



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проектированию на тему

"Анализ линейной цепи"

Содержание

Анализ цепи операторным методом при действии одиночного импульса на входе

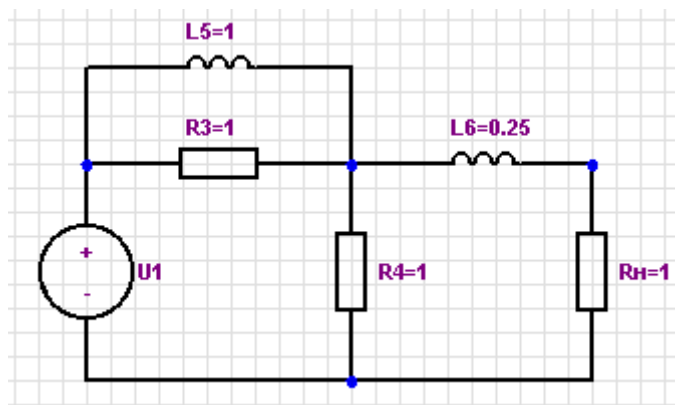
Анализ цепи частотным методом при действии одиночного импульса на входе

Анализ цепи частотным методом при периодическом воздействии

Задание на курсовой проект

Цель: Глубокое усвоение различных методов качественного и количественного анализа линейных цепей.

Цепь: 114 - ИИ u_1 , 224 - $R_H=1$ Ом, 313 - $R_3=1$ Ом, 434 - $R_4=1$ Ом, 513 - $L_6=1$ Гн, 632 - $L_6=0,25$ Гн.





Анализ цепи операторным методом при действии одиночного импульса на входе

Определение функции передачи цепи

Для определения функции передачи цепи по напряжению составим операторную схему замещения цепи (рис.2, рис.3).

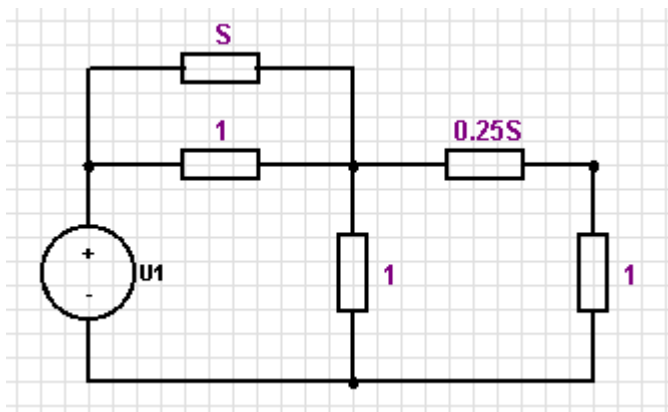


Рис.2. Операторная схема замещения цепи

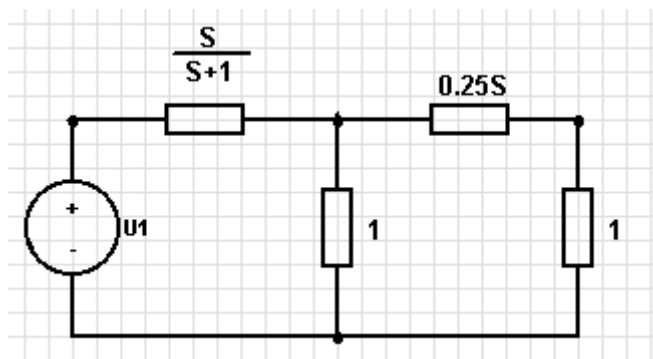


Рис. 3. Операторная схема замещения цепи (преобразованная)

Применив к цепи на рис.3 метод контурных токов получим систему уравнений:

$$\begin{bmatrix} \frac{s}{1+s} + 1 & -1 \\ -1 & 0.25s + 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{1k} \\ I_{2k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -U_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Решая данную систему уравнений, получим: $I_{2k} = -4U_1 \frac{1+s}{2s^2 + 13s + 4}$

Следовательно, искомая функция передачи цепи по напряжению равна:

$$H_1(s) = \frac{U_H(s)}{U_1(s)} = -4 \frac{1+s}{2s^2 + 13s + 4}$$

Определим значения $H_1(s)$ при $s = 0$ и $s \rightarrow \infty$:

$$H_1(0) = -1 \quad H_1(\infty) = 0$$



Проверив полученные значения по схемам замещения:

$$\text{при } s = 0 \quad L \rightarrow K3 \quad H_1(0) = -U_1 = -1$$

$$\text{при } s \rightarrow \infty: \quad L \rightarrow XX \quad H_1(\infty) = \frac{U_H}{U_1} = 0$$

