

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Лабораторный практикум
по дисциплине
«Генерирование и формирование сигналов»
(часть 1)
для студентов дневной и заочной форм обучения
специальности 7.090701- радиотехника

Севастополь
2005 г.



Методические указания «Лабораторный практикум по дисциплине «Генерирование и формирование сигналов» (часть 1)» для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 7.090701-Радиотехника / Сост. В.М. Иськив — Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2005. – 30 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам в изучении принципов построения диапазонных возбуждателей и синтезаторов современных передатчиков, и в выполнении лабораторных работ. Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной формы обучения специальности 7.090701-Радиотехника.

Методические указания утверждены на заседании кафедры радиотехники, протокол № 3 от 7 октября 2005 года

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент: Савочкин А.А., канд. техн. наук, доцент кафедры радиотехники

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Лабораторная работа «Изучение и исследование генератора с внешним возбуждением»	5
Цель работы	5
1.1. Теоретический раздел	5
1.2. Описание лабораторной установки	6
1.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований	7
1.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы	9
1.5. Контрольные вопросы	9
2. Лабораторная работа «Изучение и исследование базовой амплитудной модуляции»	9
Цель работы	9
2.1. Теоретический раздел	9
2.2. Описание лабораторной установки	14
2.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований	15
2.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы	16
2.5. Контрольные вопросы	16
3. Лабораторная работа «Изучение и исследование фильтрового метода формирования однополосного сигнала»	17
Цель работы	17
3.1. Теоретический раздел	17
3.2. Описание лабораторной установки	21
3.3. Порядок выполнения теоретических расчетов	22
3.4. Порядок выполнения экспериментальных исследований	24
3.5. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы	24
3.6. Контрольные вопросы	24
4. Лабораторная работа «Изучение и исследование частотного модулятора»	25
Цель работы	25
4.1. Теоретический раздел	25
4.2. Описание лабораторной установки	26
4.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований	27
4.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы	28
4.5. Контрольные вопросы	28
5. Лабораторная работа «Изучение и исследование опорного генератора «Гиацинт»»	29
Цель работы	29
5.1. Теоретический раздел	29
5.2. Описание лабораторной установки	29
5.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований	29
5.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы	30
5.5. Контрольные вопросы	30
Библиографический список	31

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Генерирование и формирование сигналов» разбита на две части и изучается студентами дневной и заочной форм обучения специальности 07090.701 «Радиотехника» в течение двух семестров. В данные методические указания включены лабораторные работы, выполняемые в первой части курса и посвященные изучению принципов работы и основ построения базовых элементов устройств генерирования и формирования сигналов.

Методические рекомендации по выполнению каждой работы содержат следующие разделы: цель работы; теоретическая часть; описание лабораторного макета; порядок выполнения работы; содержание отчета; контрольные вопросы.

Лабораторные работы выполняются бригадным методом. Общее количество лабораторных макетов по первой части курса равно шести (по одному макету для работ №1...№4 и два макета для работы №5), поэтому учебная группа разбивается на шесть бригад по 2...3 человека в бригаде. Отчет выполняется один на бригаду. В том случае, если в работе присутствуют индивидуальные теоретические или практические задания индивидуальные результаты вкладываются в общий отчет. Результаты исследований, полученные в ходе выполнения практических исследований приводятся в отчете по лабораторной работе в виде таблиц, графиков и осциллограмм.

Перед выполнением работы следует внимательно ознакомиться с теоретическим материалом, как с тем, что изложен в методическом пособии, так и с тем, что приведен в рекомендуемой литературе.

ОЧЕНЬ ВАЖНО ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ СТРОГО ВЫПОЛНЯТЬ ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ, НЕ ВКЛЮЧАТЬ ПРИБОРЫ И МАКЕТЫ БЕЗ РАЗРЕШЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ИЛИ ЛАБОРАНТА!!!

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Изучение и исследование генератора с внешним возбуждением»

Цель работы — Изучить работу транзисторного генератора внешнего возбуждения с резонансной нагрузкой в коллекторной цепи. Исследовать формы токов и напряжений в базовой и коллекторной цепях генератора в различных режимах его работы.

1.1. Теоретический раздел

Источники колебаний, используемые в устройствах формирования и усиления радиосигналов, делятся на два больших класса: генераторы с внешним возбуждением (ГВВ) и генераторы с самовозбуждением, или автогенераторы (АГ). ГВВ — источник колебаний, создающий их под воздействием колебаний другого, обычно менее мощного ГВВ или АГ. К ГВВ относятся усилители мощности (УМ) и умножители частоты (УЧ) на активных элементах.

Основными энергетическими характеристиками УМ является максимальная выходная мощность, коэффициент усиления по мощности K_p и коэффициент полезного действия (КПД) — η .

Структурная схема УМ в общем случае содержит активный элемент (АЭ), входную (ЦС_{вх}) и выходную (ЦС_{вых}) цепи согласования, а также цепи блокировки по напряжению питания (ЦБП) и по напряжению смещения (ЦБС).

В качестве АЭ в ГВВ используются следующие электронные приборы: традиционные электронные лампы, лампы бегущей волны (ЛБВ), усилительные прямопролетные клистроны, полевые и биполярные транзисторы.

Основным режимом работы активного элемента в ГВВ является работа с отсечкой тока, поскольку при этом достигается более высокое значение КПД. Величину угла отсечки можно изменить с помощью изменения напряжения смещения. Чаще всего угол отсечки Θ выбирается близким или равным 90° . Недостатки режима работы с отсечкой — обилие гармоник и искажения при усилении слабых сигналов.

Линейный режим работы АЭ (с углом отсечки 180°) используют в том случае, если к усилителю предъявляются повышенные требования к линейности, например при передаче сигналов телевидения. Недостаток такого режима — низкий КПД (не более 50 %).

По степени использования различают недонапряженный, перенапряженный и критический режимы работы (см. рисунок 1.1). Недонапряженный режим работы транзистора и критический режим, как его граничный случай, используют, прежде всего, тогда, когда требуется осуществить усиление колебаний с амплитудной (АМ) или однополосной (ОМ) модуляцией. При передаче ЧМ или ФМ колебаний, а также при передаче телеграфных сообщений с любым видом манипуляции, иногда используют ключевой режим работы активного элемента.

На частотах, близких к частоте транзита f_T , где коэффициент усиления по мощности невелик, целесообразен критический режим, поскольку применение ключевого или перенапряженного режима приводит к дополнительному снижению коэффициента усиления по мощности.



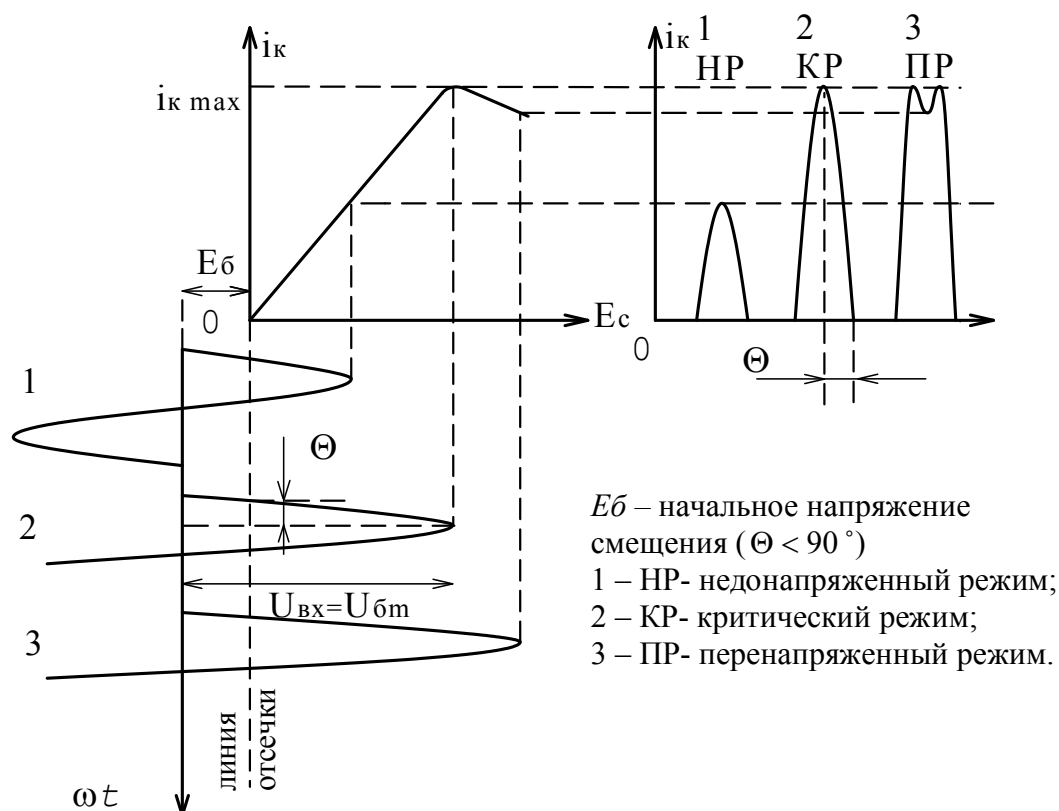


Рисунок 1.1 – Режимы работы ГВВ по напряженности

1.2. Описание лабораторной установки

Упрощенная схема установки представлена на рисунке 1.2.

Генератор собран на сплавном p - n - p транзисторе с граничной частотой $f_\beta = 20$ кГц. Поэтому в рабочем диапазоне от 2 кГц до 200 кГц транзистор проявляет себя как безынерционный прибор при $f = 2$ кГц так и сильно инерционный при $f = 200$ кГц.

Возбуждение подается от генератора ГЗ-33. Амплитуда плавно регулируется с помощью ручки «Регулировка выхода» генератора. Внутреннее выходное сопротивление генератора ГЗ-33 устанавливается равным $R = 600$ Ом.

В коллекторной цепи генератора включен параллельный контур $L_1 C_1$ и нагрузочное сопротивление R_k .

Значение сопротивления нагрузки изменяют переключателем S_1 , который находится на панели лабораторной установки. Зависимость значения сопротивления нагрузки R_k , от положения переключателя, приведена в таблице 1.1.

Для изучения формы и измерений базового и коллекторного токов включены измерительные сопротивления.

