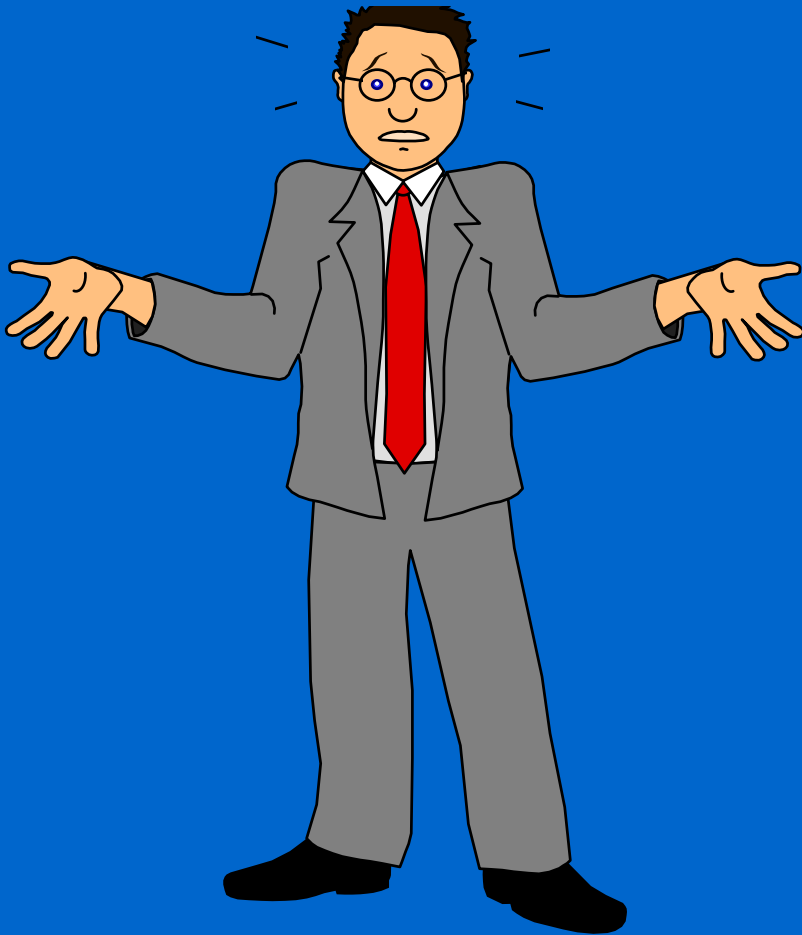


ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ИССЛЕДОВАНИЕ АМПЛИТУДНОГО
МОДУЛЯТОРА



СОДЕРЖАНИЕ



- ЦЕЛИ РАБОТЫ
- ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ
- ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ
- ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ
- ОТЧЕТ
- КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ



