

Задания на курсовое проектирование

Срок сдачи – очно на зимней сессии.

Выполненные работы в формате pdf (документ или скан рукописного текста) необходимо выслать на почту abisakov@etu.ru

Имя файла: *номер_группы_фамилия*

Распределение заданий

Номер студента в группе	Номер варианта	Целевая частота
1	1	3 кГц
2	2	3,5 кГц
3	3	4 кГц
4	4	4,5 кГц
5	5	5 кГц
6	6	5,5 кГц
7	7	6 кГц
8	8	6,5 кГц
9	9	7 кГц
10	10	7,5 кГц
11	1	3 кГц
12	2	3,5 кГц
13	3	4 кГц
14	4	4,5 кГц
15	5	5 кГц
16	6	5,5 кГц
17	7	6 кГц
18	8	6,5 кГц
19	9	7 кГц
20	10	7,5 кГц
21	1	3 кГц
22	2	3,5 кГц
23	3	4 кГц
24	4	4,5 кГц
25	5	5 кГц
26	6	5,5 кГц
27	7	6 кГц
28	8	6,5 кГц
30	9	7 кГц
31	10	7,5 кГц
32	1	3 кГц

РАЗРАБОТКА И АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРА С МОСТОМ ВИНА

1. Теоритическая часть

При построении RC -генераторов широко используется избирательная цепь, схема которой представлена на рис. 1, а (мост Вина). Если выполняется условие: $R_1 = R_2 = R$ и $C_1 = C_2 = C$, то коэффициент передачи напряжения моста Вина может быть определен по формуле:

$$K_{\text{обр}}(j\omega) = \frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = \frac{1/3}{1 + j(\omega/\omega_0 - \omega_0/\omega)/3}, \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}. \quad (1)$$

