**Министерство образования Республики Беларусь**

**Учреждение образования**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**Кафедра Радиотехнических систем**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторной работе

**“Исследование радиоприемного устройства РЛС сантиметрового диапазона волн”**

Для студентов по дисциплинам: радиолокация, радионавигация, радиотехнические системы.

**Минск 2016**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

1 Изучение физических принципов, лежащих в основе функционирования радиоприемного устройства РЛС сантиметрового диапазона волн.

2 Ознакомление с технической реализацией радиоприемного устройства РЛС в составе лабораторной установки.

3 Экспериментальное исследование основных технических характеристик радиоприемного устройства РЛС.

**1 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА РЛС И ЕГО ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Радиолокационные станции работают в диапазоне УКВ и большинство из них в импульсном режиме. Назначение РЛС определяет схему её приёмника, его конструкцию и качественные показатели от которых зависят основные параметры РЛС (дальность действия, точностные характеристики, разрешающая способность, помехоустойчивость и др.).

Для неискаженного усиления слабых радиоимпульсов с последующим их преобразованием в видеоимпульсы, приемник должен иметь высокую чувствительность и широкую полосу пропускания, что можно обеспечить только при супергетеродинном приёме. Каждый радиоприёмник обладает определенными характеристиками (параметрами или качественными показателями), зная которые можно судить о его потенциальных возможностях.

К основным параметрам относятся: чувствительность, избирательность, полоса пропускания, динамический диапазон, диапазон волн и выходное напряжение или мощность.

**Чувствительность** приёмника характеризует его способность принимать слабые сигналы. В радиолокации принято пользоваться двумя определениями чувствительности по напряжению в микровольтах в метровом диапазоне и мощности в микроваттах в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн. Различают предельную чувствительность и реальную.

**Под предельной чувствительностью** понимают минимальный уровень входного сигнала (по напряжению или мощности), при котором сигнал на выходе приёмника равен напряжению собственных шумов.

**Под реальной чувствительностью** понимают минимальный уровень входного сигнала, при котором обеспечиваются заданные качественные показатели обнаружения. Следовательно, минимально необходимая мощность отраженного (полезного) сигнала на входе приёмника должна быть больше номинальной мощности входных шумов в  раз, где  - коэффициент различности;

 - коэффициент шума приемника;

Численное значения  колеблется от 2 до 5 и зависит от задач, решаемых РЛС. Из этого следует, что реальная чувствительность хуже предельной в  раз.

**Чувствительность радиолокационных приёмников** часто определяют в логарифмическом сравнении с некоторой величиной мощности, принятой за условный опорный уровень. Обычно этот уровень обозначается как и принимается в 10 мкВт. Логарифмическое сравнение двух мощностей выражают в децибелах (дБ). Тогда реальная чувствительность приёмника в децибелах определяется выражением:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

где - абсолютная величина реальной чувствительности; - опорный уровень мощности измерительного генератора.

**Избирательность приёмника** – это его способность отделять принимаемые полезные сигналы от всех других сигналов и помех, воздействующих на приёмную антенну. Избирательность осуществляется за счёт резонансных свойств контуров усилителей приёмника и специальных фильтров.

**Полоса пропускания** приёмника характеризует качество его работы. Чем шире полоса пропускания приёмника, тем меньше искажений претерпевают в нём усиливаемые сигналы. Однако при слишком широкой полосе пропускания велико влияние внешних помех и внутренних шумов приёмника, а они ограничивают его чувствительность. Кроме того, расширение полосы пропускания приёмника приводит к ухудшению его избирательности. На практике в приёмных устройствах РЛС реализуется оптимальная или квазиоптимальная обработка сигналов, что позволяет наилучшим образом осуществить процедуру их обработки.

**Выходное напряжение** или мощность зависит от типа оконечного прибора и в приёмниках РЛС составляет единицы вольт.

**Под диапазоном волн** понимается способность приёмника обеспечивать приём сигналов в заданном диапазоне и оценивается перекрытием диапазона. На любой волне рабочего диапазона приёмник должен иметь номинальную чувствительность, избирательность и полосу пропускания.