Определение нулей и полюсов функции передачи цепи

Нули – корни числителя, полюса – корни знаменателя

Нули функции передачи: $s = -1$

Полюса функции передачи: $s_1 = -6.176 \quad s_2 = -0.324$

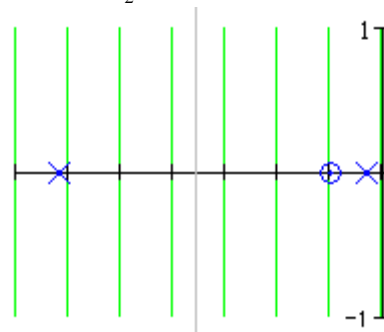


Рис. 4 Нули и полюса функции передачи

Расположение полюсов на плоскости комплексной частоты (рис.4) говорит о том, что переходный процесс в рассматриваемой цепи имеет аperiodический, затухающий характер и его практическая длительность:

$$t_{III} = \frac{3}{|s|_{\min}} = \frac{3}{0.324} = 9.26c$$

Определение переходной характеристики цепи

Переходную характеристику $h_1(t)$ - реакцию цепи на единичную ступенчатую функцию $\delta_1(t)$ при нулевых независимых начальных условиях находим как оригинал функции $\frac{H_1(s)}{s}$:

$$\frac{H_1(s)}{s} = \frac{1}{s} - \frac{0.286}{s + 6.176} - \frac{0.714}{s + 0.324}$$

$$h_1(t) = (1 - 0.286e^{-6.176t} - 0.714e^{-0.324t})\delta_1(t)$$

Определим значения $h_1(0^+) = 0 \quad h_1(\infty) = 1$

Проверку полученных значений можно провести по схемам замещения:

$$\text{При } t = 0^+ \quad L \rightarrow XX \quad h_1 = 0$$

$$\text{При } t = \infty \quad L \rightarrow K3 \quad h_1 = 1 \quad \text{при } U_1 = 1$$

Определение изображения по Лапласу входного одиночного импульса

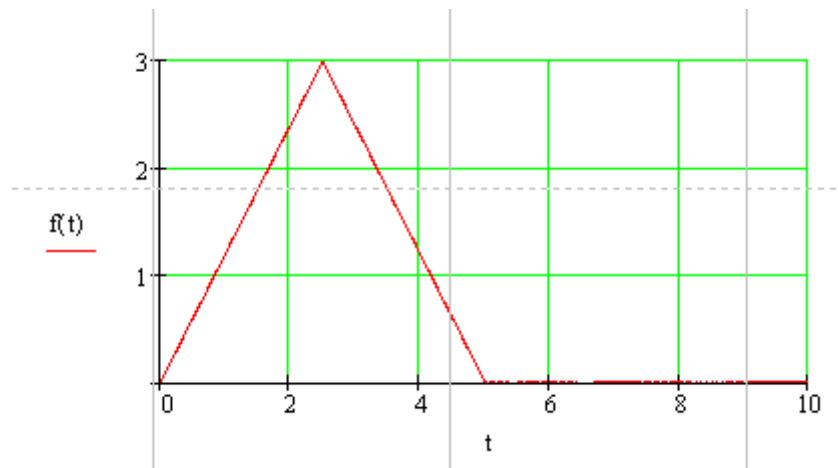


Рис. 5 Входной одиночный импульс

Входной одиночный импульс напряжения может быть представлен суммой трех ступенчатых функций:

$$u_1(t) = 1.2 \cdot t \cdot \delta_1(t) - 2.4 \cdot (t - 2.5) \cdot \delta_1(t - 2.5) + 1.2(t - 5)\delta_1(t - 5)$$

Используя теорему смещения в вещественной области получим:

$$U_1(s) = \frac{1.2}{s^2} - 2.4 \frac{e^{-2.5s}}{s^2} + 1.2 \frac{e^{-5s}}{s^2}$$

Определение изображения выходного сигнала и реакции цепи во временной области

Изображение выходного сигнала:

$$U_H(s) = H_1(s)U_1(s) = -4 \frac{1+s}{2s^2+13s+4} \left(\frac{1.2}{s^2} - 2.4 \frac{e^{-2.5s}}{s^2} + 1.2 \frac{e^{-5s}}{s^2} \right)$$

Оригинал находим, используя теорему смещения в вещественной области:

$$\begin{aligned} u_H(t) = & (-1.2t + 2.7 - 5.564 \cdot 10^{-2} e^{-6.176t} - 2.644e^{-0.324t})\delta_1(t) + \\ & + (2.4t - 11.4 + 0.111e^{-6.176t+15.440} + 5.288e^{-0.324t+0.809})\delta_1(t - 2.5) + \\ & + (-1.2t + 8.7 - 5.564 \cdot 10^{-2} e^{-6.176t+30.889} - 2.644e^{-0.324t+1.619})\delta_1(t - 5) \end{aligned}$$

