

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный
институт имени С.П.Королева

В.А.ПАНФИЛОВ, Б.Н.БЕРЕЗКОВ,
Т.С.ГУСЕВА, В.К.ИЩЕНКО

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО КУРСУ
"ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОАППАРАТОСТРОЕНИЯ"

Под общей редакцией доц. В.А.Панфилова

Рассмотрен и утвержден
редакционным советом института
12 июня 1970 года

Куйбышев 1971

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО КУРСУ "ТЕХНОЛОГИЯ АППАРАТОСТРОЕНИЯ"**

Редактор А.И.Кондратьева
Корректор Е.П.Михайлова

ЕО 00296. Подписано в печать 24.УІ.1971 г. Формат 60x84^I/16
Объем 10,75 п.л. Тираж 1000 экз. Цена 55 коп.

Куйбышевский авиационный институт им. С.П. Королева
Куйбышев, Молодогвардейская, 151.

Ротапринтный цех типографии им. Мяги, г. Куйбышев, ул.Венцека,
60. Заказ № 4417

ПРЕДИСЛОВИЕ

Лабораторный практикум по курсу "Технология радиоаппаратостроения" для студентов радиотехнического факультета включает описание пятнадцати работ по всем разделам курса.

Лабораторные работы разделены на две группы. Первая включает технологию изготовления деталей узлов радиоаппаратуры и анализ точности изготовления; вторая — технологии сборки блоков и их настройки.

Работы первой части посвящены исследованию точности изготовления катушек индуктивности на стенках рядовой и тороидальной намотки. Вопросам расчета и выбора допусков на элементы электрических схем посвящена специальная работа. В самостоятельную работу включен анализ технологического процесса сборки трансформаторов и, наконец, три последующие лабораторные работы описывают технологические процессы изготовления печатных плат различными методами и раскрывают влияние различных факторов на их разрешающую способность.

Лабораторные работы второй группы посвящены сборке и монтажу радиосхем на печатных платах, настройке самолетного супергетеродинадного приемника УС-9, регулировке связанного радиопередатчика, контролю электрических параметров радиовещательного приемника, регулировке самолетного автоматического радиоконписа АРЕ-5, настройке блока ПТК-4, настройке канала изображения и звука телевизора, регулировке линейки УПЧ РАС.

Лабораторные работы содержат элементы исследований и способствуют углублению знаний студентов в теоретических вопросах технологии, дают первые практические навыки в выполнении ряда сложных работ по изготовлению и настройке радиоэлектронной аппаратуры.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторные занятия проводятся одновременно на всех рабочих местах. На каждом месте работы выполняются одним-двумя студентами. Чередование в выполнении работ определяется графиком, выдаваемым каждой группе студентов на первом занятии. До прихода на занятия, регламентируемые расписанием, студенты знакомятся с описанием предстоящей работы, рекомендованной литературой и готовят отчет, в котором должны быть приведены различные схемы, таблицы для регистрации результатов измерений. Содержание отчета указано в описании каждой работы.

В начале занятий преподаватель выявляет готовность студентов к выполнению лабораторной работы — каждый из них должен знать цель работы, порядок выполнения измерений, принцип работы радиоаппаратуры и измерительных установок. Неподготовленный студент не допускается к выполнению лабораторной работы.

Проведение каждой лабораторной работы регламентировано, однако существует общий порядок: во-первых, необходимо проверить комплектность приборов и установок на рабочем месте и провести сборку схемы; во-вторых, проверяется правильность сборки и соединенной схемы, которая проверяется преподавателем, ведущим занятия.

Включение любой установки должно вестись только с разрешения преподавателя или старшего лаборанта.

В процессе выполнения лабораторной работы преподаватель проверяет результаты измерений и вычислений. При необходимости эксперимент повторяется.

Отчет по работе составляется каждым студентом самостоятельно. Требования к отчету предъявляются такие же, как и к любой исследовательской экспериментальной работе. Результаты измерений записываются в таблицы четко с указанием размерностей. Все расчеты проводятся путем подстановки числовых значений с указанием их размерности в соответствующие формулы, записанные в общем виде.

П р а в и л а о ф о р м л е н и я г р а ф и к о в: на осях координат, кроме буквенного обозначения, должны быть указаны значения величин и единицы измерения. В заключении отчета обязателен вывод по выполненной лабораторной работе.

Зачет по лабораторной работе студент сдает в конце текущего или в начале следующего занятия. Зачет принимается преподавателем и состоит в правильном анализе всех результатов экспериментальной работы.

Студент, не получивший зачета, не допускается к выполнению следующей лабораторной работы.

Инструкция по технике безопасности при выполнении работ в лаборатории

При работе в лаборатории необходимо руководствоваться общими правилами безопасности.

Каждый студент обязан помнить:

1. При работе на всех установках запрещается вскрытие и наладка аппаратуры при включенном напряжении.
2. Настройка и регулировка блоков под током выполняется изолированным инструментом. При этом нельзя опираться на металлические части приборов, установок, станков.
3. Измерения электрических величин проводятся приборами, специально оборудованными щупами.
4. Перед включением станков, установок, приборов необходимо убедиться в правильности сборки установки. (Все студенты предупреждаются о включении напряжения).
5. При сборке и монтаже радиосхем пользование паяльником проводится по существующим правилам. Не допускается разбрызгивание флюса, пайноя. Паяльник хранится на специальной подставке.

6. При выполнении лабораторной работы студент должен пользоваться только вполне исправным инструментом, имеющимся на каждом рабочем месте.

7. Во время работы студентам запрещается переходить на другие рабочие места, переносить с места на место приборы и т.д.

8. В начале занятий каждый студент знакомится с инструкцией по технике безопасности и расписывается в журнале о полученном инструктаже.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБМОТОК

Цель работы – практическое изучение технологии изготовления обмоток и проведение анализа влияния различных факторов на точность выходных параметров катушки индуктивности.

Краткие теоретические сведения

При построении технологических процессов изготовления обмоток учитывается влияние различных факторов на точность получения выходных параметров катушек индуктивности. Достижение расчетных значений этих параметров практически неосуществимо, поэтому в рабочих чертежах представляются допуски на параметры обмоток. Понятие "допуск" связано с тем диапазоном, в пределах которого величина параметра может отклоняться от расчетного значения. Под погрешностью величины параметра понимают отклонение величины параметра изготовленной обмотки от расчетного значения.

Для обоснованного назначения допусков и увязки их с технологией изготовления обмоток необходимо изучить причины появления погрешностей. В настоящей работе рассматриваются причины возникновения погрешностей и устанавливаются методы их уменьшения.

Технологический процесс наматывания при любых условиях производства должен обеспечивать получение сопротивления и индуктивности обмоток в пределах допустимых отклонений. Точность изготовления обмоток (сопротивления или индуктивности) зависит, во-первых, от точности параметров наматываемого провода; во-вторых, от режима наматывания – натяжения провода, скорости наматывания; в-третьих, от формы и точности изготовления каркаса.

Рассмотрим влияние этих факторов на точность получения заданного параметра (например, сопротивления обмотки).

Известно, что сопротивление отрезка провода круглого сечения определяется по формуле:

$$R = \rho \frac{4\ell}{\pi d^2} \quad (1)$$

где

ρ - удельное сопротивление провода, $\frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
 ℓ - длина отрезка провода, м;
 d - диаметр провода, мм.

Величина сопротивления изготовленной обмотки будет иметь разброс (погрешность параметра), обуславливаемый нестабильностью величин ρ , ℓ и d .

Чтобы установить зависимость между производственной погрешностью параметра и производственными погрешностями величин уравнения (1), воспользуемся правилами дифференциального исчисления. Полный дифференциал уравнения:

$$dR = \frac{4\ell}{\pi d^2} d\rho + \frac{4\rho}{\pi d^2} d\ell - \frac{8\rho\ell}{\pi d^3} d(d) \quad (2)$$

Для относительного изменения сопротивления провода справедливо выражение:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta \ell}{\ell} + \frac{2\Delta(d)}{d} \quad (3)$$

Рассмотрим влияние каждой составляющей суммарной относительной погрешности.

а) Погрешность сопротивления провода от нестабильности удельного сопротивления $\frac{\Delta \rho}{\rho}$ выразим через $\delta R \rho$. Экспериментально установлено, что действительное значение удельного сопротивления намоточного провода, как правило, отличается от стандартного (для медного провода $\rho_{\text{см}} = 0,01754 \frac{\text{ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$).

В этом случае погрешность сопротивления обмоток, вызванная несоответствием действительной величины удельного сопротивления провода ρ_a его стандартному значению ρ_{cm} будет равна:

$$\delta R\rho = \frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\rho_{cm} - \rho_a}{\rho_{cm}} \cdot 100\%$$

б) Наматывание провода на каркас производится с некоторым натяжением. Для каждого вида обмоточных проводов наматывание следует проводить с определенным оптимальным натяжением. Чрезмерное натяжение повлечет за собой удлинение провода, изменение его сопротивления и повреждение изоляции; недостаточное натяжение вызовет погрешность формы и уменьшит коэффициент заполнения обмоток. В таблице I приводятся данные предельно допустимых натяжений медного провода.

Таблица I
Предельно допустимые натяжения медного провода при намотке

Номинальный диаметр	Натяжение, г	Номинальный диаметр, мм	Натяжение, г
0,03	7,5	0,12	120
0,05	21	0,13	140
0,07	42	0,14	165
0,09	69	0,15	190
0,10	85	0,16	220
0,11	100	0,17	245

Изменение сопротивления провода от натяжения δR_H можно найти по формуле:

$$\delta R_H = \frac{R_0 - R_H}{R_0} \cdot 100\%$$

где

R_0 - первоначальное сопротивление провода при отсутствии растягивающих усилий;

R_H - сопротивление нагруженного провода.

Зависимость изменения сопротивления от натяжения провода иллюстрируется на графике, представленном на рис.40.Г.

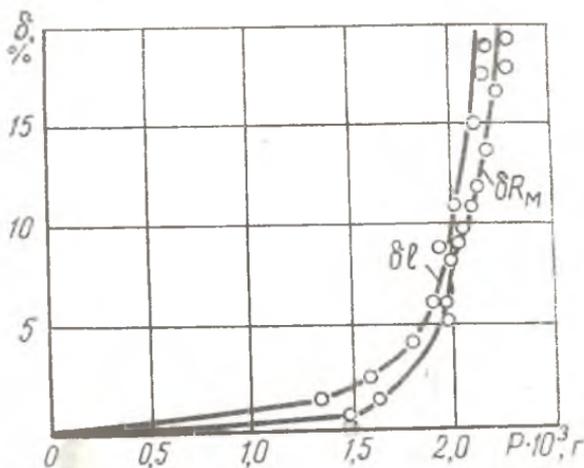


Рис. 40.Г. График зависимости относительных значений сопротивления и удлинения провода марки ПЭЛ Ø 1 мм от натяжения

в) Погрешность сопротивления от колебания допуска на диаметр провода равна:

$$\delta R_d = \frac{2 \Delta d}{d}$$

Следовательно, сопротивление провода изменяется не только от допуска на диаметр, но и от величины диаметра. По ГОСТу 2112-46 установлены различные допуски на диаметр провода (медного), выписка из ГОСТа приведена в таблице 2.

Таблица 2

Выписка из ГОСТ 2112-46

Диаметр провода, мм	Допустимое отклонение, мм
до 0,09	± 0,003
0,1 - 0,25	± 0,005
0,26-0,69	± 0,01

На рис. 40.2 приведен график относительного изменения сопротивления провода от номинального значения диаметра и колебания допуска на него.

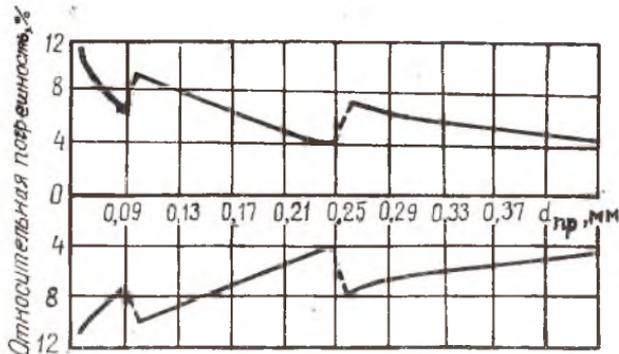


Рис. 40.2. График относительного изменения сопротивления провода от величины допустимых отклонений его диаметра

Сопротивление провода зависит не только от величины удельного сопротивления, но и от допуска на диаметр, поэтому по приведенным на рис. 40.2 предельным значениям нельзя определить сопротивление провода в пределах одной катушки. На рис. 40.3. представлены графики разброса сопротивления отрезков провода, взятых последовательно с одной катушки.

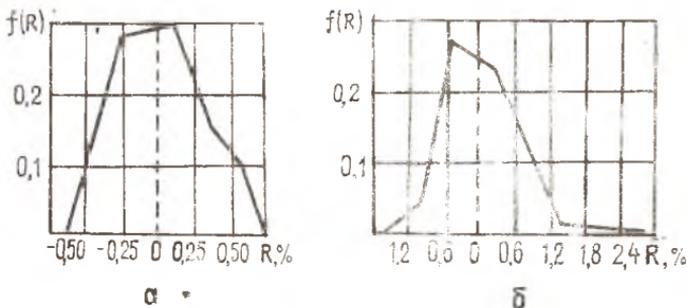


Рис. 40.3. Полигон распределения сопротивления провода марки ПЭЛ-1: а) $\varnothing 0,1$ мм; $\delta \varnothing = 0,036$ мм; $R = 2,105$ ом; б) $\varnothing 0,15$ мм; $\delta \varnothing = 0,108$ мм; $R = 0,926$ ом

Изменение сопротивления провода при наматывании на каркас зависит не только от рассмотренных выше факторов, оно также связано с диаметром каркаса (рис.40.4) δR_K и скоростью наматывания δR_C . Погрешность сопротивления провода диаметром от 0,1 до 0,2 мм принимается в среднем 1-2%.

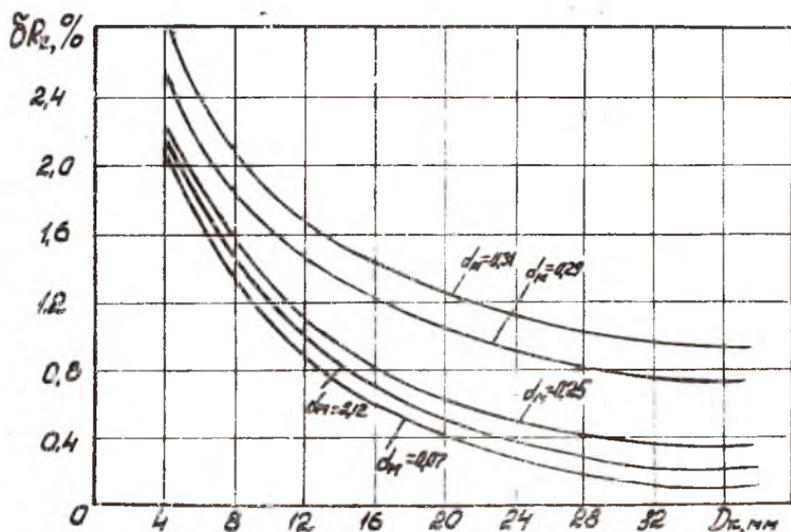


Рис.40.4. Графики изменения сопротивления вследствие деформации его при изгибании по диаметру каркаса

Подобный расчет можно выполнить и для индуктивности. Например, индуктивность отрезка провода длиной l и диаметром d можно определить по формуле:

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} \left(i_n \frac{2l}{d/2} - 1 \right), \quad (4)$$

где

μ — магнитная проницаемость воздуха.

Тогда относительное изменение индуктивности при изменении диаметра определится по формуле:

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{i_n \frac{d}{d + \Delta d}}{i_n \frac{4l}{d} - 1} \quad (5)$$

Погрешности, определяющие точность сопротивления и индуктивности обмотки, подразделяют на систематические и случайные. Систематические погрешности (δR_H ; δR_C ; δR_K) необходимо учитывать при определении длины провода или числа витков обмотки. Случайные — есть следствие колебаний значений ρ , d провода. Случайные погрешности ведут к "рассеиванию" величины сопротивления.

Обозначим допуск на сопротивление обмотки через ΔR , тогда сумма погрешностей, возникающих в процессе наматывания, и случайных погрешностей должна быть меньше ΔR :

$$\Delta R > \sum_{i=1}^{i=n} \delta R_i$$

Содержание и последовательность выполнения работы

Измерить сопротивление одного метра провода. Измерение производится на приспособлении (рис. 40.5)

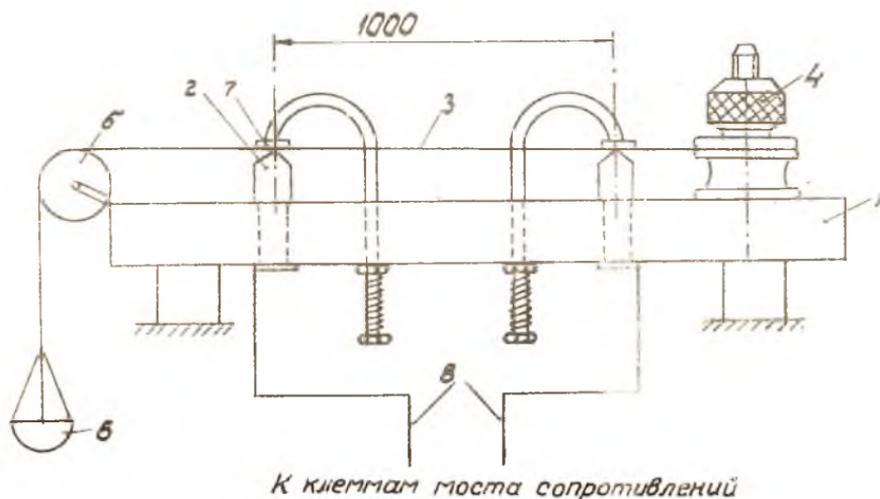


Рис. 40.5. Схема приспособления для измерения сопротивления провода: 1 — основание; 2 — кожаный контакт; 3 — испытуемый провод; 4 — гайка; 5 — ролик; 6 — груз; 7 — прижим; 8 — соединительные провода к клеммам моста сопротивлений

$$\delta R_p = \frac{R - R_a}{R} \cdot 100 \% ,$$

где

R - расчетное сопротивление одного метра провода;

R_a - измеренное сопротивление провода, взятого со шпули (действительное)

Определить увеличение сопротивления провода при растяжении и построить график изменения относительных значений сопротивления в зависимости от усилия натяжения.

Принципиальная схема приспособления показана на рис. 40.6.

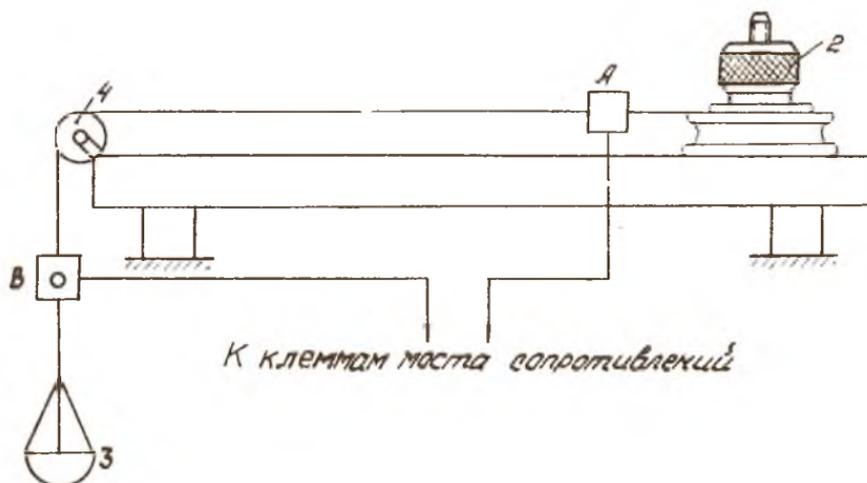


Рис. 40.6. Схема приспособления для измерения сопротивления провода в зависимости от натяжения: 1 - испытуемый провод; 2 - гайка; 3 - груз; 4 - блок; А и В - контакты

П р и м е ч а н и е. Измерение сопротивления провода при растяжении производить на приспособлении рис. 40.6. Увеличение нагрузки производить осторожно, плавно, чтобы исключить действие ударных нагрузок на образец. Ток по образцу в процессе измерений пропускать кратковременно, не допуская разогрева провода.

Выбрать допустимое напряжение провода и по экспериментальному графику определить δR_H .

Определить погрешность δR_K (рис. 40.4) и δR_C (1%-2%).

Определить количество витков по заданному сопротивлению обмотки с учетом систематических погрешностей (δR_H ; δR_K ; δR_C и др.).

Изучить намоточный станок СРН-05. Рассчитать передаточное отношение сменных шестерен. Настроить станок.

Изготовить обмотку на двух каркасах с круглым и прямоугольным сечением по заданному преподавателем ($R \pm \Delta R$).

Измерить сопротивление обмотки и определить полученную точность ее изготовления.

Наметить пути повышения точности изготовления обмотки.

П р и м е ч а н и е: длина окружности и диаметр сечений равны между собой.

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

чертеж катушки и ее данные;

данные экспериментов, сведенные в таблицу и график

схема приспособления для определения погрешности δR_H ; необходимые расчеты и выводы.

Техника безопасности при работе на станке рядовой намотки

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать меры предосторожности.

К работе на станке рядовой намотки допускаются студенты, изучившие станок и сдавшие устный экзамен преподавателю, ведущему занятия. Категорически запрещается касаться руками открытых вращающихся частей работающего станка. Все работы по регулировке и настройке производить при выключенном электрическом питании.

О всех замеченных неисправностях в станке следует немедленно сообщать преподавателю и прекратить все работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н.Н.Ушаков. Технология элементов вычислительных устройств. Издательство "Высшая школа", 1966.
2. В.П.Гусев. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры. "Советское радио", 1961.

НАЛАДКА СТАНКА ТОРОИДАЛЬНОЙ НАМОТКИ, ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ
ШАГА НАМОТКИ И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАТУШКИ

Цель работы - изучение станка СНТ-12, приобретение практических навыков в его наладке, расчет максимальной погрешности шага намотки, изготовление и проверка параметров катушки.

Теоретические сведения о погрешностях шага намотки

Как было установлено (см. лаб. работу № 40), на точность параметров намоточных изделий влияет ряд факторов, в том числе на шаг намотки значительное влияние оказывают погрешности, вызванные отдельными кинематическими цепями намоточных станков.

Наиболее наглядно появление погрешностей можно проследить на потенциометрах, где каркасы для обмотки имеют вид тороида. Отклонения шага намотки от заданного могут вызвать значительные погрешности характеристики потенциометра, так как при одной и той же величине перемещения движка в выходную цепь может входить различное число витков. В общем случае линейный и угловой шаг намотки определяются из соотношений:

$$t_H = \frac{R_M \ell_B \pi D_{ср}}{R_{общ}}$$

$$\gamma_H = \frac{R_M \ell_B \cdot 360}{R_{общ}}$$

где R - общее сопротивление намотанного провода, м;
 R_M - сопротивление метра провода, $\frac{\text{ОМ}}{\text{м}}$;
 ℓ_B - длина одного витка, м;
 $D_{ср}$ - средний диаметр каркаса, м;

Если обмотка располагается не по всей окружности каркаса, то в эти формулы вводится угол намотки φ :

$$t_H = \frac{R_m \ell_B \pi D_{ср}}{R_{общ}} \cdot \frac{\varphi}{360}$$

$$\gamma_H = \frac{R_m \ell_B}{R_{общ}} \cdot \varphi$$

Влияние погрешности установки каркаса на повторной стойке на шаг намотки

Если геометрический центр каркаса смещен от оси вращения на величину эксцентриситета e , то погрешность одного шага намотки может быть найдена из выражения:

$$\Delta t_{e\partial} = \int_{\alpha - \frac{\gamma_H}{2}}^{\alpha + \frac{\gamma_H}{2}} e \sin \alpha \, d\alpha = e \sin \alpha \cdot 2 \sin \frac{\gamma_H}{2} \cong e \gamma_H \sin \alpha$$

при шагах намотки

$$\Delta t_{\Sigma} = 2e \sin \left(n \frac{\gamma_H}{2} \right)$$

Влияние люфтов ведущих роликов на шаг намотки

Наличие люфта в двух ведущих роликах приводит к тому, что ось каркаса, как и в первом случае, будет отклоняться от оси вращения на какую-то величину (рис. 41, I).

Если люфт одного и другого ведущего ролика приводит к появлению эксцентриситета (соответственно e_1 и e_2), то учитывая, что ролики будут участвовать в передаче вращения на каркас поочередно на половине дуги, суммарная погрешность шага намотки может быть найдена по известному уравнению:

$$\Delta t_{\Sigma} = (e_1 + e_2) \sin \left(\frac{n \gamma_H}{2} \right)$$

Погрешности, зависящие от челнока и шпули

Отклонение шага намотки возможно вследствие осевых люфтов челнока и ролика (рис.4I.2); осевой люфт ролика Δp^{\max} меньше осевого челнока Δz , поэтому влиянием Δp^{\max} можно при расчетах пренебречь. Линейное отклонение шага намотки Δt_H , появляющееся вследствие осевого люфта челнока, определяется из соотношения:

$$\frac{\Delta t_H}{\Delta z} = \frac{h}{\ell}$$

Рис.4I.1. Влияние люфтов ведущих роликов на шаг намотки тороида

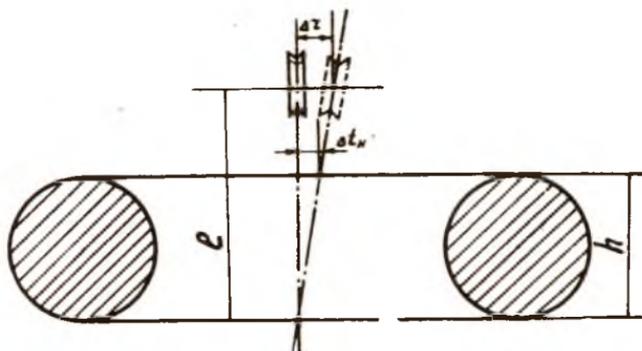
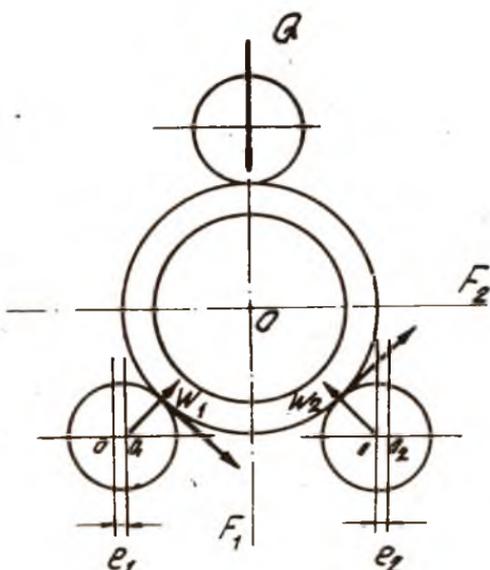


Рис.4I.2. Влияние люфта челнока на шаг намотки тороида.

где

Δt_H - погрешность шага намотки;

Δz - осевой люфт челнока;

h - высота каркаса;

l - расстояние между осью ролика и основанием каркаса.

Таким образом, $\Delta t_H = f(\Delta \tau)$, но челнок в процессе намотки может занимать любое положение в пределах люфта, т.е. изменение величины $\Delta \tau$ носит случайный характер, поэтому изменение шага Δt_H тоже имеет случайный характер. Расчет, как правило, ведут на максимальную величину погрешности Δt_H^{\max}

Рассматривая появление погрешностей в шаге намотки, можно было бы показать, что кроме перечисленных факторов, на величину Δt_{Σ} влияют неперпендикулярность торца каркаса к плоскости вращения ($\Delta t_{\text{торца}} = 0,0077t_H$); погрешности кинематической цепи, состоящей из зубчатых колес и другие.

Для нахождения накопленной суммарной погрешности по шагу надо суммировать все погрешности с учетом знака $\Delta t_{\Sigma}^{\max} = \sum \Delta t_{\Sigma i}$ и затем находить связь этой погрешности с характеристикой потенциометра.

Описание лабораторной установки. Принцип действия станка тороидальной намотки

Станок СНТ-12 предназначен для круговой и секционной намотки тороидов со следующими параметрами:

наименьший диаметр наматываемого провода 0,15 мм, наибольший - 4 мм;

наименьший наружный диаметр тороида до намотки 30 мм, наибольший после намотки - 120 мм;

наименьший центральный угол секционной намотки тороида 25°, наибольший - 270°.

На рис.4I.3 приведена кинематическая схема станка тороидальной намотки СНТ-5, принцип действия которого аналогичен принципу действия станка СНТ-12. Различие имеется только в цепи передачи вращения челноку, в кинематической схеме станка СНТ-12. движение передается от шестерни 6 непосредственно зубчатым колесом, входящим в зацепление с челноком (на рис.4I.3) - шестерни 8, II.

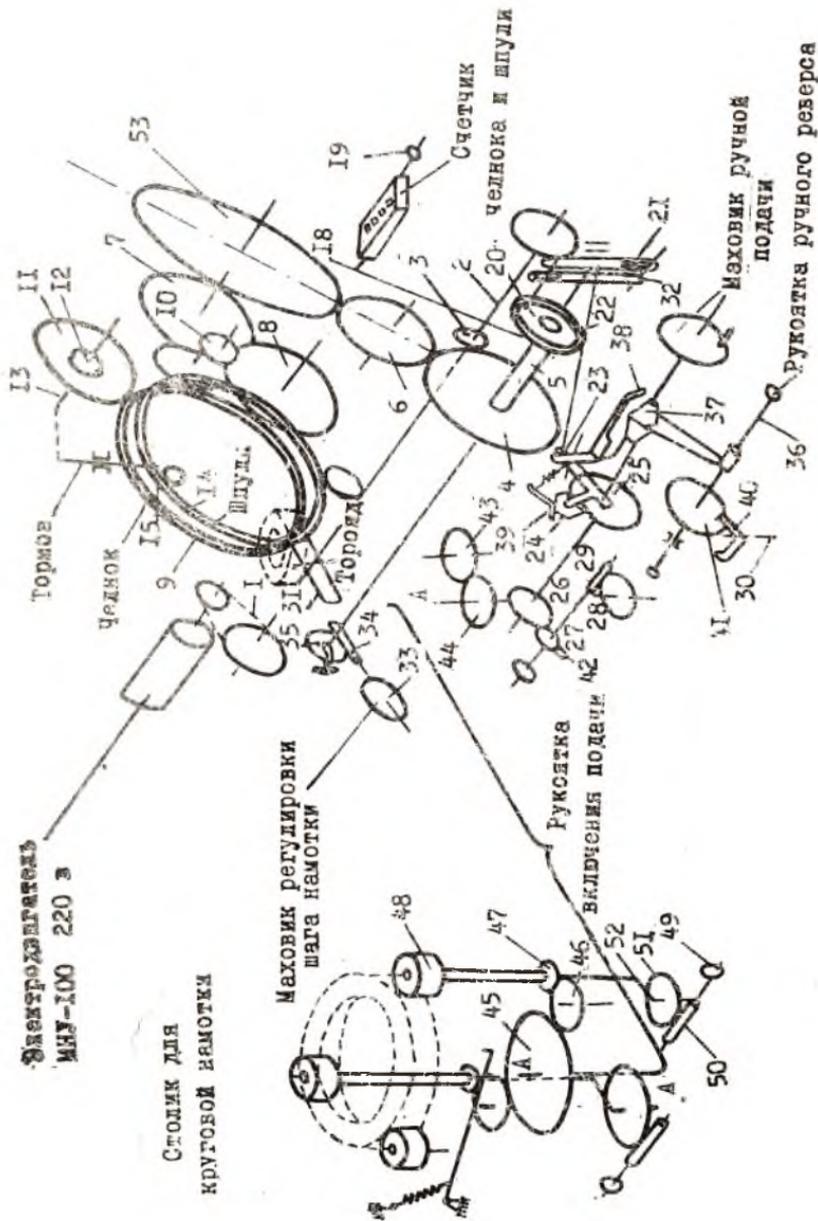


Рис. 41.3. Иллюстративная схема станка СМТ-5

Движение от электродвигателя передается через ременную передачу I на валик 2 и через зубчатые колеса 3 и 4 на распределительный валик 5, с которого движение передается в трех направлениях:

Первое направление - привод челнока и работа тормоза. Движение передается через зубчатые колеса 4, 6, 5, 3, 7, 10, 8 и II на челнок 9, выполненный в виде зубчатого венца.

На зубчатом колесе II закреплен кулачок 12. При вращении зубчатого колеса II кулачок 12 через рычаг 13 периодически в соответствии с циклограммой притормаживает шпулю 14, вращающуюся в роликах 15, создавая тем самым натяг провода, укладываемого на изделие.

Второе направление - работа счетчика. При намотке провода на шпулю челнок 9 сцепляется со шпулей 14, зубчатое колесо 4 и эксцентрик 20, находящиеся на распределительном валике 5, вращаются против часовой стрелки. При вращении эксцентрика рычаг 18 сообщает колебательное движение механизму счетчика, и он производит отсчет числа оборотов шпули.

Перед намоткой провода со шпули на изделие необходимо сбросить (погасить) показания счетчика при помощи кнопки сброса 19 (при сбросе показаний счетчика рычаг необходимо вручную поставить в крайнее верхнее положение).

При перемотке провода со шпули на изделие зубчатое колесо 4 и эксцентрик 20 вращаются по часовой стрелке. Отсчет числа витков аналогичен первому случаю.

Третье направление - подача изделия. Эксцентрик 20 сообщает колебательное движение рычагу 23, несущему собачку 24. От собачки через храповое колесо 25, зубчатые колеса 26 и 27, червячную пару 28 и 29 передается прерывистое движение вращения на ось 30 и стол секционной намотки 31, что обеспечивает укладку провода на изделие с определенным шагом.

Величина подачи (шага) может регулироваться в процессе работы поворотом кулисы 32 посредством маховичка 33 и червячной пары 34 и 35. При повороте кулисы изменяется угол качания рычага 23, несущего собачку, и храповое колесо поворачивается на 1, 2, 3, и до 30 зубцов на один оборот челнока.

Реверсирование подачи осуществляется перемещением стержня 36,

на котором укреплен поводок 37, поворачивающий рычаг 38, связанный с прижимом 39, переключающим собачку. Собачка 24 входя в зацепление с храповым колесом 25 правым или левым зубом, и вызывает реверсирование подачи. Автоматическое реверсирование подачи, необходимое при секционной намотке, осуществляется упорами 40, которые закрепляются на оси 30. При вращении оси 30 посредством диска 41 упоры поочередно перемещают стержень 36 то вправо, то влево, автоматически меняя направления подачи.

Наматывая провода на шпулю, необходимо рукояткой 42, выводящей зубчатое колесо 27 из зацепления с зубчатым колесом 26, включить подачу.

При работе на столике круговой намотки движение от оси 30 через зубчатые колеса 43 и 44 передается на валик А, от него через зубчатые колеса 45, 46 и 47 приводятся во вращение ролики 48, которые зажимают изделие.

Для совмещения оси изделия (тороидов) с осью 30 имеется устройство, позволяющее при помощи маховика 49, червячной пары 50-51 и рычага 52 перемещать ось вращения шестерни 47 и роликов 48.

Управление станком осуществляется с пульта. Все органы управления расположены на передней части пульта.

При переключении тумблера "Шпуля - Тороид" подается питание через автотрансформатор на электродвигатель.

Число оборотов двигателя устанавливается движком автотрансформатора. Реверс электродвигателя осуществляется переключением тумблера.

Наладка станка и изготовление катушки

Работа станка полуавтоматическая и разделяется на четыре этапа: установка изделия на рабочий столик; устранение эксцентриситета; заполнение шпули проводом; перемотка провода со шпули на изделие.

Установка изделия на рабочий столик. Со шпули снимается замок. Прорези шпули и челнока совмещаются с прорезью в челночной головке. Затем изделие закрепляется роликами 48 на рабочем столике, и замок шпули вставляется на место.

Рукояткой 49 устанавливается тороид так, чтобы обеспечить соосность с осью 30. Величина эксцентриситета установки каркаса и люфтов шпули измеряется индикатором.

Заполнение шпули проводом. Катушка (бобина) с проводом закрепляется на стойке станка. Провод от нее направляется через ролик в паз шпули и закрепляется в нем.

Челнок поводком сцепляется со шпулей и, вращаясь вместе с ней по часовой стрелке, наматывает на шпулю необходимое количество витков провода. Один-два оборота делают от руки, а затем включают электродвигатель (на пульте управления тумблер поставить в положение "Шпуля"). Длина провода в метрах, наматываемого на шпулю, определяется числом оборотов шпули, деленным на 6,5.

Перемотка провода со шпули на изделие. Свободный конец провода перекидывается через съемник и укладочный ролик и закрепляется на тороиде. В соответствии с заданием устанавливается шаг намотки, поворотом маховичка 33 - ход кулисы. Угол намотки секции устанавливается положением упоров 40 на оси 30. Для проведения намотки тумблер из положения "Шпуля" переводится в положение "Тороид". ЛАТР, необходимый для регулировки оборотов двигателя, перед любым пуском установить на нулевое деление. Увеличение оборотов осуществляется плавным поворотом ползунка ЛАТРа.