ABC



ЦЕЛИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

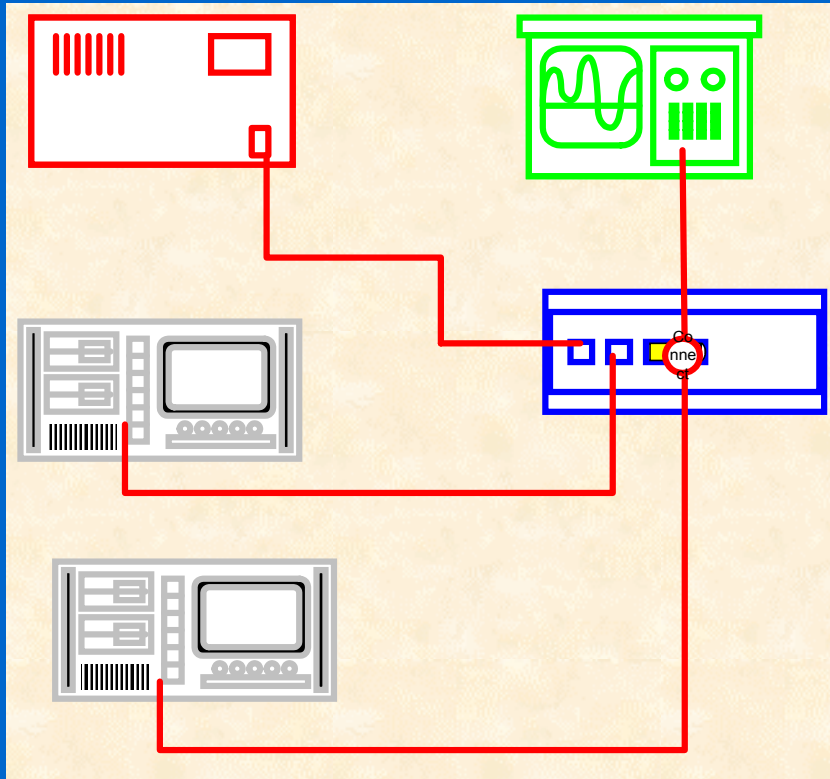
- ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АМПЛИТУДНОГО МОДУЛЯТОРА
- ИЗУЧЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ.



ABC



ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ



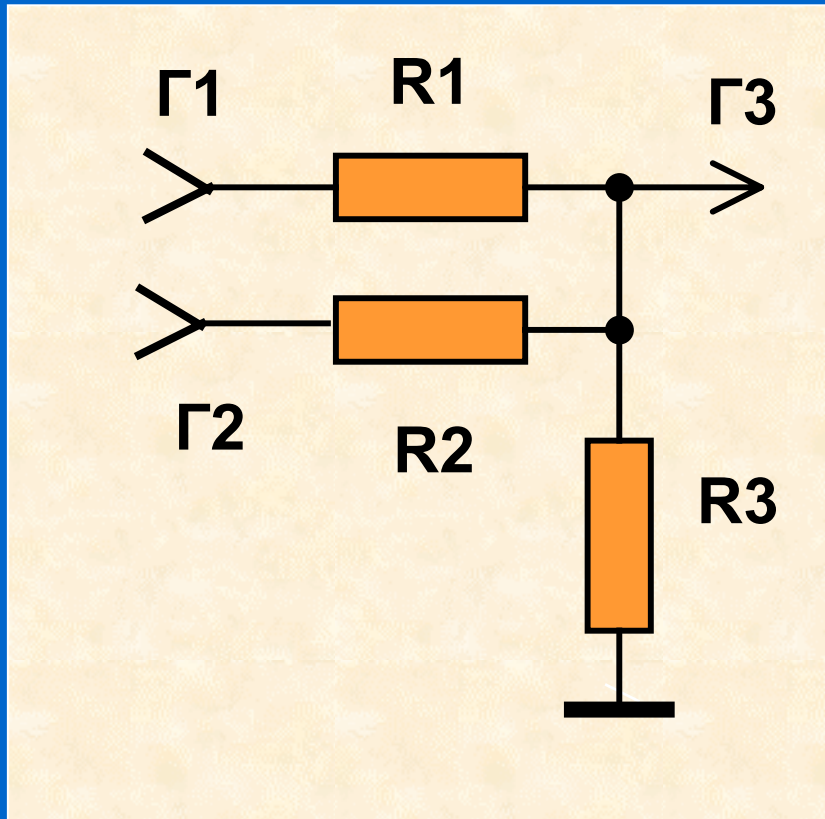
- МАКЕТ МОДУЛЯТОРА
- ГЕНЕРАТОР ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ РАДИОЧАСТОТЫ
- ГЕНЕРАТОР ГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ
- ОСЦИЛЛОГРАФ
- АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА
- СХЕМА ИЗМЕРЕНИЙ
- СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ



