

МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)
«МАИ»

Кафедра теоретической радиотехники

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА
«Нелинейное преобразование синусоидальных сигналов»

Утверждено на заседании кафедры 405
31 августа 2006 г.
протокол № 1

Москва, 2006 г.

Цель работы

Экспериментальное исследование прохождения синусоидальных сигналов через нелинейные элементы (НЭ), изучение сигналов и их спектров на выходе нелинейных элементов, исследование характеристик нелинейного резонансного усилителя, исследование умножителя частоты.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Нелинейное преобразование гармонических сигналов в режиме отсечки.

1.1. Собрать схему подключения приборов и макета для наблюдения сигналов на выходе нелинейного элемента в соответствии с рис. 1. Включить резистивную нагрузку в коллекторную цепь, установив переключатель нагрузки S1 в положение «1».

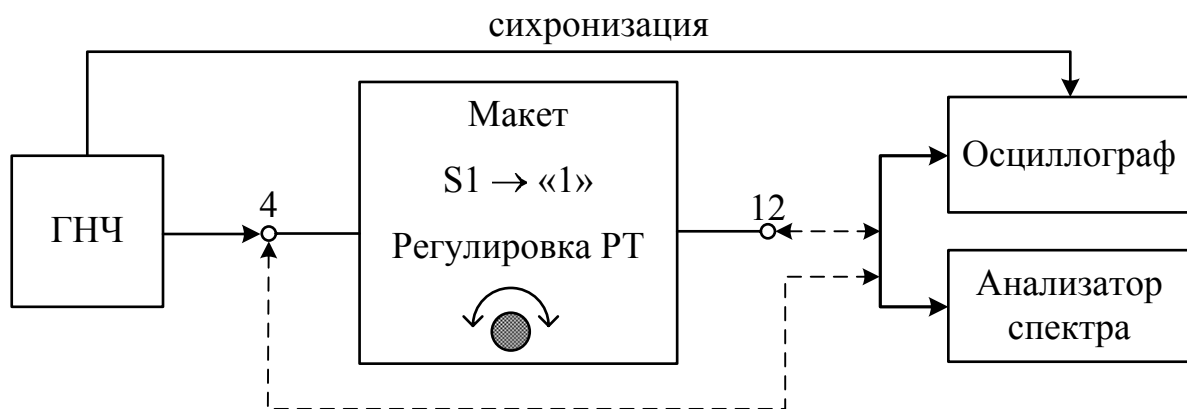


Рис. 1. Схема подключения приборов для измерения сигнала на выходе нелинейного элемента в режиме отсечки.

1.2. Нелинейное преобразование в режиме отсечки осуществляется в режиме большого уровня входного сигнала. Установить на генераторе низкой частоты (ГНЧ) значение частоты гармонического сигнала $f_{\text{нч}} = 10 \dots 30$ кГц, амплитуду сигнала $U_{\text{нч}} = 0,1 \dots 0,4$ В. Получить и занести в отчет входной сигнал (клемма «4») и его спектр.

1.3. Путем регулировки на макете положения рабочей точки НЭ (ручка «регулировка РТ») получить на экране осциллографа, подключенного к клемме «12», инвертированные по напряжению импульсы с отсечкой.

1.4. Регулировкой положения рабочей точки на макете добиться значений углов отсечки $\theta = 40^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ и 120° , контролируя по осциллографу соответствующее отношение длительности импульса к периоду повторения τ / T .

1.5. Для каждого угла отсечки θ получить и занести в отчет сигнал на клемме «12» и его спектр. Рассчитать по осциллограмме угол отсечки, по спектру – отношение амплитуд гармоник. Результаты занести в таблицу. Сравнить полученные значения с отношением коэффициентов функций Берга ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$), рассчитанным для соответствующих углов отсечки.

2. Нелинейное преобразования сигнала в квадратичном режиме.

2.1. Собрать схему подключения приборов и макета для исследования квадратичного режима НЭ в соответствии с рис. 2. Для устранения линеаризирующего действия обратной связи подключить шунтирующую емкость в цепи эмиттера, соединив перемычкой клеммы «6» и «7».

