

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

Факультет информатики и вычислительной техники

Кафедра вычислительной техники

## **Лабораторная работа №4 (9)**

*по курсу «Гибридные компьютерные системы»*

**Генератор прямоугольных и треугольных колебаний**

Выполнил

студент группы ИВ-73

Захожий Игорь

Вариант №307

Киев-2010

**Тема:** Генератор прямоугольных и треугольных колебаний.

**Цель работы:** Изучение принципов построения генераторов прямоугольных и треугольных периодических колебаний (ГПТК), методов расчета схем генераторов, способов настройки схем на генерирование колебаний.

**Определение варианта:**

Вариант	$U_{F1}^*, [B]$	$U_{F2}^*, [B]$	$U_{r1}^*, [B]$	$U_{r2}^*, [B]$	$T^*, [c]$
307	4	-3.5	2.5	-3	3

**Выполнение:**

Генератор прямоугольных и треугольных импульсов строится на основе схемы моделирующей простую релейную характеристику. Схема генератора функциональная электрическая имеет вид (Рис. 1):

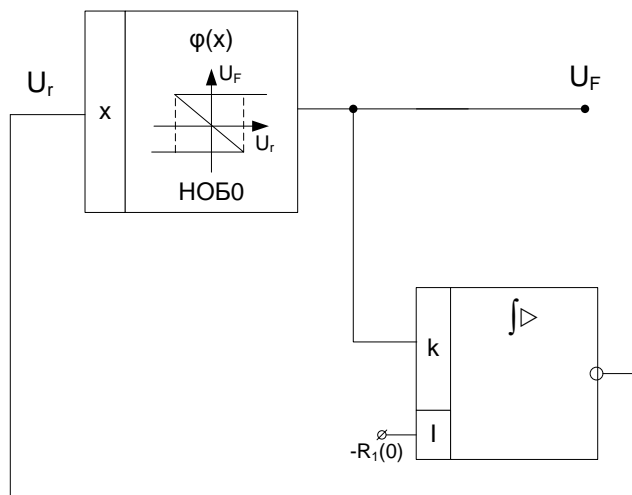


Рисунок 1. Схема функциональная электрическая ГПТК

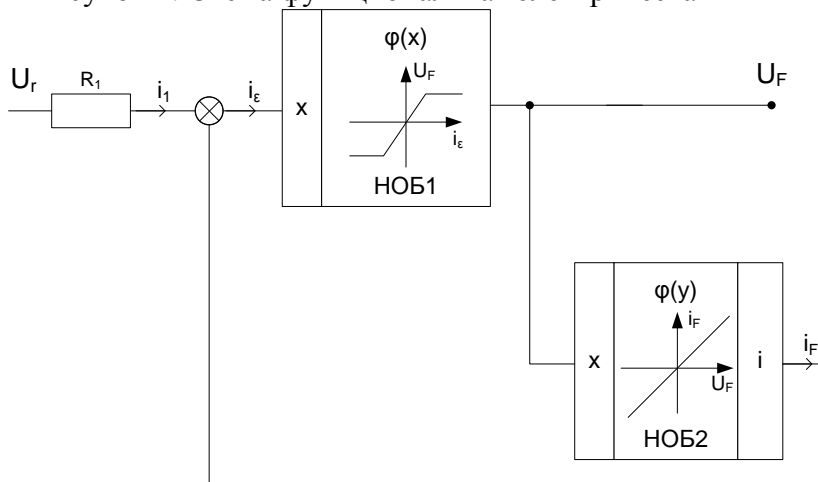


Рисунок 2. Схема функциональная электрическая НОБ0

Схема ГПТК состоит из трех операционных блоков, поэтому набор и настройку схемы рекомендуется выполнять поэтапно.

*Построение релейной характеристики*

Релейная характеристика получается соединением в контур двух нелинейных операционных блоков, которые имеют характеристики, показанные на Рис.9.1. НОБ1 должен моделировать линейную характеристику с двухсторонним ограничением по выходной переменной, а НОБ2 – линейную характеристику. НОБ1 должен иметь токовый вход, а НОБ2 – токовый выход.

### Моделирование характеристики НОБ1 (характеристики основного канала)

Схема моделирования линейной характеристики с двухсторонним прецизионным ограничением по выходной переменной строится на основе нелинейного элемента НЭ1 и двух инверторов (Рис. 3), причем НЭ1 - диодный ограничитель мостового типа (рис. 4), характеристика которого (зависимость выходного тока от входного напряжения) приведена на рис. 5а.

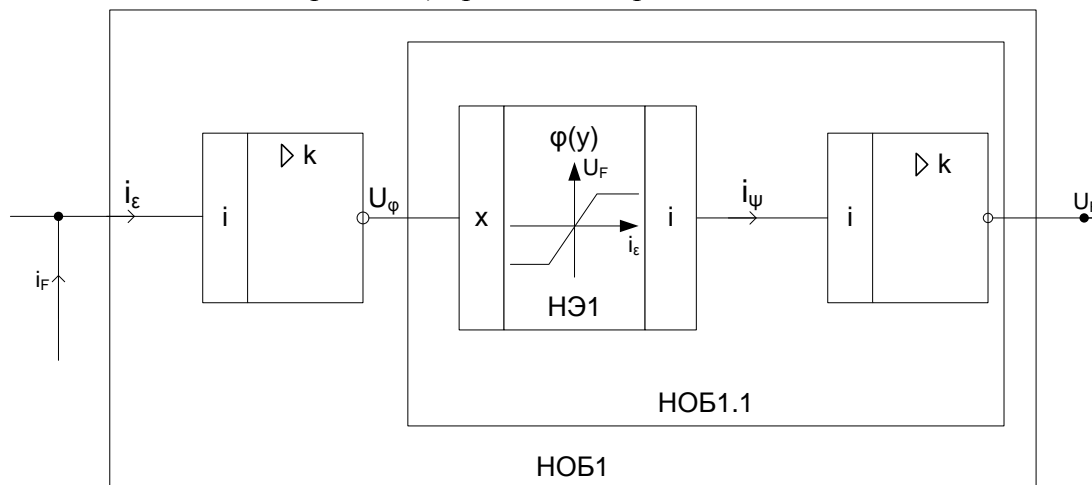


Рисунок 3. Схема функциональная электрическая НОБ1

Выберем величины резисторов  $R_{21} = R_{22} = 200 \text{ КОм}$ . При таких значениях коэффициент передачи будет равен  $\frac{1}{2}$ . Напряжения источников питания:  $E_{01} = 3.5\text{В}$ ,  $E_{02} = 4\text{В}$ , в соответствии с вариантом.

