

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»
Кафедра систем информационной безопасности

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы «Исследование электрических передатчика подвижной связи» по дисциплине «Устройства генерирования и формирования радиосигналов» специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и дисциплине «Радиопередающие устройства» направления 11.03.01 «Радиотехника» (бакалавры) профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» очной и заочной форм обучения

Воронеж 2018

Составитель канд. техн. наук М.И. Бочаров.

УДК 621.396.61

Методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование электрических характеристик передатчика подвижной связи» по дисциплине «Устройства генерирования и формирования радиосигналов» специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и дисциплине «Радиопередающие устройства» направления 11.03.01 «Радиотехника» (бакалавры) профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» очной и заочной форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; Сост. М.И. Бочаров. Воронеж, 2018, 32 с.

В работе содержатся сведения о методах построения передатчиков подвижной связи, структурная схема современного передатчика и описание принципа формирования радиосигнала с частотной модуляцией, а также домашнее и лабораторное задание, методические указания для их выполнения и контрольные вопросы.

Предназначено для студентов третьего и четвертого курсов очной и заочной форм обучения.

Табл.6, Илл. 6, Библиогр.: 7 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доцент Е.Д. Алперин
Ответственный за выпуск зав. кафедрой СИБ д-р техн. наук,
проф. А. Г. Остапенко.

Печатается по решению учебно-методического совета
Воронежского государственного технического университета.

©ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный технический
университет», 2018

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАБОТЕ

1.1. Цель работы: приобрести практические навыки по экспериментальному определению основных электрических характеристик передатчика (ПД) подвижной связи.

1.2. При выполнении работы используются следующие измерительные приборы и оборудование: лабораторная установка; измеритель модуляции (ИМ); генератор сигналов низкочастотный (ГСН); высокочастотный (ВЧ) вольтметр; частотомер электронно-счетный (ЭСЧ).

В качестве лабораторной установки используется ПД радиостанции (РС) ВЭЛС-103, нагруженной на эквивалент антенны (ЭА) с сопротивлением 50 Ом.

2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

2.1. Изучить принципы построения передатчиков подвижной связи и структурной схемой современного ПД и особенности формирования радиосигнала с частотной модуляцией.

2.2. Ознакомиться с назначением и техническими характеристиками ПД радиостанции ВЭЛС-103 назначением его узлов, органов управления и принципом работы.

2.3. В соответствии с вариантом домашнего задания изучить типовые схемы основных радиоэлектронных устройств (фильтры, усилители, автогенераторы и т.д.), известные из курса “Основы теории цепей”, “Радиотехнические цепи и сигналы”, “Схемотехника аналоговых электронных устройств”, которые являются базой при построении. ПД Тип устройств приведен в табл.1.

Таблица 1

Номер варианта	Тип радиоэлектронного устройства
1	Последовательный резонансный контур
2	Параллельный резонансный контур
3	Фильтры нижних частот (RC, LC)
4	Резистивный каскад усиления
5	Цепи питания транзисторов
6	Дифференцирующие и интегрирующие цепи
7	Дифференциальный каскад
8	Активные фильтры
9	Эмиттерный (истоковый) повторитель
10	Операционный усилитель
11	LC-автогенераторы
12	RC-автогенераторы

2.4. Ознакомиться со структурными и принципиальными схемами усилителя мощности.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

3.1. При выполнении п. 2.1 необходимо с использованием [1...3] и приложения 1 изучить структурную схему современного ПД и назначением её отдельных функциональных узлов и особенностями формирования радиосигнала с частотной модуляцией.

3.2. При выполнении п. 2.2 используя знания, полученные при изучении общетехнических дисциплин, а также соответствующую литературу[4...5], необходимо:

нарисовать принципиальную (эквивалентную, структурную) схему устройства, соответствующую варианту

домашнего задания, и пояснить принцип ее работы;

привести аналитические выражения, поясняющие закон изменения основных характеристик этого устройства, например, амплитудно-частотной или фазо-частотной характеристик и др., а также графики этих зависимостей;

дать физическое пояснение закона изменения этих характеристик.

3.3. При выполнении п.2.3 необходимо, используя сведения, приведенные в [6], а также в приложении 2 и приложении 3 ознакомиться с основными техническими характеристиками РП, устройством и принципом работы РС, а также с принципом работы манипулятора (МП); (приложение 3).

3.4. При выполнении п.2.4 необходимо изучить структурную и принципиальную схемы усилителя мощности (УМ) передатчика (приложение 4), а также произвести сравнение отдельных каскадов этих схем с соответствующими схемами, рассмотренными в п.2.2. Отметить особенности и отличия этих схем.

4. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

4.1. Привести перечень и тип измерительных приборов, необходимых для измерения основных технических характеристик передатчика. При этом обратите внимание на то, что в качестве нагрузки используется ЭА с сопротивлением, равным 50 Ом.

4.2. Ознакомиться со схемой проверки параметров передатчика. Схема соединения основных блоков радиостанции и контрольные гнезда для подключения измерительной аппаратуры приведены в приложении 2.

4.3. Измерить уровень мощности в эквиваленте антенны

4

Схема измерений приведена на рис. 1,

1

2

3

5

Рис. 1. Блок схема для измерений мощности ПД

где 1 – манипулятор; 2 – приемопередатчик с блоком питания;
3 – тройниковый переход (ТП); 4 – высокочастотный
вольтметр; 5 – эквивалент антенны.

