

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

---

Институт информационных технологий и управления  
**Кафедра «Информационная безопасность компьютерных систем»**

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8**

### **РС-автогенератор**

по дисциплине «Электроника и схемотехника»

Выполнила  
студентка гр. 23508/4

Е.Г. Проценко

Руководитель

А.Ф. Супрун

Санкт-Петербург  
2015

## Цель работы

Изучить процесс самовозбуждения и установившийся режим работы автогенератора, выполненного на операционном усилителе с цепями отрицательной и положительной обратной связи.

## Теоретические сведения.

*Автогенератор* — это устройство, в котором самопроизвольно (но не беспричинно) возникают, растут и устанавливаются колебания. Первопричинами, обуславливающими возникновение автоколебаний, являются внутренние шумы в автогенераторе, импульсы, возникающие в схеме при включении питания, а также помехи, наводки и т. п. В автогенераторе осуществляется преобразование энергии источника питания в энергию колебаний. Автогенератор — одно из основных устройств в радиоэлектронике. Он — источник всех сигналов в радиоэлектронных устройствах: радиопередатчиках, модемах, компьютерах, электронных часах и т. п.

Для построения автогенераторов используются *неустойчивые* электрические цепи, в которых после окончания малого по величине возмущения амплитуда оставшихся колебаний возрастает с течением времени. В предыдущих параграфах рассматривались *устойчивые* электрические цепи, в которых после окончания воздействия колебания затухают.

*Фундаментальный критерий устойчивости*: электрическая цепь неустойчива, если в решении однородного дифференциального уравнения есть хотя бы одно слагаемое, у которого  $\text{ak} > 0$ . Если все  $\text{ak} < 0$ , то цепь устойчива.

## Основная часть

Схема *RC*- автогенератора построена на операционном усилителе (ОУ) U1. Численные значения параметров цепи:  $R_3 = 10 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 40 \text{ кОм}$ ,  $C_3 = 15 \text{ мкФ}$ , D1 и D2 — модель ideal, U1 — LM741.

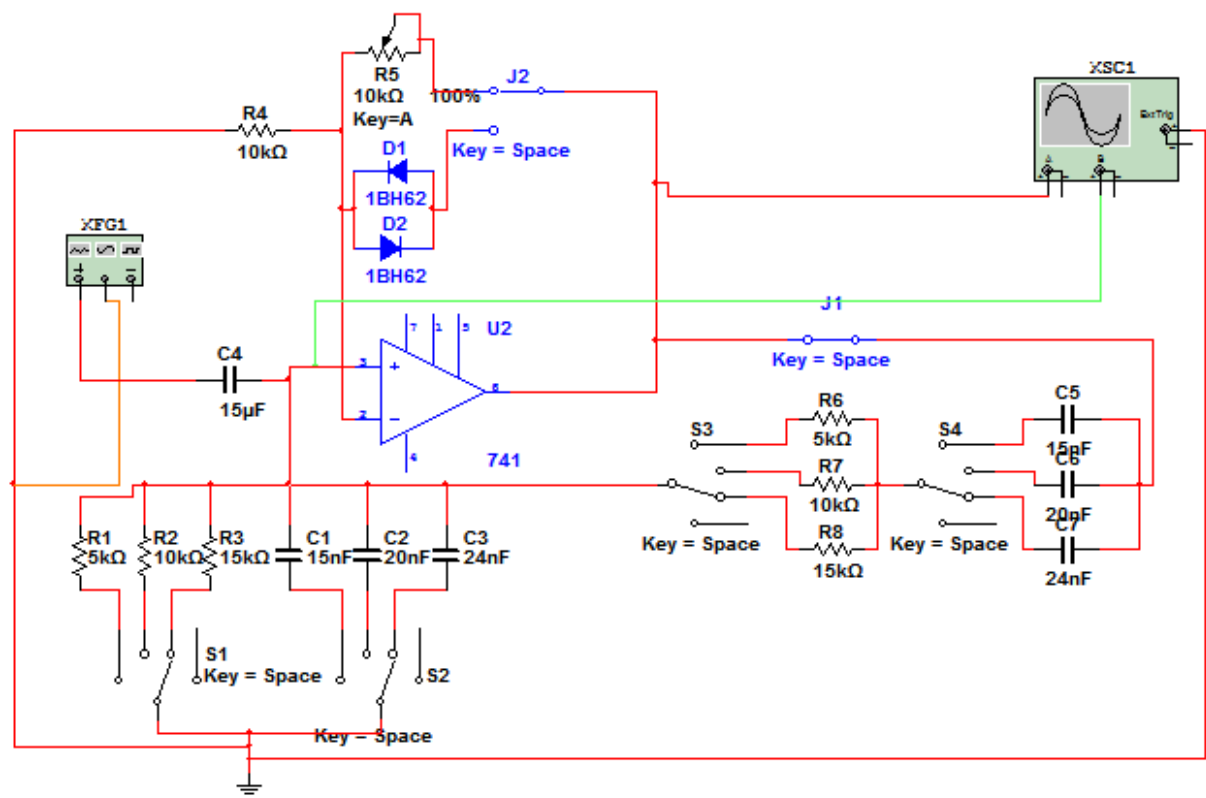
С помощью переключателей стенда можно осуществить три режима работы схемы.

