Некоммерческое акционерное общество

АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Кафедра телекоммуникационные системы связи

ТЕОРИЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН И АНТЕННО – ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Методические указания по лабораторным работам для студентов всех форм обучения специальности 5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Алматы 2019

СОСТАВИТЕЛИ: В.В. Артюхин, Р.Т. Сафин. Теория передачи электромагнитных волн и антенно – фидерные устройства. Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов специальности 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации, всех форм обучения. - Алматы: АУЭС, 2019. - 24 с.

Методические указания содержат указания по подготовке и проведению лабораторных работ, в них приведены описания каждой лабораторной работы, экспериментальных установок, дана методика проведения и обработки опытных данных, перечень рекомендуемой литературы и контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов специальности 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации, всех форм обучения.

Рецензент: к.т.н.- доцент каф. СИБ Сатимова Е.Г.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский институт энергетики и связи» на 2019 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2019 г.

Введение

Методические указания для выполнения лабораторных работ разделены на две части. Первая часть состоит из четырёх лабораторных работ по тематике ТПЭмВ. Вторая часть лабораторных работ в количестве семи работ посвящена АФУ.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по курсу «Теория передачи электромагнитных волн» студентами, всех форм обучения специальности 5В071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Данные указания необходимо выполнять для правильного и наиболее полного выполнения задания лабораторных исследований особенностей передачи электромагнитных волн в линиях связи, режимов в линиях и вопросов согласования.

В настоящий сборник включены лабораторные работы, целью которых является изучение конструкции некоторых видов линий связи и особенностей передачи по ним электромагнитных волн, освоение методики определения основных характеристик и параметров электромагнитного поля в линиях. Материал по каждой лабораторной работе включает цель, краткое описание лабораторной установки, задание для самостоятельной подготовки, указания для выполнения работы, содержание отчета и контрольные вопросы.

Продолжительность каждого лабораторного занятия 4 часа.

Лабораторные работы рекомендуется выполнять бригадами в составе не более 3-4-х человек. Описание выполняемой работы должно быть предварительно изучено с привлечением теоретического материала из лекционного курса или соответствующей литературы. Преподаватель, проводящий занятие, проверяет подготовленность студента и допускает его к выполнению работы.

Везде в описаниях, где у переменных величин встречается знак *, предполагается, что необходимые для расчетов и выполнения работ параметры выдаются преподавателем, ведущим занятия.

Все отчеты по лабораторным работам выполняются на отдельных листах бумаги индивидуально каждым студентом. Графики строятся на миллиметровой бумаге с указанием масштаба и размерности по осям или с использованием возможностей компьютерной техники. В конце отчета должны быть приведены краткие выводы о проделанной работе, в которых необходимо дать оценку полученным результатам, их соответствие теоретическим.

Перед началом лабораторных работ студенты должны прослушать инструктаж по технике безопасности.

ВНИМАНИЕ!!! При присоединении и отсоединении элементов от генератора необходимо его выключить. Генератор включать только на период проведения измерений. Этого требуют правила техники безопасности.

1 Лабораторная работа № 1. Исследование дисперсионных свойств радиоволновода

Цель работы: исследование дисперсионных свойств радиоволновода; изучение устройства волноводной измерительной линии; получение навыков работы с измерительным оборудованием.

1.1 Описание лабораторной установки

На рисунке 1.1 представлена структурная схема лабораторной установки, предназначенной для исследования дисперсионных свойств радиоволновода прямоугольного сечения.

В состав установки входят: высокочастотный генератор (1), волноводный переходник (2), измерительная волноводная линия (3), измерительное устройство (4), переменная реактивная нагрузка (5). Высокочастотный генератор предназначен для возбуждения колебаний в сантиметровом диапазоне длин волн. В качестве исследуемого отрезка волновода применяется волновод измерительной линии, аналогичной по возможностям линии Р1-27, выбираемой с учетом частотного диапазона генератора сигнала. Функции измерительного устройства может выполнять микроамперметр, на вход которого поступает сигнал с детектора измерительной линии. Волноводный переходник служит для согласования волноводных секций генератора и измерительной линии.

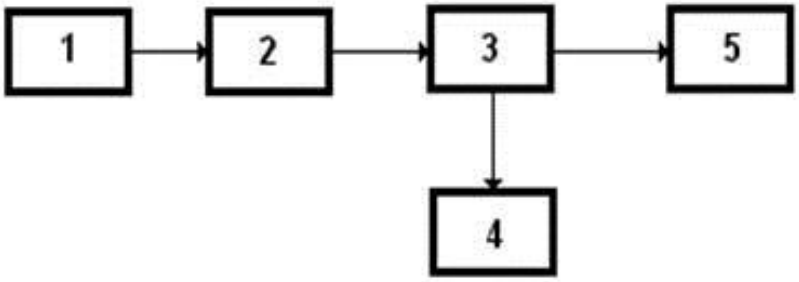

Рисунок 1.1 – Блок-схема лабораторной установки

1.2 Домашняя подготовка

1.2.1 Изучить описание работы и руководство по эксплуатации используемых в работе приборов (приложение Б).

1.2.2 Оценить частотный диапазон, в котором исследуемый волновод может быть использован в одноволновом режиме с волной типа H_{10}.

1.2.3 В частотном диапазоне, соответствующем одноволновому режиму, для волны типа H_{10} рассчитать и построить кривую зависимости длины волны в волноводе λ_B от длины волны генератора λ^*.

1.2.4 Произвести расчет и построить графики зависимостей фазовой скорости $V_Ф$ и групповой скорости $V_{ГР}$ для волны H_{10} от длины волны генератора λ^*.

1.2.5 Рассчитать продольное волновое число h и характеристическое сопротивление волновода Z_H для волны типа H_{10} и построить графики их зависимостей от длины волны генератора λ^*.

1.3 Рабочее задание и методические указания

1.3.1 Подготовить лабораторную установку к проведению измерений.

1.3.2 Снять и построить зависимость длины волны в волноводе λ_B от длины волны генератора λ^*. (не менее 5 точек в пределах одномодового диапазона). Для повышения точности измерений рекомендуется использовать метод вилки (приложение А).

1.3.3 Измерить длину волны в волноводе λ_B путем перемещения поршня реактивной нагрузки. Сравнить с результатами предыдущего задания.

1.3.4 Используя экспериментальные данные, полученные в пункте 1.4.2, рассчитать фазовую и групповую скорости, продольное волновое число и характеристическое сопротивление волновода, построить графики зависимостей рассчитанных параметров от длины волны генератора.

1.3.5 Выполнить градуировку детектора. Построить градировочную кривую детектора (приложение А).

1.3.6 Снять распределение напряженности электрического поля в продольном сечении волновода при реактивной нагрузке. Построить график и рассчитать коэффициент бегущей волны. При выполнении задания следует выбирать шаг перемещения зондовой головки измерительной линии не более $0.1 \cdot \lambda_B$.

1.4 Содержание отчета

1.4.1 Цель работы и схема лабораторной установки.

1.4.2 Расчетные формулы и результаты расчетного задания: границы диапазона одномодовой работы, графики.

1.4.3 Таблицы с экспериментальными данными, результаты их обработки и графики.

1.4.4 Выводы по работе, содержащие сравнение экспериментальных результатов с расчетными и объяснение возможных расхождений.

1.5 Контрольные вопросы

1.5.1 Какие типы волн могут распространяться в волноводе прямоугольного сечения?

1.5.2 Какая волна в прямоугольном волноводе является основной и почему?

1.5.3 Что такое критическая длина волны и как она зависит от геометрических размеров волновода?

1.5.4 Что такое фазовая и групповая скорости?

1.5.5 Как влияют размеры волновода на фазовую скорость при неизменной частоте электромагнитных колебаний?

1.5.6 Изобразите картину поля волны: а) H_{10}; б) H_{01}; в) H_{20}; г) H_{02}; д) H_{11}; е) E_{11}; ж) E_{21} в прямоугольном волноводе.

1.5.7 Зачем проводят градуировку детектора измерительной линии?

1.5.8 Принцип действия и устройство измерительной линии.

1.5.9 Что называется дисперсией и к чему приводят дисперсионные свойства волновода?

1.5.10 Объясните физический смысл индексов n и m для волн Hmn и Emn в волноводе прямоугольного сечения.