При вращении челнока против часовой стрелки он расцепляется со шпулей и производит намотку провода на тороид. Одновременно за каждый поворот челнока тороид поворачивается на определенный угол подачи, который можно регулировать на ходу станка. При намотке тороида к свободному концу провода по мере надобности прикрепляется зажим контрольного устройства, обеспечивающий сигнализацию (звонок) при нарушении целостности наматываемого провода.

Задание на лабораторную работу

1. Изучение схемы и устройства станка.
2. Измерение величины эксцентриситета при установке каркаса и люфтов в челноке, расчет максимальной погрешности шага намотки.
3. Настройка станка и изготовление катушек по заданию преподавателя.
4. Измерение параметров изделий R и L.
5. Оформление отчета.

Порядок выполнения работ

Изучить работу намоточного станка СНТ-12 по описанию, выявить назначение всех основных узлов станка и уяснить кинематику движения рабочих органов.

Измерить индикаторными часами величину эксцентриситета установки каркаса на поворотном столике, измерение провести на пяти оборотах каркаса и взять среднее значение.

Измерить люфты двух ведущих роликов (пять замеров) и взять среднее значение.

Подобным образом измерить люфт челнока.

Произвести расчет максимальной погрешности в шаге намотки.

Подобрать режим намотки для изготовления катушки (по заданию преподавателя).

Примечание. Включение станка производится только с разрешения преподавателя или лаборанта.

Изготавливать катушку и измерить ее параметры (погрешность шага $\Delta t \Sigma$ общее сопротивление $R_{об}$ и величину индуктивности L).

Формула индуктивности тороидальной катушки с прямоугольным сечением:

$$L = 2\mu_0 \omega^2 h \ln \frac{d_n}{d_b} \cdot 10^{-9} \quad \text{гн} ,$$

где

ω - число витков однорядной сплошной намотки;

h - высота сердечника см ;

d_n - наружный диаметр см ;

d_b - внутренний диаметр см ;

μ_0 - динамическая проницаемость.

Формула индуктивности тороидальной катушки без ферромагнитного сердечника:

$$L = 6,28 \omega^2 (D - \sqrt{D^2 - d^2}) \cdot 10^{-4} \quad \text{мкгн} ,$$

где:

- D - средний диаметр тороида, см;
- d - средний диаметр витка, см;
- w - число витков.

Содержание отчета

1. Блок-схема намоточного станка СНТ-12.
2. Данные измерений и расчет погрешностей шага намотки с эскизами.
3. Эскизы с размерами катушек.
4. Расчетные и фактические значения $R_{общ}$ и L .
5. Выводы по лабораторной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Т.Белевцев. Технология производства радиосаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.
2. А.Т.Белевцев. Потенциометры. Оборонгиз, 1962.
3. Высокопроизводительные процессы и автоматическая оснастка в приборостроении., сборник статей, вып. 105. МВТУ им Н.Э.Баумана, М., 1961.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ВЫХОДНЫХ
ПАРАМЕТРОВ УНИФИЦИРОВАННЫХ КАСКАДОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ
АППАРАТУРЫ

(Ждущий мультивибратор на полупроводниковых приборах)

Целью лабораторной работы является исследование влияния производственных погрешностей схемных элементов на выходные параметры каскадов радиоэлектронной аппаратуры. В работе исследуется одностабильный ждущий мультивибратор на полупроводниковых приборах — триодах типа П402.

Теоретические предпосылки к расчету производственных погрешностей

Любая радиоэлектронная аппаратура представляет собой электрически объединенную совокупность элементов схемы — ламп, полупроводниковых приборов, резисторов, конденсаторов, трансформаторов, индуктивностей и т.п. Независимо от того, что это за радиоэлектронная аппаратура, она характеризуется определенными выходными параметрами. На этапе проектирования разработчик устанавливает допустимую производственную погрешность выходного параметра каскадов, блоков радиоаппаратуры.

Конструктивное решение радиоаппарата определяет построение технологического процесса изготовления и вызывает появление связанных с ним погрешностей. В зависимости от вида конструкции радиоаппарата — объемный монтаж, модульное или микромодульное исполнение схемы — производственные погрешности выходного параметра будут иметь большее или меньшее число составляющих. Для конструкции радиоаппарата с объемным монтажом и обычными навесными деталями производственные погрешности его выходных параметров, в основном, будут определяться производственными погрешностями изготовления элементов схемы и погрешностями связанными с технологией объемного монтажа:

влиянием пайки, сварки или заливки на изменение электрических параметров, входящих в схему элементов.

Радиоаппаратура, выполняемая в микромодульной конструкции, имеет также разброс выходных параметров, который, как и в первом случае, зависит от погрешностей изготовления деталей, входящих в устройство, от технологических процессов изготовления микромодулей - пайки, маркировки и заливки.

Модульное оформление схемы (в котором применяются малогабаритные навесные детали, печатный монтаж) связано с производственными погрешностями изготовления элементов, погрешностями пайки и лакировки.

Таким образом, при любой конструкции аппаратуры определяющими погрешностями выходных параметров являются погрешности параметров элементов. Однако не следует забывать при расчетах на точность влияние технологических факторов - пайки, сварки, заливки, так как в отдельных случаях погрешности выходных параметров схемы, обусловленные этими факторами, будут сравнимы с первыми. По данным ряда исследований изменения параметров схемных элементов имеют следующие значения: например, при пайке резисторов типа МЛТ методом погружения величина сопротивления возрастает на 0,3%. Для микромодульных резисторов типа СКПМ влияние пайки оказалось примерно тем же, что и для объемных - 0,05 - 0,4. Влияние пайки на величину емкости у объемных конденсаторов весьма незначительное - не более 0,05%, для микромодульных - порядка 2-3%. Существенно меняются под влиянием пайки параметры транзисторов: у объемных - от десятых долей процента до единиц процентов, у микромодульных - от 3 до 15%. Подобным образом оказывает влияние и сварка объемных элементов. Заливка особенно влияет на параметры микромодульных элементов, например, приводит к увеличению сопротивления резисторов примерно на 2-3%, к увеличению емкости конденсаторов на 8-10% и изменяет параметры транзисторов на 2-3%.

В данной работе исследования ограничиваются только учетом производственных погрешностей схемных элементов, определяемых полями допусков. Для определения погрешностей выходного параметра необходимо иметь так называемое "уравнение погрешности", устанавливающее характер и степень связи погрешности выходного параметра с погрешностью параметров отдельных элементов схемы.

В большинстве случаев, когда имеется аналитическое выражение выходного параметра, уравнение погрешностей в общем виде может быть получено методом разложения его в ряд Тейлора. Допустим, что выходной параметр схемы N является функцией нескольких переменных (параметров, входящих в схему элементов $q_1; q_2; \dots q_n$);

$$N = f(q_1, q_2, q_3, \dots, q_n) \quad (1)$$

Чтобы установить зависимость между погрешностью выходного параметра и погрешностями параметров элементов, воспользуемся правилами дифференциального исчисления. Тогда по формуле полного дифференциала имеем

$$dN = \frac{\partial N}{\partial q_1} dq_1 + \frac{\partial N}{\partial q_2} dq_2 + \dots + \frac{\partial N}{\partial q_n} dq_n \quad (2)$$

Переходя от знака дифференциала к конечным приращениям (при условии малости последних) и поделив выражение (2) на выражение (1) получим

$$\frac{dN}{N} = \frac{\frac{\partial N}{\partial q_1} \cdot q_1}{N} \cdot \frac{\Delta q_1}{q_1} + \frac{\frac{\partial N}{\partial q_2} \cdot q_2}{N} \cdot \frac{\Delta q_2}{q_2} + \dots + \frac{\frac{\partial N}{\partial q_n} \cdot q_n}{N} \cdot \frac{\Delta q_n}{q_n} \quad (3)$$

Обозначим величины, стоящие перед относительными изменениями (погрешностями) параметров элементов схемы, через $A_1; A_2; \dots A_n$:

$$\frac{\Delta N}{N} = A_1 \frac{\Delta q_1}{q_1} + A_2 \frac{\Delta q_2}{q_2} + \dots + A_n \frac{\Delta q_n}{q_n} \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой в общем виде уравнение погрешностей выходного параметра. Коэффициенты $A_1; A_2; \dots A_n$ называются коэффициентами влияния, оценивающими "вес" каждого элемента по степени воздействия на выходной параметр схемы. В каждой конкретной схеме они будут иметь строго определенное числовое выражение.

Так, получают уравнение погрешности путем аналитических преобразований уравнения выходного параметра и метод носит название расчетно-аналитического. Следует отметить, что для ряда схем получение такого уравнения связано с весьма большими трудностями или вообще невозможно. В этих случаях для нахождения уравнения погрешностей пользуются статистическим методом, дающим возможность экспериментальным путем определить числовые значения коэффициентов влияния элементов и найти уравнение погрешностей для заданной конкретной схемы. Среди других экспериментальных методов определения уравнения погрешностей необходимо отметить метод малых приращений, метод граничных испытаний, метод преобразованных цепей и корреляционный метод.

По полученному уравнению погрешности, учитывая погрешности параметров элементов, обусловленные производством, можно определить возможную погрешность (разброс) выходного параметра.

Для определения суммарных погрешностей существует несколько методов расчета: метод максимума-минимума, метод квадратичного сложения и вероятностный метод. Последний метод дает наиболее высокую точность результатов.

При расчете по вероятностному методу уравнение погрешности приобретает вид:

$$\sigma_N^2 = A_1^2 \sigma_{q_1}^2 + A_2^2 \sigma_{q_2}^2 + \dots + A_n^2 \sigma_{q_n}^2 \quad (5)$$

где

σ_i - среднеквадратичное отклонение параметра.

При выводе выражения (5) предполагалось, что переменные взаимно независимы. Однако в реальной схеме между некоторыми параметрами элементов всегда существуют функциональные и корреляционные связи. Учет этих связей сводится к введению в выражение (5) дополнительных членов. Пусть, например, параметры q_3 и q_4 связаны между собой функционально, а параметры q_1 и q_2 - коррелятивно, тогда получим:

$$\begin{aligned} \sigma_N^2 = & A_1^2 \sigma_{q_1}^2 + A_2^2 \sigma_{q_1}^2 + 2r A_1 \sigma_{q_1} A_2 \sigma_{q_2} + \\ & + (A_3 \sigma_{q_2} - A_4 \sigma_{q_4})^2 + \dots + A_n^2 \sigma_{q_n}^2 ; \end{aligned} \quad (6)$$

где

γ - коэффициент корреляции между параметрами (лежит в пределах от 0 до 1).

Итак, на основе расчетно-аналитического метода для некоторых схем можно согласно выражениям (1) и (6) определить среднее значение и половину поля погрешностей выходного параметра при заданных средних значениях (примерно равным номинальным) параметров элементов схемы и половины полей отклонений на них.

Если данные на элементы схемы отсутствуют, то пользуются определением их в малых партиях статистическим методом. Для этого необходимо иметь ряд значений параметров этих элементов для определенной партии, который называется в а р и а ц и о н н ы м рядом.

Описание лабораторной установки: мультивибратор с эмиттерной связью

Мультивибратор на транзисторах представляет собой устройство, у которого время пребывания в квазистабильном состоянии определяется времязадающей цепочкой $R_5 C_5$ (рис. 42.1), длительность вырабатываемых прямоугольных импульсов регулируется величинами R_5 и C_5 . В исходном состоянии транзистор T_1 заперт, а T_2 открыт; времязадающая цепочка включена в цепь базы. Базовое сопротивление триода подключено к источнику питания. Триод находится в режиме насыщения, и образующееся падение напряжения на сопротивлении R_3 закрывает триод T_1 . Величина амплитуды запускающего входного напряжения зависит от величины номинального значения резисторов $R_1; R_2; R_3$, от параметров транзистора T_2 и величины тока $J_{к2}$. В исходном состоянии напряжение на общем эмиттерном резисторе R_3 равно:

$$v_3 = E_K \left(\frac{R_3}{R_3 + R'_4} \right) \quad (7)$$

где

$$R'_4 = \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} \quad (8)$$

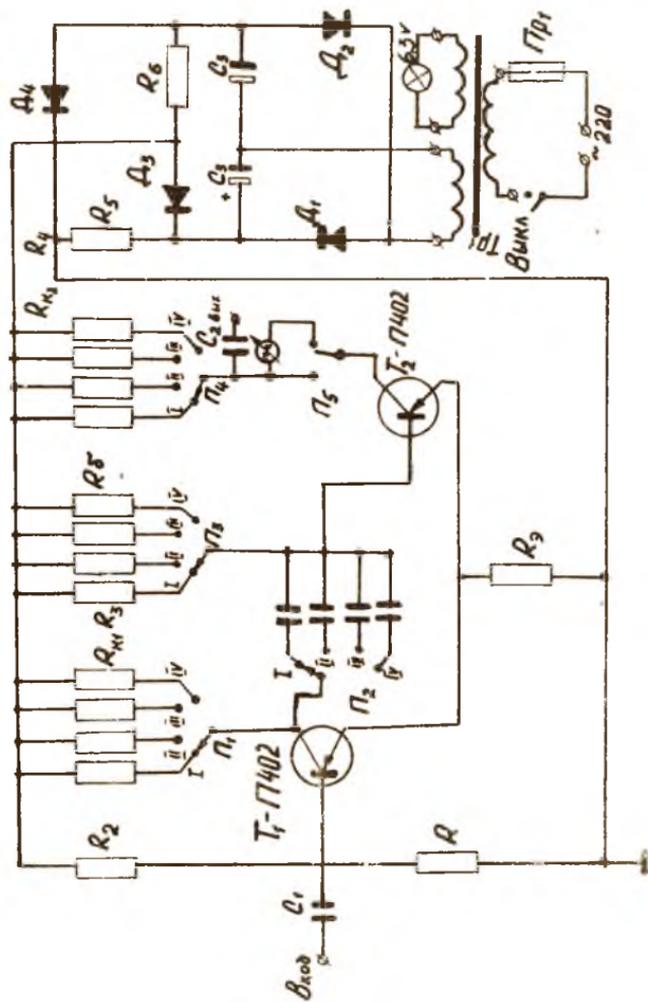


Рис. 42.1. Мультипликатор с эмиттерной связью

Потенциал базы и коллектора относительно земли имеет приблизительно такое же значение.

Для обеспечения условий насыщения выходного транзистора необходимо, чтобы

$$R_{\delta} \leq \frac{R_4}{1 - h_{21\delta}} \quad , \quad (9)$$

где

$h_{21\delta}$ - коэффициент усиления по току в схеме с общей базой.

При срабатывании мультивибратора на коллекторной нагрузке триода T_1 развивается сигнал

$$E_{\kappa} \cdot \left(\frac{R_3}{R_3 + R_3} \right) \quad (10)$$

и на эту величину изменяется напряжение на базе транзистора T_2 запуская его.

Напряжение на базе транзистора T_2 уменьшается по экспоненте от максимальной величины

$$E_{\kappa}^{\max} \left[\left(\frac{R_3}{R_3 + R_3} \right) + \left(\frac{R_4}{R_4 + R_3} \right) \right] \quad (11)$$

до значения напряжения, равного потенциалу эмиттера. В этот момент транзистор T_2 открывается, и схема возвращается в исходное состояние. Напряжение на базе транзистора описывается уравнением:

$$U_{\delta_2} = E_{\kappa} \left[\left(\frac{R_3}{R_3 + R_3} \right) + \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \right] \cdot e^{-\frac{t_{\mu}}{C_{\delta} R_{\delta}}} \quad (12)$$

Длительность выходного импульса одновибратора с учетом влияния неуправляемого тока коллектора J_{κ_0} имеет вид:

$$t_{\mu} = C_{\delta} R_{\delta} \ln \cdot \frac{E_{\kappa} \left(\frac{R_3}{R_3 + R_3} + \frac{R_4}{R_4 + R_3} \right) - J_{\kappa_0} R_{\delta}}{E_{\kappa} \left(\frac{R_3}{R_3 + R_3} \right) + U_{\delta_0}} \quad (13)$$

где

$V_{эб}$ - напряжение на эмиттерном переходе транзистора;

E_k - напряжение питания мультивибратора;

J_{k_0} - неуправляемый ток коллектора при температуре t окружающей среды;

J'_{k_0} - неуправляемый ток коллектора при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

$$J_{k_0} = J'_{k_0} \cdot 2 \left(\frac{t_{\text{окр}} - 20}{10} \right) \quad (14)$$

Пусть $R_3 = R_4 = R_k$; $C_5 R_5 = \tau$; $\frac{R_k}{R_3 + R_k} = a$, тогда получим:

$$t_u = \tau \ln \frac{(2aE_k - J_k R_5)}{(aE_n + v_{эб})} \quad (15)$$

Чтобы установить связь производственной погрешности длительности импульса мультивибратора с погрешностями входящих в схему элементов, воспользуемся правилами дифференциального исчисления.

По формуле полного дифференциала в общем виде можно записать:

$$dt_u = \frac{\partial t_u}{\partial C_5} dC_5 + \frac{\partial t_u}{\partial R_5} dR_5 + \frac{\partial t_u}{\partial J_{k_0}} dJ_{k_0} + \frac{\partial t_u}{\partial E_k} dE_k + \frac{\partial t_u}{\partial R_3} dR_3 + \frac{\partial t_u}{\partial R_k} dR_k + \frac{\partial t_u}{\partial v_{эб}} dv_{эб} \quad (16)$$

Подставив значения частных производных в выражение для полного дифференциала длительности импульса мультивибратора, получим:

$$dt_u = R_5 \ln \left(\frac{2aE_k - J_{k_0} R_5}{aE_k + v_{эб}} \right) dC_5 + C_5 \ln \left(\frac{2aE_k - J_{k_0} R_5}{aE_k + v_{эб}} \right) dR_5 - \frac{J_{k_0} \tau}{(2aE_k - J_{k_0} R_5)} dR_5 - \frac{\tau R_5}{(2aE_k - J_{k_0} R_5)} dJ_{k_0} + \tau \frac{a(2v_{эб} + R_5 J_{k_0})}{(2aE_k - J_{k_0} R_5)(aE_k + v_{эб})} dE_k - \tau \frac{R_k E_k (2v_{эб} + R_5 J_{k_0})}{(2aE_k - J_{k_0} R_5)(aE_k + v_{эб})(R_3 + R_k)^2} dR_3 + \tau \frac{R_3 E_k (2v_{эб} + R_5 J_{k_0})}{(2aE_k - J_{k_0} R_5)(aE_k + v_{эб})(R_3 + R_k)^2} dR_k - \frac{\tau}{(aE_k + v_{эб})} dv_{эб}$$

Разделим полученное уравнение (17) на уравнение (13) и, перейдя от знака дифференциала к конечным приращениям, получим аналитическое выражение погрешностей длительности импульса мультивибратора в общем виде:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta t_u}{t_u} = & \frac{\Delta C_{\delta}}{C_{\delta}} + \frac{\Delta R_{\delta}}{R_{\delta}} \cdot \left[1 - \frac{R_{\delta} J_{K_0}}{(2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}) \ln \left(\frac{2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}}{\alpha E_K + v_{3\delta}} \right)} \right] - \\ & - \frac{R_{\delta} J_{K_0}}{(2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}) \ln \left(\frac{2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}}{\alpha E_K + v_{3\delta}} \right)} \cdot \frac{\Delta I_{K_0}}{I_{K_0}} + \\ & + \frac{\alpha(2v_{3\delta} + R_{\delta} J_{K_0}) E_K}{(2\alpha E_K - J_{K_0}) (\alpha E_K + v_{3\delta}) \ln \left(\frac{2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}}{\alpha E_K + v_{3\delta}} \right)} \cdot \frac{\Delta E_{K_0}}{E_K} - \\ & - \frac{R_3 R_K E_K (2v_{3\delta} + J_{K_0} R_{\delta})}{(2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}) (\alpha E_K + v_{3\delta}) (R_3 + R_K)^2 \ln \left(\frac{2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}}{\alpha E_K + v_{3\delta}} \right)} \cdot \frac{\Delta R_3}{R_3} + \\ & + \frac{R_3 R_K E_K (2v_{3\delta} + J_{K_0} R_{\delta})}{(2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}) (\alpha E_K + v_{3\delta}) (R_3 + R_K)^2 \ln \left(\frac{2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}}{\alpha E_K + v_{3\delta}} \right)} \cdot \frac{\Delta R_K}{R_K} - \\ & - \frac{v_{3\delta}}{(\alpha E_K + v_{3\delta}) \ln \left(\frac{2\alpha E_K - J_{K_0} R_{\delta}}{\alpha E_K + v_{3\delta}} \right)} \cdot \frac{\Delta v_{3\delta}}{v_{3\delta}} \end{aligned} \quad (18)$$

Уравнение (18) является исходным уравнением погрешности длительности импульса мультивибратора, где коэффициенты влияния выражены в общем виде. Определив числовые значения коэффициентов влияния уравнения погрешностей по известным параметрам схемы мультивибратора:

$C_{\delta} = 1200$ пф,	$R_{\delta} = 43$ ком,	$R_3 = 100$ ом,
$E_K = 6$ в,	$R_K = 2,7$ ком,	$v_{3\delta} = 0,3$ в,
$t_{окр} = 40^{\circ}\text{C}$,	$J'_{K_0} = 5$ мка,	$h_{21\delta} = 0,98$,
$R_1 = 11$ ком,	$R_2 = 5,1$ ком,	

получим искомое уравнение погрешности длительности импульса полупроводникового мультивибратора:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta t_u}{t_u} = & \frac{\Delta C_{\delta}}{C_{\delta}} + 0,86 \cdot \frac{\Delta R_{\delta}}{R_{\delta}} - 0,14 \cdot \frac{\Delta J_{K_0}}{J_{K_0}} + 0,229 \cdot \frac{\Delta E_K}{E_K} - \\ & - 0,81 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\Delta R_3}{R_3} + 0,81 \cdot \frac{\Delta R_K}{R_K} - 0,866 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\Delta v_{3\delta}}{v_{3\delta}} \end{aligned} \quad (19)$$

Будем считать, что законы распределения погрешностей проводниковых элементов схемы соответствуют закону Гаусса. Тогда уравнение производственных допусков можно записать:

$$\delta \left(\frac{\Delta t_u}{t_u} \right)_{\text{пр}} = \pm \sqrt{\delta^2 \left(\frac{\Delta C_5}{C_5} \right) + 0,86^2 \delta^2 \left(\frac{\Delta R_5}{R_5} \right) + 0,14^2 \delta^2 \left(\frac{\Delta J_{K_0}}{J_{K_0}} \right) + 0,229^2 \delta^2 \left(\frac{\Delta E_K}{E_K} \right) + (0,81 \cdot 10^{-2})^2 \delta^2 \left(\frac{\Delta R_3}{R_3} \right) + 0,81^2 \delta^2 \left(\frac{\Delta R_K}{R_K} \right) + (8,66 \cdot 10^{-2})^2 \delta^2 \left(\frac{\Delta U_{25}}{U_{25}} \right)}$$

Задание на лабораторную работу

1. Рассчитать электрические допуски по заданию преподавателя (приложение 2).
2. Изучить блок-схему установки для исследования параметров мультивибратора.
3. Снять экспериментально характеристики мультивибратора и построить их ($\delta \left(\frac{\Delta t_u}{t_u} \right) = f \left(\delta \frac{\Delta R}{R} \right)$; $\delta \left(\frac{\Delta t_u}{t_u} \right) = f \left(\delta \frac{\Delta C}{C} \right)$ и др.).
4. Дать рекомендации по выбору класса точности элементов схемы при заданных значениях выходного параметра мультивибратора.

Порядок выполнения работы

Собрать установку по блок-схеме (рис. 42.2).

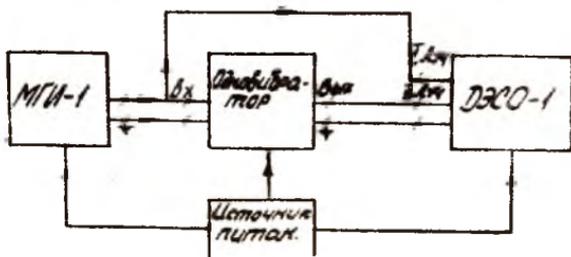


Рис. 42.2. Блок-схема исследования мультивибратора

Подключить импульсный генератор МГН-1 и исследуемый мультивибратор к сети переменного тока (220 В).

Для включения осциллографа ДЭСО-1 необходимо подсоединить кабель питания к сети переменного тока, а тумблер сети поставить в положение "Прибор вкл". При переключениях прибора необходимо соблюдать направление переключения, указанное стрелкой.

Для включения усилителей вертикального отклонения луча необходимо поставить тумблеры "верт. усил. I" и "верт. усил. II" в положение "Вкл".

Установить переключатель "Вид развертки" в положение "Непрерывно".

Ручками "Фокус II", "Яркость II", "Влево II Вправо", "Вниз II" "Вверх" получить на экране осциллографа прямую линию. Аналогично получить прямую линию для I луча. Установить линии I и II луча так, чтобы их начала совпадали, а расстояние между ними по вертикальной оси составляло 3-5 см.

Подключить кабель "Выход" импульса синхронизации генератора МГИ-1 к зажиму "Вход горизонтального усиления и синхронизации" осциллографа и к зажиму "Земля", а ручку "Амплитуда синхронизации" генератора импульсов повернуть в правое крайнее положение, соответствующее максимальной амплитуде сигнала синхронизации.

Подсоединить кабель выходного сигнала генератора МГИ-1 к штыревому разъему "Делитель выхода I:10". Для включения делителя выходного напряжения генератора, тумблер "Делитель выхода" переключается в положение "Вкл". Установить частоту следования импульсов в диапазоне 0,5-2 кгц. Длительность импульса генератора установить 3-7 мксек. Подсоединить кабель выходного сигнала генератора МГИ-1 к зажимам "Вход" лабораторной установки. Параллельно этим зажимам подсоединить кабель, идущий к входному каскаду вертикального усилителя II канала. Более длинный провод кабеля выходного сигнала генератора МГИ-1 соединить с зажимом "Земля" лабораторной установки.

Подсоединить "Входной каскад вертикального усилителя" I луча к зажимам "Выход" лабораторной установки. Установить переключатель "Вид развертки" в положение "Идущий". Переключатель "Длительность идущей развертки" поставить в положение 10-50 мксек. "Калибратор длительности" установить в положение "Вкл". Установить переключатель "Длительность калибрационных меток" в положение I мксек. Установить положение ручек "Плавная регулировка усиления" I и II луча на 3-7 делениях так, чтобы были видны исследуемые импульсы.

Установить переключатель элементов схемы мультивибратора в положение, соответствующее заданному варианту.

Измерить величины длительности импульса мультивибратора в зависимости от изменения производственного допуска на элементы его схемы. Построить график зависимости

$$\delta \left(\frac{\Delta t_u}{t_u} \right) = \varphi \delta \left(\frac{\Delta x}{x} \right),$$

где

x - исследуемый параметр схемы.

Сравнить результаты эксперимента с расчетными данными.

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

1. Принципиальная схема мультивибратора.
2. Блок-схема установки для исследования.
3. Расчетные данные по электрическим допускам.
4. Данные экспериментов, сведенные в таблицу и графики.
5. Заключение по работе.

Приложение I

В данной схеме мультивибратора применяются элементы, имеющие следующие электрические допуски:

Резисторы: $R_{K1} = R_{K2} = R_K$

I. ПТМН-1-2,7 к $\pm 1\%$, т.е. $\delta(\Delta R_K / R_K) = \pm 1\%$.

II. ОСМЛТ-2,7 к $\pm 5\%$

III. ОСМЛТ-2,7 к $\pm 10\%$

IV. ВС-0,5-2,7 к $\pm 20\%$

Резисторы: R_B

I. ПТМН-0,5-43 к $\pm 0,25\%$, т.е. $\delta\left(\frac{\Delta R_B}{R_B}\right) = \pm 0,25\%$

II. ПТ-0,5-43 к $\pm 1\%$

III. ОМЛТ-43 к $\pm 5\%$

IV. МЛТ-43 к $\pm 10\%$

R_1 - ПТМН-1-11 к $\pm 1\%$

R_2 - ПТМН-1-5,1 ± 10

Конденсаторы C_6

I. 1200пф \pm 2%, т.е. $\delta\left(\frac{\Delta C_6}{C_6}\right) = \pm 2\%$

II. 1200пф \pm 5%

III. 1200пф \pm 10%

IV. 1200пф \pm 20%

$$\delta\left(\frac{\Delta J_{K_0}}{J_{K_0}}\right) = \pm 30\%$$

$$\delta\left(\frac{\Delta E_K}{E_K}\right) = \pm 5\%$$

$$\delta\left(\frac{\Delta R_2}{R_2}\right) = \pm 1\%$$

$$\delta\left(\frac{\Delta U_{36}}{U_{36}}\right) = \pm 20\%$$

Примечание. Номера римских цифр обозначают положения переключателей на лабораторной установке.

Приложение 2

Вариант № п/п	$\pm \delta\left(\frac{\Delta C_6}{C_6}\right) \%$	$\pm \delta\left(\frac{\Delta R_{K_1}}{R_{K_1}}\right) \%$	$\pm \delta\left(\frac{\Delta R_5}{R_5}\right) \%$	Примечание
I	$\vartheta a \tau$	I	0,25	I полож. пер.
2	"	5	I	II - " - " -
3	"	10	5	III - " - " -
4	"	20	10	IV - " - " -
5	2	$\vartheta a \tau$	0,25	I - " - " -
6	5	"	I	II - " - " -
7	10	"	5	III - " - " -
8	20	"	10	IV - " - " -
9	2	1	$\vartheta a \tau$	I - " - " -
10	5	5	"	II - " - " -
11	10	10	"	III - " - " -
12	20	20	"	IV - " - " -
13	5	I	$\vartheta a \tau$	I - " - " -
14	20	5	"	II - " - " -
15	5	10	"	III - " - " -
16	10	20	"	IV - " - " -
17	$\vartheta a \tau$	I	I	I - " - " -
18	"	5	5	II - " - " -
19	"	10	10	III - " - " -
20	"	20	0,25	IV - " - " -
21	2	$\vartheta a \tau$	I	I - " - " -
22	5	"	5	II - " - " -
23	10	"	10	III - " - " -
24	20	"	0,25	IV - " - " -
25	2	20	$\vartheta a \tau$	I - " - " -
26	5	10	"	II - " - " -
27	10	5	"	III - " - " -
28	20	I	"	IV - " - " -

Продолж.прилож.2

I	2	3	4	5
29	20	Уаг	10	
30	20	"	5	
31	5	"	0,25	
32	2	"	I	

Номер варианта для каждого студента определяется порядковым номером фамилии его в списке группы или выдается преподавателем.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Гусев, А.В.Фомин и др. Расчет электрических допусков радиоэлектронной аппаратуры. Издательство "Советское радио", 1968.

2. В.А.Жуков. Технология производства радиоаппаратуры. Госэнергоиздат, 1959.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 43

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРКИ ПЛАСТИНЧАТОГО МАГНИТОПРОВОДА

Цель работы - экспериментальное определение оптимальных усилий стягивания магнитопровода.

Краткие теоретические сведения

Качество магнитопроводов определяется параметрами исходных магнитных материалов, конструктивными формами и оценивается удельными потерями, магнитной индукцией, магнитной проницаемостью, удельным электрическим сопротивлением и др.

Основными в магнитопроводах являются потери на вихревые токи, на перемагничивание и на рассеивание магнитного потока. Кроме магнитных и электрических свойств материалов магнитопроводов, на работу трансформаторов и дросселей большое влияние оказывают их конструкция, технология изготовления и сборки.

Пластины магнитопроводов получают холодной штамповкой из листового материала. При резке и штамповке свойства магнитных материалов ухудшаются из-за остаточных напряжений от пластической деформации. Сильно деформированная зона с резко ухудшенными свойствами распространяется по контуру пластины в виде полоски шириной от 0,5 до 3 мм.

Для снятия остаточных напряжений штампованные пластины подвергаются отжигу при температуре рекристаллизации одним из следующих способов: с ограниченным доступом воздуха, в вакууме или в атмосфере водорода.

Чтобы уменьшить потери на вихревые токи, магнитные цепи собирают из отдельных, электрически изолированных тонких пластин.

Вид изоляции выбирается в зависимости от рабочей частоты изделия. Для трансформаторов и дросселей, работающих на низких частотах, в качестве изоляции применяется оксидная пленка.

Недостатком такого вида изоляции является резкое снижение электрического сопротивления при сжатии пакета пластик и ферромагнитность оксидной пленки, которая приводит к увеличению потерь в магнитопроводе, особенно на повышенных частотах.

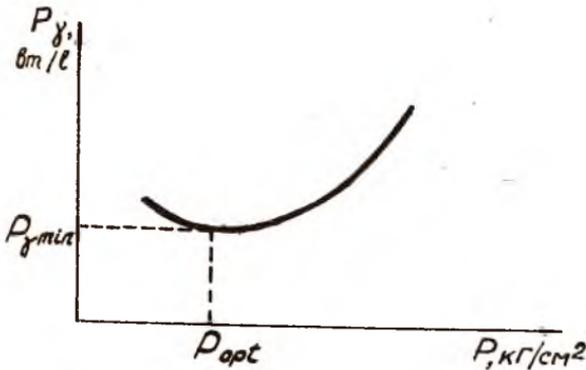
При частотах до 1000 гц в качестве изоляции может служить фосфатная пленка, характеризующаяся диамагнитностью и большой механической прочностью. Существенным недостатком является пористость фосфатной пленки. Применение фосфатной изоляции ограничивается также сложностью и большой трудоемкостью ее получения.

Для увеличения коэффициента заполнения собранные в пакет пластины магнитопровода сжимаются на прессе и стягиваются специальными шпильками или обжимаются скобами. Практически коэффициент заполнения, т.е. отношение истинного объема магнитного материала, находящегося в пакете, ко всему объему пакета, изменяется от 0,8 до 0,97 в зависимости от усилия стягивания, толщины слоя электрической изоляции, равномерности материала по толщине, величины заусениц по внутреннему и внешнему периметрам, изогнутости пластин. Лучшим считается материал, обладающий полированной поверхностью с прочным слоем изоляции толщиной не более 1-3 мк на сторону.

Основная причина малого коэффициента заполнения - низкое качество отделки поверхностного слоя пластин, особенно у горячекатаных сталей. Пластина должна быть равномерной по толщине и не иметь короблений.

В процессе сборки и стягивания пакета необходимо соблюдать условия, исключающие деформацию пластин. Усилие стягивания пластин оказывает существенное влияние на величину потерь в магнитной цепи. Эта зависимость представлена на рис. 43.1 и 43.2.

По оси ординат на рис. 43.1 отложены удельные потери в магнитопроводе в вт/г, а по оси абсцисс - усилие стягивания пакета в величине давления жидкости на прессе кг/см².



На рис.43.2
приведены петли ги-
стерезиса для трех
значений усилия обжа-
тия $P=0$; $P=P_{opt}$

и $P \gg P_{opt}$.

Рис. 43.1. Влияние усилия стя-
гивания пластин магнитопровода на потери
в магнитной цепи

Как видно из графика, площадь петли гистерезиса при $P=0$ и
при $P \gg P_{opt}$ возрастает в сравнении с P_{opt} , что свидетельствует
о больших потерях на перемагничивание.

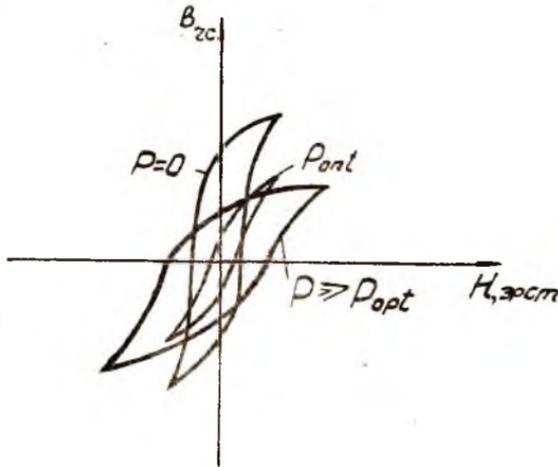


Рис. 43.2. Петли гистерезиса при усилиях сжатия:

$P=0$, $P=P_{opt}$ и $P \gg P_{opt}$.

При слабом усилии стягивания пакета коэффициент заполнения
небольшой, потери на рассеивание велики. При увеличении
стягивания общие потери в магнитной цепи уменьшаются, однако при
дальнейшем повышении усилия они будут возрастать за счет увели-
чения потерь на вихревые токи и перемагничивание. Потери на вих-

ревые токи возрастает из-за разрушения изоляционной пленки и увеличения точек соприкосновения поверхности пластин. Изменение потерь на перемагничивание при стягивании обусловлено явлением магнитострикции ферромагнитных материалов, сопровождающимся изменением магнитных свойств.

Магнитострикцией называется изменение формы и объема тела вследствие изменения условий равновесия между узлами кристаллической решетки элементарных ферромагнитов в процессе перемагничивания. Магнитострикция может быть продольной и объемной. В процессе намагничивания основное значение имеет магнитострикция продольная, характеризующаяся относительным изменением длины тела $\frac{\Delta l}{l}$.