Режим установившихся автоколебаний. Это основной режим работы автогенератора. В этом режиме в цепи отрицательной обратной связи (ООС) с помощью переключателя J2 подключаются  $R_4$ . Переключатель J3 устанавливается в положение "замкнуто". При этом подключается цепь ПОС. На выходных гнездах генератора можно измерить амплитуду и частоту квазигармонических установившихся колебаний.

Режим генератора с линейной отрицательной обратной связью. Этот режим отличается от предыдущего установкой переключателя J2 в положение с подключенным переменным резистором  $R_{\text{ОС}}$ . Уменьшая сопротивление этого резистора, получаем увеличение ООС, уменьшение коэффициента усиления усилителя и, наконец, исчезновение колебаний автогенератора, так как условия самовозбуждения автогенератора перестают выполняться. Наоборот, при увеличенном сопротивлении

резистора  $R_{oc}$  условия самовозбуждения выполняются и в автогенераторе возникают колебания.

Режим нелинейного усилителя. В этом случае цепь положительной обратной связи размыкается: ключ J1 устанавливаем в положение "Отключено". Автоколебания в устройстве отсутствуют. Переключателем J2 отключаем от ОУ R4. Получаем схему нелинейного усилителя с ООС. На вход ОУ подаем колебания от внешнего генератора. Выходное напряжение на усилителе измеряем с помощью вольтметра (осциллографа).



1.) Измерение основных показателей автогенератора  
Подключить к выходным разъёмам генератора частотомер и вольтметр (осциллограф). Измерить основные показатели автогенератора: частоту  $f_0$ , уровень выходного сигнала  $U_{вых}$  и уровень входных  $U_{ст}$  автоколебаний в установившемся режиме при изменении сопротивлений и емкостей цепи ПОС ( $R1 = R2 = 5 \text{ кОм}$ ,  $10 \text{ кОм}$ ,  $15 \text{ кОм}$ ,  $C1 = C2 = 15 \text{ нФ}$ ,  $20 \text{ нФ}$ ,  $25 \text{ нФ}$ ). Результаты измерений занести в таблицу. Для дальнейших исследований  $R1 = R2 = 5 \text{ кОм}$  и  $C1 = C2 = 15 \text{ нФ}$ .

	$C(1)=C(2)=15 \text{ нФ}$	$C(1)=C(2)=20 \text{ нФ}$	$C(1)=C(2)=25 \text{ нФ}$	
$R(1)=R(2)=5 \text{ кОм}$	1,285	1,037	0,996	$U_{вх}, \text{мВ}$
	3,182	3,182	3,182	$U_{вых}, \text{мВ}$
	2123,142	1592,357	1273,885	$f_0, \text{Гц}$
$R(1)=R(2)=10 \text{ кОм}$	0,943	0,839	0,743	$U_{вх}, \text{мВ}$
	3,182	3,182	3,182	$U_{вых}, \text{мВ}$
	1061,571	796,1783	636,9427	$f_0, \text{Гц}$

$R(1)=R(2)=15\text{кОм}$	0,412	0,788	0,56	$U_{вх},\text{мВ}$
	3,182	3,182	3,182	$U_{вых},\text{мВ}$
	707,7141	530,7856	424,6285	$f_0, \text{Гц}$

$R_1 = R_2 = 5 \text{ кОм}$  и  $C_1 = C_2 = 15 \text{ нФ}$ . Следовательно,  $f_0 = 2123,142 \text{ Гц}$ , т.к. коэффициент  $\beta = 1/3$ , т.е. максимальное значение при  $R = 5 \text{ кОм}$  и  $C = 15 \text{ нФ}$ .

