

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Э.А. Лутин

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине
РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
Часть 2
Для студентов IV и V курсов
специальности 160905
всех форм обучения

Москва – 2008

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ АВИАЦИОННАЯ СЛУЖБА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра технической эксплуатации
радиотехнического оборудования воздушных судов
Э.А. Лутин

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
по дисциплине
РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Часть 2
Для студентов IV и V курсов
специальности 160905
всех форм обучения

Москва – 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ (АПЧ) РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ "ГРОЗА"

Цель работы:

1. Изучение принципов построения систем АПЧ бортовых радиолокационных станций.
2. Исследование основных характеристик системы АПЧ радиолокационной станции "Гроза".

Объект исследования:

Система АПЧ бортовой метеонавигационной станции "Гроза".

План работы:

1. Выполнение домашнего задания и подготовка отчета.
2. Изучение по рекомендованной литературе функциональной схемы РЛС "Гроза".
3. Измерение основных характеристик системы АПЧ РЛС "Гроза".
4. Определение основных параметров системы АПЧ.
5. Оформление отчета.
6. Защита лабораторной работы (сдача зачета).

Домашнее задание:

1. Изучить по рекомендуемой литературе назначение, принцип построения, структурную и принципиальную схемы системы АПЧ РЛС "Гроза".
2. Восстановить в памяти принципы регулирования частоты возможных схем построения управляемого элемента системы АПЧ (гетеродина): на отражательном клистроне, ЛОВ, ДПЭ, генераторе на транзисторах.

3. Ознакомиться с составом лабораторной установки и измерительными приборами.
4. Составить форму отчета.

Указания:

1. Студент составляет индивидуальный отчет.
2. Студенты, не представившие к началу работы форму отчета, к работе не допускаются.
3. Литература для выполнения домашнего задания:
 - а) Сифоров В.И. Радиоприемные устройства. М.: Сов. радио, 1974.

Система АПЧ предназначена для обеспечения постоянства промежуточной частоты приемника РЛС ($f_{\text{пр}} = 30$ МГц) при воздействии дестабилизирующих факторов на частоту сигнала f_c и гетеродина. Чаще всего, постоянство промежуточной частоты поддерживается изменением частоты гетеродина Δf_r , стремясь при этом компенсировать уход частоты сигнала Δf_c , чтобы сумма $\Delta f_{\text{пр}} = \Delta f_c - \Delta f_e$ стремилась к нулю.

На рис. 6.1 приведена типовая схема системы АПЧ супергетеродинного приемника.

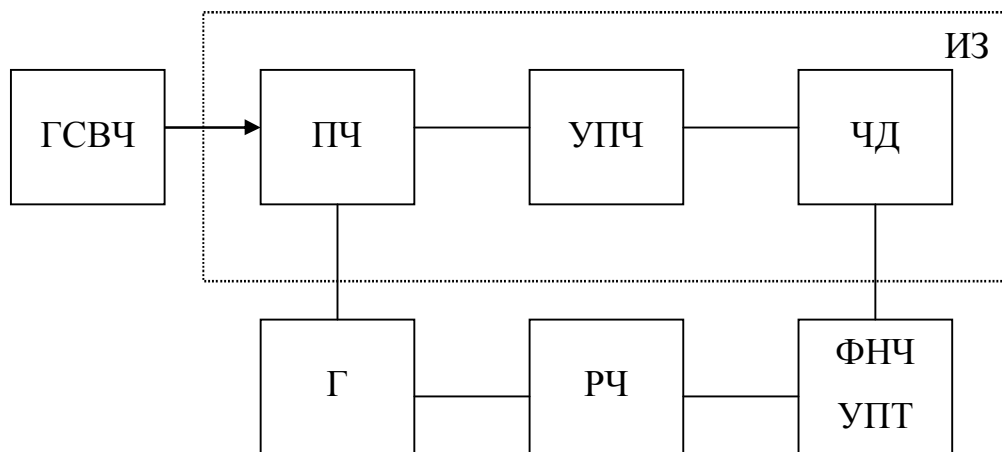


Рис. 6.1 Схема системы АПЧ супергетеродинного приемника

В этой схеме АПЧ часть сигнала генератора СВЧ (ГСВЧ) поступает на преобразователь частоты ПЧ, на второй вход которого подано напряжение гетеродина Г. Колебания разностной частоты усиливаются усилителем промежуточной частоты УПЧ и поступают на частотный детектор ЧД, на выходе которого формируется управляющее напряжение. Это напряжение через фильтр низких частот ФНЧ и усилитель постоянного тока УПТ подается на вход регулятора частоты РЧ. Преобразователь частоты, УПЧ и ЧД составляют измерительный элемент ИЭ.

