

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Методические указания
к лабораторным работам

Рязань 2025

УДК 621.396.96

Проектирование радионавигационных систем: методические указания к лабораторным работам / Рязан. гос. радиотехн. ун-т; сост.: А. Ю. Паршин. Рязань, 2025. – 16 с.

Содержатся краткие теоретические сведения, методики и описание порядка выполнения лабораторных работ по дисциплине «Проектирование радионавигационных систем» и «Моделирование радионавигационных систем». Рассматриваются методы измерения дальности и применение их в радионавигационных системах.

Предназначены для студентов дневной формы обучения по направлению 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» направленность «Радионавигационные системы и комплексы».

Радионавигационные системы, измерение дальности, фазовый метод измерения дальности, частотный метод измерения дальности, цифровое моделирование радиополя, фазированная антенная решетка

Проектирование радионавигационных систем

Составитель: П а р ш и н Александр Юрьевич

Лабораторная работа №1
**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО МЕТОДА
ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ**

1. Цель работы

Изучение принципа работы фазовых радиодальномеров типа М и Н, с однонаправленным радиоканалом и с ретрансляцией сигнала, исследование точности фазовых радиодальномеров.

2. Подготовка к работе

2.1. Домашнее задание

2.1.1. Изучить материалы по принципам построения фазовых радиодальномеров, а также точности и однозначности их измерений [2, с. 79-86].

2.1.2. Изучить настоящие методические указания.

2.2. Краткие теоретические сведения

Измерение дальности фазовым методом основывается на определении фазового сдвига между двумя гармоническими колебаниями, одно из которых опорное, а другое несет информацию об измеряемом расстоянии.

Измерения могут выполняться на несущей частоте (дальномеры типа «Н») и на частоте модуляции (дальномеры типа «М»).

Измерения могут быть организованы по беззапросному принципу (однонаправленные системы, использующие один радиоканал) и по запросному принципу (системы «запрос-ответ» с ретрансляцией сигнала).

Фазовая радиодальномерная система с однонаправленным радиоканалом (рис. 5.1) состоит из наземного передатчика ПРД, излучающего сигнал от задающего генератора ЗГ частоты ω , а также бортового оборудования, включающего приемник ПРМ, фазометр ФМ, опорой для которого служит сигнал высокостабильного генератора ГОН, фаза которого привязана перед полетом к фазе ЗГ, а также индикатора И.

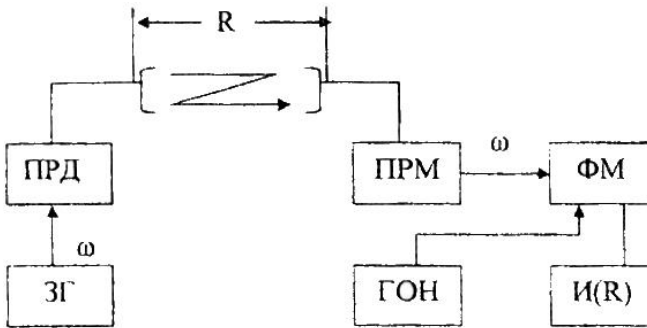


Рис. 5.1. Фазовая радиодальномерная система с однонаправленным радиоканалом

Если фаза сигнала ЗГ, а, следовательно, и ГОНа равна ωt , то фаза принимаемого на борту сигнала составляет $\omega(t - R/C)$, где R – измеряемое расстояние. Разность фаз этих сигналов:

$$\varphi_r = \omega \frac{R}{C} = \frac{2\pi R}{\lambda},$$

откуда $R = \frac{\varphi_r \lambda}{2\pi}$ – уравнение фазового радиодальномера с хранением начальной фазы бортовым эталонным генератором.

Как в любой фазовой системе однозначное измерение φ_r , а, следовательно, и дальности возможно только в пределах одного фазового цикла, равного 2π . Тогда максимальное расстояние, которое можно однозначно измерить, составляет:

$$R_{\max} = \frac{2\pi\lambda}{2\pi} = \lambda.$$

Если $R > R_{\max}$, то возникает неоднозначность из-за неспособности устройства различить 2 сигнала со сдвигом фаз φ_r и $\varphi_r + 2\pi n$, где n – неизвестное число.

Для расширения зоны однозначного отсчета необходимо увеличить длину волны.