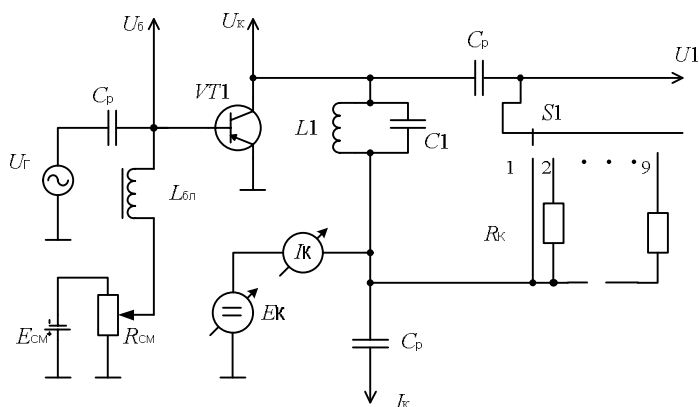


Рисунок 1.2 – Принципиальная схема макета

Таблица 1.1 – Зависимость значения сопротивления нагрузки R_k , в от положения переключателя S1

Положение переключателя S1	Значение сопротивления R_k , Ом
1	0
2	10
3	20
4	30
5	39
6	51
7	62
8	75
9	91

В лабораторной установке имеются приборы для измерения постоянных составляющих токов коллектора $I_{ко}$, напряжения смещения $E_{см}$ и напряжения коллекторного питания E_k . При измерении амплитуды первой гармоники напряжения на коллекторе $U_{к1}$ и амплитуды возбуждающего тока I_b используется высокочастотный милливольтметр.

Режим работы генератора задается напряжением смещения $E_{см}$ которое, в свою очередь зависит от сопротивления потенциометра смещения $R_{см}$. На лицевую панель выведены также клеммы для подключения генератора ГЗ-33, высокочастотного милливольтметра для измерения $U_{к1}$ и U_b , осциллографа для контроля формы токов I_b и I_k и напряжений U_b , U_k .

1.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

1.3.1. Подготовка макета к работе

Изучить назначение элементов схемы. Определить приборы, необходимые для проведения исследования.

Подготовить приборы к измерениям, для чего:

- Включить макет.
- Включить питание осциллографа.
- Подключить входы осциллографа к макету для наблюдения формы токов и напряжений.
- Органы управления генератора ГЗ-33 привести в следующее положение: ручку «Регулятор выхода» вывести в крайнее левое положение; переключатель «Пределы шкал ослабления» установить в положении «+30 дБ»; тумблер «Внутренняя нагрузка» установить в положение «ВЫКЛ»; переключатель «Выходное сопротивление» установить в положении «600». Нижняя выходная клемма генератора ГЗ-33 должна быть соединена с нижней клеммой на входе лабораторной установки.
- Включить генератор ГЗ-33.
- Включить высокочастотный милливольтметр В7-17.
- Включить источник постоянного напряжения. Установить пониженное напряжение $E_k = 5 \dots 6$ В по измерительному прибору источника постоянного напряжения или по измерительному прибору лабораторной установки.
- Дать прогреться приборам и макету 3...5 минут.

1.3.2. Практические исследования

- Установить потенциометром E_k коллекторное напряжение равное 5...6 В, сопротивление коллектора R_k равное 39 Ом.
- Исследовать зависимость формы импульсов базового и коллекторного токов от величины напряжения смещения. Для чего подать от генератора ГЗ-33 напряжение возбуждения с заданной преподавателем амплитудой и частотой. Изменять напряжение смещения $E_{см}$ переменным резистором $R_{см}$. Зарисовать осциллограммы и записать амплитуды базового и коллекторного токов. Определить угол отсечки во всех режимах.
- Исследовать зависимости формы импульсов тока коллектора от амплитуды сигнала возбуждения при небольшом напряжении смещения (около + 0,7 В). Построить зависимость $I_K = f(U_{Г})$.
- Изменяя амплитуду входного напряжения и напряжения смещения получить критический режим. Измерить в критическом режиме ток возбуждения I_b , ток I_{k0} , напряжение U_{k1} .
- Определить значения $P_H = \frac{U_H^2}{R_K}$, $P_0 = E_K I_{k0}$, $\eta = \frac{P_H}{P_0}$ и угол отсечки коллекторного тока.
- Настроить контур $L_1 C_1$ в резонанс и исследовать нагрузочные характеристики генератора, то есть зависимости I_{k0} , I_{b0} , P_H и η от сопротивления R_k .
- Ручку «Регулятор выхода» генератора ГЗ-33 вывести в крайнее левое положение. Выключить приборы: генератор, осциллограф, высокочастотный вольтметр, источник питания макета.

1.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- Принципиальную схему лабораторного макета;
- Экспериментальные осциллограммы токов в базовой и коллекторной цепях генератора при различных $E_{см}$ и $U_{вх}$;
- Результаты экспериментальных исследований генератора в критическом режиме;
- Экспериментальные нагрузочные характеристики P_o , P_n , КПД от R_k ;
- Выводы.

1.5. Контрольные вопросы

1.5.1. Дать определение угла отсечки.

1.5.2. Что такое нагрузочные характеристики?

1.5.3. В генераторах какого назначения следует применять недонапряженный и критический режим?

1.5.4. Изобразить упрощенную схему испытуемого генератора, указать на ней измерительные приборы и сопротивления, позволяющая наблюдать формы токов с помощью осциллографа.

1.5.5. Из каких соображений выбирается угол отсечки коллекторного тока?

1.5.6. Каким образом по экспериментальным данным определить КПД?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Изучение и следование базовой амплитудной модуляции»

Цель работы — Изучение работы ГВВ с амплитудной модуляцией, осуществляемой изменением напряжения смещения.

2.1. Теоретический раздел

Передачики с амплитудной модуляцией применяют для телефонной связи, радиовещания, передачи телевизионных сообщений.

Допустим, что передаваемый низкочастотный сигнал $F(t)$ представляет собой гармоническое колебание звуковой частоты Ω . При АМ амплитуда высокочастотного тока с частотой ω_n должна изменяться в соответствии с этим сигналом. Тогда:

$$i(t) = (I_n + \Delta I_n \cdot \cos(\Omega t)) \cdot \cos(\omega_n t) = I_n \cdot (1 + M \cdot \cos(\Omega t)) \cos(\omega_n t), \quad (2.1)$$

где I_n - амплитуда тока несущего колебания при отсутствии модуляции (в режиме молчания); ΔI_n - максимальное значение изменения амплитуды тока несущего колебания при модуляции; $M = \Delta I_n / I_n$ - коэффициент (глубина) модуляции. Этот сигнал можно записать в другом виде:

$$i(t) = I_n \cos(\omega_n t) + 0,5 M I_n \cos[(\omega_n + \Omega)t] + 0,5 M I_n \cos[(\omega_n - \Omega)t].$$

Исходя из такой формы записи сигнала видно, что спектр сигнала, описываемого выражением (2.1), содержит три составляющие. Частоты спектральных составляющих определяются частотой несущей и частотой модулирующего сигнала, а относительные амплитуды — коэффициентом модуляции. Вид спектра АМ сигнала при тональной модуляции представлен на рисунке 2.1.

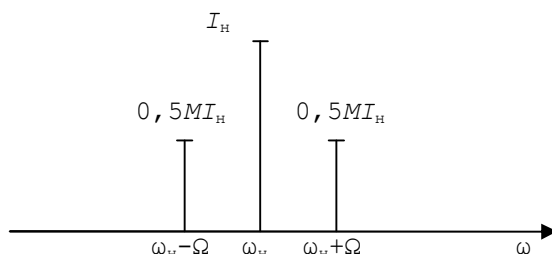


Рисунок 2.1 – Спектр АМ сигнала при модуляции одним тоном

Для АМ различают режим молчания (или режим несущей) — соответствует отсутствию модулирующего сигнала, максимальный режим — соответствует максимальной амплитуде модулированного ВЧ колебания, и минимальный режим, который соответствует минимальной амплитуде модулированного ВЧ колебания.

Мощность, излучаемая передатчиком в максимальном и минимальном режимах определяется в соответствии с выражениями:

$$P_{\sim \text{макс}} = P_{\sim \text{н}} (1+M)^2,$$

$$P_{\sim \text{мин}} = P_{\sim \text{н}} (1-M)^2,$$

где $P_{\sim \text{н}}$ — мощность в режиме несущей.

Таким образом, при $M=1$ $P_{\sim \text{макс}}=4 P_{\sim \text{н}}$; $P_{\sim \text{мин}} = 0$.

Мощность спектральной составляющей, соответствующей одной боковой частоте

$$P_{\omega \pm \Omega} = 1/2 (M I_{\text{н}}/2)^2 R_{\text{а}} = P_{\sim \text{н}} M^2/4.$$

Суммарная мощность спектральных составляющих двух боковых частот

$$P_{\Sigma} = P_{\sim \text{н}} M^2/2.$$

Средняя мощность (среднеинтегральная мощность за период НЧ)

$$P_{\text{ср}} = P_{\sim \text{н}} + P_{\Sigma} = P_{\sim \text{н}} (1 + M^2/2).$$

АМ можно осуществить в любом из усилительных каскадов передатчика. Каскад, в котором происходит преобразование сигнала информации в радиосигнал (модуляция), называют модулируемым.

Одним из способов осуществления АМ является изменение напряжения смещения на базе транзистора в соответствии с мгновенным значением напряжения модулирующего сигнала. Напряжение смещения при этом складывается из двух

составляющих: постоянного начального смещения $E_{сн}$ и информационного сигнала, и может быть записано в виде: $E_c = E_{сн} + U_{\Omega} \cos(\Omega t)$.

На рисунке 2.2 приведена упрощенная схема усилителя мощности (УМ) при модуляции смещением.