ABC



ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ



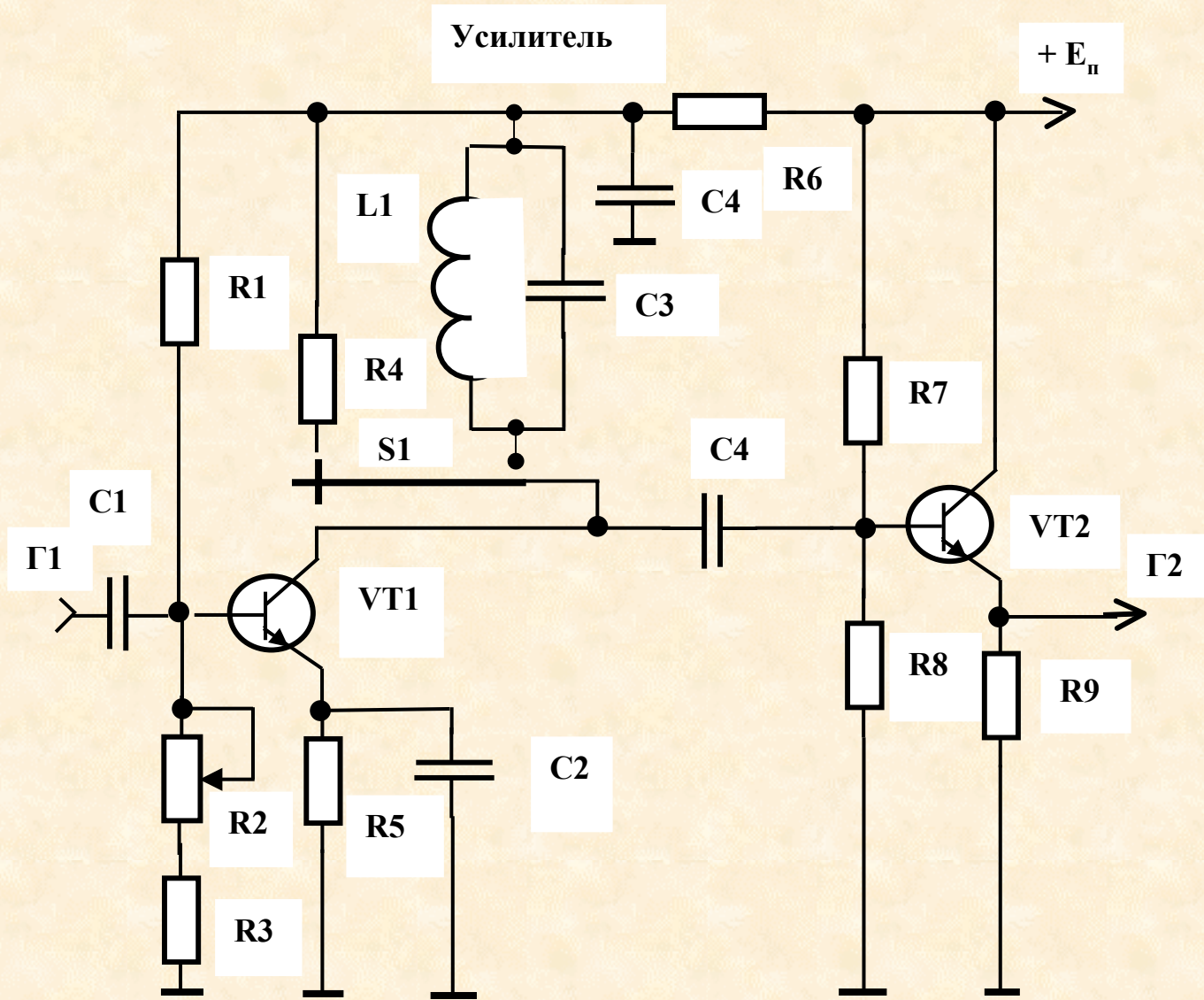
- Это простое устройство, называемое сумматором, находится внутри макета и предназначено для подачи на базу транзистора VT1 принципиальной электрической схемы усилителя **суммы** несущего и модулирующего колебаний.