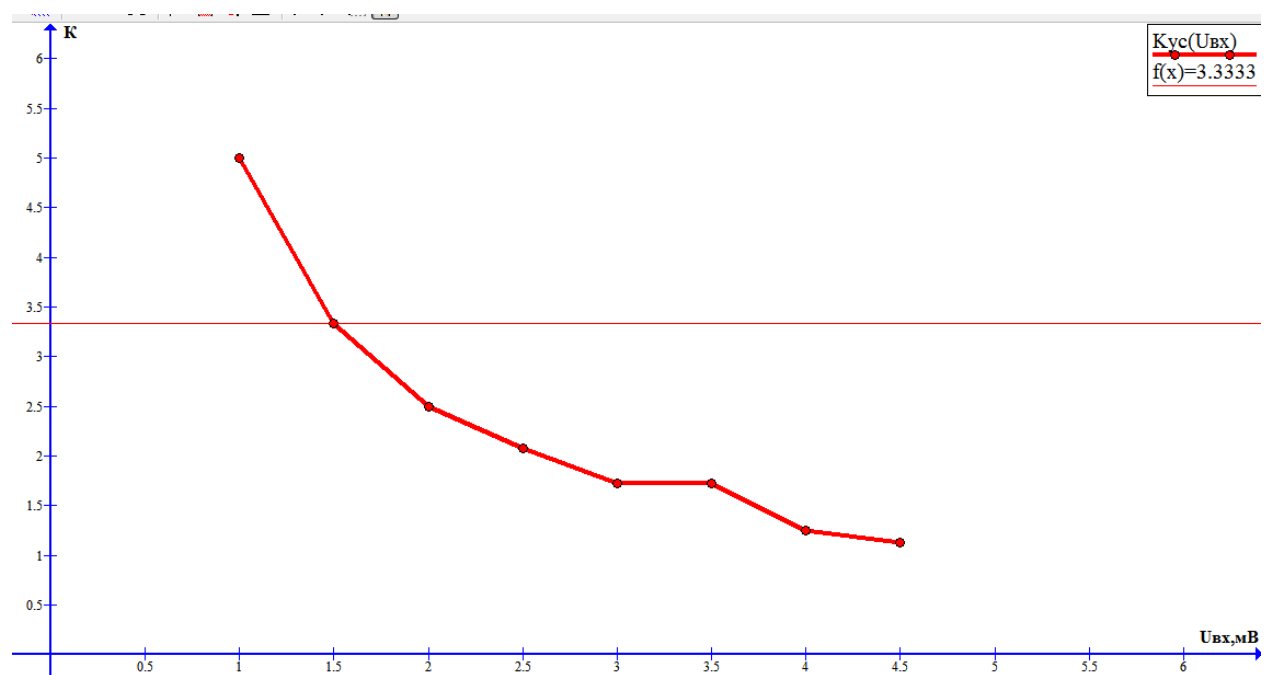
## 2.) Исследование условий самовозбуждения автогенератора

$R_{ос} = 28 \text{ кОм}$  - положение движка резистора, при котором начинают возникать колебания автогенератора. По напряжению может определить  $K_{ус} \approx 5$ , отсюда  $\beta * K_{ус} \approx 1,5 > 1$ , т.е. больше теоретического значения, при котором генератор самовозбуждается.

## 3.) Исследование баланса амплитуд и баланса фаз в автогенераторе.

Снять амплитудную характеристику ( $U_{вых} = f(U_{вх})$ ) нелинейного усилителя генератора, подавая на вход усилителя сигнал от низкочастотного генератора с частотой  $f_0$ . Выходное квазигармоническое напряжение измерить на выходе усилителя. Рассчитать зависимость коэффициента усиления нелинейного квазигармонического усилителя  $K_{ус} = U_{вых}/U_{вх}$  от уровня входного сигнала.