Различают следующие виды продольной магнитострикции: положительную ($\Delta l > 0$), отрицательную ($\Delta l < 0$) и нулевую (без изменения размеров тела).

Каждый материал, в зависимости от кристаллического строения, имеет магнитострикцию определенного знака.

Продольная магнитострикция железа в слабом магнитном поле - положительная, а в более сильном отрицательная. При всех значениях магнитного поля продольная магнитострикция никеля имеет отрицательный знак. Сплавы системы Fe-Ni содержанием никеля приблизительно до 82% имеют положительную магнитострикцию, а при увеличении процентного содержания никеля - отрицательную.

У сплавов системы Fe-Si с содержанием кремния до 7% магнитострикция положительная, выше 7% - отрицательная.

Величина и знак магнитострикции не зависят от изменения направления магнитного поля. При механическом воздействии в магнитных материалах с магнитострикцией, отличной от нуля, происходит изменение магнитных свойств. Это явление называется магнитоупругим эффектом и по своему характеру обратно явлению магнитострикции.

У материалов с положительной магнитострикцией под действием растягивающих усилий степень намагничивания увеличивается, а под действием сжимающих - уменьшается. У материалов с отрицательной магнитострикцией степень намагничивания при растяжении уменьшается, а при сжатии - увеличивается.

Никель имеет наибольшее абсолютное значение отрицательной магнитострикцией ($35 \cdot 10^{-6}$). Поэтому для никеля деформация растяжения вызывает ухудшения условий намагничивания и, следовательно, снижение индукции, а деформация сжатия улучшает условия намагничивания и приводит к увеличению индукции.

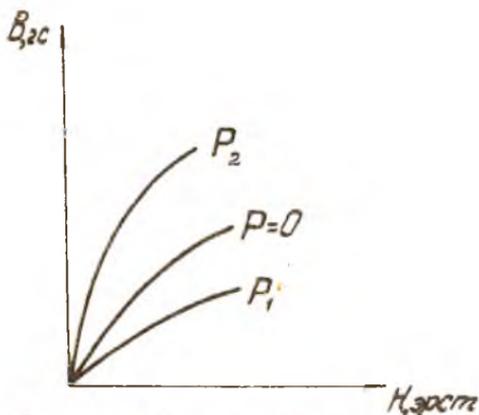


Рис. 43.3. Кривые намагничивания материала с отрицательной магнитострикцией: P — при отсутствии давления; P_1 — при растягивающем усилии; P_2 — при сжатии

На рис. 43.3 представлены основные кривые намагничивания материала с отрицательной магнитострикцией при различных видах деформаций.

В соответствии с изменением основной кривой намагничивания изменяются также форма петли гистерезиса и параметры, которые ее определяют. Так, у сплава железа с 30% никеля, имеющего положительную магнитострикцию, при растяжении происходит понижение коэрцитивной силы и потерь на перемагничивание, а у никеля, имеющего отрица-

тельную магнитострикцию — повышение коэрцитивной силы и потерь на перемагничивание.

На рис. 43.4 представлены петли гистерезиса магнитного материала с отрицательной магнитострикцией при давлении $P = 0$ и $P = 30 \text{ кг/см}^2$.

В процессе стягивания пакета пластин магнитопровода давление направлено перпендикулярно к плоскости элементарных ферромагнетиков и действует как растягивающее усилие. При таких условиях у материалов с отрицательной магнитострикцией происходит ухудшение (скашивание вправо) формы петли гистерезиса и потери на перемагничивание увеличиваются, а у материалов с положительной магнитострикцией, наоборот, форма петли улучшается (приближается к прямоугольной) и потери на перемагничивание уменьшаются. У материалов с нулевой магнитострикцией магнитная характеристика фактически остается неизменной (рис. 43.5).

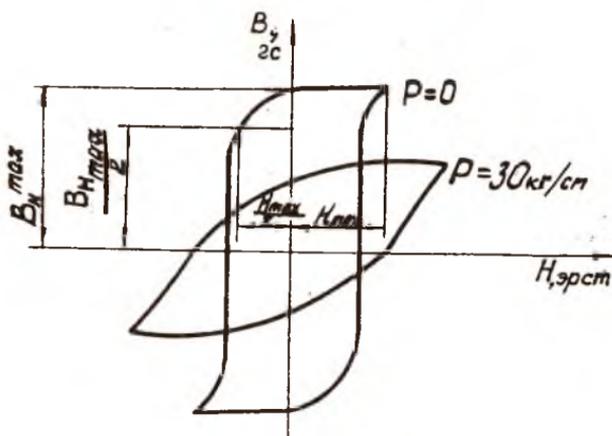


Рис. 43.4. Зависимость формы петли гистерезиса магнитного материала с отрицательной магнитострикцией от величины давления при сжатии пакета

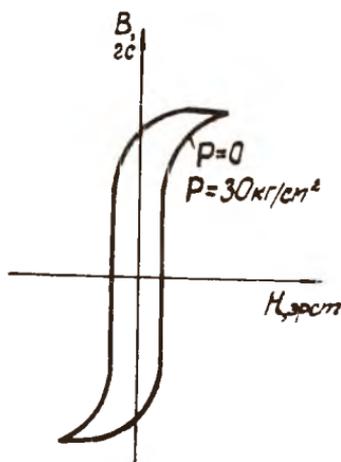


Рис. 43.5. Петля гистерезиса магнитного материала с нулевой магнитострикцией

Зависимость изменения потерь в магнитопроводе в процессе стягивания пакета определяется соотношением разных видов потерь (на вихревые токи, перемагничивание, рассеивание и последствие) и в общем случае может иметь вид, представленный на рис. 43.1. В качестве оптимального выбирается давление, соответствующее минимальным потерям $P_{\text{мин}}$. При выборе усилия необходимо учесть изменение формы петли гистерезиса материала.

Усилие стягивания пакета пластин магнитной цепи трансформатора также влияет на величину тока холостого хода $I_{\text{хх}}$, что

объясняется изменением индуктивного сопротивления первичной обмотки трансформатора, зависящего от магнитной проницаемости материала.

Описание установки

Схема установки для исследования магнитопровода представлена на рис. 43.6. Для того, чтобы на экране электронно-лучевой трубки осциллографа наблюдать петлю гистерезиса, необходимо к пластинам вертикального отклонения приложить напряжение, пропорциональное мгновенному значению магнитной индукции в магнитопроводе I . На магнитопровод из ферромагнитного материала накладываются две обмотки. Через первичную обмотку с числом витков ω , пропускается переменный ток i_1 . Напряженность поля в ферромагнитном сердечнике пропорциональна в каждый момент времени току

$$H = \frac{0,4 \omega i_1}{l_{\text{ср}}} \quad \text{эрст} \quad , \quad (20)$$

где

$l_{\text{ср}}$ - средняя длина магнитной силовой линии, см.

Если в цепь первичной обмотки включить сопротивление r_1 , величина которого значительно меньше сопротивления первичной обмотки, то напряжение на этом сопротивлении U_1 , будет пропорционально напряженности магнитного поля. Это напряжение и подводят к горизонтально отклоняющим пластинам осциллографа.

Во вторичной обмотке с числом витков ω_2 индуцируется э.д.с.

$$e_2 = -\omega_2 \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} \cdot 10^{-8} \text{ в} \quad , \quad (21)$$

где

S - площадь сечения магнитопровода, см².

Мгновенные значения э.д.с. и магнитной индукции сдвинуты во времени. Для того, чтобы на вертикально отклоняющие пластины осциллографа можно было подать напряжение, пропорциональное магнитной индукции без сдвига во времени, во вторичную обмотку включается активное сопротивление r_2 и конденсатор C . Если сопротивление r_2 значительно больше емкостного сопротивления (а также полного сопротивления вторичной обмотки), то ток i_2 во вторичной цепи будет практически следовать за изменением э.д.с. без сдвига во времени.

$$i_2 = \frac{e_2}{z_2} \quad (22)$$

Вместе с тем, напряжение на конденсаторе, подводимое к вертикально отклоняющим пластинам U_y , будет в любой момент времени пропорционально значению индукции \mathcal{B} тот же момент времени

При указанных условиях:

$$U_y = \frac{1}{C} \int i_2 d\tau = \frac{1}{C} \int \frac{e}{z_2} d\tau$$

или

$$U_y = \frac{U_2 \gamma B}{z_2 C} \cdot 10^{-8} \text{ в} \quad (23)$$

где U_2 - напряжение, подводимое к цепи, в.
 γ - плотность материала образца, г/см³.

Таким образом, при одновременном приложении этих напряжений к отклоняющим пластинам трубки осциллографа 3 на экране получится петля гистерезиса, площадь которой пропорциональна магнитным потерям P_γ .

Для стягивания магнитопровода используется гидравлический пресс. Необходимая частота тока f создается звуковым генератором. Миллиамперметр служит для измерения тока холостого хода J_{xx} . Переключатель 2 в положении I позволяет измерить J_{xx} , а в положении II - потери P_γ .

Задание на лабораторную работу

1. Ознакомиться с установкой для исследования магнитопровода.
2. Изменяя усилие обжатия на пакете магнитопровода на разных частотах (50, 200, 400 гц), измерить ток холостого хода J_{xx} , удельные магнитные потери P_γ и коэффициент прямоугольности K.
3. На основании проведенных экспериментов установить оптимальные усилия стягивания.

Порядок выполнения работы

I. Подготовка к эксперименту.

- I. Собрать магнитопровод ("вперекрышку").

2. Подключить выводы катушки к соответствующим контактам схемы.
3. Собранный пакет установить на пресс.
4. Поставить переключатель 2 в положение П.
5. Установить ручки управления ЗГ-Ю в исходное положение ("Внутренняя нагрузка" - в положение "выкл", "затухание ДБ" - "0", "Выходное сопротивление" - "600").
6. Подать питание 220 в на звуковой генератор и осциллограф.
7. Включать осциллограф (тумблер - "сеть").
8. Установить заданную частоту звукового генератора.
9. Включить звуковой генератор (тумблер - "вкл").

10. Установить заданную напряженность H по показанию миллиамперметра ручкой "Регулятор выходного напряжения" на звуковом генераторе. (Для данного трансформатора ток в цепи первичной обмотки целесообразно брать не больше 30 ма). Чтобы сохранить заданную H , ток в цепи первичной обмотки необходимо поддерживать постоянным по величине независимо от выбранной частоты. Коэффициент усилия необходимо выбирать таким, чтобы координаты вершин гистерезисного цикла занимали не более половины экрана осциллографа. При измерениях положение ручек усилителей "X" и "Y" остается постоянным.

II. Порядок измерений

I. Проградуировать горизонтальную и вертикальную оси:

а) отключить "выход" усилителя горизонтального отклонения и усилителя вертикального отклонения осциллографа от схемы;

б) на "вход" усилителя горизонтального отклонения подать контрольный сигнал (4 в) от ЗГ-Ю и определить величину отклонения луча на экране X_0 (мм или делений). Отключить контрольный сигнал от усилителя горизонтального отклонения;

в) на вход усилителя вертикального отклонения подать такой же контрольный сигнал от ЗГ-Ю и определить величину отклонения луча по вертикали - Y_0 (см или делений).

2. Подключить осциллограф к схеме. Измерить площадь петли - S_n сняв ее на кальку, и J_{xx} при усилии стягивания магнитопровода $P=50, 100, 150 \text{ кг/см}^2$ и частоте $f=50$ гц; повторить измерения при частоте $f=200$ и $f=400$ гц.

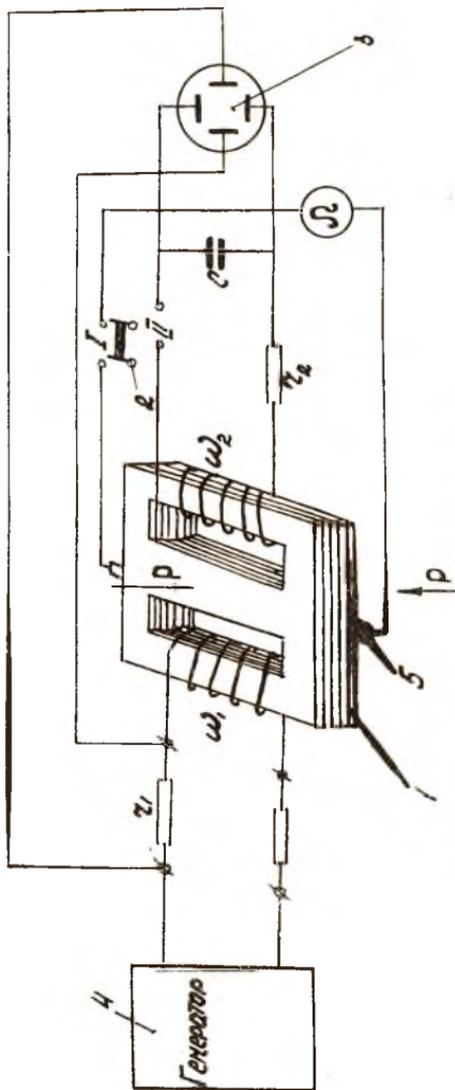


Рис. 43.6. Схема установки для исследования магнитопровода

Примечание.

1. Переключатель 2 при измерении $J_{\text{хх}}$ ставить в положение I.

2. Контуры петли с экрана осциллографа перевести на кальку, совместив при этом оси на сетке и на кальке. Площадь петли определяется наложением кальки на сетку миллиметровой бумаги.

III. Порядок вычислений

1. Вычислить цену деления горизонтальной оси экрана осциллографа по формуле:

$$\alpha = \frac{0,4 \nu \omega_1}{z_1 l_{\text{ср}} X_c} \text{ э/дел} , \quad (24)$$

где ω_1 - число витков первичной обмотки;
 z_1 - активное сопротивление в цепи первичной обмотки, ом;
 $l_{\text{ср}}$ - средняя длина магнитной силовой линии, см;
 ν - контрольный сигнал в .

2. Вычислить цену деления вертикальной оси экрана по формуле:

$$\beta = \frac{\nu C z_2}{\omega_2 S_m \mu_0} \cdot 10^8 \text{ гс/дел} , \quad (25)$$

где ω_2 - количество витков во вторичной обмотке;
 C - емкость в цепи вторичной обмотки (ф);
 z_2 - активное сопротивление в цепи вторичной обмотки, ом;
 S_m - сечение магнитопровода, см².

3. Вычислить удельные потери в магнитопроводе по формуле:

$$P_{\gamma} = \frac{S_n a b}{4\pi \gamma \cdot 10^7} \cdot f \text{ Вт/г} , \quad (26)$$

где S_n - площадь петли гистерезиса в тех же единицах, в которых взяты X_0 и Y_0 ;
 γ - плотность материала магнитопровода, г/см³.

4. Вычислить коэффициент прямоугольности петли по формуле:

$$K = \frac{B_{H_{\text{max}}}}{2 B_{H_{\text{max}}}} , \quad (27)$$

где $\frac{B_{H_{max}}}{2}$ - магнитная индукция, соответствующая $\frac{H_{max}}{2}$;

$B_{H_{max}}$ - магнитная индукция, соответствующая максимальной напряженности H_{max} рис. 43.4

Данные элементов схемы

l_{cp}	ω_1	ω_2	τ_1	τ_2	S_M	C	γ
13 см	223	758	75 ом	76,2ком	4 см ²	0,6мк	7,8г/см ³

Содержание отчета

1. Схема установки для исследования магнитопровода.
2. Результаты вычислений.
3. Графики зависимостей: $J_{xx} = \varphi_1(P)$
 $K = \varphi_2(P)$
 $P_\gamma = \varphi_3(P)$ для трех значений f .
4. Обобщенный график оптимальных давлений: $P_{opt} = \varphi_4(P_\gamma)$
 в зависимости от удельных потерь в магнитопроводе.
5. Анализ полученных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Гусев. Технология производства радиоэлектронной аппаратуры. "Советское радио", 1961.
2. Под редакцией В.П.Гусева. Руководство к лабораторным работам по курсу "Технология радиоаппаратостроения". МАИ, 1960.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 44

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ НА ПЕЧАТНОМ МОНТАЖЕ

Цель работы - ознакомить студентов с проектированием радиоаппаратуры на печатном монтаже; с методикой проверочного расчета печатных проводников.

Краткие теоретические сведения

В производстве радиоаппаратуры технологические процессы сборки, монтажа и регулировки являются наиболее трудоемкими, так как эти операции выполняются в основном вручную, причем их выполнение связано с применением высококвалифицированного ручного труда и плохо поддается механизации.

Решение проблемы механизации сборочных и монтажных работ при изготовлении радиотехнических устройств с использованием объемных комплектующих электро- и радиоэлементов упрощается при расчленении устройств на функциональные узлы и блоки, в которых электрические соединения элементов выполняются не обычными объемно располагающимися монтажными проводами, а проводниками, лежащими в одной плоскости.

Такое принципиально новое конструктивное решение функциональных узлов и блоков становится возможным при применении плат с печатным монтажом. Печатным монтажом называется система из токопроводящих печатных проводников, нанесенных на изолированном основании и обеспечивающих электрическое соединение элементов в схеме.

Применение печатного монтажа в радиотехнических устройствах позволяет решать задачу комплексной механизации и автоматизации производства, что приводит к резкому снижению трудоемкости изготовления радиоаппаратуры. Кроме того, применение печатного монтажа приводит к уменьшению габаритов и веса аппаратуры, к снижению ее себестоимости. Печатный монтаж способствует повышению надежности, унификации и стандартизации радиоаппаратуры и ее функциональных узлов. Он обладает также рядом особенностей, предъявляющих определенные требования к конструкции радиоаппаратуры.

Современная радиоэлектронная аппаратура, как правило, конструируется по функционально-узловому методу, то есть все схемы блоков разбиваются на отдельные функциональные узлы, которые выполняются затем в виде обособленных конструкций. Это обеспечивает экономичность производства, облегчает обслуживание и ремонт аппаратуры в процессе эксплуатации.

В функциональные узлы обычно оформляют следующие электронные схемы: мультивибраторы, триггеры, блокинг-генераторы, усилители и др. Такие узлы размещаются на отдельных печатных платах, соединенных между собой с помощью переходных элементов (разъемов, переходных колодок и т.п.). Использовать навесной радиоэлемент в качестве переходного элемента в сборных конструкциях не рекомендуется. Для обеспечения механической прочности и жесткости конструкции размер печатной платы не должен превышать 220x380 мм. Количество элементов на плате в среднем должно составлять 20-40 штук.

В качестве основания печатных плат наибольшее применение находит гетинакс толщиной 1,5-3 мм, однако применяются и другие материалы. Печатные проводники из медной электролитической фольги обладают сопротивлением, соизмеримым с сопротивлением объемного медного проводника эквивалентного сечения.

В современной радиоэлектронной аппаратуре печатный монтаж применяется в сочетании с объемными деталями. При этом для обеспечения возможности автоматической пайки монтажные проводники наносятся на одной стороне платы, а навесные детали располагаются на противоположной стороне.

Проектирование функциональных узлов на печатном монтаже

При проектировании схем на печатном монтаже необходимо учитывать технические требования и рекомендации, приведенные ниже.

А. Конструкция платы.

Механизированный способ установки навесных радиодеталей на печатные платы и автоматическая пайка монтажных соединений выдвигают специфические требования к конструкции плат. Для обеспечения необходимой точности фиксации платы на автоматической линии две ее взаимноперпендикулярные стороны принимаются базовыми (рис. 44.1).

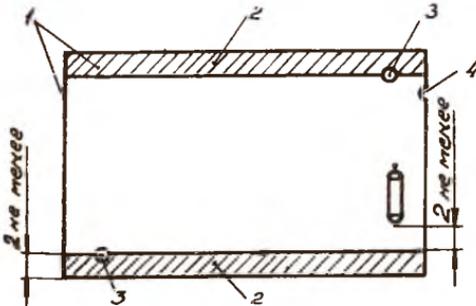


Рис. 44.1. Установочные данные печатной платы:

1 - базовые стороны; 2 - технологические зоны; 3 - базовые отверстия; 4 - ключевая прорезь

На двух противоположных сторонах платы предусматриваются технологические зоны шириной не менее 2 мм, служащие для захвата платы при сборке и пайке. В связи с этим размещение деталей или отверстий под выводы в технологической зоне не допускается.

На печатной плате следует предусмотреть не менее двух технологических отверстий и фиксирующий вырез ("ключ"), обеспечивающий установку платы в одно определенное положение.

Рекомендуется применять платы квадратной или прямоугольной формы.

Расположение деталей на плате.

При разработке схем на печатном монтаже возможны два варианта расположения деталей. В одном случае все навесные детали располагаются на одной стороне платы, а печатные проводники - на противоположной стороне, что дает возможность осуществлять пайку монтажных соединений погружением или "волной припоя" (так называемый односторонний монтаж).

При двустороннем монтаже детали и печатные проводники располагаются на обеих сторонах платы. В этом случае радиодетали не должны касаться проводников, поэтому рекомендуется их устанавливать на расстояние не менее 3 мм от поверхности платы, либо проводники должны отгибать детали, лежащие на плате. Для предохранения регулировочных элементов (например, контурных катушек индуктивности) от воздействия лака при лакировании погружением их корпуса должны быть приподняты над поверхностью платы на 3-5 мм, а открытые контакты переходных колодок, реле, монтажных стоек - на 5-10 мм.

Установка навесных радиоэлементов производится путем пропускания выводов в установочные отверстия на плате, причем в каждом отверстии может размещаться только один вывод элемента. Центры отверстий под выводы радиодеталей (установочных отверстий) должны располагаться в узлах координатной сетки. Координатной сеткой называется прямоугольная сетка, условно накладываемая на чертеж печатной платы для установления определенной системы расположения отверстий и задания размеров проводников (ГОСТ Ю317-62).

Центры отверстий под выводы многоконтактных электро- и радиодеталей (ламповые панели, реле, экраны и другие), которые в силу конструктивных особенностей этих деталей могут не попасть в узлы координатной сетки, располагаются согласно размерам в чертежах на данную деталь. При этом должны соблюдаться следующие требования: центр одного из отверстий для вывода должен быть обязательно расположен в узле сетки; центры остальных отверстий, не попавшие в узлы сетки - на вертикальных и горизонтальных линиях координатной сетки.

Шаг координатной сетки может быть 1,2; 2,5 и 3 мм; если требуется обеспечить минимальные габариты проектируемой платы, шаг сетки принимается равным 1 мм.

Диаметр установочных отверстий в плате зависит от формы выводов их размера и должен превышать диаметр вывода на 0,4-0,6 мм. Это облегчает установку навесных деталей с помощью укладочных головок и обеспечивает получение прочных паяных соединений за счет полного заполнения зазора припоем.

Рекомендуемый к применению ряд диаметров отверстий под выходы: 0,7; Ю: 1,4; 1,8 мм.

В зависимости от метода изготовления печатной платы изменяется выполнение контактного узла. Так, при способе осаждения - отверстия под выводы должны быть зенкованы с двух сторон..

Угол зенковки 70° - 90° .

Металлизированные отверстия должны иметь с обеих сторон контактную площадку, на 0,8 мм превышающую диаметр зенковки.

При методе травления фольгированного материала - отверстия под выводы не должны иметь зенковки со стороны расположения печатных проводников.

Навесные радиоэлементы должны размещаться на плате в определенном порядке - рядами параллельно друг другу или цепочкой (рис.44.2).

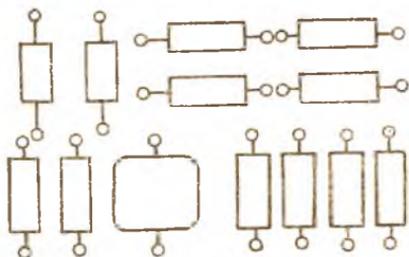


Рис. 44.2. Расположение радио-деталей на печатной плате

2 мм, а длина вывода от корпуса до места пайки соответственно ТУ на данную деталь.

Навесные детали на плате следует располагать так, чтобы обеспечить минимально допустимые расстояния между соседними элементами, указанные на рис.44.3. Расстояние между корпусом или выводом элемента и краем платы должно быть не менее 2 мм.

В. Р а с п о л о ж е н и е п е ч а т н ы х п р о в о д н и -
к о в н а п л а т е .

Для относительно простых узлов, разрабатываемых в лабораторной работе, рекомендуется применять односторонний монтаж.

Разработку печатного монтажа следует начинать с определения места расположения на плате крупногабаритных элементов (трансформаторов, электронных ламп и др.). Определив положение этих элементов, приступают к размещению остальных деталей и к прокладке печатных проводников.

Не допускается установка деталей под различными углами друг к другу.

Крепление элементов на плате производится путем пропускания выводов в отверстия и подгибания их. Длина подогнутого участка вывода должна быть не менее 0,6 мм. Место сгиба вывода от корпуса детали - на расстоянии не менее

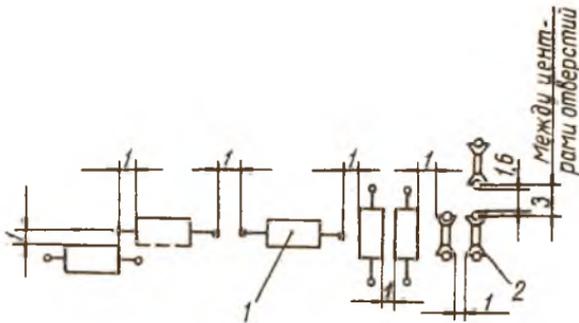


Рис. 44.3. Минимально допустимые расстояния при установке радиодеталей на плате: 1—детали с осевыми проволочными выводами; 2—детали с радиальными ленточными выводами

При размещении печатных проводников на плате необходимо руководствоваться следующими положениями;

1. Расположение проводников произвольное при условии, что они не будут иметь резких перегибов и острых углов, радиус закругления — не менее 2 мм. Следует избегать ответвлений от проводников.

2. Если при проектировании печатного монтажа не удастся избежать перекрещивания печатных проводников, то со стороны навесных деталей ставится перемычка в виде отрезка проводника. Расположение и установка перемычек производится по тем же правилам, что и для навесных элементов.

3. Для избежания паразитных связей:

а) не рекомендуется прокладывать рядом и параллельно проводники анодной и сеточной цепей, цепей накала и катода, между ними желательно прокладывать "землю",

б) проводники сеточных и анодных цепей должны быть по возможности короче;

в) проводники импульсных цепей должны быть минимальной длины и ширины и удалены от других проводников, особенно от заземленных по переменному току;

г) заземляющие проводники необходимо выполнять максимальной ширины, так как по ним текут уравнительные токи цепей, которые могут вызвать паразитные обратные связи;

д) при двустороннем монтаже проводники на противоположных сторонах платы не должны быть параллельны.

4. Если на пути проводника встречается отверстие для крепления деталей, то он должен иметь расширение, охватывающее отверстие, - так называемую контактную площадку, ширина которой вокруг отверстия должна быть не менее 0,8 мм.

5. Ширина печатного проводника I-1,5 мм, в узких местах 0,3-0,5 мм. Зазоры между проводниками в узких местах не менее 0,5 мм. Минимальное расстояние от печатного проводника до края платы: для плат толщиной до 1,5 мм - не менее 1 мм, более 1,5 - не менее 2 мм.

6. Расстояние между печатными проводниками устанавливается в зависимости от рабочего напряжения согласно таблице I.

Таблица I

Расстояние между проводниками, мм	Допустимое рабочее напряжение, В
0,5	50
1,0	200
1,5	300
3,0	400

7. В первую очередь следует размещать проводники цепей питания, а в последнюю - заземляющие проводники.

8. Для предотвращения отслаивания участки фольги и проводники шириной более 3-4 мм должны иметь прорезы шириной до 2 мм и длиной 10 мм на расстоянии не более 3-5 мм друг от друга. Форма прорезей может быть различной: продолговатой, круглой и т.д. Платы с различным расположением печатных проводников представлены на рис. 44.4 и 45.5.

9. Расстояние между двумя пайками должно быть не менее 1,5 мм (рис. 44.6а), между двумя пайками, имеющими электрическое соединение - не менее 1 мм (рис. 44.6б), между пайкой и проводником - не менее 1,5 мм (рис. 44.6в).

10. Для гальванического способа не рекомендуется проектировать проводники толщиной более 30 мк. Толщина проводников, полученных способом травления фольгированного материала, определяется толщиной фольги, равной в среднем 50 мк.

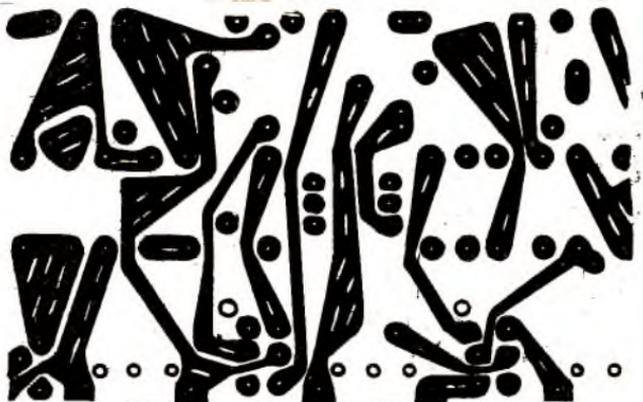


Рис. 44.4. Вид платы с печатными проводниками

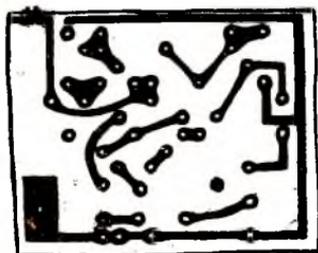


Рис. 44.5. Вид платы с печатными проводниками

также схемы с очень плотным монтажом требуют проверки на величину паразитных емкостей.

Проверка на падение напряжения

Падение напряжения на проводнике определяется по формуле:

$$\Delta u = 10\rho \cdot \frac{l J_{\max}}{bd}, \quad (28)$$

Перед окончательным оформлением чертежа печатной платы следует провести проверочный расчет некоторых проводников. Для проводников накальных цепей необходимо определить падение напряжения; проводники, по которым протекают большие токи, проверяются на перегрев (допустимую плотность тока); высоковольтные цепи — на пробивное напряжение; высокочастотные цепи, а

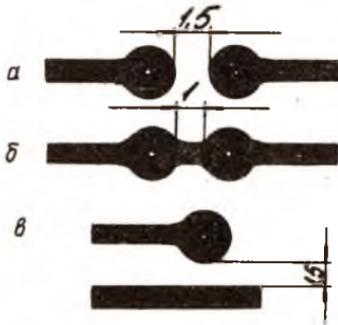


Рис. 44.6. Рекомендуемые расстояния между пайками монтажных соединений: а- между пайками электрически не соединенными; б - между пайками электрически соединенными; в - между пайкой и проводником

где ΔU - допустимое падение напряжения, в;
 l - длина проводника, см;
 b - ширина проводника, мм;
 d - толщина проводника, мк;
 J_{max} - максимальный ток в проводнике, а;
 ρ - удельное сопротивление материала проводника.

Для проводников, выполненных гальванохимическим способом, ρ выбирается из графика (рис. 44.7) в зависимости от толщины проводника. Для фольгированного материала $\rho = 0,02 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

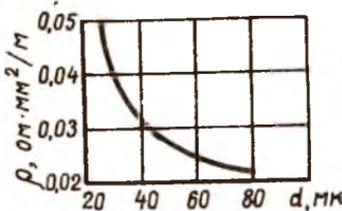


Рис. 44.7. Зависимость удельного сопротивления меди от толщины проводника, полученного гальванохимическим способом

Допустимое падение напряжения в накальных цепях должно составлять не более 1-2% от номинального.

Проверка на перегрев

Допустимый нагрев проводника относительно температуры окружающей среды не должен превышать 20-25°C. При ориентировочных расчетах допустимая плотность тока для печатных проводников принимается равной: для проводников, полученных гальванохимическим способом, - 20 а/мм², для проводников, полученных методом травления фольгированного материала, - 30 а/мм².

При нагрузке, соответствующей этой плотности тока, перегрев проводников практически отсутствует. Ширина проводника определяется из условия:

$$b \geq 10^3 \frac{j_{\max}}{j d}, \quad (29)$$

где j - плотность тока, определяемая из графика (рис.44.8).

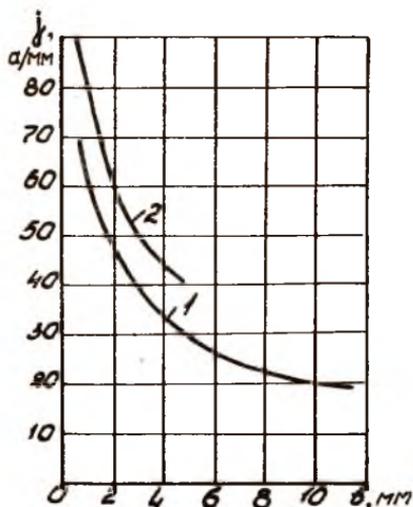


Рис.44.8. Допустимая плотность тока для печатных проводников: 1 - полученных гальванохимическим способом; 2 - полученных травлением фольгированного гетинакса.

положены на одной стороне платы (рис.44.10), расчет паразитной емкости между ними производится по формуле

$$C = 0,1 \epsilon \varphi, \quad \text{пф/см} \quad (30)$$

Проверка на пробивное напряжение

Для ориентировочной проверки правильности выбора расстояний между печатными проводниками рекомендуется пользоваться графиком, дающим зависимость пробивного напряжения от расстояния между проводниками (рис.44.9). В расчетах следует исходить из четырехкратного запаса электрической прочности.

Проверка паразитных емкостей между проводниками

Для случая, когда два параллельных проводника примерно равной ширины рас-

где C - емкость на одном см длины проводника;
 φ_1 - коэффициент, зависящий от размеров проводника, определяется из графика (рис. 44.11);
 ε - диэлектрическая проницаемость.

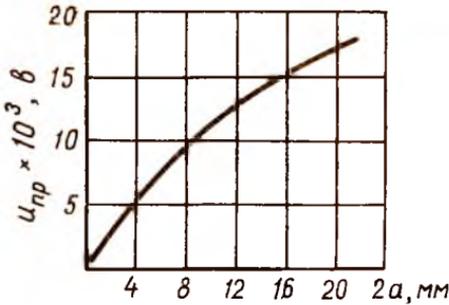


Рис. 44.9. Зависимость пробивного напряжения от расстояния между проводниками

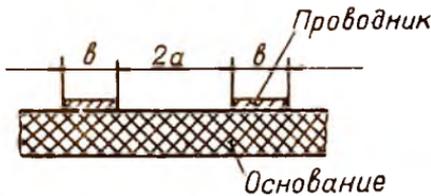


Рис. 44.10. Взаимное расположение проводников

При расстояниях между проводниками, меньших или равных толщине платы, следует брать

$$\varepsilon = \frac{1 + \varepsilon_1}{2}, \quad (31)$$

где ε_1 - диэлектрическая проницаемость материала платы (для фетинакса $\varepsilon_1 = 5 - 6,5$).

При расстояниях между проводниками больших, толщина платы, ε следует брать равным единице, т.е. диэлектрической проницаемости воздуха.

Для случая, когда узкий и широкий проводники (проводник и проводящая плоскость) расположены на одной стороне платы (рис. 44.12).

$$C = 0,2 \varepsilon \varphi_2 \text{ пф/см}, \quad (32)$$

где φ_2 - коэффициент, определяемый из графика, представленного на рис. 44.13.

Диэлектрическая проницаемость ϵ определяется из тех же соображений, что и в предыдущем случае.

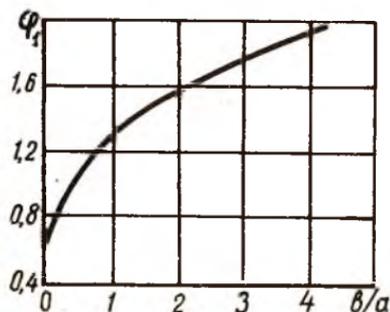


Рис. 44.11. Зависимость коэффициента от размеров проводников

Задание на лабораторную работу

1. Изучить принципиальную схему узла, для которого требуется разработать плату с печатным монтажом.

2. Произвести размещение элементов электрической схемы и печатных проводников на миллиметровой бумаге (изготовление черного рисунка). Представить несколько вариантов расположения деталей и печатных проводников на плате и выбрать оптимальный вариант.

3. Изготовить чертеж печатной монтажной платы.

4. Произвести проверочный расчет печатных проводников.

Порядок выполнения работы

1. Для работы необходимо прежде всего подготовить трафареты (силуэты) всех элементов, из которых состоит схема, в том

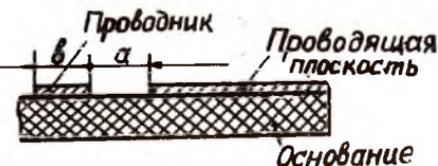


Рис. 44.12. Взаимное расположение проводника и проводящей плоскости

их положении, как они должны проектироваться на плату, и в том же масштабе, в каком будет выполняться чертеж платы. Трафареты вырезают из плотной бумаги. Габаритные размеры электро- и радиоэлементов приведены в справочниках на радиодетали.

2. Выбрать шаг координатной сетки и масштаб. Подготовить лист с координатной сеткой (миллиметровая бумага).