ABC



СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ



ABC



ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

- Изучить методику проведения лабораторной работы.
- Рассчитать параметры колебательного контура модулятора, собранного на транзисторе КТ312, и спектральный состав коллекторного тока при заданных значениях напряжения рабочей точки $U_{0эб}$, амплитуд несущего U_{m0} и модулирующего $U_{m\Omega}$ колебаний, частот несущего f_0 и модулирующего F колебаний и добротности Q контура.
- Рассчитать и построить спектр амплитуд выходного сигнала.



ABC



РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОНТУРА

- Расчет целесообразно начать с определения **характеристического сопротивления контура**, по которому легко рассчитать индуктивность и емкость контура

$$\rho = \frac{Q}{r}, \Rightarrow \rho = \omega_p \times L \Rightarrow L = \frac{\rho}{(2\pi f_p)}$$
$$\rho = \frac{1}{(\omega_p C)} \Rightarrow C = \frac{1}{(2\pi f_p \times \rho)}$$

Затем необходимо рассчитать резонансное сопротивление контура $R_{рез}$ с учетом **коэффициента включения** p

$$R_{рез} = p^2 \times Q\rho$$



ABC



Расчет спектрального состава коллекторного тока

- 1 этап. Расчет спектрального состава коллекторного тока для модулирующего колебания.
Проходная характеристика транзистора для этого колебания аппроксимируется полиномом второй степени .

$$i_k = a_0 + a_1 u_{mod} + a_2 u_{mod}^2$$
$$i_k = h_{21э} \times i_b$$

Необходимые коэффициенты разложения a_n находятся по методу “ n выбранных точек”.



ABC



Расчет спектрального состава коллекторного тока (продолжение)

- 2 этап. Расчет спектрального состава коллекторного тока для несущего колебания.

Проходная характеристика **транзистора** для этого колебания описывается кусочно-линейной функцией. Используя **свойство** нелинейных цепей, определяем частоты составляющих спектра ($\omega_0 \pm \Omega$) или ($f_0 \pm F$).

2.1. Рассчитаем значения **углов отсечки**

$$\vartheta_{max} = \arccos\{[U_H - (U_0 - U_{m\Omega})]/U_{m0}\}$$

$$\vartheta_{мин} = \arccos\{[U_H - (U_0 + U_{m\Omega})]/U_{m0}\}$$



ABC



Расчет спектрального состава коллекторного тока (продолжение)

- 2 этап. 2.2. Рассчитаем значения коэффициентов Берга

$$\gamma_1(\vartheta_{max}) = (1/\pi) \times (\vartheta_{max} - \sin\vartheta_{max} \times \cos\vartheta_{max})$$

$$\gamma_1(\vartheta_{мин}) = (1/\pi) \times (\vartheta_{мин} - \sin\vartheta_{мин} \times \cos\vartheta_{мин})$$

- 2.3. Рассчитаем значения амплитуд основной гармоники коллекторного тока

$$I_{1km} = SU_{твв} \times \gamma_1(\vartheta)$$

- 2.4. Рассчитаем коэффициент модуляции тока

$$M_i = \frac{I_{1max} - I_{1мин}}{I_{1max} + I_{1мин}}$$



ABC



Расчет спектрального состава коллекторного тока (продолжение)

- 2 этап. 2.5. Рассчитываем амплитуды составляющих спектра тока на частотах f_0 и $(f_0 \pm F_m)$

$$I_{m0} = \frac{I_{1max} + I_{1min}}{2}, I_{mб} = \frac{M_i I_{m0}}{2}$$

2.6. Составляем **общую** спектральную диаграмму тока.