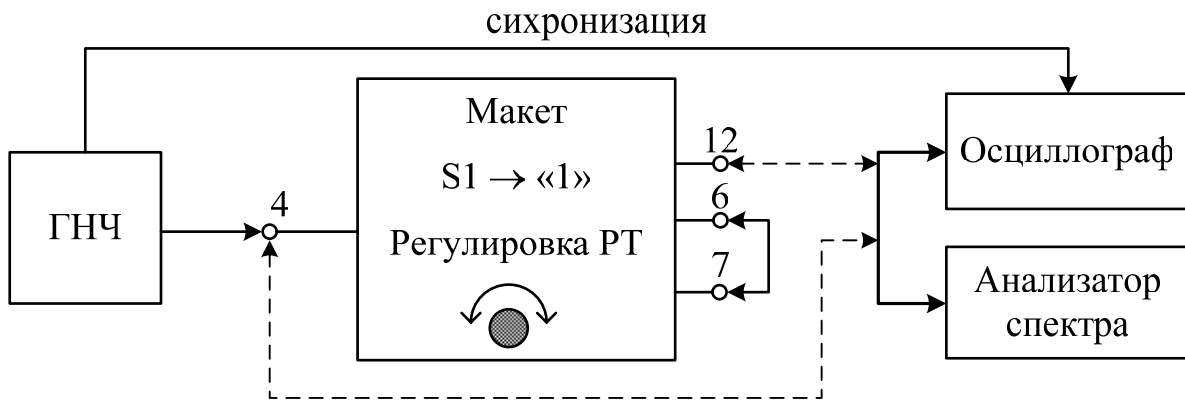


Рис. 2. Схема подключения приборов для измерения сигнала на выходе нелинейного элемента в квадратичном режиме.

2.2. Установить амплитуду входного сигнала $U_{\text{вх}} = 0,05 \text{ В}$.

2.3. Изменяя положение рабочей точки («регулировка РТ»), установить квадратичный режим работы нелинейного элемента (см. рис. 3). Форму выходного сигнала наблюдать с помощью осциллографа на клемме «12».

2.4. Получить и занести в отчет сигнал на выходе НЭ (клемма «12») и его спектр. Измерить значения периода повторения сигнала T , напряжений ΔU_+ и ΔU_- в соответствии с рис. 3. Рассчитать отношение амплитуд гармоник выходного напряжения по формуле:

$$\frac{U_1}{U_2} = 2 \cdot \frac{\Delta U_+ + \Delta U_-}{\Delta U_+ - \Delta U_-}$$

Результаты расчета занести в отчет.

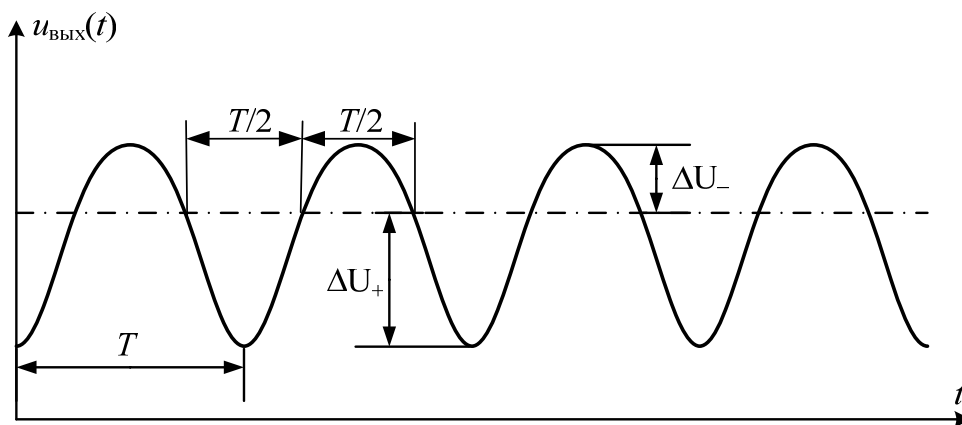


Рис. 3. Сигнал на выходе нелинейного элемента в квадратичном режиме.

3. Нелинейное резонансное усиление.

3.1. Собрать схему подключения приборов и макета для исследования нелинейного резонансного усиления в соответствии с рис. 4. Отключить шунтирующую емкость в цепи эмиттера, сняв перемычку между клеммами «6» и «7». Включить колебательный контур в качестве нагрузки коллекторной цепи, установив переключатель нагрузки S1 в положение «2».

