

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО РАДИОТЕХНИКЕ

**№5 Генераторы синусоидальных колебаний с  
кварцевой стабилизацией частоты**

выполнил студент Б04-852 группы ФЭФМ

Яромир Водзяновский

# 1 Резонансный усилитель

1. Соберем схему на рис. 1.

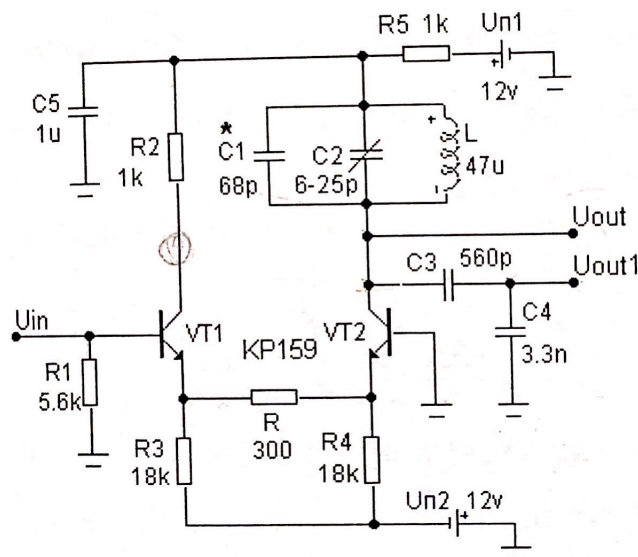


Рис. 1: Схема резонансного усилителя

Выход усилителя  $U_{out}$ , напряжение  $U_{out1}$  - выход цепи обратной связи. Они связаны соотношением:

$$\beta = \frac{U_{out1}}{U_{out}} = \frac{C_3}{C_3 + C_4} \approx \frac{1}{7}$$

Измерим потенциалы на всех электродах транзисторов. Определим токи эмиттеров  $I_{E1}$ ,  $I_{E2}$  и крутизну транзисторов  $S = I_C/U_T$ .

$$T1: U_B = 0, U_k = 8,66V, U_{\text{э}} = -0.52V$$

$$T2: U_B = 0, U_k = 8,66V, U_{\text{э}} = -0.6V$$

$$U_{B\text{э}} = 0.65V$$

$$I_{k1} = 50mA, S_1 = \frac{I_{k1}}{U_{B\text{э}}} \approx 10^{-4}, I_{\text{э}1} = 475mA, I_{\text{э}2} = 475mA$$

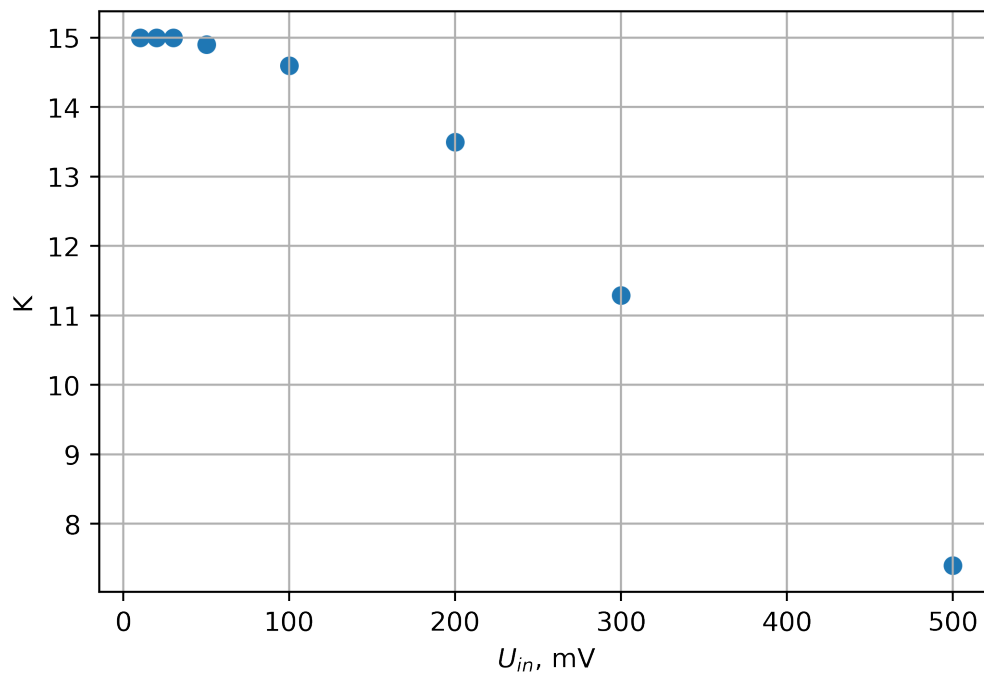
2. Подадим входной сигнал  $U_{in}$  от генератора. Изменяя частоту сигнала налюдаем переменное напряжение на выходе. Найдем резонанс.

$$f_p = 1.1MHz$$

3. На резонансной частоте  $f_p$  снимем АЧХ усилителя изменяя амплитуду  $U_{min}$  от 10 до 500 мВ, занесем результат в таблицу 1. Построим график зависимости  $K = U_{mout}/U_{min}$  от амплитуды входного сигнала рис. 2.