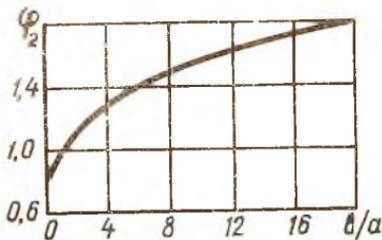


Рис. 44.13. Зависимость коэффициента от размеров проводников

тывая соединения по принципиальной схеме, находят такой вариант размещения, при котором занимаемая площадь минимальна, а соединительные проводники наиболее короткие, перемычек нет совсем или число их минимальное.

Размещая элементы и проводники, необходимо учитывать все изложенные выше требования на конструирование печатных плат. После выбора варианта размещения радиодеталей и печатных проводников на бумагу наносят изображение деталей по контуру трафаретов. Проводники, располагаемые на плате со стороны печатного монтажа, изображаются сплошными линиями, а проводники и детали, располагаемые на обратной стороне, — пунктиром.

Внутри контура радиодетали ставится ее схемное обозначение (рис. 44.14). Проверив соответствие печатного монтажа электрической схеме, приступают к оформлению чертежа платы.

4. Перенести изображение печатной схемы с чернового рисунка на лист чертежной бумаги, на который предварительно нанесена координатная сетка в заданном масштабе.

Увеличенный масштаб изображения облегчает выполнение чертежа, при этом увеличивается точность рисунка после приведения чертежа к масштабу 1:1. Рекомендуемые масштабы 4:1 и 2:1, применяются также масштабы 5:1 и 3:1. Перенос изображения осуществляется следующим образом. В узлах координатной сетки, соответствующих местам установки

3. На миллиметровой бумаге изготовить черновой рисунок монтажной схемы, на котором радиодетали и проводники размещаются согласно принципиальной схеме. При этом необходимо выбрать оптимальный вариант раскладки элементов на плате, для чего трафареты всех элементов помещают на поле чертежа и путем логического анализа, учи-

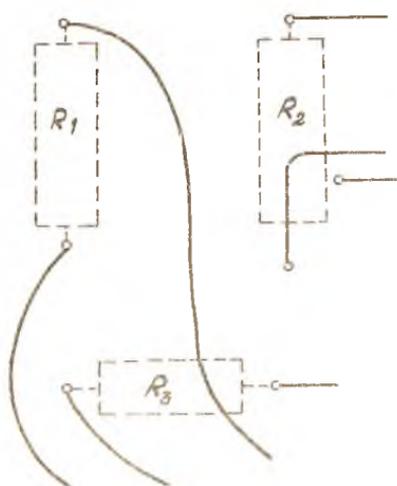


Рис. 44.14. Проводники и радиодетали на черновом рисунке

выводов навесных элементов, вычерчиваются две окружности разного диаметра. Окружность большого диаметра обозначает границу меди, а внутренняя - диаметр отверстия в плате. После нанесения всех отверстий приступают к размещению проводников, изображая их двумя параллельными линиями, которые указывают границу меди (рис. 44.15). Ширина проводников и зазоров выдерживается по координатной сетке.

5. Проверить правильность переноса, сравнив чертеж с черновым рисунком и с принципиальной схемой.

6. Окончательно доработать чертеж печатной схемы - обвести и залить тушью участки, соответствующие проводникам схемы (рис. 44.16). Координатная сетка, нанесенная карандашом, стирается резинкой.

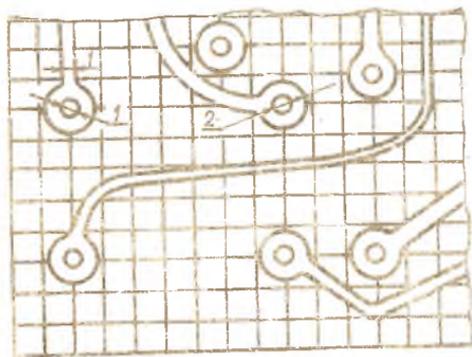


Рис. 44.15. Проводники, перенесенные с чернового рисунка на чертеж: 1 - граница меди; 2 - диаметр отверстия

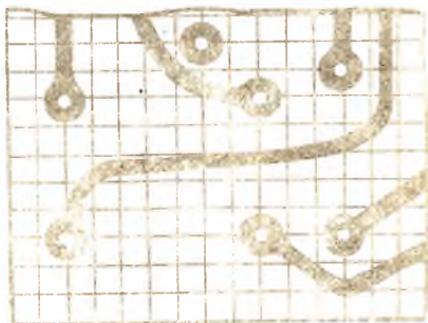


Рис. 44.16. Проводники, залитые тушью

Чертеж печатной схемы фотографируется с уменьшением размеров до масштаба 1:1. В дальнейшем негатив (или диапозитив) печатной схемы используется для получения рисунка схемы на плате в процессе ее изготовления.

Содержание отчета

1. Принципиальная схема узла.
2. Черновой рисунок монтажной схемы на миллиметровой бумаге.
3. Проверочный расчет проводников.
4. Чертеж печатной монтажной платы.

ЛИТЕРАТУРА

А.Т.Белевцев. Технология производства радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.

Р.Г.Варламов. Компоновка радио- и электронной аппаратуры. Издательство "Советское радио", 1966.

Н.Н.Ушаков. Технология элементов вычислительных устройств. Издательство "Высшая школа", 1966.

Л.Я.Шрайбер, Э.И.Макушев. Печатная схема в радиотехнике. Издательство "Энергия", 1967.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 45

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПО ФОТОХИМИЧЕСКОМУ МЕТОДУ

Целью лабораторной работы является изучение технологического процесса изготовления печатных схем фотохимическим методом.

Теоретические сведения

Печатный монтаж - схема плоских электрических проводников, полученная каким-либо способом на плоском диэлектрическом основании. В настоящее время он занял доминирующее положение в различных конструкциях радиоэлектронной аппаратуры. Применение печатных схем снижает трудоемкость монтажно-сборочных и регулировочных работ, позволяет резко увеличить выпуск радиоаппаратуры, уменьшить ее габаритные размеры и вес, уменьшить количество ошибок при монтаже и число контрольных испытаний, необходимых при обычных методах изготовления аппаратуры, снизить себестоимость изделий, повысить надежность аппаратуры. Печатные схемы способствуют стандартизации радиоаппаратуры и ее элементов. Печатный монтаж позволяет успешно решить задачу механизации и автоматизации сборки и контроля радиоаппаратуры. Существует много способов создания токопроводящих покрытий (электрохимическое осаждение, электролитическое осаждение с переносом, фольгирование, вязание токопроводящих красок, вакуумное распыление, запрессовка металлических порошков) и способов нанесения изображения печатных проводников (фотографический, офсетный, сеточграфический, прессование, тиснение, кернографический, гравирование, рисование и др.).

Сочетание определенного способа нанесения изображения печатных проводников с тем или иным способом создания проводящего покрытия определяет метод изготовления печатных схем. В некоторых случаях, например, для получения печатных плат на хрупких основаниях, могут применяться комбинированные методы, состоящие из трех и более основных технологических процессов, в частности, метод электрохимического осаждения с последующим травлением по рисовальному трафарету, метод шпопирования с последующим травлением по фототрафарету и др. Комбинированные методы могут иметь чрезвычайно большое количество вариантов. Наибольшее применение в промышленности находят фотоэлектрохимический, офсетноэлектрохимический, сеточноэлектрохимический методы, фотоперенос, офсетоперенос, сеточный перенос, фотохимический, офсетнохимический, сеточнохимический методы.

Сущность изучаемого в данной работе фотохимического метода заключается в вытравливании медной фольги с поверхности диэлектрика таким образом, чтобы оставшиеся невытравленными участки фольги образовали схему проводников на диэлектрическом основании. Для образования рисунка схемы участки фольги, соответствующие печатным проводникам, должны быть надежно защищены кислото- и щелочеупорным покрытием, представляющим собой задубленный слой светочувствительной эмульсии. Достоинствами фотохимического метода является:

возможность получения схемы с большой четкостью и точностью; неровность кромок проводников может быть не более 0,05 мм, сами проводники можно изготовить шириной 0,2+0,3 мм;

возможность осуществления механизации и автоматизации технологических процессов;

малая трудоемкость изготовления печатных плат;

отсутствие потребности в сложном технологическом оборудовании;

высокая адгезия проводников к основанию;

высокая электропроводность проводников;

незначительное изменение диэлектрических свойств плат, т.к.

поверхностный слой основания в процессе подготовки не нарушается.

К недостаткам этого метода следует отнести:

необходимость применения дорогостоящих фольгированных материалов;

непроизводительный расход меди при вытравливании фольги;

необходимость применения соединительных пистонов для двустороннего монтажа;

снижение прочности клеевого соединения при изменении климатических условий;

высокая стоимость реактивов, применяемых для травления фольги.

В качестве оснований для печатных плат в отечественной промышленности и за рубежом в настоящее время применяются различные изоляционные материалы, фольгированные с одной или с двух сторон: гетинакс, стеклотекстолит, фторопласты и др.

Широкое применение фольгированных материалов обусловлено в основном двумя причинами, во-первых, малой трудоемкостью и простотой изготовления печатных плат, что создает предпосылки для внедрения в серийном и массовом производстве механизмов и автоматов; во-вторых, высокой прочностью сцепления медной фольги, а следовательно, и печатных проводников, полученных из нее, с большим количеством применяемых диэлектриков, что обеспечивает изготовление печатных плат с хорошими механическими характеристиками.

Технологический процесс фотохимического метода изготовления печатных плат включает в себя выполнение ряда операций, назначение которых — получить изделие высокого качества.

Ниже приводится краткое изложение назначения некоторых операций этого технологического процесса.

Подготовка поверхности основания к нанесению защитного покрытия (светочувствительной эмульсии) заключается в удалении имеющихся обычно на поверхности медной фольги окисной и жировой пленок, а также в создании шероховатости на поверхности фольги, обеспечивающей процесс сцепления с ней защитного покрытия.

Окисная пленка легко удаляется песлоструйной обработкой или обработкой наждачной бумагой, жировую пленку удаляют с помощью органических растворителей (бензин, ацетон) или в ультразвуковых ваннах или вековой извести с последующей промывкой в проточной воде.

Получение изображения печатного монтажа или схемы на заготовке плат производится фотографическим способом. В качестве светочувствительного вещества при приготовлении фотоэмульсии применяется двуххромовокислая соль аммония, которая растворяется в поливиниловом спирте для возможности нанесения на поверхность платы в виде равномерного тонкого слоя. Светочувствительный раствор может быть приготовлен на основе желатина, столярного клея и др.

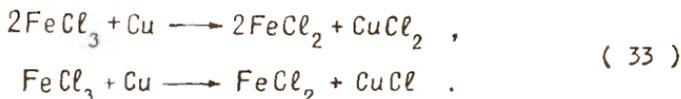
Смесь связующего вещества с раствором двуххромовокислого аммония называется светочувствительной эмульсией. В состав ее добавляется еще аммиак (25%), необходимый для поддержания эмульсии в активном состоянии, и в небольшом количестве уксусная кислота. Нанесенная на поверхность платы эмульсия после сушки на центрифуге в течение 10 минут образует тонкую пленку. Слой светочувствительной эмульсии наносится дважды.

В результате экспонирования через диапозитив схемы и проявления в теплой воде (40°C) образуется рисунок схемы на плате, где светочувствительный слой покрывает только проводники и, тем самым, препятствует их разрушению при травлении. Укрепление слоя эмульсии проводится выдержкой платы в 7% растворе CrO_3 в течение 20 секунд с последующей промывкой и сушкой над горячей плиткой до потемнения оставшейся эмульсии (коричневый цвет):

Травление незащищенных участков фольги на заготовках плат при серийном и массовом производстве осуществляется на специальных автоматизированных травильных агрегатах, а в лабораторных условиях - в винипластовых ванночках.

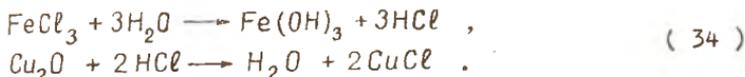
Процесс травления медной фольги происходит в растворе хлорного железа и протекает следующим образом. При воздействии хлорного железа медь окисляется, частично переходит в раствор в виде CuCl_2 и частично выпадает из раствора в виде CuCl .

Хлорное железо в обоих случаях восстанавливается до хлористого железа



В данном случае имеет место гетерогенная реакция, происходящая на границе жидкой и твердой фаз. Ближайший к медной фольге слой раствора хлорного железа со временем насыщается продуктами реакции и обедняется трехвалентными ионами железа, что приводит к замедлению процесса травления. Для выравнивания концентрации раствора в его объеме и, следовательно, интенсификации травления перемещают в нем платы или переделяют раствор из одной ванночки в другую, осуществляя струйное травление. Иногда подают раствор на заготовки плат из сопла под давлением или обрызгивают им с помощью вращающихся допостей. При повышении температуры раствора процесс травления также ускоряется.

Кроме того, на скорость реакции влияет кислород воздуха: на поверхности меди создается тонкая оксидная пленка красноватого цвета Cu_2O . В отличие от самой меди она растворяется в соляной кислоте, присутствующей в растворе как продукт гидролиза хлорного железа:



Следовательно, для максимального ускорения процесса травления необходимо, чтобы раствор имел наибольшую возможную температуру и интенсивно перемешивался, а также обеспечивался доступ кислорода воздуха к вытравливаемым поверхностям. Соблюдение этих условий позволяет сократить процесс травления фольги толщиной 50 микрон до 3-5 минут.

Оборудование, приспособления, инструмент и материалы, применяемые в работе.

А. Оборудование, приспособления, инструмент.

Вытяжной шкаф.

Центрифуга.

Установка для экспонирования с лампами дневного света.

Термостат с автоматическим регулированием температуры до

200°C.

Электроплитка.

Сосуд для подогрева воды.

Ванна для проявления.

Ванна для раствора хромового ангидрида.

Ванна для травления.

Пинцет, кисть, водяная баня.

Негативы.

Термометр до 100°C.

Часы.

Микроскоп МБС-1.

Вентилятор.

Приспособление для сушки плат.

Перчатки резиновые.

Урна для отходов.

Фонарь с красным стеклом.
Лупа с 3+4 - кратным увеличением.
Весы с разновесами.

Материалы

Петинакс (стеклотекстолит) фольгированный.
Маршалит или наждачная бумага.
Венская известь или ацетон.
Поливиниловый спирт.
Двуххромовокислый аммоний.
Уксусная кислота.
Спирт этиловый.
Хромовый ангидрид CrO_3 .
Хлорное железо.
Вата, ветошь.
Лак цапон или клей БФ-2.

Инструкция № I. Приготовление светочувствительной эмульсии

(выполняется за двое суток до начала лабораторной работы)

Состав эмульсии: поливиниловый спирт - 80 г., дистиллированная вода - 1000 мл, двуххромовокислый аммоний - 7 г., уксусная кислота - 2+3 мл, спирт этиловый - 40 мл.

Способ приготовления.

Поливиниловый спирт, отвешенный в необходимом количестве, поместить в сосуд и залить теплой водой для набухания (1000 мл воды и 80 г спирта).

Набухание происходит в спокойном состоянии 15+16 часов. По истечении этого времени сосуд поместить на водяную баню и нагревать до температуры не выше +70°C при помешивании до полного растворения спирта.

После растворения спирта снять с водяной бани сосуд и охладить до комнатной температуры.

Растворить двуххромовокислый аммоний в дистиллированной воде - 7 г двуххромовокислого аммония и 100 мл воды.

В охлажденный раствор поливинилового спирта при помешивании влить раствор двуххромовокислого аммония, добавляя кислоту и этиловый спирт.

Приготовленную эмульсию профильтровать через вату и дать отстояться в течение 12 часов в сосуде, закрытом марлей, для удаления пузырьков воздуха.

Эмульсию хранить в затемненном месте в закрытом состоянии. Срок хранения 3-7 суток, при температуре 6-7°C - до двух недель.

Инструкция № 2. Изготовление печатных проводников по фотохимическому методу

Технологический процесс изготовления печатных плат по фотохимическому методу содержит следующие операции:

З а г о т о в к а п л а т ы. В зависимости от материала диэлектрика заготовка плат производится: из гетинакса и стеклотекстолита резанием или штамповкой, из пластмасс - прессованием.

П о д г о т о в к а п о в е р х н о с т и ф о л ь г и. Для снятия окисной пленки и придания шероховатости поверхности обработать заготовку шкуркой или маршалитом. Пыль удалить ватным тампоном. Обезжирить поверхность венской известью или ацетоном. Промыть заготовку проточной водой.

С у ш к а. Плату сушить на центрифуге.

Н а н е с е н и е с в е т о ч у в с т в и т е л ь н о й э м у л ь с и и. На плату поливом нанести светочувствительный слой поливинилиновой эмульсии. Высушивание слоя и равномерное распределение его на заготовке производить в центрифуге при $n = 150+200$ об/мин до полного высыхания эмульсии. Наносить эмульсию два раза. Так как светочувствительность обладает только сухой слой, поливать пластину можно при свете, но высушенный слой следует оберегать от действия света.

Э к с п о н и р о в а н и е. Высушенную заготовку эмульсионной стороной совместить с эмульсионной стороной негатива, закрепить плату и негатив на светокопировальной установке. Заметить время и включить люминесцентные лампы. Время экспозиции 20 минут.

П р о я в л е н и е р и с у н к а с х е м ы. Проявить схему в теплой воде при температуре $+35+40^{\circ}\text{C}$ до получения четкого рисунка схемы. При проявлении аккуратно протирать поверхность платы ватным тампоном. Промыть плату в проточной воде.

З а д у б л и в а н и е р и с у н к а с х е м ы. Задубить эмульсионный слой в 7% водном растворе хромового ангидрида в течение 10-12 сек. Тщательно промыть плату проточной холодной водой.

С у ш к а. Поместить плату над горячей плиткой и выдержать в течение 10 сек.

Р е т у ш ь. Проверить плату под лупой с 3-4-кратным увеличением. Участки схемы с поврежденной эмульсией заретушировать нитролаком или клеем АК-20, БФ-2 с помощью отточенной палочки (спички). Просушить лак при комнатной температуре до полного высыхания (15 мин).

Т р а в л е н и е. Травить незащищенные участки фольги в растворе хлорного железа удельного веса $1,36+1,39$ при температуре $22+25^{\circ}\text{C}$ при переливании раствора из одной ванны в другую. Травление в этих условиях происходит в течение 20+30 минут.

П р о м ы в к а. Промыть плату в проточной воде, высушить под вентилятором.

У д а л е н и е з а щ и т н о г о с л о я. Снять защитный слой ватным тампоном, смоченным в ацетоне, и наждачной шкуркой. Промыть плату в проточной воде в течение 30+40 сек.

К о н т р о л ь. Осмотреть плату визуально. Поместить ее под микроскоп МБС, произвести проверку чистоты кромок и проводников.

Задание на лабораторную работу

1. Изучить технологический процесс изготовления печатных плат фотохимическим методом.

2. Ознакомиться с оборудованием и его работой.

3. Изготовить печатную плату из фольгированного гетинакса ГФ-1.

4. Оформить отчет.

Последовательность выполнения работы

Рекомендуется следующий порядок выполнения работы:

1. Подготовить рабочее место:

а) проверить по перечню наличие оборудования, приспособлений, инструмента и материалов;

б) изучить рабочее место, включить сушильный шкаф и подогрев промывочной ванны (плитку);

2. Изготовить образец печатной платы в соответствии с инструкцией № 2.

3. Убрать рабочее место:

а) выключить все электрические приборы;

б) вымыть использованную посуду, инструмент, привести в порядок рабочее место и сдать лаборанту.

4. Произвести визуальный контроль изготовленной печатной платы и сделать заключение о ее качестве.

5. Предъявить преподавателю изготовленную печатную плату.

6. Оформить отчет.

Содержание отчета

Отчет по работе выполняется каждым студентом самостоятельно и должен содержать:

1. Краткое описание технологического процесса изготовления печатной платы.

2. Характеристику дефектов изготавливаемой печатной платы с выявлением причин их возникновения и возможностей устранения.

3. Выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Т.Белевцев. Технология производства радиоаппаратуры. "Энергия", 1964.

2. Л.Е.Калкут. Печатные схемы на фольгированном гетинаксе. ЦБТИ, Рига.

3. Н.К.Иванов-Есипович. Физико-химические основы производства радиоаппаратуры. "Высшая школа". Москва, 1965.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 46

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ СЕТОЧНОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы - изучение технологического процесса изготовления печатных плат сеточноэлектрохимическим методом.

Краткие теоретические сведения

Электрохимическое осаждение проводящих покрытий в сочетании с известными способами нанесения изображения печатного монтажа позволяет изготавливать печатные платы фотоэлектрохимическим, сеточноэлектрохимическим, прессоэлектрохимическим методами, позволяющими получать двусторонний печатный монтаж одновременно с металлизацией отверстий.

В данной лабораторной работе изготовление печатной платы ведется сеточноэлектрохимическим методом, сущность которого заключается в следующем. На гетинаксовую заготовку химическим способом осаждается тонкий слой меди, затем на плату наносится защитный рисунок с помощью сетчатого трафарета. В дальнейшем на незащищенные краской участки платы электрохимическим методом наращивается слой меди, в результате чего получается токопроводящее покрытие необходимой толщины. Преимуществами этого метода перед методом травления фольгированного гетинакса являются:

1. Экономия металла - медь, выделяемая из раствора или электролита, расходуется только на образование проводников схемы.
2. Металлизация отверстий на плате происходит в процессе получения проводников схемы без усложнения технологического процесса.
3. Возможность механизации и автоматизации процесса изготовления печатных плат.
4. Не требуется фольгированный материал.

5. Допускается применение различных материалов в качестве оснований платы, в том числе используются нетермостойкие материалы, так как технологические операции осуществляются при низких температурах.

6. Практически легко получить проводники любой толщины.

7. Адгезия проводников к плате не зависит от климатических факторов и воздействия растворителя.

К недостаткам сеточноэлектрохимического метода следует отметить:

1. Ухудшение диэлектрических свойств материала основания вследствие воздействия на него растворов, содержащих щелочи и кислоты. Щелочные растворы для химического меднения и электролиты для меднения и лужения разрушают феноло-формальдегидную смолу, которая является связующим веществом гетинакса, в результате чего диэлектрические свойства материала снижаются. Влияние этих растворов еще больше усиливается после пробивки отверстий и пескоструйной обработки, разрушающей поверхностный слой гетинакса.

2. Недостаточную адгезию проводников с платой, которая зависит от степени шероховатости платы, создаваемой обычно пескоструйной обработкой.

3. Ухудшение четкости контура проводников и прочности их сцепления с основанием по мере увеличения толщины слоя меди.

4. Понижение электропроводности проводников, полученных осаждением, по сравнению с проводниками из фольги.

5. Большую, по сравнению с другими методами, трудоемкость и длительность технологического цикла.

6. Сравнительно большое допустимое расстояние между проводниками из-за опасности образования соединительных мостиков при электрохимическом осаждении металла.

7. Невозможность осуществления повторных выводов навесных деталей, так как при этом практически разрушается вся металлизация отверстия.

8. Большую номенклатуру применяемых материалов.

Сеточноэлектрохимический способ изготовления печатных плат может применяться как в массовом производстве, так и в лабораторных условиях.

Применяемые материалы

1. Гетинакс.
2. Светочувствительная эмульсия следующего состава:
 - поливиниловый спирт - 80-100 г/л;
 - двухромовокислый аммоний - 10 г/л;
 - уксусная кислота - 2-3 мл;
 - этиловый спирт - 10-20 мл;
 - дистиллированная вода - 1000 мл.
3. 5%-ный раствор двуххлористого олова.
4. 0,5%-ный раствор азотнокислого серебра.
5. Раствор для химического меднения:
 - медь углекислая - 100 г/л;
 - глицерин - 100 г/л;
 - едкий натр - 100 г/л;
 - 33%-ный формалин - 15-20 мл;
 - вода - 1000 мл.
6. Раствор для электрохимического меднения:
 - медь сернокислая - 200-250 г;
 - серная кислота - 60-70 г/л;
 - этиловый спирт - 10 мл;
 - вода - 1000 мл.
7. Электролиты для лужения:
 - олово сернокислое - 40 г;
 - серная кислота - 50 см³;
 - натрий сернокислый - 30 г;
 - фенол - 3-10 г;
 - столярный клей - 2-3 г.
8. Хлорное железо.
9. Бакелитовый лак марки А.

Технологический процесс изготовления печатных плат сеточно-электрохимическим методом состоит из следующих операций:

заготовительной; подготовки поверхности диэлектрического основания; обработки раствором двухлористого олова и азотнокислого серебра; химического меднения; нанесения защитного рисунка; электролитического меднения; электролитического лужения; удаления защитного рисунка; травления; покрытия лаком; контроля.

О п и с а н и е о п е р а ц и й

Заготовительная. Проверив марку и толщину применяемого электроизоляционного материала, нарезать заготовки печатных плат, собрать их в пакет и фрезеровать по контуру, после чего сверлить и зенковать отверстия.

П р и м е ч а н и е. Заготовительная операции выполняется лаборантом до начала лабораторной работы. Студентам выдается заготовка платы.

Подготовка поверхности диэлектрического основания. Для получения шероховатой поверхности заготовку печатной платы обработать шкуркой. Промыть плату проточной водой и высушить, затем заготовку тщательно обезжирить венской известью или ацетоном, притирая ее ватным тампоном, еще раз промыть проточной водой и высушить. Качество заготовки проверить внешним осмотром, поверхность платы должна быть хорошо обезжирена и иметь равномерную шероховатость.

Обработка раствором двухлористого олова и азотнокислого серебра. Поверхность платы активировать — погрузить ее в 5%-ный раствор двухлористого олова на 1-2 мин. Ионы двухлористого олова, адсорбируясь на поверхности основания, при последующей обработке восстанавливают серебро из его соли и способствуют лучшему сцеплению слоя серебра с основанием. После этой обработки плату промыть в холодной проточной воде в течение 1-2 мин. для удаления избытка двухлористого олова, так как последний может привести к активному разложению азотнокислого серебра в растворе и выпаданию серебра на дно ванны. Затем поместить заготовку в 0,5%-ный раствор азотнокислого серебра на 1-2 мин. для создания на поверхности центров, служащих для дальнейшего отложения меди химическим путем. Обработанную таким образом плату сушить в термостате при температуре 35-40°C до полного высыхания.

Химическое меднение - основано на способности меди восстанавливаться из водного раствора своих солей под действием восстановителей.

Для химического осаждения меди погрузить плату в ванну химического меднения. Раствор для меднения приготовить непосредственно перед применением за 7-10 мин. до начала меднения, смешивая 50 мл раствора куприта меди с 20 мл 33%-ного раствора формалина, являющегося восстановителем.

Выдерживать плату в ванне 10-15 мин. при этом толщина слоя меди получается равной 2-3 мк. Для равномерного осаждения меди ванну с раствором рекомендуется покачивать. Заготовку платы извлечь из раствора пинцетом, тщательно промыть в холодной проточной воде и высушить.

П р и м е ч а н и е. При выполнении этой операции не следует касаться руками поверхности платы.

Качество меднения проверить внешним осмотром. Покрытие должно быть равномерным.

Нанесение защитного рисунка. Гетинаксовую заготовку поместить в специальное приспособление медным подслоем вверх, прикрыть сетчатым трафаретом так, чтобы рамка его входила в канавки приспособления. Трафарет фиксировать зажимами.

После этого на подрамник сетки шпателем положить из банки краску. Затем с помощью резинового ракеля, прижимая его к сетке под углом примерно 60° , переместить краску к противоположной стороне подрамника. движение ракеля должно быть равномерным без остановок. По окончании процесса выдавливания краски сетчатый трафарет освободить от зажимов, осторожно снять, стараясь не повредить нанесенный на плату рисунок. Заготовку платы с защитным рисунком поместить в термостат и сушить при температуре 120°C в течение 10-15 мин.

Сетчатый трафарет тщательно прочистить бензином до полного удаления оставшейся после продавливания краски.

Электролитическое меднение. Слой меди, осажденный химическим путем, усиливается электролитическим способом. В кислом электролите наращивается слой меди необходимой толщины. для осуществления электролитического наращивания меди заготовку закрепить в специальных контактных зажимах, затем произвести декапирование, которое заключается в том, что завешанную в ванну кислого меднения заготовку платы выдерживают без подачи напряжения 10-20 сек. После декапирования подключить

постоянный ток так, чтобы заготовка платы являлась катодом, и произвести наращивание медного слоя в течение 40 мин. Режим работы: температура ванны 18–20°C, плотность тока 1–3 а/см², напряжение 1–1,5 в. Во время меднения необходимо перемешивание электролита. Толщина медного слоя не должна превышать 25–30 мк, при большей толщине слоя ухудшается сцепление проводников с основанием.

По окончании процесса электролитического меднения плату тщательно промыть холодной проточной водой и высушить. Во избежание окисления меди сушку производить холодным воздухом.

Электролитическое лужение. Для защиты от коррозии и облегчения пайки навесных деталей слой меди подвергается электролитическому лужению. Ванна электролитического лужения характеризуется следующим режимом работы: температура 18–20°C, плотность тока 1–2 а/дм², напряжение 2–3 в. В течение 10–15 мин. осаждается слой олова толщиной до 15 мк. По окончании процесса лужения плату промыть в проточной воде и сушить в термостате при температуре 100°C до полного высыхания.

Удаление защитного рисунка. Защитный слой краски с поверхности платы удалить при помощи кисти, погружая ее в кювету с бензином. Затем заготовку платы сушить до полного высыхания при температуре 18–20°C.

Травление. Подслой химически осажденной меди с участков, ранее защищенных краской, удалить травлением в 50%-ном растворе хлорного железа. После травления промыть плату в холодной проточной воде и сушить до полного высыхания.

Покрытие лаком. С целью электроизоляции медных проводников и обеспечения надежности работы изделия в различных климатических условиях покрыть плату бакелитовым лаком марки А. Покрытие производить во взаимно-перпендикулярных направлениях по 3–4 раза. Сушить в термостате при температуре 70°C в течение 1 часа.

Контроль. Проверить качество платы внешним осмотром. Не допускается наличие непокрытых мест, хрупкие крупнокристаллические осадки меди на проводниках, следы меди на пробельных участках. Контуры проводников не должны иметь заметных зазубрин. Рисунок схемы быть ясным и четким.

Задание на лабораторную работу

Изготовить печатную плату по описанной в лабораторной работе технологии.

Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Краткое описание технологического процесса изготовления печатной платы.
2. Характеристику дефектов изготовленной печатной платы с выявлением причин их возникновения и возможностей устранения.
3. Выводы по работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.П.Гусев. Производство радиоаппаратуры. Издательство "Высшая школа", 1964.
2. А.Т.Белевцев. Технология производства радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.
3. Л.Я.Шрайбер, Э.И.Макушев. Печатные схемы в радиотехнике. Издательство "Энергия", 1967.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 50

СБОРКА И МОНТАЖ РАДИОСХЕМ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

Цель работы - практическое изучение технологии сборки и монтажа радиоаппаратуры на печатных платах.

Краткие теоретические сведения

Технология сборки, монтажа и регулировки современной радиоаппаратуры, у которой электрические соединения выполнены монтажными проводами, очень трудоемка. Общая сумма затрат на эти виды работ в отдельных случаях составляет 60-70% всех прямых производственных расходов на радиоприборы. Объясняется это тем, что сборочные, монтажные и регулировочные работы еще недостаточно механизированы, причем их выполнение связано с применением высококвалифицированного ручного труда.

Применение печатного монтажа значительно сокращает время, необходимое на сборку и монтаж радиоаппаратуры, открывает широкие возможности для уменьшения затрат труда, экономии материалов, снижения себестоимости и увеличения выпуска продукции на тех же производственных площадях.

Печатный монтаж обладает рядом существенных особенностей:

плоскостное расположение печатных проводников на плате не позволяющее осуществлять переход с одной платы на другую без перемычек, переходных колодок или разъемов; использование при изготовлении печатных плат одинаковых или однородных приспособлений; введение в конструкции координатной сетки, необходимой для механизации производства.

Кроме того, к особенностям печатного монтажа относятся установка навесных радиоэлементов и крепление выводов только путем пропускания их в отверстия, одновременная заплата выводов всех установленных на печатной плате элементов, определенная последовательность сборочно-мон-

тажных работ: размещение навесных радиоэлементов на плате и предварительное механическое закрепление их, запайка выводов навесных элементов, установка прочих деталей с механическим креплением (стоек, резьбовых втулок и т.д.). При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать следующие основные правила монтажа на печатных платах.

Блоки собираются с односторонним печатным монтажом, выполненным фотохимическим методом. Все навесные детали монтируются на одной стороне платы, обратной по отношению к печатным проводникам. Платы на монтажных схемах условно показаны прозрачными, вид их дан со стороны расположения деталей.

Перед установкой на плату элементы необходимо подготовить: выводы конденсаторов и резисторов оставить длиной около 10 мм, очистить с них краску и залудить, подогнать расстояния между выводами так, чтобы они соответствовали расстояниям между монтажными точками, выводы транзисторов и диодов нужно оставлять не короче 15 мм.

При пайке выводов транзисторов и других деталей следует обязательно пользоваться теплостодом, для чего обычно применяют пинцет, которым зажимают вывод немного выше места пайки.

Для пайки лучше применять легкоплавкие припои, имеющие температуру плавления не выше 200°C. Наиболее подходящим является припой ПОС-61, обладающий хорошими физическими и технологическими свойствами.

В качестве флюса лучше применять жидкий канифольный флюс КЭ (15-30%-ный раствор канифоли в этиловом спирте) или стеариново-парафиновый флюс, состоящий из 30% стеарина, 68% парафина и 2% триатаноламина.

При монтаже малогабаритных деталей рекомендуется пользоваться паяльником мощностью не более 50 вт.

Содержание работы

1. Собрать блок согласно принципиальной и монтажной схемам (один из вариантов).
2. Проверить работоспособность схемы и измерить ее основные параметры.

Необходимые аппаратура и детали:

Сборочная плата с печатным монтажом.

Комплект деталей.

Инструмент и материалы для пайки.

Источники питания.

Контрольноизмерительная аппаратура (звуковой генератор, ламповый вольтметр, авометр).

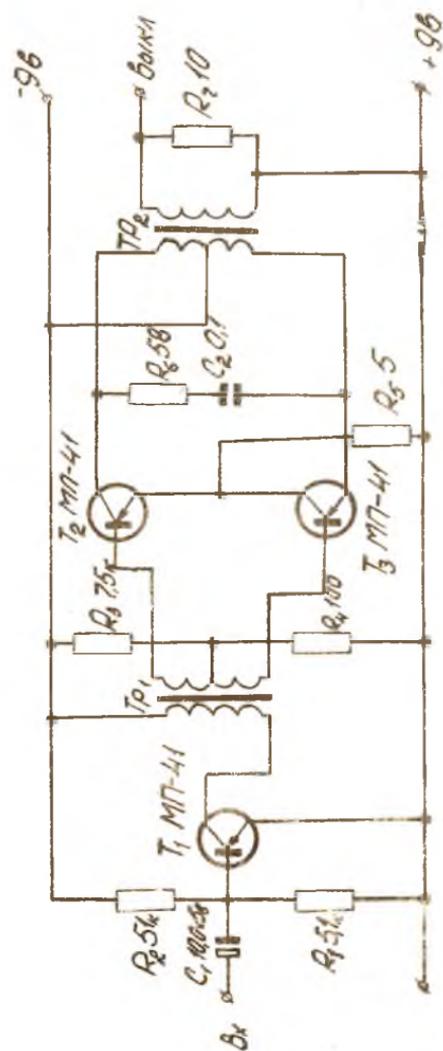


Рис. 50. Г. Принципиальная схема УНЧ приемника "Эфир"

Порядок выполнения работы

Вариант А

На рис. 50.1 приведена принципиальная схема УНЧ приемника "Эфир". Усилитель состоит из двух каскадов: предварительного на транзисторе T_1 и выходного, выполненного по двухтактной схеме на транзисторах T_2 и T_3 . Связь между каскадами осуществляется через согласующий трансформатор Tr_1 . Усилитель нагружен на эквивалент нагрузки - резистор R_7 , имеющий сопротивление 10 ом. Питание усилителя осуществляется от источника постоянного тока напряжением 9 в.

Собрать данный усилитель согласно принципиальной (рис.50.1) и монтажной (рис.50.2) схемам с соблюдением основных правил ведения монтажа.

Произвести наладку усилителя. Налаживание УНЧ заключается в проверке режимов работы транзисторов. Для этого необходимо измерить постоянные напряжения на электродах транзисторов относительно плюса источника питания. В исправном усилителе измеренные значения могут отличаться от указанных на принципиальной схеме до $\pm 15\%$. Отклонения более чем на 30-40% будут свидетельствовать о неисправности того или иного каскада. Подгонку величины смещения можно произвести изменением сопротивления резисторов R_2 и R_3 .