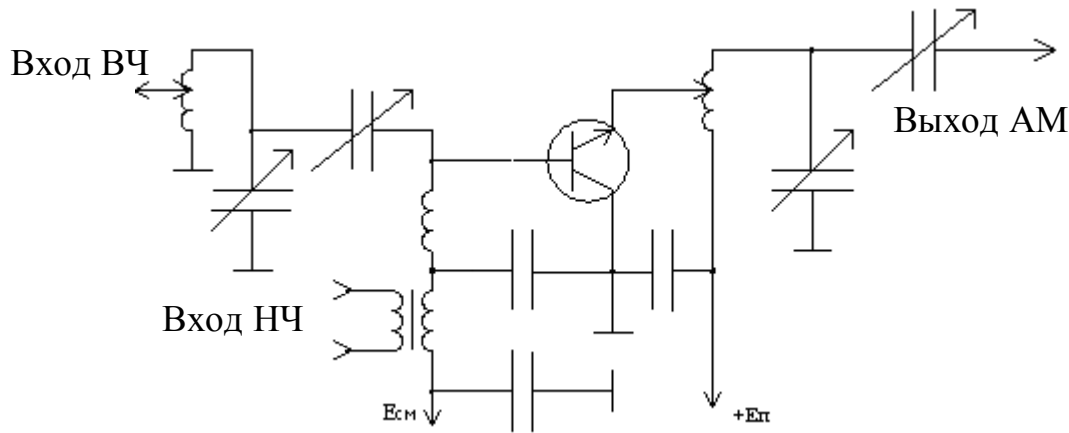


Рисунок 2.2 – Схема УМ при модуляции смещением

При расчетах амплитудных модуляторов, использующих модуляцию смещением, в отличие от обычных ГВВ применяют следующие основные соотношения:

$$P_{\sim n} = 1/2 I_n^2 R_n; \quad I_{\text{макс}} = I_n(1+M); \quad I_{k0 \text{ макс}} = I_{k0 n}(1+M); \quad E_{кн} = E_{к \text{ макс}};$$

$$P_{\sim \text{макс}} = 0,5 I_{\text{макс}}^2 R_n = P_{\sim n} (1+M)^2; \quad P_{0n} = I_{кн} E_{кн}; \quad P_{0 \text{ макс}} = I_{0 \text{ макс}} E_k = P_{0n} (1+M);$$

$$\eta = P_1/P_0; \quad \eta_n = P_{1n}/P_{0n} = 0,5 I_n U_{\sim} / I_{0n} E_{0n} = 0,5 \alpha_1(\Theta) i_{k \text{ макс}} U_{\sim} / \alpha_0(\Theta) i_{k \text{ макс}} E_k =$$

$$= 0,5 \xi \alpha_1(\Theta) / \alpha_0(\Theta) = 0,5 \xi g_1(\Theta);$$

$$\eta_{\text{макс}} = P_{\sim \text{макс}} / P_{0 \text{ макс}} = P_{\sim n} (1+M)^2 / P_{0n} (1+M) = \eta_n (1+M);$$

$$\xi_{\text{макс}} = U_{\text{макс}} / E_{к \text{ макс}} = U_{\sim n} (1+M) / E_{кн} = \xi_n (1+M),$$

где $\alpha_n(\Theta)$ – коэффициенты разложения, а $g_n(\Theta) = \alpha_n(\Theta)/\alpha_0(\Theta)$ – коэффициенты формы косинусоидального импульса (коэффициенты Берга).

Таким образом, при модуляции смещением

$$\eta_{\text{макс}} = 2 \eta_n \quad \text{и} \quad \xi_{\text{макс}} = 2 \xi_n.$$

На рисунке 2.3 приведена упрощенная схема транзисторного усилителя мощности с коллекторной модуляцией.

Модулирующее напряжение вводится последовательно с постоянным напряжением источника питания $E_{\text{пит}}$ в цепи коллектора. В режиме несущей (режим молчания) напряжение на коллекторе транзистора $E_{кн}$ равно напряжению источника питания, при наличии модулирующего сигнала напряжение на коллекторе

транзистора изменяется в соответствии с законом изменения модулирующего сигнала.

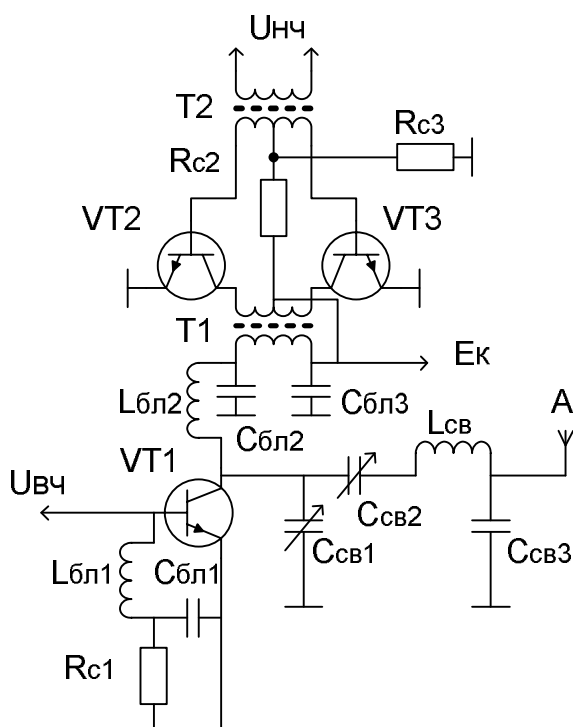


Рисунок 2.3 – Усилитель мощности с коллекторной модуляцией

В схеме на рисунке 2.3 модулирующее напряжение $U_{нч}$ подаётся на вторичную обмотку трансформатора включенную последовательно в цепь питания активного элемента.

При расчетах амплитудных модуляторов, использующих коллекторную модуляцию, используют следующие основные соотношения:

$$E_{к \text{ макс}} = 2 E_{кн}; \quad P_{\sim \text{ макс}} = P_{\sim н} (1 + M)^2; \quad P_{0 \text{ макс}} = P_{0 н} (1 + M)^2; \\ \eta_{н} = \eta_{\text{ макс}}; \quad \xi_{н} = \xi_{\text{ макс}}.$$

Модуляция смещением применяется обычно в маломощных каскадах, поскольку КПД при этом виде модуляции мал (15...20%). Достоинства таких модуляторов: простота, малая мощность потребляемая от усилителя низкой частоты модулятора.

При коллекторной модуляции $\eta_{н} = \eta_{\text{ макс}}$ и может достигать значений 70...80%. Однако мощность требуемая модулятором от усилителя низкой частоты соизмерима с выходной мощностью модулируемого каскада. Для устранения указанных недостатков часто применяют комбинированную АМ.

Базовая модуляция во многом аналогична сеточной модуляции смещением в ламповых генераторах. Как и у последних, базовая модуляция наиболее эффективна в недонапряженном режиме, а режим максимальной мощности выбирается близким к критическому. Угол отсечки в точке максимальной мощности, как правило, берется равным 90° , так как в этом случае уменьшаются нелинейные искажения.

Отличием базовой модуляции от сеточной модуляции смещением является непрерывное прохождение тока базы в процессе модуляции (при сеточной модуляции смещением сеточный ток в виде импульсов проходит только при положительном напряжении на сетке).

Кроме того, при базовой модуляции колебательная мощность, отдаваемая генератором, будет того же порядка, что и при коллекторной модуляции (в то время как при анодной модуляции в режиме несущей частоты лампа генератора отдавала мощность в 2 раза больше, чем при сеточной).

Судить о модуляционных возможностях (а, следовательно, о качестве модуляции) генератора можно по модуляционным характеристикам.

Статическая модуляционная характеристика, представляющая собой зависимость первой гармоники коллекторного тока I_{k1} или антенного тока I_a от изменяемого напряжения в цепи модуляции генератора (E_k , E_6), эта зависимость помечена на рисунке 2.4 цифрой 1. Подобная характеристика снимается при отсутствии НЧ сигнала, и поэтому она называется статической.

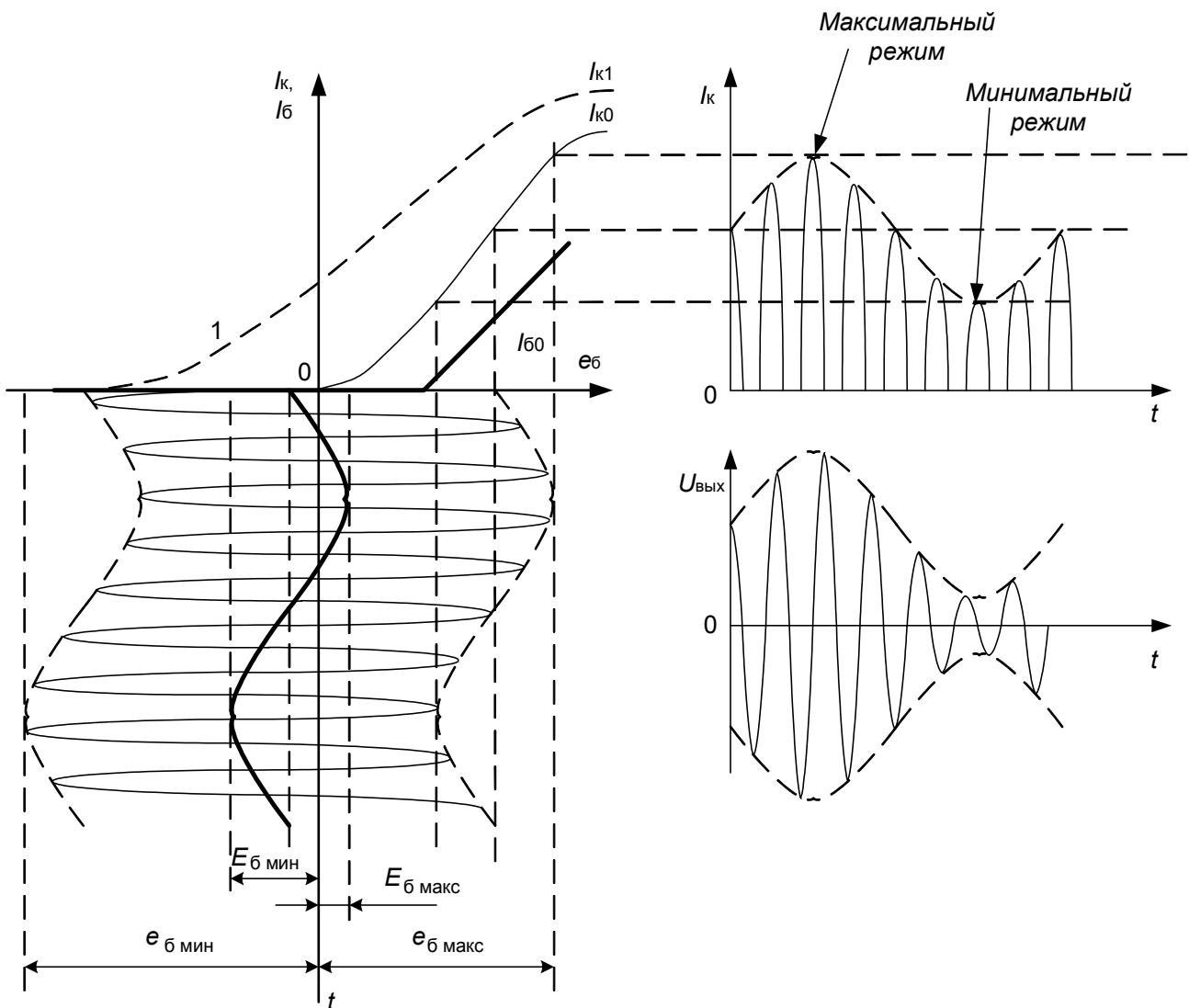


Рисунок 2.4 – Пояснение процесса базовой амплитудной модуляции

Динамическая модуляционная характеристика $M=f(U_0)$ представляет собой зависимость глубины модуляции от модулирующего напряжения. Эта

характеристика снимается обычно отдельно для положительного и отрицательного полупериодов модуляции, т.е. $M_+ = f(U_\Omega)$ и $M_- = f(U_\Omega)$. Совпадение этих характеристик свидетельствует о симметричности модуляции. Динамическая модуляционная характеристика может быть снята с помощью осциллографа (рисунок 2.5).