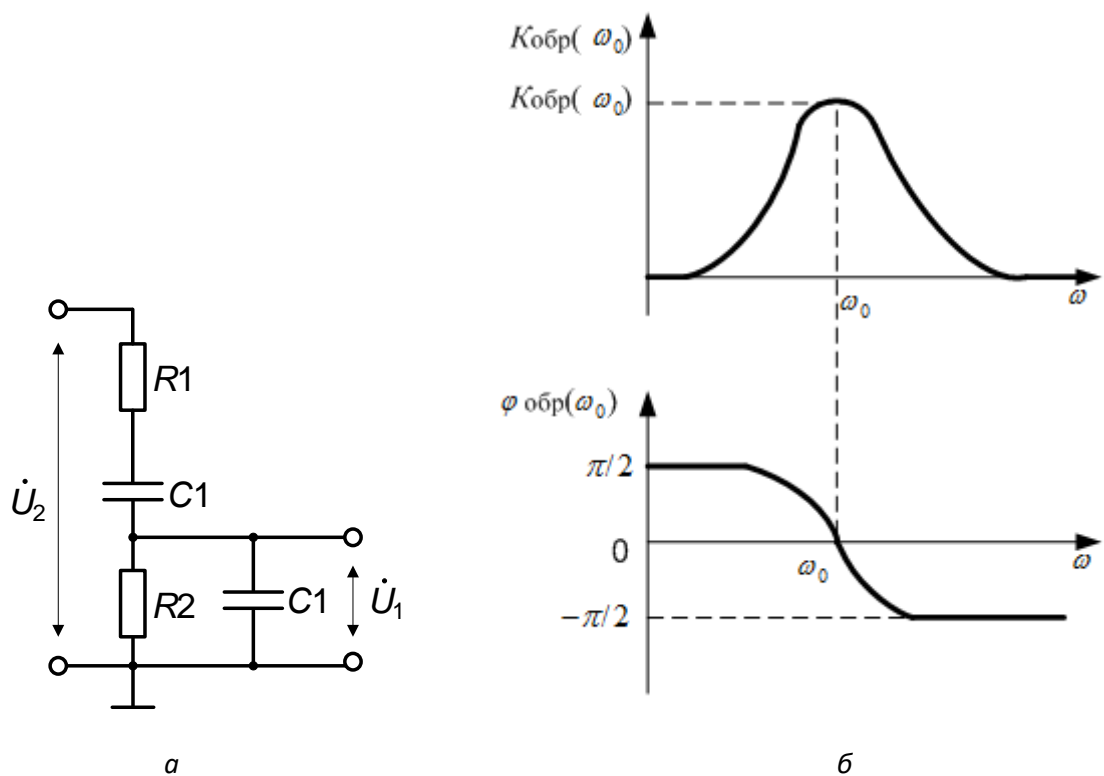


Рис. 1

На рис. 1, б представлены амплитудно-частотная характеристика $K_{\text{обр}}(\omega)$ и фазо-частотная характеристика $\varphi_{\text{обр}}(\omega)$ моста Вина. Из соотношения (1) следует, что на частоте ω_0 коэффициент передачи моста Вина имеет максимальное значение, а его фазовый сдвиг равен 0.

$$K_{\text{обр}}(\omega_0) = \frac{1}{3}, \quad \varphi_{\text{обр}}(\omega_0) = 0. \quad (2)$$

На рис. 2 представлена принципиальная схема генератора с мостом Вина (R1; C1; R2; C2), реализованная на базе неинвертирующего РУ (DA1; R3; R4). Для выполнения условия баланса амплитуд необходимо, чтобы выполнялось соотношение:

$$K_{\text{пр}}(\omega_0) = K_{U_{\text{ни}}} = 1 + \frac{R_4}{R_3} = \frac{1}{K_{\text{обр}}(\omega_0)} = 3 \quad (3)$$

Из соотношения (3) получаем: $R_4 = 2R_3$.

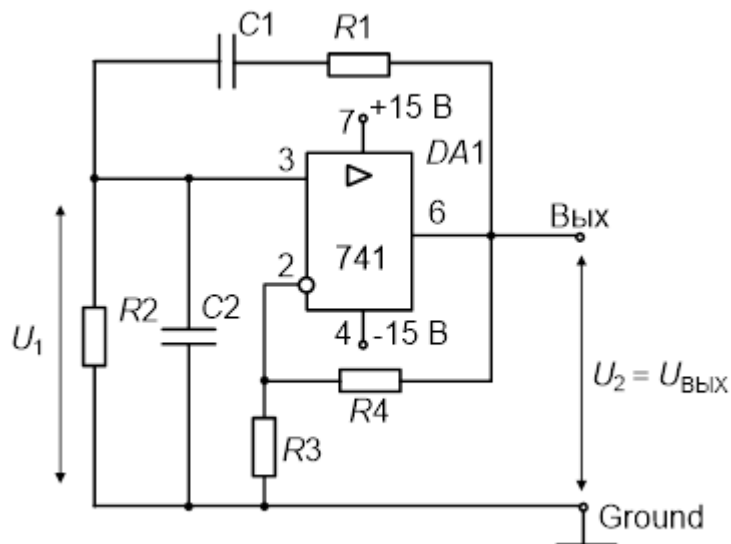


Рис. 2

Условие баланса фаз выполняется поскольку в генераторе используется неинвертирующий РУ и на частоте резонанса мост Вина имеет нулевой фазовый сдвиг:

$$\varphi_{\Sigma}(\omega_0) = \varphi_{\text{пр}}(\omega_0) + \varphi_{\text{обр}}(\omega_0) = 0 + 0 = 0 \quad (4)$$

На практике коэффициент усиления $K_{U_{\text{ни}}}$ устанавливают немного больше 3 ($R_4 > 2R_3$). Это необходимо для самовозбуждения генератора. Причём, как было отмечено ранее, колебания будут расходящимися, и ограничение амплитуды сигнала произойдёт при достижении максимального

выходного напряжения ОУ. Однако, выходной сигнал генератора будет не синусоидальным, а больше похож на трапецию.

Одним из простейших способов стабилизации амплитуды выходного напряжения RC -генератора при минимальных нелинейных искажениях является введение в него цепи нелинейной обратной связи (НОС). Схема такого генератора представлена на рис. 3. Элементы DA1, R1, C1, R2, C2, R4, R3 – генератор с мостом Вина; R5, R6, VD1, VD2 – цепь НОС.