2.7. Рассчитываем амплитуды составляющих **спектра** выходного колебания

$$U_{m0} = I_{m0} R_{рез.э}, U_{mб} = \frac{M_u U_{m0}}{2}$$

$$M_u = \frac{M_i}{\sqrt{1 + \left(2Q_s \frac{\Omega}{\omega_0}\right)^2}}$$



ABC



ТРАНЗИСТОР КТ312А

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

- Граничная частота коэффициента передачи тока в схеме с общим эмиттером (ОЭ) при $U_{кэ} = 10\text{В}$ и $I_э = 5\text{ мА}$ не менее 80 МГц
- Коэффициент передачи тока в схеме с ОЭ при токе $I_э = 20\text{ мА}$ в пределах 10 – 100.
- Постоянное напряжение коллектор – эмиттер...20В.
- Постоянное напряжение эмиттер – база4В.
- Постоянный ток коллектора30 мА.
- Постоянная рассеиваемая мощность225 мВт.



ABC



ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИСТОРА

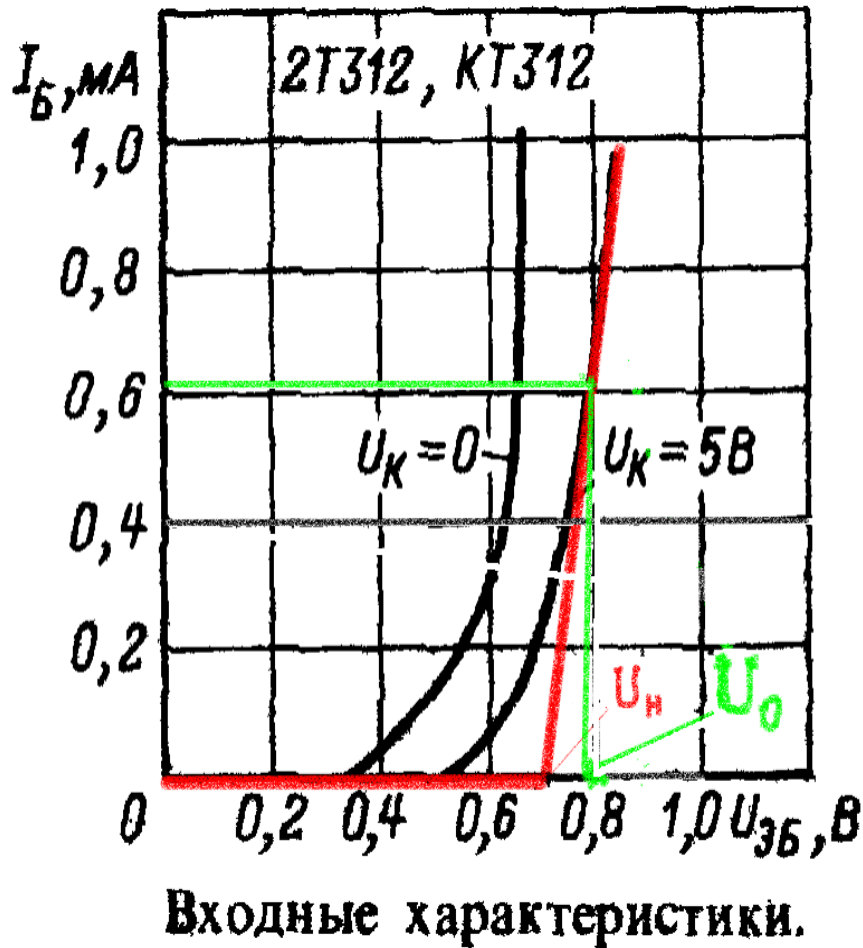
Выходные характеристики



ABC



КУСОЧНО - ЛИНЕЙНАЯ АППРОКСИМАЦИЯ



- Этот способ аппроксимации можно применить для колебаний несущей частоты.
- Аппроксимирующая функция выделена красным цветом.
- U_H - напряжение отсечки тока, полученное при аппроксимации.
- U_0 - заданное значение напряжения рабочей точки.
- Сама рабочая точка находится на входной характеристике и задана значениями I_B и $U_{зб}$.