В отлаженном усилителе снять следующие зависимости:

а) амплитудную характеристику, т.е. зависимость

$$U_{\text{вых}} = \varphi(U_{\text{вх}})$$

на частоте $F = 1000$ гц;

частотную характеристику

$$U_{\text{вых}} = \varphi(F)$$

при $U_{\text{вх}} = \text{const}$

На основании амплитудной характеристики определить номинальную выходную мощность по формуле

$$P_{\text{вых}} = \frac{U_H^2}{R_7} \quad , \quad (35)$$

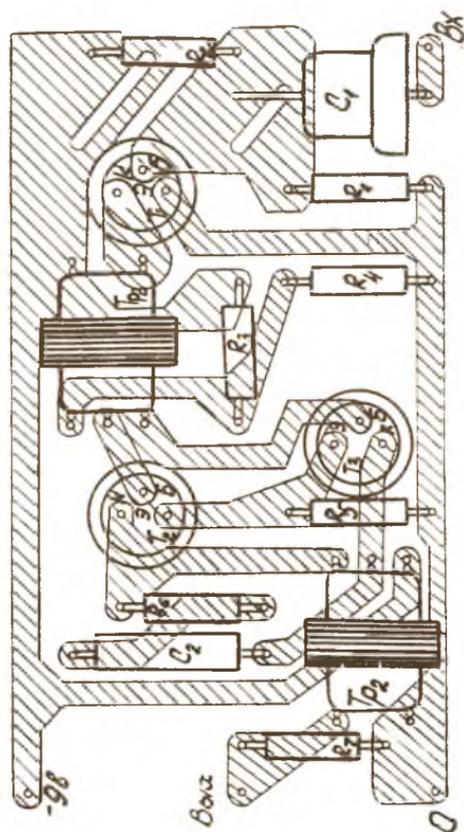


Рис. 50.2. Монтажная схема УНЧ приемника "Эфир"

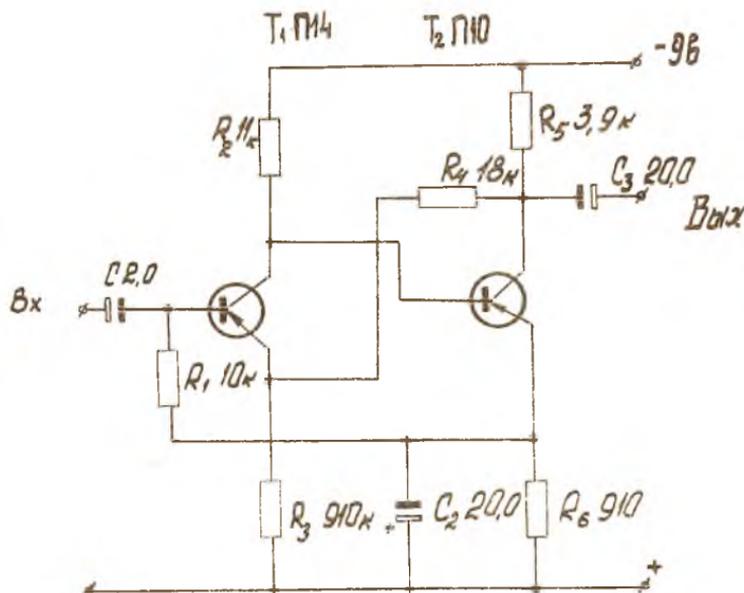


Рис.50.3. Принципиальная схема двухкаскадного усилителя

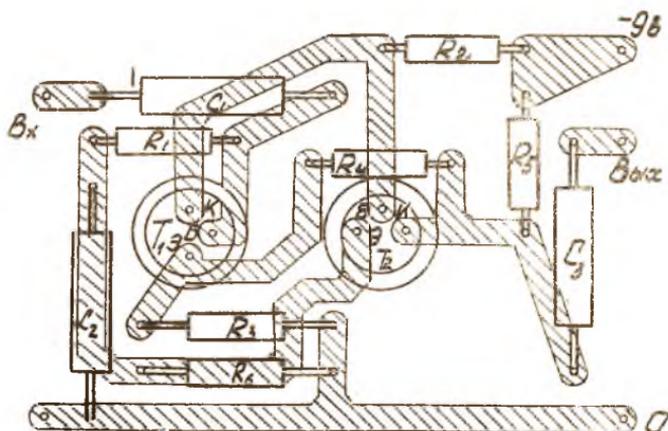


Рис.50.4. Монтажная схема двухкаскадного усилителя

где U_H - номинальное выходное напряжение, т.е. напряжение, при котором еще сохраняется линейность амплитудной характеристики.

Результаты испытаний УНЧ привести в отчете.

Вариант Б

На рис. 50.3 представлена принципиальная схема двухкаскадного усилителя с непосредственной связью между каскадами. В усилителе за счет двух обратных связей достигается высокая температурная стабильность и малая чувствительность к изменению напряжения питания.

Стабилизация осуществляется передачей напряжения с резистора R_6 на базу первого транзистора и изменением напряжения эмиттера первого каскада в зависимости от величины тока, проходящего через резистор R_5 оттого, что резистор R_3 не зашунтирован конденсатором, в усилителе возникает обратная связь по переменному току, резко уменьшающая искажения. В данном усилителе режим устанавливается резисторами R_2 и R_6 .

Собрать усилитель согласно принципиальной и монтажной (рис.50.4) схемам.

Произвести наладку усилителя путем подбора величины резисторов R_2 и R_6 (ток покоя усилителя должен быть равен 0,5-1 ма).

Произвести испытания усилителя, для чего:

1) снять амплитудную характеристику

$$U_{\text{вых}} = \varphi(U_{\text{вх}}) \quad \text{на частоте} \quad F = 1000 \text{ гц};$$

2) снять частотную характеристику

$$U_{\text{вых}} = \varphi(F) \quad \text{при} \quad U_{\text{вх}} = \text{const}$$

3) определить коэффициент усиления по напряжению: $K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$.

Данные характеристики снять при трех значениях напряжения источника питания (9;6; 4,5 вольта).

Результаты испытания привести в отчете.

Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

1. Принципиальная схема усилителя.
2. Амплитудная и частотная характеристики усилителя.
3. Значение выходной мощности или коэффициента усиления усилителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Т.Белевцев. Технология производства радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.
2. А.А.Брандт, К.С.Ржевкин. Технология монтажа и налаживания радиосхем. Издательство МГУ, 1966.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 51

НАСТРОЙКА САМОЛЕТНОГО СУПЕРГЕТЕРОДИННОГО ПРИЕМНИКА УС-9

Целью работы является практическое изучение технологии настройки радиоприемной аппаратуры.

Краткие теоретические сведения

Радиоприемник типа УС-9 собран по схеме супергетеродина на 9 лампах и рассчитан на прием амплитудно-модулированных сигналов и телеграфной передачи незатухающими колебаниями.

Весь диапазон приемника разбит на 6 поддиапазонов.

1^й поддиапазон 200-500 кгц, 2^й - 1,5-3,5 мгц, 3^й - 3,5-6,0 мгц, 4^й - 6,0-9,5 мгц, 5^й - 9,5-13,5 мгц, 6^й - 13,5-18,0 мгц.

Чувствительность приемника при выходном напряжении 15 вольт и напряжении шумов на выходе не более 5 вольт в телефонном режиме не хуже 15 мкв.

Полоса пропускания по ПЧ:

а) без кварцевого фильтра при двукратном ослаблении - не уже 7,2 кгц, при стократном ослаблении - не шире 25 кгц;

б) с кварцевым фильтром при двукратном ослаблении - не более 2 кгц.

Приемник имеет два каскада усиления высокой частоты на пентодах 6К7, первый гетеродин на триоде 6С5, смеситель на пентоде 6Ж7, первый каскад усиления промежуточной частоты на пентоде 6К7, второй каскад усиления промежуточной частоты и второй гетеродин на триод-пентоде 6Ф7, третий каскад усиления промежуточной частоты, детектор АРЧ и детектор звуковой частоты на двойном триод-пентоде 6Б8С, выходной каскад с трансформаторным выходом на лучевом тетроде 6П6С.

В приемнике предусмотрены: подстройка входной цепи, позволяющая применять антенны с различными емкостями (50-200) пф: автоматическая и ручная регулировка чувствительности (АРЧ и РРЧ) и ручная регулировка громкости.

Усилитель высокой частоты (УВЧ)

двухкаскадный усилитель высокой частоты работает на пентоде с переменной крутизной типа 6К7 и имеет три резонансных контура: первый контур (антенный) включен на управляющую сетку первой лампы (2I5), второй контур (контур усилителя высокой частоты) включен на управляющую сетку второй лампы (2I6) и третий контур (контур смесителя) связывает усилитель высокой частоты с управляющей сеткой смесителя (2I8).

Каждый из этих контуров состоит из конденсатора переменной емкости, к которому могут подключаться шесть различных катушек индуктивности, в зависимости от работающего поддиапазона.

Переключение катушек и подстроечных конденсаторов при переходе с одного поддиапазона на другой производится с помощью переключателей (198, 199, 200 и 202) поддиапазонов приемника. Для предотвращения паразитных резонансов коммутация катушек выполнена таким образом, что катушки более длинноволновых поддиапазонов, чем работающий в данный момент поддиапазон, замыкаются накоротко.

На 5-м и 6-м поддиапазонах для уменьшения перекрытия последовательно с конденсаторами переменной емкости включаются конденсаторы (61, 62, 64, 63, 65 и 66).

Конденсаторы переменной емкости контуров усилителя высокой частоты и смесителя (IД, IВ, IС) и конденсатор переменной емкости первого гетеродина (IГ) соединены в блок и управляются одной ручкой "НАСТРОЙКА", расположенной на пульте управления.

Связь антенны с первым (антенным) контуром усилителя высокой частоты производится через конденсатор переменной емкости (2). Этот конденсатор предназначен как для компенсации расстройки антенного контура при подключении к приемнику антенн с различными параметрами, так и для подстройки цепи антенны на каждом поддиапазоне приемника. Управление конденсатором производится ручкой "ПОДСТР.АНТЕННЫ" (243, 244).^{х)}

^{х)}Номера в скобках соответствуют номерам позиции принципиальной схемы приемника.

Благодаря наличию конденсатора (2) в цепи антенны, последняя оказывается изолированной и на ней могут накапливаться электрические заряды. Для обеспечения стекания этих зарядов вход приемника зашунтирован сопротивлением (188).

Связь анодов усилительных ламп (215 и 216) с колебательными контурами индуктивная. Применение отдельных катушек связи позволяет выбрать необходимую взаимную индукцию на каждом поддиапазоне, что обеспечивает достаточно равномерное усиление по диапазону приемника. Эти катушки связи намотаны на общих каркасах с соответствующими катушками контуров. Переключение катушек связи производится переключателями (201 и 203).

Для уменьшения усиления на коротковолновых участках поддиапазонов в цепь катода лампы (216) включено переменное сопротивление (195), ось которого связана с осью блока переменных конденсаторов. По мере уменьшения емкости конденсаторов при переходе к коротковолновым участкам поддиапазонов, величина этого сопротивления и падение напряжения на нем возрастают, что вызывает уменьшение усиления лампы (216) и, следовательно, общего усиления приемника.

На первом поддиапазоне это сопротивление замыкается, а необходимая равномерность усиления достигается соответствующей настройкой анодных цепей ламп (215) и (216), для чего параллельно катушкам анодной связи первого поддиапазона включены конденсаторы (81) и (82).

Смеситель

В качестве смесителя работает пентод 6Ж7(218), в цепь катода которого включается катушка связи с контуром первого гетеродина, переключаемые переключателем (205). В анодной цепи смесителя включен контур, настроенный на промежуточную частоту 915 кГц.

Применение такой высокой промежуточной частоты при трех резонансных контурах предварительной селекции делает приемник практически совершенно невосприимчивым к помехам на частоте зеркального канала даже на самых высоких частотах диапазона.

Первый гетеродин

Первый гетеродин работает на триоде 6С5(219) в схеме с настро-

енным контуром в цепи сетки и индуктивной обратной связи с цепью анода. Сеточный контур состоит из конденсатора переменной емкости (IГ) и шести катушек индуктивности (I37, I58, I39, I40, I4I, I42). С целью повышения стабильности частоты первого гетеродина в его катушках сердечники не применяются. Параллельно катушкам подключены подстроечные конденсаторы (I2, I3, 22, 23, 24 и 25) и керамические термокомпенсирующие конденсаторы (I00, I02, I03, I04, I05 и I06). Коммутация катушек и конденсаторов первого гетеродина аналогична коммутации элементов контуров усилителя высокой частоты и осуществляется переключателями поддиапазонов (204, 205А, 205Б и 206).

Для сопряжения настройки контуров первого гетеродина с настройкой контуров высокой частоты в контурах поддиапазонов первого гетеродина применены так называемые "выравнивающие конденсаторы" (28, 56, 57, 58, 59, 60 и 99).

На первых четырех поддиапазонах частота гетеродина взята, как обычно, выше частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты, т.е. на 915 кГц, а на 5-м и 6-м поддиапазонах для увеличения ослабления по симметричному каналу и выравнивания перекрытия на этих поддиапазонах частота гетеродина взята ниже частоты принимаемого сигнала.

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ)

Усилитель промежуточной частоты имеет три каскада усиления на лампах 2I7, 220 и 22I. В первом каскаде работает лампа 6K7, во втором - пентодная часть лампы 647 и в третьем - пентодная часть лампы 6B8C. Лампы связаны между собой трансформаторами промежуточной частоты, настроенными на промежуточную частоту 915 кГц.

Для повышения избирательности и возможности изменения полосы пропускания в первом каскаде усиления промежуточной частоты включен кварцевый фильтр, представляющий собой мостовую схему, в одно из плеч которой включен кварц. Питается мост напряжением от первого трансформатора промежуточной частоты (85, I43). Ширина пропускания полосы кварцевого фильтра регулируется настройкой контура (I44, 87), а симметрия кривой резонанса - балансировкой моста путем изменения емкости (26). С завода приемники выпускаются с фильтрами, отрегулированными на полосу 1,5-2 кГц на уровне 0,5 ординаты резонансной кривой. Включение кварцевого фильтра производится с помощью переключателя "КВАРЦ" (207).

Большое число контуров промежуточной частоты при высокой их добротности обеспечивает хорошую форму кривой селективности приемника.

С последнего трансформатора усилителя промежуточной частоты снимается достаточно большое напряжение сигнала, позволяющее осуществить в детекторе линейное детектирование.

Детектор

В качестве детектора используется левый диод лампы типа 6Б8С (22I) усилителя промежуточной частоты. Напряжение промежуточной частоты на этот диод подается с контура (96, I48). Нагрузкой детектора является переменное сопротивление (I96Б), с которого снимается напряжение звуковой частоты.

Линейное детектирование позволяет получить хорошую характеристику АРЧ, малые искажения при детектировании и обеспечивает большое выходное (после детектирования) напряжение низкой частоты, что позволяет применить только один каскад усиления низкой частоты.

Автоматическая регулировка чувствительности (АРЧ)

В качестве детектора АРЧ используется правый диод лампы типа 6Б8С(22I). Напряжение промежуточной частоты на этот диод подается с контура (96, I48) через конденсатор (95). Нагрузкой детектора служит сопротивление (I93). Регулирующее напряжение с детектора АРЧ подается на управляющие сетки ламп (2I5 и 2I6) усилителя высокой частоты и две первые лампы (2I7 и 220) усилителя промежуточной частоты через фильтр (I94, 42) и соответствующие фильтры в цепях сеток ламп. Катодные цепи этих ламп соединены с корпусом приемника.

В приемнике применена схема АРЧ с задержкой. Напряжение задержки за анод диода АРЧ снимается с сопротивлений (I64, I66), включенных в катод лампы (22I). Часть этого напряжения, снимаемого с сопротивления (I64), служит смещением для управляющей сетки дентонной части этой же лампы. Напряжение задержки выбрано такой величины, что при установке переменного сопротивления (I96Б) в положение, соответствующее наибольшей громкости, АРЧ начинает работать тогда, когда напряжение сигнала на выходе приемника достигает 25-30 вольт (при высокоомной нагрузке).

Ручная регулировка чувствительности (РРЧ)

Для ручной регулировки чувствительности служит переменное сопротивление (I96A). При установке переключателя (209) в положение "РРЧ" на управляющие сетки лампы (2I5, 2I6, 2I7 и 220) с переменного сопротивления (I96A) подается отрицательное напряжение смещение через двухзвенный фильтр (229, 230, I09A, I09B) и развязывающие фильтры в цепях управляющих сеток лампы. При этом ползунок переменного сопротивления (I96B) выключен, и на сетку лампы (222) усилителя низкой частоты поступает полное напряжение сигнала, снимаемое с детектора (диод лампы 22I).

Отрицательное напряжение на переменное сопротивление (I96A) поступает с контакта 2-й колодки.

Переменное сопротивление ручной регулировки громкости (I96B) и чувствительности (I96A) имеет общую ось, выведенную на панель и снабженную ручкой "ГРОМКОСТЬ". Таким образом, регулировка усиления приемника на низкой частоте в режиме АРЧ и регулировка чувствительности приемника в режиме РРЧ производится одной и той же ручкой.

Второй гетеродин

Триодная часть лампы типа 6Ф7 (220) работает в качестве второго гетеродина с настроенным контуром (92, I47) в цепи сетки и индуктивной обратной связью в цепи анода. Контур настроен на частоту 9I5 кгц.

Во избежание больших шумов, имеющих при чрезмерном усилении приемника в телеграфном режиме, усиление понижается, уменьшением напряжения на экранных сетках лампы (2I5, 2I7, 220) путем подключения сопротивления (I76).

Включение и выключение второго гетеродина производится переключателем (208) "ТДФ-ТДГ", расположенным на пульте управления. Этим же переключателем цепи АРЧ подсоединяется дополнительная емкость (II4) для увеличения постоянной времени АРЧ при приеме телеграфии незатухающими колебаниями.

Усилитель низкой частоты (УНЧ)

Усилитель низкой частоты приемника имеет всего один каскад усиления на лампе типа 6П6С(222), работающей в классе "А" (для получения минимальных искажений). Усилитель имеет небольшой коэффициент усиления, но развивает на выходе необходимую мощность. Благодаря малому коэффициенту усиления по низкой частоте упрощается фильтр умформера, питающего приемник, и уменьшается опасность возникновения микрофонного эффекта, легко возникающего при чрезвычайно большом усилении на низкой частоте.

В анодную цепь лампы (222) включен выходной трансформатор (I49), вторичная обмотка которого имеет вывод ("В" и "Н") для подвключения высокоомной нагрузки (4400 ом) или, соответственно, низкоомной нагрузки (300 ом).

С целью получения более равной частотной характеристики первичная обмотка выходного трансформатора зашунтирована сопротивлением (I6I). Для уменьшения усиления в режиме АРЧ в цепь анодов ламп включается сопротивление (I65). При работе в режиме РРЧ это сопротивление замыкается.

Лабораторная установка

В состав лабораторной установки входят:

Самолетный супергетеродинный приемник УС-9.

Генератор стандартных сигналов Г4-IA.

Звуковой генератор ГЗ-IOA.

Измеритель выходов В8-IOA.

Телефоны 4400 ом.

Содержание работы

Познакомиться с принципиальной схемой и конструкцией приемника УС-9.

Произвести настройку приемника и контроль его электрических параметров, т.е. проверку работы УНЧ; настройку УНЧ; настройку второго гетеродина; настройку первого гетеродина; настройку УВЧ; измерение чувствительности приемника; измерение избирательности по зеркальному каналу; измерение избирательности по соседнему каналу.

Порядок выполнения работ

Для того, чтобы включить приемник, необходимо:
установить ручку "тон биений" вертикально вверх;
установить переключатель "АРЧ-ВЫК-РРЧ" в положение РРЧ
(при этом напряжение 27 вольт будет подано на нити накалов ламп и умформер);

ручку "Громкость" установить в крайнее правое положение (максимальная громкость), после прогрева прослушать шумы приемника через высокоомные телефоны. Приемник подготовлен для выполнения лабораторной работы.

1. Проверка работы УНЧ. Для проверки низкочастотной части приемника необходимо:

включить на выход приемника телефоны с омическим сопротивлением 4400 ом и измеритель выхода ВЗ-10А;

установить переключатель "ТЛФ-ТЛГ" в положение "ТЛФ";

установить переключатель "АРЧ-ВЫК-РРЧ" в положение РРЧ;

подать от Р4-1А сигнал промежуточной частоты 915 кгц (промодулированный частотой 1000 гц с глубиной модуляции 30%) через конденсатор емкости 0,1 мкф на управляющую сетку лампы 6Б8С(221).

При нормальной работе схемы напряжение на выходе ГСС должно быть в пределах 0,1-0,15 вольт, напряжение на выходе приемника при этом 15 вольт.

2. Настройка УПЧ. Настройка контуров УПЧ начинается с последнего ЛУ и производится в такой последовательности:

установить переключатель поддиапазонов на второй поддиапазон (1,5-3,5) мгц;

установить переключатель "ТЛФ-ТЛГ" в положение "ТЛФ";

установить переключатель рода работы в положение "РРЧ";

установить ручку "Громкость" в крайнее правое положение;
"КВАРЦ"- "Выключено";

включить параллельно телефонам измеритель выхода ВЗ-10А;

подать от генератора стандартных сигналов сигнал промежуточной частоты 915 кгц (промодулированный частотой 1000 гц с глубиной модуляции 30%) через конденсатор емкостью 0,1 мкф на управляющую сетку лампы 6Б8С(221);

подстроить ЛУ трансформатор УПЧ, вращая сердечники катушек (148) до наступления резонанса (до максимума показаний измерителя выхода ВЗ-10А).

При напряжении на выходе приемника I5в сигнал генератора Г4-IA должен быть равен 0,1-0,15 в.

Аналогично надстроить 3,2,1 трансформаторы УИЧ, подавал сигнал с генератора на управляющие сетки соответствующих ламп (220,217,218). При точной настройке контуров в резонанс и при выходном напряжении приемника I5 в сигнал генератора Г4-IA соответственно равняется 3,5-4,5 мв, 350-450 мкв, 35-40 мкв.

Доступ к монтажу для настройки анодных цепей трансформаторов-сверху, для настройки сеточных цепей-снизу приемника.

После настройки замерить полосу пропускания УИЧ без "кварца" и с включением кварцевого фильтра.

3.Настройка второго гетеродина заключается в том, чтобы частота генерации его была равна промежуточной частоте (915 кГц) при среднем положении подстроечного конденсатора. Для настройки необходимо:

через конденсатор емкостью 0,1 мкФ подать на управляющую лампу 6Ж7(218) от генератора Г4-IA напряжение промежуточной частоты 915 кГц, промодулированное частотой 1000 гц с глубиной модуляции 30%;

напряжение генератора Г4-IA должно быть таким, чтобы на выходе приемника было 5 вольт;

ручку "ТЛГ-ТДФ" установить в положение "ТЛГ";

выключить модуляцию Г4-IA;

произвести настройку катушки (147) контура гетеродина подстроечным сердечником до полного пропадания в телефонах тона биений.

Правильно настроенным гетеродин считается тогда, когда ручка "тон биений", повернутая на 180° , будет соответствовать второму положению пропадания тона биений в телефонах. При значительном отступлении от этого продолжить настройку катушки (147) задавшись новым исходным положением ручки "тон биений".

5.Настройка первого гетеродина. Целью настройки - обеспечить перекрытия заданного диапазона.

Для настройки первого гетеродина на первом поддиапазоне необходимо:

от генератора Г4-IA на управляющую сетку смесительной лампы (218) подать сигнал частотой 500 кГц, промодулированный частотой 1000 гц, глубина модуляции 30%;

установить на шкале настройки частоту 500 кГц;

при помощи подстроечного конденсатора (22) настроить контур гетеродина на высокочастотном конце поддиапазона по максимуму показаний ВЗ-10А на выходе приемника;

перестроить генератор Г4-1А и приемник на частоту 200 кГц;
с помощью подстроечного конденсатора (28) произвести настройку контура гетеродина на низкочастотном конце поддиапазона по максимуму показаний ВЗ-10А;

повторить несколько раз подстройку контура с помощью конденсаторов (22,28) соответственно на частотах 500 кГц и 200 кГц, поскольку настройка контура на одном конце поддиапазона вызывает расстройку его на другом конце;

произвести проверку точности градуировки шкалы приемника в точках 240, 460 кГц;

при несовпадении показаний частоты на шкале генератора и приемника повторить настройку контура гетеродина.

Настройку контуров гетеродина на остальных поддиапазонах приемника производить аналогично изложенному с той только разницей, что контуры этих поддиапазонов настраиваются в одной точке. При настройке руководствоваться табл. I.

Таблица I

Поддиапазоны мГц	Частота настройки мГц	Подстроеч- ный кон- денсатор	Частота про- верки точно- сти градуи- ровки шкалы, мГц	Примечание
1.(0,2-0,5)	0,5; 0,2	22; 28	0,24; 2,46	$f_{гет} > f_{сигн.}$
2.(1,5-3,5)	3,5	23	1,8 3,4	$f_{гет} > f_{сигн.}$
3.(3,5-6,0)	6,0	24	3,8 5,5	$f_{гет} > f_{сигн.}$
4.(6,0-9,5)	9,5	25	6,2 9,2	$f_{гет} > f_{сигн.}$
5.(9,5-13,5)	13,5	12	10,0 13,0	$f_{гет} < f_{сигн.}$
6.(13,5-18)	18,0	13	13,8 17,6	$f_{гет} < f_{сигн.}$

5. Настройка УВЧ сводится к сопряжению входных контуров и контуров УВЧ с контурами гетеродина так, чтобы в каждой точке диапазона обеспечивалось с заданной точностью равенство:

$$|f_{гет} - f_{УВЧ}| = 915 \text{ кГц}$$

Для настройки УВЧ на первом поддиапазоне необходимо:

на вход приемника (зажим "А") через конденсатор емкостью 80 пФ подать с генератора Г4-1А сигнал частотой 200 кГц, модулированный частотой 1000 гц, $m = 30\%$;

ручку антенного конденсатора установить в среднее положение; установить на шкале приемника частоту 200 кГц;

вращая сердечники катушек (I19, I25, I31), настроить контуры в резонанс по максимуму показаний В3-10А, при этом следует помнить, что по мере настройки необходимо уменьшать входной сигнал, поддерживая на входе приемника напряжение 5-7 в;

перестроить генератор и приемник на частоту 500 кГц;

произвести настройку контуров на частоте 500 кГц в резонанс с помощью подстроечных конденсаторов (6,9);

повторить несколько раз настройку контуров на низкочастотном и высокочастотном концах поддиапазона соответственно с помощью сердечников катушек и подстроечных конденсаторов.

Аналогично настроить УВЧ на остальных поддиапазонах, руководствуясь при этом табл. 2.

Таблица 2

Поддиапазоны, мгц	Элементы настройки					
	на низкочастотном конце поддиапазона катушки			на высокочастотном кон- це поддиапазона конден- саторы		
1.(0,2-0,5)	I19	I25	I31		6	9
2.(1,5-3,3)	I20	I26	I31	I4	I6	I9
3.(3,5-6,0)	I21	I27	I33	3	7	10
4.(6,0-9,5)	I22	I28	I34	I5	I7	20
5.(9,5-13,5)	I23	I29	I35	I4	I7	21
6.(13,5-18,0)	I24	I30	I36	5	8	11

6.Измерение чувствительности приемника производится в "ТЛФ" и "ТЛГ" режимах.

Для проверки чувствительности приемника в "ТЛФ" режиме на вход приемника к зажимам "А" и "З" через эквивалент антенны (конденсатор

высоте 80 мВ) подать сигнал от Г4-1А, промодулированный частотой 1000 Гц с глубиной 30%, такой величины, чтобы на выходе приемника было напряжение 15в. Напряжение Г4-1А и будет указывать чувствительность приемника на данной частоте.

На первом поддиапазоне чувствительность должна быть не хуже 15 мкв, на втором - не хуже 8 мкв, на остальных - не хуже 7 мкв. Чувствительность проверять в трех точках поддиапазона.

Проверку чувствительности в "ТЛГ" режиме производят аналогично "ТДФ" режиму с той лишь разницей, что сигнал следует подавать немодулированный, настройку вести с включенным вторым гетеродином, ручка "ТОН БИЕНИИ" находится в положении близком к вертикальному.

Чувствительность приемника в "ТЛГ" режиме должна быть не хуже 5 мкв на первом поддиапазоне и 3 мкв на всех остальных.

7. Измерение избирательности по зеркальному каналу удобно производить в тех же точках поддиапазона, в которых проверялась чувствительность приемника. Для этого:

настроить генератор Г4-1А и приемник в резонанс и определить чувствительность приемника по основному каналу, как изложено в пункте; не меняя настройку приемника, перестроить Г4-1А на две промежуточные частоты (2х915=1830 кГц) в ту или другую сторону от основной частоты в зависимости от поддиапазона;

слегка меняя частоту генератора Г4-1А и значительно увеличив его выходное напряжение, добиться прохождения сигнала по зеркальному каналу приемника;

измерить чувствительность приемника по зеркальному каналу по методике пункта 6;

вычислить в дБ избирательность приемника по зеркальному каналу (ослабление зеркального канала) по формуле:

$$\alpha = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}}(\text{зерк. канал})}{U_{\text{вх}}(\text{осн. канал})} \quad \text{при} \quad U_{\text{вых}} = \text{const} \quad . \quad (36)$$

8. Измерение избирательности по соседнему каналу производят в тех же точках поддиапазона, в которых проверялась чувствительность приемника. Для измерения необходимо:

после проверки чувствительности, не меняя настройки приемника, изменить частоту генератора Г4-1А на ± 10 кГц;

измерить чувствительность приемника по соседнему каналу по методике пункта 6;

вычислить в дБ избирательность приемника по соседнему каналу по формуле:

$$n = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}}(\text{сосед. канал})}{U_{\text{вх}}(\text{осн. канал})} \quad \text{при} \quad U_{\text{вых}} = \text{const} \quad . \quad (57)$$

Из двух значений избирательности по соседнему каналу в данной точке берется худшее значение.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Блок-схему радиоприемника.
2. Значения: чувствительности УНЧ, полосы пропускания и чувствительности УНЧ, чувствительности и избирательности приемника.
3. Результаты проверки точности градуировки шкалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.О.Буклер и др. Регулировка радиоаппаратуры. "Энергия", 1964.
2. П.П.Месяцев. Регулировка и испытание радиоаппаратуры . Госэнергоиздат, 1960.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 52

РЕГУЛИРОВКА СВЯЗНОГО РАДИОПЕРЕДАТЧИКА

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с процессом регулировки и электрического контроля связного передатчика.

Общие сведения

Передатчик с плавным и стабилизированным кварцем диапазонами входит в состав приемно-передающей коротковолновой радиотелефонной станции, предназначенной для связи самолета с землей и между самолетами. Диапазон, стабилизированный кварцами, имеет фиксированные волны в тех же диапазонах, т.е. от 3,75 МГц (фиксированная волна № 150) до 200 МГц (фиксированная волна № 200).

Радиопередатчик в нормальном режиме обеспечивает дальность связи до 110 км.

Питание бортовое от источника постоянного тока напряжением 26в. В результате переделки передатчик переведен на питание от сети переменного напряжения 220в.

Схема передатчика

Генераторный каскад плавного диапазона передатчика (рис. 52.1) собран по схеме Дуу на лампе Л1-6П3С и содержит в себе две контура: внутренний (задающий) и внешний (антенный).

Внутренний контур, заключающий в себе элементы L_1 , C_1 , C_3 , C_4 является колебательным контуром, служащим для возбуждения колебаний в генераторе. Плавное изменение частоты генерации осуществляется переменным конденсатором C_1 . Подстроечный конденсатор C_4 служит для коррекции градуировки передатчика в случае расхождения ее с заданным диапазоном.

Внешний контур, включенный в анодную цепь лампы, является антенным контуром передатчика и состоит из катушки индуктивности-вариометра антенны L_4 , конденсаторов связи C_{II}, C_{I2} , емкости и индуктивности антенны.

Связь между внешним и внутренним контурами осуществляется через общий электронный поток лампы. Для ослабления влияния внешнего контура на внутренний через паразитную емкость лампы анод-катод включен нейтральный конденсатор емкостью в 15 пф (C_9).

Кварцованный генератор собран по схеме Пирса на лампе Л2-6ПЗС. Кварц, составляющий вместе с конденсаторами C_7 и C_8 колебательный контур, включен между сеткой лампы 6ПЗС и землей. Дроссель L_2 служит для разделения постоянного и высокочастотного катодного тока лампы 6ПЗС.

Генератор плавного диапазона и кварцованный генератор работают на отдельных лампах 6ПЗС, у которых анодные цепи и цепи экранных сеток включены параллельно. Дроссель L_3 и конденсатор C_{10} разделяют цепи постоянной и переменной составляющих анодного тока ламп.

Переход с плавного диапазона на стабилизированный кварцем происходит следующим образом: ручка установки волны радиопередатчика ставится в крайнее правое положение. Упор, находящийся на стопорном диске переменного конденсатора, нажимает на заземленный подвижный контакт в контактной группе П1, который замыкает резистор R_{12} , запускающий лампу Л2, когда передатчик работает на кварцованном диапазоне, и размыкает резистор R_2 , отчего на сетку лампы П1, работающей в плавном диапазоне, подается большое отрицательное смещение и лампа запирается.

Переход с кварцованного диапазона на плавный происходит в обратном порядке. Таким образом, лампы 6ПЗС работают - одна на кварцованном, другая на плавном диапазоне.

Колебания высокой частоты с анода лампы задающего генератора попадают через разделительный конденсатор C_{10} в антенный контур.

Настройка антенного контура передатчика производится изменением индуктивности вариометра L_4 , причем момент резонанса регистрируется стрелочным прибором ИП-1 ("ИНДИКАТОР") по максимальному отклонению стрелки прибора.

Модуляторный каскад передатчика собран по двухтактной схеме на низкочастотных пентодах 6Ф6М.

Чтобы не изучать в эфир, передатчик нагружен на эквивалент антенны, состоящий из последовательно включенных элементов L_A , C_A , R_A . Катушка индуктивности L_A состоит из четырех витков медного провода диаметром 1 мм, намотанных с шагом 1 мм на каркасе из изоляционного материала диаметром 4 см. Емкость конденсатора C_A равна 47 пф, сопротивление $R_A = 1,6$ ом.

Содержание работы

Произвести общую регулировку передатчика, т.е.:

измерить диапазон частот перестраиваемого генератора и при необходимости произвести его корректировку в соответствии с градуировкой шкалы;

измерить выходную мощность передатчика;

произвести проверку работы модулятора.

Порядок включения и настройки передатчика на заданную частоту

1. Подать питание на передатчик от внешнего источника питания.
2. Конденсатором переменной емкости настроиться на нужную волну на шкале настройки.
3. Ручкой настройки антенны настроиться на максимум выходной мощности по максимуму показаний индикатора ИП-1.
4. Для перестройки на другую частоту поставить на шкале настройки нужную волну и ручкой настройки антенны добиться максимального значения выходной мощности.

Порядок выполнения работы

1. Измерение диапазона частот передатчика.

Измерение частоты генерируемых колебаний производится или гетеродинным измерителем частоты или методом фигур Лиссажу по нулевым биениям с частотой вспомогательного генератора. Измеритель частоты подключается через конденсатор небольшой емкости (2-5 пф) параллельно эквиваленту антенны (клеммы "ВЫХОД").

Замерить крайние частоты диапазона (на фиксированных волнах № 150 и 200), которые должны быть равны 3,75 и 5 мГц соответственно.

В случае расхождения фактического значения частот с заданным произвести коррекцию градуировки с помощью триммера C_4 , шлиц которого выведен в нижней части лицевой панели передатчика.

2. Измерение выходной мощности передатчика.

Мощность передатчика в эквиваленте антенны изменяется с изменением частоты генератора. Минимальное значение этой мощности является номинальной выходной мощностью.

Для характеристики энергетических свойств передатчика необходимо измерить мощность в нескольких точках диапазона, построить график зависимости

$$P = \varphi(f)$$

и по нему определить номинальную выходную мощность по формуле

$$P = \frac{U^2}{R_A}, \quad (38)$$

где U — падение напряжения на активном сопротивлении эквивалента антенны.

R_A — активное сопротивление эквивалента антенны ($R_A = 1,6$ ом)

При проведении этих испытаний модулятор должен быть выключен $U_{\text{мод}} = 0$.

3. Проверка работы модулятора.

Основными показателями работы модулятора являются амплитудная и частотная характеристики, чувствительность модулятора. Для снятия этих характеристик настроить передатчик на одну из крайних частот диапазона на полную мощность в эквиваленте антенны. На вход модулятора подать напряжение от звукового генератора.

а) снять амплитудную характеристику, т.е. зависимость глубины модуляции высокочастотного сигнала от напряжения модуляции

$$m = \varphi(U_{\text{мод}})$$

при постоянной частоте модуляции $F = 1000$ гц;

б) снять частотную характеристику модулятора

$$m = \varphi(F) \quad \text{при} \quad U_{\text{мод}} = \text{const};$$

в) на основании зависимости (3) определить чувствительность модулятора, т.е. напряжение $U_{\text{мод}}$, при котором достигается $m=0,3$.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Блок-схему передатчика.
2. Результаты измерения диапазона частот передатчика.
3. Графики: изменения выходной мощности по диапазону; амплитудной характеристики модулятора; частотной характеристики модулятора.
4. Результаты измерения номинальной выходной мощности, чувствительности модулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.О.Буклер и др. Регулировка радиоаппаратуры. Издательство "Энергия". 1964.
2. Р.А.Валитов. Радиотехнические измерения. Издательство "Советское радио", 1963.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 53

КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНОГО ПРИЕМНИКА

Целью лабораторной работы является практическое изучение основных параметров приемников и методики их контроля.