Измерения в радиодальномерах с однонаправленным каналом могут быть организованы как по типу «Н», так и по типу «М», причем в последних легче обеспечить большее значение $R_{\max}$.

Зона в пространстве, в пределах которой фаза сигнала изменяется на 2π при изменении расстояния, называется зоной однозначного отсчета или фазовой дорожкой.

Число фазовых дорожек $n = R/\lambda$ и они имеют вид концентрических колец шириной λ .

Погрешность фазометра приводит к погрешности измерения расстояния:

$$\sigma_R = \frac{\lambda}{2\pi} \sigma_{\varphi_r}.$$

Величина σ_R тем меньше, чем меньше длина волны, т.е. существует противоречие между точностью отсчета и его однозначностью.

Путь преодоления этого противоречия следующие:

- использование предварительной информации о дальности, полученной от других бортовых систем;
- использование счетчиков полных фазовых циклов;
- излучение двух или более рабочих частот.

На практике точность дальнометрии зависит не только от σ_{φ_r} : необходимо учитывать нестабильность частоты бортового эталонного генератора, которая является определяющей при полетах на большие расстояния.

Пусть относительная нестабильность частоты ГОН составляет $\xi = \Delta\omega/\omega$, тогда за время T полета сформируется паразитный фазовый сдвиг $\Delta\varphi = \Delta\omega T = \xi\omega T$. Соответствующая погрешность измерения дальности:

$$\Delta R = \frac{\Delta\varphi\lambda}{2\pi} = \frac{\xi\omega Tc}{\omega} = \xi Tc.$$

Фазовые радиодальномеры не обладают разрешающей способностью по дальности: при одновременном поступлении на вход приемника нескольких сигналов они интерферируют, и фазовый сдвиг результирующего сигнала не несет никакой полезной информации.

3. Экспериментальная часть

4=3.1. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка представляет собой модель фазового радиодальномера типа «Н» (рис. 5.2). Сигналы в гнездах Г1, Г2 сдвинуты по фазе на величину, пропорциональную дальности. В качестве

имитатора дальности используется фазовращатель, поэтому максимальная имитируемая дальность соответствует фазовому сдвигу 2π .

Опорный сигнал с эталонного генератора через измерительный фазовращатель поступает на фазовый детектор. Измерение дальности заключается в установке по нуль-индикатору фазового сдвига измерительного фазовращателя ψ_H , при котором напряжение фазового детектора равно нулю. Так как $U_{\phi\partial} = k \cdot \cos(\Delta\psi)$, где k – коэффициент пропорциональности, а $\Delta\psi$ – фазовый сдвиг между принимаемым и опорным сигналами, то $U_{\phi\partial} = 0$ при $\Delta\psi = 90^\circ$. Поэтому отсчет фазы ψ_H отличается от истинного сдвига ψ , задаваемого имитатором дальности, на величин $\psi_H - \psi = 90^\circ$.

Для расчета измеренной дальности R_H необходимо использовать величину $\psi_0 = \psi_H - \Delta$, где Δ – экспериментально найденный фазовый сдвиг, при котором стрелка индикатора находится в нулевом положении (систематическая ошибка измерения разности фаз). Тогда:

$$R_H = \frac{\lambda}{2\pi \cdot 57,3} \psi_0 = 0,834 \frac{\psi_0}{F} \text{ [км]},$$

где F – частота сигнала [кГц].

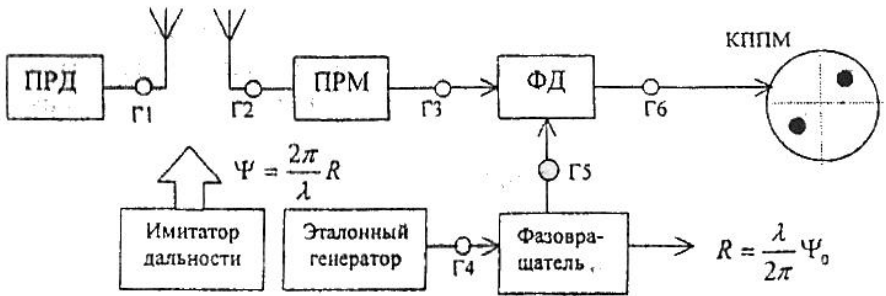


Рис. 5.2. Модель фазового радиодальномера типа «Н»

4.2. Порядок проведения лабораторного исследования

4.2.1. Построение дискриминационной характеристики фазового детектора.