1.5.11 Постройте зависимость фазовой скорости волны H_{10} от частоты.

1.5.12 Постройте зависимость групповой скорости волны E_{11} от частоты.

1.5.13 Постройте зависимость характеристического сопротивления волны E_{11} от частоты.

1.5.14 Как изменится зависимость фазовой скорости волны H_{10} от частоты при увеличении относительной диэлектрической проницаемости среды, заполняющей волновод?

1.5.15 От чего зависит величина предельно допустимой мощности электромагнитной энергии, передаваемой по волноводу?

1.5.16 На одном рисунке изобразить зависимости фазовой скорости волн: а) H_{10}; б) H_{01}; в) H_{20}; г) E_{11} от длины волны.

1.5.17 На одном рисунке изобразить зависимости групповой скорости волн: а) H_{10}; б) H_{01}; в) H_{20}; г) E_{11} от длины волны.

1.5.18 На одном рисунке изобразить зависимости характеристического сопротивления волн: а) H_{10}; б) H_{01}; в) H_{20}; г) E_{11} от длины волны.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование полосковой линии

Цель работы: исследование структуры электромагнитного поля в симметричной полосковой линии.

2.1 Описание лабораторной установки

Структурная схема лабораторной установки для исследования структуры поля электромагнитной волны в полосковой линии представлена на рисунке 2.1. В состав установки входят: высокочастотный генератор (1), измерительная полосковая линия аналогичной по возможностям линии Р1-3 (2), измерительное устройство (3) и нагрузки: короткозамыкатель (4), реактивная нагрузка (5), согласованная нагрузка или антенна соответствующего частотного диапазона (6).

Генератор служит для возбуждения колебаний в сантиметровом диапазоне длин волн. Высокочастотные колебания по коаксиальному кабелю

поступают на вход измерительной полосковой линии. К другому разъему измерительной линии подключается исследуемая нагрузка. С низкочастотного разъема зондовой головки измерительной линии сигнал поступает на измерительное устройство.

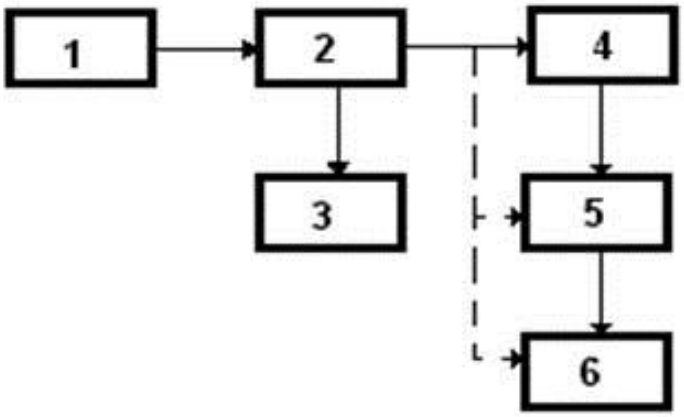

Рисунок 2.1 – Структурная схема лабораторной установки

2.2 Домашняя подготовка

2.2.1 Определить диапазон частот одноволнового режима в симметричной полосковой линии, если критическая длина волны первой волны высшего типа равна $\lambda_{КР} \approx \pi b$, где b=6 мм – поперечный размер внутреннего проводника в линии.

2.2.2 Изобразить картину поля поперечной волны в симметричной полосковой линии.

2.2.3 Нарисовать графики распределения напряженности электрического поля вдоль линии в режимах короткого замыкания, холостого хода и при согласованной нагрузке для двух моментов времени.

2.3 Рабочее задание и методические указания

2.3.1 Подготовить лабораторную установку к проведению измерений.

2.3.2 Снять зависимость длины волны в полосковой линии $\lambda_В$ от длины волны генератора λ*. Для повышения точности измерения рекомендуется использовать метод вилки (приложение А).

2.3.3 Измерить и построить градуировочную характеристику детектора полосковой измерительной линии (приложение А).

2.3.4 Измерить распределение напряженности электрического поля вдоль полосковой линии при реактивной нагрузке (аналогичная ЭРСК-III) и определить коэффициент бегущей волны по формуле:

$$КБВ = \sqrt{\frac{\alpha_{min}}{\alpha_{max}}}, \qquad (2.1)$$

где α_{min} и α_{max} - соответственно минимальное и максимальное значения показаний измерительного прибора.

2.3.5 Повторить пункт 2.4.4 лабораторного задания при согласованной нагрузке (аналогичная ЭАК-III).

2.3.6 Измерить распределение напряженности электрического поля вдоль полосковой линии при открытом конце полосковой линии. Определите коэффициент отражения по мощности от открытого конца полосковой линии по формуле:

$$R=\left|\frac{1-КБВ}{1+КБВ}\right|^2 . \qquad (2.2)$$

Вычислите, какая часть мощности излучается из открытого конца полосковой линии.

2.3.7 Выполнить пункт 2.4.6 лабораторного задания, используя в качестве нагрузки антенну.

2.4 Содержание отчета

2.4.1 Цель работы и схема проводимых измерений.

2.4.2 Результаты расчетного задания: формулы, графики и картины поля, полученные при выполнении домашнего задания.

2.4.3 Экспериментальные данные, результаты их обработки, графики.

2.4.4 Выводы по работе, содержащие сравнение экспериментальных результатов с расчетными и объяснение возможных расхождений.

2.5 Контрольные вопросы

2.5.1 Какие типы волн могут распространяться в полосковых линиях?

2.5.2 Какая волна является основной в полосковой линии?

2.5.3 Как можно получить симметричную полосковую линию путем деформации коаксиальной линии?

2.5.4 В каком частотном диапазоне используются полосковые линии передачи и почему?

2.5.5 Перечислите основные достоинства и недостатки полосковой линии.

2.5.6 В каком частотном диапазоне будет выполняться одноволновой режим в полосковой линии?

2.5.7 Изобразите структуру силовых линий электрического поля для квази-поперечной волны в симметричной полосковой линии.

2.5.8 Дайте физическое объяснение основным свойствам волны Т типа.

2.5.9 Как измеряется структура поля в полосковой линии?

2.5.10 Как определяется мощность волны, излучённой из открытого конца полосковой линии?

2.5.11 От чего зависит волновое сопротивление симметричной полосковой линии?

3 Лабораторная работа № 3. Исследование прямоугольных объемных резонаторов

Цель работы: изучение структуры электромагнитного поля в прямоугольных объемных резонаторах, а также способов их возбуждения.

3.1 Описание лабораторной установки

Структурная схема установки, используемой для исследования колебаний в объемных резонаторах, изображена на рисунке 3.1. Источником колебаний служит генератор сверхвысокочастотного диапазона (1), сигнал с которого с помощью коаксиального кабеля и волноводно-коаксиального перехода подается на прямоугольный объемный резонатор, выполненный на основе измерительной волноводной линии (4).

Объектом исследования является прямоугольный объемный резонатор (2) параметры которого меняются с помощью поршня (7). Для измерения распределения поля в объемном резонаторе служит измерительный зонд (5). Сигнал с зонда поступает на детектор (3) и после детектирования - на индикаторное устройство (6).

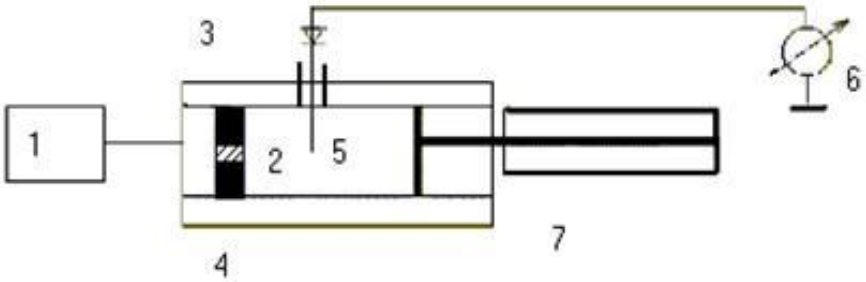

Рисунок 3.1 – Структурная схема лабораторной установки

3.2 Домашняя подготовка

3.2.1 Определить резонансную длину L прямоугольного объемного резонатора, заполненного воздухом, для колебаний типа H_{102} и H_{103} при частоте f_P*. Внутренние размеры поперечного сечения резонатора: a = 28,5 мм; b = 12,6 мм.