Отклонение промежуточной частоты от номинального значения приведет к появлению на выходе ЗД управляющего напряжения, величина и знак которого определяются величиной и знаком расстройки $\Delta f_{пр}$. В установившемся режиме передаточная функция измерительного элемента (ИЭ) системы АПЧ имеет вид, показанный на рис. 6.2а. Напряжение с выхода ИЭ усиливается УПТ, а из-за наличия зависимости частоты гетеродина от управляющего напряжения $U_{упр}$ (рис.6.2б) происходит компенсация изменения частоты ГСВЧ. Зависимость изменения промежуточной частоты от изменения частоты сигнала носит сугубо нелинейный характер (рис.6.2в).

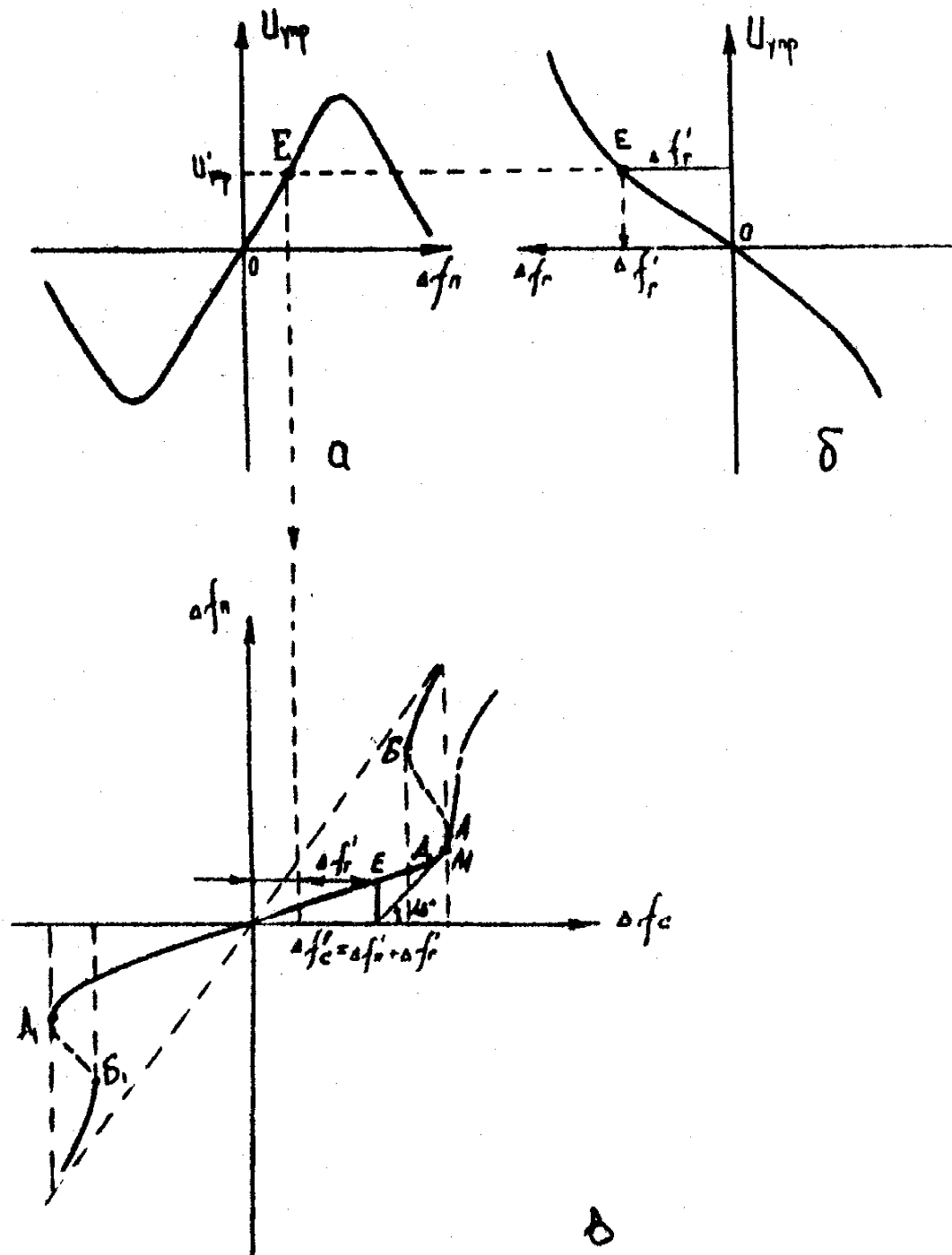


Рис. 6.2. Основные зависимости в контуре АПЧ

Она может быть построена на основе использования статической характеристики ИЭ системы АПЧ, масштаб по оси ординат которой увеличен в $K_{\text{упт}}$ раз, и статической характеристики регулятора частоты, развернутой на 90° против часовой стрелки по отношению к рис. 6.2.б.