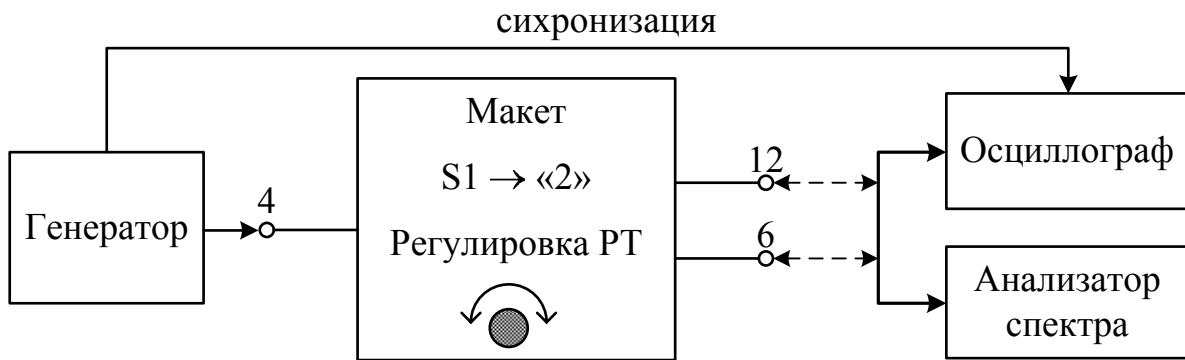


Рис. 4. Схема подключения приборов для измерения сигнала на выходе нелинейного резонансного усилителя.

3.2. Установить на ГВЧ частоту сигнала равную резонансной частоте колебательного контура, указанной на макете. Установить амплитуду сигнала на выходе генератора $U_{\text{вх}} = 0,1 \dots 0,4$ В.

3.3. Изменяя положение рабочей точки («регулировка РТ»), установить угол отсечки $\theta = 90^\circ$, контролируя с помощью осциллографа форму импульсов на клемме «6».

3.4. Получить и занести в отчет сигнал на клемме «12» и его спектр.

3.5. Рассчитать коэффициент усиления K_U усилителя по формуле:

$$K_U = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{вх}}}.$$

4. Исследование умножителя частоты.

4.1. Установить на ГНЧ частоты гармонического сигнала $f_0 = f_p / 2$ и $f_0 = f_p / 3$.

4.2. Установить угол отсечки $\theta = 60^\circ$ для $f_0 = f_p / 2$ и $\theta = 40^\circ$ для $f_0 = f_p / 3$, контролируя с помощью осциллографа форму импульсов с отсечкой на эмиттере (клемма «6»).

4.3. Подстроить частоту сигнала по максимуму амплитуды выходного сигнала $U_{\text{вых}}$, измеряя ее с помощью осциллографа на клемме «12».

4.3. Получить и занести в отчет сигналы на клемме «12» и их спектры для режима удвоения и утроения частоты.

5. Сделать выводы по проделанной работе.

В выводах отразить:

- анализ спектра сигнала на выходе нелинейного элемента в режиме отсечки;
- влияние угла отсечки на амплитуды гармоник спектра;
- анализ квадратичного режима;
- объяснение эффекта умножения частоты.

Контрольные вопросы

1. Какая аппроксимация вольтамперной характеристики нелинейного элемента применяется в режиме отсечки?
2. Как выбирается положение рабочей точки нелинейного элемента в режиме отсечки?
3. Физический смысл угла отсечки, как его можно определить и в каких пределах он существует?
4. Как амплитуды гармоник спектра выходного сигнала нелинейного элемента изменяются с изменением угла отсечки?
5. Как определить спектр на выходе нелинейного элемента в режиме отсечки?
6. Какая аппроксимация вольтамперной характеристики нелинейного элемента применяется в квадратичном режиме?
7. Как теоретически определить отношение амплитуд спектра сигнала на выходе квадратичного элемента?
8. Что является нагрузкой нелинейного элемента в нелинейном резонансном усилителе?
9. Почему большое значение имеют углы отсечки 90° и 120° для нелинейного резонансного усиления?
10. Как связана частота входного и выходного сигнала при умножении частоты?
11. Почему большое значение имеют углы отсечки 40° и 60° для умножения частоты? Для каких случаев умножения предпочтительны эти углы?