В работе используется несущее колебание с частотой модуляции $F = 30$ Гц.

Снять зависимость напряжения на выходе фазового детектора от величины сдвига фазы измерительного фазовращателя (сдвиг фазы имитатора дальности установить равным нулю). Отсчеты произвести для значений ψ_H , указанных в табл. 5.1.

Таблица 5.1

ψ_H , град	0	30	60	90	120	150	210	240	270	300	330
I , мкА											

Построить дискриминационную характеристику $I = f(\psi_H)$ фазового детектора. Определить ошибку настройки измерителя разности фаз $\Delta = \psi - \psi_H$, где ψ_H – положение измерительного фазовращателя, при котором дискриминационная характеристика первый раз проходит через ноль.

4.2.2. Построение градуировочной характеристики. Оценка точности.

Задавая на имитаторе дальности различные значения фазового сдвига ψ (табл. 5.2), определить сдвиг фазы измерительного фазовращателя ψ_H , соответствующее нулю КППМ. Рассчитать имитируемую и измеренную дальность и, используя данные табл. 5.2, построить кривую погрешностей $\Delta R = f(\psi)$.

Таблица 5.2

ψ , град	0	30	60	90	...	270	300	330
ψ_H , град								
$\psi_0 = \psi_H - \Delta$								
R_H								
$\Delta R = R - R_H$								

5. Вопросы для защиты лабораторной работы

- Какова идеальная дискриминационная характеристика фазового детектора и чем от нее отличается характеристика, полученная в процессе эксперимента?
- Как проводилась оценка точности радиодальномера?
- Каков характер кривой погрешности $\Delta R = f(\psi)$?
 - Чем отличаются фазовые дальномеры типов «М» и «Н»?
 - Как связана разность фаз с расстоянием для одностороннего дальномера?

3. Поясните причину возникновения неоднозначности фазовой дальнометрии.
4. Поясните противоречие между точностью измерения дальности и его однозначностью.
5. Чему равна ширина фазовой дорожки дальномеров?

Лабораторная работа № 2
**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
 МОБИЛЬНОЙ СТАНЦИИ МЕТОДОМ ЦИФРОВОГО
 МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЯ**

1. Цель работы

Изучение влияния различных факторов на точность оценивания положения мобильной станции методом построения базы данных радиополя путем измерения мощности принятого сигнала при использовании логарифмической модели расстояния.

2. Задание на лабораторную работу

Для выполнения лабораторной работы необходимо ознакомиться со следующими теоретическими материалами:

- метод цифрового моделирования радиополя (fingerprinting) [2, с. 133-135];
- ошибки при использовании методов цифрового моделирования радиополя [2, с. 146-148].

Мощность сигнала в точке приема определяется формулой

$$P_{izm} = P_0 + 10 \cdot n \cdot \lg\left(\frac{d_0}{d}\right) f(\psi), \text{ где } n - \text{коэффициент затухания сигнала}$$

в пространстве, P_0 - мощность сигнала на расстоянии $d_0 = 1$ м от передатчика, d - искомое расстояние до приемника.

2.1. Оценка влияния числа базовых станций.

Установить координаты базовой станции №1 путем задания параметров X1 и Y1 в окне программы. Установить координаты мобильной станции путем задания параметров Xms и Yms. Убедиться в равенстве значений мощностей базовых станций P1, P2, P3, P4 и номинальной мощности, заданной для мобильной станции P0. Запустить программу, оценить число обнаруженных положений мобильной стан-

ции по трехмерному графику. Записать число полученных оценок в отчет. Кроме рисунка, можно это сделать путем вывода в командной строке размера переменной `Pdplot` следующим образом: `size(Pdplot)`.

Внимание! В случае долгого расчета можно уменьшить число точек формируемого графика. Для этого изменить размер массивов `Xsize` и `Ysize` (третий аргумент функции `linspace`).

По окончании расчета выводятся значения оценок координат мобильной станции `Xst` и `Yst`. Записать их в отчет, сравнить с истинными. Оценить абсолютную и относительную погрешности.

2.2. Исследование зависимости погрешности от числа базовых станций.

