



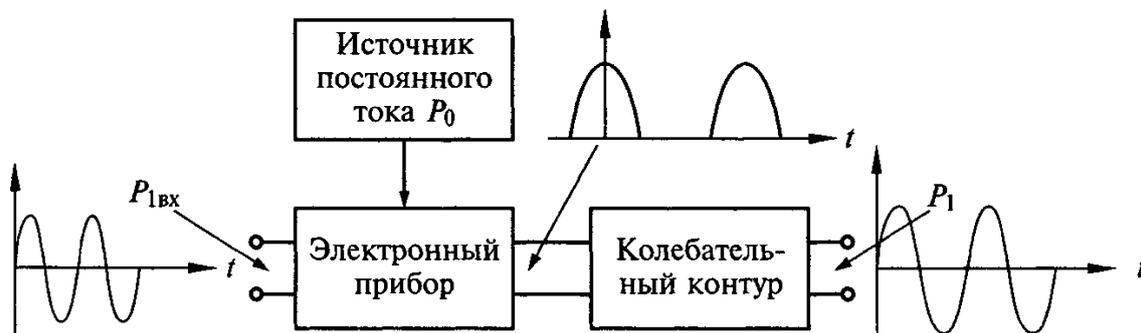
Кафедра конструирования
и производства радиоаппаратуры

А.П. Кулинич, А.С. Шостак

НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ В РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Часть 1. Усиление и умножение частоты
Часть 2. Модуляция и детектирование

Руководство к лабораторной работе для студентов
радиоинженерского факультета



ТОМСК 2012

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	3
2. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ	3
Часть 1. Усиление и умножение частоты	
2.1 Исследование транзисторного усилителя с резистивной нагрузкой.....	3
2.2 Исследование резонансного усилителя	4
2.3 Исследование резонансного усилителя в режиме нелинейного усиления мощности.....	5
2.4 Исследование резонансного умножителя частоты.	6
Часть 2. Модуляция и детектирование	
2.5 Детектор и модулятор АМК.....	6
3.КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	8
4.ТРЕБОВАНИЯ К ОТЧЕТУ	8
5.ЛИТЕРАТУРА	
Приложение А.....	10
Приложение В.....	11

Введение

1. Цель работы

Целью работы является: исследование резистивного и резонансного транзисторных усилителей в линейном и нелинейных режимах, исследование умножителя частоты, амплитудного модулятора и последовательного линейного диодного детектора, а также освоение методик измерения параметров и характеристик указанных устройств.

2. Лабораторное задание

Часть 1. Усиление и умножение частоты.

2.1 Исследование транзисторного усилителя с резистивной нагрузкой

- Начертить в рабочей тетради схему резистивного усилителя с подсоединенными измерительными приборами в соответствии с мнемосхемой макета.

- Собрать схему усилителя с резистивной нагрузкой на макете и измерить режим работы усилителя по постоянному току при двух значениях резисторов в цепи базы – R_1 и R_2 : напряжение на базе, напряжение питания, напряжение на коллекторе, ток коллектора и напряжение на эмиттере ($U_{Б0}$, $E_{ПИТ}$, $U_{К0}$, $I_{К0}$, $U_{Э0}$). Соответствие измеренных значений параметров типовым будет свидетельствовать о работоспособности схемы.

- Определить коэффициенты усиления по постоянному току и крутизну передаточной характеристики:

$$K_0 = (U_{К01} - U_{К02}) / (U_{Б01} - U_{Б02}) \text{ и } S = (I_{К01} - I_{К02}) / (U_{Б01} - U_{Б02}).$$

- Определить параметры резистивного усилителя по переменному току. Определить границы режима малого сигнала.

В цепь базы включить сопротивление R_2 , при котором ток коллектора равен $I_{К0} \approx 0,5 \cdot E_{ПИТ} / R_H$. Подключить ко входу транзисторного усилителя генератор ГЗ-118 и подать на вход усилителя сигнал с частотой 2 кГц и напряжением 50-100 мВ. При этом на коллекторе и эмиттере наблюдаются с помощью осциллографа сигналы синусоидальной формы. Определить коэффициент усиления по переменному току - $K = U_{ВЫХ} / U_{ВХ}$.

Увеличить входное напряжение от генератора до значения, при котором наблюдаются на осциллографе искажения сигнала (нелинейные) на выходе в виде отклонения его формы от синусоидальной. Измерить величину входного и выходного напряжений, при которой появляются нелинейные искажения.

