

Министерство образования и науки РФ
Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им.
А.Н.Туполева (КНИТУ-КАИ)
Кафедра радиоэлектронных и квантовых устройств (РЭКУ)

Методические указания

Устройства формирования и генерирования сигналов

ГЕНЕРАТОР С ВНЕШНИМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

лабораторная работа

№ 301А

Составитель: ст. преп. кафедры РЭКУ

Гимадеева Л.А.

Казань 2013

Ц Е Л Ь Р А Б О Т Ы

Ознакомление с генераторами с внешним возбуждением.

Исследование режимов работы усилителя напряжения и усилителя мощности.

З А Д А Н И Е

1. Снять нагрузочные характеристики усилителя напряжения.

2. Снять нагрузочные характеристики усилителя мощности.

3. Сравнить режимы работы усилителя напряжения и усилителя мощности.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основным элементом радиопередающего устройства является генератор с внешним возбуждением, к ним относятся усилители мощности и генераторы, преобразующие частоту колебаний: умножители, делители, смесители частоты.

К усилителям мощности предъявляется главное требование-обеспечение заданной мощности при высоком КПД, к усилителям напряжения - заданный коэффициент усиления по напряжению при малом коэффициенте нелинейных искажений. Отсюда вытекают и различные принципы составления схем и задания рабочей точки.

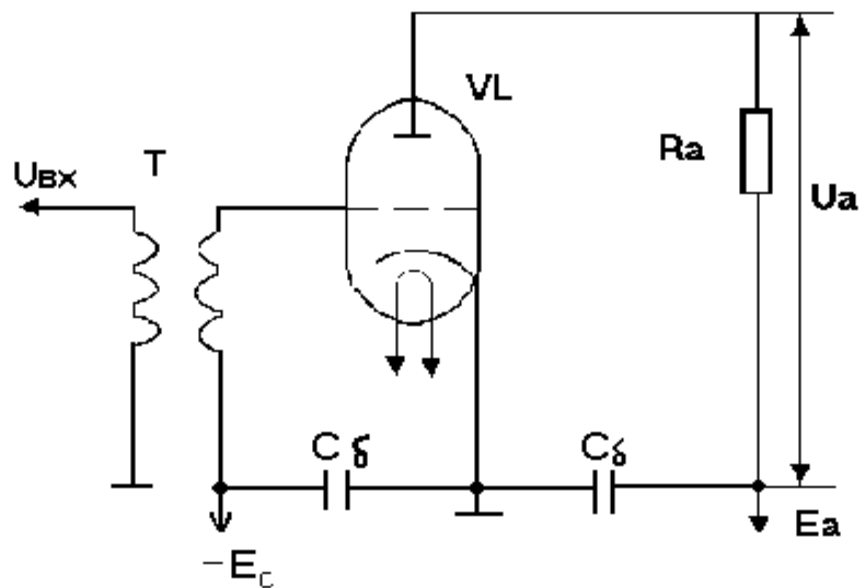


Рис.1

Схема электрическая принципиальная лампового усилителя напряжения

На рис.1 приведена принципиальная схема усилителя напряжения, на рис.2 – проходная характеристика лампы и осциллограммы выходных тока и напряжения.

При подаче на сетку напряжения смещения и напряжения возбуждения при кусочно-линейной аппроксимации характеристики в анодной цепи устанавливается ток:

$$i_a = I_p + I_{\sim} \cos \omega t \quad (1)$$

При чисто активной нагрузке напряжение на аноде лампы:

$$U_a = E_a - i_a \cdot R_a = E_a - I_{a0} \cdot R_a - I_{a1} \cdot R_a \cdot \cos \omega t = E_a - I_{a0} \cdot R_a - U_a \cdot \cos \omega t \quad (2)$$

