий из одной разрезанной трубки с диаметром d_1 и двух неразрезанных трубок с диаметром d_2 каждая.

Иногда при изготовлении петлевых вибраторов требуется трубка такого большого диаметра, что ее масса оказывается чрезмерной. В этом случае можно использовать вместо толстой трубки несколько проводов, равномерно расположенных по образующей цилиндра и припаянных жестким металлическим кольцам. Такой вибратор, показанный на рис. 5, впервые был предложен С. И. Надененко и известен под названием диполя Надененко. Аналогично можно выполнить верхнюю часть петлевого вибратора. Диаметр такого проволочного аналога трубки при определении коэффициента входного сопротивления антенны является расстоянием между противоположными проводами диполя Надененко.

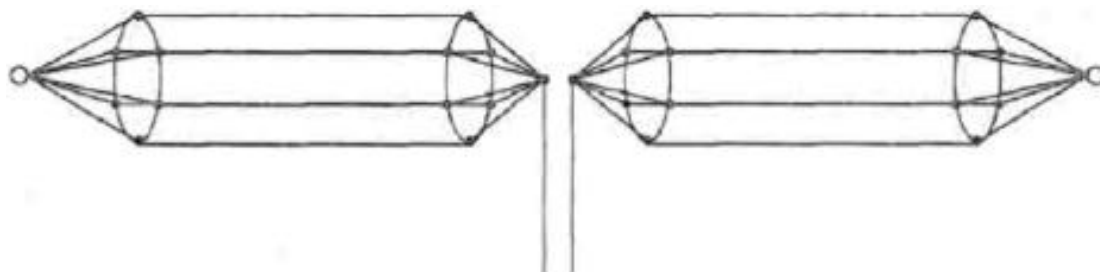


Рис. 5 – Диполь Надененко

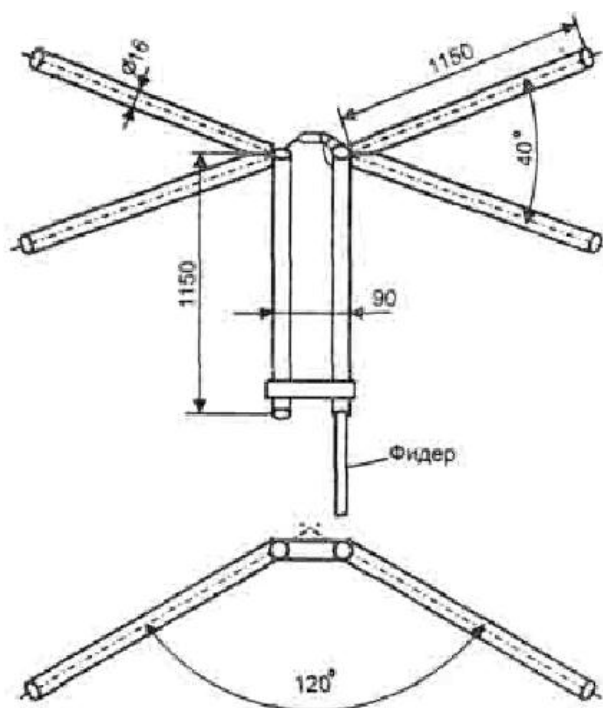


Рис. 6. Антенна ТАИ-12

Основной недостаток полуволнового разрезного или петлевого вибраторов — невозможность их использовать для приема нескольких программ по разным частотным каналам. Такая задача может быть решена с помощью широкополосной 12-канальной антенны ТАИ-12 (Телевизионная антенна индивидуальная) — рис. 6. Она использует веерный вибратор с симметрирующим короткозамкнутым мостиком. Плечи веерного вибратора образованы парами металлических трубок, расположенными одна относительно другой под углом 40° . Длина трубок выбрана исходя из средней длины волны I...III диапазонов. Если бы оба плеча веерного вибратора располагались в одной плоскости, диаграмма направленности антенны имела бы вид восьмерки, как у полуволнового вибратора, и принимала бы сигналы с обоих противоположных направлений, перпендикулярных плоскости антенны.

Из-за того, что длина обоих плеч веерного вибратора на 6...12-ом канале превышает длину волны, произошло бы раздвоение главного лепестка диаграммы с образованием боковых лепестков и с ослаблением приема главного направления. Во избежание этих явлений плечи веерного вибратора повернуты по направлению к передатчику на угол 30° . В результате раздваивается задний лепесток диаграммы на пра

вленности и ослабляется прием с заднего направления. Вместе с тем накладываются один на другой раздвоенные части главного лепестка диаграммы, и его максимум совпадает с главным направлением приема.