- **Нелинейные искажения в резистивном усилителе.**

Различают два основных режима усиления в резистивном усилителе – режим усиления класса “А” (линейный) и режим усиления класса “В” (нелинейный). В режиме “А” рабочая точка (I_{K0} и U_{B0}) выбирается на середине линейного участка проходной ВАХ ($I_{K0} = 0,5 \cdot I_{Kmax}$). Этот режим характеризуется наибольшим коэффициентом усиления при “малых” входных напряжениях на базе ($U_{mB} \leq 100$ мВ).

Нелинейность ВАХ проявляется в снижении коэффициента усиления при “больших” входных напряжениях на ($U_{BX} \geq 150$ мВ).

Для определения области линейного усиления необходимо снять амплитудную характеристику усилителя – зависимость коэффициента усиления K от величины входного напряжения U_{BX} $K = f(U_{BX})$. Напряжение U_{BX} , при котором начинает снижаться коэффициент усиления K и является границей линейного режима.

◦ **Режим “В” (“АВ”)** соответствует выбору рабочей точки (I_{K0} и U_{K0}) на нижнем участке ВАХ. Такой режим может применяться в двухтактных схемах, когда положительный полупериод усиливается одним транзистором, а отрицательный – другим. При этом транзисторы работают на общую нагрузку в схеме с общим коллектором (эмиттерный повторитель). Ввиду того, что напряжения на базы транзисторов подаются в противоположных фазах ($\Delta f = 180^\circ$) токи четных гармоник имеют малый уровень пропорциональный несимметрии транзисторов, а токи третьей гармоники при угле “отсечки” $\Theta \approx 90^\circ$ также очень малы, поэтому и коэффициент нелинейных искажений мал.

2.2 Исследования резонансного усилителя

• Для исследования резонансного усилителя в линейном и нелинейном режимах необходимо предварительно рассчитать следующие параметры:

- резонансную частоту;
- эквивалентное сопротивление нагрузки;
- коэффициент усиления;
- полосу пропускания - полосу частот, в пределах которой усиление уменьшается не более, чем на 3 дБ.

Определение параметров резонансного усилителя в режиме малого сигнала.

• В цепь коллектора транзистора включить в качестве нагрузки LC - контур.

• Измерить режим усилителя по постоянному току U_{K0} и I_{K0} при подаче на вход сигнала (от генератора ГЗ-118 не более 0.1В).

Изменяя частоту генератора ГЗ – 118, определить резонансную частоту по максимальному значению выходного напряжения на коллекторе. Форма

колебаний на эмиттере и коллекторе при этом должна быть синусоидальной, в противном случае необходимо уменьшить уровень входного сигнала.

- Измерить переменные напряжения на базе, эмиттере и коллекторе ($U_{mB}, U_{mЭ}, U_{mK}$) и определить: ток коллектора $I_K \approx I_Э = U_Э / R_Э$, коэффициент усиления по напряжению $K = U_{ВЫХ} / U_{ВХ}$, сопротивление нагрузки и $R_H \approx U_K / I_Э$.

В режиме малого сигнала постоянный ток коллектора должен оставаться неизменным, независимо от наличия входного сигнала.

- Исследовать зависимость формы сигнала на эмиттере – $U_Э$ от величины входного напряжения; она изменятся от синусоидальной (при малом уровне) до косинусоидальных импульсов – при большом уровне. Форма колебаний на контуре остается синусоидальной независимо от уровня входного сигнала, а величина напряжения на контуре приближается к напряжению питания.

2.3 Исследование резонансного усилителя в режиме нелинейного усиления мощности.

- В целях устранения влияния постоянного тока базы на режим работы необходимо сопротивление R_2 отключить. На генераторе ГЗ – 118 установить частоту равную резонансной и, изменяя величину $U_{ВХ}$, наблюдать изменение формы коллекторного тока на эмиттерном резисторе $R_Э$. При $U_{ВХ} > 0.2В$ сигнал будет приобретать форму косинусоидальных импульсов. Установить такое максимальное напряжение $U_{ВХ}$, при котором еще не возникает провал на вершине импульса – искажение за счет захода транзистора в область насыщения.

- Измерить осциллографом напряжение импульса на $R_Э$ – $U_{Эmax}$, напряжение на контуре $U_{ВЫХ}$, ток коллектора I_{K0} , $U_{ВХ}$, угол отсечки Θ .