Вставьте в гнездо ТП выносной пробник ВЧ вольтметра. Включите РС на передачу. Переключатель “Сеть” поставить в положение 1. Нажмите кнопку  на манипуляторе. В результате в устройстве управления кратковременно включится схема включения питания и напряжение поступает на модуль управления. Модуль управления выдает команду на включение питания РС и удерживает её до следующего длительного нажатия кнопки . В этом положении РС находится в режиме “Прием”. При этом индикатор манипулятора светиться зелёным цветом.

Для включения режима “Передача” необходимо нажать па кнопку ПРД (слева на корпусе манипулятора) и удерживать её в нажатом состоянии и в течение всего времени проведения измерений. Индикатор ПРМ /ПРД в этом положении светится красным светом.

Зафиксируйте показания ВЧ вольтметра,

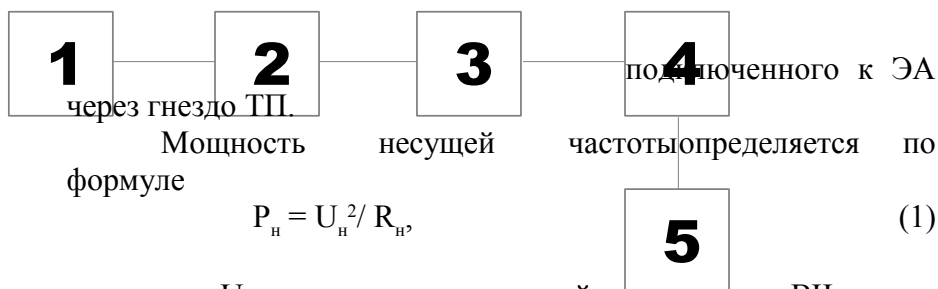


Рис. 2. Блок-схема для проверки точности установки частоты

где 1 – манипулятор; 2 – передатчик с блоком питания; 3 – тройниковый переход; 4 – эквивалент антенны; 5 – электронно-счетный частотомер.

Подключите ЭСЧ к эквиваленту антенны с помощью ВЧ кабеля (на ЭА для подключения измерительных приборов имеется ВЧ разъем). Включите РС на передачу. Зафиксируйте измеренное значение частоты на индикаторе частотомера, $f_{и}$.

Относительная точность установки частоты канала РС определяется по формуле

1**2****3****4**

$$\varepsilon = \frac{\Delta f}{f_n} = (f_{\text{и}} - f_{\text{и}}) / f_{\text{и}}, \quad (2)$$

где $f_n = 75,0$ кГц частота канала передатчика.

4.5. Измерить временную нестабильность частоты передатчика.

Схема измерений приведена на рис. 2.

Измерьте несколько значений несущей частоты ($N=5\dots 7$) на интервале времени $T=90\dots 120$ с.

Определите абсолютную нестабильность частоты по формуле

$$\Delta f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [f(t_i, \tau) - f_{H0}]^2}{(N-1)}}, \quad (3)$$

где t_i – момент измерения частоты; τ – время отсчёта частотомера; f_{H0} – среднее значение частоты на интервале измерения

Результаты измерения занести в отчёт.

По полученным значениям определить относительную частоту

$$\gamma = \frac{\Delta f}{f_{H0}} = A \cdot 10^{-B}, \quad (4)$$

где $1 < A < 10$ – коэффициент; B – целое число.

4.6. Определить чувствительность модуляционного входа.

Схема измерений приведена на рис. 3,

Рис. 3. Блок-схема для проверки чувствительности
модуляционного входа

где 1 – манипулятор; 2 – приемопередатчик; 3 – тройниковый переход; 4 – эквивалент антенны; 5 – генератор сигналов низкочастотный; 6 – измеритель модуляции; П1 – переключатель для отключения микрофона. XS1, XS2 – гнезда подключения генератора сигналов низкочастотного: XS1 – потенциальный вход; XS2 – общая точка.

Подключите вход ГСН к гнездам XS1, XS2, а измеритель модуляции к эквиваленту антенны (ВЧ разъем). Переключатель П1, расположенный на верхней панели блока приемопередатчика (ПП) поставьте в положение 2.

Установите частоту на лимбе ГСП, равную $F = 1000$ Гц. Включите радиостанцию на передачу, увеличьте амплитуду напряжения на выходе ГСН до величины $U_{\text{вых ч}}$, при которой девиация частоты $\Delta f_{\text{д}} = 3$ кГц (показания ИМ). Полученное значение $U_{\text{вых ч}}$ является чувствительностью модуляционного входа РС.

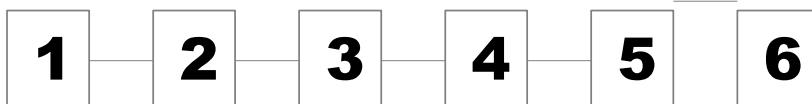
4.7. Снять частотно динамическую модуляционную характеристику канала передатчика.

Схема измерений приведена на рис. 3.

Установите на входе низкочастотного генератора уровень сигнала, соответствующий чувствительности модуляционного входа, полученного в пункте 4.6. Изменяя частоту сигнала на выходе генератора в пределах 50 Гц до 10 кГц с шагом 0.05... 0.5 кГц так, чтобы изменение АЧХ не превышало 0.5 дБ. Произведите замеры девиации частоты $\Delta f_{\text{д}}$. Результаты измерений занести в табл. 2.

Таблица 2

F, кГц							
--------	--	--	--	--	--	--	--



$\Delta f_{\text{д}}, \text{кГц}$							
-----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

По полученным результатам постройте график зависимости $\Delta f_{\text{д}} = \gamma(F)$.