3.2.2 Рассчитать и построить в нормированном масштабе распределение компонент электромагнитного поля * внутри прямоугольного резонатора для колебаний типа H_{102} и H_{103}*.

3.2.3 Изобразить картины силовых линий электрического и магнитного полей в прямоугольном резонаторе и картины поверхностных токов на стенках резонатора для этих типов колебаний.

3.2.4 Рассчитать добротности прямоугольного резонатора, настроенного на частоту f_p*, в случае колебаний H_{102} и H_{103}. Проводимость материала стенок резонатора $\sigma_э = 5{,}7 \square 10^7$ См/м.

3.3 Рабочее задание и методические указания

3.3.1 Настроить прямоугольный резонатор, работающий на колебании типа H_{103}, в резонанс с частотой возбуждающего колебания и снять распределение электрического поля по длине резонатора. Нужно помнить, что из-за критичности резонансной частоты к геометрическим размерам резонатора необходимо тщательно настроить его, используя подвижной поршень с микрометрическим винтом. Первоначально положение поршня определяется расчетной длиной L резонатора. При обработке результатов измерения необходимо учитывать, что из-за квадратичной характеристики детектора показания прибора пропорциональны E^2.

3.3.2 Измерить добротность резонатора методом изменения частоты генератора в случае колебания H_{103}. Для этого необходимо настроить резонатор в режим резонанса путем перемещения поршня. Далее, изменяя частоту колебаний генератора, определить ширину резонансной кривой $2\Delta f$ на уровне 0,5 от максимального значения показаний индикаторного прибора. Вычислить величину добротности резонатора по формуле:

$$Q = f_P/(2\Delta f). \qquad (3.1)$$

3.3.3 Исследовать прямоугольный резонатор, работающий на колебании H_{102}. Для этого повторить пункты 1, 2 экспериментального задания.

3.4 Содержание отчета

3.4.1 Цель работы и схема лабораторной установки.

3.4.2 Расчетные формулы, таблицы и графики, полученные при выполнении домашнего задания.

3.4.3 Таблицы с экспериментальными данными, результаты их обработки и графики.

3.4.4 Выводы по работе, содержащие сравнение экспериментальных результатов с расчетными и объяснение возможных расхождений.

3.5 Контрольные вопросы

3.5.1 Объясните, почему в диапазоне СВЧ используются объемные резонаторы, а не обычные колебательные контуры.

3.5.2 Область применения объемных резонаторов.

3.5.3 Какие колебания низших типов возможны в прямоугольном резонаторе?

3.5.4 Чем объяснить наличие множества собственных резонансных частот объемного резонатора?

3.5.5 Какие колебания в резонаторе называются вырожденными?

3.5.6 Объясните физический смысл индексов m, n и p для колебаний H_{mnp} и E_{mnp}.

3.5.7 Физический смысл добротности объемного резонатора.

3.5.8 Каким образом выводятся выражения для добротности объемных резонаторов?

3.5.9 Основные способы увеличения добротности резонаторов.

3.5.10 От каких параметров резонатора зависит добротность колебания: а) H_{011}; б) H_{012}; в) H_{101}; г) H_{102}; д) E_{110} в прямоугольном объемном резонаторе?

3.5.11 Для каких типов колебаний резонансная частота объемного резонатора не зависит от его длины?

3.5.12 Как изменится резонансная частота объемного резонатора, если его заполнить диэлектриком с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon=4$?

3.5.13 Как можно возбудить колебания H_{103}, E_{110} в прямоугольном резонаторе?

3.5.14 Указать оптимальное расположение штыря для возбуждения колебания типа H_{102} в прямоугольном объемном резонаторе.

3.5.15 Постройте и объясните картину поля колебания: а) H_{011}; б) H_{012}; в) H_{101}; г) H_{102}; д) E_{110} в прямоугольном резонаторе.

3.5.16 Построить картину поверхностных токов колебания: а) H_{101}; б) H_{102}; в) H_{011}; г) H_{012}; д) E_{110} в прямоугольном резонаторе.

3.5.17 Прямоугольный объемный резонатор, предназначенный для измерения параметров вещества, должен быть сделан разъемным. Чтобы несовершенство контакта не изменяло параметров резонатора, стык не должен пересекать линий тока. Можно ли удовлетворить этому требованию при работе на основном типе колебания? Если можно, то как должна проходить линия стыка частей резонатора?

4 Лабораторная работа № 4. Изучение методики измерения сопротивления нагрузки и согласования элементов волноводного тракта

Цель работы: изучение методов измерений полных сопротивлений и методов узкополосного и широкополосного согласований сопротивления нагрузки с волновым сопротивлением линии передачи.

4.1 Описание лабораторной установки

4.1.1 Блок-схема лабораторной установки приведена на рисунке 4.1. Лабораторная установка, предназначенная для измерений входного сопротивления (импеданса) нагрузки в сантиметровом диапазоне длин волн состоит из генератора СВЧ колебаний (1), измерительной линии, аналогичной по возможностям Р1-28 и соответствующей частотному диапазону генератора (2) и исследуемой нагрузке (3).

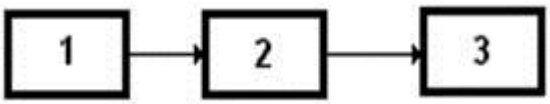

Рисунок 4.1 – Блок-схема лабораторной установки

4.1.2 Для измерений параметров нагрузки в дециметровом диапазоне волн используется установка, блок-схема которой приведена на рисунке 4.2. Она состоит из генератора (1), измерителя полных сопротивлений Р3-35 или аналогичного по возможностям (3), полосового фильтра на соответствующий диапазон частот (входит в комплект Р3-35) (2), исследуемой нагрузки (4).

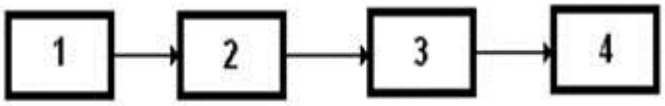

Рисунок 4.2 – Блок-схема лабораторной установки

4.2 Домашняя подготовка

4.2.1 Определить в первом приближении КБВ в открытом в окружающее пространство волноводе прямоугольного сечения, работающем на центральной частоте диапазона одномодовой работы f *.

4.2.2 Рассчитать входное сопротивление разорванной на конце коаксиальной линии передачи длиной 9 м с волновым сопротивлением 50 Ом на частоте f *.

4.3 Рабочее задание и методические указания

4.3.1 Изучить описание работы и руководство по эксплуатации используемых в работе приборов (приложение Б).

4.3.2 Собрать лабораторную установку согласно рисунку 4.1. В качестве нагрузки использовать согласованные нагрузки либо рупорные антенны.

Внимание! Перед началом проведения измерений необходимо ознакомиться с настоящим пунктом до конца.

Измерить КСВ в линии передачи в диапазоне частот (f_{min} - f_{max})*. Рассчитать значение полного сопротивления по следующей формуле:

$$Z_H = R_H + jX_H = Z_B \frac{KCB - 0.5j(KCB^2 - 1)\sin(2\beta L_o)}{KCB^2 - \cos^2(\beta L_o) + \sin^2(\beta L_o)}, \qquad (4.1)$$

где $R_н$ - активная часть входного сопротивления нагрузки;

$X_н$ - реактивная часть входного сопротивления нагрузки;

$\beta=2\pi/\lambda$ - коэффициент распространения;

$Z_в$ - характеристическое сопротивление волновода;

L_o - разность между координатами ближайших к нагрузке минимумов распределения напряженности поля в линии с нагрузкой и в режиме короткого замыкания.

Для определения L_o измерительную линию замыкают накоротко с помощью короткозамыкателя; в линии возникает стоячая волна. Зонд устанавливают в сечении первого узла (минимума) напряженности поля вблизи короткозамыкателя. Положение этого сечения фиксируют по отсчетной шкале расстояний и, перемещая зонд в направлении к генератору, отмечают положение следующих узлов, которые отстоят друг от друга на расстоянии, равном $\lambda/2$. Затем вместо короткозамыкателя включают испытуемую нагрузку; в линии устанавливается режим смешанных волн. Распределение поля вдоль линии имеет максимумы и минимумы конечных значений; минимумы оказываются сдвинутыми относительно узлов при коротком замыкании. Зонд устанавливают в положение минимума, ближайшего к ранее определенному узлу, и фиксируют по шкале расстояний.