Установить положение источника № 2 путем задания параметров `X2` и `Y2` в окне программы. Повторить пункт 2.1. Затем установить положение источников № 3 и № 4. Повторить пункт 2.2. Оценить погрешности, занести в отчет, сделать выводы о влиянии числа базовых станций на погрешность оценки координат. Построить графики зависимости погрешности от числа источников.

2.3. Исследование влияния разбаланса мощности на погрешность оценки координат мобильной станции.

Задать различные значения мощности базовых станций в программе при числе источников 2, 3 и 4. Изменения проводить в пределах 10% от номинального значения. Координаты источников оставить неизменными. Повторить пункт 2.1 для разного числа источников. Оценить погрешности, занести в отчет, сделать выводы о влиянии разбаланса мощностей базовых станций на погрешность оценки координат при различных вариантах разбаланса (например, мощность одной БС больше номинальной, мощность другой меньше номинальной, потом все мощности больше номинальной, все мощности меньше номинальной и т.д.) Всего рассмотреть три ситуации для случая 3 и 4 БС.

Контрольные вопросы

1. Принцип оценивания положения станции методом цифрового моделирования радиополя.
2. Метод цифрового моделирования радиополя.
3. Алгоритм k -ближайших соседей.
4. Алгоритм построения базы данных и оценивания положения с использованием нейронных сетей.
5. Влияние числа базовых станций на погрешность оценивания координат мобильной станции.

6. Влияние разбаланса мощности базовых станций на погрешность оценивания координат мобильной станции.
7. Основные параметры сигнала, используемые для построения цифровой модели радиополя.
8. Методы минимизации погрешности оценки положения МС.
9. Основные факторы, влияющие на погрешность оценки положения мобильной станции.
10. Влияние многолучевости на результаты построения цифровой модели радиополя.

Библиографический список

1. Бакулев П.А., Сосновский А.А. Радиолокационные и радионавигационные системы: учеб. пособие для вузов. М.: Радио и связь, 1994.
2. Методы спутникового и наземного позиционирования. Перспективы развития технологий обработки сигналов / под. ред. Д. Дардари, Э. Фаллетти, М. Луизе. М.: Техносфера, 2012. 528 с.
3. Автоматизированные системы управления воздушным движением / под ред. С.Г. Пятко, А.И. Красова. СПб.: Политехника, 2004.
4. Беляевский Л.С., Новиков В.С., Олянюк П.В. Основы радионавигации. М.: Транспорт, 1992.

Лабораторная работа №3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ

Цель работы: 1 Ознакомление с принципом работы радиовысотомера, использующего метод частотной модуляции на примере радиовысотомера типа РВ-УМ. 2 Изучение структурной схемы и конструкций блоков радиовысотомера и измерение его параметров. 3 Закрепление теоретических сведений о радиотехнических системах (РТС) данного типа.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СВЕДЕНИЯ О РАДИОВЫСОТОМЕРЕ РВ-УМ Радиовысотомер малых высот типа РВ-УМ предназначен для определения истинной высоты полета над земной поверхностью в диапазоне от 0 до 600 м и для обеспечения звуковой и световой сигнализации заданных высот полета. Показания радиовысотомера не зависят от покрова местности и атмосферных условий (температуры, влажности и т.п.). Отдельные крупные строения, возвышенности,