С использованием полученных результатов определите полосу канала по уровню: 3 дБ; 6 дБ, а также наличие предискажения по подъему АЧХ на верхних частотах.

4.8. Измерить частоты тонального вызова. Схема измерений показана на рис. 4,

Рис. 4. Блок-схема для измерения частот вызова

где 1 – манипулятор; 2 – приемопередатчик; 3 – ТП; 4 – эквивалент антенны; 5 – измеритель модуляции; 6 – ЭСЧ.

Переключателем П1 подключить микрофон (положение 1). Включите РС на передачу (процедура включения РС в режим “Передача” в п. 4.3).

При нажатой кнопке ПРД радиостанция передает сигнал “Вызов” первой частоты F_1 . Запишите показания частотомера F_1 .

При нажатии кнопки “ВЫЗ” и при нажатой кнопке ПРД радиостанция передает сигнал “Вызов” второй частоты F_2 .

Запишите значение частоты F_2 , фиксируемое ЭСЧ.

Сравните полученные значения F_1 и F_2 с паспортными значениями $F_{\text{ип}}$ и $F_{\text{2п}}$ (приложение 2).

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

5.1. Расчеты и графики, полученные в соответствии с

пунктами 2.1... 2.4 домашнего задания.

5.2. Результаты измерений, полученные в ходе выполнения работы, представленные в виде таблиц и графиков.

5.3. Выводы по работе по каждому пункту задания, содержащие сопоставление результатов расчета и эксперимента, а также анализ полученных результатов и их оценка на соответствие техническим характеристикам и ГОСТ.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

А. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы.

6.1. Нарисуйте структурную схему современного ПД и поясните назначение её отдельных функциональных узлов.

6.2. В каком функциональном узле и каким образом формируется несущая частота ПД?

6.3. Как и в каком блоке РС ВЭЛС-103 осуществляется модуляция?

6.4. Какие достоинства радиопередатчиков с угловой модуляцией? Какие недостатки ПД с угловой модуляцией?

6.5. Для какой цели в ПД осуществляется предискажение спектра звукового сигнала.

6.6. Как измерить уровень мощности в эквиваленте антенны?

6.7. Что называется девиацией частоты? Индексом модуляции? Как измерить девиацию частоты?

6.8. Нарисуйте спектр ЧМ колебания. Как зависит ширина спектра ЧМ колебания от индекса частотной модуляции?

6.9. Поясните назначение блока “Манипулятор” РС ВЭЛС.

6.10. В качестве какого функционального узла (элемента) передатчика целесообразно использовать устройство, подробно изученного в п.2.3 домашнего задания?

6.11. Как ориентировочно определить с каким углом отсечки работает транзистор оконечного каскада усилителя мощности? Для какой цели используется режим с отсечкой этого каскада УМ.

6.12. Какую функцию выполняет “Эквивалент антенны”, подключённый к выходу РС?

6.13. Для какой цели в радиостанциях используются частоты вызова?

Б. Вопросы для защиты лабораторной работы.

6.14. Как практически определить вид угловой модуляции (частотная или фазовая) в радиостанции ВЭЛС-103?

6.15. Назовите достоинства режима работы транзистора с углом отсечки $\theta=90^\circ$. С углом отсечки $\theta>90^\circ$. С углом отсечки $\theta<90^\circ$.

6.16. Как экспериментально определить напряжённость режима работы каскадов УМ исследуемого передатчика?

6.17. Каким образом подаётся смещение на базу транзистора оконечного каскада УМ исследуемого передатчика?

6.18. Какие особенности схем смещения, выполненных с применением транзисторов в диодном включении?

6.19. Какая схема питания коллектора транзистора VT6? Транзистора VT7? Транзистора VT16? Какие элементы образуют их схемы питания?

6.20. Нарисуйте примерный вид АЧХ фильтра нижних частот (фильтра гармоник), приведённого на схеме рис. П4.1. Почему этот фильтр выполнен на LC-элементах?

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАДИОПЕРЕДАТЧИКОВ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

РПД подвижной радиосвязи входят в состав радиостанций различных систем связи. Эти радиостанции могут быть стационарными (центральные, диспетчерские станции), возимыми (устанавливаемые на подвижных объектах), носимые, портативными. Основные параметры передатчиков определяются действующим стандартом..

ГОСТ предусматривает обязательную предкоррекцию амплитудно-частотной модуляционной характеристики (частотные предискажения), т.е. увеличение коэффициента передачи цепи на верхних модулирующих частотах (подъем верхних частот) 6 дБ на октаву с точностью ± 2 дБ. Поэтому передатчик излучает по существу фазомодулированный сигнал, и если в приемнике используется более простое частотное детектирование, то принятый ЗЧ сигнал подвергают

обратной частотной корреляции (с завалом верхних частот).