Амплитудно-частотная модуляционная характеристика $M = f(F_\Omega)$ представляет собой зависимость глубины модуляции от частоты модулирующего напряжения. Эту характеристику также можно снять по осциллограмме (см. рисунок 2.5).

$$M = \frac{A - B}{A + B}$$

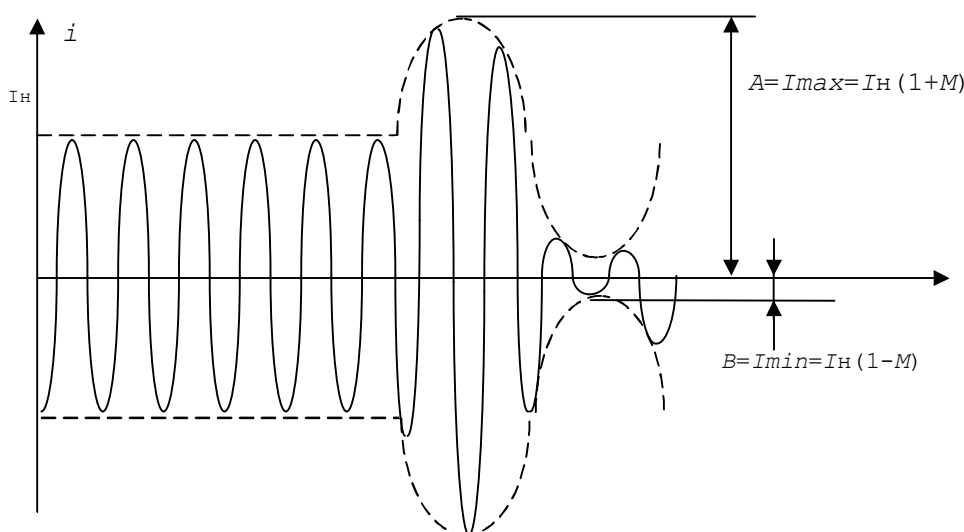


Рисунок 2.5 – Определение индекса амплитудной модуляции по осциллограмме

2.2. Описание лабораторной установки

Принципиальная схема макета приведена на рисунке 2.6. Возбудитель (автогенератор) ВЧ колебаний собран на транзисторе $VT1$ по схеме с автотрансформаторной обратной связью. Напряжение ВЧ через эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе $VT2$ и через ВЧ трансформатор $T1$ подаётся на базу транзистора $VT3$ модулируемого каскада. Нагрузкой выходного каскада является резонансный контур $C9L2$. Модулирующее напряжение низкой частоты через НЧ трансформатор $T2$ последовательно с напряжением смещения подаётся на базу транзистора $VT3$. Напряжение смещения регулируется с помощью потенциометра $R8$. На передней панели макета расположены приборы измеряющие напряжение смещения ($E_{см}$) на базе транзистора $VT3$. Питание макета осуществляется от сети переменного тока 220 В. В макете имеется встроенный стабилизированный выпрямитель на напряжение 25 В (на схеме не показан). При исследовании амплитудной модуляции к макету подключается: осциллограф, НЧ генератор, вольтметр переменного тока. В макете использованы транзисторы типа КТ814В. Частота задающего генератора 600 кГц.

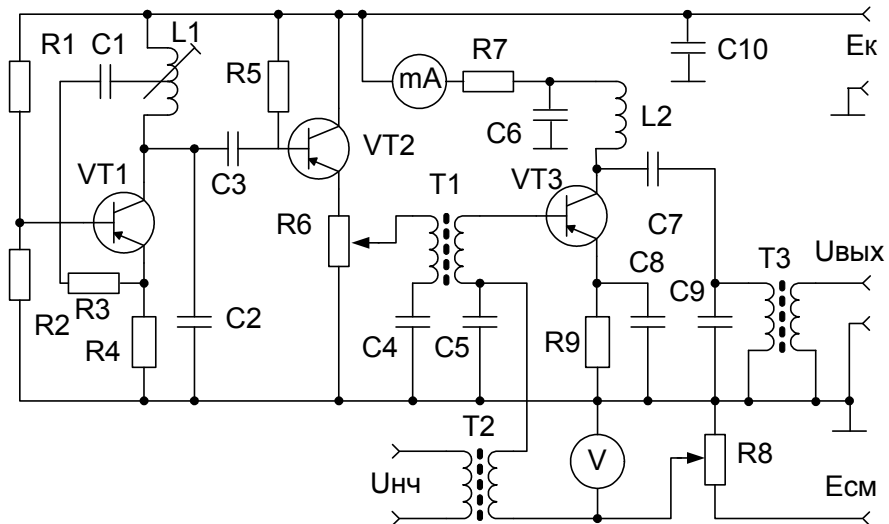


Рисунок 2.6 – Принципиальная схема макета

2.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

2.3.1. Ознакомится со схемой лабораторного макета и назначением элементов схемы. Определить, какие измерительные приборы необходимы для проведения эксперимента. Подключить их к макету. Подключить к макету питание .

2.3.2. Снять статическую модуляционную характеристику (не менее 10 точек). Результаты измерений занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Статическая модуляционная характеристика

$E_6, (B)$	$U_{\text{ВЫХ}}, (B)$	$I_{k0}, (mA)$	$I_{b0}, (mA)$	Примечание
------------	-----------------------	----------------	----------------	------------

По данным измерений построить статическую модуляционную характеристику.

2.3.3. Снять динамическую модуляционную характеристику (не менее 10 точек) при $F_{\Omega}=1000$ Гц. Результаты измерений занести в таблицу 2.2. По данным измерений построить зависимость $M=f(U_{\Omega})$.

Таблица 2.2 – Динамическая модуляционная характеристика

$U_{\Omega}, (B)$	$A-B$	$A+B$	$M, \%$	Примечание
-------------------	-------	-------	---------	------------

2.3.4. Снять амплитудно-частотную модуляционную характеристику при $U_{\Omega}=0,5 U_{\Omega \text{ макс.}}$. Частоту изменять от 1 кГц до 20 кГц с шагом 1 кГц. Результаты измерений занести в таблицу 2.3. По полученным данным построить зависимость $M=f(F_{\Omega})$.



Таблица 2.3 – Амплитудно-частотная модуляционная характеристика

F_{Ω} , (Гц)	$A-B$	$A+B$	$M, \%$	Примечание
---------------------	-------	-------	---------	------------

2.3.5. Произвести расчёт энергетических характеристик при $E_{см} = 0,6$ В.

а) В режиме молчания

$P_{он} = I_{ко} \cdot E_{п}$ - мощность потребляемая выходным каскадом,

где $I_{ко}$ - ток коллектора, $E_{п}$ - напряжение питания ($E_{п} = 25$ В).

$P_{1н} = 0,5 \cdot I_{к1} \cdot U_{\sim н}$ - колебательная мощность в нагрузке,

где $I_{к1} \approx 0,5 \cdot I_{ко}$ - ток первой гармоники в контуре; $U_{\sim н} = 0,7 \cdot Ud$ - напряжение в нагрузке, Ud - показание вольтметра.

Определить КПД каскада $\eta = P_{1н} / P_{он}$.

б) В режиме модуляции установить $M = 100\%$, $E_{см} = 0,6$ В

Определить КПД каскада: $\eta = P_{1н макс} / P_{он}$,

где $P_{1н макс} = 0,5 \cdot I_{к1} \cdot U_{\sim н}$ максимальная колебательная мощность, $I_{к1} \approx 0,5 \cdot I_{ко}$ - ток первой гармоники, $U_{\sim н} = 0,7 \cdot Ud$ - напряжение в нагрузке, $P_{он} = I_{ко} \cdot E_{п}$ - мощность потребляемая оконечным каскадом, $I_{ко}$ - постоянный ток коллектора.

2.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет о выполнении лабораторной работы должен содержать:

- цель работы,
- принципиальную схему макета,
- результаты экспериментальных исследований (таблицы и графики),
- подробные выводы по работе.

2.5. Контрольные вопросы

2.5.1. Приведите упрощенную принципиальную схему базовой модуляции.

2.5.2. Объясните как происходит процесс модуляции при изменении напряжения питания на базе транзистора.

2.5.3. Что представляет собой статическая модуляционная характеристика, как она выглядит графически?

2.5.4. Что представляют собой динамическая и амплитудно-частотная характеристики, как они выглядят графически?

2.5.5. Приведите спектр частот при амплитудной модуляции.

2.5.6. В чём состоят достоинства и недостатки базовой модуляции?

2.5.7. Как изменяется электронный КПД модулируемого каскада при переходе от режима несущей частоты к режиму модуляции?

2.5.8. В чём разница между базовой и коллекторной модуляцией?

2.5.9. Как изменяется угол отсечки коллекторного тока модулируемого каскада в процессе модуляции?

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Изучение и исследование фильтрового метода формирования однополосного сигнала»

Цель работы – ознакомить слушателей дисциплины с основным методом формирования однополосного сигнала — методом последовательных преобразований (фильтровым методом). Получить навыки в теоретических и практических исследованиях основных характеристик сформированных однополосных сигналов.

3.1. Теоретический раздел

Для передачи информации в настоящее время находят весьма широкое применение системы связи с одной боковой полосой, обеспечивающие при одинаковой мощности передатчика значительно более высокую надёжность связи по сравнению с системами, в которых используется обычная амплитудная модуляция. В системе АМ колебания полезная информация содержится как в верхней боковой полосе (ВБП), так и в нижней боковой полосе (НБП), т.е., иначе говоря, имеет двойную избыточность, причём передаваемый сигнал занимает интервал частот, вдвое превышающий минимально необходимый. Невыгодна симметричная АМ и с энергетических позиций, поскольку на формирование и усиление дополнительной полосы спектра в передатчике затрачивается и дополнительная мощность. К тому же несущее колебание, используемое фактически только для выполнения нормальных условий работы детектора в приёмнике, является наиболее энергоёмкой составляющей спектра.