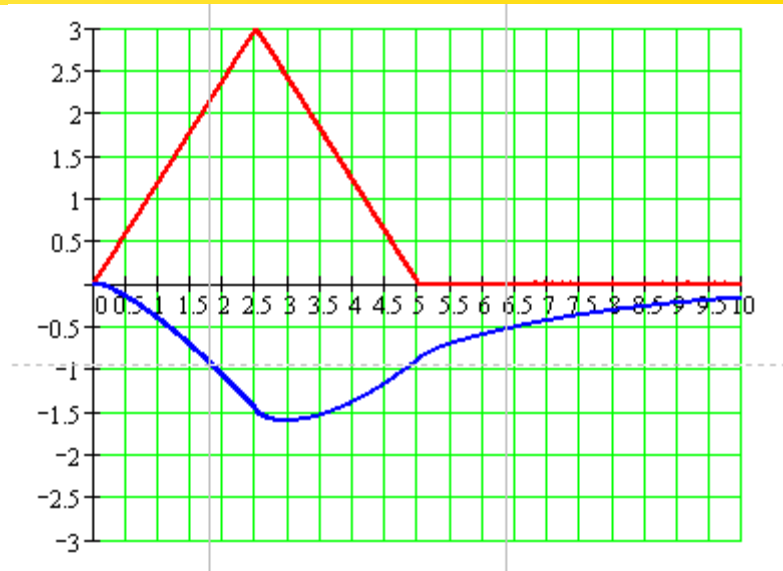


Рис. 6 Входной и выходной импульсы

Анализ цепи частотным методом при действии одиночного импульса на входе

Определение изображения амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристики цепи

Обобщенная частотная характеристика цепи $H(j\omega)$, т.е. амплитудно-фазовая характеристика, определяет связь реакции и воздействия в установившемся синусоидальном режиме для любой частоты:

$$H_1(j\omega) = H_1(s)|_{s=j\omega} = |H_1(j\omega)|e^{j\varphi(j\omega)}$$

причем, АЧХ определяет изменение амплитуд, ФЧХ – изменение начальных фаз гармонических сигналов, проходящих через цепь.

Для исследуемой цепи:

$$H_1(j\omega) = -4 \frac{1 + j\omega}{-2\omega^2 + 13j\omega + 4}$$

$$|H(j\omega)| = 4 \cdot \left(\frac{\omega^2 + 1}{16 + 153\omega^2 + 4\omega^4} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\varphi(\omega) =$$

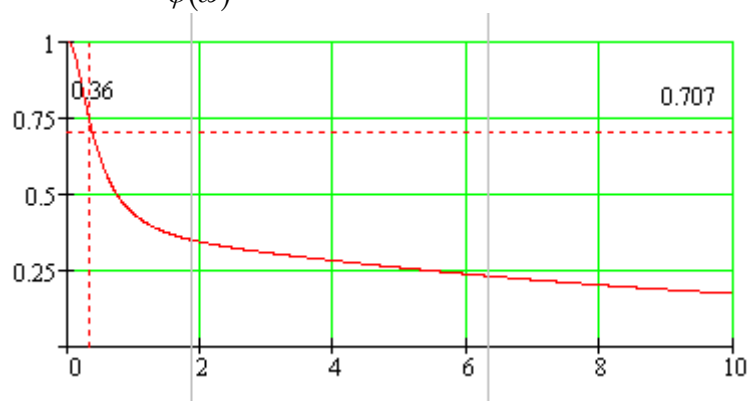


Рис.7. Амплитудно-частотная характеристика



Рис. 8. Фазо-частотная характеристика

Определение полосы пропускания цепи

Полосу пропускания цепи определяем как диапазон частот, в котором $|H_1(j\omega)| \geq 0.707|H_1(j\omega)|_{\max}$

Полоса пропускания, найденная по графику рис. 7 $\Delta\omega = 0.36\text{c}^{-1}$

Определение амплитудного и фазового спектров входного одиночного импульса напряжения. Расчет ширины амплитудного спектра.

Для одиночного импульса напряжения спектральная плотность:

$$U_1(j\omega) = U_1(s)|_{s=j\omega} = \frac{1.2}{(i\omega)^2} (1 - 2e^{-2.5i\omega} + e^{-5i\omega})$$

Амплитудный спектр:

$$|U_1(j\omega)| = \frac{1.2}{\omega^2} (6 - 4\cos(2.5\omega) + 2\cos(5\omega) - 4\cos(2.5\omega)\cos(5\omega) - 4\sin(2.5\omega)\sin(5\omega))^{\frac{1}{2}}$$