Современные радиостанции подвижной связи в основном строятся многочастотными. Так, широко распространенные радиостанции индивидуального пользования диапазона 26,965...27,405 МГц имеют 40 каналов в европейском стандарте частот и могут дополнительно иметь еще 40 каналов российского стандарта. Предусмотрены два вида модуляции УМ и АМ. Примерная структурная схема передатчика подобной станции показана на рис. П.1.1,

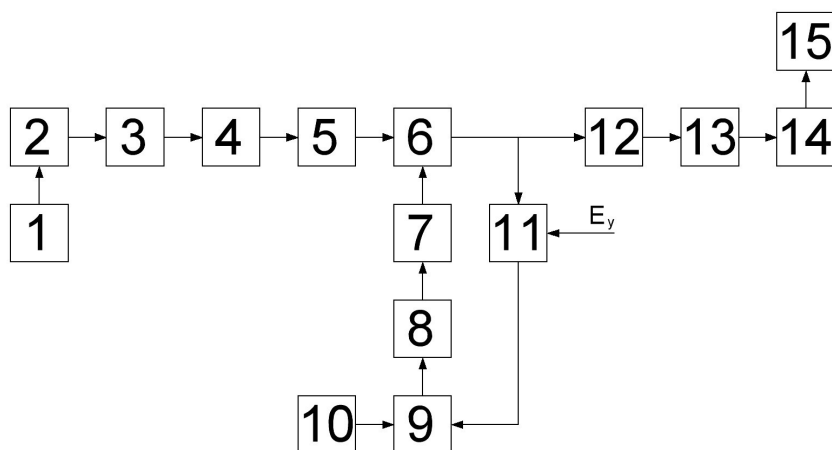


Рис. П.1.1 – Структурная схема современного передатчика

где 1 – источник сигнала (микрофон); 2 – усилитель звуковых частот; 3 – дифференцирующая цепь; 4 – ограничитель амплитуды; 5 – фильтр нижних (тональных) частот; 6 – перестраиваемый генератор; 7 – управляющий элемент; 8 – фильтр нижних частот; 9 – фазовый детектор; 10 – опорный генератор; 11 – делитель с переменным коэффициентом деления; 12 – предоконечный каскад; 13 – окончательный каскад;

14 – фильтр гармоник; 15 – антенна.

Сигнал тональных частот в канале звуковых частот с микрофона 1 поступает на вход предварительного усилителя звуковых частот 2, а затем на вход каскада предкоррекции (дифференцирующей цепи) 3, в котором происходит подъем верхних звуковых частот. Далее колебания подаются на амплитудный ограничитель 4, в котором происходит ограничение колебаний по амплитуде с высоким уровнем, а затем в фильтре нижних частот 5 формируется сигнал звуковых частот с полосой 300...3400 Гц. Сформированный таким образом сигнал поступает на вход синтезатора частот (СЧ) 6 в котором формируется радиосигнал с угловой модуляцией.

Частотная модуляция осуществляется в перестраиваемом генераторе (ПГ) 6; это обычный LC-транзисторный автогенератор с варикапом 7 для ЧМ и автоподстройки частоты (или с двумя варикапами отдельно для ЧМ и АПЧ). Средняя частота ПГ устанавливается в соответствии с заданным каналом и поддерживается в пределах допустимой нестабильности при помощи системы ФАПЧ и синтезатора частот по опорному кварцевому генератору 10. На выходе фазового детектора 9 формируется сигнал ошибки. Который несет информацию о разности частот кварцевого 10 и перестраиваемого 6 генераторов. Этот сигнал осуществляет автоподстройку частоты СЧ. С помощью делителя частоты 11 осуществляется переход СЧ на другую несущую частоту управляющим напряжением E_y .

Сформированный радиосигнал в СЧ поступает на вход УМ и далее усиливается в предоконечном 12 и окончном 13 каскадах УМ до заданного уровня, а затем с помощью антенны 15 в режиме «ПЕРЕДАЧА» излучается в эфир.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НАЗНАЧЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕРЕДАТЧИКА РС ВЭЛС -103

Радиостанция абонентская стационарная “ВЭЛС – 103” обеспечивает телефонную радиосвязь с однотипными радиостанциями, имеющие одинаковые рабочие частоты и аналоговые режимы работы.

Стационарная радиостанция предназначена для работы в отапливаемых и не отапливаемых помещениях.

Питание стационарной РС осуществляется от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В (+35; -20) %. В радиостанции предусмотрено подключение резервного источника постоянного тока (аккумулятора) и автоматическое переключение на него при отключении напряжения 220 В.

В радиостанции применены унифицированные приемопередатчики и манипуляторы.

Радиостанция рассчитана для работы с антенно-фидерными устройствами с номинальным волновым сопротивлением 50 Ом и коэффициентом стоячей волны не более 2,0.

Внешний громкоговоритель, подключаемый к розетке ГГ приемопередатчика, имеет сопротивление 8 Ом и мощность 3,0 Вт.

Радиостанция работоспособна в следующих климатиче-

ских условиях:

- рабочий диапазон температур возимой радиостанции от минус 25 до 55 °С;
- относительная влажность воздуха до 93% при температуре не выше 25 °С.

Радиостанция пыле-брызго защищенная. При эксплуатации не допускается воздействие на радиостанцию соляного тумана и погружения в воду.

Технические характеристики

Радиостанции работают на заказанных частотах в режимах одночастотного и двухчастотного симплекса при любых комбинациях приемных и передающих частот при разнорасе крайних рабочих частот в пределах 4 МГц в одном из поддиапазонов частот:

- от 33,0 до 42,0 МГц,
- от 42,0 до 48,5 МГц,
- от 57,0 до 57,5 МГц.

Минимальный разнос частот между соседними рабочими частотами равен шагу сетки частот 25 кГц. В радиостанции применяется частотная модуляция с предкоррекцией в передатчике и послекоррекцией в приемнике.