Модулирующий сигнал (передаваемое телефонное, факсимильное, телеграфное или вещательное сообщение), занимает ограниченную полосу частот $F_n \dots F_v$ а его амплитуда $A(t)$ изменяется в пределах $0 \dots A_{max}$, где A_{max} – максимальная амплитуда, ограниченная возможностями источника сообщений или нелинейностью АЧХ канала связи.

Из теории сигналов известно несколько видов записи для мгновенных значений таких сигналов:

$$u_m(t) = \sum_{n=1}^N a_n \cos(\Omega_n t + \varphi_n) = A(t) \cos[\Omega_{cp} t + \Phi(t)], \quad (3.1)$$

где a_n , Ω_n , φ_n – амплитуда, частота и фаза спектральных составляющих модулирующего сигнала;

$A(t)$ – мгновенная амплитуда;

Ω_{cp} – средняя частота спектра;

$\Phi(t)$ – мгновенная фаза модулирующего сигнала.

Иногда удобно использовать безразмерную относительную амплитуду

$$X(t) = \frac{A(t)}{A_{max}},$$

а модулирующий сигнал можно записать в виде:

$$U_m(t) = A_{max} X(t) \cos[\varphi_{cp} + \Phi(t)]. \quad (3.2)$$

В общем случае $A(t)$, $X(t)$, $\Phi(t)$, являются случайными функциями времени.

Относительная амплитуда измеряется в пределах $0 < X(t) < 1$.

Если модулирующий сигнал (3.2) подать на вход АМ модулятора, то сигнал на его выходе:

$$u_{AM}(t) = U_0 \cos \omega_0 t + 0,5M(t)U_0 \cos[\omega_0 t + \Omega_{cp}t + \Phi(t)] + 0,5M(t)U_0 \cos[\omega_0 t - \Omega_{cp}t - \Phi(t)]. \quad (3.3)$$

Здесь $M(t) = A(t)/U_0 = A_{max}X(t)/U_0$, а $X(t)$ - относительная амплитуда модулирующего сигнала.

После подавления колебания в нежелательной полосе и ослабления колебания с несущей частотой получим сигнал с однополосной модуляцией (ОМ) и ослабленной несущей:

$$u_{OM}(t) = K_H U_0 \cos \omega_0 t + 0,5M(t)U_0 \cos[\omega_0 t \pm \Omega_{cp}t \pm \Phi(t)], \quad (3.4)$$

где K_H - коэффициент ослабления несущей; $K_H U_0 = U_H$ - амплитуда колебаний с несущей частотой; $0,5M(t)U_0 = 0,5A_{max}X(t) = U_{\delta max}X(t) = U_{\delta}(t)$ - амплитуда спектральной составляющей, соответствующей боковой полосе.

С учетом этих обозначений (3.4) можно представить в виде:

$$u_{OM}(t) = U_H \cos \omega_0 t + U_{\delta} \cos[\omega_0 t \pm \Omega_{cp}t \pm \Phi(t)], \quad (3.5)$$

где знак «+» означает, что выделяется ВБП, знак «-» соответствует выделению НБП.

Типы излучений с ОМ характеризуются, коэффициентом: ослабления несущей. Если $K_H = 0,5$ (ослабление 6 дБ), то (3.4) соответствует излучению типа *НЗЕ*, для которого характерны следующие соотношения:

При $M(t) = 1$ получается $U_{\delta} = U_{\delta max} = U_H$, т.е. амплитуды несущей и боковой составляющих спектра равны.

При $K_H = 0,25$ (ослабление несущей 12 дБ), колебание с ОМ соответствует излучению типа *РЗЕ* (однополосная телефония с подавлением несущей на 6...32 дБ).

Наконец, если $K_H < 0,01$ (ослабление более 40 дБ), получается колебание с подавленной несущей, соответствующее излучению типа *ЛЗЕ* (однополосная телефония с подавлением несущей на 32...40 дБ).

Выражения (3.3) для АМ и (3.5) для ОМ можно записать в общем виде как произведение колебания огибающей $U_{ог}(t)$ и ВЧ колебания с фазовой модуляцией:

$$U(t) = U_{ог} \cos[\omega_0 t + \Psi(t)]. \quad (3.6)$$

Для АМ колебания (3.3) значения $U_{ог} = U_0[1 + M(t)\cos\Omega t]$, где $\psi(t) = 0$.

Для ОМ колебания (3.5):

$$U_{ог} = U_{бmax} \sqrt{H^2 + X(t)^2 + 2HX(t)\cos[\Omega_{cp}t + \Phi(t)]}, \quad (3.7)$$

$$\Psi(t) = \arctg \left\{ X(t) \frac{\sin[\Omega_{cp}t + \Phi(t)]}{H} + X(t) \cos[\omega_0 t + \Phi(t)] \right\}. \quad (3.8)$$

Здесь $H = \frac{U_H}{U_{бmax}} = 2K_H$.

В частном случае для ОМ типа $J3E$, когда $H=0$, уравнения принимают более простой вид:

$$U_{ог} = U_{бmax} X(t),$$

$$\Psi(t) = \Omega_{cp}t + \Phi(t).$$

Используя выражения (3.3) - (3.8) для любых значений K_H и $M(t)$ можно построить спектры этих колебаний, векторные диаграммы и эюры сигналов.

На рисунке 3.1 представлены эюры модулированных колебаний для излучений $A3E$, $H3E$, $R3E$, $J3E$.

Колебания модулированы гармоническим сигналом при глубине модуляции $M = 1; 0,5; 0,25$, причём для колебаний $H3E$, $R3E$, $J3E$ максимальная амплитуда в боковой полосе $U_{бmax}$ принята равной сумме амплитуд в боковых полосах для колебания $A3E$: $U_{бmax} = 2(0,5M_{max}U_0)$. При выполнении этого условия сигналы на выходе амплитудного детектора будут иметь одинаковую амплитуду при подаче на вход колебаний $H3E$ или $A3E$.

Балансный модулятор

Для подавления несущей частоты обычно используется балансный модулятор (БМ). В макете применена параллельно–мостовая схема балансного модулятора (рисунок 3.2).

При отсутствии звукового напряжения и наличии несущей частоты через диоды проходят односторонние импульсы несущей, которые не попадают на выход из-за баланса моста. В этом можно убедиться, расставив мгновенную полярность на диодах. При подаче звукового колебания в отсутствие несущей частоты возникает ток звуковой частоты через первичную обмотку выходного трансформатора, который, однако, не трансформирует низкую частоту из-за, отсутствия магнитного сердечника. При одновременной подаче обоих напряжений цепь тока звуковой частоты шунтируется диодами с частотой коммутирующего напряжения. В результате на выходе получим, последовательность модулированных импульсов, т.е. двухполосный сигнал без несущей.

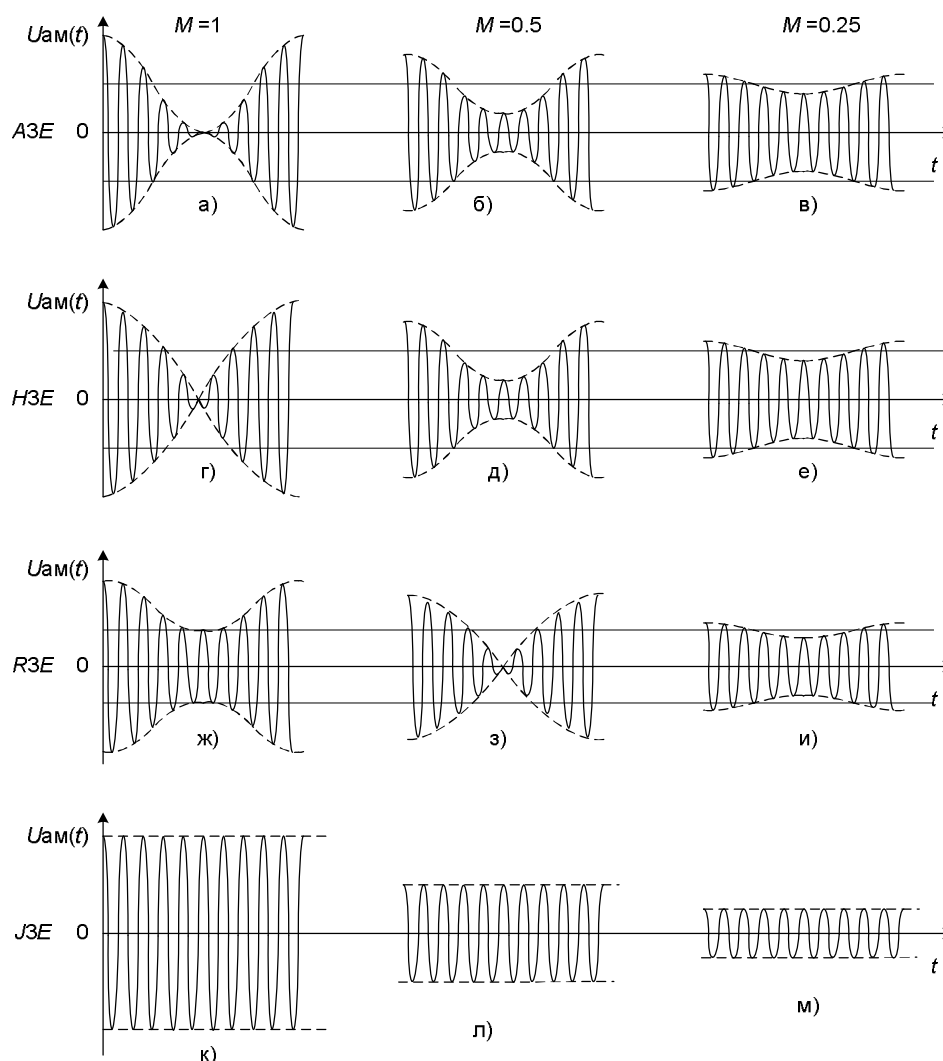


Рисунок 3.1 – Эпюры колебаний для излучений $A3E$, $H3E$, $R3E$, $J3E$ при $M=1; 0,5; 0,25$

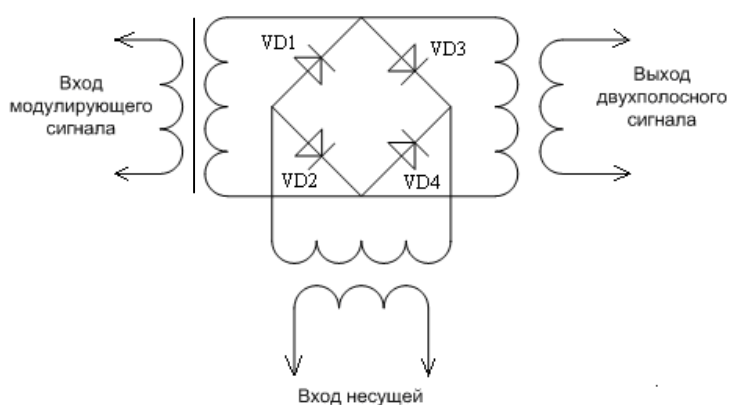


Рисунок 3.2 – Схема балансного модулятора

К выбору крутизны скатов АЧХ фильтра

Для подавления нерабочей боковой полосы на выходе БМ обычно используется фильтр. К этому фильтру предъявляются весьма жесткие требования в отношении крутизны скатов его АЧХ. По существующим нормам (ГОСТ 1342-79 Передатчики для магистральной радиосвязи) нерабочая, полоса должна быть

ослаблена не менее, чем на 60 дБ. На рисунке 3.3 показан спектр колебания, получаемого с выхода БМ. Обозначим: абсолютную величину интервала между НБП и ВБП через $2F_{min}$, его относительную величину через $\delta(\%) = (2F_{min}/f_{cp})100\%$.