**Под динамическим диапазоном** приёмника по выходу понимают отношение максимального выходного сигнала при допустимых его искажениях к уровню рабочего шума приёмника и выражается в децибелах.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Расширение диапазона достигается повышением чувствительности и применением схем автоматического регулирования (АРУ, БАРУ).

В современных РЛС имеется аппаратура защиты от пассивных, активных шумовых, ответноимпульсных, несинхронных помех, что привело к расширению понимания термина радиоприемного устройства. Применение цифровых методов обработки сигналов усложнило процедуру их обработки, что привело к замене термина “приёмное устройство” на термин “тракт приёма и обработки сигналов” (ТПиОС). Он включает в себя все элементы, задействованные в обработке сигналов от антенных систем до оконечных устройств, включая аппаратуру цифровой обработки.

**2 ОЗНАКОМЛЕНИЕ С ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИЕЙ РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА РЛС В СОСТАВЕ ЛОБАРОТОРНОЙ УСТАНОВКИ**

Лабораторная установка выполнена на базе приемного устройства радиолокационного высотомера и включает в себя шкаф приемника, комбинированный радиолокационный измерительный прибор десятисантиметрового диапазона волн РИП-10, генератор синхронизирующих (запускающих) импульсов Г5-54 и блок питания 27В и 200В.

В состав шкафа приемного устройства входит:

* РК-05 – блок контроля, который включает в себя осциллограф, устройство задержки контрольного импульса и органы управления генератором шума (ГШ);
* РП-07 – блок приемника в составе УПЧ с амплитудным детектором и видеоусилителем (ВУС), когерентной аппаратурой, а также схемы дифференцирования и временной регулировки усиления(ВАРУ);
* ВГ-11 – блок высокостабильного перестраиваемого местного гетеродина с элементами АПЧ, управления и контроля. Он обеспечивает работу смесителей сигнала и АПЧ;
* РЧ-06 – блок АПЧ гетеродина ВГ-11 с органами настройки, контроля и управления. В нем размещен смеситель АПЧ и формируется контрольный импульс передатчика для настройки приемного устройства;
* блок УВЧ с генератором шума, преселектором и смесителем сигнала (закреплен на правой стенке шкафа).

Структурная схема лабораторной установки.

Структурная схема лабораторной установки приведена на рисунке 1.

Сигнал от антенны через антенный переключатель поступает на вход УВЧ на ЛБВ, а с него на преселектор со смесителем. На второй вход смесителя поступают колебания местного гетеродина блока ВГ-11. При измерении чувствительности контрольный сигнал поступает от РИП-10, а при измерении коэффициента шума от шумового генератора (ГШ).

Преселектор волноводного типа осуществляет грубую частотную селекцию сигнала, и его перестройка осуществляется автоматически при переходе с волны на волну.

С выхода смесителя сигнал на  поступает на восьмикаскадный УПЧ. На первый каскад воздействует напряжение ВАРУ и контрольный импульс передатчика. Третий и четвертый каскады имеют регулируемый коэффициент усиления посредством ручки РРУ. Восьмой каскад имеет два выхода: один на амплитудный детектор, а второй на когерентную аппаратуру. С выхода детектора сигнал на видеочастоте поступает на вход видеоусилителя (ВУС), а с него через катодный повторитель (КП) на индикатор. Катодный повторитель согласует выходное сопротивление приемника с линией передачи (нагрузкой). Между детектором и ВУС может включаться дифференцирующая цепочка тумблером «ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ», которая дробит протяженные сигналы от местных предметов и дипольных отражателей.

Схема временной регулировки усилителя (ВАРУ) позволяет ввиду сильной временной селекции уменьшить уровень мощных сигналов от местных предметов по основному лепестку диаграммы направленности антенны и исключить их прием по боковым лепесткам. Регулирующее напряжение ВАРУ автоматически уменьшает усиление УПЧ в ближней зоне. Включение схемы осуществляется тумблером «ВАРУ» РП-07.