При построении рис. 6.2в задаются некоторым значением выходного

эффекта (расстройкой $\Delta f_{пр}$) и затем находят соответствующий ему входной эффект (расстройку Δf_c) по следующему правилу. Приняв $\Delta f_{пр} = \Delta f_{пр}'$, по графику рис.6.2а находят значение соответствующего управляющего напряжения в установившемся режиме $U_{упр}'$, которое при помощи графике рис.6.2б позволяет определить изменение частоты гетеродина $\Delta f_r'$ в системе АПЧ. Координаты $\Delta f_c' = \Delta f_{пр}' + \Delta f_r'$ и $\Delta f_{пр}'$ определяют точку графика (рис.6.2в). Аналогично проводятся построения для всех точек выбранного интервала изменения $\Delta f_{пр}$

Рис. 6.2в показывает, что при малых расстройках Δf_c ее зависимость от напряжения является линейкой, а установившиеся изменения промежуточной частоты значительно меньше изменения частоты сигнала 1:

$$\Delta f_{пр} = \Delta f_{co} / (1 + K),$$

где $K = K_{упт} \cdot S_{из} \cdot S_{рч}$ - коэффициент усиления контура АПЧ;

$S_{из} = K_{пч} \cdot S_{чд} \cdot K_{упт}$ - крутизна передаточной функции измерительного элемента;

$S_{рч}$ - крутизна характеристики регулятора частоты.

Величина $Q = k + 1$, составляющая обычно несколько десятков, называется коэффициентом подстраивающего действия системы АПЧ и характеризует глубину обратной связи в системе АПЧ.

75

Кроме того, при достаточно большом значении коэффициента K уменьшается время установления процессов в системе. Так, время установления t_y^* , определяющее окончание процесса перестройки гетеродина, отсчитываемое от начала изменения f_0 , равно:

$$t_y^* = t_y \frac{1 + 0,43 \ln K}{1 + K}$$

где t_y - время установления процессов в ФНЧ.

При больших расстройках, т.е. при увеличении Δf_c , величина K , характеризующая глубину обратной связи, постепенно уменьшается и в

точке М (рис. 6.2в) становится равной нулю. На участке МА обратная связь в системе АПЧ становится положительной, но система сохраняет устойчивость, так как ($K < 1$). Участок МАБГ неустойчив, и при увеличении Δf_c система из точки А скачком переходит в новое состояние, характеризуемое точкой Г. Промежуточная частота принимает значение, которое она имела бы при отсутствии системы АПЧ, т.е. исчезает подстраивающее действие АПЧ.

При обратном ходе процесса с уменьшением Δf_c , находящейся за пределами рабочего участка статической характеристики ИЭ, скачкообразный переход системы в резким управления из точки В в точку Д происходит при меньшем значении К.

Область частот, лежащая между абсциссами точек А1 и А (рис. 6.2в), называется полосой удержания, а область между абсциссами точек Б1 и Г - полосой захвата. Полоса захвата обычно меньше полосы удержания, только в некоторых случаях могут они совпадать.

При включении РЛС частота сигнала может быть такой, что больше полосы захвата. Для осуществления захвата системы АПЧ в этом случае используется ручное или автоматическое изменение частоты гетеродина,

76

осуществляемое тем или иным способом. После введения сигнала в полосу захвата начинается автоматическая подстройка частоты гетеродина.

Принципиальная схема системы АПЧ РЛС "Гроза" приведена в техн. описании. На вход схемы поступают радиоимпульсы промежуточной частоты $f_{пр} = 30 \text{ МГц} \pm \Delta f_{пр}$ с длительностью импульса магнетрона, вырабатываемые балансным смесителем системы АПЧ. Первым каскадом схемы является аperiодический усилитель на транзисторе ПП1, на входе которого установлен фильтр высоких частот С1 Др1. С коллекторной нагрузки этого усилителя импульсы промежуточной частоты поступают на частотный дискриминатор, построенный на последовательных колебательных контурах С5 L1 и С6 L2, расстроенных относительно номинальной промежуточной частоты (30 МГц) на $\pm 2,5 \text{ МГц}$ (рис.6.2а).