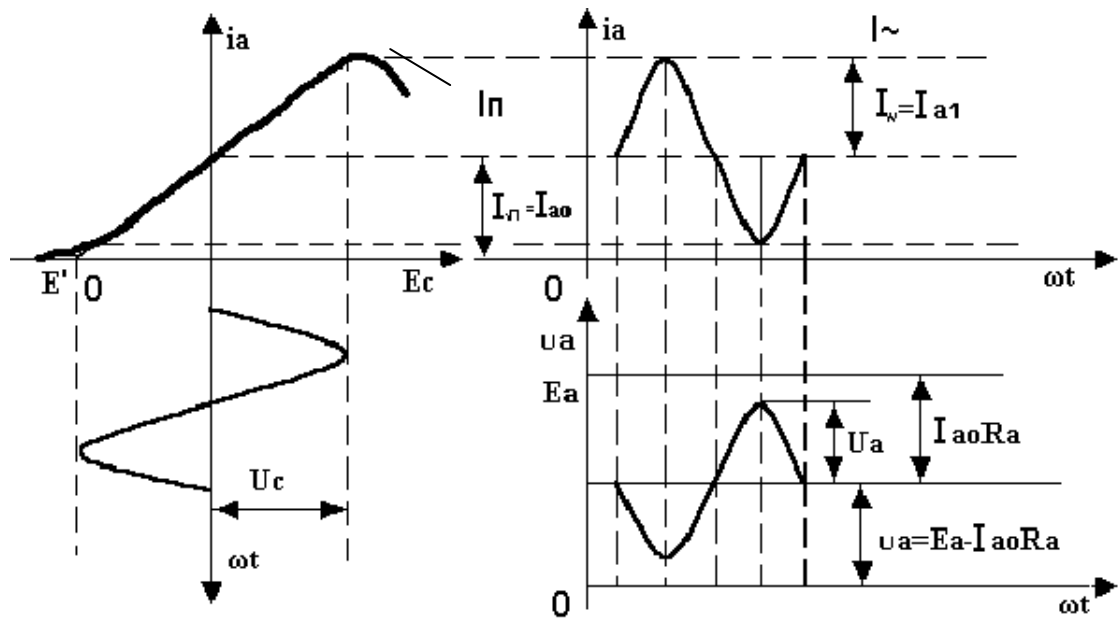


рис.2.Осцилограммы в режиме А выходного тока i_a , и выходного напряжения, построенные с помощью проходной характеристики $i_a = f(E_c)$

Мощность рассеяния на аноде лампы равна:

$$P_a = P_0 - P_{\sim} - I_{a0}^2 \cdot R_a, \quad (3)$$

где $I_{a0}^2 R_a$ - мощность тепловая, идет на разогрев резистора R_a .

$P_0 = I_{a0} \cdot E_a$ - потребляемая от источника питания мощность,

$P_{\sim} = 0.5 \cdot I_{a0}^2 \cdot R_a = 0.5 \cdot I_{a1} \cdot U_a$ - колебательная мощность, (мощность переменной составляющей тока, полезная мощность), которая выделяется в нагрузке.

КПД усилителя определяется, как отношение:

$$h = \frac{P_{\sim}}{P_0} = \frac{0.5 \cdot I_{a1} \cdot U_a}{I_{a0} \cdot E_a} = 0.5 \frac{I_{a1}}{I_{a0}} \frac{U_a}{E_a} = 0.5 \frac{I_{a1}}{I_{a0}} \xi, \quad (4)$$

где $\xi = \frac{U_a}{E_a}$ - коэффициент использования анодного напряжения. (4a)

Оценим максимальную величину КПД для усилителя по схеме рис. 1. Для того, чтобы получить минимальные нелинейные искажения в рассматриваемом усилителе, необходимо задать режим класса А, что соответствует $\xi \approx 0,5$ (см.рис.2 ф.(4a)) и $I_{a1}/I_{a0} = 1$. Тогда получим при работе усилителя в режиме класса А на активную нагрузку $\eta \leq 0,5 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,25 = 25\%$. Для повышения КПД необходимо уменьшать активные потери, этого возможно добиться, если параллельно резистору подключить индуктивность. В этом случае можно получить $\xi = 1$, $I_{a1}/I_{a0} = 1$, а $\eta = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 0,5 = 50\%$

Рассмотрим работу усилителя в режиме класса В, т.е. $I_{a1}/I_{a0} > 1$. Тогда уравнение анодного тока (1) можно записать в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 i_a &= I_{a0} + I_{a1} \cos \omega t, \quad -\theta < \omega t < +\theta, \\
 i_a &= 0, \quad \theta < \omega t < 2\pi - \theta;
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Значение текущего угла ωt , равное 2θ , при котором ток обращается в нуль, называется углом отсечки.

На рис.3 показаны возможные варианты работы с отсечкой: $\theta > \pi/2$, $\theta = \pi/2$, $\theta < \pi/2$.