- По результатам измерений вычислить:

$$I_{Kmax} = U_Э / R_Э; \quad I_{K1} = U_{Km} / R_{OE};$$

$$\alpha_0 = I_{K0} / I_{Kmax}; \quad \alpha_1 = I_{K1} / I_{Kmax}.$$

Построить спектр коллекторного тока и рассчитать коэффициент полезного действия $\eta = I_{Km1} \cdot U_{Km} / (2 \cdot I_{K0} \cdot E_{П})$.

2.4 Исследование резонансного умножителя частоты.

- Данные о работе нелинейного усилителя в качестве умножителя частоты в 2 и 3 раза следует произвести аналогично измерениям режима усилителя мощности (п. 2.3.2).

- Для этого частота сигнала от генератора уменьшается соответственно в 2 и 3 раза. На двухканальном осциллографе желательно наблюдать изображения импульсов U_E и напряжение на выходе (с целью убедиться, что частота напряжения на выходе в 2, 3 раза больше частоты генератора).

- $U_{ВХ}$ следует изменить, чтобы получить одинаковую величину $I_{СМАХ}$, не допуская искажений импульсов U_E , оставить его величину, что и в п.2.2.3

- Измерить: $I_{C0}, U_{ВЫХ}, U_{EМАХ}$, вычислить: $I_{EМАХ} = U_{EМАХ} / R_E$, $I_{MCN} = U_{CM} / R_{OE}$,

$$\alpha_0 = I_{C0} / I_{СМАХ}, \quad \alpha_N = I_{CMN} / I_{СМАХ}$$

- Сравнить рассчитанные значения α_0, α_N с данными таблицы коэффициентов Берга.

- Существенную разницу может вызвать неточность измерений и отклонение формы импульсов от косинусоидальной. Последнее имеет место на высоких частотах. Непропорциональное уменьшение или увеличение $I_{СМАС}$ дает уменьшение или увеличение значения α_3 , асимметрия импульса изменяет α_2 .

- Обработанные данные измерений занести в таблицу, изобразить спектр графически.

- И • изобразить рисунком ВАХ транзистора и расположение по ней сигналов для одного из режимов работы нелинейного усилителя.

Часть 2. Модуляция и детектирование.

2.5 Детектор и модулятор АМК

Важнейшими нелинейными элементами преобразователями сигналов являются получение АМК и их детектирование, то есть обратное преобразование. Подробное исследование этих преобразований требуют сложного аналитического анализа с учетом периодических процессов.

Для практического описание этих процессов можно применить метод статистических характеристик, а именно для детектора получить зависимость изменения постоянной составляющей в спектре тока нелинейного элемента от амплитуды детектирующего на входе переменного напряжения $I_{K0}(U_{mB})$, а для амплитудного модулятора анализ его работы произвести на основе получения статистической характеристики зависимости $I_{K0}(U_{Э0})$ при постоянной амплитуд $U_{Э0}$.

Переходные процессы можно продемонстрировать при изменении частоты модулирующего сигнала и параметров фильтра НЧ для детектора и АЧХ контура для модулятора.

Измерение статистической характеристики диодного детектора

- На вход диодного детектора подать напряжение от генератора Г-3-118 с частотой $100 \div 200$ кГц. Изменяя амплитуду этого напряжения $U_{ДЕТ}$, измерить постоянное напряжение на выходе детектора, то есть на сопротивлении нагрузки РС вольтметром В-7-26 (В-7-27).

- Вычислить область квадратичного детектирования по изменению коэффициента передачи пропорционального подаваемому напряжению. На участке “линейного” детектирования коэффициент передачи остается постоянным.

- Определить малую пульсацию, переменную составляющую на выходе детектора при $f_r = 150$ кГц и $f_r = 20$ кГц.

- Сделать выводы.

Измерение статистической характеристики модулятора АМК.

Для получения амплитудно - модулированных колебаний можно использовать при малых сигналах квадратичную ВАХ, что сопровождается большими искажениями за счет второй гармоники модулирующего сигнала.

Уменьшение искажений можно получить, установив угол отсечки коллекторного тока близким к 90^0 .

- Проверить промодулированность между выходным напряжением усиления мощности и постоянным смещением $U_{Э0}$, которое определяет его коэффициент усиления.

