



Государственный комитет РФ по высшему образованию
Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет

Кафедра теоретических основ электротехники

Курсовая работа по теоретическим основам электротехники
Исследование линейной цепи в
переходных и установившемся
периодическом режимах

Преподаватель

Башарин С.А.

Студентка гр. 2211

Санкт-Петербург
20 г.



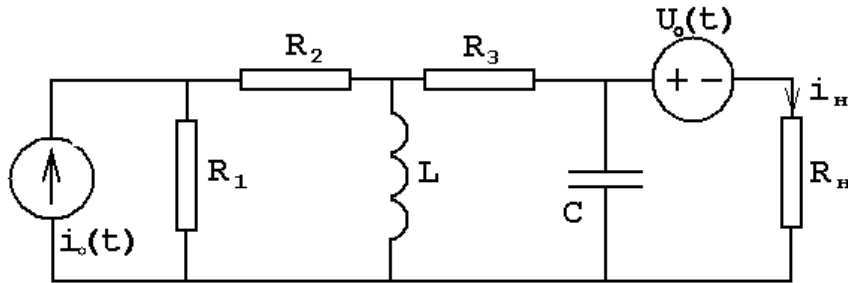
Содержание

Задание к курсовой работе.....	3
Нормировка параметров цепи.....	4
1. Анализ цепи во временной области методом переменных состояния при постоянных воздействиях.....	4
2. Анализ цепи операторным методом при апериодическом воздействии.....	7
3. Качественный анализ цепи частотным методом при апериодическом воздействии.....	10
4. Анализ цепи частотным методом при периодическом Воздействии.....	14
Вывод.....	18
Список использованной литературы.....	19

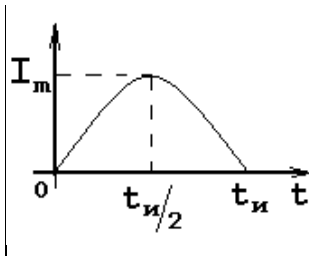


ЗАДАНИЕ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

1. Анализ цепи во временной области методом переменных состояния при постоянных воздействиях;
2. Анализ цепи операторным методом при аperiodическом воздействии;
3. Качественный анализ цепи частотным методом при аperiodическом воздействии;
4. Анализ цепи частотным методом при периодическом воздействии.



$$R_1 = 10^3 \hat{n} ; R_2 = 0,5 \cdot 10^3 \hat{n} ; R_3 = 8 \cdot 10^3 \hat{n} ; R_l = 10^3 \hat{n} ;$$
$$L = 0,03 \tilde{A} \hat{i} ; \tilde{N} = 0,033 \cdot 10^{-6} \hat{O} ; i_0(t) = 10^{-3} A ; U_0(t) = 4 \cdot \delta_1(t) ;$$
$$I_m = 5 \cdot 10^{-3} A ; t_{\hat{E}} = 8 \cdot 10^{-5} \tilde{n} ; T = 32 \cdot 10^{-5} \tilde{n} ;$$





НОРМИРОВКА ПАРАМЕТРОВ ЦЕПИ

$$R^* = \frac{R}{R_a}; \quad t^* = \frac{t}{t_a};$$

$$R_a = R_H = 10^3 \hat{R}; \quad t_a = t_{\hat{E}} = 8 \cdot 10^{-5} \hat{t}; \quad L_a = R_a t_a = 8 \cdot 10^{-2} \hat{A} \hat{t}; \quad \tilde{N}_a = \frac{t_a}{R_a} = 8 \cdot 10^{-8} \hat{O};$$

$$R^*_1 = 1; \quad R^*_2 = 0,5; \quad R^*_3 = 8; \quad R^*_j = 1;$$

$$L^* = \frac{L}{L_a} = 0,38; \quad C^* = \frac{C}{C_a} = 0,41;$$

$$U_a = 1 \hat{A}; \quad I_a = \frac{U_a}{R_a} = \frac{1}{10^3} = 10^{-3} \hat{A};$$

$$U^* = \frac{U}{U_a} = 4; \quad I^* = \frac{I}{I_a} = 1;$$

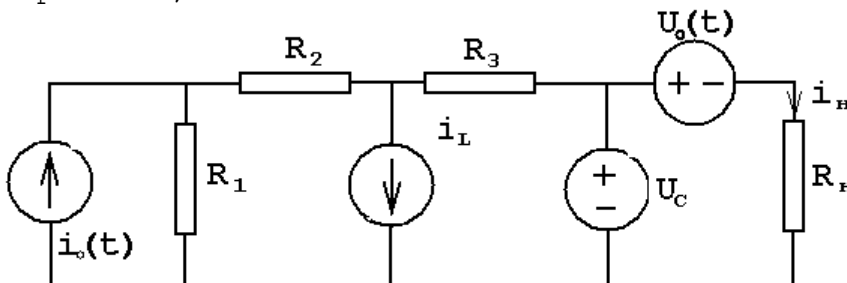
$$t^* = \frac{t}{t_a} = 1; \quad T^* = \frac{T}{t_a} = 4; \quad I_m^* = \frac{I_m}{I_a} = 5;$$