В высотомере имеется аппаратура защиты от пассивных помех, в которой реализована процедура череспериодной компенсации (ЧПК). В состав когерентной аппаратуры приемного устройства входит: когерентный гетеродин, два фазовых детектора с ВУС, схема компенсации скорости ветра с фазосдвигающей цепочкой на 90 градусов и схема переключения режима фазирования когерентного гетеродина.

С выхода восьмого каскада УПЧ сигнал на  поступает на ограничители амплитуды, чем исключается влияние изменения амплитуды сигналов на работу фазовых детекторов.

На вторые входы фазовых детекторов поступает напряжение когерентного гетеродина, которое формируется следующим образом.

С выхода переключателя фазирования, выбранный сигнал фазирования через усилитель-задержку поступает на фазирующий каскад и через него навязывает начальную фазу колебаниям когерентного гетеродина, относительно которой в фазовых детекторах будут сравниваться фазы принятых эхо-сигналов, т.е. в них фазовые соотношения сигналов будут преобразовываться в амплитудные. От неподвижных предметов (местников) фаза отраженных сигналов от периода следования к периоду будет неизменна, поэтому амплитуда видеосигналов на выходе фазового детектора не будет меняться. Если эти сигналы подать на схему череспериодного вычитания, то они скомпенсируют друг друга, т.е. сигналы местников будут подавлены.

От подвижных объектов фаза отраженного сигнала от периода к периоду будет меняться из-за эффекта Доплера. Это приводит к тому, что видеоимпульсы на выходе фазового детектора от периода к периоду будут меняться по амплитуде и полярности, и после их череспериодного вычитания будет остаток, который и является полезным сигналом.

В состав схемы формирования когерентного напряжения входит устройство компенсации скорости ветра. В нем в когерентное напряжение дополнительно вводится регулируемое по частоте синусоидальное напряжение с частотой, равной доплеровскому сдвигу частоты, обусловленному радиальной скоростью ветра, под действием которого перемещаются дипольные отражатели в пространстве. При этом сигналы отражателей становятся как бы неподвижными в проявлении доплеровского эффекта на фазовых детекторах и в ЧПК они будут скомпенсированы.

В приемнике имеется два фазовых детектора, чем исключается эффект слепой фазы (Не путать со слепой скоростью!). Суть его заключается в том, что при фазовых сдвигах межу сигналом и когерентным напряжением в 90 или 270 градусов, на выходе фазового детектора сигнал будет равен нулю, т.е. будет отсутствовать. Для исключения потери сигналов когерентное напряжение первого фазового детектора сдвигается на 90 градусов специальной цепочкой. Тогда суммарное напряжение на выходе устройства ЧПК всегда будет максимальным при любых фазовых соотношениях  и определяется выражением .

В когерентной аппаратуре предусмотрено фазирование когерентного гетеродина сигналом помехи, поступающей с восьмого каскада УПЧ или зондирующим с блока АПЧ РЧ-06. Установка режима фазирования осуществляется тумблером «ФАЗИРОВАНИЕ ПОМЕХОЙ-ЗОНДИРУЮЩИМ» на РП-07. Переключатель фазирующих импульсов обеспечивает прохождение сигналов фазирования для дальнейшей обработки в соответствии с выбранным режимом. Выбор режима осуществляет оператор.

В приемном устройстве имеется схема АПЧ гетеродина. Элемент подстройки частоты гетеродина размещен внутри колебательной системы автогенератора и перемещается исполнительным двигателем.

**3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА РЛС**

В ходе проведения лабораторной работы предусматривается выполнение следующих операций:

* установка органов управления в исходное состояние;
* включение, снятие и оценка основных характеристик приемного устройства: чувствительности, динамического диапазона, коэффициента шума и проверка работы АПЧ;
* проверка работы схем ВАРУ и дифференцирования;
* выключение установки.
  1. **Исходное состояние органов управления и включения лабораторной установки**

3.1.1 Шкаф приемника: тумблер «НАКАЛ» – “выкл”.