Если необходимо ослабить одну из боковых (например, НБП) на b_{ϕ} дБ, то фильтр должен обладать АЧХ с крутизной ската

$$S_{сф} = b_{\phi} / \delta(\%), \text{ дБ}/(\%) . \quad (3.9)$$

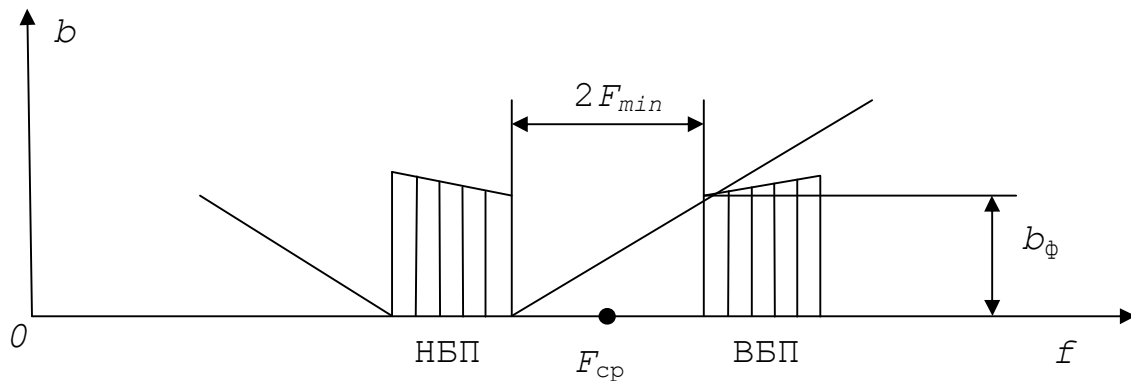


Рисунок 3.3 – К выбору крутизны скатов АЧХ фильтра

Для различных фильтров максимально достижимая крутизна ската АЧХ равна:

LC-фильтры	100дБ/(%);
ЭМФ	600дБ/(%);
Кварцевые	1000дБ/(%).

3.2. Описание лабораторной установки

Макет, структурная схема которого представлена на рисунке 3.4, реализует фильтровый метод формирования однополосного сигнала типа $J3E$.

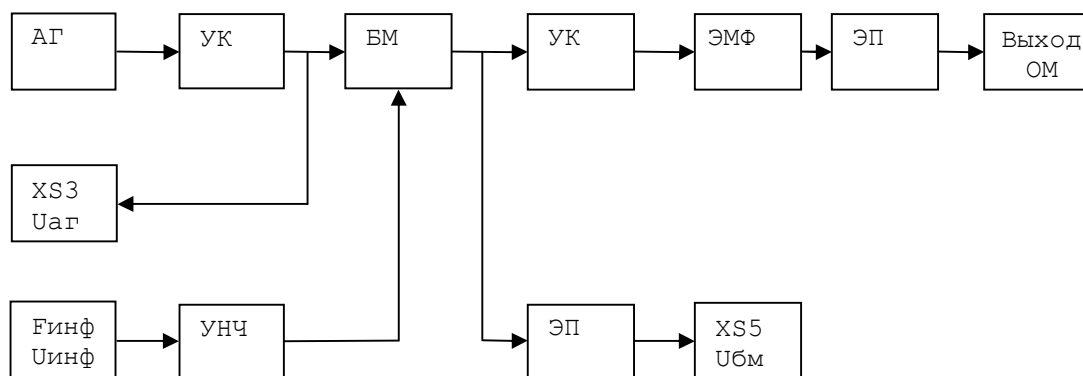


Рисунок 3.4 – Структурная схема макета

На рисунке использованы следующие обозначения: АГ – автогенератор; УК – усилительные каскады; БМ – балансный модулятор; ЭМФ – электромагнитный фильтр; ЭП – эмиттерный повторитель; УНЧ – усилитель низкой частоты.

Спектры сигналов на выходах соответствующих блоков приведены на рисунке 3.5, а на рисунке 3.6 приведена электрическая принципиальная схема лабораторного макета.

Автогенератор (АГ) с возможностью перестройки частоты выполнен на

транзисторе VT1 типа КП302В по схеме емкостной трёхточки.

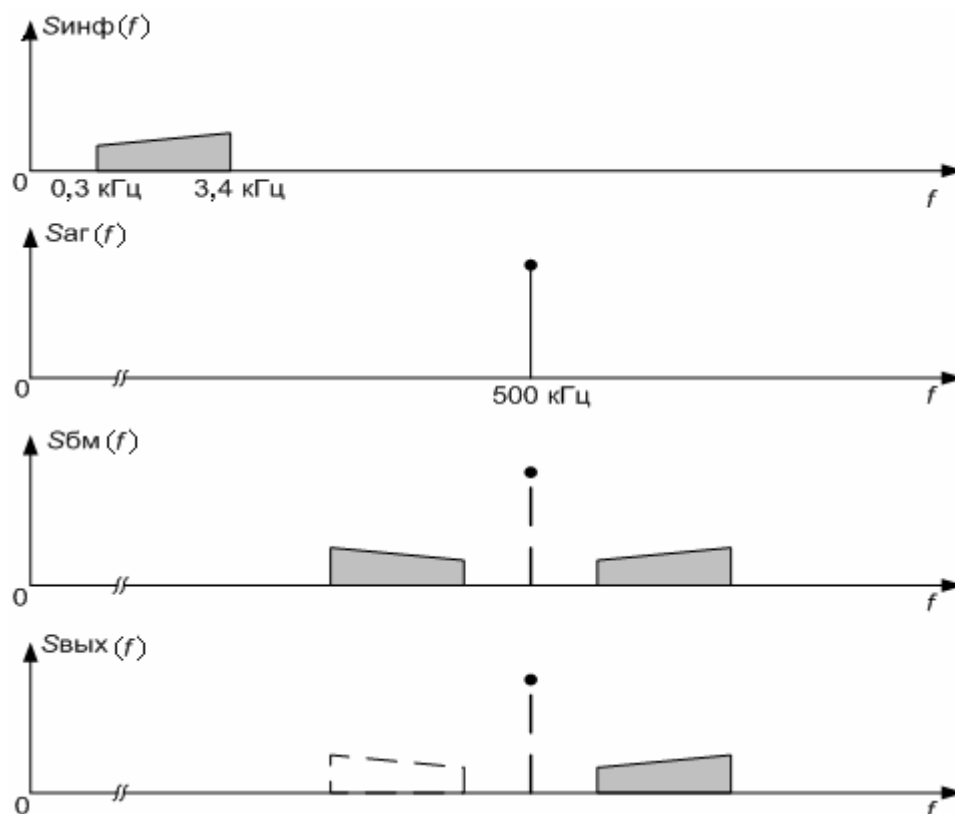


Рисунок 3.5 – Спектры сигналов в различных точках схемы

Частота АГ может плавно перестраиваться в диапазоне от 400 до 600 кГц, путём изменения напряжения на варикапе VD1, в качестве которого применён стабилитрон Д815. С помощью потенциометров R4 (верхний на панели макета) осуществляется «грубая» установка частоты, а с помощью R1 (нижний на панели макета) – точная.

Усилительный каскад УК выполнен на транзисторе VT2 типа КТ325Б. Балансный модулятор выполнен на диодах VD1...VD4 типа КД509А по параллельно-мостовой схеме. Назначение БМ — осуществление амплитудной модуляции с одновременным подавлением несущей частоты в спектре выходного модулированного сигнала. В качестве фильтра применён электромеханический фильтр типа ЭМФ-9Д-500-3Н.

Назначение и работа остальных каскадов макета очевидны и в пояснениях не нуждаются.

3.3. Порядок выполнения теоретических расчетов

3.3.1. Ознакомиться с фильтровым методом: формирования однополосного сигнала [1] стр. 304-310, [2] стр. 355-364.

3.3.2. В соответствии с последней (N) и предпоследней (M) цифрами зачетной книжки из таблицы 3.1 выбрать значения b_Φ – требуемого затухания в полосе задержания, F_{min} – минимальной частоты модулирующего сигнала и f_{cp} – средней частоты спектра двухполосного сигнала. Рассчитать по методике, приведённой в теоретическом разделе, требуемую крутизну ската АЧХ фильтра на выходе БМ. Выбрать фильтр, реализующий требуемую крутизну спада АЧХ.