Далее индекс «*» опускается

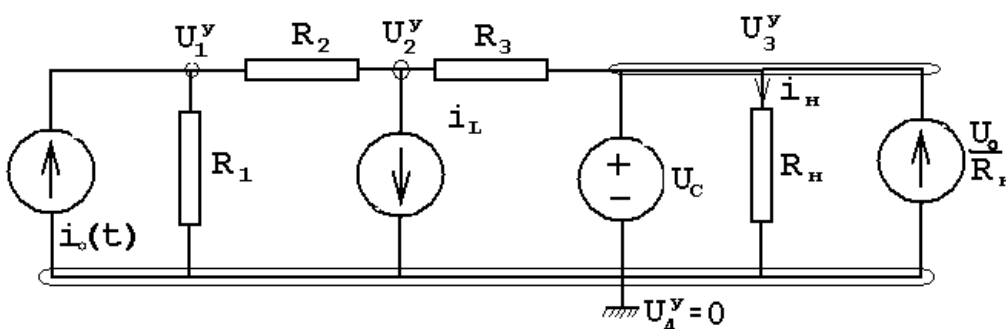
1. Анализ цепи во временной области методом переменных состояния при постоянных воздействиях

1.1. Составление уравнений состояния цепи для $t \geq 0$

Сведем динамическую цепь к резистивной (заменяем С-элемент источником напряжения, а L-элемент заменим на источник тока):



Выразим переменные состояния (i_c и U_L), используя метод узловых напряжений





$$U_3^{\circ} = U_c;$$

$$G_{11}U_1^{\circ} + G_{12}U_2^{\circ} + G_{13}U_3^{\circ} = i_1^{\circ}$$

$$G_{21}U_1^{\circ} + G_{22}U_2^{\circ} + G_{23}U_3^{\circ} = i_2^{\circ}$$

Определяем коэффициенты:

$$G_{11} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = 3; \quad G_{22} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = 2,125; \quad G_{12} = G_{21} = -\frac{1}{R_2} = -2; \quad G_{13} = 0;$$

$$G_{23} = -\frac{1}{R_3} = -0,125;$$

$$i_1^{\circ} = i_0; \quad i_2^{\circ} = -i_L;$$

После подстановки численных значений получаем:

$$U_1^{\circ} = 0,895 + 0,105U_c - 0,842i_L;$$

$$U_2^{\circ} = 0,842 + 0,158U_c - 1,263i_L;$$

$$U_3^{\circ} = U_c;$$

Все переменные выражаем через переменные состояния и воздействия:

$$i_c = C \frac{dU_c}{dt} = \frac{U_2^{\circ} - U_3^{\circ}}{R_3} + \frac{U_0}{R_H} - \frac{U_3^{\circ}}{R_H} = -1,105U_c - 0,158i_L + 4,105;$$

$$U_L = L \frac{di_L}{dt} = U_2^{\circ} = 0,158U_c - 1,263i_L + 0,842;$$

Уравнения состояния цепи:

$$U_c' = -2,695U_c - 0,385i_L + 10,012;$$

$$i_L' = 0,416U_c - 3,324i_L + 2,216;$$

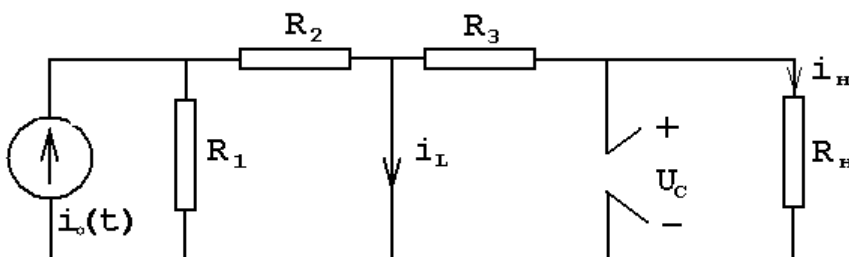
1.2. Нахождение точных решений уравнений состояния

Общий вид решений уравнений состояния:

$$U_c(t) = U_{c\dot{a}} + U_{c\ddot{a}};$$

$$i_L(t) = i_{L\dot{a}} + i_{L\ddot{a}};$$

1) Независимые начальные условия $t=0^-$



$$i_L(0^-) = \frac{i_0 \cdot R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2}} \approx 0,667;$$

$$U_c(0^-) = 0;$$



2) Определяем вынужденные составляющие при $t = \infty$

$$-2.695U_C - 0.385i_L + 10.012 = 0$$

$$0.416U_C - 3.324i_L + 2.216 = 0$$

$$U_{Ca} = 3.356;$$

$$i_{La} = 1.112;$$

3) Определяем корни характеристического многочлена

$$|pE - A| = 0;$$

$$\begin{vmatrix} p + 2.695 & 0.385 \\ -0.416 & p + 3.324 \end{vmatrix} = p^2 + 6.019p + 9.118 = 0;$$

$$p_{1,2} = -3.01 \pm 0.25j$$

4) Определяем постоянные интегрирования ($t = 0^+$)