4.3.3 Рассчитать коэффициент отражения через характеристическое сопротивление волновода и сопротивление нагрузки:

$$R = \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B}. \qquad (4.2)$$

Построить зависимость активной и реактивной составляющей сопротивления нагрузки от частоты.

Определить характер реактивной составляющей сопротивления нагрузки на частотах выше и ниже резонансной.

4.3.4 Собрать лабораторную установку согласно рисунку 4.2. Измерить КСВ в линии в диапазоне частот, заданном преподавателем. Определить значение входного сопротивления. Если используется измеритель полных сопротивлений, аналогичный Р3-35, то для расчетов использовать диаграмму сопротивлений, входящую в комплект измерителя.

4.3.5 Рассчитать коэффициент отражения через волновое сопротивление линии и сопротивление нагрузки. Построить зависимость сопротивления нагрузки от частоты. Построить векторную диаграмму сопротивлений для всех измеренных значений частот. На диаграмме показать вектор, соответствующий режиму бегущей волны.

Определить характер реактивной составляющей на частотах выше и ниже резонансной.

4.4 Содержание отчета

4.4.1 Цель работы и схема проводимых измерений.

4.4.2 Расчетные формулы и результаты, полученные при выполнении домашнего задания.

4.4.3 Схема лабораторной установки.

4.4.4 Таблицы с экспериментальными данными, результаты их обработки и графики.

4.4.5 Выводы по работе, содержащие сравнение экспериментальных результатов с расчетными, и объяснение возможных расхождений.

4.5 Контрольные вопросы

4.5.1 Как связаны коэффициент отражения и КСВ (КБВ)?

4.5.2 Для чего следует согласовывать линию передачи с нагрузкой?

4.5.3 Каково основное свойство четвертьволнового отрезка линии передачи?

4.5.4 Принципы широкополосного согласования линии передачи с комплексной нагрузкой.

4.5.5 В чем заключается принцип узкополосного согласования посредством одного реактивного шлейфа?

4.5.6 Почему многоступенчатый переход более широкополосен, чем одноступенчатый?

4.5.7 Как изменится методика согласования одним реактивным шлейфом, если волновое сопротивление шлейфа не равно сопротивлению линии?

4.5.8 Как влияет степень согласования линии передачи с потерями на возможность передачи по этой линии максимального уровня СВЧ мощности в режиме непрерывных колебаний?

4.5.9 Как зависит от качества согласования нагрузки величина КПД линии передачи с известным затуханием?

4.5.10 Как рассчитать проводимость (сопротивление) короткозамкнутого шлейфа заданной длины с помощью круговой диаграммы?

4.5.11 Как определить место включения четвертьволнового трансформатора при узкополосном согласовании?

4.5.12 Как выбрать волновое сопротивление компенсирующего контура при широкополосном согласовании?

4.5.13 Какова методика широкополосного согласования резонансной нагрузки с помощью параллельного шлейфа и четвертьволнового трансформатора?

4.5.14 Изобразить зависимость активной и реактивной части входного сопротивления линии от длины линии при активной нагрузке.

4.5.15 Изобразить зависимость активной и реактивной части входного сопротивления линии от длины линии в режиме короткого замыкания.

4.5.16 Изобразить зависимость активной и реактивной части входного сопротивления линии от длины линии в режиме холостого хода.

4.5.17 Изобразить зависимость активной и реактивной части входного сопротивления линии от длины линии при реактивной нагрузке.

Методические указания лабораторных работ по АФУ.

При помощи основного стартового меню вы можете начать работу с любой из семи лабораторных работ. Сверху окна расположены названия работ в прямоугольных рамках. Снизу под названиями находится окно предварительного просмотра работы. При наведении курсора мыши на название работы она подсвечивается синим цветом и внизу в окне предварительного просмотра появляется уменьшенный внешний вид работы. При нажатии на подсвеченное название мышью пользователь переходит к выполнению работы. Чтобы завершить работу с программой необходимо нажать на квадратик, расположенный в верхнем правом углу окна. Во всех работах можно воспользоваться встроенным калькулятором для проведения простых математических расчетов. Для запуска калькулятора необходимо нажать на маленькое изображение калькулятора. После нажатия откроется окно калькулятора. Работать с калькулятором можно с помощью мыши , нажимая на соответствующие клавиши или же при помощи цифровой клавиатуры. Завершить работу с калькулятором можно путем нажатия курсором мыши на кнопку завершения работы, находящуюся в верхнем правом углу окна калькулятора или одновременным нажатием клавиш ALT и F4.

5 Лабораторная работа № 5. Поле излучателя, поднятого над поверхностью

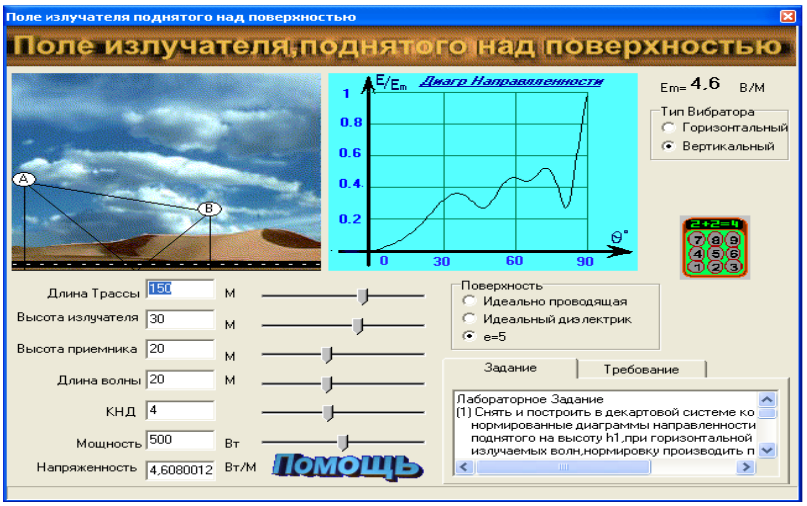

Рисунок 5.1

В настоящей работе изучаются на модели следующие особенности распространения волн УКВ над земной поверхностью. Распределение в вертикальной плоскости величины напряженности поля излучателя, поднятого над поверхностью (диаграмма направленности) в зависимости от:

а) длины трассы;

б) типа вибратора;

в) высоты подъема излучателя;

г) высоты подьема приемника;

д) длины волны;

ж) мощности излучателя.

Окно работы состоит из шести регионов. В левом верхнем углу изображена схема трассы, которая динамически меняется при изменении высоты подвеса излучателя и приемника и от протяженности трассы. Передатчик обозначен на схеме буквой А, а приемник буквой В.

В середине вверху диалогового окна отображается диаграмма направленности (распределение в вертикальной плоскости величины напряженности поля излучателя, поднятого над поверхностью). Справа вверху расположены кнопки выбора типа вибратора (горизонтальный или вертикальный). Чуть ниже расположена кнопка для вызова калькулятора, при нажатии которой появляется калькулятор, с помощью которого можно производить простые математические расчеты. В левом нижнем углу отображаются изменяемые параметры: длина трассы, высота излучателя, высота приемника, длина волны, КНД, мощность. Правее, напротив каждого параметра, находятся ползунки, при помощи которых можно менять значения параметров. Для этого необходимо курсор мыши навести на бегунок находящийся напротив параметра, который нужно изменить, нажать левую клавишу мыши на нем и, не отпуская клавишу мыши, переместить бегунок

влево или вправо для уменьшения или увеличения значения параметра соответственно. В правом нижнем углу находятся окна с заданием на выполнение лабораторной работы и с требованиями к отчету. Выполнять работу можно и без использования манипулятора «мышь» при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша табуляции. При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный бегунок и после этого стрелками влево и вправо менять значение параметра.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Снять и построить в декартовой системе координат нормированные диаграммы направленности излучателя, поднятого на высоту h1; при горизонтальной поляризации излучаемых волн. Нормировку производить по величине первого максимума.

2) Снять и построить в декартовой системе координат нормированные диаграммы направленности излучателя, поднятого на высоту h1, при горизонтальной поляризации излучаемых волн. Нормировку производить по величине первого максимума.

