# Лабораторная работа №2. "Умножение частоты в резонансном усилителе"

(2 часа)

Цель работы: Исследовать режим работы умножителя частоты на базе резонансного усилителя.

**Теория.**

При работе усилителя в нелинейном режиме (АВ, В и С) происходит искажение формы усиливаемого сигнала, в выходном токе появляется большое количество высших гармоник (в соответствии с разложением в тригонометрический ряд Фурье). Используя сложный спектр усиленного сигнала, можно преобразовать частоту выходного сигнала усилителя ω в *k* раз большую частоту *kω,* где *k −* целое число >1. Для этого в составе выходного тока должна быть достаточно ярко выражена *k*- *ая* гармоника и выходной колебательный контур настроен на частоту выделяемой гармоники. Тогда для всех частот, кроме *kω,* параллельный контур будет иметь малое сопротивление. Практически напряжение на контуре будет содержать колебания одной частоты *kω.*

Для качественного выделения необходимой гармоники необходимо правильно выбрать угол отсечки θ, который зависит от положения рабочей точки на характеристике усилительного элемента (транзистора) и должен быть меньше 900. Так, для удвоения частоты желателен угол отсечки θ = 600; для утроения частоты рекомендуется θ = 400  и т. д. Чем выше степень умножения, тем меньший требуется угол отсечки.

Таким образом, возможная кратность умножения *k* определяется не только формой характеристики транзистора, но и выбором напряжения смещения на характеристике.

С увеличением кратности умножения амплитуды соответствующих гармоник уменьшаются. Поэтому умножение частоты кратности выше *k = 2 ÷ 3* на практике применяется редко.

Умножители частоты применяются в радиопередатчиках ОВЧ и СВЧ, а также в измерительной электронной аппаратуре.

**Подготовка к выполнению лабораторной работы**

1. Изучить теоретический материал к лабораторной работе и по конспекту лекций.

2. Изучить по учебнику для бакалавров «Схемотехника телекоммуникационных устройств» (авторы Е. П. Пеньков и В. Е. Пеньков) материал «Режимы работы усилительных элементов (УЭ), стр.46.

1. Изучить по материалы по учебно-методическому пособию «Схемотехника аналоговых и цифровых устройств» (авторы А. А. Будько, Т.Н. Дворникова/ Минск: БГУИР, 2013. -156с.: ил.)

**Схема работы и измерительная аппаратура**

В работе используется стенд со сменным блоком ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИГНАЛОВ В НЕЛИНЕЙНОЙ ЦЕПИ и 2-х лучевой осциллограф. Схема исследуемой цепи приведена на рис.1.8 и представляет собой усилительный каскад на полевом транзисторе с возможностью включения параллельного колебательного контура в стоковую цепь усилителя.

**Домашнее задание**

1. Изучите по конспекту лекций и литературе материал по усилению сигналов и умножению частоты: [1] с. 76÷83, 86÷92; [2] с. 63÷71; [4] с. 82÷88; [5] с. 275÷278; [6] с 290÷296.

2. Аппроксимируйте сток–затворную характеристику, соответствующую Вашему стенду, кусочно-линейной функцией.

3. Рассчитайте амплитудную характеристику умножителя частоты способом, указанным в п. 3.1.

3.1 При постоянном значении максимального импульса тока (iмакс=const) использовать метод угла отсечки, основанный на коэффициентах αn(1)(θ) для кусочно-линейной аппроксимации. В качестве руководства к расчету используйте п. 3.1 методических указаний к данной работе и рис. 3.1. В таблице 3.1 вместо UВЫХ добавьте еще 3 строки: соsθ, θ и αn(1)(θ).

0

u

Есм1

Есм2

iс

imax=сonst

u0

u

Um1

Um2

ωt

Рис. 3.1

4. Приготовьте заготовку отчета и внесите в нее результаты выполненных расчетов.

**Лабораторное задание**

Исследуйте работу умножителя частоты при постоянной амплитуде входного сигнала (по указанию преподавателя).

**Порядок выполнения работы**

1. Установить в стенде сменный блок «Преобразование сигналов в нелинейной цепи».