Фазовый спектр:

$$\varphi(U_1(j\omega)) = -2.5\omega$$

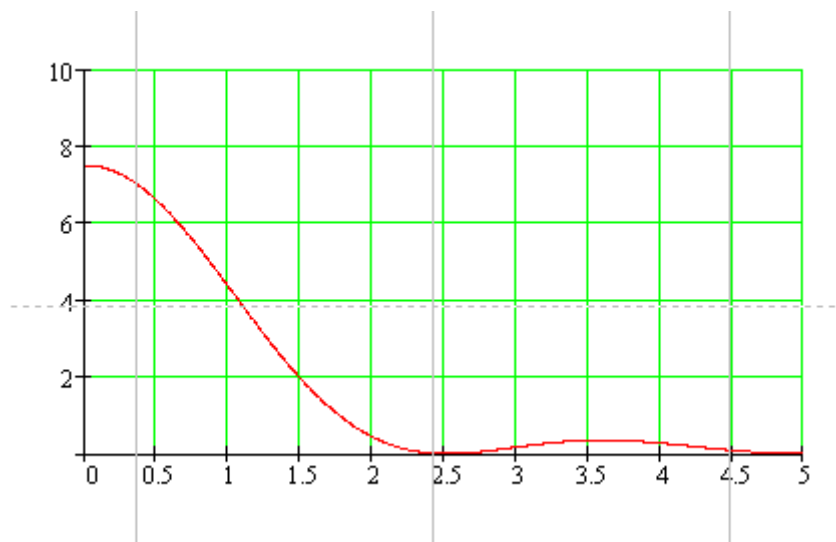


Рис. 9. Амплитудный спектр входного сигнала

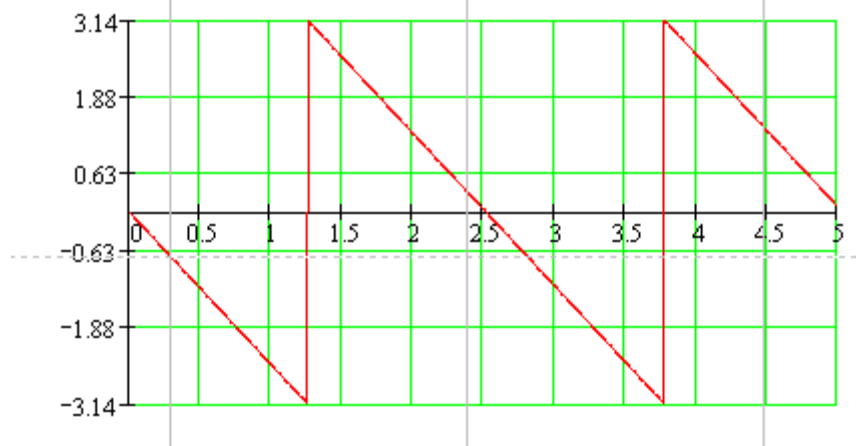


Рис. 10 Фазовый спектр входного сигнала

Сопоставляя спектры входного сигнала с частотными характеристиками функции передачи цепи можно сделать вывод о том, что первый лепесток спектра не укладывается в полосу пропускания цепи, что говорит о значительных искажениях сигнала при прохождении через цепь.

Анализ цепи частотным методом при периодическом воздействии

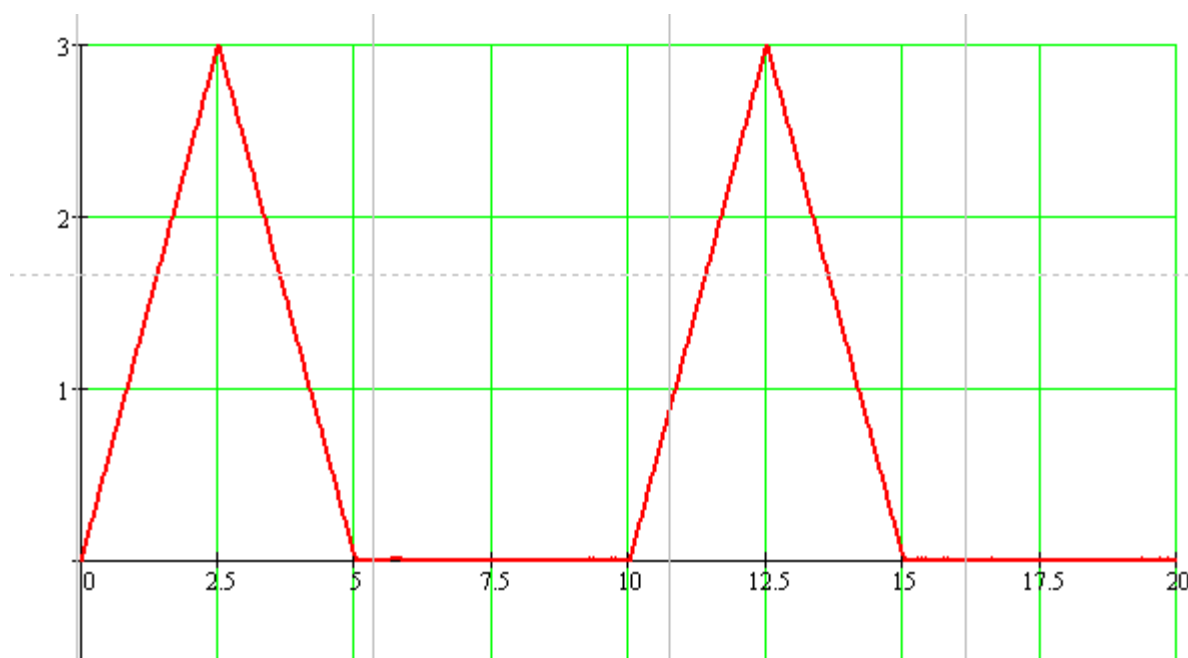


Рис. 11 Входной периодический сигнал

Периодический несинусоидальный входной сигнал представим в виде ряда Фурье:

$$u_1(t) = \frac{A_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} A_k \cos(k\omega_1 t + \alpha_k)$$