- Согласно схеме подключить на вход усилителя напряжение от Г-2-118 с частотой резонанса и $U_{мЭ} = 0,3 - 0,4$ В, и постоянное смещение $U_{Э0}$ от источника $U_{СМ}$. Меняя последовательно $U_{СМ}$ $U_{см}$ в пределах -0.2 А; -0.3 ; 0 ; $+0.1$; $+0.2$ В, измерить $U_{ВЫХ}$.

- Вычислив коэффициент усиления, построить графики $K = f(U_{Э0})$ и $U_{ВЫХ} = f(U_{во})U_{ВЫХ} = f(U_{Э0})$, которые позволяют выбрать благоприятный режим работы модулятора.

Начальное смещение при отсутствии сигнала модуляции следует выбирать на середине статистической характеристики, предположительно это $U_{Э0} = 0$.

- Далее, задавшись амплитудно - модулирующим напряжением $U_{мМОД} = 0,1 \div 0,15$ В, найти $U_{ВЫХ \max} = (1 + m)U_{ВЫХ \text{ м } 0}$ и $U_{ВЫХ \min} = (1 - m)U_{ВЫХ \text{ м } 0}$ при $U_{Э0} = \pm U_{мМОД}$.

Получение АМК и их детектирование

- Выход усилителя $U_{ВЫХ}$ соединить со входом диодного детектора и одним каналом осциллографа. Выход детектора соединить с вольтметром постоянного тока В-7-26(27) и вторым каналом осциллографа.
- От второго генератора Г-3-118 (Г-3-107) подать на эмиттер транзистора напряжение $U_{МОД} = 0,1 \div 0,15$ В с частотой $F = 300 \div 500$ Гц.
- Отрегулировать $U_{ВХ}$ усилителя, $U_{тМОД}$ и режим развертки осциллографа для получения устойчивого изображения на экране осциллографа АМК $U_{ВЫХ}$ и $U_{ВЫХ ДЕТ}$.
- Измерить t , $U_{ДЕТ СТАТ}$, $U_{ДЕТ \square ДИН}$.
- Зарисовать осциллограмму - $U_{ДЕТ \square ДИН}$.
- Затем измерения повторить при частотах модулирующего сигнала $f = 2 \div 3$ кГц и $f = 10$ кГц.
- Сделать выводы о результатах детектирования по коэффициенту передачи $K_{ДЕТ}$, и форме сигнала на выходе детектора с разными частотами.

5. 4.Требования к отчету

1.Заготовка для отчета должна быть сделана в ходе домашней подготовки к работе. Она должна содержать:

- название и цель работы;
- домашнее расчетное задание;
- наименование пунктов лабораторной работы в соответствии с заданием.

Каждый пункт должен содержать:

- схему эксперимента;
- заготовку для внесения в нее результатов эксперимента;
- расчетные формулы;
- координатные оси для построения графиков;
- чистое поле (1/4....1/3 листа) для зарисовки осциллограмм, формулировки выводов и оценки полученных результатов.

Таким образом, для каждого пункта может понадобиться до одной страницы.

2.Целесообразно формулировку выводов и оценку результатов привести в конце работы отдельным пунктом. Количество выводов должно быть не меньше количества пунктов задания. Простейшим выводом является констатация факта в виде словесной формулировки полученного результата. Далее должно следовать сравнение результатов с известными теоретическими положениями и расчетными данными. В случае несоответствия результатов –

дать объяснения причин этого. Следует помнить, что вывод - это формулировка экспериментального результата и его интерпретация.