3) Снять относительное изменение напряжённости при удалении приёмной антенны.

Отчет должен содержать:

1) Экспериментальные диаграммы направленности, построенные в декартовой системе координат.

2) Зависимость амплитуды поля от высоты подъёма антенны h2 при двух типах поляризации.

3) Зависимость амплитуды поля от расстояния.

4) Выводы по работе.

6 Лабораторная работа № 6. Поле излучателя, расположенного близко к поверхности

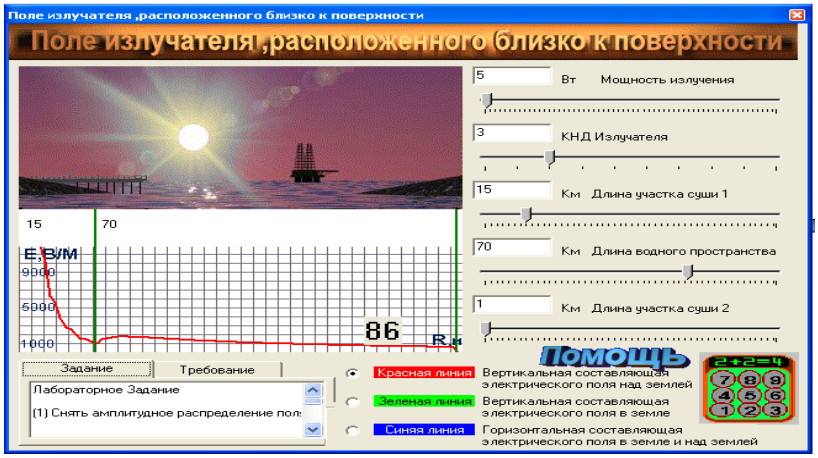

Рисунок 6.1

Целью работы является изучение распространения радиоволн над поверхностью земли и в земле, когда антенны расположены у самой поверхности земли. На практике это имеет место для радиолинии на длинных, средних и отчасти коротких волнах. В работе исследуются структура электрического поля над землей и в земле, распределение напряженности электрического поля вдоль однородной и кусочно неоднородной трасс. Слева вверху расположено схематичное изображение трассы, где Rc – длина участка суши, а Rm –длина водного участка. В правом нижнем углу расположена кнопка для вызова калькулятора, при нажатии которой появляется калькулятор, с помощью которого можно производить простые математические расчеты. Справа отображаются изменяемые параметры: длина участка суши, длина участка моря, длина участка суши 2, КНД, мощность. Правее, напротив каждого параметра, находятся ползунки, при помощи которых можно менять значения параметров. Для этого необходимо курсор мыши навести на бегунок, находящийся напротив параметра, который нужно изменить, нажать левую клавишу мыши на нем и, не отпуская клавишу мыши, переместить бегунок влево или вправо для уменьшения или увеличения значения параметра соответственно. В левом нижнем углу находятся окна с заданием на выполнение лабораторной работы и с требованиями к отчету. Выполнять работу можно и без использования манипулятора мыши при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша табуляции. При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный бегунок и после этого стрелками влево и вправо менять значение параметра.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Снять амплитудное распределение поля вдоль однородных трасс.

А) Море.

Б) Суша.

2) Измерить распределение поля вдоль неоднородный трассы «Суша-Море».

3) Измерить зависимость коэффициента ослабления для трассы «Суша-Море-Суша».

Требования к отчёту.

Отчет должен содержать:

1) Экспериментальные результаты распределения напряжённости поля вдоль каждой из трасс.

2) Графики зависимости множителя ослабления от коэффициента заполнения трассы сушей для двух трасс.

3) Выводы по работе.

Для завершения работы необходимо нажать на квадратик в правом верхнем углу диалогового окна программы; после чего вы попадете в основное меню.

7 Лабораторная работа № 7. Исследование замираний в КВ и СВ диапазонах

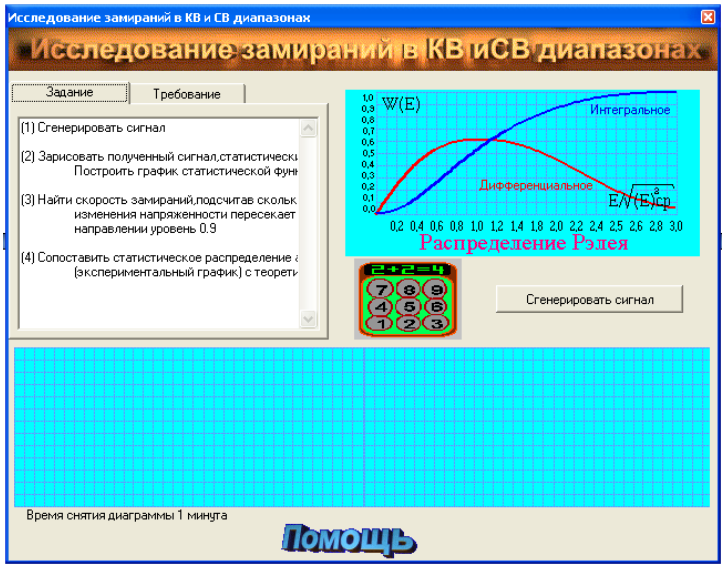

Рисунок 7.1

Работа ставит своей целью экспериментальное исследование и количественную оценку замираний радиосигналов КВ и СВ диапазонов. Основной причиной замираний в этих диапазонах является интерференция нескольких лучей, приходящих к приемной антенне различными путями. Разность фаз между лучами непрерывно меняется вследствие флюктуаций электронной плотности в ионосфере, что приводит к случайным изменениям амплитуды результирующей напряженности поля. Замирания делят на два вида: быстрые и медленные замирания. К быстрым замираниям относят колебания напряженности поля с периодом порядка одной секунды; к медленным – замирания, цикл которых продолжается несколько минут. Быстрые замирания являются более глубокими. Запись колебаний напряженности поля за период времени в 30-40 мин представляет собой наложение обоих видов замираний. В лабораторной работе исследуются характеристики быстрых замираний.

Внизу расположена диаграмма (перфолента от самописца), на которой при нажатии кнопки (сгенерировать сигнал) отображается сигнал замирания. Выполнять работу можно и без использования манипулятора «мышь» при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша ввода (Enter). При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный элемент. В левом верхнем углу отображается окно с заданием на выполнение лабораторной работы и требованиями к отчету.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Сгенерировать сигнал.

2) Зарисовать полученный сигнал, статистически его обработать. Построить график статистической функции распределения.

3) Найти скорость замираний, подсчитав сколько раз кривая изменения напряжённости пересекает в положительном направлении уровень 0.9

4) Сопоставить статистическое распределение амплитуд (экспериментальный график) с теоретическим-законом Релея по отношению уровней 0.9 к 0.1.

Требования к отчёту.

Отчет должен содержать:

1) Снятую запись замирания.

2) Построенную по результатам статистическую функцию.

3) Оценку скорости замираний.

4) Выводы по работе.

Для завершения работы необходимо нажать на квадратик в правом верхнем углу диалогового окна программы; после чего вы попадете в основное меню. Диаграмму необходимо разбить на z уровней удобно брать z=10. И для каждого уровня измерить время, в течение которого сигнал был ниже данного уровня, и отнести к общему времени наблюдений T. По полученным данным необходимо построить график статистической функции распределения. Скорость замираний находится подсчетом того, сколько раз в минуту кривая изменения напряженности поля во времени пересекает уровень медианного значения. Медианный уровень определяется из функции распределения. Это такой уровень, который превышается в течение 50 процентов времени наблюдения.