$$U_C(t) = 3.356 + e^{-3.01t} (A_1 \cos(0.25t) + A_2 \sin(0.25t));$$

$$i_L(t) = 1.112 + e^{-3.01t} (A_3 \cos(0.25t) + A_4 \sin(0.25t));$$

$$U_C(0^+) = 3.356 + A_1;$$

$$U'_C(0^+) = -3.01A_1 + 0.25A_2;$$

$$U_C(0^+) = U_C(0^-) = 0;$$

$$i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0.667;$$

$$U'_C(0^+) = -2.695 \cdot U_C(0^+) - 0.38i_L(0^+) + 10.012 = 9.759;$$

$$A_1 = -3.356;$$

$$A_2 = -1.37;$$

$$i_L(0^+) = 1.112 + A_3;$$

$$U'_C(0^+) = -3.01A_3 + 0.25A_4;$$

$$i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0.667;$$

$$U_C(0^+) = U_C(0^-) = 0;$$

$$i'_L(0^+) = 0.416 \cdot U_C(0^+) - 3.324i_L(0^+) + 2.216 = 0;$$

$$A_3 = -0.445;$$

$$A_4 = -5.358;$$

Точное решение уравнений состояния:

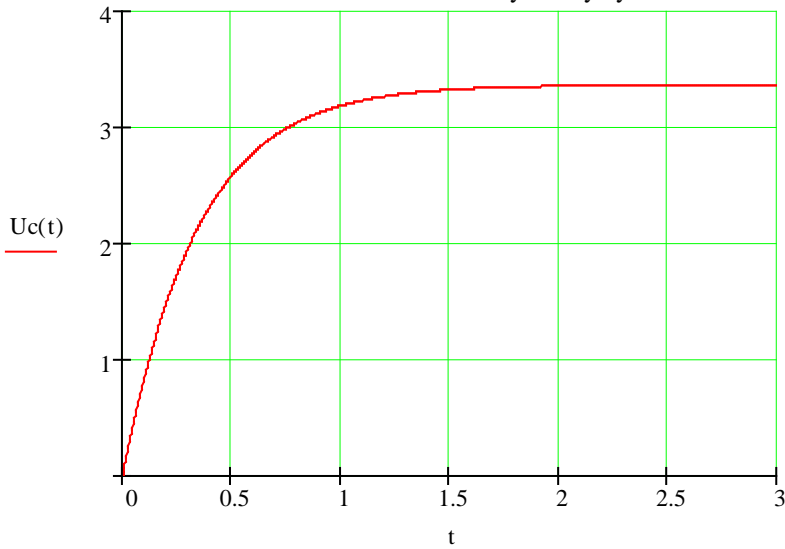
$$U_C(t) = 3.356 + e^{-3.01t} (-3.356 \cos(0.25t) - 1.37 \sin(0.25t));$$

$$i_L(t) = 1.112 + e^{-3.01t} (-0.445 \cos(0.25t) - 5.358 \sin(0.25t));$$

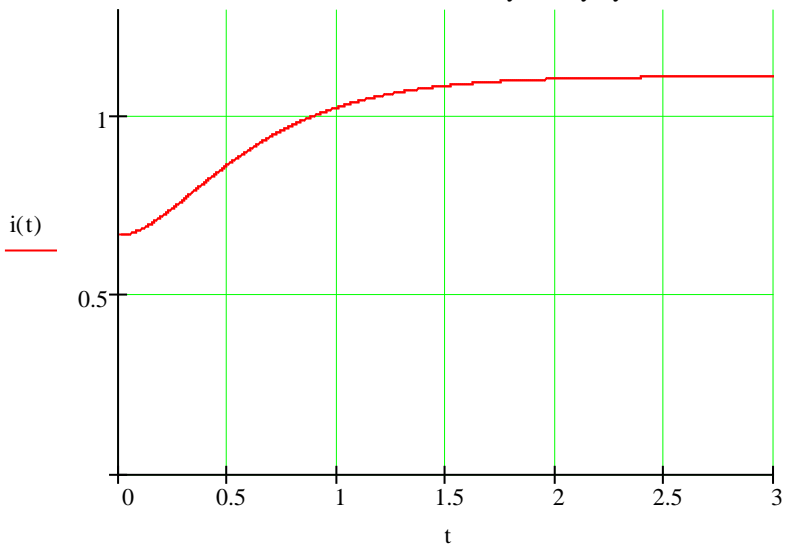


1.3. Построение точных решений уравнений состояния:

Дей.1 Действие 1-й обобщённой модели

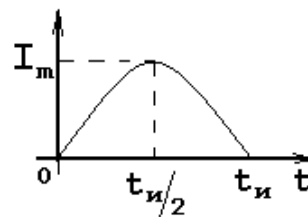
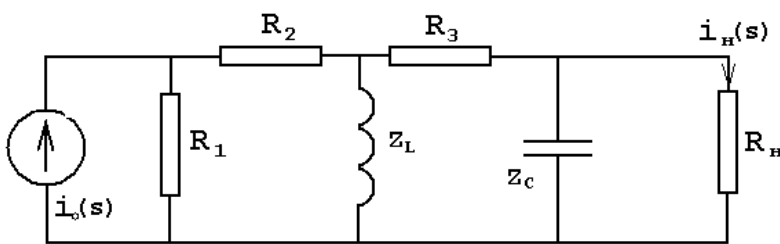