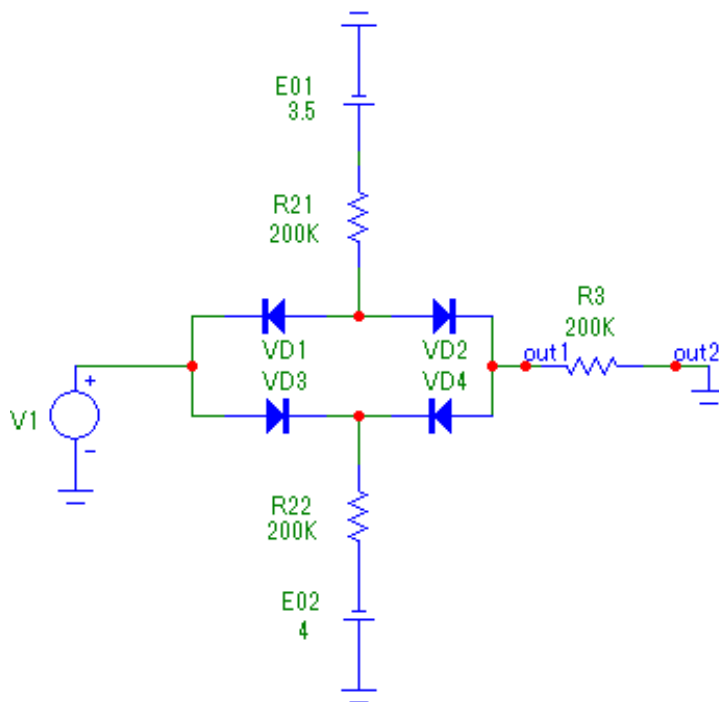
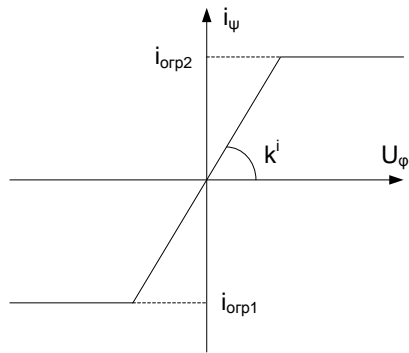
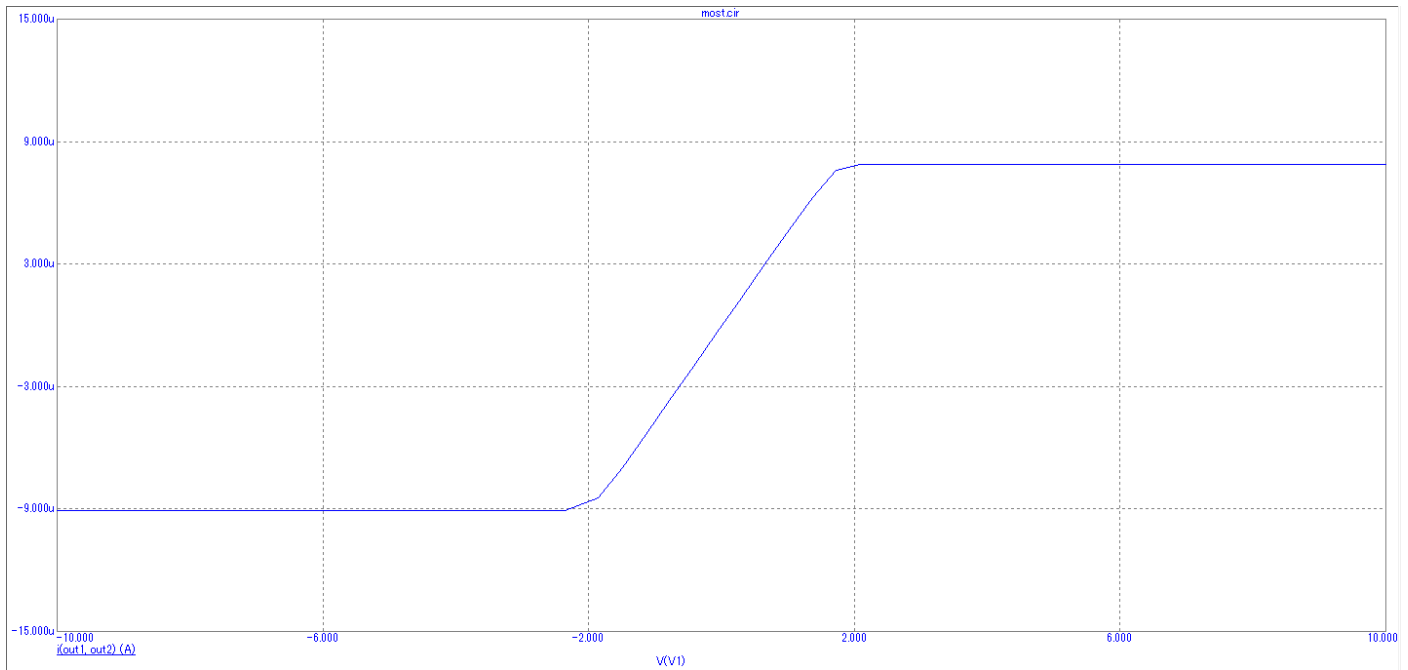


Рисунок 4. Схема принципиальная электрическая диодного ограничителя мостового типа



а)



б)

Рисунок 5. Характеристика НЭ1 (ДО мостового типа)

Здесь и далее: график а – теоретический, б – полученный в результате моделирования

Для диодного ограничителя мостового типа значения ограничений  $i_{орп1}$ ,  $i_{орп2}$  и значение углового коэффициента  $k^i$  определяются по следующим формулам:

$$i_{орп1} = \frac{-E_{02}}{R_{22} + R_3} \quad i_{орп2} = \frac{E_{01}}{R_{21} + R_3} \quad k^i = \frac{1}{R_3}$$

Нелинейный операционный блок НОБ1.1 построен по первой структуре, то есть с включением НЭ во входную цепь операционного усилителя (рис. 6):