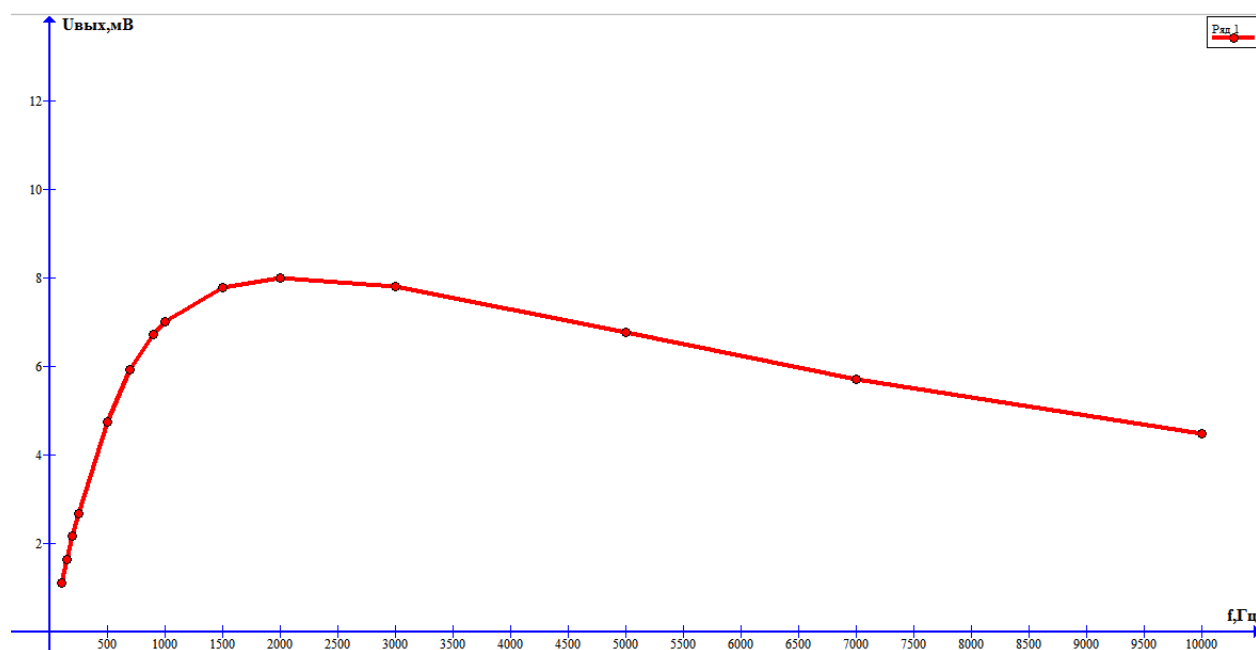
$U_{вх}, \text{мВ}$	$K$
1	5
1,5	3,33
2	2,5
2,5	2,08
3	1,72
3,5	1,72
4	1,25
4,5	1,13



Как и предполагалось,  $U_{ст} \approx U_{ст.э} : 1,5 \text{ мВ} \approx 1,285 \text{ мВ}$ . Это объясняется условием баланса амплитуд в автогенераторе.

## Исследование цепи ПОС.

f, Гц	U <sub>вых</sub> , мкВ
100	1,102
150	1,638
200	2,167
250	2,677
500	4,755
700	5,931
900	6,715
1000	7
1500	7,793
2000	8,011
3000	7,817
5000	6,769
7000	5,707
10000	4,475
$f_k \approx 2 \text{ КГц}$	



Из графика получаем  $\max(U_{\text{вых}}) = 8,011 \text{ мВ}$ , значит,  $f_k \approx 2 \text{ кГц}$ , что примерно равно  $f_0 = 2123,142$ , как и предполагалось.

## Вывод

В ходе лабораторной работы было получено представление о таких понятиях, как операционный усилитель, автоколебания, обратная связь – последнее играет особую роль в электротехнике; были рассчитаны значения входной частоты, амплитуды входного напряжения, при котором генератор начинает самовозбуждаться. Рассчитанные и экспериментальные данные оказались довольно близки.