Дей.2 Действие 2-й обобщённой модели



2. Анализ цепи операторным методом при апериодическом воздействии

Операторная схема замещения:





2.1. Определение функции передачи

Применим метод пропорциональных величин для нахождения функции

передачи $H_I(s) = \frac{I_H(s)}{I_0(s)}$;

$$Z_C = \frac{1}{sC} = \frac{1}{0.41s}; \quad Z_L = s \cdot L = 0.38s;$$

$$I_H(s) = 1; \quad U_H(s) = R_H \cdot I_H(s) = 1;$$

$$U_C(s) = U_H(s) = 1; \quad I_C(s) = \frac{U_C(s)}{Z_C} = 0.41s;$$

$$I_3(s) = I_C(s) + I_H(s) = 0.41s + 1; \quad U_3(s) = R_3 \cdot I_3(s) = 3.28s + 8;$$

$$U_L(s) = U_3(s) + U_C(s) = 3.28s + 9; \quad I_L(s) = \frac{U_L(s)}{Z_L} = \frac{3.28s + 9}{0.38s};$$

$$I_2(s) = I_L(s) + I_3(s) = \frac{3.28s + 9}{0.38s} + 0.41s + 1 = \frac{0.156s^2 + 3.66s + 9}{0.38s};$$

$$U_2(s) = R_2 \cdot I_2(s) = \frac{0.156s^2 + 3.66s + 9}{0.76s};$$

$$U_1(s) = U_L(s) + U_2(s) = \frac{0.156s^2 + 3.66s + 9}{0.76s} + 3.28s + 9 = \frac{2.649s^2 + 10.5s + 9}{0.76s};$$

$$I_1(s) = \frac{U_1(s)}{R_1} = \frac{2.649s^2 + 10.5s + 9}{0.76s};$$

$$I_0(s) = I_1(s) + I_2(s) = \frac{2.649s^2 + 10.5s + 9}{0.76s} + \frac{0.156s^2 + 3.66s + 9}{0.38s} = \frac{2.961s^2 + 17.82s + 27}{0.76s};$$

Функция передачи:

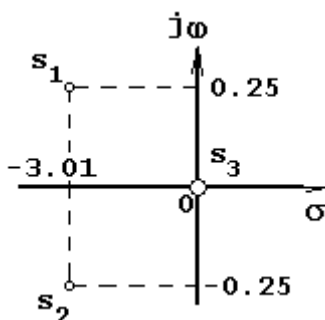
$$H_I(s) = \frac{I_H(s)}{I_0(s)} = \frac{0.76s}{2.961s^2 + 17.82s + 27} = \frac{0.257s}{s^2 + 6.018s + 9.119};$$

2.2. Нахождение нулей и полюсов функции передачи и нанесение их на плоскость комплексной частоты

$$s^2 + 6.018s + 9.119 = 0;$$

$$s_{1,2} = -3.01 \pm 0.25j \text{ - полюсы функции передачи;}$$

$$s = 0 \text{ - нули функции передачи;}$$





2.3. Определение из функции передачи переходной $h_1(t)$ и импульсной $h(t)$ характеристики для выходного сигнала

1) импульсная характеристика $h(t)$:

$$h(t) \mapsto H(s);$$

$$H(s) = H_1(s) \cdot 1 = \frac{0.257s}{s^2 + 6.018s + 9.119};$$

Обратное преобразование Лапласа :

$$h(t) = 0.257 \cdot e^{-3.009t} \cos(0.25t) - 3.035 \cdot e^{-3.009t} \sin(0.25t);$$

2) переходная характеристика $h_1(t)$:

$$h_1(t) \mapsto H_1(s);$$

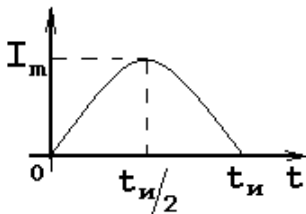
$$H_1(s) = \frac{H_1(s)}{s} = \frac{0.257}{s^2 + 6.018s + 9.119};$$

Обратное преобразование Лапласа :

$$h_1(t) = 1.009 \cdot e^{-3.009t} \sin(0.25t);$$

2.4. Определение изображения по Лапласу входного одиночного импульса

Получим изображение сигнала следующим способом:



$$I_{\dot{a}\dot{a}}(t) = I_m \sin(\omega t) \delta_1(t) + I_m \sin(\omega(t-1)) \delta_1(t-1);$$

$$I_{\dot{a}\dot{a}}(s) = \frac{I_m \omega_0}{s^2 + \omega_0^2} + \frac{I_m \omega_0}{s^2 + \omega_0^2} \cdot e^{-s} = \frac{I_m \omega_0}{s^2 + \omega_0^2} (1 + e^{-s}) = \frac{I_m \pi}{s^2 + \pi^2} (1 + e^{-s}) = \frac{15.7}{s^2 + 9.87} (1 + e^{-s});$$