8 Лабораторная работа № 8. Влияние земли на ДН вибраторов

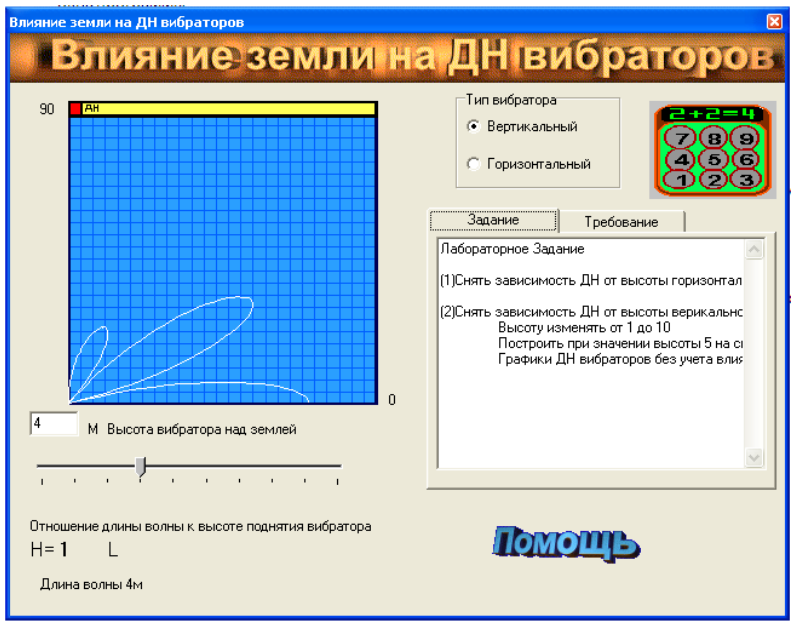

Рисунок 8.1

Поскольку земля предполагается идеально проводящей, то ее влияние на параметры излучателей можно оценить по методу зеркальных изображений. Известно, что на поверхностях проводников в присутствии зарядов индуктируются заряды противоположенного знака. В случае точечного заряда и идеально проводящей плоской земли действие индуктированных зарядов можно учесть введением фиктивного заряда противоположенного знака, расположенного симметрично действительному заряду относительно плоскости земли. Если на горизонтальном и вертикальном вибраторах задаться произвольно направлением тока и соответствующим распределением зарядов, то после введения фиктивных зарядов получается следующая картина изображения.

Слева вверху диалогового окна отображается диаграмма направленности. Справа вверху расположены кнопки выбора типа вибратора (горизонтальный или вертикальный). Правее расположена кнопка для вызова калькулятора, при нажатии которой появляется калькулятор, с помощью которого можно производить простые математические расчеты. В левом нижнем углу отображается изменяемый параметр высоты вибратора над землей. Правее, напротив параметра, находится ползунок, при помощи которого можно менять значения параметра. Для этого необходимо курсор мыши навести на бегунок, нажать левую клавишу мыши на нем и, не отпуская клавишу мыши, переместить бегунок влево или вправо для уменьшения или увеличения значения параметра соответственно. В правом нижнем углу находятся окна с заданием на выполнение лабораторной работы и с требованиями к отчету. Выполнять работу можно и без использования манипулятора «мышь» при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша табуляции. При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный элемент и после этого стрелками влево и вправо менять значение параметра.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Снять зависимость ДН от высоты горизонтального вибратора над землей.

2) Снять зависимость ДН от высоты вертикального вибратора над землей. Высоту изменять от 1 до 10. Построить при значении высоты 5 на снятых графиках ДН, графики ДН вибраторов без учёта влияния земли.

Требования к отчёту.

Отчет должен содержать:

1) Зависимость ДН от высоты горизонтального вибратора над землей.

2) Зависимость ДН от высоты вертикального вибратора над землей.

3) Выводы по работе.

Для завершения работы необходимо нажать на квадратик в правом верхнем углу диалогового окна программы; после чего вы попадете в основное меню.

9 Лабораторная работа № 9. Излучение системы из двух вибраторов

Рисунок 9.1

Цель работы: исследование системы из двух вибраторов. Их влияние друг на друга, в зависимости расстояния между ними, токов питания, сдвига фаз.

Окно работы состоит из пяти регионов. В левом верхнем углу изображен внешний вид установки системы из двух вибраторов, которая динамически меняется при изменении параметров установки. Справа вверху диалогового окна отображается диаграмма направленности. Посередине вверху расположена кнопка для вызова калькулятора, при нажатии которой появляется калькулятор, с помощью которого можно производить простые математические расчеты. В левом нижнем углу отображаются изменяемые параметры: расстояние между вибраторами, токи вибраторов, сдвиг фаз между токами вибраторов. Правее, напротив каждого параметра, находятся ползунки, при помощи которых можно менять значения параметров. Для этого необходимо курсор мыши навести на бегунок, находящийся напротив параметра, который нужно изменить, нажать левую клавишу мыши на нем и, не отпуская клавишу мыши, переместить бегунок влево или вправо для уменьшения или увеличения значения параметра соответственно. В правом нижнем углу находятся окна с заданием на выполнение лабораторной работы и с требованиями к отчету. Выполнять работу можно и без использования манипулятора «мышь» при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша табуляции. При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный бегунок и после этого стрелками влево и вправо менять значение параметра.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Исследовать систему из двух вибраторов.

2) Снять зависимости ДН от токов питания, сдвига фаз, расстояния между вибраторами.

Требования к отчёту.

Отчет должен содержать:

1) Зависимости ДН от токов питания, сдвига фаз, расстояния между вибраторами.

2) Выводы по работе.

Для завершения работы необходимо нажать на квадратик в правом верхнем углу диалогового окна программы; после чего вы попадете в основное меню.

10 Лабораторная работа № 10. Исследование ДН амперфидинговой антенны

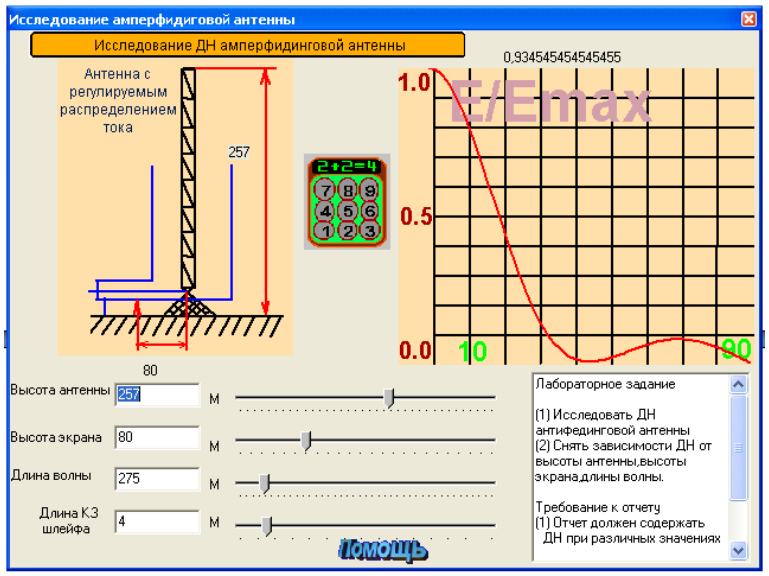

Рисунок 10.1

В работе исследуется диаграмма направленности антенны в вертикальной плоскости, в зависимости от высоты антенны, высоты экрана, длины волны и длины КЗ шлейфа. В горизонтальной плоскости диаграмма направленности антенны имеет форму круга.

Окно работы состоит из шести регионов. В левом верхнем углу изображена схема антенны. Справа вверху диалогового окна отображается диаграмма направленности. Посередине вверху расположена кнопка для вызова калькулятора, при нажатии которой появляется калькулятор, с помощью которого можно производить простые математические расчеты. В левом нижнем углу отображаются изменяемые параметры: высота антенны, высота экрана, длина волны и длина КЗ шлейфа. Правее, напротив каждого параметра, находятся ползунки, при помощи которых можно менять значения параметров. Для этого необходимо курсор мыши навести на бегунок, находящийся напротив параметра, который нужно изменить, нажать левую

клавишу мыши на нем и, не отпуская клавишу мыши, переместить бегунок влево или вправо для уменьшения или увеличения значения параметра соответственно. В правом нижнем углу находятся окна с заданием на выполнение лабораторной работы и с требованиями к отчету. Выполнять работу можно и без использования манипулятора «мышь» при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша табуляции. При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный бегунок и после этого стрелками влево и вправо менять значение параметра.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Исследовать ДН антифединговой антенны.

2) Снять зависимости ДН от высоты антенны, высоты экрана, длины волны.

Требования к отчёту.

Отчет должен содержать:

1) ДН при различных значениях высоты антенны, высоты экрана, длины волны.

2) Выводы по работе.

Для завершения работы необходимо нажать на квадратик в правом верхнем углу диалогового окна программы; после чего вы попадете в основное меню.