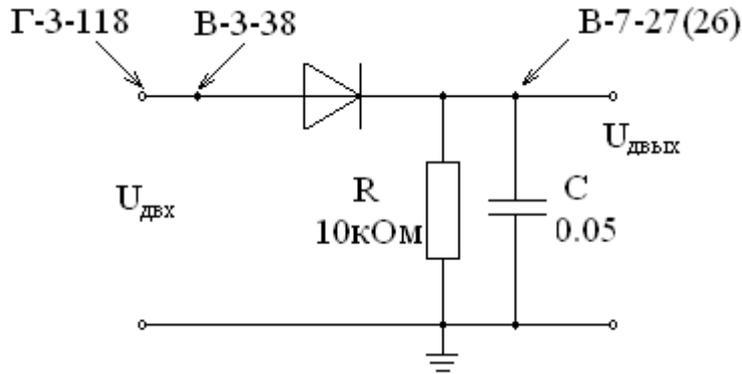
Литература

1. В.И. Нефедов. Основы радиоэлектроники и связи: М. ВШ. 2002.-510с.
2. С.И. Баскаков Радиотехнические цепи и сигналы: М. ВШ. 2005.-462с.
3. А.П. Кулинич. Описания радиоизмерительных приборов, инструкции по работе с ними и методика проведения измерений. Лабораторный практикум.- Томск: ТУСУР, 2012.-17 с.
4. А.П. Кулинич. Руководство по выполнению лабораторных работ в лаборатории «Радиоэлектроники» кафедры КИПР.- Томск: ТУСУР, 2012.-8 с.
5. А.П. Кулинич. Основы радиоэлектроники и связи: Учебное пособие по лабораторному практикуму.- Томск: ТУСУР, 2012.

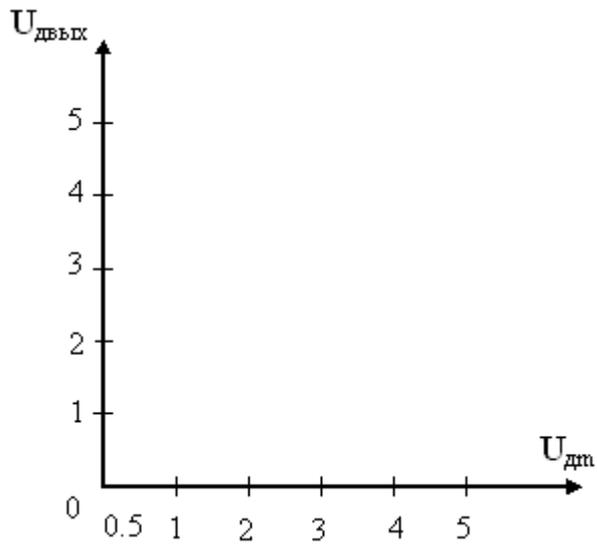
Приложение А

Форма отчета лист 2

Измерение статической характеристики диодного детектора.

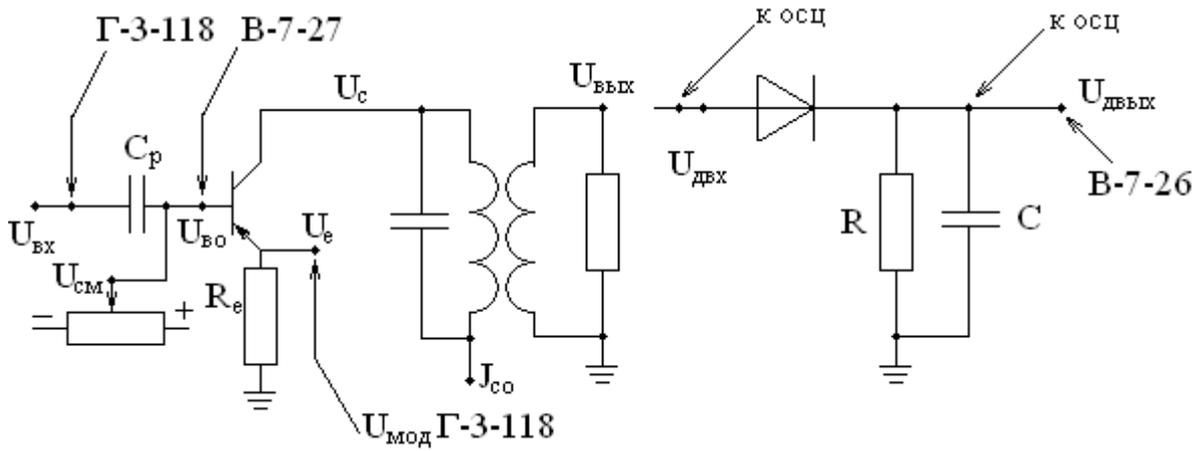


Напряжение $U_{ДВХ}$.25	.5	.8	.0	1	2	4	5
$U_{дм}$ В								
Напряжение на выходе $U_{ВВХ}$								
Коэффициент передачи								



Приложение В

Измерение статической характеристики модулятора АМК.



Напряжение смещения $U_{В0}$ В	0.2	0.1	0.1	0.2
Напряжение на входе $U_{ВХ}$ В				
Напряжение на выходе $U_{ВЫХ}$				
Коэффициент усиления K				