Радиостанцию поставляют с записанными в память переменными данными, указанными при заказе (частоты приема и передачи 10 оперативно переключаемых каналов, частоты сигналов “Вызов”, частоты сигналов CTCSS, номера каналов с режимом “Дежурный прием” или с режимом автоматического переключения в режим “Прием” из дежурного приема через 15 с, номера сканируемых каналов). Если при заказе были указаны только рабочие частоты, то радиостанции поставляют с записанными в память переменными данными:

- частоты приема и передачи каналов, частоты сигналов вызова 1000 и 1400 Гц;
- режим передачи сигналов CTCSS выключен;

-режим с автоматическим переключением в дежурный прием и открытием канала по сигналу “Вызов” выключен;

-режим сканирования выключен.

Мощность, потребляемая радиостанцией при номинальном напряжении питания, не более:

“ВЭЛС – 103” при питании от сети переменного тока частотой 50 Гц напряжением 220 В в режимах:

- “Передача” - 88 Вт;

- “Прием” - 33 Вт.

Ток, потребляемый радиостанцией “ВЭЛС – 103” при питании от резервного источника постоянного тока (аккумулятора) с напряжением 12,6 В, в режимах:

- “Передача” - не более 3,8 А;

- “Прием” - приёмник (ПРМ) потребляет не более 0,8 А.

Мощность несущей частоты передатчика при номинальном напряжении питания в нормальных климатических условиях от 12 до 15 Вт.

При минимальном напряжении питания и работе в условиях пониженной или повышенной температуры среды мощность несущей частоты от 10 до 17 Вт.

Номинальная девиация частоты 3 кГц.

Максимальная девиация частоты передатчика не более 5 кГц.

Отклонение частоты передатчика от номинального значения не более $\pm 20 \cdot 10^{-6}$.

Долговременная нестабильность частоты составляет не более $5 \cdot 10^{-5}$

Коэффициент нелинейных искажений передатчика не более 5 %.

Частоты вызова - (1000 ± 5) Гц и (1400 ± 5) Гц.

Органы управления и принцип работы

Органы управления и контактные соединители приемопередатчика приведены в табл. П2.1.

Таблица П2.1

Наименование, символ	Назначение
Розетка МАНИП	Подключение манипулятора Подключение устройства ввода информации при записи переменных данных
Розетка ГГ	Подключение внешнего громкоговорителя
Вилка 12 В	Подключение кабеля питания
Вилка АНТ	Подключение антенны

Органы управления и контактные соединители манипулятора приведены в табл. П 2.2.

Таблица П2.2

Наименование, символ	Назначение
Кнопка ВЫЗ	1. При нажатии кнопки радиостанция передает сигнал “Вызов” первой частоты. 2. При нажатии кнопки ВЫЗ при нажатой кнопке ПРД радиостанция передает, сигнал “Вызов” второй
Кнопка ПРД	При нажатой кнопке радиостанция работает в режиме “Передача”, при отпущенной - в режиме “Прием”.

продолжение табл. П2.2

Переключатель каналов	Переключение рабочих каналов.
Индикатор ПРМ/ПРД	Индикация режима “Прием” и “Передача”. Непрерывное свечение зеленым светом индицирует работу РС в режиме “Прием”. Прерывистое свечение зеленым светом индицирует работу РС в режиме дежурного приема. Непрерывное свечение красным светом означает работу РС в режиме “Передача”.
	Прерывистое свечение поочередно зеленым и красным индицирует работу радиостанции в режиме сканирования.
	Прерывистое свечение красным светом совместно со звуковым сигналом индицирует перегрев радиостанции.
Индикатор РМ	Индикация режима маскирования. В настоящем исполнении радиостанции индикатор не задействован
Кнопка 	Включение и выключение внешнего громкоговорителя.
Кнопка ПШ	Включение и выключение подавителя шума.
Кнопка “<”	Уменьшение уровня громкости.
Кнопка “>”	Увеличение уровня громкости.

продолжение табл. П2.2

Кнопка РМ	Включение режима маскирования. В настоящем исполнении радиостанции кнопка не задействована
Кнопка 	Включение радиостанции кратковременным нажатием. Выключение радиостанции нажатием до прекращения звукового сигнала.
Вилка манипулятора.	Подключение к приемопередатчику.

Органы управления и соединители блока питания сетевого универсального (БПСУ) приведены в табл. П2.3.

Таблица П2.3

Наименование, символ	Назначение
Выключатель СЕТЬ	Включение и выключение БПСУ
Предохранитель “2 А”	Защита от коротких замыканий и перегрузок по току в цепи питания 220 В
Розетка РС	Подключение приемопередатчика
Вилка 12 В АККУМ	Подключение резервного источника постоянного тока (аккумулятор)
Предохранитель “8 А”	Защита от коротких замыканий и перегрузок по току в цепи резервного питания 12В
Индикатор СЕТЬ	Индикация подачи напряжения 220 В

продолжение табл. П2.3

Индикатор АВАРИЯ	Индикация неисправности блока питания
Индикатор АККУМ	Индикация работы от резервного аккумулятора

Радиостанция обеспечивает следующие режимы работы;

-“Передача”;

-“Прием”;

-работа с режимом “Дежурный прием” (ДП);

-работа с режимом автоматического переключения в режим “Прием” из дежурного приема через 15 с (режим ДП);

-сканирование по четырём каналам в дежурном приеме;

-режим записи данных.

Радиостанция обеспечивает следующие функциональные возможности:

-включение и выключение ПШ (подавителя шума);

-включение и выключение внешнего громкоговорителя;

-вызов абонента тональным сигналом;

-перепрограммирование переменных данных.