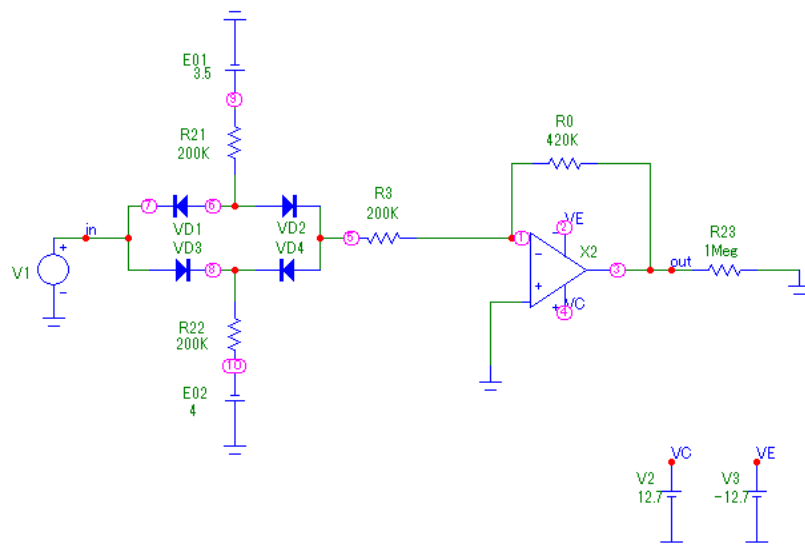


Рисунок 6. Схема принципиальная электрическая НОБ1.1  
Характеристика НОБ1.1 приведена на рис. 7а:

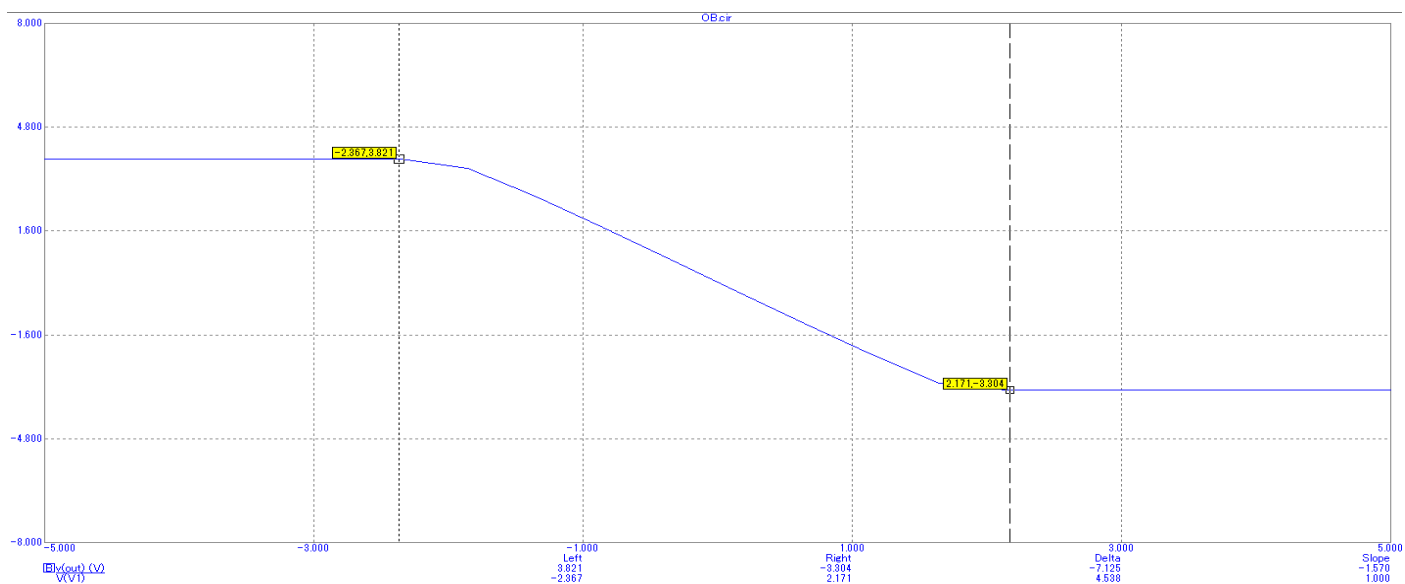
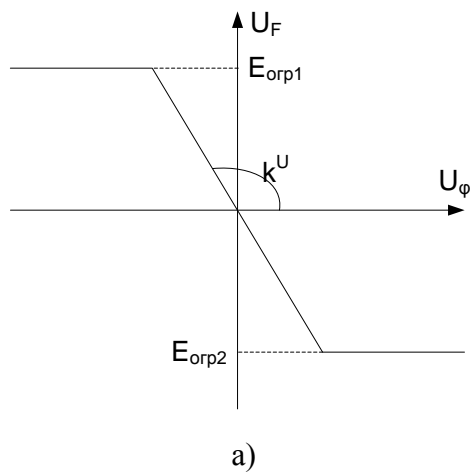


Рисунок 7. Зависимость выходного напряжения от входного  $U_{\text{ВЫХ}}(U_{\text{ВХ}})$

Характеристика НОБ1, то есть зависимость  $U_F(U_\varphi)$ , получается из характеристики НЭ1 (диодного ограничителя мостового типа), то есть из зависимости  $i_\psi(U_F)$ , зеркальным отображением относительно оси X и увеличением ординат в  $R_0$  раз, так как  $U_F = -i_\psi R_0$ .

Таким образом, значения уровней ограничений  $E_{огр1}$ ,  $E_{огр2}$  и углового коэффициента  $k^U$  можно определить по формулам:

$$E_{огр1} = -i_{огр1} R_0 = \frac{E_{02} R_0}{R_{22} + R_3} \quad E_{огр2} = -i_{огр2} R_0 = \frac{-E_{01} R_0}{R_{21} + R_3} \quad k^U = -\frac{R_0}{R_3}$$

Для получения релейной характеристики требуется линейная характеристика с двухсторонним ограничением с положительными угловыми коэффициентами. Для получения такой характеристики необходимо подключить ко входу НОБ1.1 инвертор (рис. 9.8).