11 Лабораторная работа № 11. Цилиндрическая спиральная антенна

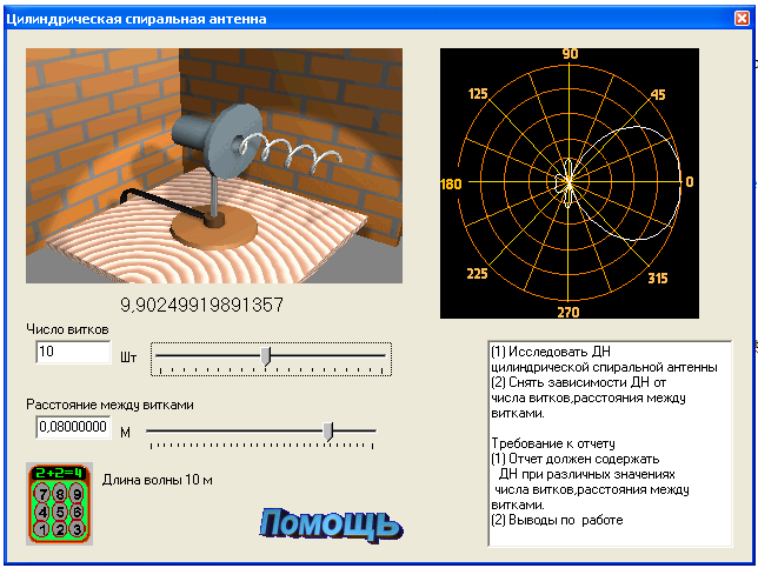

Рисунок 11.1

Одним из основных типов антенн, излучающих поле вращающейся поляризации, являются спиральные антенны. Они отличаются хорошими поляризационными характеристиками, способностью работать в широкой

полосе частот и применяются в качестве самостоятельных антенн, облучателей зеркальных и линзовых антенн, возбудителей волноводнорупорных антенн с вращающейся поляризацией, а также в качестве элементов антенных решеток.

Окно работы состоит из шести регионов. В левом верхнем углу изображена схема антенны. Справа вверху диалогового окна отображается диаграмма направленности. Слева внизу расположена кнопка для вызова калькулятора, при нажатии которой появляется калькулятор, с помощью которого можно производить простые математические расчеты. В левом углу отображаются изменяемые параметры: число витков, расстояние между витками. Правее, напротив каждого параметра, находятся ползунки, при помощи которых можно менять значения параметров. Для этого необходимо курсор мыши навести на бегунок, находящийся напротив параметра, который нужно изменить, нажать левую клавишу мыши на нем и, не отпуская клавишу мыши, переместить бегунок влево или вправо для уменьшения или увеличения значения параметра соответственно. В правом нижнем углу находятся окна с заданием на выполнение лабораторной работы и с требованиями к отчету. Выполнять работу можно и без использования манипулятора «мышь» при помощи клавиатуры. При этом используются клавиши управления курсором (стрелки) и клавиша табуляции. При помощи клавиши табуляции можно выбирать активный бегунок и после этого стрелками влево и вправо менять значение параметра.

Ниже приведено задание на выполнение работы и требования к отчету.

Лабораторное задание:

1) Исследовать ДН цилиндрической спиральной антенны.

2) Снять зависимости ДН от числа витков, расстояния между витками.

Требования к отчёту.

Отчет должен содержать:

1) Отчет должен содержать ДН при различных значениях числа витков, расстояния между витками.

2) Выводы по работе.

Для завершения работы необходимо нажать на квадратик в правом верхнем углу диалогового окна программы; после чего вы попадете в основное меню.

Приложение А

Руководство по методике выполнения измерений

А.1 Измерение длины волны методом вилки.

Зонд линии установите в положение, соответствующее минимальному показанию индикаторного прибора. Далее зонд установите в положение, близкое к минимуму; отметьте показание индикаторного прибора α и произведите отсчет положения зонда по отсчетной шкале измерительной линии l_1, затем зонд переместите по другую сторону минимума до отмеченного показания индикаторного прибора α и произведите отсчет положения зонда l_2. Положение минимума l_0 определите по формуле:

$$l_0 = \frac{l_1 + l_2}{2}. \qquad (A.1)$$

Используя приведенную методику, определить положение ближайшего к ранее рассчитанному минимума и рассчитать длину волны, как удвоенное расстояние между этими минимумами.

А.2 Градуировка детектора.

В измерительной линии используются детекторные диоды, характеристики которых являются нелинейными. Перед проведением таких измерений, как измерение коэффициента бегущей волны следует осуществить градуировку детектора.

Процесс градуировки детектора основывается на том, что в измерительной линии, короткозамкнутой на одном конце, образуются стоячие волны. При этом напряженность электрического поля вдоль линии изменяется по синусоидальному закону:

$$E = E_m \sin(2 \cdot \pi \cdot z / \lambda_B), \qquad (A.2)$$

где z – продольная координата;

E_m – максимальное значение напряженности электрического поля;

λ_B – длина волны в линии.

Градуировка детектора выполняется в следующей последовательности:

а) к измерительной линии подсоедините короткозамкнутую нагрузку;

б) измерьте длину волны в линии λ_B (рекомендуется использовать метод вилки);

в) зонд измерительной линии установите в положение максимума электрического поля. Уровень мощности в линии отрегулируйте таким образом, чтобы стрелка индикаторного прибора отклонилась на всю шкалу или на максимально возможное значение;

г) затем зонд установите в положение минимума напряженности поля;

д) последовательно устанавливайте зонд на расстояниях zn=0,025·n·λB (n=0,1,2,..) от положения минимума электрического поля. Запишите показания индикаторного прибора αn для соответствующих положений зонда z_n;

е) для каждого положения зонда z_n вычислите значение напряженности поля стоячей волны по формуле:

$$E = E_m \sin(2 \cdot \pi \cdot z_n / \lambda_B) . \qquad (A.3)$$

При вычислении максимальное значение напряженности электрического поля принимается равным 100;

ж) постройте градуировочную кривую детектора, откладывая по оси абсцисс расчетные величины напряженности электрического поля, а по оси ординат – соответствующие показания индикаторного прибора в единицах α_n.

А.3 Измерение малых отражений методом смещения узлов.

Используемые в СВЧ технике соединительные элементы (изгибы, повороты, вращающиеся соединения и т.д.) вносят весьма малые отражения в направляющие системы. Измерение малых коэффициентов отражения указанных элементов проводят методом смещения узлов. Исследуемый элемент включается между измерительной линией и короткозамкнутой подвижной нагрузкой.

При смещении поршня короткозамкнутой нагрузки происходит перемещение минимумов (узлов) напряженности электрического поля в том же направлении. Если исследуемый соединительный элемент не вносит отражений, то смещение положения узла напряженности поля равно по величине перемещению поршня. При наличии отражения в исследуемом элементе величина смещения узла напряженности поля будет больше или меньше величины перемещения поршня в зависимости от разности фаз между волной, отраженной в исследуемом элементе, и волной, отраженной от короткозамкнутой нагрузки.

График зависимости разности смещения узла поля в измерительной линии и поршня от величины смещения поршня представляет собой синусоидальную кривую. Амплитуда синусоиды А (половина размаха) связана с коэффициентом отражения R от исследуемого элемента следующим образом:

$$|R| \approx A \cdot (2 \cdot \pi / \lambda_B) . \qquad (A.4)$$

Погрешность данного метода измерения коэффициента отражения обусловлена точностью отсчета положений узлов поля в измерительной линии и поршня короткозамкнутой нагрузки. Поэтому для повышения точности отсчет положений узлов поля следует производить по отсчетной шкале и нониусу измерительной линии. Отсчет положения поршня осуществляется по шкале на короткозамкнутой нагрузке.