Записанные в память радиостанции частоты приема и передачи каналов.

В процессе эксплуатации, может быть произведена перезапись данных в память радиостанции с помощью комплекта средств ввода информации с персонального компьютера.

Составные части радиостанции соединяются между собой с помощью разъемных соединений.

Кабель ИП4.853.582-02 обеспечивает защиту радиостанции при неправильном включении полярности электропитания.

Манипулятор содержит громкоговоритель, усилитель низкочастотный (УНЧ), микрофон с усилителем, переключатель каналов и кнопки управления, модуль управления и

предназначен для ведения переговоров и переключения режимов работы радиостанции.

Приемопередатчик состоит из устройства управления, приемника, усилителя мощности и обеспечивает прием и передачу радиосигналов. В возимых и стационарных радиостанциях применены унифицированные приемопередатчики.

Устройство приемопередающее состоит из приемопередатчика и БПСУ, соединённых между собой соединением проводным ЯУИШ.685611.020.

БПСУ обеспечивает питание стационарной радиостанции от сети тока напряжением 220 В, а также переключение на питание от резервного источника постоянного тока в случае пропадания напряжения 220 В.

Радиостанция работает следующим образом.

При подключении приемопередатчика к аккумулятору автомобиля или включение БПСУ напряжение питания сразу подается на схему включения в устройстве управления, а также на каскады приемника. В этом режиме сигналы на выходе усилителя не подаются, и потребляемый радиостанцией ток не превышает 20 мА.

При нажатии кнопки  на манипуляторе в устройстве управления кратковременно включается схема включения питания, и напряжение поступает на модуль управления. Модуль управления выдает команду на включение питания радиостанции и удерживает ее до следующего длительного нажатия кнопки .

Модуль управления считывает информацию из ППЗУ, получает информацию от манипулятора о положении переключателя каналов и включает режим “Прием”.

В режиме “Прием” схема управления выдает команды, по которым:

- ключ ПРМ/ПРД подключает тракт, а УМ высокой частоты отключает от ФНЧ и антенны;
- напряжения питания поступает на устройства приемного тракта;

-синтезатор частот формирует напряжение с частотой первого гетеродина, которое подается на первый смеситель;

-на варикапы контуров входной цепи и полосового фильтра радиочастоты подается напряжение смещения, соответствующее частоте включенного канала;

-низкочастотный сигнал с выхода через коммутируемый УЗЧ устройства управления поступает на громкоговоритель манипулятора.

При включении режима "Передача*" схема управления формирует команды, по которым:

-ключ ПРМ/ПРД блокирует вход приемного тракта и соединяет УМ высокой частоты к ФНЧ и антенне;

-напряжение питания снимается с приемного тракта и подается на каскады передающего тракта;

-синтезатор частот перестраивается на частоту передачи и, вместо генератора, управляемого напряжением (ГУН) ГУН ПРМ, включается ГУН ПРД;

-сигнал с микрофона усиливается микрофонным усилителем подмодулятора и передается на модуляционный вход ГУН ПРД.

УМ имеет систему АРПТ, температурный датчик и датчик мощности. АРПТ ограничивает потребляемый ток при повышенном напряжении питания. Температурный датчик срабатывает в случае чрезмерного разогрева УМ, а в случае недостаточной мощности на выходе УМ срабатывает датчик мощности. При срабатывании датчика модуль управления включает режим "Передача".

Переключение режимов работы радиостанции производится с помощью манипулятора. Модуль управления манипулятора контролирует состояние органов управления и в виде последовательной кодограммы передает данные манипулятора в устройство управления.

При изменении положения переключателя каналов схема управления соответственно изменяет кодограмму,

управляющей частотой синтезатора.

При нажатии на кнопки ">" или "<" схема управления изменяет коэффициент передачи входной цепи коммутируемого УНЧ.

При нажатии кнопки ГГ выход коммутируемого УЗЧ отключается от манипулятора и подключается к входу УМЗЧ, нагрузкой которого является внешний громкоговоритель.

При нажатии на кнопку ПШ блокируется работа подавителя шума и на громкоговоритель поступает сигналы независимо от уровня шумов на выходе приемника.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ МАНИПУЛЯТОРА

Манипулятор состоит из корпуса и шнура с разъемом.

В корпусе располагается печатная плата с радиоэлементами поверхностного монтажа, микрофон, громкоговоритель, переключатель каналов, кнопки управления и индикатор режима работы (ПРМ/ПРД) радиостанции. Манипулятор подключается к приемопередатчику с помощью шнура с низкочастотным разъемом.

Напряжение питания 12,6 В на манипулятор подается с устройства управления приемопередатчика после кратковременного нажатия кнопки . Напряжение питания отключается после нажатия кнопки  и удержания её до прекращения звукового сигнала.

Модуль управления манипулятором представляет собой микропроцессор с записанной управляющей программой. Тактовые импульсы формируются с помощью кварцевого резонатора

BQ1. Работа микропроцессора синхронизируется синхроимпульсами с устройства управления приемопередатчика.

Микропроцессор считывает состояние органов управления, в соответствии с управляющей программой формирует кодограмму "Данные МП" и передает ее на устройства управления.

Считывание включенного положения переключателя каналов производится с применением мультиплексирования восьми входов в один выход, подключенный к порту микропроцессора. Выводы 10 и 11 переключателя каналов подключены непосредственно к портам микропроцессора.