овраги берега рек и озер отмечаются на указателе высоты соответствующими изменениями показаний высоты. Радиовысотомером затруднительно пользоваться при полетах над горной местностью вследствие резких изменений расстояний от летящего самолета до земли, которые могут превышать диапазон измеряемых высот. При значительных продольных и поперечных кренах самолета (более 30°) показания радиовысотомера становятся ошибочными (особенно при полетах над пересеченной местностью) и пользоваться им в этих случаях не рекомендуется. Основные тактико-технические данные радиовысотомера: 1 Диапазон измеряемых высот: от 0 до 600 м. 2 Точность измеряемой высоты в диапазоне 0 – 600 м: ± 5 м, $\pm 8\%$ Н. 3 Средняя частота генератора СВЧ: 444 ± 6 МГц. 4 Полоса модуляции: 17 ± 2 МГц. 5 Потребляемая мощность: не более 125 ВА. 6 Излучаемая мощность: не менее 0,2 Вт. 7 Сигнализация заданной высоты: звуковая и световая. 8 Источник питания: 115 В, 400 Гц. Работа радиовысотомера основана на явлении отражения радиоволн от земной поверхности. Для определения высоты полета самолета использован частотный метод, использующий пропорциональность между временем запаздывания отраженного сигнала и частотой биений, образующихся в результате взаимодействия этого сигнала с излучаемым колебанием. При этом частота излучаемых колебаний изменяется обычно по периодическому закону (линейнопилообразному, синусоидальному и т.п.). Блок-схема радиовысотомера показана на рис. 1.1. Конструктивно радиовысотомер выполнен из следующих основных частей: антенного устройства, приемно-передающего устройства, указателя высоты УВ-57, представляющего собой стрелочный прибор постоянного тока, переключателя сигнализированной высоты ПСВ-УМ, предназначенного для установки заданной высоты и приставки раздельной сигнализации, для подачи звукового сигнала. Антенное устройство радиовысотомера состоит из двух антенн: приемной и передающей. Обе антенны одинаковы конструктивно и по электрическим параметрам и, следовательно, взаимозаменяемы. Антенны крепятся на металлической обшивке крыльев или фюзеляжа самолета. У основания антенны имеется разъем для подключения соединительного кабеля. 1 2 МРП-56 П ~ 115 В 400 Гц Рис. 1.1 Блок-схема радиовысотомера: 1 – антенна передающая; 2 – антенна приемная; 3 – генератор СВЧ; 4 – балансный детектор; 5 – усилитель низкой частоты; 6 – ограничитель; 7 – счетчик; 8 – усилитель постоянного тока; 9 – указатель высоты; 10 – электродвигатель; 11 – звуковой генератор; 12 – цепи питания; 13 – схема блокировки указателя высоты; 14 – схема сигнализации заданной высоты; 15 – переключатель сигнализированной высоты; 16 – приставка раздельной сигнализации

Приемопередатчик состоит из генератора СВЧ, балансного детектора, звукового генератора, усилителя низкой частоты, ограничителя, счетных цепей, цепей сигнализации, схемы блокировки указателя высоты и цепей питания. Приемопередатчик смонтирован на шасси, жестко связанном с передней панелью. Указатель высоты представляет собой стрелочный прибор постоянного тока, который показывает высоту полета самолета непосредственно в метрах. На указателе высоты помещены резисторы регулировки радиовысотомера "Уст. нуля" и "Калибр.". Переключатель сигнализируемой высоты предназначен для установки заданной высоты 50, 100, 150, 200, 250, 300 и 400 м. При снижении самолета до уровня, соответствующего заданной высоте, в шлемофоне летчика раздается звуковой сигнал тона 400 Гц в течение 3...7 с и на приборной доске загорается красная сигнальная лампа. Приставка раздельной сигнализации предназначена для подачи звукового сигнала в шлемофоны двух пилотов. Работа радиовысотомера протекает следующим образом: генератор СВЧ излучает через передающую антенну модулированные по частоте высокочастотные колебания, которые проходят путь от самолета до земли, отражаются от нее, возвращаются обратно, и, принятые приемной антенной, поступают на балансный детектор (отраженный сигнал). Одновременно на балансный детектор через фидер, находящийся внутри приемопередатчика, подаются колебания непосредственно от генератора (прямой сигнал). Так как путь отраженного сигнала зависит от высоты полета и значительно превышает путь прямого сигнала, то отраженный сигнал попадает на балансный детектор с некоторым запаздыванием. Время запаздывания равно времени прохождения радиоволн от самолета до земли и обратно, т.е. , $2 \text{ с } H t = (1.1)$ где H – высота полета, м; c – скорость распространения радиоволн, м/с. 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 Частота генератора СВЧ со временем изменяется, а путь отраженного сигнала значительно превышает путь прямого сигнала, поэтому на балансный детектор будут поступать два сигнала различной частоты. В результате сложения частот этих сигналов получается напряжение с частотой биений, равной разности частот прямого и отраженного сигналов , $4 \text{ б } m \text{ м } F \text{ с } f \text{ F } H \text{ F } + \Delta = (1.2)$ где F_b – частота биений, Гц; Δf – полоса модуляции, Гц; F_m – частота модуляции; H – измеряемая высота, м. Из формулы (1.2) видно, что частота биений пропорциональна высоте. Усиленное напряжение сигнала после ограничения в амплитудном ограничителе поступает на счетчик радиовысотомера. На счетчике прямоугольные импульсы частоты биений преобразуются в постоянное напряжение, величина которого пропорциональна частоте биений. Это напряжение поступает на сетку усилителя постоянного