БЛОК РК-05:

* на осциллографе блока все ручки в среднем положении;
* переключатель «РОД РАБОТЫ» - “усилит.”, а «ДИАПАЗОН РАЗВЁРТКИ» - “10-50 мкс”;
* переключатель «КОНТРОЛЬ» - “выход А (амплитудный выход)”;
* ручка «ЗАДЕРЖКА» - в среднем положении;
* тумблер «ЗАПУСК ИК-05» - “без задержки”;
* тумблер «НАКАЛ ШГ» и «АНОД ШГ» - “выкл.”;
* переключатель «РЕГУЛИРОВКА ТОКА» - “7”.

БЛОК РП-07:

* тумблеры «ВАРУ», «ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ», «КОМПЕНСАЦИЯ» - “выкл.”;
* тумблер «УВЧ-ВЫКЛ» - “увч”, а «ФАЗИРОВАНИЕ ПОМЕХОЙ - ЗОНДИРУЮЩИМ» - “зондирующим”;
* ручки «РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ» и «КОМПЕНСАЦИЯ» в крайнем левом положении;
* переключатели: «В-1» - “управляющий электрод”, «В-2» - “местное”, «В-3» - “детектор”.

БЛОК РЧ-06:

* тумблер «ТОК УПРАВЛЕНИЯ. – ТОК КРИСТАЛ.» - “ток кристал”;
* переключатель «РАБОТА АПЧ» - “выкл.”
* Блок ВГ-11: установить вручную маховичок элемента подстройки АПЧ (внутри блока через окно передней панели) в среднее положение от левого и правого упоров его вращения.

БЛОК БР-11: тумблер «АНОД» - выкл.

3.1.2 Радиолокационный измерительный прибор РИП-10

Ручки: «ЯРКОСТЬ» - поз.2 , «ФОКУС» - поз.4 , «Амплитуда» - поз.10 , «МАСШТАБ» - поз.12 , «УСТАНОВКА БАЛАНСА» «ГРУБО» - поз.19 и «ТОЧНО» - поз.20 - в среднем положении ; «ЗАДЕРЖКА» - поз.16 – “30 дел.”, «ЧАСТОТА» - поз.17 , «УСТАНОВКА УРОВНЯ МОЩНОСТИ ГС» - поз.32 и «ГСС» - поз.31 - в крайнем левом до упора, «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» - поз.22 – “37 делений шкалы”; «ГЕНЕРАТОР» - поз.28 – “2,5” по шкале; «АТТЕНЮАТОР» - поз.26 – “21 дел".; «ОТРАЖАТЕЛЬ КЛИСТРОНА» поз.30 - в среднем положении, «ВОЛНОМЕР» - поз.29 – “3,80 по шкале”.

Тумблеры: «Запуск  » - поз. 6 и поз. 34 в  ; «ВНУТРЕН.-ВНЕШНИЙ» - поз.7 – “внешний”; «ЗАДЕРЖКА» - поз.8 – “1,5-10”; «ЧАСТОТА» - поз.9 - произвольное; «ИЗМЕРЕНИЕ-КАЛИБРОВКА» поз.11 – “калибровка”; «УСТАНОВКА БАЛАНСА» - поз.13 – “грубо”; «ОТСЧТЕТ-БАЛАНС» - поз.14 “баланс”; «СЕТЬ» - поз.21 – “выкл”.

Переключатели: «РОД РАБОТЫ» - поз.18 – “чувствительность”; «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» - поз.25 – “импульсный”; «ЧУВСТВИТЕЛНОСТЬ ВОЛНОМЕРА» - поз.23 “меньше”, а ручка поз.27 – влево до упора.

3.1.3 Включение установки:

* включить питание синхронизатора Г5-54 и блока питания +27 В и ±200 В;
* на РИП-10 включить тумблер «Сеть» - поз.21;
* на шкафе приемника включить тумблер «НАКАЛ», а через 2 минуты «АНОД» на блоке БР-11.

При этом на экране осциллографа РК-05 появится развертка. Ручками управления осциллографа получить четкое и симметричное расположение развертки.