В режиме "Прием" высокий уровень напряжения подается на вход GC индикатора ПРМ/ПРД, в режиме "Передача" - на вход RC, и индикатор светится зеленым или красным светом.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

КОНСТРУКЦИЯ, СТРУКТУРНАЯ И ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМЫ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ

Корпус приемопередатчика выполнен из алюминиевого сплава и состоит из каркаса и двух крышек. В корпусе приемопередатчика расположены три печатные платы с радиоэлементами поверхностного монтажа.

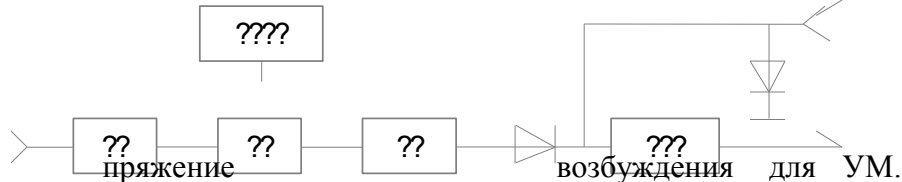
В состав приемопередатчика входят устройства, выполненные на отдельных печатных платах:

- приемник;
- усилитель мощности;
- устройство управления.

Платы соединены между собой с помощью штыревых соединителей.

Синтезатор частот, расположенный на плате приемника, в режиме "Прием" формирует напряжение с частотой первого гетеродина.

В режиме "передача" синтезатор частот формирует на-



Синтезатор частот состоит из интегрального цифрового синтезатора, ГУНа приемного и ГУН передающего трактов. Интегрирующий фильтр выполнен с применением активного фильтра на операционном усилителе. В качестве источника питания операционного усилителя используется преобразователь напряжения, который обеспечивает необходимый диапазон напряжения смещения на варикапы ГУН.

Переключение режимов работы “Прием” – “Передача” и рабочих частот СЧ производится по команде с устройства управления. В ГУН передающего тракта осуществляется модуляция несущей частоты передатчика, которая формируется кварцевым генератором. Структурная схема УМ представлена на рис. П4.1.

ВХОД

VD4

VD5

к антенне

ПУ – предварительный усилитель;

ОК – оконечный каскад;

СФ – согласующий фильтр;

ФНЧ – фильтр нижних частот

АРПТ – блок регулировки потребляемого тока

Рис. П4.1. Структурная схема УМ

УМ состоит из следующих функциональных узлов: двухкаскадного ПУ, работающего в режиме класса А; оконечного каскада, работающего в режиме класса В, нагрузкой которого является входная согласующая цепь;

диодного коммутатора ПЕРЕДАЧА-ПРИЁМ; блока АРПТ. Между выходом УМ и антенной включен ФНЧ (фильтр гармоник)

На рис. П4.2 приведена принципиальная схема УМ. На этой схеме первый каскад ПУ выполнен на транзисторе VT6, а второй на транзисторе VT12. Отпирающее смещение на базу VT6 подаётся с резистивного делителя, образованного резистором R14, транзистором VT3 в диодном включении и сопротивлением потерь катушки индуктивности L2, которая в основном назначении выполняет функцию блокировочного элемента. В цепь коллектора VT6 включен резистор R57.

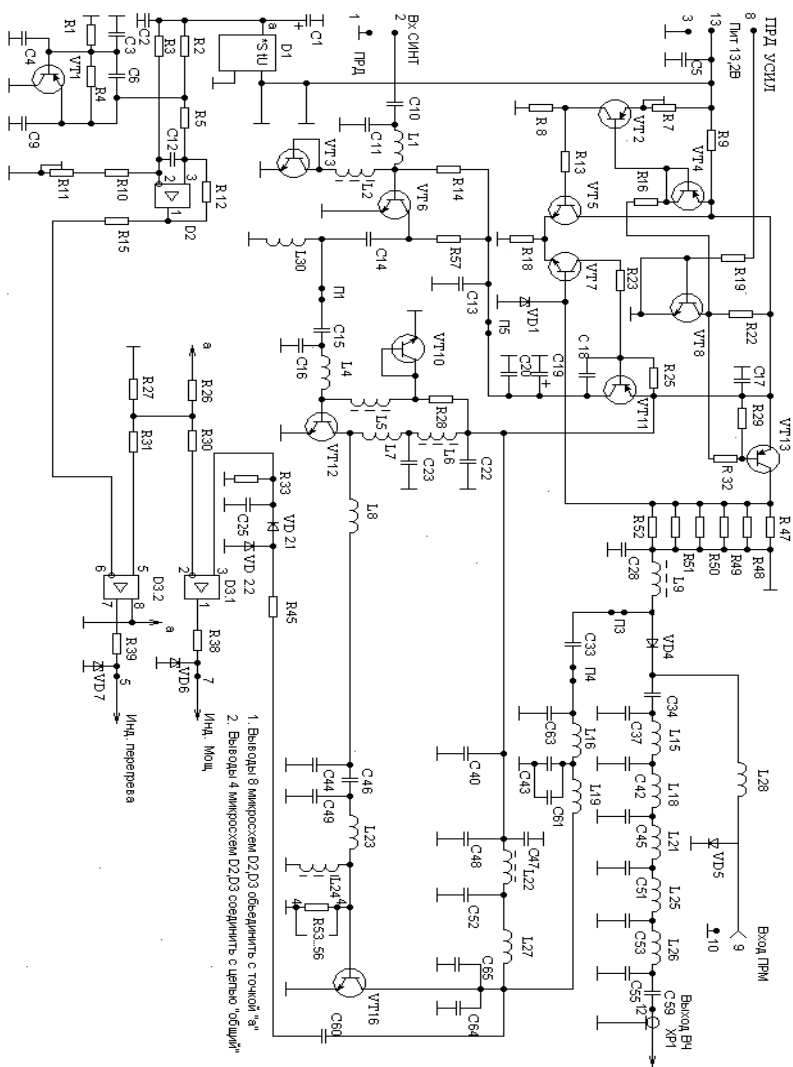


Рис. П4.2. Схема электрическая принципиальная УМ

Смещение на второй каскад ПУ также подаётся с резистивного делителя, образованного резистором R28 и сопротивлением транзистора VT10 в диодном включении.