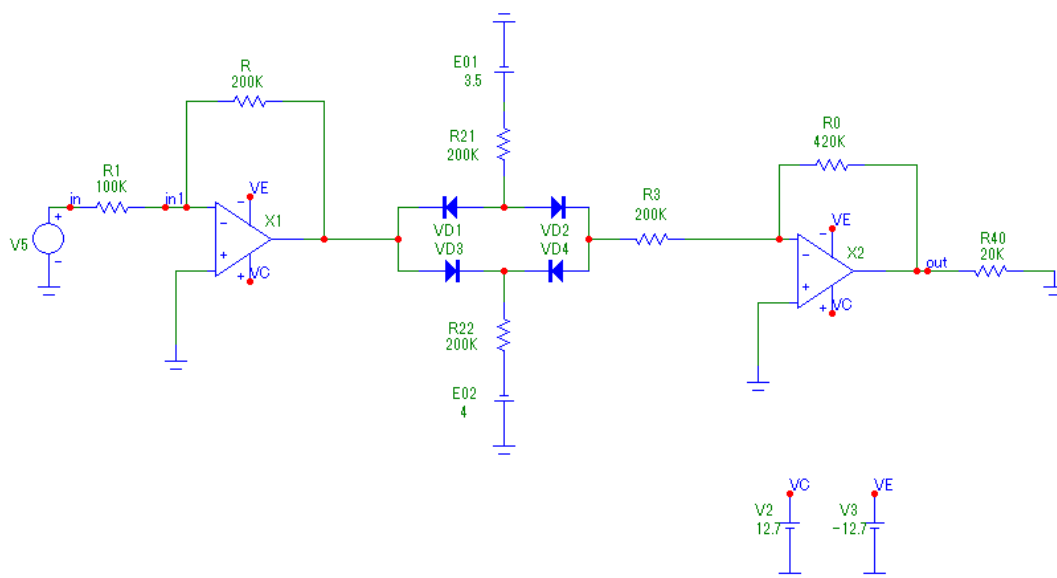
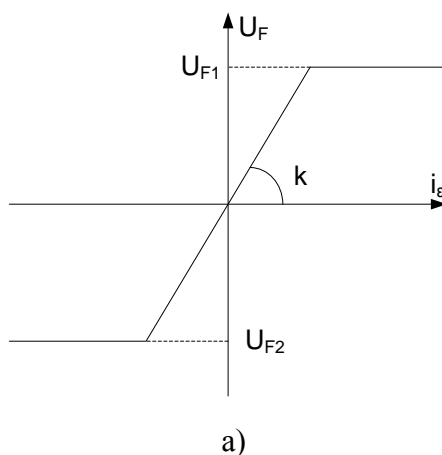
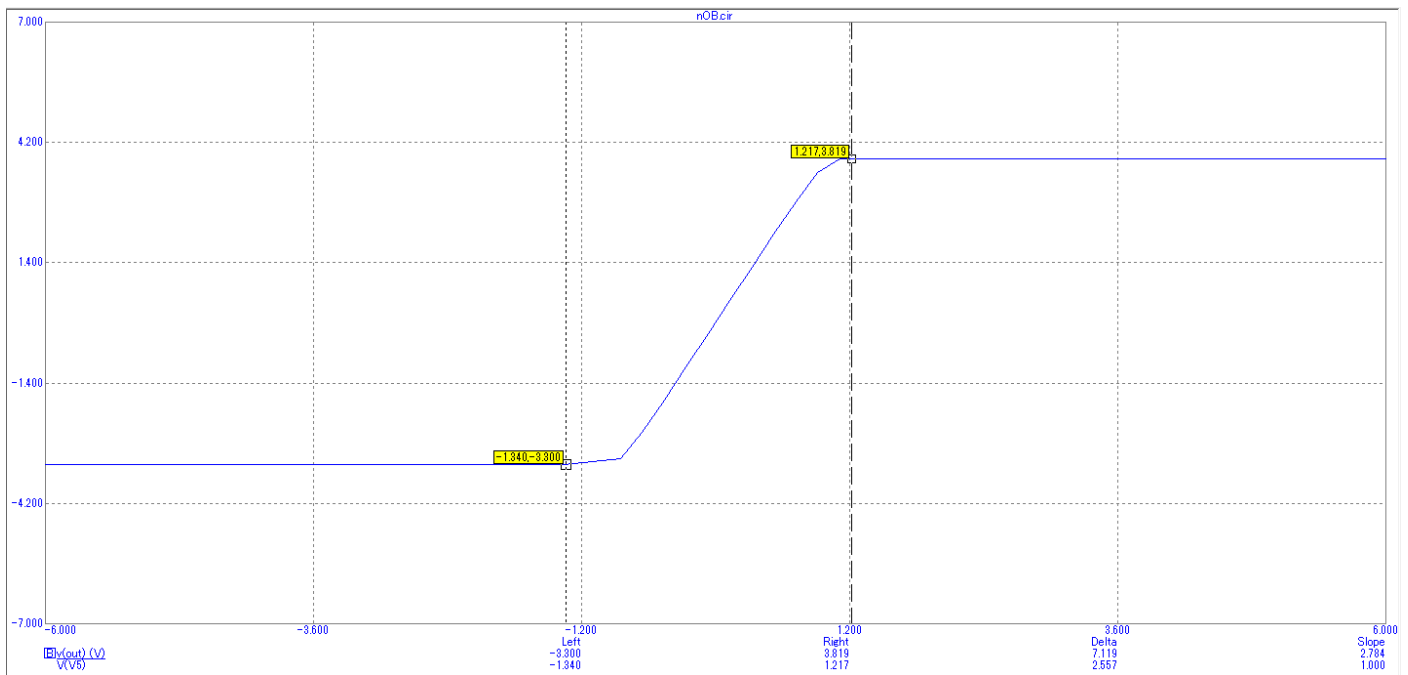


Рисунок 8. Схема принципиальная электрическая НОБ1

Характеристика НОБ1, то есть зависимость  $U_F(i_\epsilon)$  получается из характеристики НОБ1.1, то есть из зависимости  $U_F(U_\varphi)$ , зеркальным отображением относительно оси Y и уменьшением абсцисс в R раз, так как  $U_\varphi = -i_\epsilon R$  (рис. 9):





б)

Рисунок 9. Характеристика НОБ1  $U_F = f(i_F)$

Значения уровней ограничений  $U_{F1}$  и  $U_{F2}$  характеристики НОБ1 и значения углового коэффициента  $k$  определяются по следующим формулам:

$$U_{F1} = E_{огр1} = \frac{E_{02} R_0}{R_{22} + R_3} \quad U_{F2} = E_{огр2} = -\frac{E_{01} R_0}{R_{21} + R_3} \quad k = \frac{R_0 R}{R_3}$$

Следует отметить, что значения уровней ограничения  $U_{F1}$  и  $U_{F2}$  для НОБ1 такие же, как и для НОБ1.1, то есть  $U_{F1} = E_{огр1}$  и  $U_{F2} = E_{огр2}$ .

Примечание: Уровни ограничений характеристики НОБ0 совпадают с уровнями ограничений характеристики НОБ1.