ABC



ВАРИАНТЫ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

№	$U_{\text{эб}}(\text{В})$	$U_{\text{м0}}(\text{В})$	$U_{\text{м}\Omega}(\text{В})$	$F_0(\text{кГц})$	$f_{\Omega}(\text{кГц})$	Q	$r_{\text{к}}(\text{Ом})$	Коэф.р
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,75	0,25	0,1	90	2,0	15	12	0,5
2	0,8	0,3	0,1	95	3,0	18	10	0,3
3	0,85	0,35	0,15	100	4,0	20	9	0,25
4	0,9	0,35	0,15	105	5,0	23	8	0,4
5	0,95	0,4	0,2	110	2,5	25	6	0,3
6	1,0	0,4	0,2	115	3,5	27	5	0,2
7	1,05	0,45	0,25	120	4,5	30	8	0,3
8	1,1	0,5	0,25	125	5,5	32	7	0,4
9	1,15	0,55	0,3	130	6,0	35	6	0,5



ABC



ВАРИАНТЫ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ

	1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,2	0,6	0,3	150	10	20	11	0,6
11	0,75	0,25	0,1	140	6	14	6	0,5
12	0,8	0,3	0,1	130	3	16	7	0,4
13	0,85	0,3	0,15	120	4	18	8	0,3
14	0,9	0,4	0,15	110	2,5	22	9	0,2
15	1,0	0,55	0,2	100	3,5	15	10	0,5
16	1,05	0,6	0,25	95	5	25	5	0,6
17	1,1	0,5	0,3	105	2	20	4	0,5
18	0,8	0,3	0,15	115	3	24	12	0,4
19	0,85	0,35	0,2	125	4	26	14	0,3
20	0,9	0,4	0,2	135	5	30	8	0,2



ABC



ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЯ, ПОДАВАЕМОГО НА БАЗУ ТРАНЗИСТОРА.
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО КОЛЕБАНИЯ ПРИ ЛИНЕЙНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ УСИЛИТЕЛЯ.
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА КОЛЛЕКТОРНОГО ТОКА В РЕЖИМЕ С ОТСЕЧКОЙ.
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО КОЛЕБАНИЯ.



ABC



ИЗУЧЕНИЕ КОЛЕБАНИЯ НА БАЗЕ ТРАНЗИСТОРА



- Подать на входы Г1 и Г2 макета гармонические колебания радиочастоты и звуковой частоты с амплитудами согласно домашнему заданию;
- зарисовать форму колебания и измерить его параметры с гнезда Г3;
- измерить амплитуды и частоты гармонических колебаний.



ABC



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО КОЛЕБАНИЯ В ЛИНЕЙНОМ РЕЖИМЕ



- Установить линейный режим работы транзистора, изменяя положение рабочей точки;
- - зарисовать форму выходного колебания и измерить его параметры;
- - определить спектральный состав выходного колебания.
- **ВНИМАНИЕ!** Вольтметр анализатора спектра не включать!



ABC



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА КОЛЛЕКТОРНОГО ТОКА



- Установить режим работы транзистора с отсечкой;
- - зарисовать форму выходного колебания на неизбирательной нагрузке;
- - измерить максимальную и минимальную амплитуду импульсов;
- - измерить спектральный состав тока.



ABC



ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ВЫХОДНОГО КОЛЕБАНИЯ



- В качестве нагрузки подключить контур;
- - зарисовать форму выходного колебания;
- - измерить коэффициент модуляции;
- - измерить спектральный состав колебания.