Длина симметрирующего короткозамкнутого мостика составляет примерно $1/4$ длины волны в диапазоне 1...5-го каналов и $3/4$ длины волны в диапазоне 6...12-го каналов. Поэтому во всем рабочем

диапазоне частот его сопротивление достаточно велико. К фидеру из 75-омного коаксиального кабеля для улучшения согласования подключается отрезок 92-омного коаксиального кабеля длиной 700 мм (оплетка – соплеткой, центральная жила — с центральной жилой) и этим отрезком заводится внутрь одной из трубок мостика. Здесь оплетка отрезка припаивается к этой же трубке, а центральная жила — к противоположной. Трубки мостика в нижней части замыкаются перемычкой, передвигая которую добиваются наилучшего приема. На 1...5-Ом каналах веерный вибратор обладает усилением 0 дБ, а на 6... 12-Ом каналах – около 1,5 дБ.

При изготовлении антенны можно использовать металлическую трубку с наружным диаметром 15...20 мм, крепить антенну к металлической мачте хомутиками за трубку мостика, внутри которой проходит фидер, причем мачта не должна располагаться между трубками мостика. Использовать отрезок 92-омного кабеля не обязательно.

Один из недостатков антенны ТАИ-12 – недостаточно подавленный прием с заднего направления, так как КЗД этой антенны на разных диапазонах лежит в пределах 2...5 дБ. Поэтому была разработана и выпускается промышленностью 12-канальная антенна ИТА-

12 (Индивидуальная телевизионная антенна), внешний вид которой и ее геометрические размеры показаны на рис. 7.

Она содержит два одинаковых согнутых под углом 120° вибратора, разнесенных вдоль линии направления на телецентр. Приемные вибраторы сигнала с главного направления складываются, а с противоположного —

вычитаются. Симметрирование соединительных кабелей у вибраторов осуществляется с помощью устройств на ферритовых кольцах, а сложение

с помощью направленного ответвителя, размещенного в центральной

коробке. Коэффициент усиления антенны ИТА-12 примерно такой же, как у ТАИ-12, но КЗД значительно больше и находится в пределах 8...14 дБ.

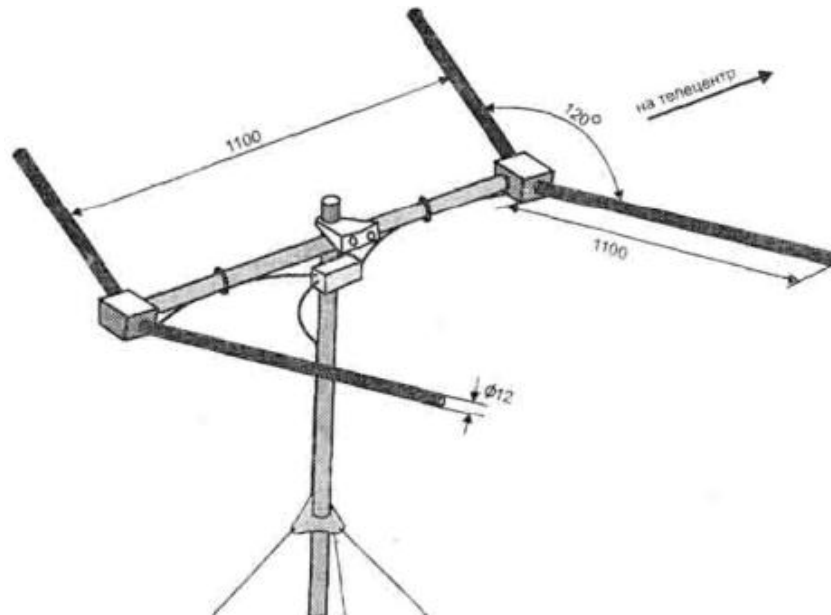


Рис. 7 – Антенна ИТА-12

Порядок выполнения работы

1. Выберите геометрические размеры антенны, соответствующие варианту.
2. По размерам постройте модель проволочного вибратора в программе «ММАНА».
3. По размерам постройте модель разрезного полуволнового вибратора в программе «ММАНА».
4. По размерам постройте модель Петлевого полуволнового вибратора в программе «ММАНА».
5. По размерам постройте модель антенны ТАИ-12 в программе «ММАНА».
6. По размерам постройте модель антенны ИТА-12 в программе «ММАНА».
7. Рассчитайте основные параметры (входное сопротивление, усиление, отношение излучений «вперед/назад»), диаграмму направленности в выбранной полосе частот.
8. Постройте, используя IVMAN графики частотных характеристик.

9. Постройте, используя трехмерный вид диаграммы направленности.

IVMAN,

Контрольные вопросы

10. Дайте определение антенны «симметричный вибратор»

11. Перечислите основные достоинства и недостатки симметричного вибратора.

12. Перечислите основные типы симметричных вибраторов. Дайте описание конструкции каждого из них.

13. Какие функции выполняет симметрирующее колено?

14. В чем заключается основной недостаток полуволнового разрезного или петлевого вибраторов? Каким образом он решается.