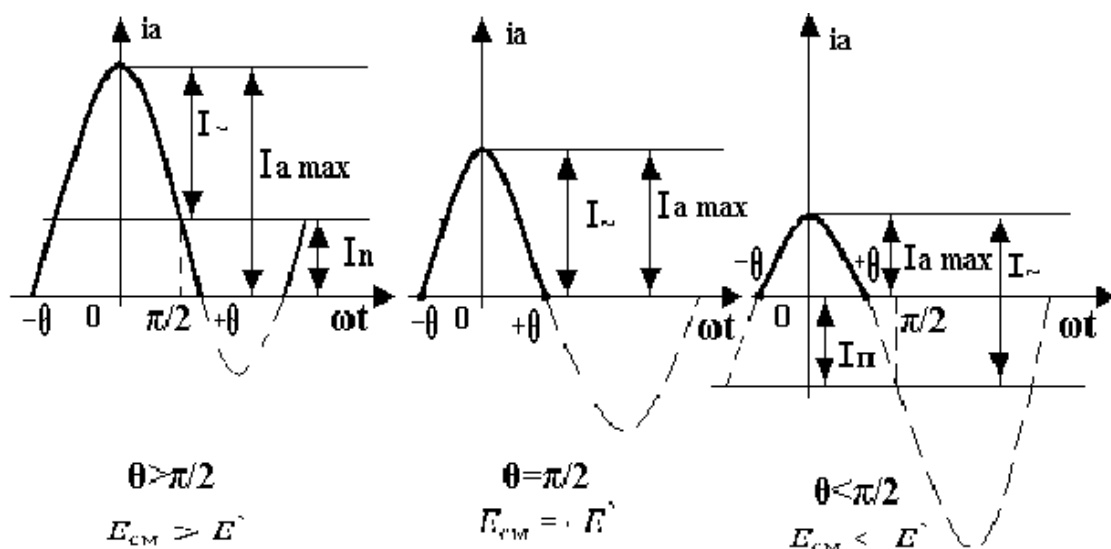


Рис.3. Импульсы выходного тока при различных углах отсечки θ , где E' - напряжение отсечки выходного тока, напряжение сдвига проходной характеристики по оси входного напряжения.

В режиме класса В ток имеет косинусоидальную форму и по теореме Фурье может быть представлен в виде:

$$i_a = I_{a0} + I_{a1} \cos \omega t + I_{a2} \cos 2\omega t + \dots, \tag{6}$$

где

$$I_{a0} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_a d\omega t = \frac{1}{2\pi} \int_{-\theta}^{+\theta} I_{\sim} \cdot (\cos \omega t - \cos \theta) d\omega t = I_{\sim} \cdot \gamma_0(\theta),$$

$$I_{a1} = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} i_a \cos \omega t d\omega t = \frac{1}{\pi} \int_{-\theta}^{+\theta} I_{\sim} \cdot (\cos \omega t - \cos \theta) \cos \omega t d\omega t = I_{\sim} \cdot \gamma_1(\theta), \text{ и т.д.},$$

где γ_i - коэффициенты разложения последовательности импульсов косинусоидальной формы в зависимости от угла отсечки, значения которых приводятся в учебниках по радиопередающим устройствам.

На рис.4 показан режим с отсечкой $\theta=\pi/2$ и приведены соответствующие осциллограммы напряжений для усилителя с активной нагрузкой и с нагрузкой в виде колебательного контура.

Поскольку при активной нагрузке и режиме с отсечкой выходного тока на выходе усилителя мы имеем несинусоидальную форму напряжения. Определим КПД:

$$\eta = 0,5 \left(\frac{I_{a1}}{I_{ao}} \right) \left(\frac{U_a}{E_a} \right) = 0,5 \left(\frac{\gamma_1 \cdot I_{амакс}}{\gamma_0 \cdot I_{амакс}} \right) \cdot \left(\frac{U_a}{E_a} \right) = 0,5 \cdot \frac{0,5}{0,319} \cdot 0,5 = 0,39 = 39\%$$

Такие усилители не применяются в передающих устройствах, так как форма выходного сигнала несинусоидальная (рис. 4а).