$U_{out}, mV$	150	300	450	745	1460	2700	3388	3700
$U_{in}, mV$	10	20	30	50	100	200	300	500

Таблица 1: Зависимость  $U_{out}$  от  $U_{in}$

Рис. 2: Зависимость  $K(U_{in})$ 

4. Измерим резонансный коэффициент усиления для случая  $R = 0$ , соединив накоротко эмиттеры у транзисторов.

$$U_{in} = 0.01 \text{ V} \quad U_{out} = 0.45 \text{ V}$$

$$K \approx 45$$

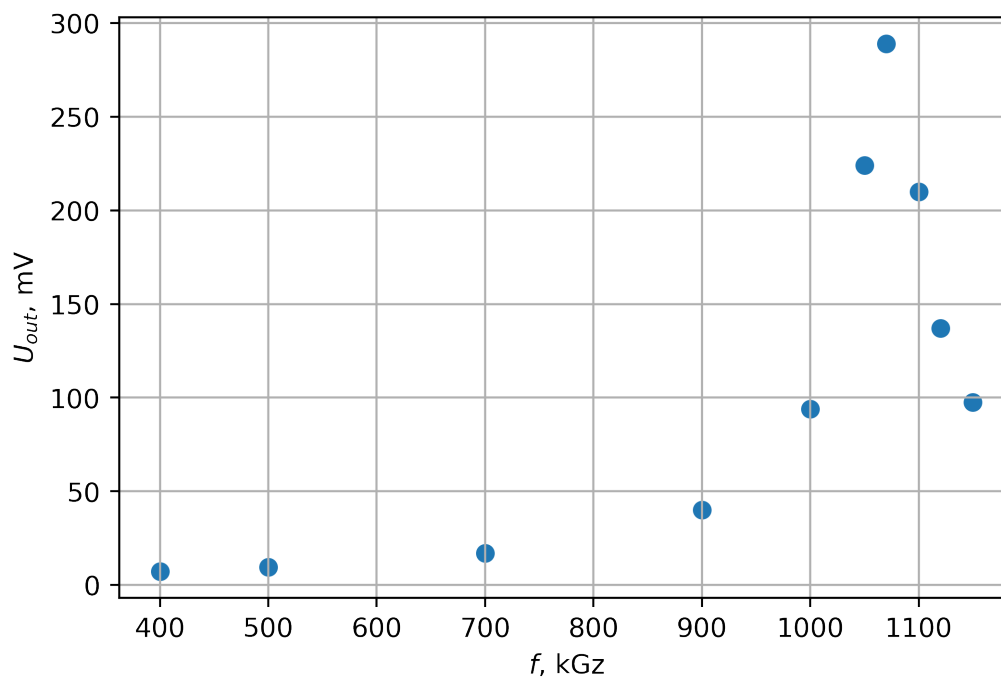
5. Снимем зависимость коэффициента усиления от частоты входного сигнала при амплитуде  $U_{m_{in}}$ , соответствующей линейному участку АЧХ и занесем в таблицу 2. Построим эту зависимость рис. 3. Определим полосу пропускания  $\Delta f_{0.7}$  и добротность  $Q = f_p / \Delta f_{0.7}$ .

$$f_{\text{н}} = 1050 \text{ kHz}, \quad f_{\text{в}} = 1100 \text{ kHz}$$

$$Q = 1000$$

$f, \text{kHz}$	400	500	700	900	1000	1050	1070	1100	1120	1150
$U_{out}, \text{mV}$	7.2	9.45	17	40	94	224	289	210	137	97.5

Таблица 2: Зависимость  $U_{out}$  от  $f$

Рис. 3: Зависимость  $U_{out}(f)$ 

## 2 Кварцевый генератор с использованием последовательного резонанса кварца

1. Замкнем цепь обратной связи как на рис. 4. Вместо кварца подключим резистор  $R = 300 \Omega$ . Измерим амплитуду выходного колебания.

$$f \approx 1 \text{ MHz} \quad U_{out} \approx 25 \text{ mV}$$

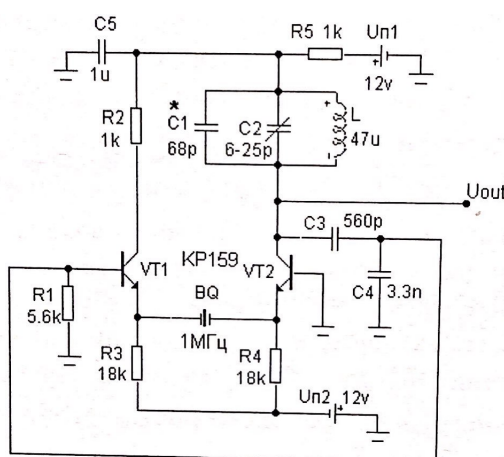


Рис. 4: Схема кварцевого генератора с использованием последовательного резонанса кварца

2. Включим между эмиттерами кварцевый резонатор вместо  $R$ . Измерим частоту колебаний. Чтобы возникли колебания пришлось увеличить емкость  $C_1 = 100 \div 120 \text{ pF}$ .

$$f \approx 1 \text{ MHz}$$

3. Измерим добротность кварцевого резонатора.