тока, в катод которого включен указатель высоты. Указатель высоты отградуирован в метрах и отмечает истинную высоту полета. Схема блокировки указателя высоты предназначена для ликвидации ложных показаний указателя высоты и ложной сигнализации заданной высоты при слабом отраженном сигнале, т.е. когда высота полета самолета превышает 600 м. На вход схемы блокировки поступает напряжение с выхода УНЧ. Когда это напряжение достаточно велико (при высоте полета самолета более 600 м), то срабатывает схема блокировки и стрелка указателя высоты становится на правый упор. Схема блокировки срабатывает в том случае, если переключатель сигнализируемой высоты находится в одном из следующих положений: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 м. Схема сигнализации заданной высоты представляет собой управление двумя напряжениями: напряжением от переключателя сигнализируемой высоты и напряжением от усилителя постоянного тока. Когда эти напряжения сравниваются по величине, срабатывает релейная часть схемы сигнализации заданной высоты и загорается сигнальная лампа. Лампа горит до тех пор, пока самолет находится в зоне заданной высоты (т.е. при снижении самолета до земли). Питание радиовысотомера осуществляется от сети 115 В, 400 Гц.

Порядок выполнения работы 1 Изучить принцип действия радиовысотомера РВ-УМ и режимы его работы. 2 Ознакомиться с конструкцией основных блоков, входящих в комплект радиовысотомера РВ-УМ. 3 Изучить и описать принципиальную схему одного из блоков высотомера (по заданию преподавателя). 4 Произвести проверку работоспособности и настройку высотомера, для чего: а) включить напряжение питания по переменному току 115 В, 400 Гц; б) переключатель сигнализируемой высоты поставить в положение "Выкл.", при этом должна загореться лампочка световой сигнализации; в) переключатель сигнализируемой высоты поставить в положение "К", подключить к радиовысотомеру тестер Т-1 и установить имитируемую высоту по тестеру $H = 100$ м, при этом стрелка указателя высоты УВ-57 должна установиться на высоте 100 м; г) если стрелка указателя высоты не стоит на отметке 100 м, то с помощью отвертки вращением оси потенциометра "Калибровка" добиться точного совпадения стрелки индикатора и отметки шкалы указателя высоты; д) отключить тестер Т-1 и с помощью отвертки, вращая ось "Уст. нуля", добиться установки стрелки указателя высоты на механический ноль. 5 Измерить чувствительность радиовысотомера, для чего: а) переключатель сигнализируемой высоты поставить в положение "Выкл."; б) подключить тестер Т-1 и установить высоту на тестере $H = 100$ м; в) выдвинуть полностью подвижную часть аттенюатора, на индикаторе стрелка должна показы-

вать механический ноль (белая точка); г) задвинуть полностью аттенюатор, при этом стрелка высотомера должна показывать 100 м; д) медленно выдвигая подвижную часть аттенюатора, установить стрелку индикатора на 10 м и по шкале аттенюатора определить величину затухания в дБ; е) чувствительность определяется с учетом проведенного измерения по формуле $S = S_0 + S_c$, (1.3) где S_0 – отсчет по шкале аттенюатора; S_c – собственное затухание тестера Т-1, $S_c = 30,5$ дБ. 6 Вычислить погрешность определения заданной высоты и проверить срабатывание звуковой и световой сигнализации на заданной высоте, для чего: а) с помощью тестера Т-1 задать опасную высоту (по указанию преподавателя); б) переключатель сигнализируемой высоты ПСВ-УМ поставить в положение равное или превышающее заданное значение высоты и убедиться в срабатывании звуковой и световой сигнализации; измерить длительность звукового сигнала; в) по разности заданного значения высоты и показания индикаторной стрелки определить погрешность радиовысотомера. 7 По показаниям стрелки индикатора высоты и на основании формулы (1.1) определить задержку сигнала. Для трех значений высоты построить график зависимости $t = f(H)$. 8 При включенном высотомере снять осциллограммы в отдельных точках схемы (по указанию преподавателя), подключая осциллограф к гнездам, выведенным на панели прибора. Содержание отчета Название работы. Цель работы. Назначение и основные тактико-технические данные радиовысотомера. Блок-схема радиовысотомера с обозначениями. Электрическая принципиальная схема одного из блоков высотомера. Формулы для расчета. Указания по выполнению лабораторной работы. Результаты измерений и расчетов. График зависимости $t = f(H)$.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение радиовысотомера.
- 2 Назовите основные блоки радиовысотомера.
- 3 На чем основан принцип действия высотомера?
- 4 Перечислите основные тактико-технические характеристики радиовысотомера.
- 5 В чем заключается частотный метод измерения дальности?
- 6 Какие методы, кроме частотного, могут быть также использованы в РТС для измерения дальности до цели?
- 7 Как измеряется чувствительность радиовысотомера?
- 8 Поясните назначение и принцип работы одного из блоков.
- 9 Как конструктивно выполнен высотомер?