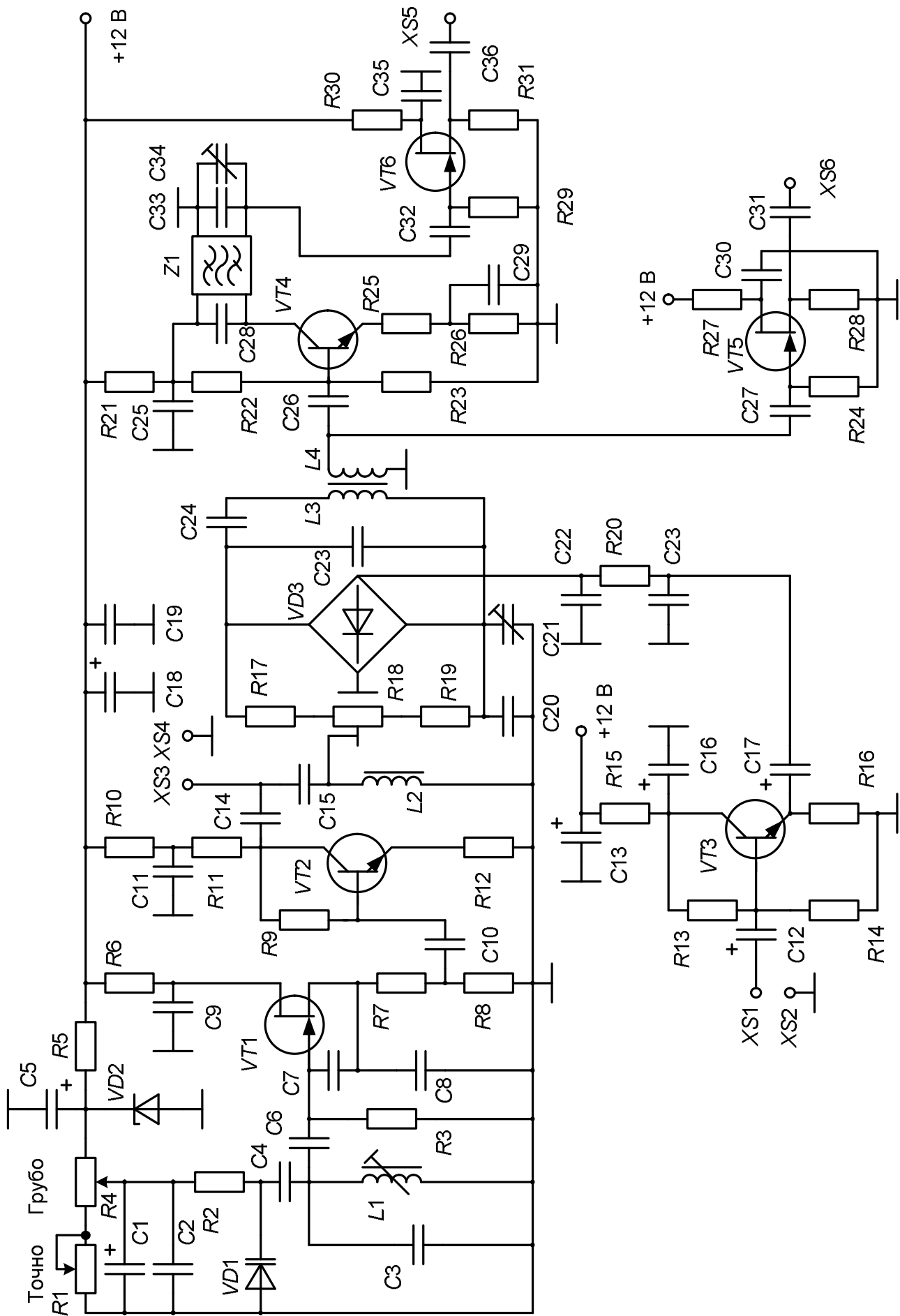


Рисунок 3.6 – Принципиальная схема макета

Таблица 3.1 – Исходные данные к расчетам

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
b_{ϕ} , дБ	20	25	30	25	20	25	30	25	30	25
M	Чет.	Нечет.	Чет.	Нечет.	Чет.	Нечет.	Чет.	Нечет.	Чет.	Нечет.
F_{min} , Гц	300	250	200	250	300	350	300	250	200	250
f_{cp} , кГц	500	465	250	200	120	500	465	250	200	120

3.4. Порядок выполнения экспериментальных исследований

3.4.1. Определить диапазон перестройки автогенератора по частоте.

3.4.2. Оценить степень подавления b_{ϕ} несущей на выходе балансного модулятора на частоте 500 кГц по формуле

$$b_{\phi} = 20 \lg \frac{U_{max}}{U_{min}},$$

где U_{max} – максимальная амплитуда несущей на выходе БМ при полной разбалансировке; U_{min} – минимальная амплитуда несущей на выходе БМ при полной балансировке.

3.4.3. Подать на вход макета модулирующий сигнал от звукового генератора порядка 50...150 мВ. Сформировать однополосный сигнал на выходе макета.

3.4.4. Снять АЧХ электромеханического фильтра.

3.4.5. Рассчитать крутизну спада АЧХ фильтра.

3.4.6. Зарисовать осциллограммы двухполосного и однополосного сигналов.

3.4.7. Построить экспериментальную АЧХ фильтра: $b=f(F)$.

3.4.8. Сформулировать выводы по работе.

3.4.9. Оформить отчет.

3.5. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет о выполнении лабораторной работы должен содержать:

- цель работы,
- структурную схему макета,
- результаты теоретического расчета,
- результаты экспериментальных исследований,
- подробные выводы по работе.

3.6. Контрольные вопросы

3.6.1. Каковы преимущества ОМ перед АМ ?

3.6.2. В какой параметр однополосного сигнала заложена передаваемая информация ?

3.6.3. Назначение и принцип действия БМ.

3.6.4. Запишите аналитическое выражение для ОМ сигнала.

3.6.5. Поясните методику снятия АЧХ ЭМФ.

3.6.6. Каким образом можно сформировать сигналы вида $H3E$ и $R3E$?

3.6.7. Каковы основные требования к фильтру на входе БМ?

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Изучение и исследование частотного модулятора»

Цель работы - Исследовать модуляционные характеристики автогенератора, частота которого управляется варикапом.

4.1. Теоретический раздел

Для частотной модуляции автогенератора к его контуру подключается управляемая реактивность. Обычно здесь используется полупроводниковый диод (варикап), емкость которого зависит от модулирующего напряжения. Эта зависимость изучается в теории р-п перехода [1,2,3] и описывается выражением

$$C_B(U) = \frac{dq}{dU} = \frac{A}{(\varphi + U)^\gamma},$$

где A – постоянный коэффициент; γ – коэффициент, зависящий от закона распределения примесей в полупроводниковых материалах; U – напряжение на варикапе; $\varphi \approx 0,6$ В – контактная разность потенциалов, существенно зависящая от температуры.

На рисунке 4.1 показана зависимость емкости варикапа от напряжения смещения.

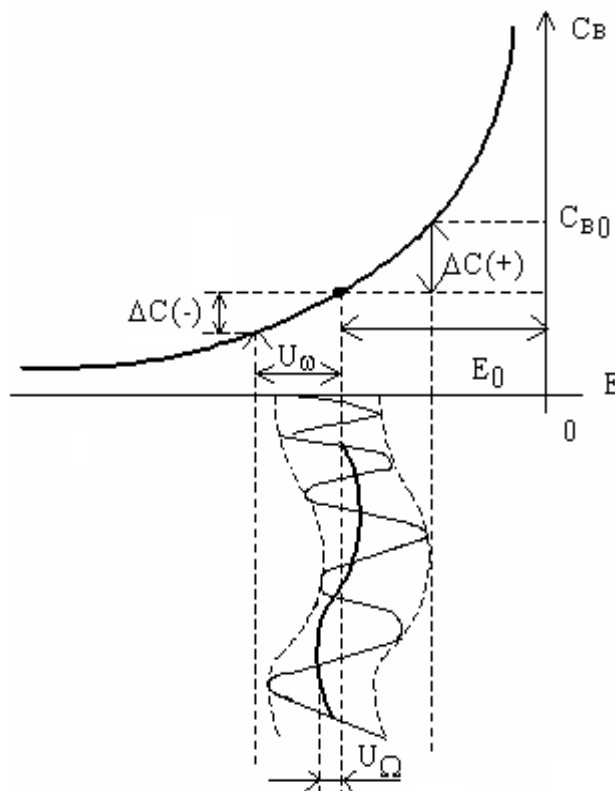


Рисунок 4.1 – Зависимость емкости варикапа от напряжения смещения

При $U \gg \varphi$ и $\gamma = 1/2$ с достаточной точностью можно считать, что емкость варикапа определяется выражением:

$$C_B = C_{BH} \sqrt{\frac{U_H}{U}},$$

где C_{BH} – номинальная емкость варикапа (указывается в паспорте на варикап), U_H – номинальное напряжение (обычно $U = 4$ В).

Максимальная относительная девиация частоты может быть определена по формуле

$$\left(\frac{\Delta\omega}{\omega} \right)_{max} = \frac{1}{4} m_{\Omega} \frac{C_{OB}}{C_K} P^2, \quad (4.1)$$

где $m_{\Omega} = \frac{U_{\Omega}}{E_0}$; $C_K = C + P^2 \cdot C_{OB}$;

U_{Ω} – амплитуда напряжения модулирующей частоты;

C_{OB} – емкость варикапа при $E = 0$;

C – постоянная емкость контура;

p – коэффициент включения.

В реальных устройствах получение ЧМ колебаний связано с нелинейными и частотными искажениями. Коэффициент нелинейных искажений имеет наибольшее значение по второй гармонике и выражается следующей приближенной формулой

$$K_{Г\Omega} = \frac{3}{8} m_{\Omega} \left(\frac{1}{2} P^2 \frac{C_{OB}}{C_K} + m_{\Omega}^2 + 1 \right). \quad (4.2)$$

Подставив в формулу (4.2) значение m_{Ω} , определенное из (4.1), получим:

$$K_{Г\Omega} = \frac{3}{4} \frac{\Delta\omega}{\omega} \left[1 + \frac{2C_K}{P^2 C_{OB}} (1 - m_{\Omega}^2) \right].$$

Мощность потерь P_{Π} определяется по формуле

$$P_{\Pi} = \frac{\omega^2 C_{0B} U_{\omega}^2}{2Q_B \varpi_H} \sqrt{\frac{U_H}{E_0}},$$

где Q_B – добротность варикапа, измеренная на частоте ω_H (справочные данные), E_0 – напряжение смещения.

4.2. Описание лабораторной установки

Для исследования автогенератора с ЧМ создана установка, схема которой приведена на рисунке 4.2.

Автогенератор выполнен по схеме «емкостная трехточка», колебательный контур который образуют конденсаторы $C6$, $C7$, $C8$ и индуктивность $L1$. Частотный модулятор выполнен на варикапе $VD3$, который подключается к контуру через разделительный конденсатор $C5$. Величина смещения на варикапе регулируется

резистором $R4$ и контролируется прибором $PU1$. На диоде $VD1$ и резисторах $R1$, $R2$, $R3$ выполнен компенсатор нелинейных искажений, регулировка которого производится с помощью резистора $R3$.