2.5. Определение тока $i_H(t)$ на выходе цепи, используя функцию передачи на выходе цепи $H_1(s)$

$$i_H(s) = I_{\dot{a}\dot{a}}(s) \cdot H_1(s);$$

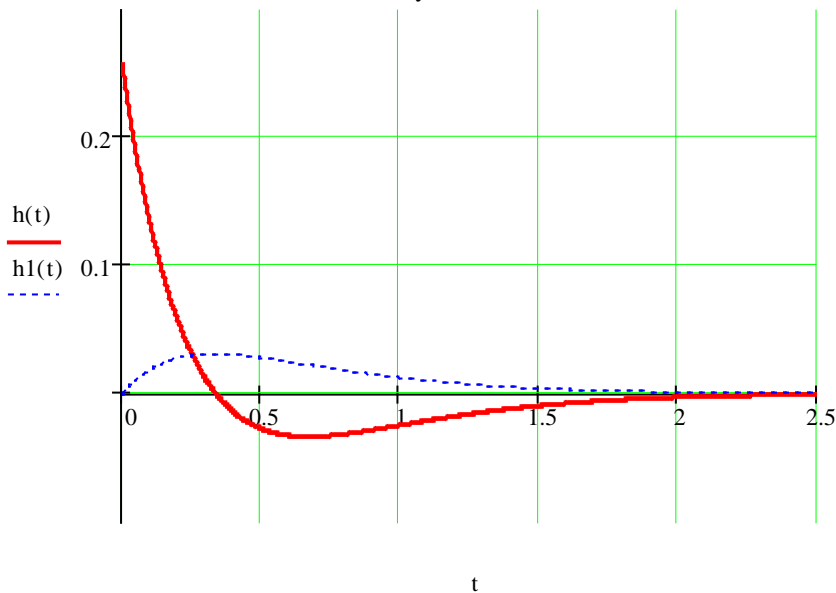
$$i_H(s) = \frac{15.7}{s^2 + 9.87} (1 + e^{-s}) \cdot \frac{0.257s}{s^2 + 6.018s + 9.119};$$

$$i_H(t) = -0.008 \cos(\pi) + 0.008 \sin(\pi) + 0.008 e^{-3.009t} \cos(0.25t) - 2.527 e^{-3.009t} \sin(0.25t) - \\ - 0.008 \delta_1(t-1) \cos(\pi - \pi) + 0.213 \delta_1(t-1) \sin(\pi - \pi) + 0.008 \delta_1(t-1) e^{-3.009t+3.009} \cos(0.25t - 0.25) - \\ - 2.527 \delta_1(t-1) e^{-3.009t+3.009} \sin(0.25t - 0.25);$$

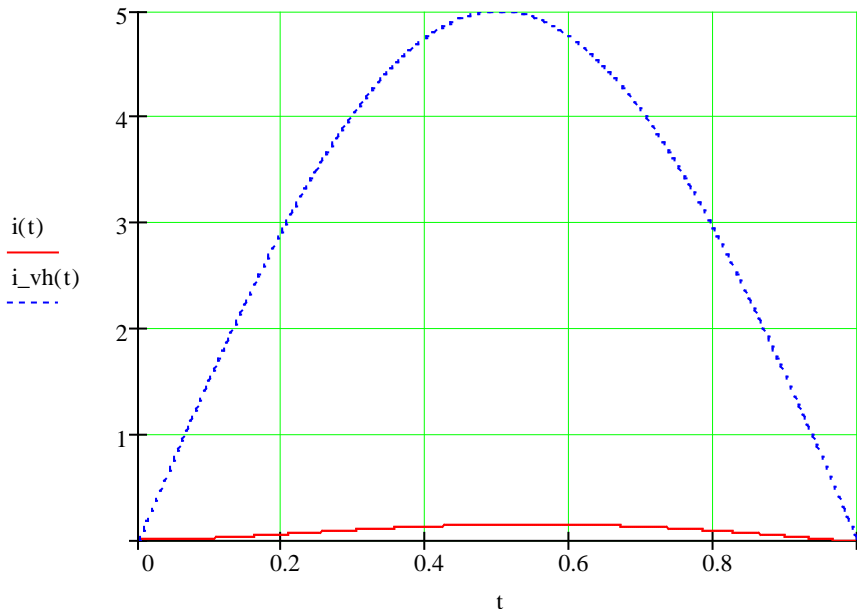


2.6. Построение графиков переходной и импульсной характеристик цепи, а также входного и выходного сигналов