#### Характеристика НОБ2

Второй нелинейный операционный блок, включенный в цепь обратной связи, должен иметь линейную характеристику. Для получения такой характеристики используется резистор  $R_{30}$  (рис. 10). Характеристика НОБ2, то есть зависимость  $U_F(i_F)$  приведена на рис. 11а. При этом угловой коэффициент определяется по формуле:

$$k^i = \frac{1}{R_{30}}$$

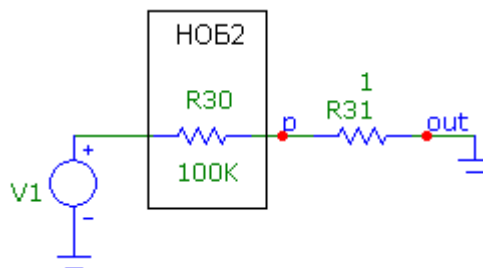
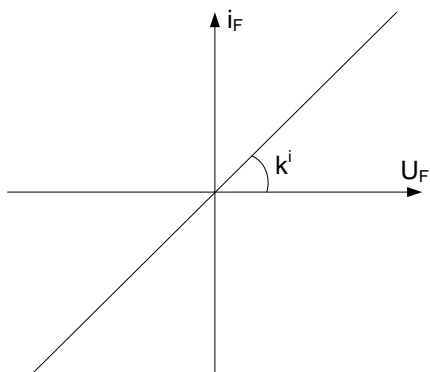
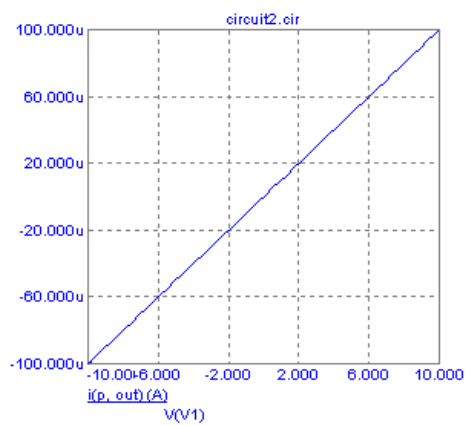


Рисунок 10. Схема принципиальная электрическая НОБ2



a)



б)

Рисунок 11. Характеристика НОБ2  $i_F = \varphi(U_F)$



### Релейная характеристика

Работа схемы НОБ0 (рис. 9.2) описывается след системой уравнений:

$$\begin{cases} i_{\varepsilon} = i_1 + i_F & (1) \\ U_F = f(i_{\varepsilon}) & (2) \\ i_F = \psi(U_F) & (3) \\ i_1 = \frac{U_r}{R_1} & (4) \end{cases}$$

Из формулы (1):

$$i_1 = i_{\varepsilon} + (-i_F) \quad (5)$$

Из формулы (2):

$$i_{\varepsilon} = f^{-1}(U_F) \quad (6)$$

Подставив в формулу (5) значения  $i_{\varepsilon}$  и  $i_F$  получаем:

$$\frac{U_r}{R_1} = f^{-1}(U_F) + [-\psi(U_F)] \quad (7)$$

Обозначив

$$\psi_1(U_F) = f^{-1}(U_F) + [-\psi(U_F)] \quad (8)$$

$$\psi_2(U_F) = R_1 \psi_1(U_F) \quad (9)$$

Получаем:

$$U_r = \psi_2(U_F)$$

Таким образом, характеристика НОБ0

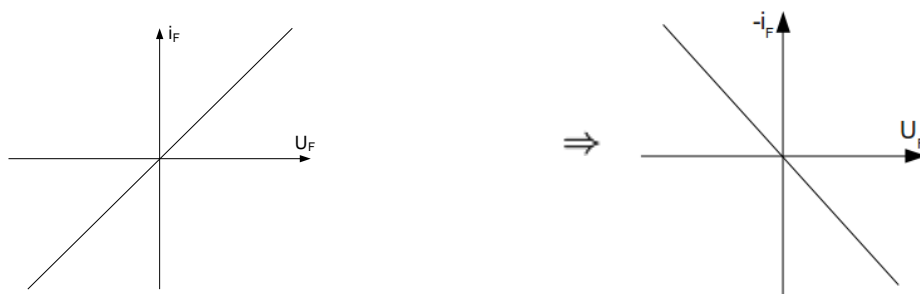
$$U_F = F(U_r) = \psi_2^{-1}(U_r)$$

Исходя из приведенных выше преобразований для получения простой релейной характеристики, необходимо выполнить следующие преобразования:

- 1) Получение характеристики, обратной характеристике основного канала (характеристики НОБ1:  $i_F = f^{-1}(U_F)$ )



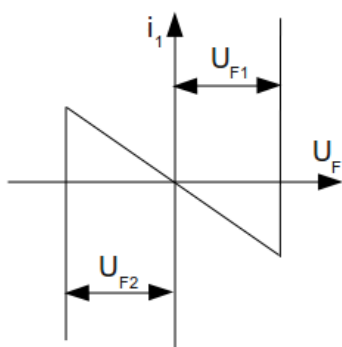
- 2) Получение характеристики, инверсной характеристике цепи обратной связи (характеристике НОБ2:  $-i_F = -\varphi(U_F)$ )



- 3) Получаем суммарную характеристику:

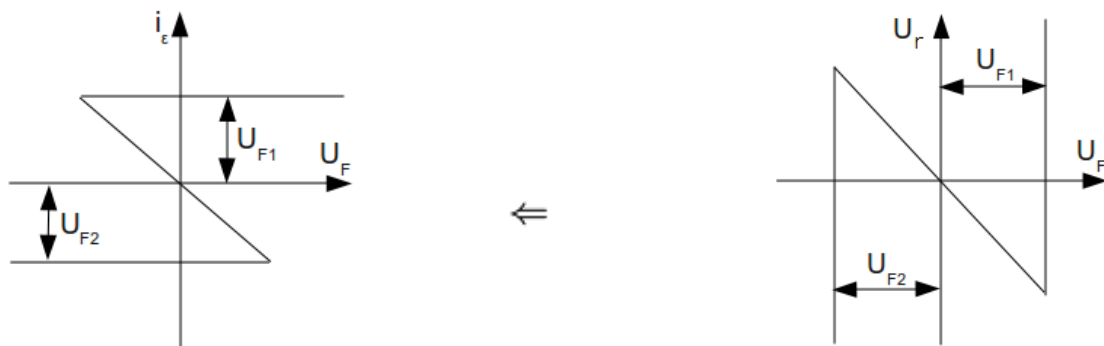
$$i_1 = i_\epsilon + (-i_F)$$

$$i_1 = \psi(U_F)$$



- 5) Отображение относительно  $Y = X$

- 4) Увеличиваем координаты суммарной характеристики в  $R_1$  раз



*Схема принципиальная электрическая простой релейной характеристики*

Требуется собрать схему, моделирующую простую релейную характеристику, а также выполнить проверку работоспособности, используя внешний генератор треугольных импульсов.