Комплексные амплитуды ряда Фурье определяются соотношением:

$$A_k = \frac{2}{T} U_1(j\omega) \Big|_{\omega=k\omega_1}$$

где



$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$$

Значения амплитуд и начальных фаз приведены в таблице:

k	$ A_k $	$\varphi(A_k)$	k	$ A_k $	$\varphi(A_k)$
0	0.7	-	4	0	-
1	1.216	$-\frac{\pi}{2}$	5	0.049	$-\frac{\pi}{2}$
2	0.608	$-\pi$	6	0.068	$-\pi$
3	0.135	$\frac{\pi}{2}$	7	0.025	$\frac{\pi}{2}$

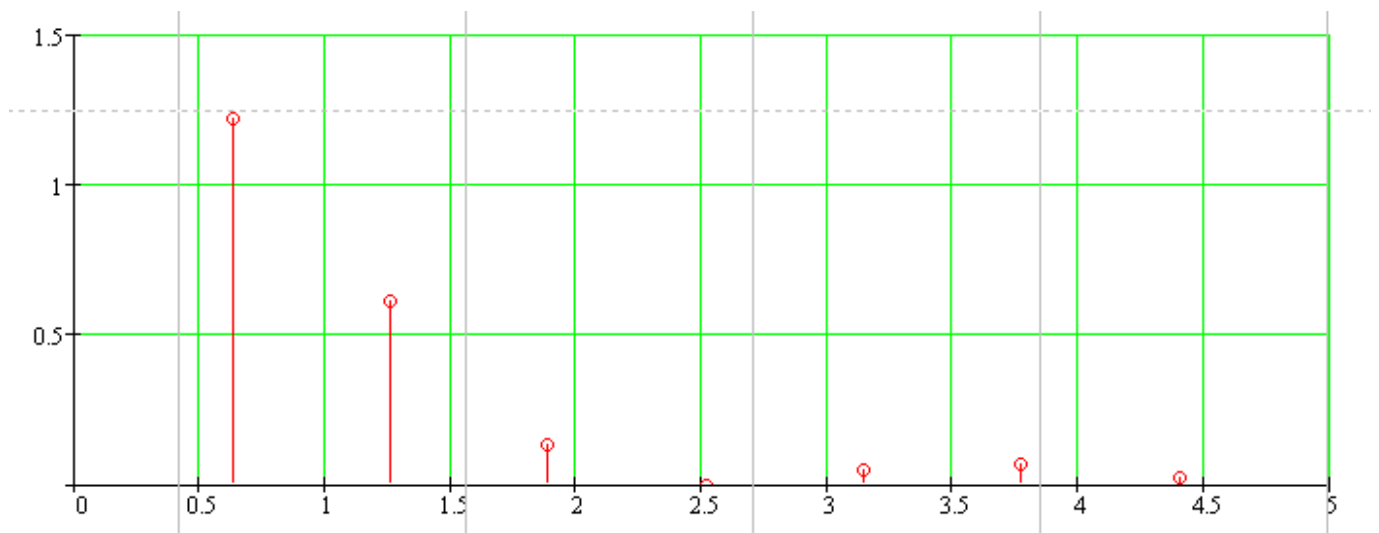


Рис. 12 Дискретный амплитудный спектр входного сигнала

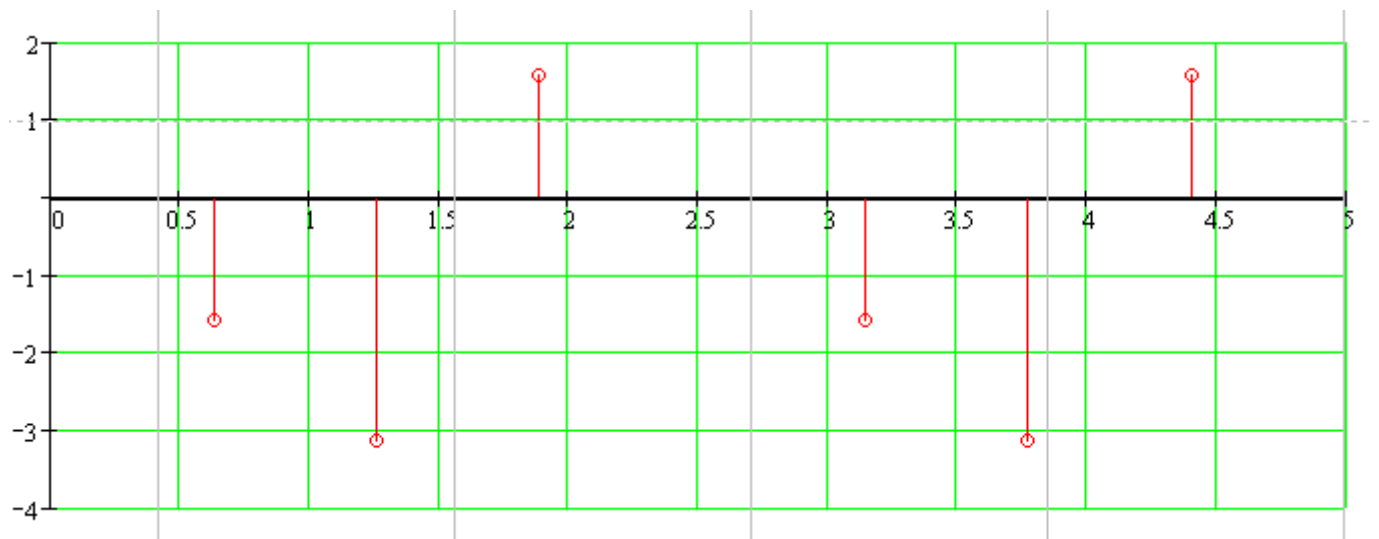


Рис. 13 Дискретный фазовый спектр входного сигнала

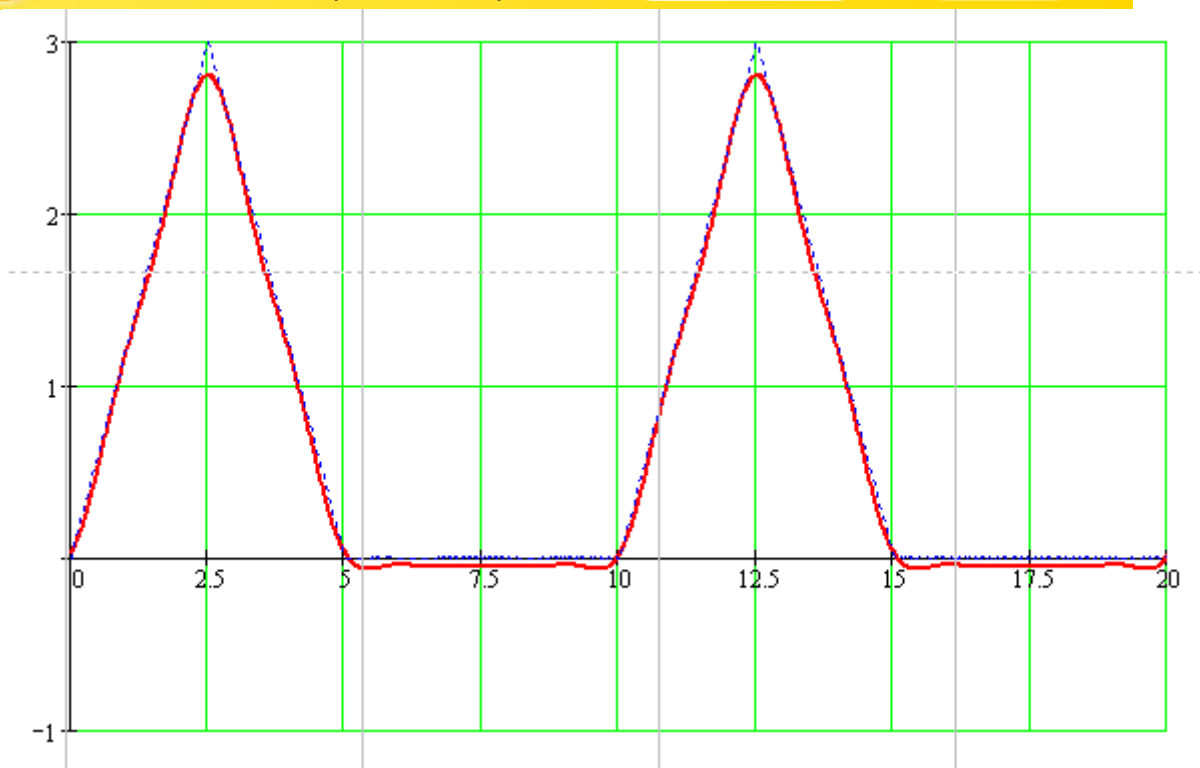


Рис. 14. Входной периодический сигнал и его аппроксимация отрезком ряда Фурье

Определение реакции цепи в виде отрезка ряда Фурье

Амплитуды и начальные фазы гармоник выходного сигнала можно найти из следующих соотношений:

$$U_{k2} = |H_1(j\omega)|A_k$$

$$\alpha_{k2} = \varphi(k\omega_1) + \alpha_k$$

Для чего необходимо вычислить АЧХ и ФЧХ функции передачи для требуемых частот. Результаты всех вычислений сведены в таблице:

k	$k\omega_1$	$ H_1(jk\omega_1) $	$\varphi(k\omega_1)$	U_{k2}	α_{k2}
0	0	1	π	0.7	-
1	0.2π	0.538	2.506	0.654	0.935
2	0.4π	0.393	2.521	0.239	-0.621
3	0.6π	0.346	2.528	0.047	4.099
4	0.8π	0.32	2.505	0	-
5	π	0.301	2.466	0.015	0.895
6	1.2π	0.285	2.42	0.019	-0.722
7	1.4π	0.27	2.373	0.007	3.943

По данным таблицы построены амплитудный и фазовый дискретные спектры выходного сигнала

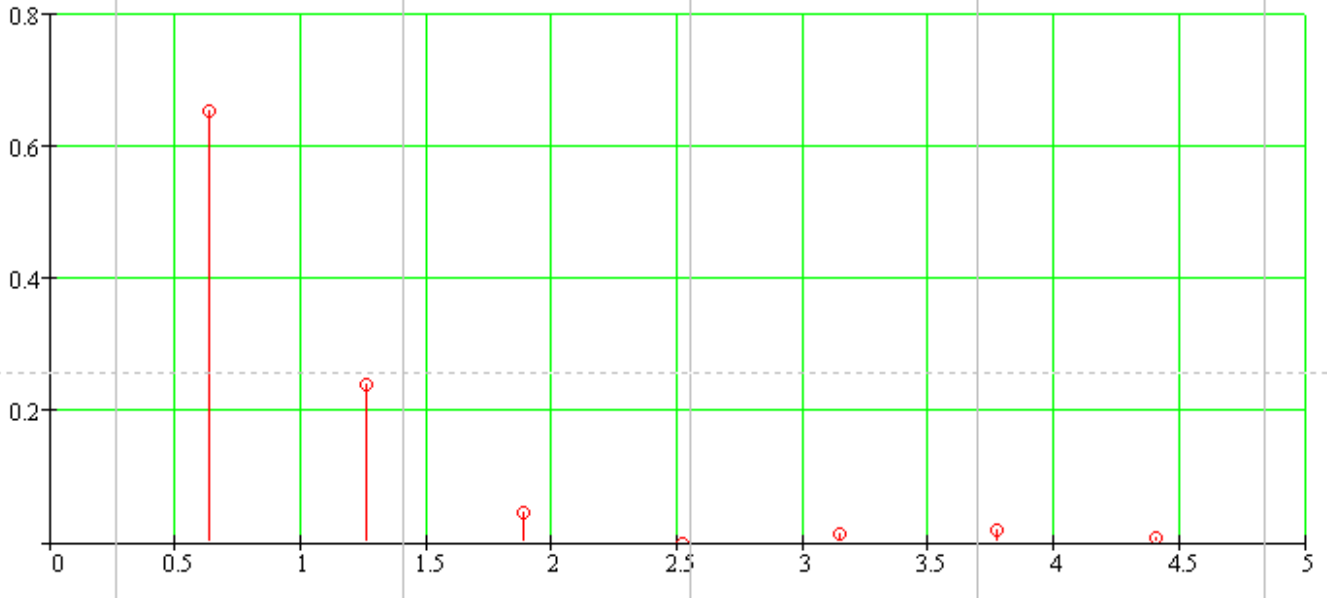