Рассмотрим работу генератора. При малых уровнях выходного напряжения диоды VD1, VD2 практически полностью закрыты, поскольку падение напряжения на диодах меньше порогового напряжения. Сопротивления резисторов R3, R4, R6 выбираются таким образом, чтобы выполнялось неравенство

$$K_{U_{\text{нн}}} = \frac{U_2}{U_1} = 1 + \frac{R_4}{R_3 + R_6} > 3. \quad (5)$$

При выполнении условия (5) в генераторе возникают колебания с возрастающей амплитудой (расходящийся процесс). Когда она достигнет значений 0,5...1 В, диоды VD1, VD2 открываются и включается цепь НОС, которая уменьшает, коэффициент усиления РУ до значения $K_{U_{\text{нн.э}}} = 3$, что обеспечивает получение синусоидального выходного напряжения.

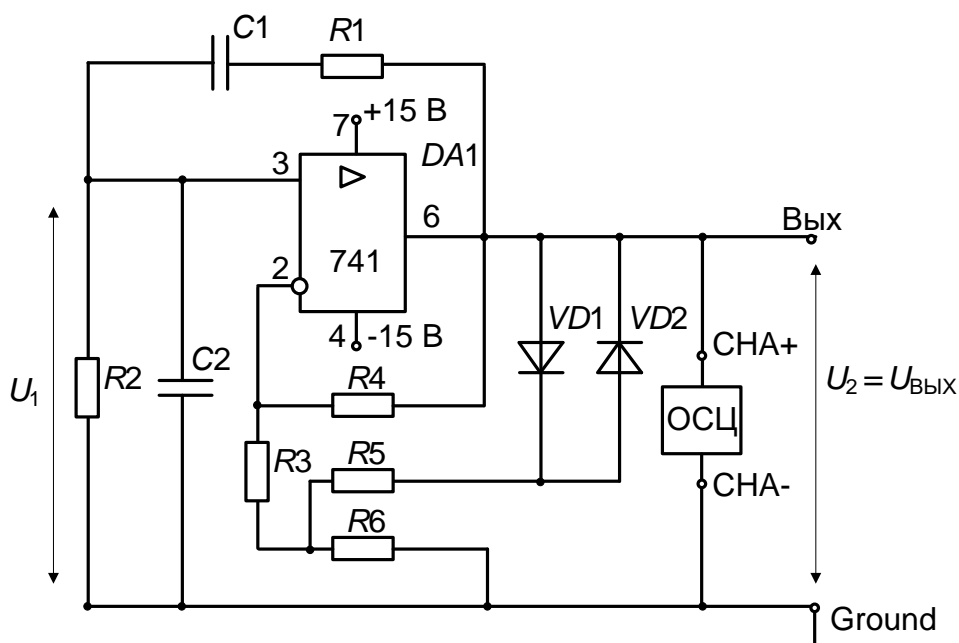


Рис. 3

При выборе сопротивлений резисторов R_3, R_4, R_5, R_6 следует руководствоваться соотношениями:

$$R_5 = 1 \dots 5 \text{ кОм}; \quad R_4 \gg R_5; \quad R_3 \approx 0,45 * R_4; \quad R_6 \ll R_3, \quad (6)$$

при этом можно показать, что амплитуда U_{2m} и частота ω_0 установившихся колебаний для генератора (рис.3) определяются соотношениями:

$$U_{2m} = \frac{n}{n-1} U_d, \quad n = \frac{30R_6}{R_5}, \quad \omega_0 = \frac{1}{RC}, \quad (7)$$

где U_d - напряжение на прямосмещенном диоде.

Следует подчеркнуть, что условие баланса амплитуд выполняется только для выходного сигнала с амплитудой, меньшей U_{2m} , поскольку ее дальнейшее увеличение приводит к нелинейному режиму работы ОУ. Генератор с цепью НОС (рис.3) имеет значительно меньшие нелинейные искажения выходного напряжения по сравнению с генератором (рис.2), поскольку в нем ОУ работает в линейном режиме.