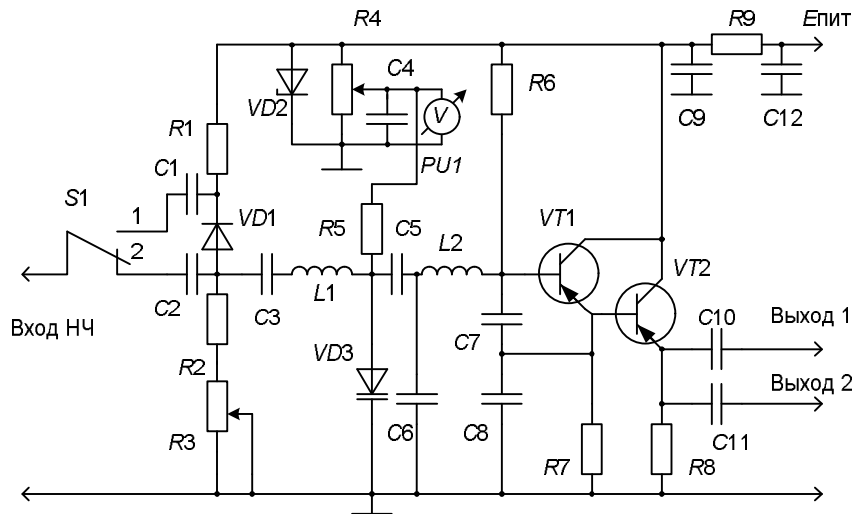


Рисунок 4.2 – Принципиальная схема макета

Предусмотрена подача модулирующего напряжения на вход схемы при отключенном компенсаторе (П1 в положении 2). Девиация частоты контролируется девиометром (шкала в кГц).

4.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

4.3.1. Ознакомиться с работой схемы и назначением элементов.

4.3.2. Снять статическую модуляционную характеристику $U_{\omega}(E_0)$ и $\Delta f(E_0)$ при $U_{\Omega}=0$. Напряжение смещения изменять от 0 до 10 В с шагом 0,2 В. Оценить уровень паразитной амплитудной модуляции.

Результаты измерений занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Статическая модуляционная характеристика

$E_{см}, В$							
$U_{\omega}, В$							
$\Delta f, кГц$							

По результатам измерений построить статическую модуляционную характеристику.

4.3.3. Снять динамическую модуляционную характеристику $\Delta f(U_{\omega})$ при $U_{\Omega}=0$.

а) Поставить переключатель $S1$ в нижнее положение, ручку переменного сопротивления $R3$ повернуть в крайнее левое положение, установить напряжение смещения $E_{см}=2 В$.

б) На вход макета подключить генератор звуковой частоты. Установить частоту генератора $F_{\Omega}=1 кГц$ и, изменяя амплитуду U_{Ω} в пределах от 0 до 30 В с шагом 1 В снять зависимость девиации частоты Δf от амплитуды модулирующего сигнала.

Результаты измерений занести в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Динамическая модуляционная характеристика

U_{Ω} , В							
Δf , кГц							

По результатам измерений построить динамическую модуляционную характеристику.

4.3.4. Перевести переключатель в верхнее положение и повторить измерения по пункту 4.3.3.

4.3.5. Снять частотную модуляционную характеристику $\Delta f(F_{\Omega})$:

а) Установить напряжение модулирующего сигнала U_{Ω} такой величины, чтобы девиация частоты при напряжении смещения равном $E_{\text{см}}=2$ В, частоте модулирующего сигнала $F_{\Omega}=10$ кГц составила $\Delta f=50$ кГц.

б) Изменяя частоту модулирующего сигнала в пределах от 1 кГц до 20 кГц, поддерживая постоянным напряжение модулирующего сигнала, снять зависимость девиации частоты от частоты модулирующего сигнала.

Результаты измерений занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Частотная модуляционная характеристика

F_{Ω} , кГц							
Δf , кГц							

По результатам измерений построить частотную модуляционную характеристику.

4. 4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы

Отчет о выполнении лабораторной работы должен содержать:

- цель работы,
- принципиальную схему ЧМ автогенератора,
- результаты экспериментальных исследований,
- подробные выводы по работе.

4. 5. Контрольные вопросы

4.5.1. Пояснить принцип действия частотного модулятора с варикапом. Указать достоинства и недостатки модулятора.

4.5.2. Нарисовать и сопоставить статические модуляционные характеристики модулятора на варикапе;

а) для двух значений напряжения на контуре автогенератора,

б) для двух значений коэффициента включения варикапа в контур.

4.5.3. Нарисовать и объяснить зависимости относительной девиации частоты от коэффициента включения варикапа в контур автогенератора при разных значениях амплитуды модулирующего сигнала U_{Ω} .

4.5.4. Нарисовать и объяснить статические модуляционные характеристики при малом и большом значениях амплитуды высокочастотных колебаний в контуре.

4.5.5. Пояснить, что такое индекс частотной модуляции.

4.5.6. Чем определяется спектр ЧМ колебаний, какова его структура и ширина?

5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

«Изучение и исследование опорного генератора «Гиацинт»»

Цель работы – Изучить особенности построения и принципы работы опорных генераторов. Исследовать режимы работы опорного генератора и влияние внешних факторов на стабильность его частоты.

5.1. Теоретический раздел

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо изучить принцип работы, особенности построения структурной и принципиальной схемы опорного генератора, по «Техническому описанию и инструкции по эксплуатации на генератор опорный «Гиацинт»». Рассчитать крутизну характеристики электронной перестройки частоты и постоянную времени RC цепочки в цепи электронной перестройки частоты.

5.2. Описание лабораторной установки

Генератор опорный «Гиацинт» входит в состав возбудителя «БОТ», который, в свою очередь, входит в состав радиопередатчиков «Бриг», и «Корвет», и для исследований опорного генератора используется один из передатчиков.

Лабораторная установка состоит из диапазонного возбудителя «БОТ», рабочего поля, на котором расположены гнезда контрольных точек и изображена структурная схема возбудителя и измерительных приборов: частотомер ЧЗ-54, осциллограф С1-72, вольтметр В7-28, блок питания БЗ-23, которые, для проведения измерений, подключаются к необходимым точкам схемы. В данной работе используются следующие контрольные точки: «Выход ОГ», «Контроль выхода ОГ», «Автоподстройка ОГ»;

ВНИМАНИЕ! В процессе работы нет необходимости в доступе к внутренним блокам РПДУ. Питание выходных каскадов усиления мощности передатчика не включать.

5.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

5.3.1. Подготовка макета к работе

Включить питание измерительных приборов, и прогреть их в течение 30...40 минут, НЕ ВКЛЮЧАЯ МАКЕТ!!!

Включить питание осциллографа. Вход осциллографа подключить для наблюдения формы токов и напряжений к гнезду «Выход ОГ».

Установить переключатели на передней панели частотомера в следующее положение: «Уровень» – Авт.; «50 Ω » – Откл.; «150 МГц/50 МГц» – 50 МГц; « $\sim$ / $\Rightarrow$ » в положение $\sim$; «1/1 QV» – 1V; «Время счета» – 10^3 ; «Род работы» – «Частота А»; «Память» – Откл.; «Счет» – «Автомат».

Установить ручки управления в следующее положение: «Уровень» – среднее; «Время индикации» в положение, при котором данные на индикаторе удерживаются примерно в течение 0,7...1 секунды. Соединить гнездо «Вход А» частотомера с разъемом «Выход ОГ».

Включить вольтметр, проверить и при необходимости отрегулировать ноль вольтметра. Подключить вольтметр к разъему «Автоподстройка ОГ».



Подключить источник постоянного напряжения к разъему «Автоподстройка ОГ», включить его и по показаниям вольтметра установить выходное напряжение $U = 0$ В.

5.3.2. Практические исследования

Исследовать процесс установления рабочей частоты опорного генератора, для чего включить макет и измерять выходную частоту ОГ в течение 30 минут после момента включения. Интервал между замерами в течение первой минуты – 5 секунд, следующих 9 минут – 30 секунд, далее 1 минута. По результатам построить график. Определить абсолютную и относительную погрешность выходной частоты за 1 минуту, 10 минут, 30 минут.

Исследовать временную нестабильность частоты в установившемся режиме, для чего произвести ещё 20 замеров выходной частоты с интервалом в 5 секунд между замерами и определить абсолютную и относительную погрешность выходной частоты. Результаты оформить в виде таблицы.

Исследовать зависимость выходной частоты от управляющего напряжения, для чего изменять выходное напряжение источника постоянного напряжения в диапазоне 0... 30 В, с интервалом 0,5 В. По результатам построить график.

С помощью осциллографа исследовать форму и уровень выходного сигнала. Осциллограмму зарисовать.

Отключить питание макета и измерительных приборов, При этом на частотомере должен мигать индикатор включения термостата.

5.4. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы

- Цель работы.
- Принципиальная схема задающего генератора с цепями управления частотой.
- Результаты теоретических расчетов.
- Таблицу и график измерений процесса установления частоты.
- Таблицу с экспериментальными данными измерений временной нестабильности частоты, и результаты расчета погрешностей.
- График зависимости частоты генератора от управляющего напряжения.
- Осциллограмма сигнала.

5.5. Контрольные вопросы

5.5.1. Перечислить факторы, влияющие на стабильность частоты автогенераторов.

5.5.2. Какие свойства кварцевого резонатора позволяют использовать его в автогенераторах.

5.5.3. Каков характер реактивного сопротивления кварцевого резонатора при его использовании в осцилляторных схемах,

5.5.4. Какие факторы влияют на стабильность частоты кварцевого резонатора?

5.5.5. Приведите эквивалентную схему кварцевого резонатора.

5.5.6. Что такое частота последовательного резонанса и частота параллельного резонанса?

5.5.7. Каким образом в ОГ «Гиацинт» реализована термокомпенсация?

5.5.8. Каким образом в ОГ «Гиацинт» реализована термостабилизация?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование радиопередатчиков: Учеб. пособие для вузов / В.В. Шахгильдян, М.С. Шумилин, В.Б. Козырев и др.; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – 4-е издание. – М.:Радио и Связь, 2003. – 656 с.: ил.
2. Белов Л.А. Радиопередающие устройства. Учебник для ВУЗов / Л.А. Белов, А.Д. Кушнир; Под редакцией М.Б. Благовещенского. – М.:Радио и связь, 1982. – 408 с.: ил.
3. Дробов С.А. Радиопередающие устройства. Учебник для ВУЗов/ С.А.Дробов, А.Л. Поляков .– М.: Сов радио, 1979. – 720 с.: ил.
4. Клягин Л.Е. Радиопередающие устройства. Учебник для ВУЗов связи / Л.Е. Клягин, В.Б. Козырев; Под ред. В.В. Шахгильдяна. – М.:Связь, 1980. – 328 с.: ил.

Заказ № _____ от « _____ » _____ 2005 Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