ABC



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1. Дайте определение модуляции как одного из радиотехнических процессов.
- 2. Опишите принцип работы амплитудного модулятора.
- 3. Объясните необходимость работы усилителя в режиме с отсечкой.
- 4. Как подобрать добротность контура модулятора.
- 5. Как регулировать глубину модуляции выходного колебания ?
- 6. Какое явление называется перемодуляцией? Используется ли оно?
- 7. Расшифруйте понятия «радиосигналы с ДБП, ОБП, ДБП-ПН, ОБП-ПН».



ABC



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

- 8. Как повысить эффективность радиосигналов с АМ и ЧМ?
- 9. Объясните принцип действия балансного модулятора.
- 10. Изобразите форму колебания радиосигнала с подавленной несущей.
- 11. Объясните принцип действия частотного модулятора.
- 12. Объясните принцип действия частотного модулятора на базе балансного модулятора.
- 13. Нарисуйте спектры колебаний в различных точках структурной схемы балансного модулятора.



ABC



СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- Отчёт должен содержать:
- Результаты расчётов домашнего задания.
- Осциллограмму и спектральную диаграмму колебания на базе транзистора.
- Расчет **коэффициента передачи** сумматора.
- Параметры рабочей точки транзистора для линейного режима усилителя.
- Осциллограмму и спектральный состав выходного колебания для линейного режима усилителя.
- Параметры рабочей точки транзистора для нелинейного режима усилителя.
- **Осциллограмму и спектральную диаграмму коллекторного тока для нелинейного режима.**
- Осциллограмму и спектральный состав выходного колебания модулятора.
- **Оценку** погрешности измерения коэффициента модуляции .



ABC



РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учеб. для вузов по спец. «Радиотехника». – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 2000. – С.203-206.
- Теория электрической связи/Под ред. проф. Д.Д. Кловского. – М.:Радио и связь, 1998. - С. 82-89.



ABC



СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

- **Аппроксимация** – представление экспериментальной функции математической зависимостью

Балансный модулятор – устройство для получения АМ сигналов с подавленной несущей.

Виды модуляции:

АМ – модуляция амплитудная

АИМ - амплитудно-импульсная модуляция

- **ЧМ** – частотная модуляция

ФМ – фазовая модуляция

ОФМ – относительная фазовая модуляция

ЦАМ – цифровая амплитудная модуляция

ЦЧМ – цифровая частотная модуляция

ЦФМ – цифровая фазовая модуляция

ШИМ – широтно-импульсная модуляция

ВИМ и ФИМ – время-импульсная модуляция

ЧИМ – частотно- импульсная модуляция



ABC



СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

- ВБП – верхняя боковая полоса частот радиосигнала
- Диапазон рабочий – максимальное значение уровня (амплитуды) первичного сигнала
Девиация частоты – максимальное отклонение мгновенной частоты от среднего значения
ДП-ПН – радиосигнал с двойной полосой частот и с подавленной несущей
- Индекс модуляции – параметр, показывающий эффективность угловой модуляции
Импульсный переносчик – понятие, показывающее, что в качестве несущего колебания используется негармоническая несущая



ABC



СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

- Коэффициент модуляции – параметр АМ сигнала, показывающий изменение амплитуды несущего колебания
- Модуляция – радиотехнический процесс, в результате которого происходит смещение спектра первичного сигнала в область частоты несущего колебания
Модулирующее колебание – первичный сигнал, который управляет одним из параметров несущего колебания
- Несущее колебание – гармоническое (или негармоническое) колебание, параметры которого изменяются под действием первичного сигнала
НБП – нижняя боковая полоса частот
- Отсечка – явление, когда транзистор открыт только в определенную часть периода входного колебания



ABC



СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

- Полосовой фильтр – устройство с определенными граничными частотами
- Угловая модуляция – вид модуляции, в результате которой изменяется мгновенная фаза колебания
Угол отсечки – половина длительности выходного импульса, выраженная в электрических градусах
- Эффективность радиосигнала – параметр, показывающий долю мощности боковых полос спектра к общей мощности радиосигнала



ABC