Действие 3: Построение графиков переходной и импульсной характеристик цепи



Действие 4: Построение графиков входного и выходного сигналов



3. Качественный анализ цепи частотным методом при апериодическом воздействии

3.1. Нахождение и построение амплитудно-фазовой (АФХ), амплитудно-частотной (АЧХ) и фазочастотной (ФЧХ) характеристик функции передачи цепи $H_1(s)$

$$H_1(s) = \frac{0.257s}{s^2 + 6.018s + 9.119};$$

$$F(j\omega) = F(s)|_{s=j\omega};$$

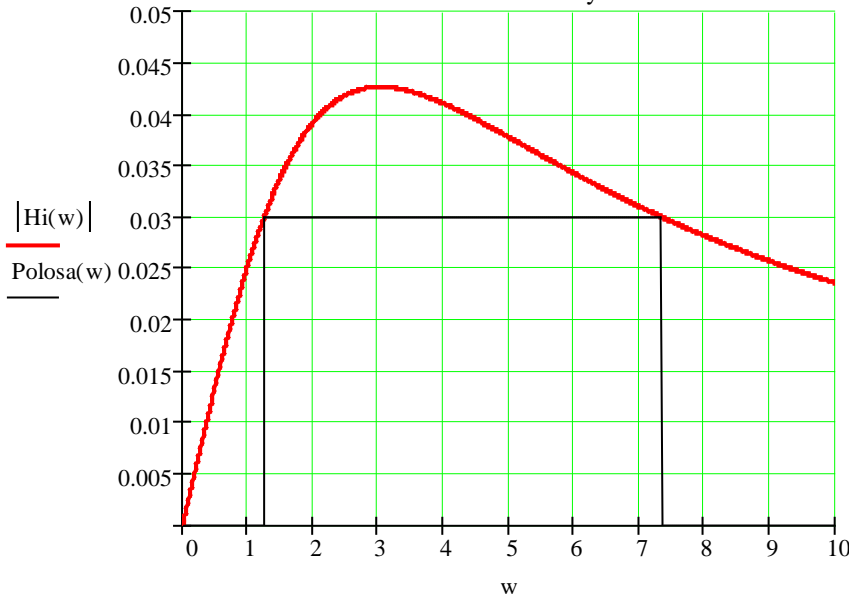


$$H_1(j\omega) = \frac{0.257(j\omega)}{(j\omega)^2 + 6.018(j\omega) + 9.119};$$

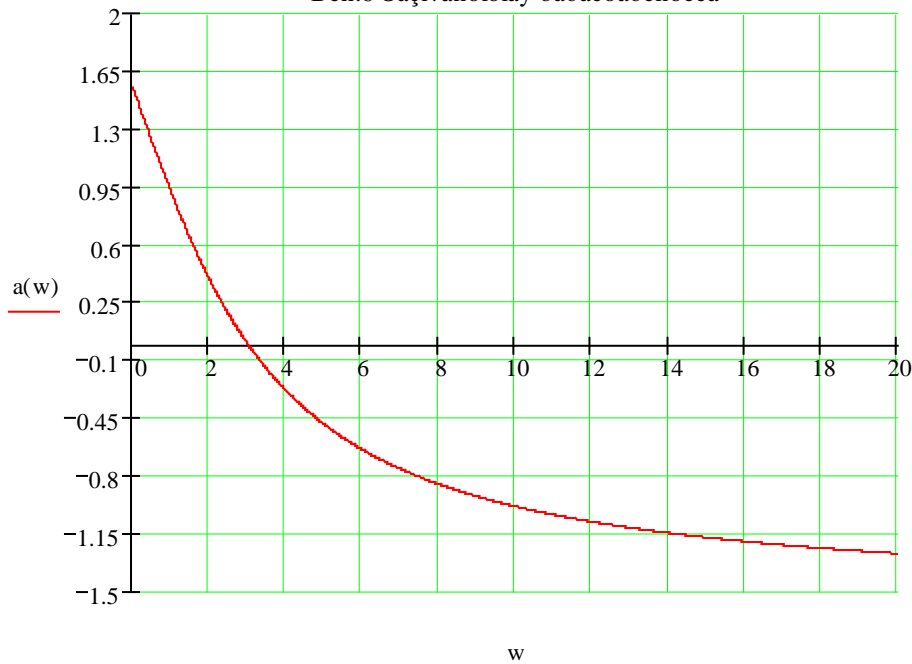
$$\text{АЧХ: } |H_1(j\omega)| = \frac{0.257\omega}{\sqrt{(9.119 - \omega^2)^2 + (6.018\omega)^2}};$$

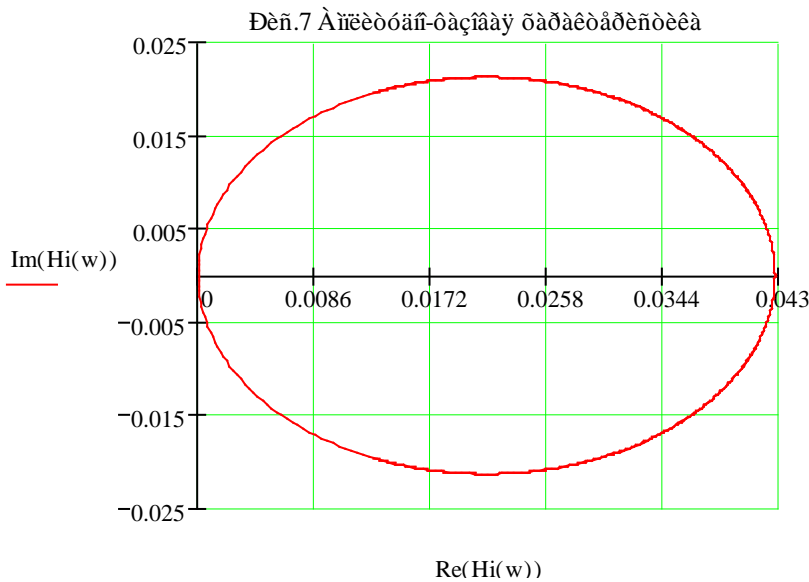
$$\text{ФЧХ: } \alpha_H(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{6.018\omega}{9.119 - \omega^2}\right);$$