2. Расчет параметров генератора

Номиналы резисторов и конденсаторов не могут быть выбраны произвольным образом. Все номиналы электронных компонентов стандартизированы. Основой номинальных рядов служит геометрическая прогрессия. Каждый ряд соответствует определённому допуску в номиналах деталей:

- **E6** имеют допустимое отклонение от номинала $\pm 20 \%$;
- **E12** — $\pm 10 \%$;
- **E24** — $\pm 5 \%$;
- **E48** — $\pm 2 \%$;
- **E96** — $\pm 1 \%$;

Ряды номиналов устроены таким образом, что следующее значение отличается от предыдущего чуть меньше, чем на двойной допуск. Так, например, ряд E12 включает в себя 12 стандартных номиналов на каждый порядок изменения значения сопротивления (емкости)

Номинальный ряд E12											
1.0	1.2	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3	3.9	4.7	5.6	6.8	8.2

Расчет значений R и C , входящих в мост Вина, выполняют в следующем порядке.

Задаем значение емкости конденсаторов C_1 , C_2 из ряда E12 в диапазоне от 1нФ до 10нФ и рассчитываем значение сопротивления резисторов R_1 , R_2 , используя выражение (1). Проверяют попало ли значение $R=R_1=R_2$ в ряд E24, если нет, то выбирают следующее значение C . На практике в таблице Excel сразу рассчитывают пары C и R , а затем выбирают ту пару, где значение R наиболее близко к номинальному значению из заданного ряда номиналов.

3. Задание на курсовое проектирование

1. Выполнить инженерный расчет элементов генератора с мостом Вина. Частота генератора зависит от варианта, амплитуда выходного синусоидального сигнала 5В.
 - 1.1. Рассчитать номиналы резисторов и конденсаторов в мосте Вина для центральной частоты вашего варианта. Конденсаторы выбрать в диапазоне от 1нФ до 10нФ из ряда E12. Номиналы резисторов должны с точностью 2% попадать в ряд E24.
 - 1.2. Используя соотношения (5), (6) и (7) рассчитать значения сопротивления резисторов R3-R6. Для упрощения расчета можно задать $R_4=20\text{ кОм}$ и $R_6=100\text{ Ом}$. Все номиналы резисторов должны быть выбраны из ряда E24.
2. Выполнить автоматизированное исследование генератора с мостом Вина (рис.3).
 - 2.1. Собрать в Multisim схему моста Вина (рис.1,а) с рассчитанными значениями $R_1=R_2=R$ и $C_1=C_2=C$. Построить амплитудную и фазочастотную характеристики при помощи Bode Plotter.
 - 2.2. Собрать в Multisim схему генератора (рис.2) с рассчитанными значениями R и C, принять $R_4=20\text{ кОм}$, $R_3=9.1\text{ кОм}$, использовать ОУ LM741. Провести расчет выходного сигнала генератора (Зафиксировать на Oscilloscope). Попробовать подобрать значение резистора R3 для получения выходного синусоидального сигнала с амплитудой 5В. При проведении расчета для запуска генератора необходимо смоделировать включение источника питания. Установите источник Vcc типа Step_Voltage с номиналом 15В, остальные параметры по умолчанию.
 - 2.3. Собрать в Multisim схему генератора с цепью нелинейной ОС (рис.3) с рассчитанными значениями всех резисторов и конденсаторов, использовать диоды 1N4148. Провести расчет выходного сигнала генератора. Частота должна быть в пределах +/-10% от целевой, амплитуда 5В +/-10%.
 - 2.4. Оценить влияние разброса значений резисторов и конденсаторов в мосте Вина на частоту генератора. Для этого выполнить в Multisim два расчета. В первом случае уменьшить номиналы конденсаторов $C_1=C_2=C$ на 10% и резисторов $R_1=R_2=R$ на 5%. Во втором случае увеличить номиналы конденсаторов $C_1=C_2=C$ на 10% и резисторов $R_1=R_2=R$ на 5%.

4. Содержание пояснительной записки

1. Описание схемы генератора с мостом Вина
2. Результаты расчета номиналов резисторов и конденсаторов.
3. Результаты автоматизированного исследования по п. 2.1-2.7