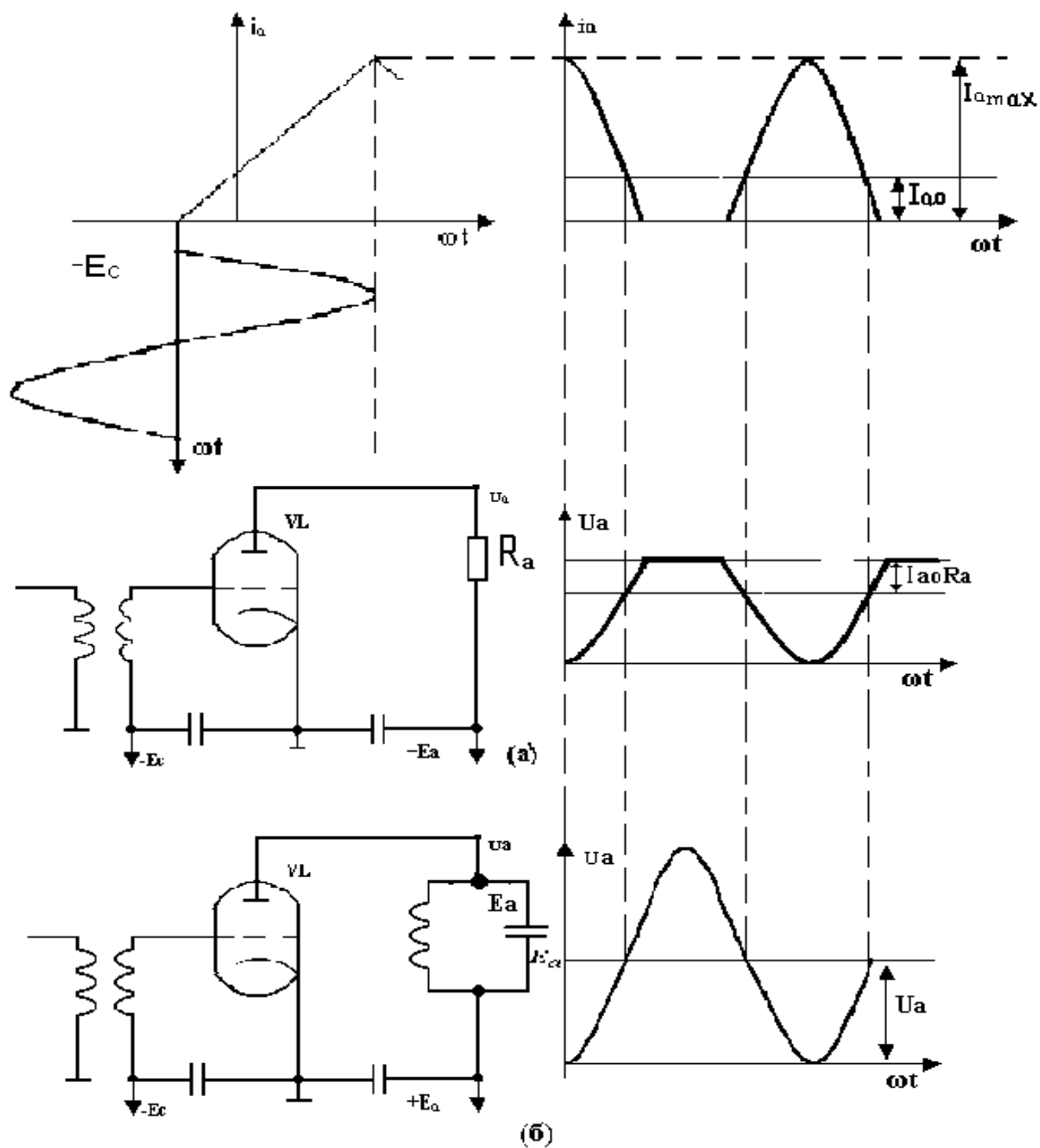


Рис.4. Осциллограммы напряжений и тока для генераторов с активной нагрузкой (а) и с нагрузкой в виде колебательного контура (б), работающих в режиме В