Общие сведения

Современные радиоприемники характеризуются рядом электрических параметров (показателей), которые в процессе выборочных испытаний полностью отрегулированных приемников определяются в цеховых или заводских лабораториях. По этим параметрам различные по схемам приемники могут сравниваться между собой. Для радиовещательных приемников предельные параметры установлены ГОСТом 565I-64, введенным с Января 1965 года. По параметрам, а также по количеству усилительных ламп радиоприемники разделяются на пять классов.

Радиоприемники других назначений (коммерческой телефонной связи и специальные) не имеют стандартизованных показателей и делений на классы. Их параметры в каждом отдельном случае устанавливаются техническими условиями, в которых также приводится и методика испытаний.

В таблице I даются основные параметры и классификации радиовещательных приемников.

Для возможности сравнения радиоприемников по их параметрам необходимо, чтобы условия испытаний были одинаковыми. Это предусмотрено стандартными условиями испытаний по основным показателям. К стандартным условиям относятся определение нормальной и номинальной выходных мощностей, нормального коэффициента модуляции ($m=30\%$) и нормальной частоты модуляции

$$| F = 1000 \text{ гц} |$$

Таблица I

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И КЛАССИФИКАЦИЯ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Параметры		Классы		Высший	I	II	III	IV
		ДВ	КГЦ					
Диапазоны принимаемых частот	ДВ	КГЦ				150,0-408,0		
	СВ	КГЦ				525,0-I		
	КВ	МГЦ		3,95-12,1				
	УКВ	МГЦ				65,8-73,0		
Промежуточная частота	ДВ	КГЦ			465			
	СВ	КГЦ						
	КВ	МГЦ	8,4; 6,5		6,5			-
Чувствительность с внешней антенной	ДВ	МКВ	50	150		200		300
	СВ	МКВ		200				
	УКВ		5	10	20	30		-
с внутр. антенной	ДВ	МВ/м	-	1,0	2,0	2,5		3,0
	СВ		-	0,7	1,0	1,5		2,0
Избирательн.	ДВ	дБ	60					
	СВ			46	34		26	16-20
Ослабление зеркального канала	ДВ		60	40	40		20-26	16-20
	СВ	дБ	50	26	26		20	20
	КВ		26	14	12		-	-
	УКВ		20	24	24		20	-
Ослаб. сигнала	ПЧ	дБ	40	34	30		26	26
Действие АЧУ на ДВ, СВ КВ диап.	изменение напряжения на входе	дБ	60	40		26		26
	соответ. изм. на выходе		8	12	10		12	12
Уров. фона	С ант. входа		-54	-44	-40		-30	-30
	Со вх. УНЧ	дБ	-60	-50	-46		-36	-36
Ручн. регул. громк.		дБ	60	50	50		30-40	30-40
Частотная характеристика приемника	Мебель. настол.	ДВ	40-6000	60-4000	80-400		-	-
		СВ	60-6000	80-4000	100-4000	150-3500	200-3000	
	Переносные	КВ	-	150-4000	200-4000	300-3500	450-3000	
		ГЦ	40-15000	60-12000	80-10000		-	
	Мебель. настол.	УКВ	60-15000	80-12000	100-10000	120-7000		
Переменные			-	150-12000	200-10000	300-7000		

Основная аппаратура

1. Проверяемый радиоприемник (от телерадиолы "Лира").
2. Генератор стандартных сигналов - ГСС-6А (ГЧ-1А).
3. Звуковой генератор - ЗГ-10 (ГЗ-2).
4. Измеритель выхода - ИВ-4 (ВЗ-10А).
5. Эквивалент антенны.

Содержание лабораторной работы

Произвести контроль следующих основных параметров радиоприемника:

- номинальной выходной мощности;
- чувствительности УНЧ;
- частотной характеристики УНЧ;
- сквозной частотной характеристики;
- реальной чувствительности приемника;
- избирательности по соседнему каналу;
- ослабления зеркального сигнала.

Полученные данные сравнить с параметрами, приведенными в табл. I.

Порядок выполнения работы

I: Определение номинальной выходной мощности и чувствительности УНЧ.

Под номинальной выходной мощностью приемника понимается максимальная мощность, при которой нелинейные искажения не превышают допустимой величины. Примерно 0,1 от номинальной мощности составляет нормальную выходную мощность. Под чувствительностью УНЧ (с гнезд звукоснимателя) понимается напряжение на входе УНЧ, при котором на выходе развивается нормальная выходная мощность.

Для определения указанных параметров необходимо снять амплитудную характеристику УНЧ, т.е. зависимость

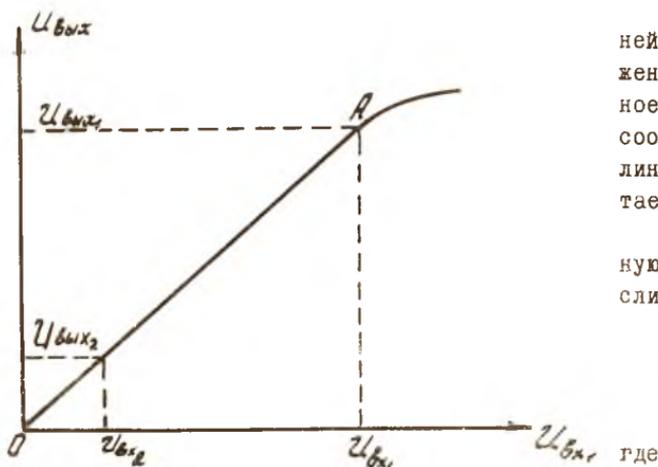
$$U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}}) ,$$

где

$U_{\text{вых}}$ - напряжение на вторичной обмотке выходного трансформатора, измеряемое ИВ-4;

$U_{\text{вх}}$ - напряжение на входе УНЧ, подаваемое с генератора ЗГ-10.

Частота звукового генератора нормальная $F = 1000$ гц. Положение регулятора громкости соответствует максимальной громкости. Положение регуляторов тембра соответствует широкой полосе. Типичная амплитудная характеристика УНЧ представлена на рис. 53.1



При работе на линейном участке ОА искажения будут малы. Выходное напряжение $U_{\text{вых}}$, соответствующее концу линейного участка, считается номинальным.

Номинальную выходную мощность $P_{\text{ном}}$ вычислить по формуле:

$$P_{\text{ном}} = \frac{U_{\text{вых}}^2}{Z}, \quad (39)$$

где $Z = 9,0$ ом сопро-

Рис. 53.1. Амплитудная характеристика УНЧ

тивление нагрузки на частоте 1000 гц.

Напряжение $U_{\text{вых}2} = 0,3 U_{\text{вых}1}$, будет нормальным, соответствующим нормальной выходной мощности.

Напряжение $U_{\text{вх}2}$ является чувствительностью УНЧ (рис. 53.1).

2. Снятие частотной характеристики УНЧ.

Частотная характеристика УНЧ представляет собой зависимость:

$$\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}}(1000)} = \varphi(F) \quad \text{при} \quad U_{\text{вх}} = \text{const} \quad (40)$$

где

$U_{\text{вых}}$ - выходное напряжение усилителя на данной частоте;

$U_{\text{вых}(1000)}$ - выходное напряжение на частоте 1000 гц;

F - частота сигнала ЗГ-Ю, подаваемого на вход УНЧ.

Практически удобнее поддерживать $U_{\text{вых}} = \text{const}$ и снимать зависимость

$$\frac{U_{\text{вх}(1000)}}{U_{\text{вх}}} = \varphi(F) \quad (41)$$

Обычно ось частот строят в логарифмическом масштабе, а отношение $\frac{U_{\text{вх}(1000)}}{U_{\text{вх}}}$ выражают в дб.

Для снятия частотной характеристики при установке регулятора громкости в положение максимальной громкости подать на вход УНЧ сигнал нормальной частоты $F = 1000$ гц. Напряжение входного сигнала установить таким, чтобы на выходе УНЧ развивалось нормальное напряжение. (При этом установить аттенюатор ЗГ-Ю примерно в среднее положение). Поддерживая на выходе нормальное напряжение, снять частотную характеристику УНЧ, меняя входное напряжение с помощью аттенюатора ЗГ-Ю, проградуированного в дб. Частотную характеристику снять для двух крайних положений регуляторов тембра - "широкая" и "узкая" полоса.

Определить в дб. неравномерность частотной характеристики в диапазоне 100-5000 гц. Определить подъем частотной характеристики на частотах 100 и 5000 гц при переводе регуляторов тембра из положения "узкая" полоса в положение "широкая" полоса.

3. Снятие сквозной частотной характеристики

Под сквозной частотной характеристикой (характеристикой верности) понимается частотная характеристика всего тракта приемника, т.е. зависимость:

$$\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}(1000)}} = \varphi(F) \quad (42)$$

при

$$U_{\text{вх}} = \text{const};$$

$$m = \text{const};$$

$$f = \text{const}.$$

где

$U_{\text{вых}}$ - напряжение на выходе приемника при данной частоте модуляции;

$U_{\text{вых}}(1000)$ - напряжение на выходе приемника при частоте модуляции 1000 гц;

F - частота модуляции;

$U_{\text{вх}}$ - напряжение несущего сигнала;

m - глубина модуляции;

f - частота несущего сигнала.

Глубина модуляции устанавливается нормальной ($m = 30\%$).

Измерение производится обычно на одной несущей частоте ($f = 1$ мгц). Регуляторы тембра устанавливаются в положение "широкая" полоса, регулятор громкости - в положение максимальной громкости.

При выполнении данного и последующих пунктов сигнал ГСС необходимо подавать на вход приемника через эквивалент антенны (рис.53.2).

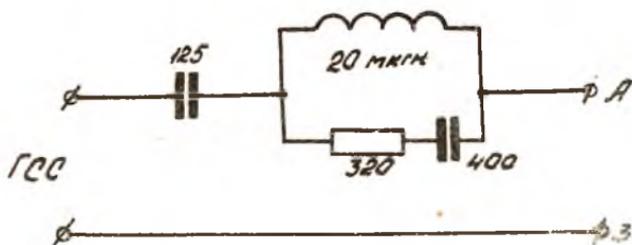


Рис.53.2., Схема эквивалента антенны

Назначение эквивалента антенны - вносить в процесс настройки и контроля во входные цепи приемника такую же расстройку, какую вносит в процессе эксплуатации реальная антенна средних размеров (действующая высота 4 м).

Для снятия характеристики подать с ГСС-6А на вход приемника через эквивалент антенны сигнал частотой $f = 1$ мгц, настроить приемник на эту частоту. Модуляцию сигнала производить от внешнего

модулятора-генератора ЗГ-10. Несущий сигнал поддерживать постоянным, глубину модуляции - постоянной ($m = 30\%$). Снять характеристику верности для диапазона частот 100-10000 гц, выражая отношение $\frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}}(1000)}$ в дб.

Определить в дб неравномерность характеристики в диапазоне 100-5000 гц. Характеристику верности удобно построить на одном графике с частотной характеристикой УНЧ.

4. Определение реальной чувствительности и избирательности приемника.

Реальная чувствительность приемника (чувствительность, ограниченная шумами) характеризуется величиной напряжения входного сигнала при 30% модуляции, при котором на выходе приемника развивается выходная мощность 50 мвт при отношении сигнала к напряжению шума не менее 10.

Под избирательностью приемника понимается его способность выделять из спектра частот ту частоту, на которую он настроен. Оценивается избирательность величиной, выраженной в дб, показывающий, во сколько раз ухудшается чувствительность приемника к сигналу, частота которого отличается на ± 10 кгц от частоты точной настройки, т.е. избирательность:

$$n = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}}(f_0 \pm 10 \text{ кгц})}{U_{\text{вх}}(f_0)} \cdot q\delta, \quad (43)$$

где $U_{\text{вх}}(f_0 \pm 10 \text{ кгц})$ - чувствительность приемника при расстройке на ± 10 кгц;
 $U_{\text{вх}}(f_0)$ - чувствительность приемника на резонансной частоте f .

Ослабление зеркального канала (избирательность по зеркальному каналу) характеризуется отношением, выраженным в дб, чувствительности приемника по зеркальному каналу и чувствительности по резонансной частоте, т.е.:

$$n = 20 \lg \frac{U_{\text{вх}}(f_0 + 2f_{\text{прот}})}{U_{\text{вх}}(f_0)} \cdot q\delta, \quad (44)$$

где $U_{\text{вх}}(f_0 + 2f_{\text{пром}})$ - чувствительность приемника по зеркальному каналу;
 $U_{\text{вх}}(f_0)$ - чувствительность приемника на резонансной частоте.

Указанные три параметра удобно определять одновременно.

Для определения реальной чувствительности в данной точке диапазона подать с генератора через эквивалент антенны на вход приемника сигнал необходимой частоты при 30% модуляции. Настроить на эту частоту приемник. Уровень несущей ГСС-6А установить таким, чтобы на выходе приемника развивалась мощность 50 мвт при полностью введенном регуляторе громкости (регуляторы тембра должны находиться в положении "широкая" полоса, АРУ должно быть выключено). Выключив модуляцию ГСС, проверить уровень шума на выходе приемника. Если соотношение $U_{\text{шум}} / U_{\text{сигн.}}$ не выполняется, уменьшить $U_{\text{шум}}$ до $0,1 \cdot U_{\text{сигн.}}$ путем выведения регулятора громкости. Выключив модуляцию ГСС-6А ($m=30\%$), установить такой уровень несущей, при котором на выходе вновь разовьется мощность 50 мвт. Это напряжение на входе приемника, измеренное в мкв, и будет реальной чувствительностью приемника.

Не меняя настройки приемника, изменить частоту генератора на 10 кГц сначала в одну, затем в другую сторону. В обоих случаях уровень несущей (при $m=30\%$) придется поднять, чтобы восстановить на выходе мощность 50 мвт. Полученные сигналы ГСС будут являться чувствительностью приемника по соседнему каналу. Для подсчета избирательности по формуле (43) использовать меньший сигнал (избирательность на КВ диапазонах не измерять).

Не меняя настройки приемника, увеличить частоту генератора на удвоенную промежуточную. Уровень несущей ГСС-6А (при $m=30\%$) установить таким, чтобы на выходе приемника выделялась мощность 50 мвт. Выходное напряжение генератора будет являться чувствительностью приемника по зеркальному каналу, зная его чувствительность на резонансной частоте, вычислить ослабление зеркального канала по формуле (44). Таким образом, в данной точке диапазона определены чувствительность, избирательность и ослабление зеркального канала.

Аналогично все три параметра определяются в 3-х точках каждого диапазона, причем крайние точки должны отстоять на 15-20% от концов диапазона. Полученные данные свести в таблицу. Принципиальная схема радиоприемника телерадиоды "Лира" изображена на рис. 53.3.

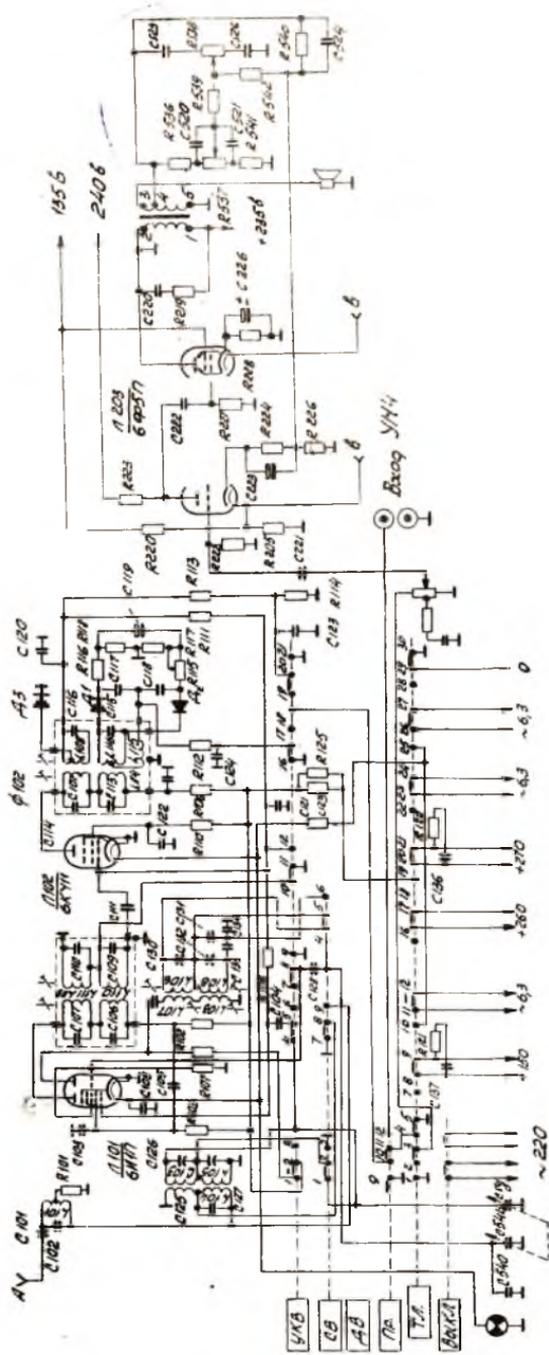


Рис. 53.3. Принципиальная схема радиоприемника теледиагностики "Дира"

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Амплитудную характеристику УНЧ.
2. Частотную характеристику УНЧ.
3. Характеристику верности.
4. Таблицу с основными параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. П.П.Месяцев. Регулировка и испытание радиоаппаратуры. Госэнергоиздат, 1960.
2. В.О.Буклер и др. Регулировка радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 54

РЕГУЛИРОВКА САМОЛЕТНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО РАДИОКОМПАСА АРК-5

Цель лабораторной работы - ознакомиться с методикой регулировки радионавигационной аппаратуры.

Общие сведения о радиокompасе

Автоматический радиокompас АРК-5 предназначен для вождения самолетов по приводным и широковедаательным радиостанциям и радиомаякам и определения расчетного места самолета.

Радиокompас АРК-5 позволяет совершать полет на радиостанцию с визуальной и со слуховой индикацией курса; полет от радиостанции (как вспомогательное средство); определять углы сноса и векторы ветра; автоматически по указателю радиокompаса и слуховым методом определять пеленги радиостанции; совершать полет по радиомаяку, работающему модулированными колебаниями, зоной или пеленгом.

Тактико-технические данные АРК-5:

а) дальность действия компаса 160+200 км (при работе с приводными станциями мощностью 500 вт).

Диапазон частот 150-1500 кГц разбит на три поддиапазона:

1^й поддиапазон 150-310 кГц, 2^й поддиапазон 310-640 кГц, 3^й поддиапазон 640-1300 кГц;

в) чувствительность приемника радиокompаса при приеме модулированных и немодулированных колебаний должна быть не хуже 12 мкв на 1-ом поддиапазоне и 10 мкв на 2 и 3 поддиапазонах;

г) предельная чувствительность радиокompаса по приводу при приеме модулированных и немодулированных колебаний при отклонении от истинного пеленга не более $\pm 15^{\circ}$ и колебаниях указателя пеленга $\pm 3^{\circ}$ не хуже 50 мкв/м на всех поддиапазонах.

Предельная чувствительность радиокompаса по пеленгу при приеме модулированных и немодулированных колебаний при отклонении от истинного пеленга не более $\pm 3\%$ и колебаниях стрелки указателя пеленга $\pm 2\%$ должна быть не хуже 180 мкв/м;

д) погрешность пеленга на любой частоте диапазона при напряженностях поля от 1 до 100 мв/м не более $\pm 3^{\circ}$.

Погрешность установки частоты и градуировки приемника при длине гибкого вала 2 м не более 2,5% в любой точке диапазона, запас по краям шкалы должен составлять не менее 1% от заданных крайних значений частоты каждого поддиапазона;

е) избирательность приемника по промежуточной частоте не хуже 94 дБ на частоте 150 кгц; избирательность приемника по зеркальному каналу не хуже 74 дБ на частоте 1300 кгц;

ж) промежуточная частота равна 110 кгц, полоса пропускания ± 2 кгц на уровне 0,5;

з) скорость автоматического вращения рамки 20-45⁰ в сек. при напряженности поля 1 мв/м на любой частоте диапазона.

Принцип действия радиокompаса АРК-5

Блок-схема автоматического радиокompаса изображена на рис.54.1.. Как видно из схемы, автоматический радиокompас имеет две антенны: направленную рамочную и ненаправленную э.д.с., принятая рабочей антенной, усиливается усилителем канала рамки и попадает на коммутатор фазы, ку-

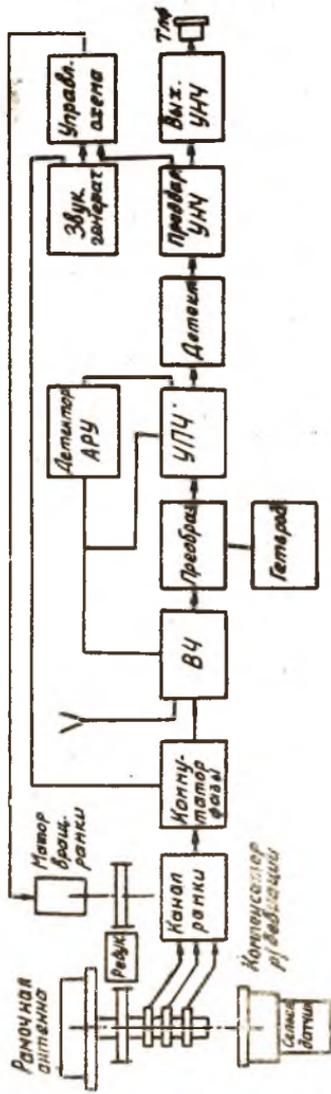


Рис. 54.1., Блок-схема АРК-5

да кроме сигнала высокой частоты, подается напряжение низкой частоты (порядка 50 гц) от имеющегося в схеме радиоконпаса звукового генератора.

Э.д.с., выработанная коммутатором фазы, поступает в антенный контур приемника, сюда же подается сигнал высокой частоты, принятый ненаправленной антенной. Э.д.с., полученная в результате взаимодействия сигнала от рамки, прошедшего через коммутатор фазы, и сигнала ненаправленной антенны, усиливается приемником, детектируется, усиливается по низкой частоте и поступает на управляющую схему радиоконпаса; кроме того на схему подается напряжение от звукового генератора.

Управляющая схема вырабатывает напряжение, заставляющее вращаться якорь двигателя и связанную с ним рамку до тех пор, пока горизонтальная ось симметрии рамки не совпадет с направлением на радиостанцию. При этом э.д.с., наведенная в рамке, равна нулю и напряжение, заставляющее вращаться якорь двигателя, также будет равно нулю.

Вращение рамки через механическую систему передается оси сельсин-датчика. Сельсин-указатели повторяют вращение оси сельсин-датчика и показывают угол между продольной осью самолета и направлением на радиостанцию.

Ниже рассматривается работа рамочной антенны, коммутатора фазы и управляющей схемы радиоконпаса.

Рамочная антенна

Рассмотрим свойства элементарной рамочной антенны, состоящей из одного витка, хотя все выводы данного раздела могут быть распространены и на реальную рамочную антенну, имеющую большое количество витков и сложную конструкцию.

На рис. 12.2а изображена рамка и радиостанция, причем оба стержня рамки А и В и радиостанция лежат в одной плоскости. Рамка находится в электромагнитном поле, создаваемом радиостанцией. Считаем, что электромагнитное поле имеет вертикальную поляризацию, т.е. что его электрическая составляющая (Е) — вертикальна, а магнитная (Н) — горизонтальна. Вектор \vec{u} обозначает направление распространения волны. Поскольку электрическая составляющая поля параллельна вертикальным стержням рамки А и В, то только в них будет наводиться Э.д.с. Фронт волны, двигаясь от радиостанции к рамке, сначала достигает стержня А, а потом стержня В. В соответствии с этим между Э.д.с., наведенными в стерж-

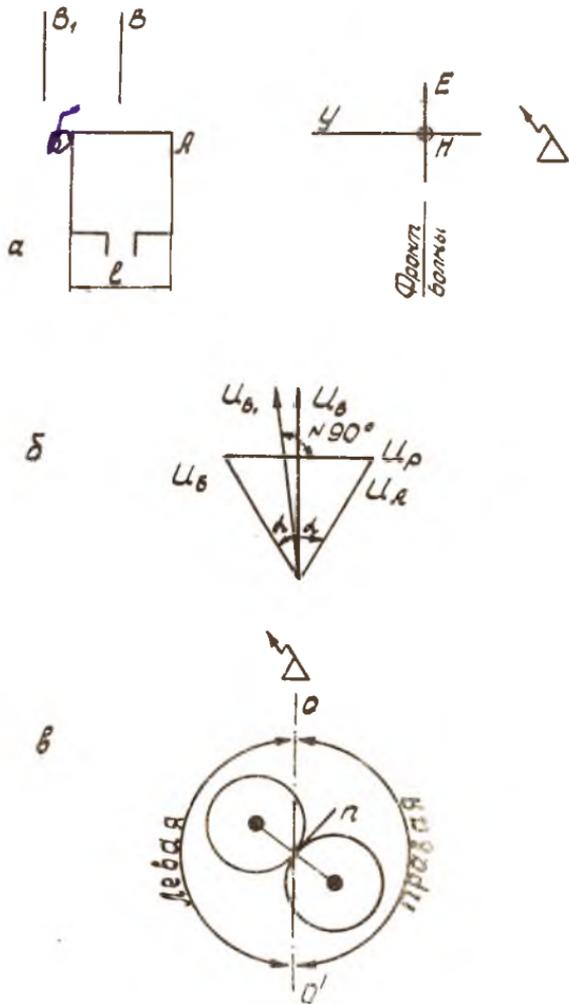


Рис. 54.2. Рамочная антенна : а - рамка радиоконпаса и радиостанция; б - векторная диаграмма напряжений в рамочной и ненаправленной антеннах; в - векторная диаграмма рамочной антенны в горизонтальной плоскости

ных А и В, будет существовать сдвиг по фазе. Величина сдвига фаз тем больше, чем больше размер рамки l и чем меньше длина волны.

Ранее указывалось, что радиокompас, кроме рамочной антенны, имеет ненаправленную антенну, на рис. 54.2а она обозначена буквой В и расположена по вертикальной оси симметрии рамочной антенны.

На рис. 54.2б построена векторная диаграмма напряжений в рамочной и ненаправленной антенне. Вертикальный вектор изображает максимальное значение э.д.с. в стержне В; э.д.с. в стержне А рамки опережает по фазе э.д.с. в стержне В на угол α , определяемый (при $\lambda = \text{const}$) величиной φ_2 . Вектор \bar{U}_A , изображающий максимальное значение э.д.с. в стержне А, отложен вправо от \bar{U}_B под углом α , вектор \bar{U}_C , изображающий максимальное значение э.д.с. в стержне В, отложен влево от \bar{U}_B под углом α .

Вектор U_p изображает результирующую э.д.с. рамки. Так как длина вертикальных стержней рамки одинакова, то максимальные значения э.д.с. в них будут также одинаковы, т.е. треугольник векторов $\bar{U}_A; \bar{U}_B; \bar{U}_p$ — равнобедренный. Следовательно, между э.д.с. в рамочной и ненаправленной антеннах существует сдвиг фаз, равный 90° .

Однако на самолете ненаправленная антенна не может быть расположена по оси симметрии рамки. На рис. 54.2а буквой В₁ обозначено реальное расположение ненаправленной антенны относительно рамки. На рис. 54.2б вектором U_{B_1} изображено максимальное значение э.д.с. для реального случая расположения рамочной и ненаправленной антенн.

Радиокompас АРК-5 работает в диапазоне волн, измеряемых сотнями и тысячами метров. Если учесть, что расстояние между местами реального и идеального расположения антенны не может превышать несколько метров, отсюда следует, что между э.д.с. в реально и идеально расположенных ненаправленных антеннах может существовать сдвиг по фазе, измеряемый долями градуса или единицами градусов. Из сказанного следует, что э.д.с. в реально расположенной ненаправленной антенне сдвинута по фазе относительно э.д.с. в рамке на угол, близкий к 90° . Для простоты изложения можно считать, что сдвиг по фазе между указанными э.д.с. равен 90° .

На рис. 54.2в представлена векторная диаграмма рамочной антенны в горизонтальной плоскости, где рамочная антенна изображена в виде сверху. Если рамка стрелкой П ("Перед") ориентирована точно на станцию или в противоположную сторону, э.д.с. в рамочной антенне равна

нулю. Максимальное значение э.д.с. в рамочной антенне возникает при отклонении стрелки П от указанных направлений на 90° . Фаза э.д.с. в рамке зависит от положения рамки относительно оси $0-0^I$ и может меняться на 180° . В течение всего времени, пока рамка надписью "Перед" находится в пределах одной полуокружности (правой или левой), фаза э.д.с. в рамке остается неизменной. При переходе оси симметрии рамки из одной полуокружности в другую э.д.с. в рамке проходит через нуль, а фаза ее в этот момент изменяется на 180° .

Коммутатор фазы

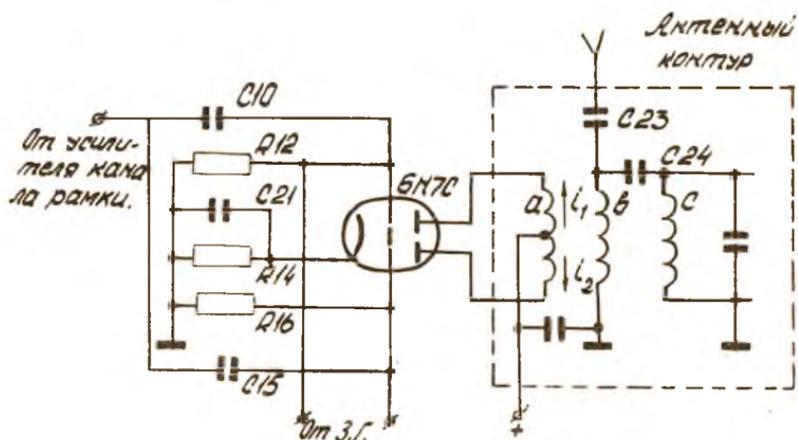


Рис. 54.3. Упрощенная схема коммутатора фазы и антенного контура радиокompаса

На рис. 54.3 изображена упрощенная схема коммутатора фазы и антенного контура радиокompаса. Коммутатор фазы собран на двойном триоде 6N7C. Между его анодами включена анодная катушка "а" балансного модулятора, имеющая отвод от средней точки, через который на аноды подается постоянное напряжение.

На сетки коммутатора фазы через два одинаковых конденсатора С10 и С15 подается с одинаковой фазой напряжение высокой частоты, принятое рамкой и усиленное усилителем рамки. На эти сетки от местного звукового генератора (З.Г.) подается напряжение низкой частоты (примерно 50 гц). Благодаря этому каждая триодная часть лампы коммутатора обладает переменным усилением, изменяющимся с частотой, равной частоте звукового генератора. Так как средняя точка катушки трансформатора, от которой напряжение низкой частоты подается на сетки ламп, заземлена по переменному напряжению через конденсатор, то переменное напряжение на сетках ламп оказывается в противофазе. Таким образом, когда усиление одного триода возрастает, усиление другого триода уменьшается.

Пусть в рассматриваемый момент времени усиление верхнего триода больше, чем нижнего. В этом случае ток высокой частоты i_1 больше, чем i_2 , и результирующий ток, протекающий через анодную катушку, равный $i_1 - i_2$, имеет фазу тока i_1 (условно направлен вверх). Спустя половину периода работы звукового генератора триоды меняются ролями, и результирующий ток, протекающий через анодную катушку, будет направлен вниз. Таким образом, два раза за каждый период звуковой частоты будет меняться на противоположное направление результирующего тока в анодной катушке.

Анодная катушка "а" имеет связь с сеточной катушкой "с" антенного контура и при протекании тока через катушку "а" в сеточной катушке "с" будет наводиться э.д.с. Эта э.д.с. также будет менять свою фазу на 180° дважды за каждый период работы звукового генератора.

На рис. 54.4 изображена кривая напряжения U_{C_1} на сеточном контуре "с" от э.д.с., наведенной в рамке и прошедшей через балансный модулятор. Этот график может быть отнесен к случаю, когда рамка отклонена, например, вправо от направления на пеленгуемую станцию. Если рамку отклонить влево от направления на радиостанцию, то фаза э.д.с. в рамке изменится на 180° и соответственно изменится на 180° фазы э.д.с. на всех участках тракта рамка - сеточная катушка антенного контура, т.е. кривая напряжения на сеточном контуре изобразилась бы графиком на рис. 54.4 (U_{C_2}).

В антенном контуре, кроме э.д.с. от рамки, через конденсаторы C_{23} , C_{24} и катушку связи "в" (рис. 54.3) наводится э.д.с. от направленной антенны. В сеточном контуре происходит сложение э.д.с. от рамки и ненаправленной антенны.

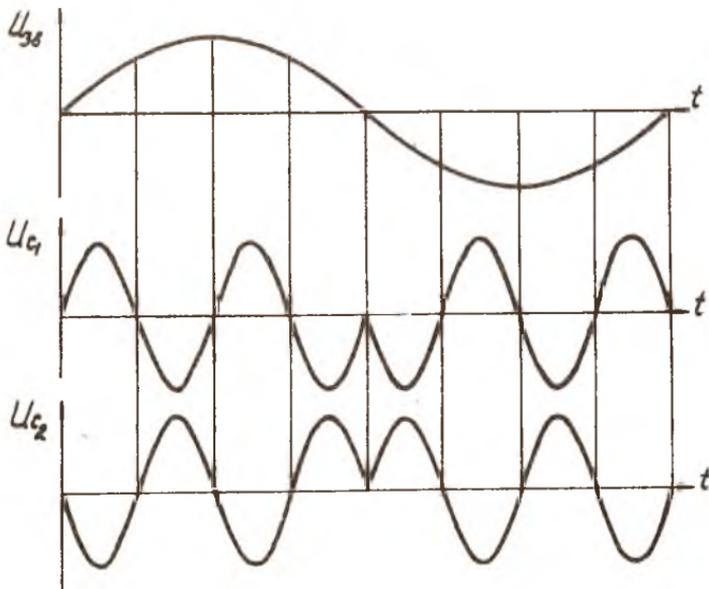


Рис. 54.4. Кривые напряжений на сеточном контуре при отклонении рамки вправо (U_{c_1}) и влево (U_{c_2}) от направления на пеленгуемый объект

Для нормальной работы радиоконписа необходимо, чтобы две складывающиеся э.д.с. были либо в фазе, либо в противофазе. Выполнение этого соотношения достигается путем введения в канал сигнала рамки специального фазирующего контура.

На рис. 54.5 показано сложение указанных э.д.с. для двух случаев: рамка отклонилась влево и рамка отклонилась вправо от направления на радиостанцию.

Как показывают приведенные графики, в результате сложения сигнала от рамки с сигналом от ненаправленной антенны получается высокочастотный сигнал, промодулированный частотой звукового генератора. Фаза сгибающей амплитудно-модулированного сигнала совпадает с фазой э.д.с. звукового генератора, когда рамка отклонилась влево от направления на радиостанцию.

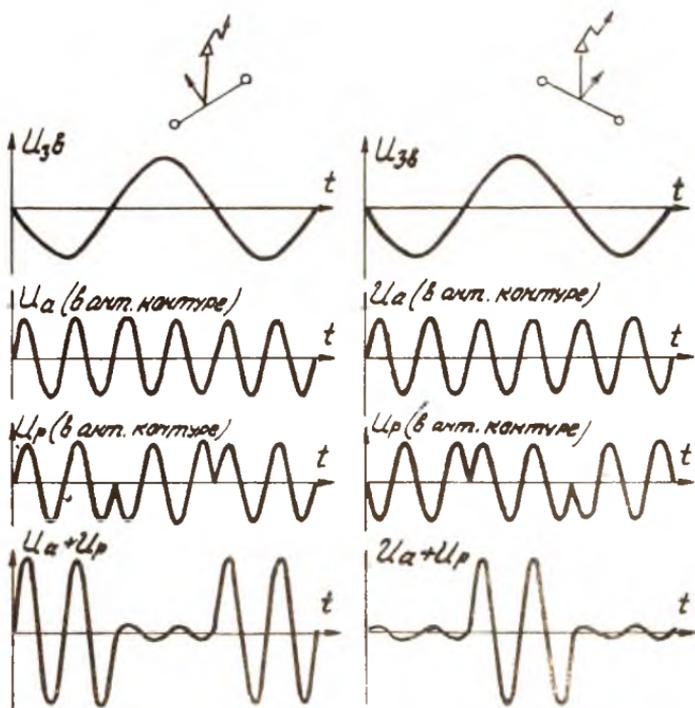


Рис. 54.5. Суммарные (результатирующие) кривые напряжений при отклонении рамки вправо и влево от направления на радио

Чем ближе к 90° угол между направлением на радиостанцию и ось симметрии рамки, т.е. чем больше э.д.с. в рамке, тем больше глубина модуляции результирующего высокочастотного сигнала. Если ось симметрии рамки совпадает с направлением на радиостанцию, то э.д.с. в рамке равна нулю и глубина модуляции в антенном контуре также равна нулю.

Если радиостанция излучает модулированные сигналы, то в канале приемника наряду с модуляцией, появляющейся в результате работы звукового генератора и коммутатора фазы, будет существовать модуляция, которую имела несущая частота радиостанции. Однако эти дополнительные частоты модуляции на работе компаса не скажутся, так как управляющая схема радиокompаса реагирует только на переменное напряжение, частота которого точно равна частоте местного звукового генератора.