* 1. **Снятие и оценка основных характеристик приемного устройства**

3.2.1Технические характеристики приемника:

* коэффициент шума ;
* чувствительность  дБ относительного уровня 10 мкВт;
* номинальный уровень шумов 1 В;
* амплитуда видеоимпульсов на амплитудном выходе 6 В;
* амплитуда видеосигналов на когерентных выходах 8 В;
* полоса пропускания приемника 0,85 МГц;
* динамический диапазон ;
* полоса захвата АПЧ  МГц;
* точность слежения АПЧ  100 кГц;
* количество рабочих волн 5;
* время перестройки приемника с волны на волну 2 секунды.

3.2.2 Измерить чувствительности приемника для чего:

* установить ручкой «РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ» стрелку прибора РП-07 на 1 В по шкале 5 вольт;
* на РИП-10 установить тумблер «ИЗМЕРЕНИЕ-КАЛИБРОВКА» - поз.11 в “измерение” и ручкой «ГРУБО» - поз.19 установить стрелку прибора РИП-10 на нуль, после чего тумблер «ГРУБО» перевести в положение “точно” и ручкой «УСТАНОВКА БАЛАНСА ТОЧНО» - поз.20 вновь установить стрелку прибора на нуль;
* установить переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» - поз.25 в положение «НЕЗАТУХАЮЩ.» , ручкой «УСТАНОВКА УРОВНЯ МОЩНОСТИ ГСС» - поз.31 установить стрелку прибора РИП на 100 делений, этим самым устанавливается опорный уровень мощности сигнала на входе аттенюатора 10 мкВт;
* ручкой «ГЕНЕРАТОР» - поз.28 и вращением маховичка настройки преселектора РС-14 подстроить их частоты по максимальному показанию прибора РП-07, не допуская его зашкаливания, посредством вращения ручки «АТТЕНЮАТОР» - поз.26;
* после подстройки частот установить переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» - поз.32 в “импульсный” и ручкой «РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ» РП-07 установить уровень рабочего шума на выходе приемника по прибору 1 Вольт, после чего перевести переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» - поз.26 в “непрерывный” и ручкой «УСТАНОВКА УРОВНЯ МОЩНОСТИ ГСС» - поз.31 установить стрелку прибора РИП на 100 делений;
* ручкой «АТТЕНЮАТОР» - поз.26 уменьшить уровень сигнала РИП до показания прибора РП-07 1,5 Вольта;
* снять показания ослабления аттенюатора РИП, сложить их с затуханием сигнального кабеля 15 дБ (РИП – вход приемника) и ослаблением направленного ответвителя -35 дБ. Результат сложения и есть чувствительность приемника в дБ относительно опорного уровня 10 мкВт.

3.2.3 Определить динамический диапазон приемника для чего:

* установить переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» - поз.25 в положение “импульсный” ; ручку «АТТЕНЮАТОР» поз.26 – 9 делений;
* на экране осциллографа ИК-05 будет наблюдаться импульс РИП;
* уменьшая ослабление сигнала РИП вращением влево ручки «АТТЕНЮАТОР» - поз.26, увеличить импульс на экране осциллографа до начала его ограничения;
* по масштабной сетке экрана ЭЛТ измерить амплитуду импульса Uа зная, что уровень шума равен 1 В.

Определить динамический диапазон приемника

|  |
| --- |
|  |

3.2.4 Измерить коэффициент шума приемника для чего:

* включить на РК-05 тумблер «НАКАЛ ШГ»;
* плавно вращая ручку «РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ» РП-07 установить стрелку его прибора на символ «»;
* на РК-05 включить тумблер «АНОД ШГ» и переключателем «РЕГУЛИРОВКА ТОКА ШГ» установить по прибору величину тока 150180 мА, после чего снять показания прибора РП-07.

Значения коэффициента шума занести в отчет. Выключить тумблеры «НАКАЛ ШГ» и «АНОД ШГ».