Частота пересечения дискриминационной характеристики равна 30 МГц, поэтому напряжение видеоимпульсов на общей нагрузке детекторов Д1

и Д2 равно нулю при $f_{\text{пр}} = 30 \text{ МГц}$, имеет положительный. знак при $- f_{\text{пр}} = 30 \text{ МГц} + \Delta f_{\text{пр}}$ и отрицательный при $f_{\text{пр}} = 30 \text{ МГц} - \Delta f_{\text{пр}}$. Видеоимпульсы с выхода дискриминатора через ЭПС (ПП2) подаются на двухполярный видеоусилитель, собранный по схеме с общим эмиттером на транзисторе ПП3. В этом каскаде предусмотрена регулировка коэффициента усиления ($K=3$) с помощью резистора R14. Дальнейшее усиление видеоимпульсов осуществляется по двум отдельным каналам усиления в зависимости от их полярности, состоящие из усилителя с общим эмиттером и гальванически связанного с ним эмиттерным повторителем. Униполярное усиление в каналах достигается использованием в них транзисторов ПП4 и ПП5 различной проводимости. С нагрузок эмиттерных повторителей R24 и R23 усиленные отрицательные или положительные импульсы подаются на два пиковых детектора Д3 R27 и Д4 R28, имеющих общую

77

нагрузку. Для фильтрации пульсирующих напряжений используется конденсатор, состоящий из встроенно включенных электростатических конденсаторов C16 и C17, что обеспечивает нечувствительность конденсаторов к полярности прикладываемого к ним напряжения. Это напряжение подается на сетку нувистора Л1, используемого в качестве катодного повторителя, на нагрузке которого возникает постоянное напряжение, пропорциональное отклонению фактической промежуточной частоты от номинальной.

Далее это напряжение подается на регулируемую схему (управляемый источник питания), предназначенную для управления частотой ЛОВ.

ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Домашнее задание:

Ознакомившись с содержанием экспериментальной части лабораторной работы, студент должен заготовить таблицы, в которые он будет заносить результаты эксперимента и разметить оси координат графиков.

Лабораторная установка:

Представляет собой препарированную радиолокационную станцию "Гроза", основные узлы которой размещены в отдельных блоках. На

передней панели блочков изображена принципиальная схема узла РЛС и выведены основные её точки, необходимые для исследования схемы.

Для проведения работы необходимы стандартные измерительные приборы:

1. РИП-3.
2. Вольтметр ВЗ-38.
3. Генератор высокой частоты Г4-102 (Г4-116, Г4-18А).
4. Импульсный генератор Г5-15.
5. Источник питания Б5-9.

78

Проведение лабораторного исследования:

Осуществляется после контрольного собеседования и допуска студента к практической части.

1. Произвести исследование АЧХ измерительного элемента, для чего включить стенд. К контрольным точкам узла АПЧ подключить необходимую контрольно-измерительную аппаратуру, настроив ее на режим, соответствующий режиму работы радиолокационной станции. Объем эксперимента, дискретность измерений, состав измерительной аппаратуры и методику проведения практической части лабораторной работы студент выбирает самостоятельно, исходя из необходимых пределов построения характеристики $U_{\text{упр}} = F_1(\Delta f_n)$ и ее точности.
2. Произвести исследование статической регулировочной характеристики ЛОВ, отражающей зависимость частоты генерации ЛОВ от управляющего напряжения $\Delta f_r = F_2(U_{\text{упр}})$. Методика проведения эксперимента и состав аппаратуры, как и в предыдущем случае, определяется студентом.
3. Используя полученные экспериментальные зависимости АЧХ измерительного элемента $U_{\text{упр}} = F_1(\Delta f_n)$ и регулятора частоты $\Delta f_r = F_2(U_{\text{упр}})$, применяя методику построения графика (рис.6.2в) построить зависимость изменения промежуточной частоты от изменения частоты сигнала (гетеродина) $\Delta f_n = F_3(\Delta f_c)$. По данным полученного графика определить полосу удержания и полосу захватывания.
4. По результатам эксперимента следует сделать соответствующие выводы и занести их в отчет по лабораторной работе.

Оформление отчета:

Отчет должен содержать:

1. Функциональную схему системы АПЧ РЛС «Гроза».
2. Структурную схему лабораторной установки.
3. Результаты эксперимента (таблицы, графики исследуемых зависимостей, данные эксперимента).
4. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение и принцип действия системы АПЧ?
2. Почему полоса удержания системы АПЧ отличается от полосы захватывания?
3. Каковы характеристики основных элементов контура системы АПЧ РЛС "Гроза"?
4. От каких параметров системы АПЧ зависит эффективность компенсации нестабильностей частоты?
5. Какими регулировками можно корректировать АЧХ системы АПЧ?
6. Поясните методику проведения измерений в работе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сифоров В.И. Радиоприемные устройства. М.: Сов. радио, 1974.
2. Тегель Э.О. Самолетная радиолокационная станция «Гроза». Кривой Рог: РИО КРАУСС, 1970.
3. Радиолокационные системы летательных аппаратов; Под ред. П.С.Давыдова. М.: Транспорт, 1977.