Измерения проводятся в следующей последовательности:

а) измеряют длину волны в линии λ_B;

б) фиксируют первоначальное положение поршня короткозамкнутой нагрузки x_0 и положение какого-либо узла поля y_0 в измерительной линии;

в) перемещают поршень короткозамкнутой нагрузки на расстояние

$$d_1 = 0.1 \cdot \lambda_B \qquad (A.5)$$

от первоначального положения x_0; при этом узлы электрического поля в измерительной линии смещаются в том же направлении. По отсчетной шкале и нониусу измерительной линии производят отсчет нового положения y_1 выбранного узла поля. Далее последовательно устанавливают поршень на расстояниях $d_n=0,1 \cdot n \cdot \lambda_B$ (n=2,3…11) от первоначального положения x_0 и фиксируют соответствующие положения выбранного узла поля y_n;

г) рассчитывают и записывают значения $z_n=(y_n-y_0)-d_n$;

д) строят график зависимости $z_n=f(d_n)$;

е) по графику определяют размах синусоиды 2А и вычисляют величину коэффицента отражения |R| исследуемого элемента.

Приложение Б

Техническое описание и руководство по эксплуатации приборов, используемых при проведении экспериментов

Б.1 Генераторы сигналов Г4-79, Г4-82, Г4-83.

Генераторы сигналов Г4-79, Г4-82, Г4-83 являются лабораторными переносными приборами, предназначенными для работы в закрытых помещениях.

Диапазон генерируемых частот:

Г4-79	1,78 – 2,56 ГГц;
Г4-82	5,6 – 7,5 ГГц;
Г4-83	7,5 – 10,5 ГГц.

Подготовка прибора к работе: включить прибор тумблером СЕТЬ, прогреть прибор не менее 15 минут. Установить ручкой МГц требуемую частоту, а переключатель рода работ – в положение НГ.

Б.2 Генераторы сигналов Г4-37 А, Г4-76 А.

Предназначены для генерации ВЧ колебаний в диапазоне 400 – 1200 МГц. Для подготовки генератора к проведению измерений необходимо:

– убедиться в том, что генератор выключен, в противном случае выключить его;

– регулятор выходной мощности вывести в крайнее левое положение;

– переключатель рода работы установить в положение НГ;

– включить тумблер СЕТЬ;

– включить тумблер ГЕНЕРАТОР ВЧ;

– ручкой установки частоты выставить требуемую частоту;

– регулятором выходной мощности выставить необходимый уровень ВЧ колебаний.

Б.3 Измерительная коаксиальная линия Р1-3.

Измерительная коаксиальная линия Р1-3 предназначена для измерения параметров стоячих волн в коаксиальных трактах.

Диапазон частот 2 – 10,35 ГГц.

Измерение КСВ.

Перемещая каретку с зондом вдоль линии, по индикаторному прибору определяют величины максимального α_{max} и минимального α_{min} показаний индикатора и рассчитывают КСВ по формуле:

$$КСВ = \sqrt{\frac{\alpha_{max}}{\alpha_{min}}}\,. \qquad (Б.1)$$

Б.4 Измерительная волноводная линия Р1-28.

Линия служит для измерения коэффициента бегущей волны, длины волны в волноводе и комплексного коэффициента отражения двухполюсников.

Принцип действия линии заключается в исследовании структуры электрического поля стоячей волны в прямоугольном волноводе. Вдоль волновода механическим путем перемещается каретка, на которой расположена измерительная зондовая головка. В широкой стенке волновода прорезана щель. С зондовой головкой связан зонд, проникающий через щель во внутреннюю полость волновода. Положение зонда вдоль волновода определяется с помощью отсчетной шкалы на корпусе линии и отсчетного лимба. С резонансной системой зондовой головки связан высокочастотный детектор. Выпрямленный детектором ток поступает в цепь индикаторного прибора, который подключается к низкочастотному разъему измерительной зондовой головки измерительной линии. Перемещение зондовой головки вдоль линии позволяет установить распределение напряженности электрического поля внутри волновода.

Измерение КБВ.

Перемещая каретку с зондом вдоль линии, по индикаторному прибору определяют величины максимального α_{max} и минимального α_{min} показаний индикатора и рассчитывают КБВ по формуле:

$$КБВ = \sqrt{\frac{\alpha_{\min}}{\alpha_{\max}}} \ . \qquad (Б.2)$$

Б.5 Измеритель полных сопротивлений Р3-35.

Измеритель полных сопротивлений Р3-35 предназначен для измерения полных сопротивлений различных радиоустройств с коаксиальным входом в метровом и дециметровом диапазонах волн.

Измерение КСВ.

Присоединив к разъему «нагрузка» измерителя измеряемый элемент, установить на генераторе по волномеру рабочую частоту. На шкале образцового конденсатора установить частоту генератора. Вращая приемную головку измерителя, по индикаторному прибору определяют величину максимального и минимального показания индикатора и рассчитывают КСВ по формуле:

$$КСВ = \sqrt{\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}}} \ . \qquad (Б.3)$$

где α_{max} – показание индикаторного прибора в максимуме поля;

α_{min} – показание индикаторного прибора в минимуме поля, т.е. отсчет КСВ производится так же, как и при работе с измерительной линией.

Б.6 Измеритель мощности Я2М-64.

Ваттметр поглощаемой мощности термисторный Я2М-64 предназначен для измерений средних значений мощности непрерывных СВЧ колебаний в коаксиальных трактах с уровнем мощности не более 10 мВт и 1 Вт в положениях высокочастотного переключателя 1 и 100 соотвественно. Перед включением ваттметра тумблер СЕТЬ и переключатель ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ поставить в положение ВЫКЛ, ручку ВЧ переключателя установить в положение «0».

Для подготовки прибора к работе необходимо:

– включить тумблер СЕТЬ;

– переключатель ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ установить в положение 10 мВт;

– прогреть прибор в течение 15 минут;

– ручками УСТАНОВКА НУЛЯ согласовать мост, установив нуль шкалы ваттметра.

Присоединить вход ВЧ переключателя к источнику измеряемой мощности, ВЧ переключатель установить в положение 1. Определив порядок измеряемой мощности, установить требуемое положение переключателя ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ.

Мощность определяется по формуле:

$$P_{изм} = \frac{P_{отс}}{K_э} - 2.5 мкВт. \qquad (Б.4)$$

где $P_{изм}$ – измеряемая мощность;

$P_{отс}$ – мощность, отсчитываемая по шкале ваттметра;

$K_э$ – коэффициент эффективности ВЧ переключателя, принимающий значения в диапазоне частот от 0.02 до 1 ГГц не менее 0.9, в диапазоне от 1 до 5 ГГц до 0.8 и при работе с ВЧ кабелями – 0.7.

Список литературы

1 Пименов Ю.В. и др. Техническая электродинамика. – М.: Связь, 2000, 536 стр.

2 Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Высшая школа, 2002, 416 стр.

3 Федоров Н.Н. Основы электродинамики. – М.: Высшая школа, 1980, 399 стр.

4 Никольский В.В. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Наука, 2004, 543 стр.

Содержание

	Введение…….	3
1	Лабораторная работа № 1. Исследование дисперсионных свойств радиоволновода…….....	4
2	Лабораторная работа № 2. Исследование полосковой линии……..	6
3	Лабораторная работа № 3. Исследование прямоугольных объемных резонаторов……...	9
4	Лабораторная работа № 4. Изучение методики измерения сопротивления нагрузки и согласования элементов волноводного тракта……...	11
	Методические указания лабораторных работ по АФУ…….	15
5	Лабораторная работа № 5. Поле излучателя, поднятого над поверхностью…….	16
6	Лабораторная работа № 6. Поле излучателя, расположенного близко к поверхности……...	17
7	Лабораторная работа № 7. Исследование замираний в КВ и СВ диапазонах…….	19
8	Лабораторная работа № 8. Влияние земли на ДН вибраторов…….	20
9	Лабораторная работа № 9. Излучение системы из двух вибраторов……...	22
10	Лабораторная работа № 10. Исследование ДН амперфидинговой антенны……..	23
11	Лабораторная работа № 11. Цилиндрическая спиральная антенна……..	24
	Приложение А……...	26
	Приложение Б……	29
	Список литературы……...	32

Сводный план 2019 г., поз. 143

Владимир Викторович Артюхин
Рафаиль Тлегенович Сафин

ТЕОРИЯ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН И АНТЕННО – ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

Методические указания по лабораторным работам
для студентов всех форм обучения специальности
5В071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Редактор Л.Т. Сластихина
Специалист по стандартизации Г.И. Мухаместариева

Подписано в печать
Тираж 80 экз. Формат 60х84 1/16
Объем 2.1 уч.-изд.л. Бумага типографская №1
Заказ № Цена 1030 тенге

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1