Э.д.с., полученная в результате сложения сигнала от рамки с сигналом от ненаправленной антенны, усиливается супергетеродинным приемником, детектируется, усиливается по низкой частоте и подается на управляющую схему радиокompаса (рис. 54.6).

Управляющая схема состоит из каскада, питающего релейные лампы, собранного на лампе Л13 (6П3С); релейных ламп Л11 и Л12 (6П3С); дросселей насыщения Т-76-1 и Т-76-2; моторчика типа ДРК-627; мостиковой схемы.

Работа каскада, питающего релейные лампы: на сетку лампы Л13 от местного звукового генератора подается напряжение 50 гц. Режим работы лампы Л13 выбран таким, чтобы лампа была заперта, когда на сетке ее отрицательная полуволна напряжения частоты 50 гц, и отперта, когда на сетке ее положительная полуволна.

Нагрузкой лампы служит резистор R_{60} включенный в ее катодную цепь. Напряжение на резисторе R_{60} имеет пульсирующий характер; частота пульсации равна частоте звукового генератора. За счет смешивания, создаваемого сеточными токами на резисторе $R_{61}=0,51$ мом, импульсы напряжения на нагрузке R_{60} имеют форму, близкую к синусоиде со срезанной верхушкой.

Работа релейных ламп: пульсирующее напряжение, полученное на резисторе 60 и независимое от положения рамки относительно радиостанции, через первичные обмотки дросселей насыщения Т-76-1 и Т-76-2 подается в одинаковой фазе на аноды релейных ламп.

На сетки релейных ламп подается переменное напряжения от УНЧ, полученное в результате детектирования амплитудно-модулированного сигнала, имевшегося в канале приемника. Частота этого напряжения равна частоте звукового генератора. Так как средняя точка вторичной обмотки трансформатора Т-87 заземлена через источник смещения, сигналы на сетках ламп оказываются в противофазе.

Ранее указывалось, что фаза отгибающей амплитудно-модулированного сигнала в канале приемника изменяется на 180° при переходе рамки через положение нулевого приема. Так как при этом меняется и фаза напряжения низкой частоты, полученного в результате детектирования, то напряжение на сетке каждой релейной лампы будет изменять свою фазу на 180° при переходе рамки через положение нулевого приема.

Для получения наибольшей угловой чувствительности компаса необходимо, чтобы напряжения на анодах и сетках релейных ламп были либо в фазе, либо в противофазе. Для обеспечения этого в аппарате имеются специальные фазирующие ячейки.

Релейные лампы работают следующим образом:

а) если ось симметрии рамки совпадает с направлением на радиостанцию (переменное напряжение на сетках обеих ламп равно нулю), то через обе лампы текут небольшие, но совершенно одинаковые токи;

б) если рамка отклонилась от положения нулевого приема, то на сетки релейных ламп подается переменное напряжение, совпадающее по фазе с напряжением на аноде для одной лампы, и противоположное по фазе с напряжением на аноде для другой лампы, и через лампы, а следовательно, и через управляющие обмотки дросселей насыщения Т-76-І и Т-76-ІІ, текут различные по величине токи.

Большой ток течет через ту лампу, напряжения на аноде и сетке которой совпадают по фазе. Таким образом, если рамка отклонилась вправо, то большой ток течет через одну лампу, если рамка отклонилась влево - большой ток течет через другую лампу.

Конденсаторы С99 и С102 установлены для сглаживания пульсирующего тока через управляющие обмотки дросселей напряжения.

Работа дросселей насыщения, представляющих собой простейшие магнитные усилители, заключается в том, что при изменении силы постоянного тока в первичной (управляющей) обмотке, меняется индуктивность, а, следовательно, сопротивление переменному току вторичной (рабочей) обмотки. В зависимости от того, в какую сторону от положения нулевого приема отклонилась рамка, индуктивность вторичной обмотки одного из дросселей будет больше, другого-меньше. При точной настройке рамки на радиостанцию эти индуктивности равны и максимальны (последнее достигается выбором величины начального смещения релейных ламп - Е_д).

Вторичные обмотки дросселей насыщения и две половины вторичной обмотки (6-7 и 7-8) силового трансформатора Т-81 образуют мостиковую схему. Нагрузкой схемы, включенной в диагональ моста, служит управляющая обмотка двухфазного асинхронного моторчика ДРК-627 конденсаторного типа.

Краткое описание принципиальной схемы и устройства отдельных частей радиокompаса

Радиокompас ДРК-5 может быть использован в трех режимах (родах) работы: "компас", "рамка" и "антенна". Поэтому в зависимости от рода работы некоторые элементы схемы либо имеют различное назначение, либо совсем выключаются из работы (с помощью соответствующих реле).

Принципиальная схема радиокompаса может быть разбита на следующие участки (рис. 54.7):

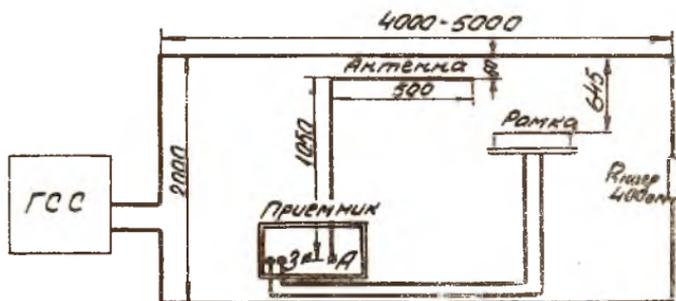


Рис. 54.7. Блок-схема лабораторной установки

I. Канал рамки - предназначен для усиления напряжения высокой частоты, наводимого в рамочной антенне, и обеспечения необходимых фазовых соотношений э.д.с., наводимых в рамочной и ненаправленной антеннах. Состоит из контура рамочной антенны (К-55), усилителя, выполненного на лампе Л₁(6К7), и нагрузки усилителя - фазировочного контура К-192(С12, L 185). Усилитель рамки работает только в режимах "компас" и "рамка".

2. Звуковой генератор - выполнен на лампе $L_2(6H7C)$ по двухтактной схеме индуктивной трехточки с последовательным питанием анодной цепи. Звуковой генератор работает только в режиме "компас".

3. Коммутатор фазы выполнен на лампе $L_3(6H7C)$ и работает по своему прямому назначению только в режиме "компас", в режиме "рамка" он используется в качестве усилителя канала рамки, а в режиме "антенна" выключается из работы.

4. Антенный контур К-56 предназначен для: модуляции напряжения от рамочной антенны; обеспечения высокой избирательности приемника по зеркальному каналу.

5. Канал высокой частоты - состоит из двух резонансных каскадов УВЧ, выполненных на лампах L_4 и $L_5(6K7)$. Особенностью их является то, что в катодные цепи ламп L_4 и L_5 включены фильтры-пробки $L\ 180-C30$ и $L\ 181-C44$, настроенные одна на 108 кГц, другая на 112 кГц, и создающие глубокую отрицательную обратную связь на этих частотах. Этим обеспечивается высокая избирательность приемника по промежуточной частоте.

6. Гетеродин - выполнен на лампе $L_6(6K7)$ по схеме с электронной связью. Частота колебаний гетеродина на всем диапазоне частот больше частоты принимаемого сигнала на 110 кГц.

7. Канал промежуточной частоты - состоит из преобразователя (I-го детектора) и усилителя промежуточной частоты. Преобразователь выполнен на лампе $L_7(6K7)$ по схеме односеточного преобразования. К управляющей лампы L_7 подводятся: напряжение высокой частоты от контура П УВЧ (К-576) через конденсатор С65; напряжение высокой частоты от гетеродина через конденсатор С66.

В качестве анодной нагрузки лампы используется контур "ГФЧ" (К-189), настроенный на 110 кГц. Усилитель промежуточной частоты выполнен на лампе $L_8(6K7)$. Нагрузкой его является "ГФЧ"(К-190).

8. Детектор (2-й детектор) выполнен на комбинированной лампе $L_9(6B8C)$, в которой осуществляется: детектирование сигнала на левом диоде; детектирование напряжения АРЧ на правом диоде; предварительное усиление низкой частоты.

В цепи детектора АРЧ установлен стрелочный индикатор настройки.

9. Выходной усилитель компасного качала выполнен на лампе $L10(6B8C)$. В лампе используется лишь пентодная часть. В качестве анодной нагрузки включен трансформатор Т-87.

10. Усилитель телефонного выхода является усилителем мощности звукового канала. В усилителе используется лампа Д₁₄(6П6С).

11. Управляющая схема.

12. Система электропитания радиокompаса.

Электропитание радиокompаса осуществляется от сети постоянного тока напряжением 27,5 в и от сети переменного тока напряжением 115 в с частотой 400 гц. Постоянное напряжение используется для питания: реле 1а, 1б, 2, 3, 4, 5, 6; моторчика механизма переключения диапазонов; управляющей обмотки моторчика, вращающего рамку с целью создания в схеме электрического торможения.

Переменное напряжение используется для питания: выпрямителя, выполненного на лампе Д₁₅(5Ц4М); сельсинов; моторчика вращения рамки; моторчика вращения рамки при ручном управлении; управляющей схемы; накала всех ламп радиокompаса; индикаторных ламп и ламп подсветки шкал.

Конструктивно радиокompас выполнен в виде отдельных блоков.

Блок приемника помещен в кожух, который укреплен на подрамнике при помощи 4-х амортизаторов в нижней части установки. Управление приемником осуществляется дистанционно со щитка управления.

На переднюю панель приемника выведены:

штуцер для соединения гибкого валика настройки приемника;

штепсельный разъем (А-1) для соединения приемника со щитком управления;

штепсельный разъем (А-2) для подключения высокочастотного кабеля рамки;

штепсельный разъем (А-4) для подключения кабеля, соединяющего приемник с рамкой;

клемма "земля-масса" для соединения приемника с корпусом самолета;

головка винта крепления шасси приемника с кожухом (с надписью "Затвор");

клемма "Экран" для подсоединения противовеса (на металлическом самолете противовесом служит сам фюзеляж самолета, и эта клемма замыкается на клемму "земля-масса");

клемма "Антенна" для присоединения ввода антенны;

регулировочный винт "ОТЗ.КОМП". для регулировки чувствительности устройства автоматического управления вращением рамки;

регулирующий винт "УСИЛ.ПРМ." для регулировки порога чувствительности приемника.

Щиток управления предусматривает полное дистанционное управление радиоконпасом, которое осуществляется или непосредственным переключением цепей в щитке или через реле, установленные в приемнике, причем в основном режиме - "компас" - необходимо включение цепей, определяющих этот режим, обеспечивается при отсутствии тока в обмотках цепи реле.

Все органы управления размещены на передней панели щитка и дают возможность производить следующие операции:

1) переключение на прием модулированных или немодулированных сигналов тумблером "ТЛФ-ТЛГ";

2) переключение видов работ:

в положении "комп", "Ант" или "РАМКА" подается питание на установку; в положении "ВЫКЛ" радиоконпас обесточивается, в положении "КОМП" к приемнику подключается рамочная антенна и включается устройство автоматического управления ее вращением,

в положении "АНТ" от приемника отключается рамка и система автоматики и остается подключенной ненаправленная антенна,

в положении "РАМКА" к приемнику подключается рамка, цепь ручного управления ее вращением и отключается ненаправленная антенна;

3) настройку приемника ручкой "Настройка", вращение ручки передается через верньерный механизм на шкалу настройки и через гибкий валик на блок конденсаторов переменной емкости приемника. Момент настройки фиксируется по максимуму показаний "индикатора настройки";

4) переключение поддиапазонов внутри приемника с помощью электро-механического привода; при переключении замыкаются контакты, соответствующие данному поддиапазону и подается питание на мотор привода ДК-1А;

5) ручное управление вращением рамки (быстрое и медленное) ручкой с надписью "РАМКА Л-П."; при управлении замыкаются контакты переключателя, с которых подводится питание на электромотор рамки ДРК-627;

6) регулировку громкости ручкой "громкость";

7) переключение управления с одного щитка на другой (для двух-щиткового варианта компаса) с помощью кнопки "Управление";

8) изменять чувствительность индикатора настройки с помощью переменного шунта.

В состав механизма передачи вращения от рамки сельсин-датчику входит так называемый компенсатор радиодeviации, необходимым для повышения точности работы радиокompаса.

При описании принципа действия компаса указывалось, что рамка при настройке на сигнал радиостанции устанавливается продольной осью симметрии на радиостанцию.

Такое положение имеется только тогда, когда вблизи рамки нет проводящих предметов. В реальных условиях работы рамка радиокompаса находится вблизи больших металлических масс фюзеляжа самолета, вызывающих искажение (девиацию) электромагнитного поля вблизи самолета, что приводит к ошибкам пеленга. На некоторых типах самолетов эти ошибки достигают 20° .

Указанная ошибка пеленга практически не зависит от частоты, на которой работает радиостанция и от напряженности поля, т.е. от удаленности радиостанции. Ошибка пеленга от девиации электромагнитного поля зависит только от курсового угла самолета относительно радиостанции. Это свойство девиационной ошибки радиокompаса дает возможность скомпенсировать ее.

Радиодeviационная ошибка компаса определяется экспериментально для каждого типа самолета и задается в виде графика. Величина, обратная по знаку ошибке, называется поправкой на радиодeviацию. Имея график поправок, можно вносить коррекцию в показания радиокompаса, определяя истинный курсовой угол (КУР) радиостанции:

$$\text{КУР} = \text{ОРК} \pm \text{Р},$$

где ОРК—отсчет радиокompаса,

Р— поправка на девиацию.

В радиокompасе АРК-5 введение поправки производится автоматически специальным устройством — компенсатором радиодeviации, так что на указателе курса получается непосредственный отсчет истинного угла радиостанции (КУР).

Содержание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться по настоящей инструкции и по макетам установки с устройством и работой автоматического радиокompаса АРК-5.

2. Произвести проверку основных параметров радиокompаса:

а) чувствительность приемника радиокompаса АРК-5 - измеряется напряжением, которое нужно подать на вход приемника (на клемму "АНТ"), чтобы при определенных, указанных ниже положениях регуляторов чувствительности, громкости напряжение на выходе приемника, нагруженном одной парой телефонов с сопротивлением 400 ом, было равно 15 в.

Чувствительность приемника радиокompаса проверяется в положении переключателя рода работы "АНТ" на крайних и средних точках каждого поддиапазона:

на 1-м поддиапазоне - на частотах 150, 250, 310 кгц,

на 2-ом поддиапазоне - на частотах 310, 450, 640 кгц,

на 3-м поддиапазоне - на частотах 640, 900, 1300 кгц.

Для измерения чувствительности приемника радиокompаса необходимо: поставить переключатель рода работы в положение "АНТ"; регулятором "громкость" установить максимальную громкость; замкнуть клемму "АНТ" с клеммой "Земля" на передней панели приемника;

переключатель "ТЛФ-ТЛГ" на щитке управления установить в положение "ТЛФ";

устанавливая переключатель поддиапазонов поочередно в положение I, II, III и вращая ручку "Настройка", определить по выходному вольтметру, подключенному параллельно телефонам, точку с максимальными шумами;

в точке с максимальными шумами установить регулятор "УСИЛ.ПРМ" в такое положение, при котором уровень собственных шумов на выходе приемника не превышает 20 в; при этом положении регулятора "УСИЛ.ПРМ" проверяется чувствительность радиокompаса на всех поддиапазонах;

установить на приемнике частоту 150 кгц;

при замкнутом на "Землю" входе приемника установить регулятор "Громкость" в такое положение, чтобы величина собственных шумов на выходе была равна 2в; в случае возрастания шумов при замкновении входа, установка шумов величиной 2в производится при незамкнутом в приемнике (напряжение шумов 2в при замкнутом входе приемника устанавливается регулятором громкости для каждой точки шкалы, на которой производится измерение чувствительности);

отсоединить клемму "АНТ" от клеммы "Земля";

через эквивалент антенны ($C_{\text{посл.}} = 50$ пф, $C_{\text{вар.}} = 20$ пф) на клемму "АНТ" подать от ГСС сигнал с частотой 150 кгц, модулированный

частотой 400 гц, с глубиной модуляции 30% и, меняя частоту этого сигнала около 150 кгц, добиться максимального показания выходного прибора; величина сигнала, при котором напряжение на выходе приемника равно 15 в, будет являться чувствительностью приемника в ТЛФ режиме;

переключатель "ТЛФ-ТЛГ" перевести в положение "ТЛГ", выключить модуляцию сигнала на ГСС и по вышеизложенной методике определить чувствительность приемника в "ТЛГ" режиме;

построить зависимость изменения чувствительности приемника по диапазону для "ТЛФ" и "ТЛГ" режимов.

б) Избирательность приемника по промежуточной частоте. Установить переключатель рода работы в положение "АНТ", переключатель "ТЛФ-ТЛГ" - в положение "ТЛФ";

настроить приемник на частоту 150 кгц;

подать от ГСС через эквивалент антенны сигнал ($f = 110$ кгц, $F_m = 400$ гц, $m = 30\%$) величиной 1 в и, меняя частоту ГСС около 110 кгц, добиться максимального показания выходного прибора;

регулятором громкости установить на выходе приемника напряжение 15 в;

подать от ГСС через эквивалент антенны на вход приемника сигнал частотой 150 кгц и, изменяя частоту этого сигнала около 150 кгц, получить максимальное показание выходного прибора;

не изменяя настройки приемника и положение регулятора громкости, подать от ГСС такое напряжение, чтобы на выходе было 15 в;

отношение входного напряжения 1в к входному напряжению на частоте 150 кгц определяет избирательность приемника по промежуточной частоте.

в) Избирательность приемника по зеркальному каналу: установить переключатель рода работ в положение "АНТ", переключатель "ТЛФ-ТЛГ" - в положение "ТЛФ";

установить на приемнике частоту 1300 кгц;

подать от ГСС через эквивалент антенны на вход приемника сигнал величиной 10 мкв ($f = 1300$ кгц, $F_m = 400$ гц, $m = 30\%$), и, меняя частоту этого сигнала около 1300 кгц, добиться максимального показания выходного прибора;

регулятором громкости установить напряжение на выходе 15 в;

перестроить частоту ГСС на частоту зеркального канала 1520 кгц,

увеличить величину подаваемого сигнала в 5000 ± 10000 раз и подстроить частоту ГСС до получения максимального напряжения на выходе приемника;

не меняя настройки приемника и положения регулятора громкости подать от ГСС такое напряжение, чтобы на выходе было 15 в; отношение этого напряжения ГСС к величине 10 мкв определяет избирательность приемника по зеркальному каналу.

г) Погрешность пеленга от изменения напряженности поля от 100 до 1 мв/м.

Истинным пеленгом называется пеленг при напряженности поля 100 мв/м, устанавливаемый для каждой проверяемой частоты.

Погрешность пеленга определяется с помощью длинной линии с данными, приведенными на рис. 54.7. С помощью длинной линии создается определенная напряженность электромагнитного поля, необходимая для проведения измерений. Средний коэффициент пересчета, равный отношению напряжения, подаваемого в линию от ГСС к напряженности поля в месте расположения рамки, для данной линии равен 5. Рамка должна располагаться в плоскости длинной линии.

Для определения погрешности от изменения напряженности поля необходимо:

поставить переключатель рода работы в положение "КОМП";

подать от ГСС в линию сигнал 0,5 в (напряженность $E=0,1$ в/м) частотой 150 кГц; снижение антенны подсоединить к клемме "АНТ";

настроить приемник по индикатору настройки на частоту 150 кГц, при этом рамка автоматически должна установиться в положение нулевого приема;

совместить со стрелкой указателя нуль шкалы и в дальнейшем с места ее не сдвигать;

подать от ГСС в линию сигнал 0,5 в частотой 310 кГц; настроить радиокомпас на эту частоту по индикатору настройки;

определить истинный пеленг на частоте 310 кГц, т.е. уход стрелки указателя пеленга от нулевого положения (истинного пеленга на частоте 150 кГц); таким же образом определить истинный пеленг на всех крайних и средних точках трех поддиапазонов; найти среднее арифметическое пеленгов для всех точек;

вновь подать от ГСС в линию сигнал 0,5 в с частотой 150 кГц и настроить радиокомпас на эту частоту; уменьшить сигнал, до 5 мв ($E=1$ мв/м) и определить погрешность пеленга, т.е. уход стрелки указателя относительно средней величины истинных пеленгов;

таким же образом определить погрешность пеленга при изменении напряженности поля от 0,1 в/м до 1 мв/м на всех крайних и средних точках трех поддиапазонов; погрешность пеленга на любой частоте диапазона при напряженности поля от 0,1 в/м до 1 мв/м должна быть не более $\pm 3^{\circ}$.

д) П р е д е л ь н а я ч у в с т в и т е л ь н о с т ь радиокompаса по пеленгу и по приво-ду. По пеленгу предельная чувствительность измеряется минимальной напряженностью поля, которую нужно создать в линии, чтобы стрелка указателя пеленга возвратилась к положению истинного пеленга с отклонением не более $\pm 3^{\circ}$; при этом допускаются колебания стрелки указателя пеленга около положения пеленга $\pm 2^{\circ}$. Предельная чувстви-тельность радиокompаса по пеленгу должна быть не более 180 мкв/м.

Чувствительность радиокompаса по приводу измеряется минимальной напряженностью поля, которую нужно создать в линии, чтобы стрелка указателя пеленга возвращалась к положению истинного пеленга с откло-нением не более $\pm 15^{\circ}$; при этом допускаются колебания стрелки указателя пеленга около положения пеленга $\pm 3^{\circ}$.

Предельная чувствительность радиокompаса по пеленгу и по приводу определяется на крайних и средних точках каждого поддиапазона. Изме-рение производится следующим образом:

поставить переключатель рода работы в положение "КОМП";

подать от ГСС в линию сигнал 0,5 в ($E=0,1$ в/м) частотой 150 кгц и настроить радиокompас на эту частоту; заметить показания указателя пеленга; перевести переключатель рода работы в положение "РАМКА"; ручкой ручного управления вращением рамки (переключатель "РАМКА Д-П") развернуть рамку вправо или влево на 160° от положения истинного пеленга; уменьшить сигнал, подаваемый в линию, до 900 мкв ($E=180$ мкв/м);

перевести переключатель рода работы в положение "КОМП"; стрелка указателя должна при этом вернуться к положению пеленга с отклонением не более $\pm 3^{\circ}$ и колебанием стрелки не более $\pm 2^{\circ}$;

по данной методике определить и предельную чувствительность по приводу, с той лишь разницей, что вместо 900 мкв в линию от ГСС под-дается сигнал 250 мкв ($E=50$ мкв/м); при этом стрелка указателя должна вернуться к положению пеленга с отклонением не более $\pm 15^{\circ}$ и колебаниями стрелки не более $\pm 3^{\circ}$. Аналогичные измерения производятся на других частотах.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Блок-схему радиокompаса АРК-5.
2. График изменения чувствительности приемника радиокompаса по диапазону для "ТДФ" и "ТДГ" режимов.
3. Измеренные значения избирательности, погрешности пеленга и предельной чувствительности радиокompаса по пеленгу и по приводу.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.О.Бужнер и др. Регулировка радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.
2. П.П.Месяцев. Регулировка и испытание радиоаппаратуры. Госэнергоиздат, 1960.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 55

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ПО РЕГУЛИРОВКЕ ЛИНЕЙКИ УПЧ РЛС

Целью лабораторной работы является приобретение студентами практических навыков регулировки типового блока РЛС - линейки УПЧ, выявление зависимости между точностью изготовления основных элементов УПЧ и его параметрами.

Краткие теоретические сведения

Настраиваемая линейка УПЧ (рис. 55.1) относится к типовому блоку РЛС и характеризуется большой шириной полосы пропускания и значительным коэффициентом усиления.

Данная линейка УПЧ настраивается на среднюю частоту 17,5 мГц при ширине полосы пропускания не менее 3 мГц. Коэффициент усиления не менее 250. Линейка УПЧ работает на расстроенных парах контуров.

В каждом каскаде контуры сильно связаны. Изменения частоты контуров производится общим сердечником.

В целях уменьшения номенклатуры деталей конструкция всех каскадов выбрана одинаковой. В этом случае изменение частоты контуров достигается лишь за счет изменения индуктивности сердечниками.

Источником сигналов для настройки служит СТ-1 или ГСС-6. Индикатором выходного сигнала служит миллиамперметр постоянного тока типа МП-2.

Отклонение величин элементов от их номинальных значений, являющееся неизбежным в условиях производстве радиодеталей, приводит к

трудоемкой операции-настройке радиоаппаратуры. На настройку затрачивается 20-30% общего рабочего времени, необходимого для изготовления радиоаппаратуры.

Изучение влияния разброса параметров деталей схемы на ее характеристики позволяет наметить пути рационального выбора электрических допусков на элементы радиосхемы, при которых можно было бы свести к минимуму или вовсе устранить операции настройки.

Погрешность изготовления отдельных деталей схемы (рис.13.2)

в разной степени влияет на выходные параметры усилителя:

Погрешности изготовления ламп приводят к изменению крутизны характеристики S , что вызывает заметное изменение коэффициента усиления УПЧ. Для усилителя, состоящего из нескольких каскадов, разброс емкости ламп является причиной изменения полосы пропускания.

Погрешности изготовления индуктивности и емкости контура практически можно скомпенсировать с весьма большой точностью применением подстроечных элементов, поэтому их влия-

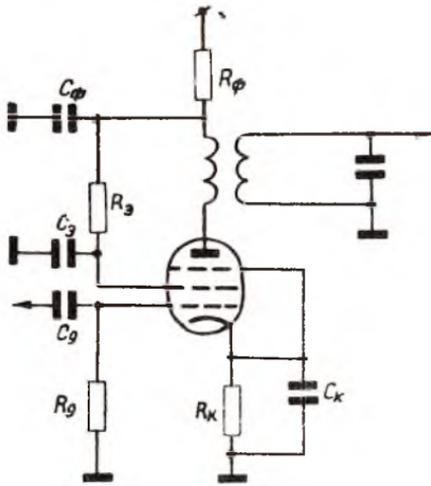


Рис.55.2. Классический каскад линейки УПЧ РДС

ние на выходные параметры усилителя незначительно.

Погрешности изготовления сопротивления R_ϕ мало влияют на характеристики каскада, так как в определенных пределах параметры пентода мало зависят от анодного напряжения:

$$\Delta i_a = S_1 \cdot \Delta u_{q_1} + S_2 \cdot \Delta u_{q_2} + S_3 \cdot \Delta u_{q_3} + \frac{1}{R_i} \cdot \Delta u_a$$

Для пентода $\frac{1}{R_i} = D \approx 10^{-3} \text{ ма/в}$, в то время как

$$S_1 \approx 5 \text{ ма/в}; S_2 \approx 0,1 \text{ ма/в}; S_3 = 0,005 \text{ ма/в},$$

т.е. влияние анодного примерно в 1000 раз меньше сеточного.

Погрешность изготовления сопротивления R_3 влияет на коэффициент усиления в большей степени, чем фильтр. анодного напряжения. Изменение R_3 на $\pm 10\%$ изменяет усиление каскада на 2-3%.

Емкости конденсаторов C_3 , C_3 , C_ϕ , C_K выбираются из условия, что их сопротивление току высокой частоты значительно меньше соответствующих сопротивлений R_3 ; R_3 ; R_ϕ и R_K т.е.

$$C \gg \frac{100}{2\pi f_H R}$$

Очевидно, что влияние производственных погрешностей изготовления этих емкостей на параметры усилителя весьма незначительно.

Погрешность изготовления сопротивления R_K определяет положение рабочей точки на характеристике лампы.

Зависимость коэффициента усиления от погрешности изготовления можно найти из сеточной характеристики лампы и зависимости крутизны характеристики лампы от сеточного смещения (рис. 13.3).

По сеточной характеристике, соответствующей данному анодному напряжению, и по величинам сопротивлений в катодe (R_K) находятся смещения и соответствующие им значения крутизны. Затем находится изменение коэффициента усиления по формуле:

$$\frac{\Delta K}{K} = n \cdot \frac{\Delta S}{S}, \quad (45)$$

где

n - число каскадов.

Изменение сопротивлений R_K на $\pm 20\%$ меняет усиление тракта на $10 \pm 20\%$.

Задание на лабораторную работу

1. Произвести настройку линейки УПЧ при номинальных значениях R_K
2. Снять частотную характеристику, определить полосу пропускания и коэффициент усиления. Снять частотные характеристики при изменении R_K на $\pm 20\%$.

3. Экспериментально установить влияние погрешности изготовления сопротивления R_K на коэффициент усиления УПЧ.

4. Дать расчет изменения коэффициента усиления УПЧ при отклонении величины R_K от номинальной.

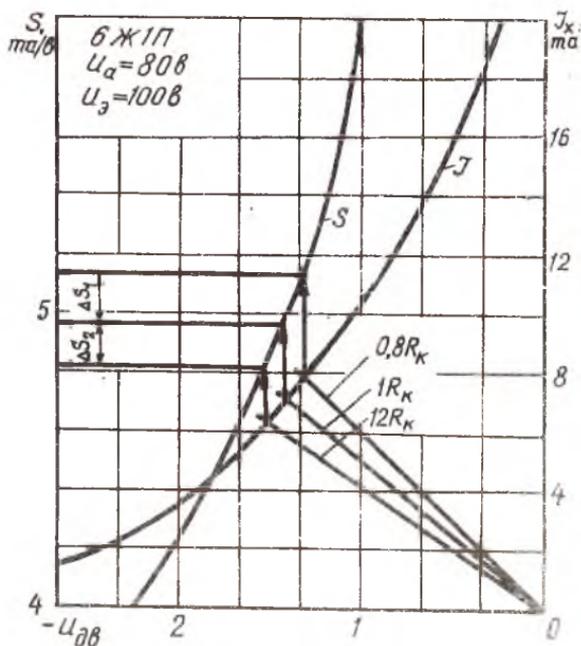


Рис. 55.3. Сеточная характеристика лампы 6Ж17 и зависимость крутизны ее характеристики от сеточного смещения

5. Экспериментально установить влияние погрешности изготовления емкостей контура на усиление каскадов, сверить их с расчетными данными.

6. Оформить отчет.

Порядок работы

1. Подключить выход от СГ-1 на вход линейки УПЧ. Переключатели R_K и C_K должны стоять в положении "номинал";
 подать от СГ-1 сигнал частотой 16 мГц, напряжением 3-5 мВ; $m=0\%$;
 настроить на эту частоту контуры L_1 ; L_4-L_5 ; L_8-L_9 (по макс. показаний ИП-1);
 подать от СГ-1 сигнал частотой 19 мГц, настроить на эту частоту контуры;
 2. Снять частотные характеристики:

$$U_{\text{вых}} = F(f) \quad \text{при} \quad U_{\text{вх}} = \text{const}$$

при $R_{K \text{ ном}}$, при $R_{\text{ном}} \pm 20\%$ (рис. 55.4)

для частотной характеристики при $R_{K \text{ ном}}$ определить полосу пропускания;

для характеристики при $R_{K \text{ ном}}$ на частоте 17,5 мГц определить коэффициент усиления

$$K = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}$$

3. Из характеристики (рис. 55.3) на частоте 17,5 мГц определить относительное изменение коэффициента усиления УПЧ $\frac{\Delta K}{K} \cdot 100\%$ при отклонении R_K на 20% ($\Delta K = \frac{\Delta K_1 + \Delta K_2}{2}$)

4. По кривым (рис. 55.3) определить абсолютное $\Delta S = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2}{2}$ и относительное $\frac{\Delta S}{S} \cdot 100\%$ изменение крутизны лампы при отклонении величины R_K на $\pm 20\%$ от номинальной;
 по формуле (45) вычислить изменение коэффициента усиления (число каскадов $n=4$);
 сравнить расчетный

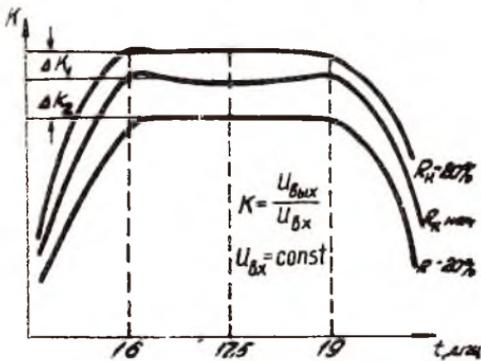


Рис. 55.4. Влияние погрешности изготовления R_K на коэффициент усиления УПЧ ВЛС

и экспериментальный результаты изменения "K" при изменении R_K на $\pm 20\%$.

5. Снять зависимость коэффициента усиления от частоты при

$$C_K = C_{K \pm 10\%} (R_K = R_{K \text{ ном}})$$

Для этих характеристик произвести действия согласно пунктам 2 б, в и пункту 3.

Содержание отчета

В отчете должны быть:

1. Блок-схема установки измерения.
2. Принципиальная схема каскада УПЧ.
3. Установочные характеристики (на одном графике).
4. Значение полосы пропускания.
5. Значение коэффициента усиления.
6. Величины относительного изменения коэффициента усиления УПЧ при отклонении R_K от номинального значения.
7. Краткие выводы о влиянии технологических погрешностей изготовления емкостей C_K на характеристики линейки УПЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.О.Буклер и др. Регулировка радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 56

НАСТРОЙКА БЛОКА ПТК-4

Целью работы является изучение и приобретение навыков по настройке телевизионной аппаратуры.

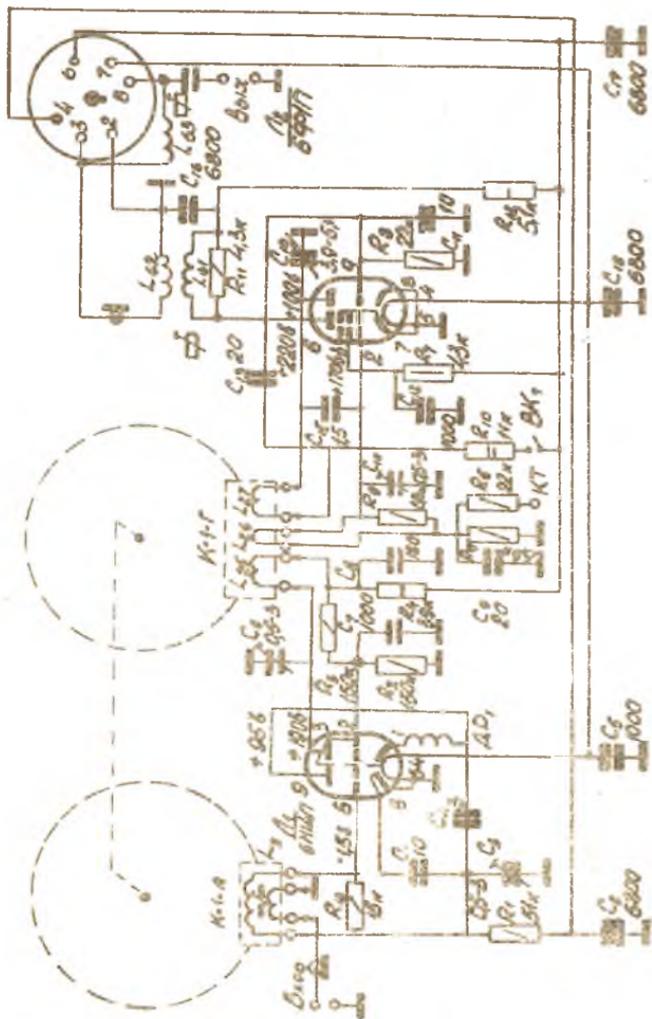
Краткие теоретические сведения

Усилитель высокой частоты, гетеродин и смеситель телевизионного приемника объединены конструктивно в одном блоке вместе с переключателем телевизионных каналов (ПТК). В телевизорах "Темп-6", "Волна", "Сигнал" используется блок ПТК-4, а в телевизорах на унифицированных шасси УНТ-35 и УНТ-47/59-блоки ПТК-5 и ПТК-7.

Блок ПТК-4 рассчитан на прием 12 телевизионных каналов с промежуточными частотами 34,25 мГц и 27,75 мГц. Принципиальная схема ПТК-4 представлена на рис. 56.1.

Усилитель высокой частоты выполнен на лампе 6Н14П (L_{I-I}). В односеточном смесителе используется пентодная часть лампы 6ФП, а в гетеродине - триодная часть этой лампы. Сигнал из антенны через входной трансформатор L_{1-1} ; L_{1-2} поступает на управляющую сетку левого триода (L_I), работающего по схеме с заземленным катодом. Анодной нагрузкой первого каскада служит дроссель D_{I-I} , образующий вместе с внутриламповыми емкостями $C_{с-к2}$ и $C_{а-кI}$ П-образный контур. Так как правый триод (L_I) работает по схеме с заземленной сеткой, которая через большую емкость C_{I-7} соединена с шасси, П-образный контур оказывается шунтированным малым входным сопротивлением этого каскада

$R = 1/S = 200 \text{ ом}$). Такой шунт значительно увеличивает полосу пропускания контура и позволяет использовать его в качестве анодной



нагрузки на любом из телевизионных каналов без какой-либо пере-
стройки. Резонансная частота контура лежит в области 170 мГц.
Применение схемы с заземленной сеткой во втором каскаде полностью
устраняет опасность самовозбуждения через внутриламповые емкости
лампы. Для уменьшения потребляемого тока оба триода лампы 6Н14П
соединены друг с другом последовательно по постоянному току. При
таком соединении катод правого триода оказывается по отношению к
массе под положительным напряжением порядка 100 в, и для создания
нормального рабочего режима лампы ее управляющую сетку необходимо
подать несколько меньшее положительное напряжение. Это напряжение
снимается с делителя состоящего из сопротивлений R_{1-2} ; R_{1-3} .