Действие 5: Амплитудно-фазовая характеристика



Действие 6: Амплитудно-фазовая характеристика





3.2. Определение полосы пропускания цепи по уровню $0.707|H_I(j\omega)|_{\max}$

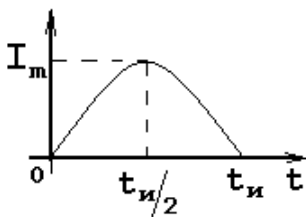
Полоса пропускания определена по графику $|H_I(j\omega)|$ (см. выше)

$$|H_I(j\omega)|_{\max} \approx 0.43;$$

$$0.707|H_I(j\omega)|_{\max} \approx 0.03;$$

$$\Delta\omega_{0.707} \approx 6 \text{ с}^{-1}$$

3.3. Нахождение и построение амплитудного и фазового спектров апериодического входного сигнала и определение ширины спектра по уровню $0.1|I_{\hat{a}\hat{a}}(j\omega)|_{\max}$



$$F(j\omega) = F(s)|_{s=j\omega};$$

$$I_{\hat{a}\hat{a}}(s) = \frac{15.7}{s^2 + 9.87}(1 + e^{-s});$$

Комплексный спектр входного сигнала:

$$I_{\hat{a}\hat{a}}(j\omega) = \frac{15.7}{(j\omega)^2 + 9.87}(1 + e^{-j\omega}) = \frac{15.7}{9.87 - \omega^2}(1 + e^{-j\omega});$$

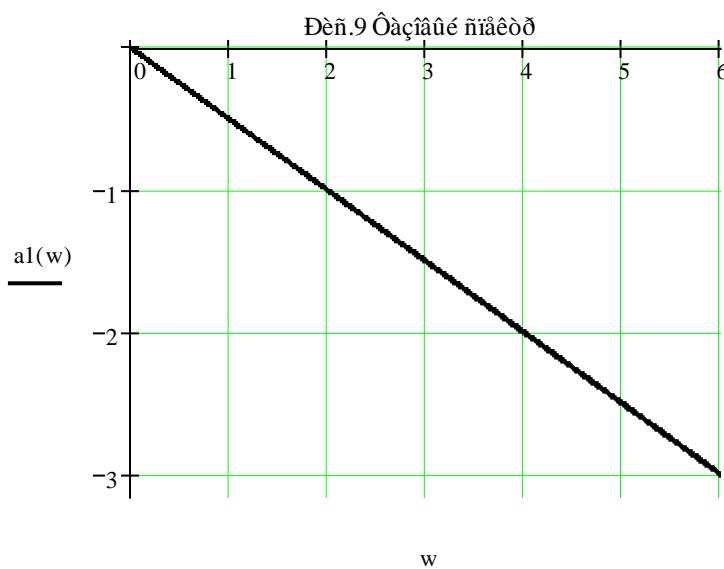
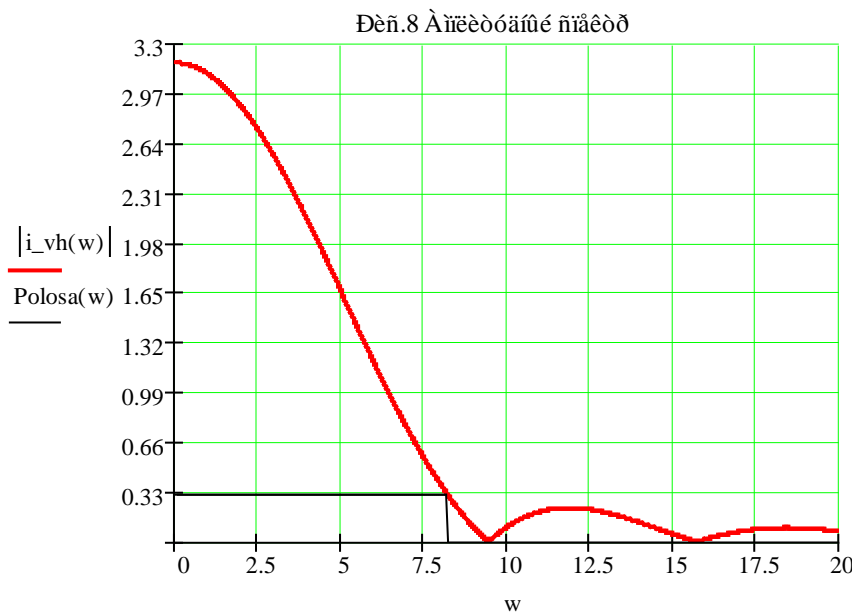
Приведем выражение в скобках к косинусу по Эйлеру (умножим и разделим на $2e^{j\omega/2}$):