Рис. 15 Дискретный амплитудный спектр выходного сигнала

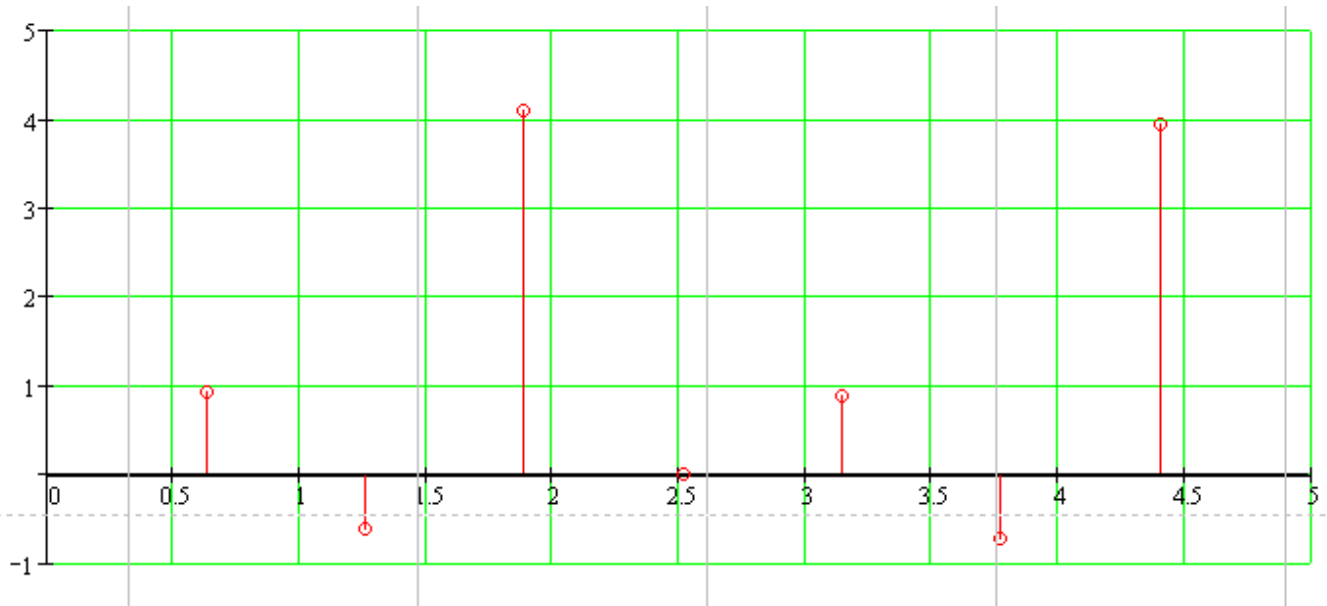


Рис. 16 Дискретный фазовый спектр выходного сигнала

На рис. 17 представлен входной периодический сигнал и аппроксимация выходного сигнала в виде отрезка ряда Фурье.

Из сравнения входного и выходного сигналов следует, что рассмотренный периодический несинусоидальный сигнал при его прохождении через заданную цепь значительно искажается, так как в полосу пропускания цепи не попадает ни одна из гармоник входного сигнала.

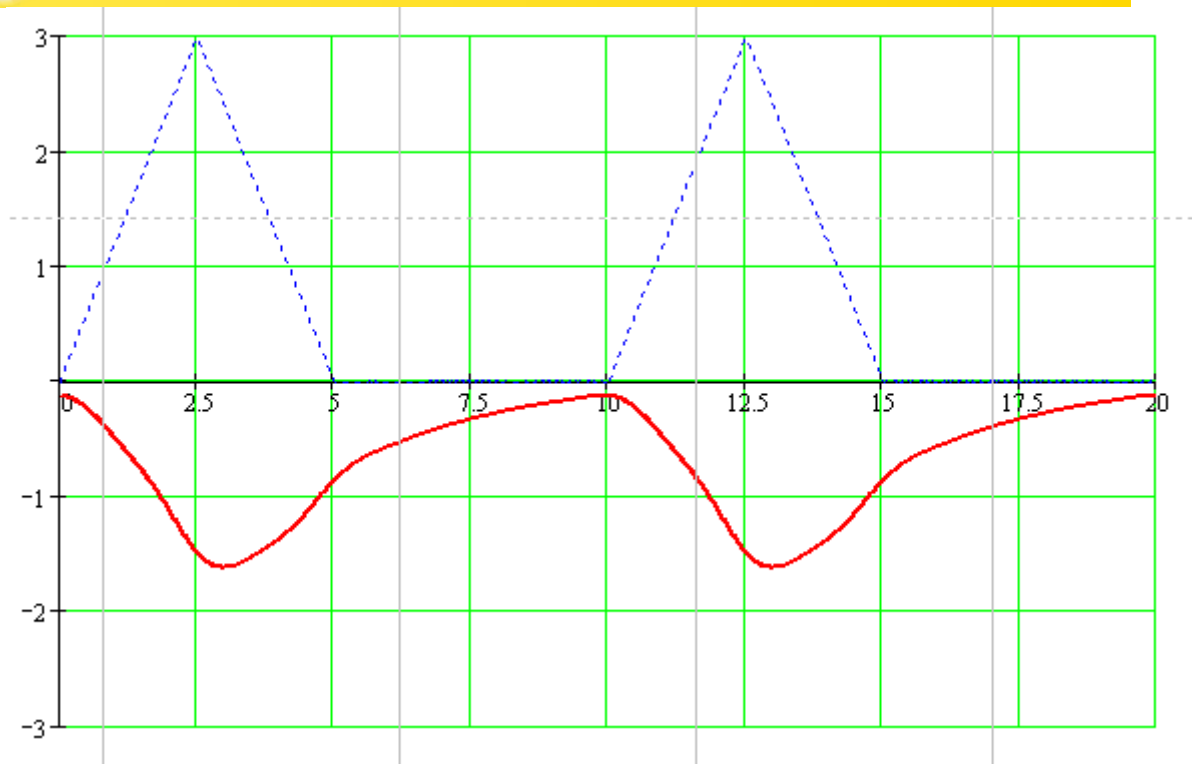


Рис. 17 Входной периодический сигнал и выходной сигнал представленный отрезком ряда Фурье