Таким образом, поступающий из антенны сигнал усиливается ле-
вым триодом лампы I_{1-1} , создавая переменное напряжение на дросселе
 Dr_{1-1} , а затем правым триодом. Отрицательное напряжение АРУ посту-
пает через развязывающую цепочку, образованную сопротивлением R_{1-1}
и конденсатором C_{1-2} , на управляющую сетку левого триода. При силь-
ном сигнале отрицательное смещение на сетке этого триода возрастает,
и ток, протекающий через него, уменьшается, что приводит к увели-
чению положительного напряжения на катоде правого триода. Как извест-
но, такое увеличение напряжения на катоде лампы равнозначное возрастанию
отрицательного напряжения на ее управляющей сетке. Таким образом,
оба каскада УВЧ оказываются охваченными системой АРУ.

Для повышения устойчивости работы каскадов применена мостовая
схема, образованная конденсаторами C_{1-1} и C_{1-4} и внутриламповыми
емкостями C_{a-k1} и C_{a-c1} . Как видно из рис. 56.2. в одну из диагона-
лей этого моста включена катушка сеточного контура L_2 , а в дру-
гую - анодный дроссель Dr_{1-1} и емкости C_{a-k1} и C_{k-c2} . Когда мост
сбалансирован, сигнал из анодной цепи лампы в ее сеточную цепь через
проходную емкость C_{a-c1} пройти не может. Преимуществом такой схемы
нейтрализации является независимость ее работы от изменения частоты.
Кроме того, подключение входного контура к аноду через емкость C_{1-1}
одного порядка с емкостью C_{a-k1} облегчает согласование входной цепи.

Гетеродин собран по трехточечной схеме с емкостной связью и
заземленным катодом. Ось конденсатора C_{1-14} выведена наружу для под-
стройки частоты гетеродина. Для проверки исправности гетеродина я
смесителя сеточная цепь имеет специальный вывод контрольную точку
К.Т. (точка соединения сопротивлений R_{1-9} ; R_{1-6}).

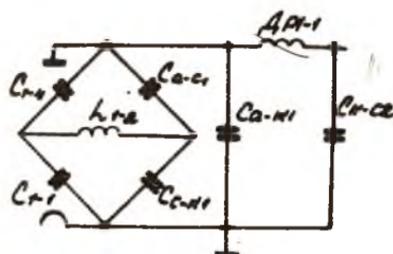


Рис. 56.2. Схема нейтрализации проходной емкости

Смеситель работает в режиме односеточного преобразования, при котором на сетку лампы вместе с приходящими сигналами подается сигнал местного гетеродина. Такая схема позволяет получить относительно низкий уровень шумов и высокую крутизну преобразования. Нагрузка смесителя выполнена в виде пары взаимно-расстроенных контуров. Анодный контур L_{1-61} вместе с намотанной на нем катушкой связи L_{1-62}

расположен в блоке ПТК непосредственно у панельки лампы L_2 , а сеточный L_{1-63} - у конца выходного кабеля на фишке октального разъема, используемого для подключения блока к приемнику. Величина связи выбрана с таким расчетом, чтобы емкость соединительного кабеля не оказывала существенного влияния на параметры анодного контура, а играла роль элемента связи.

Задание на лабораторную работу

Произвести настройку и контроль одного из каналов блока ПТК-4, для чего: настроить контуры УЧ блока ПТК-4, установить частоту гетеродина, настроить гетеродинный и антенный секторы, снять результирующую частотную характеристику блока.

Блок можно успешно настроить только при условии соблюдения данной последовательности операций. Резонансные системы его настраиваются в последовательности, обратной порядку их расположения на принципиальной схеме, т.е. при настройке блока идут от его выхода ко входу.

Порядок выполнения работы

Для настройки ПТК используются генератор качающейся частоты (ГКЧ), и осциллограф, совмещенные в одном приборе (например, ПНТ-59, ПНТ-3М, XI-8). Применение этих приборов позволит получить на экране осциллографа непосредственно изображение частотной характеристики настраиваемой резонансной системы.

Уровень сигнала, снимаемого с ВЧ выхода ГЧ, и величину девиации частоты необходимо устанавливать такими, чтобы размер изображения на экране осциллографа был удобным для наблюдения и отсчета (0,4±0,6 от диаметра экрана).

1. Настройка контуров УЧ блока ПТК. Выходное напряжение ГЧ при настройке необходимо подать в контрольную точку (рис. 56.3а). Сеточный контур смесителя нужно отключить от управляющей сетки смесителя или снять анодное напряжение с триода гетеродина (с помощью тумблера). Напряжение на "низкочастотный вход" ГЧ снимать с выхода ПТК. Напряжение отрицательного смещения должно быть равно 0.

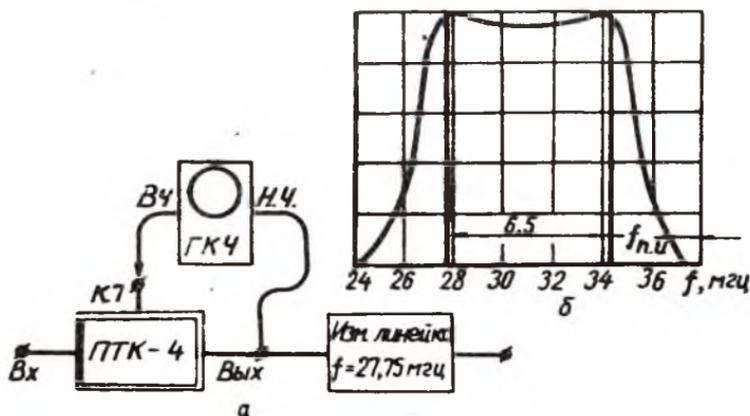


Рис. 56.3. Блок-схема для настройки контуров УЧ блока ПТК-4 (а) и классический вид частотной характеристики

Контур ПЧ блока ПТК настраивается при помощи сердечников катушек. Вращением сердечников катушки L_{1-61} (рис.56.1) левый горб характеристики устанавливается на частоту 27,75 мГц, вращением сердечника катушки L_{1-63} (смонтированной на фишке включения блока) правый горб устанавливается на частоту 34,25 мГц. Расстояние между горбами по частоте, таким образом, составляет 6,5 мГц. При настройке стремится получить двугорбую кривую с крутыми склонами, одинаковыми по высоте горбами и ми-

нимальными провалами между ними (рис. 56.36). Характеристика считается удовлетворительной, если правый горб ее отличается от левого не более, чем на $\pm 10\%$.

Построить полученную частотную характеристику.

2. Установка частоты гетеродина. Блок-схема установки для настройки гетеродина показана на рис. 56.4. Сигнал с УКВ-генератора подать на вход смесителя (в контрольную точку). Ламповый вольтметр подключить к выходу измерительной линейки (три резонансных каскада, настроенных на частоту 27,75 мГц).

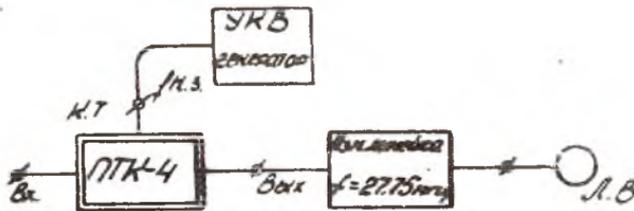


Рис. 56.4. Блок-схема для установки частоты гетеродина ПТК-4

Ротор конденсатора настройки необходимо поставить в положение, соответствующее средней частоте гетеродина (край роторной пластины совместить с отметкой на боковой стенке ПТК).

Поскольку измерительная линейка настроена на промежуточную частоту звука, для правильной настройки гетеродина на том или ином канале необходимо с УКВ генератора подавать сигнал по частоте равной несущей частоте звука соответствующего канала. В таблице I приведены значения несущих частот звука и изображения всех 12 каналов.

Таблица I

Канал	$f_{\text{нес}}$ мГц		Канал	$f_{\text{нес}}$ мГц	
	изображения	звук		изображения	звук
1	49,75	56,25	7	182,25	189,78
2	59,25	65,75	8	191,25	197,75
3	77,25	83,75	9	199,25	205,75
4	85,25	91,75	10	207,25	213,75
5	93,25	99,75	11	215,25	221,75
6	175,25	181,75	12	223,25	229,75

Вращением сердечника гетеродинного сектора устанавливает номинальное значение частоты гетеродина, ориентируясь на максимальное показание лампового вольтметра.

При этом сердечник гетеродина не должен находиться в одном из крайних положений (для возможности регулировки). Если сердечник при настройке приходится вворачивать слишком глубоко, нужно раздвинуть витки катушки контура гетеродина; если сердечник выступает из каркаса — сдвинуть витки катушки, после чего настроить контур сердечником.

3. Настройка гетеродинных секторов — так обычно называют операцию по настройке контуров полосового фильтра УВЧ, смонтированных совместно с контуром гетеродина на гетеродинных секторах барабана переключателя.

Чтобы получить на экране ГКЧ характеристику полосового фильтра, напряжение на низкочастотный вход прибора следует снимать с контрольной точки, а высокочастотный сигнал от ГКЧ подавать на вход ПТК (блок-схема на рис. 56.5).

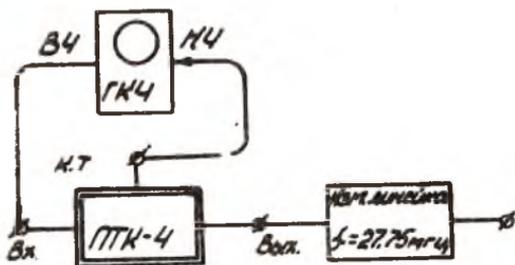
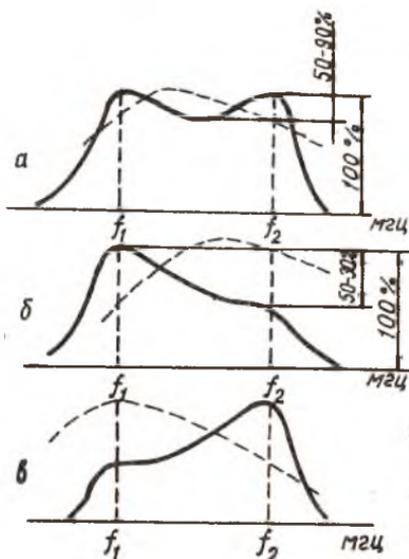


Рис. 56.5. Блок-схема настройки гетеродинных контуров

имеющего одностороннюю резонансную кривую. Нетрудно видеть, что требуемая характеристика с плоской вершиной может быть получена при различных формах характеристики полосового фильтра УВЧ, если соответствующим образом выбрать резонансную частоту входного контура (частотная характеристика входного контура показана на рис. 56.6 пунктиром).

При помощи ручек регулировки ГКЧ устанавливает удобные для наблюдения размеры кривой. Частотные характеристики полосовых фильтров УВЧ высокочастотных блоков могут иметь различную форму (сплошные линии на рис. 56.6). Известно, что частотная характеристика УВЧ определяется настройкой полосового фильтра УВЧ и входного контура,



При настройке полосового фильтра УВЧ рекомендуется получить частотную характеристику, подобную кривой, изображенной на рис. 56.6а. Провал между горбами 30+50% от высоты левого горба. Так как характеристика входного контура несимметрична, правый горб частотной характеристики полосового фильтра УВЧ может быть на 10+30% меньше левого.

В таблице 2 приве-

Рис. 56.6. Частотные характеристики полосовых фильтров УВЧ, ПТК-4

дены рекомендуемые значения частот f_1, f_2 , на которых должны располагаться горбы частотной характеристики полосового фильтра УВЧ.

Таблица 2

Канал	Частота		Канал	Частота	
	f_1	f_2		f_1	f_2
1	49,0	57,0	7	182,5	190,5
2	58,5	66,5	8	190,5	198,5
3	76,5	84,5	9	198,5	206,5
4	84,5	92,5	10	206,5	214,5
5	94,5	100,5	11	214,5	222,5
6	174,5	182,5	12	222,5	230,5

Контур полосового фильтра УВЧ настраивают, перемещая витки катушек изоляционной палочкой. Для расширения полосы пропускания фильтра нулю

сдвигать катушки друг к другу, для сужения - раздвигать их, для выравнивания горбов кривой - перемещать внешние витки катушек. Если вся кривая перемещена в сторону низких частот - отодвигать крайние витки сеточной и анодной катушек фильтра.

Снять и построить частотную характеристику полосового фильтра УЗЧ.

4. Настройка антенных секторов и коллектировка результирующей частотной характеристики блока. Антенные секторы настраиваются по сквозной характеристике блока. Напряжение на низкочастотный вход ГЧК снимается с выхода ПТК. Выходное напряжение ГЧК подается на вход ПТК (блок-схема на рис. 56.7а).

Напряжение смещения устанавливается равным нулю. Антенные секторы настраиваются при положении ротора конденсатора настройки, соответствующем средней частоте гетеродина.

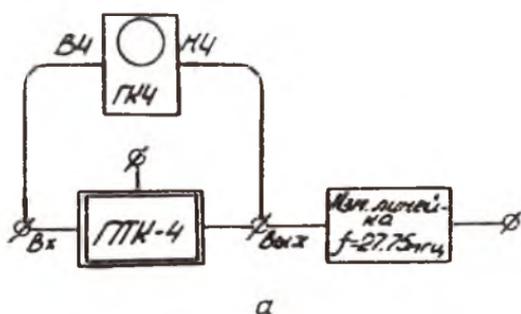
Полученная частотная характеристика не должна выходить за поле допуска, изображенное на рис. 56.7б. Горбы располагаются на несущих частотах изображения и звука (см. таблицу I) с точностью 0,5 мГц в сторону сужения полосы и 1 мГц в сторону ее расширения.

Антенные секторы настраиваются следующим образом. Если у частотной характеристики правый горб получился выше, витки сеточной катушки нужно сдвинуть к середине; если выше левый горб - раздвинуть их к краям каркаса. Если кривая имеет горб посередине, витки антенной катушки раздвигают вдоль катушки сеточного контура. Поднявшийся при этом левый горб убирают, раздвигая витки катушки сеточного контура. Если кривая имеет большой провал - раздвинуть витки сеточной катушки с середины на две секции; витки антенной катушки соединить вместе. В случае, когда перемещением витков катушки сеточного контура выравнивать горбы кривой не удастся, это можно сделать при помощи сердечника антенного сектора: для увеличения правого горба характеристики его нужно ввертывать в каркас катушки, для увеличения левого горба - вывертывать его.

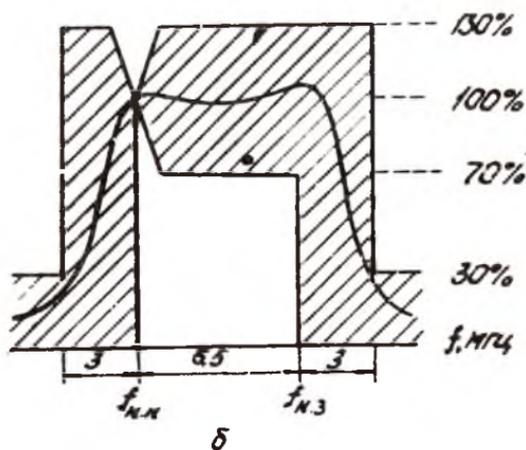
Снять и построить сквозную частотную характеристику настроенного блока.

Содержание отчета

1. Блок-схема ПТК-4.
2. Блок-схемы соединения приборов при настройке контуров ПТК-4 и соответствующие им частотные характеристики.



а



б

Рис. 56.7. Блок-схема для настройки антенных секторов (а) и результирующая частотная характеристика блока ПТН-4

ЛИТЕРАТУРА

1. В.О.Буклер и др. Регулировка радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.

2. С.А.Ельяшкевич. Отыскивание неисправностей и настройка телевизоров. Издательство "Энергия", 1965.

3. Г.В.Бабук. Настройка высокочастотных блоков телевизионных приемников. Связьиздат, 1963.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 57

НАСТРОЙКА УПЧ ТЕЛЕВИЗОРА "СТАРТ 3"

Цель работы - приобретение студентами навыков регулировки канала изображения и звука телевизора.

Краткие теоретические сведения

Канал изображения супергетеродина телевизора состоит из УПЧ, детектора и видеоусилителя.

Основное усиление сигнала происходит на промежуточной частоте. Характерной особенностью УПЧ канала изображения является широкая полоса усиливаемых частот, равная 5+6 мГц.

Для облегчения пропускания такой широкой полосы, ослабления зеркальных помех и улучшения работы детектора желательно, чтобы промежуточная частота была возможно выше.

В современных отечественных телевизорах промежуточную частоту изображения берут равной $f_{\text{пр.изоб}} = 34,25$ мГц.

Промежуточная частота звука при частоте гетеродина, больше несущей частоты, на 6,5 мГц ниже, т.е. $f_{\text{пр.зв}} = 27,75$ мГц.

Получение необходимой полосы пропускания усилителя достигается либо настройкой одиночных контуров на различные частоты, либо применением полосовых фильтров в комбинации с одиночными контурами. Кроме того, контуры обычно шунтируются активными сопротивлениями.

Для устранения проникновения к выходу канала изображения звуковых сигналов, вызывающих на экране трубки помехи в виде темных горизонтальных полос в такт со звуком, в канале изображения устанавливают специальные отсасывающие (резекторные) контуры ($C_{16}L_5$), настроенные на промежуточную частоту и поглощающие колебания этой частоты.

На рис. 57.1 изображена частотная характеристика УПЧ изображения. На несущей частоте изображения усиление УПЧ должно составлять 0,5 от

максимального, так как только при этом условии можно избежать искажений, связанных с частичным подавлением на передатчике одной боковой полосы частот сигнала изображения.

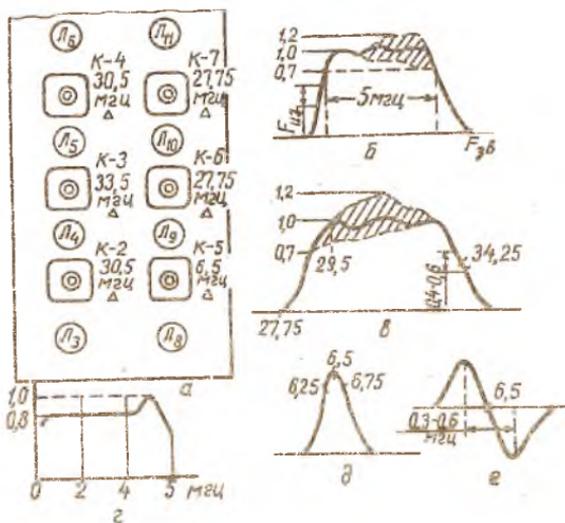


Рис. 57.1. Настроечная карта телевизора "Старт-3": а - расположение органов настройки контуров (вид со стороны ламп); б - частотная характеристика канала изображения; в - то же, УПЧ канала изображения; г - то же, видеоусилителя; д - то же, УПЧ канала звука; е - то же, дискриминатора.

Пунктиром показан допустимый разброс характеристик. Сердечники контуров, настроенные со стороны ламп, обозначены треугольниками, а со стороны монтажа - квадратами

На несущей частоте звука усиление УПЧ спадает до нуля. Исключение составляют УПЧ телевизоров (в том числе "Старт-3"), в которых прием звукового сопровождения осуществляется по методу биений между несущими. В этом случае усиление УПЧ на промежуточной частоте звука должно сохраняться примерно на уровне 0,05-0,1 от максимального.

В последних образцах телевизоров применяется схема УПЧ, в которой используются сложные полосовые фильтры, каждый из них настраивается на определенную частоту. При помощи такой схемы можно сравнительно легко получить частотную характеристику усилителя, близкую к идеальной форме с глубокой режекцией звука.

Для детектирования сигналов изображения, как правило, применяют диодные детекторы, обычно кристаллические. Способ включения диода определяется полярностью сигнала, который необходимо получить на нагрузочном сопротивлении. Выбор полярности сигнала от числа последующих каскадов видеоусилителя и от способа подачи сигнала на трубку (на экране трубки требуется получить позитивное изображение).

Видеоусилитель обычно состоит из одного-двух каскадов усиления по видеочастоте. Принцип его работы тот же, что и реостатного усилителя. Специфической особенностью видеоусилителя является широкая полоса усиливаемых частот (5+6 мГц).

Для достижения широкой полосы пропускания применяют схемы коррекции.

Канал звукового сопровождения "Старт-3" состоит из усилителя второй ПЧ звука, ограничителя, частотного детектора и двух каскадов УНЧ.

Вторая ПЧ звука 6,5 мГц снимается с нагрузки видеодетектора и поступает на контур в цепи сетки лампы усилителя ПЧ звука. С нагрузки этого каскада (контур в анодной цепи лампы) напряжение подается на ограничитель для устранения искажений звука, вызванных паразитной амплитудной модуляцией сигнала ПЧ. С выхода ограничителя сигнал поступает на частотный детектор, а затем на УНЧ.

Задание на лабораторную работу

Настроить канал изображения и звука телевизора "Старт-3":

1. Проверить частотную характеристику видеоусилителя с помощью ПНТ-59.

2. Настроить УПЧ изображения по генератору метровых волн (ГМВ).

3. Проверить частотную характеристику УПЧ изображения с помощью ПНТ-59; при необходимости подкорректировать.

4. Настроить УПЧ звукового сопровождения по ГЗ-7А.
5. Проверить частотную характеристику УПЧ звука прибором ПНТ-59.
6. Отрегулировать дробный детектор.

Порядок выполнения работы:

1. Проверка частотной характеристики видеусилителя (В.У.) по ПНТ-59. Собрать блок-схему: рис. 57.2.

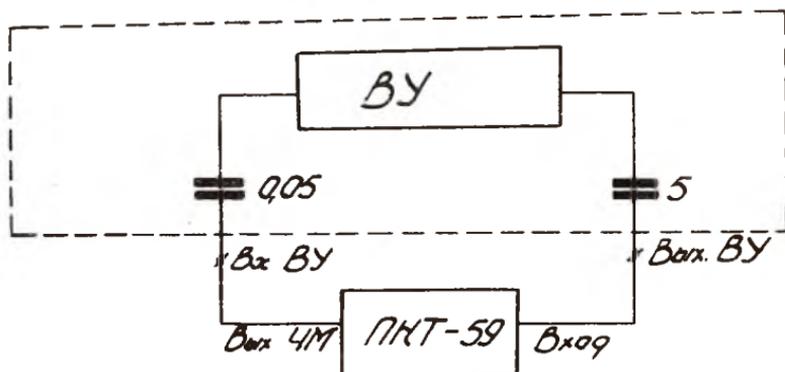


Рис. 57.2. Блок-схема для проверки характеристики видеусилителя телевизора "Старт-3"

Установить диапазон ПНТ-59 в положение 0,1-15 мГц. При появлении на экране изображения частотной характеристики ручками управления ПНТ-59 установить нужный размер и положение кривой на экране осциллографа. Форма ее должна соответствовать кривой, изображенной на рис. 57.3. Определить полосу пропускания В.У. на уровне 0,5. Полоса должна быть 5+6 мГц.

2. Настройка УПЧ изображения. Собрать блок-схему (рис. 57.4)

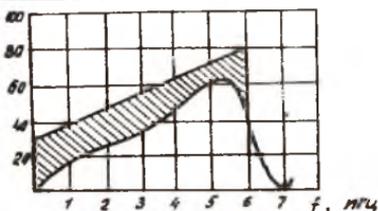


Рис. 57.3. Форма частотной характеристики видеусилителя "СТАРТ-3"

Выход ГМБ подключается к входу УПЧ через емкость 240 пф. С выхода УПЧ сигнал на ламповый вольтметр поступает через сопротивление 100 ком.

По максимуму показаний ВЛУ-2 вращением сердечников настроить контуры УПЧ в указанном порядке на следующие частоты:

Полосовой Фильтр	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	К-6	К-7
Контур	L ₁ C ₁ ; L ₂ C ₁	L ₃ L ₄ C ₈	L ₅ C ₁₄ ; L ₅ C ₁₆	L ₇ L ₈ C ₁₉	L ₉ C ₂₉	L ₁₀ C ₃₂	L ₁₁ C ₃₃ ; L ₁₂ L ₁₃ L ₁₄ C ₃₉
Частота (Мгц)	29	34	30,5	33,5	27,75	32	6,5

Примечания: контуры К-1 и К-П сильно связаны; настройка одного влияет на настройку другого, поэтому после настройки К-П необходимо проверить настройку К-1 и подрегулировать, затем вновь проверить настройку К-П и т.д. до получения точной настройки обоих контуров на заданные частоты; напряжение сигнал-генератора подавать такое, чтобы ВЛУ-2 показывал 5±10 в. Модуляция должна быть выключена.

По минимуму показаний ВЛУ-2 вращением сердечника настроить контур К-5 на частоту 27,75 мгц.

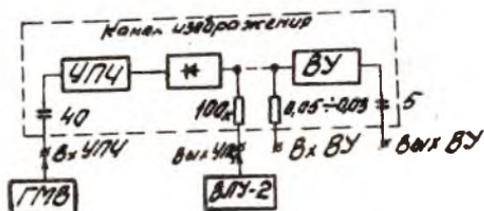


Рис. 57.4. Блок-схема для настройки УПЧ канала изображения

Для большей точности фиксации минимума показаний лампового вольтметра выходное напряжение сигнал-генератора увеличить до 20 мв.

3. Проверка частотной характеристики на приборе ПНТ-59. Прибор ПНТ-59 совме-

щает в себе свип-генератор и осциллограф. Если свип-генератора подать на вход УПЧ, а на выход подключить осциллограф, то на экране осциллографа появится изображение частотной характеристики УПЧ.

Для определения положения частотной характеристики на оси частот на ее изображение накладываются маркерные метки от кварцевого генератора. Маркерные метки следуют через 1 мгц. Метки десятков мгц имеют больший размер.

Для проверки частотной характеристики собрать блок-схему: рис. 57.5. Выход 4М ПНТ-59 (выход-генератора) к входу УПЧ подключается через емкость 240 пф. Вход ПНТ с выходом УПЧ соединяется через сопротивление 100 ком.

Установить ручку ПНТ-59 "диапазон", мгц" в положение "27+60". При появлении на экране изображения частотной характеристики ручками управления прибора ПНТ-59 установить нулевой размер и положение кривой на экране осциллографа.

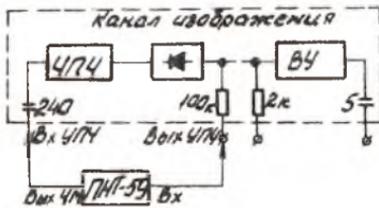


Рис. 57.5. Блок-схема для проверки частотной характеристики УПЧ канала изображения телевизора "Старт-3" прибором ПНТ-9

Форма частотной характеристики должна соответствовать изображенной на рис. 57.1.

При значительном отклонении формы кривой от требуемой произвести корректировку сердечниками соответствующих контуров.

4. Настройка УПЧ канала звука. Собрать блок-схему (рис. 57.6.): настроить сигнал-генератор на частоту 6,5 мГц и его выходное напряжение установить таким, чтобы ВЛУ-2 показывал 2+3 в;

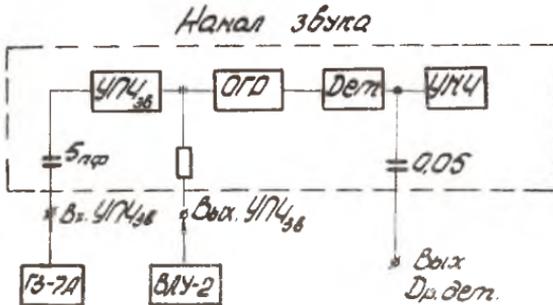


Рис. 57.6. Блок-схема для настройки УПЧ канала звука

вращая сердечники контуров К-5 и К-6, добиться максимальных показаний ВЛУ-2;

Определить с помощью генератора и вольтметра ширину полосы пропускания УПЧ звука на уровне 0,7, которая должна составлять 250+500 кГц.

5. Проверка частотной характеристики УПЧ звука с помощью ПНТ-59.

Собрать блок-схему (рис. 57.7): установить ручку "диапазон, мГц" в положение 0,1+15 мГц. Установить маркерные метки 6 и 7 мГц так, чтобы частота 6,5 мГц находилась в середине экрана электронно-лучевой трубки;

при появлении на экране изображения частотной характеристики ручками управления ПНТ-59 установить нужный размер и масштаб кривой на экране осциллографа. Форма частотной характеристики должна соответствовать кривой, изображенной на рисунке. Провал должен находиться в ее середине и точно на частоте 6; 5 мГц.

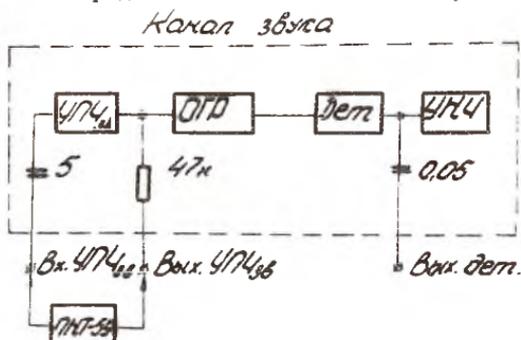


Рис. 57.7. Блок-схема для проверки частотной характеристики УПЧ канала звука прибором ПНТ-59

при значительном отклонении формы кривой от требуемой произвести корректировку сердечниками контуров К-5, К-6;

определить по ПНТ-59 полосу пропускания УПЧ звука и сравнить с полученной ранее (при выполнении пункта 4).

6. Регулировка дробного детектора канала звука. Собрать блок-схему (рис. 57.8)

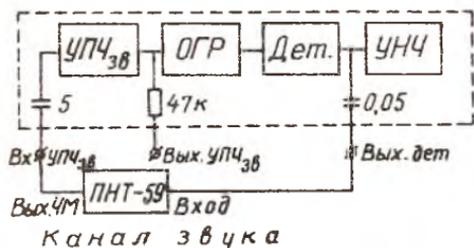


Рис. 57.8. Блок-схема для регулировки дробного детектора канала звука

Для увеличения сигнала на входе дробного детектора выход 4А ПНТ-59 с делителя 1:1 подсоединяют на вход УПЧ звука, или на вход детектора, а вход осциллографа - к выводу дробного детектора либо к управляющей сетке первого каскада УНЧ.

а) Установить на ПНТ-59 диапазон 0,1+15 мГц и вывести светящийся пятно в центр экрана. Вращая

ручки "Вых.напр", "Усиление НЧ" и "Девияция", установить на экране удобный для наблюдения размер кривой без уплощений сверху и снизу, обусловленных перегрузкой (настроить контур К-7).

б) Определив положение частоты 6,5 мГц на горизонтальной оси, настройкой вторичной обмотки фазосдвигающего трансформатора совместить с ней нулевую точку кривой.

в) Настройкой первичной обмотки установить симметрию плеч кривой (относительно этой точки) и наибольший ее размах.

Содержание отчета

Отчет должен содержать:

1. Блок-схему для проверки частотной характеристики В.У.; частотную характеристику В.У., величину полосы пропускания.
 2. Блок-схему установки для настройки УПЧ: таблицу контуров и соответствующих частот, на которые они настраиваются.
 3. Блок-схему установки для проверки частотной характеристики УНЧ на ПНТ-59; кривые требуемой и полученной характеристик.
 4. Блок-схему установки для настройки УПЧ звука; блок-схему для проверки частотной характеристики УПЧ звука на ПНТ-59, кривые требуемой и полученной частотных характеристик.
 5. Блок-схему для регулировки частотного детектора и его частотную характеристику.
- На рис. 57.9 приведена электрическая схема платы "Старт-3".

ЛИТЕРАТУРА

1. В.О.Буклер и др. Регулировка радиоаппаратуры. Издательство "Энергия", 1964.
2. С.А.Ельяшкевич. Отыскание неисправностей и настройка телевизоров. Издательство "Энергия", 1965.
3. Е.В.Метузалеи, Е.А.Рыманов. Телевизоры "Старт", "Старт-2", "Старт-3". Издательство "Энергия", 1965.

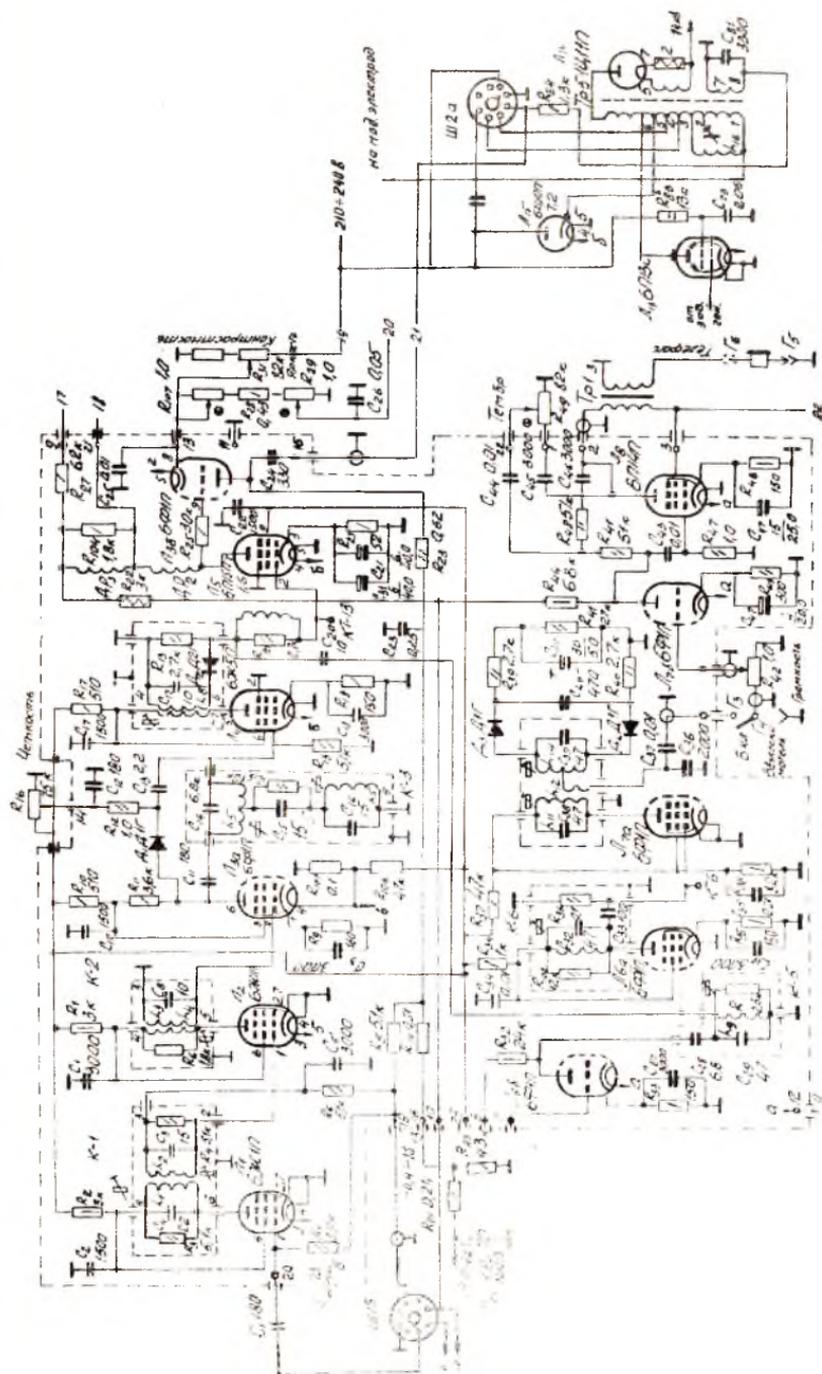


Рис. 57.9. Принципиальная схема УПЧ телевизора "Старт-3т"

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие	3
Работа № 40. Исследование технологического процесса изготовления обмоток.	8
Работа № 41. Наладка станка тороидальной намотки, исследование погрешностей шага намотки и измерение параметров катушки.	18
Работа № 42. Исследование производственных погрешностей выходных параметров унифицированных каскадов радиоэлектронной аппаратуры.	28
Работа № 43. Исследование процесса сборки пластинчатого магнитопровода.	42
Работа № 44. Разработка функциональных узлов на печатном монтаже.	54
Работа № 45. Изучение технологического процесса изготовления печатных плат по фотохимическому методу.	69
Работа № 46. Изучение технологического процесса изготовления печатных плат сеточно-электрохимическим методом.	78
Работа № 50. Сборка и монтаж радиосхем на печатных платах	85
Работа № 51. Настройка самолетного супергетеродиначного приемника УС-9.	93
Работа № 52. Регулировка связного радиопередатчика.	106
Работа № 53. Контроль электрических параметров радиовещательного приемника.	112
Работа № 54. Регулировка самолетного автоматического радиоконпаса АРР-5.	122
Работа № 55. Изучение работы по регулировке линейки УПЧ РИС.	145
Работа № 56. Настройка блока ПТК-4.	152
Работа № 57. Настройка УПЧ телевизора "Старт - 3".	163