3.2.5 Проверить работу схемы ВАРУ и дифференцирования для чего:

* на РК-05 установить диапазон развертки “150-750” мкс, переключатель «КОНТРОЛЬ» в положение “внешний” и подключить проводник входа осциллографа к гнезду «Выход А» блока РП-07;
* включить на РП-07 тумблер «ВАРУ» и по экрану осциллографа оценить работу схем. Осциллограмму внести в отчет. Подключить вход осциллографа к гнезду «ВАРУ» РП-07 и внести в отчет осциллограмму напряжения схемы ВАРУ;
* выключить схему ВАРУ, подключить осциллограф к гнезду «Выход А» блока РП-07 и включить тумблер «ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЕ» на РП-07. По экрану осциллографа оценить изменение структуры шума;
* выключить схемы ВАРУ и дифференцирования.

3.2.6 Проверка системы АПЧ приемника

Она предусматривает определение ширины захвата АПЧ и точность ее слежения.

Для проверки ширины захвата АПЧ необходимо:

* на блоке РК-05 переключатель «РОД РАБОТЫ» установить в “усилит”: «ДИАПАЗОН РАЗВЕРТКИ» - “10-50 мкс”, а «КОНТРОЛЬ» - “выход А”. Тумблер «ЗАПУСК ИК-05» - “без задержки”;
* на блоке РП-07 переключатель «В-3» - “детектор” и ручкой «РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ» установить уровень шума 1 В по прибору приемника (шкала 5 В);
* на блоке РЧ-06 переключатель «РАБОТА АПЧ» - “выкл.” и установить рукой маховичок элемента АПЧ в среднее положение от упоров;
* на РИП-10 установить переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» поз.25 – “импульсный”; ручку «АТТЕНЮАТОР» - поз.26 – “6 делений”, ручку «ГС» - поз.32 – “90 градусов от правого упора”; ручкой «ГЕНЕРАТОР» подстроить частоту РИП по наибольшей амплитуде импульса на экране РК-05, не допуская его ограничения регулировкой ручкой «АТТЕНЮАТОР» поз.26.

Включить АПЧ в работу, установив переключатель «РАБОТА АПЧ» блока РЧ-06 в положение “НАПЧ”, и плавным вращением ручки «ПАДСТРОЙКА ЧАСТОТЫ» блока РЧ-06 добиться максимального значения амплитуды, не допуская его ограничения посредством уменьшения уровня сигнала РИП ручкой «АТТЕНЮАТОР» - поз.26.

Выключить АПЧ, установив переключатель «РАБОТА АПЧ» РЧ-06 в положение “выкл”. И рукой повернуть маховичок механизма АПЧ вправо до упора, после чего включить АПЧ. Механизм АПЧ должен отработать расстройку, а импульс РИП восстановиться в свое максимальное значение. Аналогично проверить захват и отработку АПЧ со стороны левого упора. Если амплитуда импульса восстанавливается в свое максимальное значение с обеих сторон расстройки, то считается, что ширина захвата АПЧ обеспечивается.

При включенной АПЧ вручную легким вращением маховичка механизма АПЧ влево и вправо на 10 15 градусов убедиться, что импульс уменьшится, но восстанавливается по амплитуде при отпускании маховичка. Выполнение этого условия означает, что точность слежения АПЧ обеспечивается.

3.2.7 Проверочный расчет

Расчетным путем определить реальную чувствительность приемника, предварительно уяснив ряд теоретических положений условий обнаружения сигналов.

Уверенное обнаружение сигнала цели на экране индикатора возможно только в том случае, когда его уровень на выходе приемника превышает уровень шума.

На входе приемника отношение сигнал / шум является наибольшим. По мере прохождения сигнала к выходу приемника это отношение уменьшается. Число, показывающее во сколько раз отношение по мощности сигнал / шум на выходе приемника меньше, чем на входе называется коэффициентом шума

|  |  |
| --- | --- |
| . | (3) |
|  |  |

В радиолокации его значение часто выражают в децибелах

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Из вышеуказанного следует, что приемник помимо преобразования и усиления сигнала до величины, обеспечивающей нормальную работу оконечного устройства, ухудшает отношение сигнал / шум в  на выходе по отношению к его входу. Минимальное необходимое отношение мощности сигнала к мощности шума на выходе приемника называется коэффициентом различимости сигнала по мощности и обозначается как . Величина  зависит от типа индикатора и других факторов.