Катушка индуктивности L5 является блокировочной по ВЧ.

Оконечный каскад УМ выполнен на транзисторе VT16 по схеме с общим эмиттером, работающим с нулевым смещением, создаваемым блокировочной индуктивностью L24. Конденсаторы C44, C46 и C49, катушки индуктивности L8 и L23 образуют входную согласующую цепь ОК.

Выходная согласующая цепь ОК, выполненная на LC-элементах L16, L19 C63, C43 и C61, обеспечивает согласование эквивалентного сопротивления, на которое работает транзистор VT16, со входным сопротивлением ФНЧ.

Блок АРПТ включает резистор R9, с которого подаётся сигнал на управляющую схему, выполненную на транзисторах VT2, VT5 и VT7, регулирующий транзистор VT11, детектор, выполненный на диоде VD2, электронный ключ (транзистор VT8), коммутирующий напряжение питания, подаваемое на УМ, электронный ключ (транзистор VT13), обеспечивающий коммутацию режимов “ПЕРЕДАЧА-ПРИЁМ” детектор, (диоды VD2.1, VD2.2), компаратор напряжения (микросхемы D3 и D2), датчик температуры (транзистор VT1).

Фильтр нижних частот, имеющий структуру фильтра Чебышева, выполненный на LC-элементах, включен между выходом УМ и антенной, обеспечивает ослабление гармоник, возникающих в оконечном каскаде УМ, до уровня, удовлетворяющих требованиям ГОСТ по электромагнитной совместимости.

При включении режима “Передача” по команде с устройства управления “ПРД УСИЛ” включается управляющая схема АРПТ и на предварительный усилитель через регулирующий транзистор АРПТ подаётся напряжение питания, а на диоды VD4 и VD5 подаётся напряжение смещения. В результате диоды открываются, и выход УМ подключается к ФНЧ, а вход приёмника блокируется. Одновременно с этим на вход предварительного усилителя с выхода синтезатора частот подаётся ЧМ колебание.

При увеличении тока, потребляемого УМ, управляющая схема начинает закрывать регулирующий транзистор, напряжение питания ПУ уменьшается, что приводит к снижению усиления УМ и потребляемого тока.

При достижении мощности на выходе УМ, равной заданной, напряжение с детектора вызывает срабатывание компаратора и на устройство управления подаётся сигнал, подтверждающий наличие мощности. В противном случае на устройство управления подаётся отсутствие мощности.

В случае чрезмерного разогрева УМ изменяется напряжение на датчике температуры, расположенном в непосредственной близости от транзистора ОК, и на устройство управления подаётся сигнал нагрева УМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Формирования колебаний и сигналов / Н.Н. Удалов, В.Н. Кулешов, В.М. Богачев и др. / под ред. Н.Н. Удалова, В.Н. Кулешова. – М.: Юрайт, 2018. – 458 с.
2. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; под ред.

В.В. Шахгильдяна. – М.: Радио и связь, 2003. – 560 с.

3. Бочаров М.И. Устройства генерирования и формирования сигналов. Основы теории и расчета генераторов с внешним возбуждением [Электронный ресурс] / - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2017.

4. Попов В.П. Основы теории цепей. учеб. пособие / В.П. Попов – М.: Высш. шк., 2005. – 575 с.

5. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы: учеб. пособие / И.С. Гоноровский. – М.: Дрофа, 2006 – 719 с.

6. Павлов В.А. Схемотехника аналоговых электронных устройств. учебник для вузов / В.Н. Павлов, В.Н. Ногин. – М.: Высш. шк., 2003. – 288 с.

7. Радиостанции ВЭЛС 63Р21В, 63Р21С. Руководство по эксплуатации.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания по работе.....	1
2. Домашнее задание.....	1
3. Методические указания по выполнению домашнего задания.....	2
4. Лабораторное задание.....	3
5. Содержание отчёта.....	10
6. Контрольные вопросы.....	10
Приложение 1. Принципы построения радиопередатчиков подвижной связи	12
Приложение 2. Устройство и принцип работы РС ВЭЛС -103.....	15
Приложение 3. Описание и принцип работы манипулятора.....	25
Приложение 4. Конструкция, структурная и принципиальная схемы усилителя мощности.....	26
Библиографический список.....	31

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторной работы «Исследование электрических передатчика подвижной связи» по дисциплине «Устройства генерирования и формирования радиосигналов» специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» и дисциплине «Радиопередающие устройства» направления 11.03.01 «Радиотехника» (бакалавры) профиль «Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов» очной и заочной форм обучения

Составитель

Бочаров Михаил Иванович

В авторской редакции

Подписано в печать

Формат 90х84/16. Бумага для множительных аппаратов.

Усл. Печ. Л. 3,0. Уч.-изд. Л. 2,7. Тираж 50 экз. «С» 24.

Зак. №

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ

394026 Воронеж, Московский просп., 14