Расстроим LC-контур, внесем  $\Delta C = 13 \div 16 \text{ pF}$

Без кварца:  $\Delta f \approx 9 \text{ Gz}$

С кварцем:  $\Delta f_k \approx 26 \text{ Gz}$

$$Q_k = \Delta f_k / \Delta f \cdot Q \approx 65000$$

4. Восстановим настройку контура в резонанс.

Определим электрические параметры кварцевого резонатора. Включим последовательно с кварцем конденсатор  $C_s = 130 \div 160 \text{ pF}$ , измерим изменение  $\Delta f_k$ .

$$C_k = 2C_s \frac{\Delta f_k}{f_k} = 7.28 \text{ pF}$$

$$L_k = \frac{1}{4\pi^2 f_k^2 C_k} = 3.47 \text{ Гн}$$

$$\rho_k = \sqrt{L_k / C_k} = 21802.65 \text{ }\Omega / \text{m}$$

$$r_k = \frac{\rho_k}{Q_k} = 0.36 \text{ }\Omega$$

5. Исследуем стабильность частоты кварцевого генератора при изменении питающего напряжения  $U_{п2}$  от 8 до 12 В. Результаты внесем в таблицу 3 без кварца и таблица 4 с кварцем.

$U_{п2}, \text{ V}$	8	9	10	11	12
$f, \text{ kGz}$	997.243	996.745	996.163	995.854	995.264
$U_{out}, \text{ mV}$	28.96	32.55	36.42	40.45	45.78

Таблица 3: Без кварца

$U_{п2}, \text{ V}$	8	9	10	11	12
$f, \text{ MGz}$	1.000016	1.000017	1.000018	1.000017	1.000018
$U_{out}, \text{ mV}$	20.3	23.5	26.2	28.5	29.6

Таблица 4: С кварцем

### 3 Кварцевый генератор с использованием кварца в качестве индуктивности

1. Соберем схему рис. 5

Измерим частоту колебаний генератора, рподстроив в резонанс LC-контур.

$$U_{out1} = 7.8 \text{ mV}, \quad f \approx 980 \text{ kGz}$$

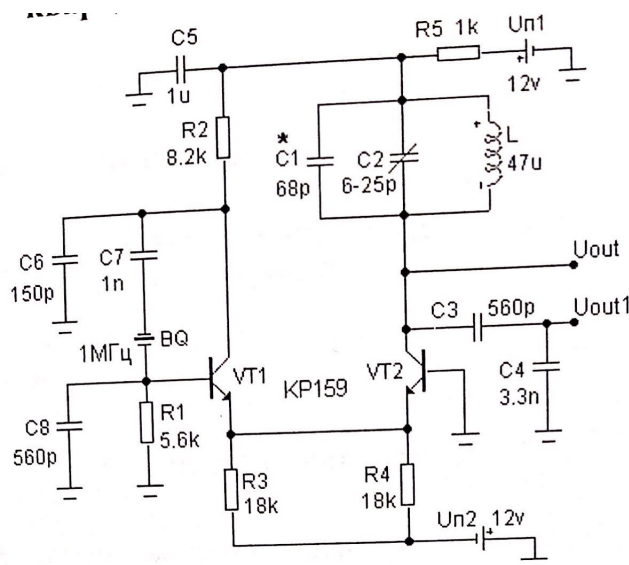


Рис. 5: Схема кварцевого генератора с использованием кварца в качестве индуктивности

2. Измерим ход частоты колебаний генератора при изменении емкости конденсатора  $C_7$ , подключив параллельно  $430 \div 510 \text{ pF}$ .

$$f = 980.453 \text{ kHz}$$

3. Исследуем стабильность частоты кварцевого генератора при изменении питающего напряжения  $U_{п2}$ . Снимем зависимость частоты генератора от значений напряжения  $U_{п2}$  от 8 до 12 В. Результат в таблице 5.

$U_{n2}$ , V	8	9	10	11	12
$f$ , MGz	1.000016	1.000017	1.000018	1.000017	1.000018
$U_{out}$ , mV	20.3	23.5	26.2	28.5	29.6

Таблица 5: Стабильность частоты генератора