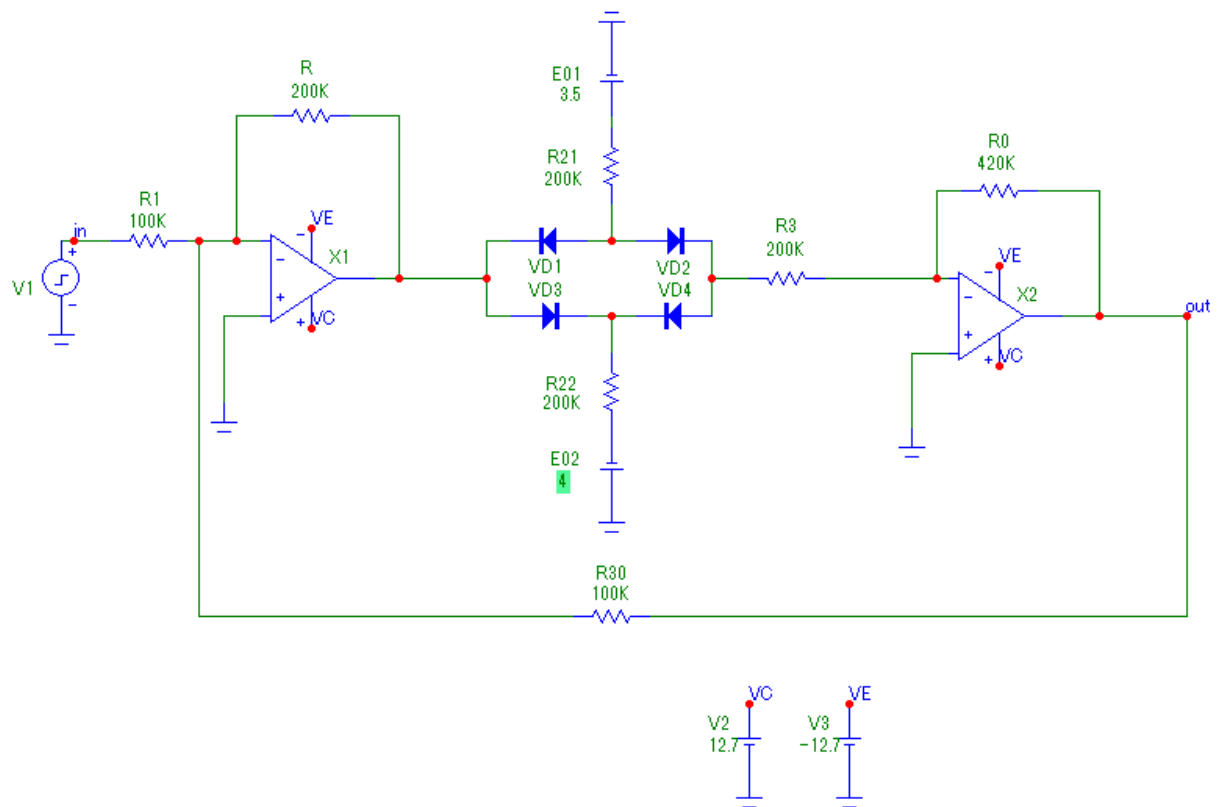
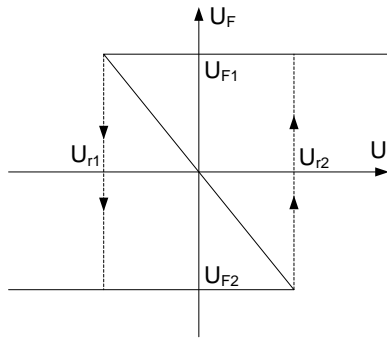
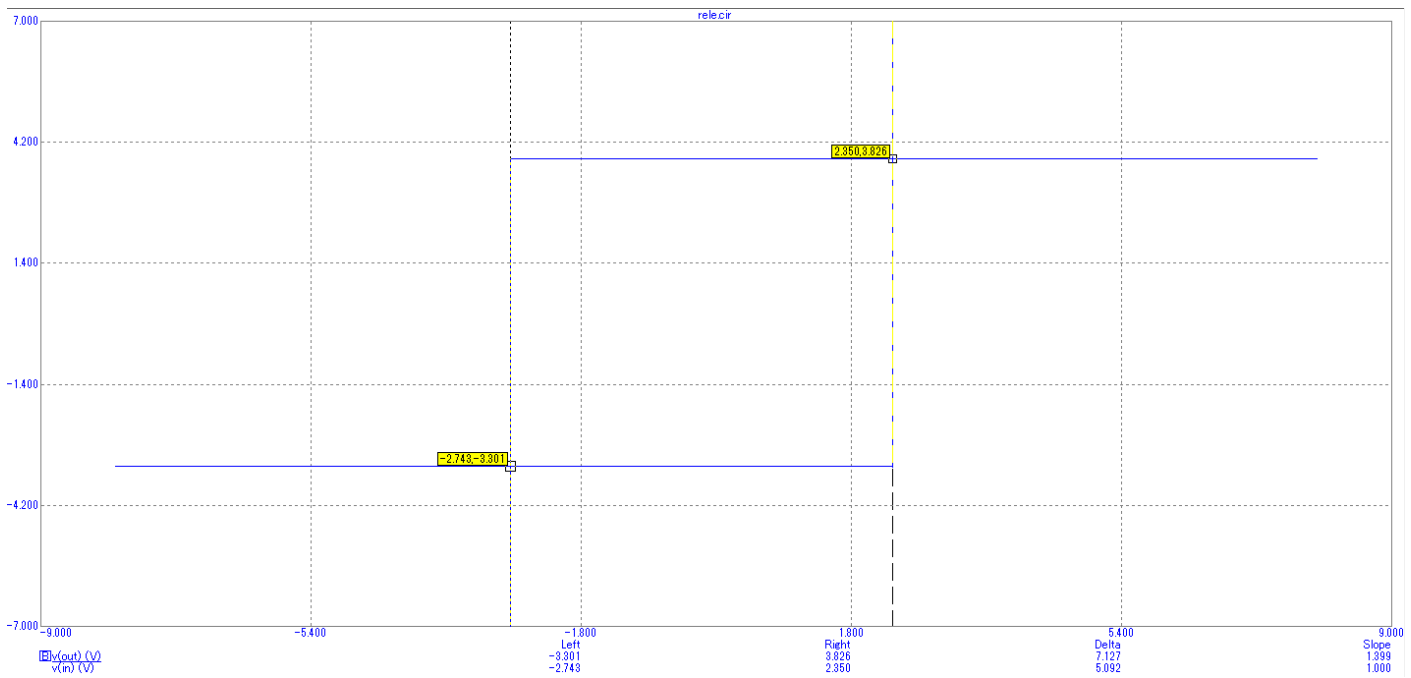


Рисунок 12. Схема принципиальная электрическая простой релейной характеристики

На рис. 13 приведена зависимость выходного напряжения  $U_F$  и входного  $U_r$ :



a)



б)

Рисунок 13. Релейная характеристика

На основании характеристики на рис. 13 необходимо проверить правильность получения значений уровней ограничений  $U_{F1}$ ,  $U_{F2}$ ,  $U_{r1}$ ,  $U_{r2}$ .