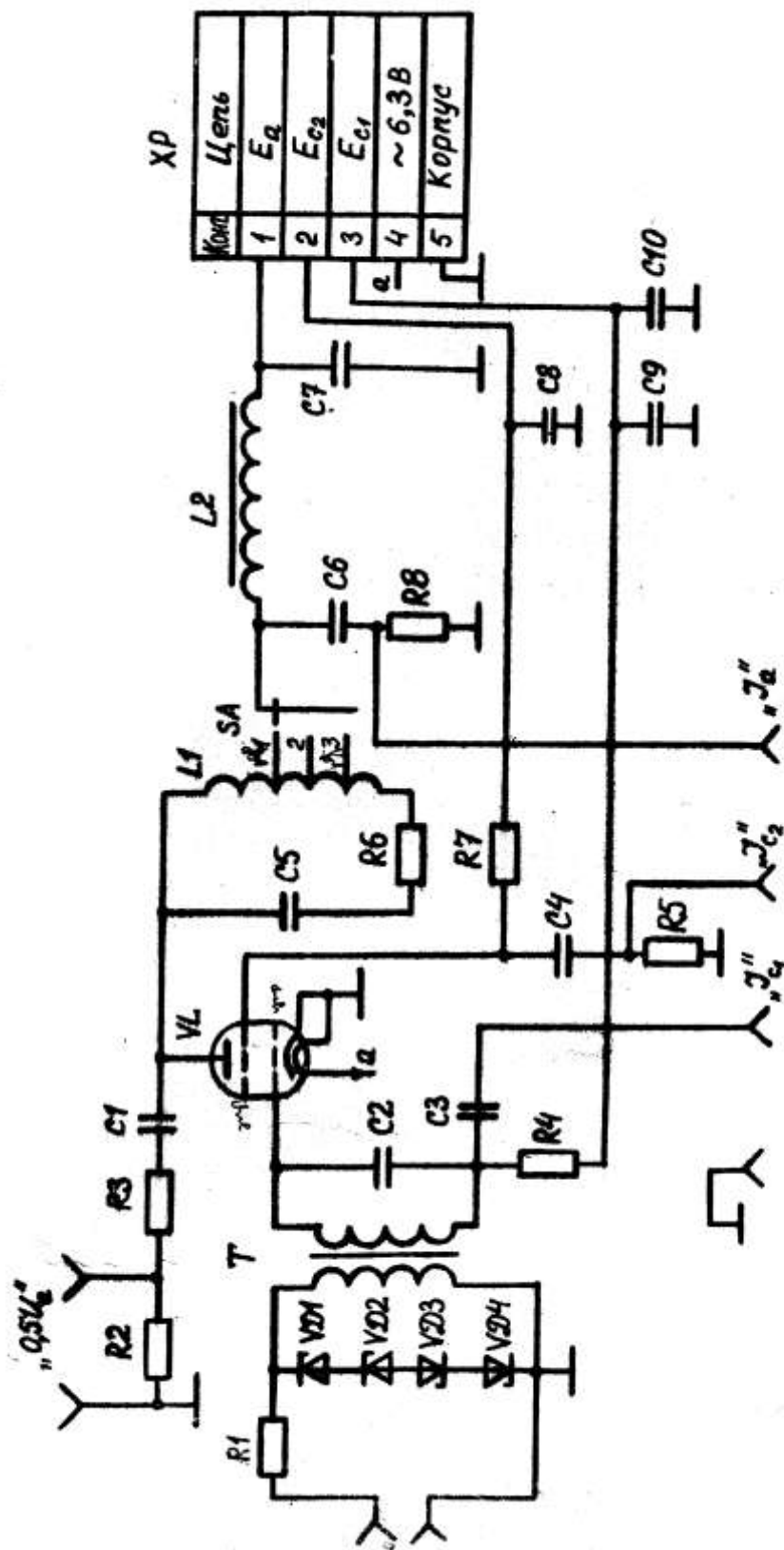


схема электрическая принципиальная генератора с внешним возбуждением

Рис. 5 Схема электрическая принципиальная генератора с внешним возбуждением (лабораторный пакет)

Оценим КПД для случая с нагрузкой в виде колебательного контура (рис.4б):

$$\eta = 0,5 \left(\frac{I_{a1}}{I_{a0}} \right) \left(\frac{U_a}{E_a} \right) = 0,5 \left(\frac{0,5 \cdot I_{a\max}}{I_{a\max}/\pi} \right) \cdot 1 \leq 0,78 = 78\%$$

Поэтому чаще всего в радиопередающих устройствах применяются усилители в режиме с отсечкой выходного тока, а в качестве согласующей цепи (нагрузки активного элемента) применяется контур или фильтр, и называются они усилителями мощности или генераторами с внешним возбуждением (ГВВ).

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой ГВВ на лампе 6П1П с последовательным питанием по аноду и по сетке. Схема лабораторного макета ГВВ приведена на рис.5. Нагрузочный контур состоит из L1 и C5, сопротивление R6, включенное последовательно в контур, имитирует нагрузку генератора. Переключатель SA позволяет изменить коэффициент включения лампы к контуру, а значит величину эквивалентной нагрузки.

Напряжение возбуждения подается с генератора звуковой частоты ГЗ-56/1 на клеммы «ЗГ». Настройка ГВВ в резонанс осуществляется изменением частоты генератора ГЗ-56/1 (резонансная частота ГВВ около 8 кГц). О настройке ГВВ можно судить по максимальной величине напряжения на нагрузке (клеммы «0,5Ua») или минимальному показанию прибора, измеряющего постоянную составляющую анодного тока (прибор находится в блоке питания).