Следовательно, минимально необходимая мощность полезных сигналов на входе приемника должна быть больше номинальной мощности входных шумов в  раз, т.е.

|  |  |
| --- | --- |
| . | (5) |
|  |  |

Поскольку испытания приемников производятся при комнатной температуре (Т=290°К), формулу (5) можно написать в следующем виде:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

где  - реальная чувствительность приемника в микроваттах;

- полоса пропускания приемника в килогерцах;

*К* - постоянная Больцмана,  . Это средняя кинетическая энергия теплового движения одного свободного электрона в проводнике, температура которого равна одному градусу Кельвина.

На практике при измерении чувствительности приемников вместо коэффициента различимости по мощности  пользуются коэффициентом различимости по напряжению , под которым понимают отношение амплитуды выходного сигнала к средней амплитуде выходного напряжения шумов. Известно, что , тогда формула (6) принимает следующий вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

В нашем эксперименте 

Следует отметить, что чувствительность приемника здесь рассматривается без процедур накопления сигнала , т.е. обнаружение осуществляется по одному импульсу и уравнение радиолокации имеет вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

где  - энергия одиночного зондирующего сигнала;

 - спектральная плотность мощности внутренних шумов приемника;

 - требуемое отношение сигнал / шум на выходе приемника, обеспечивающее его обнаружение с заданными качественными показателями *D* и *F.*

Если в РЛС реализуется процедура когерентного накопления сигнала, то символ  заменяется на , тем самым подчеркивается, что факт обнаружения сигнала осуществляется с учетом накопленной энергии пачки отраженных сигналов на выходе когерентного накопителя. Тогда уравнение радиолокации принимает вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

где  - период повторения зондирования;

- время когерентного накопления;

 - энергия одиночного сигнала;

/ - количество эффективно накапливаемых импульсов.

Расчетным путем определить реальную чувствительность исследуемого приемника по формуле (7), при этом значение  брать по измеренному, полосу пропускания из технических характеристик приемника и коэффициентом различимости по напряжению 

Перевести измеренную чувствительность приемника из логарифмических единиц дБ в микроватты, зная что чувствительность в дБ измеряется как степень ослабления сигнала относительно опорного уровня 10 мкВт. Сравнить результаты расчета и измерений.

Иллюстрируется числовой пример. Пусть реальная чувствительность некоторого приемника относительно уровня 10 мкВт составляет  мкВт, тогда в дБ это будет составлять согласно выражению (1):



Переход от дБ к микроваттам осуществляется следующим образом: уровень в 10 мкВт необходимо уменьшить в 106,7 раза, что соответсвует уменьшению десяти микроватт в 106,7=5.000000 раз.

3.2.8 Выключение лабораторной установки.

На РИП-10 установить: тумблер «ИЗМЕРЕНИЕ-КАЛИБРОВКА» - поз.11 – “калибровка”; «ГРУБО-ТОЧНО» - поз.13 – “грубо”; переключатель «РЕЖИМ РАБОТЫ ГЕНЕРАТОРА» - поз.25 – “импульсный”, после чего выключить тумблер «СЕТЬ» - поз.21.

На блоке РП-03 установить: переключатель «В-2» - “местное”; «В-3» - “детектор”; ручку «РЕГУЛИРОВКА УСИЛЕНИЯ» - влево до упора.

На блоке РЧ-06 установить: переключатель «РАБОТА АПЧ» - “выкл.”

На блоке питания БИ-05 выключить тумблер «АНОД», а на шкафу приемника тумблер «НАКАЛ», после чего на блоке питания +27 В, ±200 В и генераторе импульсов Г5-54 выключить тумблер «СЕТЬ».