2. Переключатель «Нагрузка» поставить в положение «LC», переключатель «RШ» должен быть выключен (кнопка отжата)

3. С разрешения преподавателя включить питание стенда.

4. Напряжение смещения установить ЕСМ = − 2В, UВХ=0,5В

5. Настройка в резонанс (смотрите методические указания к лабораторной работе №1).

**Методические указания**

1. Принципиальная схема макета изображена на рис. 1.8. Переключатель "НАГРУЗКА"- в положении "LC", переключатель "Rш" должен быть выключен (кнопка отжата). Напряжение смещения установить ЕСМ=-2В.

Частота генератора гармонических колебаний fВХ должна быть в n раз меньше резонансной частоты контура, т.е. fВХ = f0/n, где n - кратность умножения; тогда n - ная гармоника входного сигнала будет совпадать по частоте с частотой настройки контура f0. Точное значение fВХ определяют по максимуму выходного сигнала при подстройке частоты генератора вблизи расчетного значения fВХ.

1. Амплитудная характеристика умножителя частоты измеряется и рассчитывается в соответствии с п.3.1.

3.1. Для получения амплитудной характеристики умножителя частоты при UВХ =соnst следует установить на входе (гнездо КТ 1)напряжение UВХ =1В с частотой fВХ=f0/n и, изменяя ЕСМ в пределах - (1,0 ÷ 6,0)В с шагом 0,5В, измерять выходное напряжение на контуре (гнездо КТ 2). Значение n берется то же, что и при расчете домашнего задания. Перед снятием каждого отсчета UВЫХ рекомендуется подстраивать частоту генератора, добиваясь максимума UВЫХ согласно п. 2. Найти точное значение ЕСМ, при котором UВЫХ = UВЫХ.МАХ. Результаты представить в виде табл. 3.1.

Таблица 3.1.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n=... ; | f0=...кГц; | fВХ=f0/n=... кГц; | UВХ =1В |  |  |  |
| ЕСМ ,В | -1,0 | -1,5 | -2,0 |  |  |  |
| UВЫХ ,В |  |  |  |  |  |  |
| Iсn мА |  |  |  |  |  |  |

1. Амплитудные характеристики умножителя для случая 3.1 - Iсn= ϕ(ЕСМ), рассчитываются по данным таблицы 3.1:

Iсn= UВЫХ/RЭО,

где RЭО - эквивалентное сопротивление колебательного контура на частоте резонанса (принять RЭО =1кОм). Построить график ϕ2 (или ϕ3).

Временные диаграммы и спектры для оптимального режима наблюдаются и фиксируются для той пары значений ЕСМ и UВХ, при которой напряжение n-ой гармоники UВЫХ было максимальным. Необходимо представить осциллограммы и спектры следующих сигналов (с сохранением масштаба по оси времени):

1. входного напряжения uВХ(t) - гнездо КТ 1;
2. выходного напряжения uВЫХ(t) - при нажатой кнопке "LC", гнезда КТ 2, для двух случаев: шунт включен (кнопка RШ нажата) и выключен (кнопка RШ отжата), а также спектры вышеперечисленных сигналов. По временной зависимости iC(t) находят значение угла отсечки θ. Эта величина находится из сравнения отрезков, соответствующих периоду колебания (3600) и ширине основания импульса тока (2θ).

**Отчет**

Отчет должен содержать:

1. Принципиальную схему исследованных устройств.
2. Исходную и аппроксимированную сток–затворную характеристику полевого транзистора для соответствующего варианта.
3. Таблицы исходных, расчетных и экспериментальных данных.
4. Графики амплитудных характеристик ϕ1÷ϕ2, а также осциллограммы и спектры исследованных процессов.
5. Выводы по результатам экспериментов.

**Контрольные вопросы**

1. Теоретическое обоснование возможности умножения частоты в резонансных усилителях.
2. Правила настройки контуров в усилителе при умножении частоты.
3. Режим работы усилителя при умножении частоты, его обоснование.
4. Роль угла отсечки при умножении частоты.
5. Роль избирательной нагрузки при умножении частоты.
6. Влияние добротности выходного контура на качество умножения.
7. Что такое коэффициент гармоник?
8. Области применения умножителей частоты.