Для исключения влияния измерительной цепи на работу ГВВ к контуру в параллель включен делитель R2, R3 с коэффициентом деления 2:1, на клеммах «0,5Ua» соответственно измеряется половина переменного анодного напряжения.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ

1. Ознакомиться с описанием схемы лабораторной установки.
2. Подготовить звуковой генератор (ГЗ-56/1), для этого установить;
 - 2.1. Тумблер «Внутр.600Ω» в положение «ВКЛ»;
 - 2.2. Переключатель «Внеш. нагрузка Ω» в положение «АТТ»;
 - 2.3. Проверить замыкатель «┴» - средняя точка выхода;
 - 2.4. Выходное напряжение снимается с клемм «(→)» относительно земли, величина устанавливается в зависимости от режима работы ГВВ;
 - 2.5. Частоту генерации около 8 кГц.
3. Подключить звуковой генератор ГЗ-56/1, вольтметр (клеммы «0,5 Ua») и осциллограф (клеммы «i_a») к исследуемому макету.

4. Включить тумблер «Сеть» блока питания. Потенциометрами установить напряжения: $E_a = +200B$; $E_{c2} = +50B$
 $E_{c1} = 0$ в режиме А; $E_{c1} = -5B$ в режиме В (с отсечкой $\theta = \pi/2$)
 Включить тумблеры E_a ;

5. Установить переключатель « R_a » в положение $R_a = R_{акр}$

Режим А.

6. Установить $E_{c1} = 0$, входное напряжение ГВВ таким, чтобы на экране осциллографа получилась максимальная по амплитуде и неискаженная по форме синусоида анодного тока 1-ой гармоники.

7. Измерить $U_{осц}$, $U_{вольт}$, $I_{ао}$ (прибор в блоке питания).

8. Рассчитать: $I_{a1} = \frac{U_{осц} \sqrt{2}}{R}$, $R = 50[Ом]$

(На осциллографе $U_{осц}$ - размах \sin , измерять и подставлять в формулу амплитуду \sin).

$$P_{\sim} = 0,5U_a \cdot I_{a1}$$

I_{a1}, U_a - амплитудные значения (вольтметр измеряет действующее значение, $U_a = \sqrt{2} \cdot U_{вольт}$)

$$P_o = E_a I_{ао}$$

$$\eta = P_{\sim} / P_o$$

9. Выполнить пп. 6, 7, 8 для $R_a < R_{акр}$.

Режим В.

10. Установить $E_{c1} = -5B$, входное напряжение ГВВ таким, чтобы на экране осциллографа получается максимальный по величине и неискаженный по форме косинусоидальный импульс (рис.3) коллекторного тока.

11. Измерить $U_{осц}$, $U_{вольт}$, $I_{ао}$.

12. Рассчитать

$$I_{\text{амакс}} = \frac{U_{\text{осц}} \cdot \beta}{R}, \quad R=50[\text{Ом}]$$

В формулу подставлять величину всего изображения, т.к. в этом случае определяется максимальное значение высоты импульса тока.

$$I_{a1} = I_{\text{амакс}} \cdot \alpha_1,$$

$I_{ao} = I_{\text{амакс}} \cdot \alpha_o$, (рассчитанное значение I_{ao} сравнить с измеренным I_{ao} прибором блока питания),

где α – коэффициент Берга, при $\theta=90^\circ$ $\alpha_1=0,5$, $\alpha_o=0,32$.

$$P_{\sim} = 0,5 \cdot U_a \cdot I_{a1}$$

$$P_o = E_a \cdot I_{ao}$$

$$\eta = \frac{P_{\sim}}{P_o}$$

13. Выполнить пп.10, 11, 12 для $R_a < R_{кр}$.

14. Сравнить КПД для режимов А и В, сделать выводы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радиопередающие устройства: Учебник для ВУЗов связи/Л.Е.Клягин, В.В.Козырев, А.А.Ляховкин и др.; Под ред. В.В.Шахгильдяна. М.: Связь, 1980 – 328 с., ил.
2. Евтянов С.И. Радиопередающие устройства: Учебник для ВУЗов. – М.: Связьиздат, 1950. – 543 с., ил.
3. Радиопередающие устройства: Учебник для ВУЗов/ Л.А.Белов, М.В.Благовещенский, В.М.Богачев и др., Под ред. М.Б.Благовещенского, Г.М.Уткина. – М.: Радио и связь, 1982. – 408 с., ил.