**Интегрирующий операционный блок**

Для получения интегратора используется операционный усилитель с конденсатором в цепи обратной связи и резистором на входе.

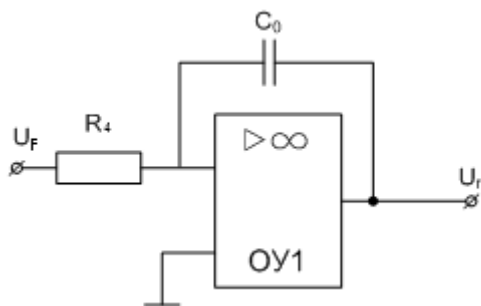


Рисунок 14. Схема принципиальная электрическая интегрирующего ОБ

Для проверки правильной работы интегрирующего ОБ на вход подаются эталонные прямоугольные колебания и на выходе получаем треугольные:

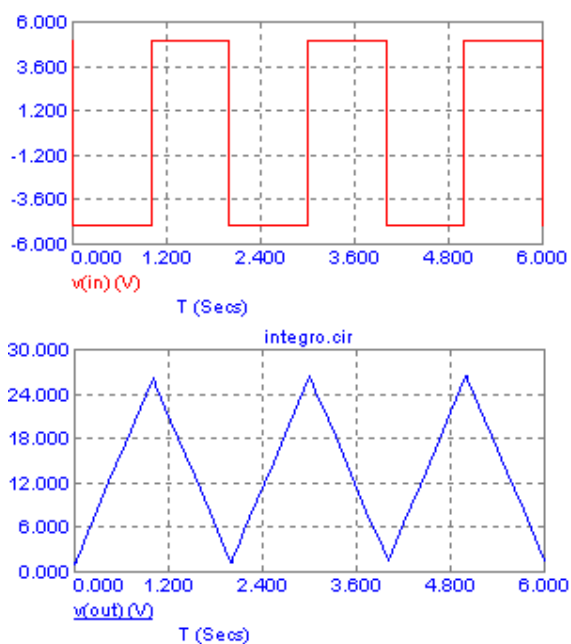


Рисунок 15. Сигнал на входе и выходе интегратора

Начальный заряд конденсатора (то есть  $-U_r(0)$ ) влияет на фазу выходного сигнала.

## Расчет периода колебаний

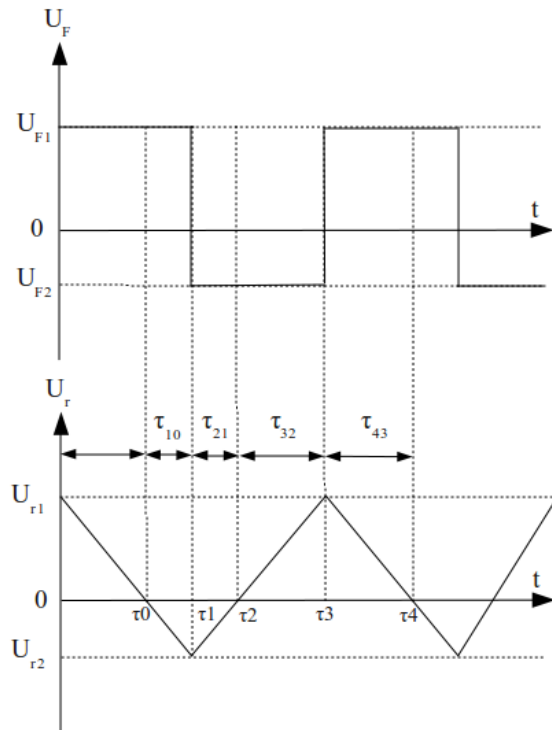


Рисунок 16. Временные параметры колебаний

Рассмотрим характеристики полученных колебаний (рис. 9.18). Из рисунка видно, что один период характеристики треугольных колебаний можно разбить на четыре интервала: спадание характеристики  $U_r$  от нулевого уровня к  $U_{r2}$  ( $\tau_{10}$ ), возрастание от  $U_{r2}$  к нулевому уровню ( $\tau_{21}$ ), возрастание от нулевого уровня к  $U_{r1}$  ( $\tau_{32}$ ) и падение от  $U_{r1}$  к нулевому уровню ( $\tau_{42}$ ). Ниже приведены формулы для расчета этих интервалов:

$$T = \tau_{10} + \tau_{21} + \tau_{32} + \tau_{43}$$

$$\tau_{10} = \tau_1 - \tau_0 = -\frac{U_{r2}}{kU_{f1}}$$

$$\tau_{21} = \tau_2 - \tau_1 = \frac{U_{r2}}{kU_{f2}}$$

$$\tau_{32} = \tau_3 - \tau_2 = \frac{U_{r1}}{k(-U_{f2})}$$

$$\tau_{42} = \tau_4 - \tau_3 = \frac{U_{r1}}{kU_{f1}}$$

где  $k$ —передаточный коэффициент интегрирующего блока

$$k = \frac{1}{R_4 C_0}$$

Выразив зависимость  $R_4$  от  $U_{F1}$ ,  $U_{F2}$ ,  $U_{r1}$ ,  $U_{r2}$ ,  $T$  получим формулу для расчета значения сопротивления:

$$R_4 = \frac{T}{(U_{r1} - U_{r2})C_0} \cdot \frac{U_{f2}U_{f1}}{U_{f2} - U_{f1}}$$

$$R_4 = 1 \cdot 10^6 \text{ Ом}$$

### Схема генератора

Соединяя все полученные ранее блоки получаем низкочастотный генератор прямоугольных и треугольных колебаний (рис. 16).