10 Поясните назначение и условия срабатывания световой и звуковой сигнализации.

11 Поясните формулу для определения частоты биений.

Лабораторная работа №4

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Цель работы:

1. Задана эквидистантная линейная антенная решетка из $N=5$ элементов. Расстояние между соседними элементами равно половине длины волны $d=0,5/\lambda_0$. Амплитудно-фазовое распределение на раскрыве антенной решетки синфазное: $f=\{1,1,\dots,1\}$.

На антенную решетку падает электромагнитная волна детерминированного гармонического сигнала длиной волны λ_0 и с направления, задаваемого угловой координатой $\gamma=-90\dots+90$ градусов.

Сигнал на выходе антенной решетки равен сумме сигналов элементов с учетом амплитудно-фазового распределения.

Построить зависимость амплитуды выходного сигнала AP от углового положения источника сигнала.

2. Задана эквидистантная линейная антенная решетка из $N=5$ элементов. Расстояние между соседними элементами равно половине длины волны $d=0,5/\lambda_0$. Амплитудно-фазовое распределение на раскрыве антенной решетки синфазное: $f=\{1,1,\dots,1\}$.

На антенную решетку падает электромагнитная волна детерминированного гармонического сигнала длиной волны λ и с направления, задаваемого угловой координатой $\gamma=-90\dots+90$ градусов.

Построить зависимость амплитуды выходного сигнала AP от углового положения источника сигнала при различных значениях расстройки частоты сигнала c/λ относительно частоты фазирования c/λ_0 , где c – скорость распространения волны.

3. Задана эквидистантная линейная антенная решетка из $N=5$ элементов. Расстояние между соседними элементами равно половине длины волны $d=0,5/\lambda_0$. Амплитудно-фазовое распределение на раскрыве антенной решетки синфазное: $f=\{1,1,\dots,1\}$.

На антенную решетку падает электромагнитная волна бигармонического детерминированного гармонического сигнала длиной волны λ и с направления, задаваемого угловой координатой $\gamma = -90 \dots +90$ градусов. Частоты сигнала равны $f_0 - \Delta F/2$ и $f_0 + \Delta F/2$.

Построить зависимость *усредненной амплитуды* выходного сигнала АР от углового положения источника сигнала при различных значениях разности частот сигнала ΔF относительно друг друга.

Библиографический список

1. ГОСТ 12252-86. Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы. Основные параметры. Технические требования. Методы измерений.
2. Банк М.У. Электрические и акустические параметры радиоприемных устройств. М.: Связь, 1974. 288 с.
3. Банк М.У. Параметры бытовой приемно-усилительной аппаратуры и методы их измерения. М.: Радио и связь, 1982. 127 с.
4. Роткевич В., Роткевич П. Техника измерений при радиоприеме. М.: Связь, 1969. 496 с.
5. Радиостанция подвижной связи: Справочник / И.И. Дежурный, В.М. Кузьмин и др. М.: Связь, 1979. 88 с.
6. Глазков Н.Н., Фролкин В.Д. Методы измерения многосигнальной избирательности радиоприемных устройств: Учеб. пособие. Рязань: РРТИ, 1974. 60 с.

Содержание

Лабораторная работа № 1. Исследование характеристик частотного детектора	1
Лабораторная работа № 2. Исследование радиовещательного радиоприемника	16
Лабораторная работа № 3. Исследование радиоприемного тракта телевизора	30
Лабораторная работа № 4. Исследование радиоприемника радиостанции	42

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

СОГЛАСОВАНО

ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ, Паршин Юрий Николаевич,
Заведующий кафедрой РТУ

07.07.26 14:04 (MSK)

Простая подпись