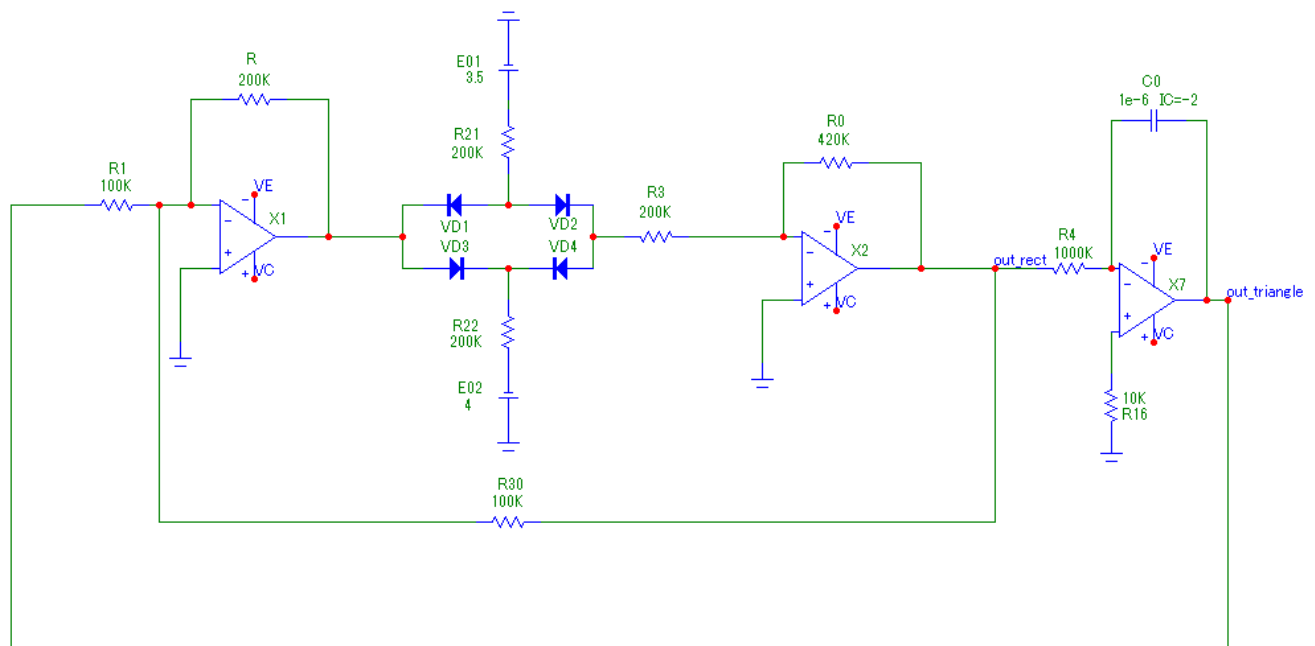


Рисунок 17. Схема принципиальная электрическая генератора

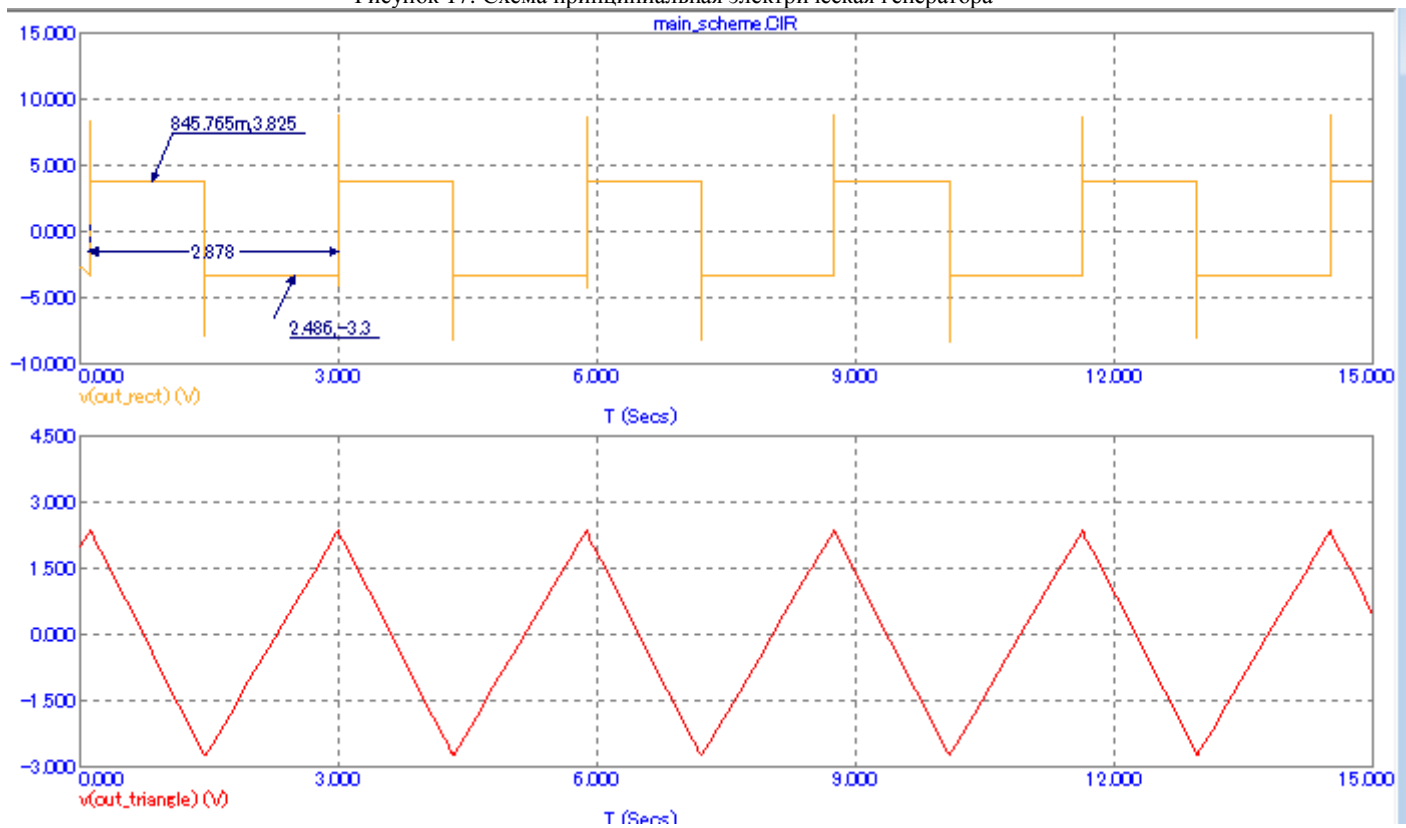


Рисунок 18. Прямоугольные и треугольные колебания

**Выводы:** В ходе выполненной работы был построен генератор прямоугольных и треугольных колебаний на основе блока, моделирующего релейную характеристику. В ходе работы было установлено, что погрешности параметров треугольных и прямоугольных колебаний зависят прежде всего от погрешности моделирования релейной характеристики.