$$I_{\hat{a}\hat{a}}(j\omega) = 2e^{\frac{j\omega}{2}} \cdot \frac{15.7}{(9.87 - \omega^2) \cdot 2e^{\frac{j\omega}{2}}}(1 + e^{-j\omega}) = \frac{31.4}{9.87 - \omega^2} \frac{(e^{\frac{j\omega}{2}} + e^{-\frac{j\omega}{2}})}{2} \cdot e^{-\frac{j\omega}{2}} = \frac{31.4}{9.87 - \omega^2} \cdot \cos \frac{\omega}{2} \cdot e^{-\frac{j\omega}{2}};$$



Амплитудный спектр входного сигнала: $|I_{\dot{a}\ddot{o}}(j\omega)| = \frac{31.4}{9.87 - \omega^2} \cdot \cos \frac{\omega}{2}$;

Фазовый спектр входного сигнала: $\alpha_{\dot{a}\ddot{o}}(\omega) = -\frac{\omega}{2}$;



Ширина спектра определяется по графику:

$$|I_{\dot{a}\ddot{o}}(j\omega)|_{\max} \approx 3.14;$$

$$0.1|I_{\dot{a}\ddot{o}}(j\omega)|_{\max} \approx 0.31;$$

$$\Delta\omega_0 \approx 8.2 \text{ c}^{-1};$$

3.4. Сопоставляя соответственно спектры входного сигнала с частотными характеристиками цепи, дадим заключение об ожидаемых искажениях сигнала на выходе цепи.

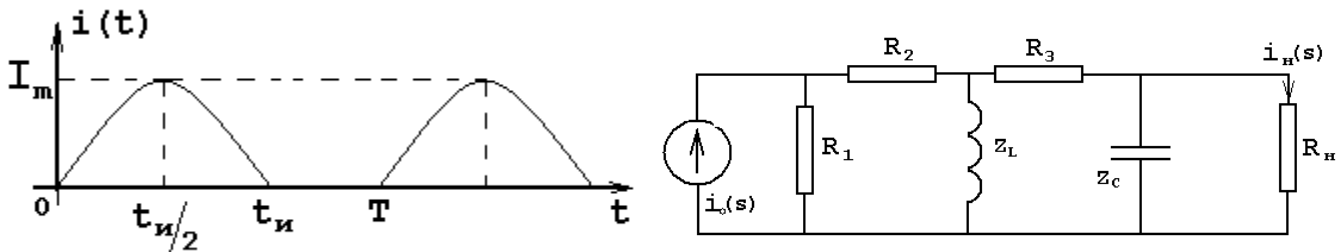
Можно установить, что совсем незначительная часть амплитудного спектра входного сигнала укладывается в полосу пропускания, а фазочастотная характеристика в этой полосе имеет гиперболическую зависимость, в отличие от прямолинейной фазочастотной характеристики входного сигнала. Таким образом, при прохождении через цепь входной



сигнал будет в значительной степени искажен. На выходе цепи можно ожидать сигнал, значительно более слабый, чем поданный на вход. Этот качественный вывод подтверждается точным расчетом в п.2 (см. Рис.4)

4. Анализ цепи частотным методом при периодическом воздействии

4.1. Разложим в ряд Фурье заданный входной периодический сигнал. Построим его амплитудный и фазовый спектры.



$$T = 4; \quad t_n = 1;$$

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

$$i_{\text{вв}}(jk\omega) = \frac{2}{T} I_{\text{вв}}(s) \Big|_{s=jk\omega_1}; \quad I_{\text{вв}}(s) = \frac{15.7}{s^2 + 9.87} (1 + e^{-s});$$

$$i_{\text{вв}}(jk\omega) = \frac{2}{4} \cdot \frac{15.7}{s^2 + 9.87} (1 + e^{-s}) \Big|_{s=jk\omega_1} = \frac{7.85}{9.87 - (k\omega_1)^2} (1 + e^{-jk\omega_1});$$

Для получения амплитудного и фазового дискретного спектра выделим модуль и фазу, для этого выражение сведем к косинусу по Эйлеру

(умножим и разделим на $2e^{\frac{jk\omega_1}{2}}$):

$$i_{\text{вв}}(jk\omega) = \frac{1}{2} 2e^{\frac{jk\omega_1}{2}} \cdot \frac{15.7}{(9.87 - (k\omega_1)^2) \cdot 2e^{\frac{jk\omega_1}{2}}} (1 + e^{-jk\omega_1}) = \frac{1}{2} \frac{31.4}{9.87 - (k\omega_1)^2} \frac{(e^{\frac{jk\omega_1}{2}} + e^{-\frac{jk\omega_1}{2}})}{2} \cdot e^{-\frac{jk\omega_1}{2}} =$$

$$= \frac{1}{2} \frac{31.4}{9.87 - (k\omega_1)^2} \cdot \cos \frac{k\omega_1}{2} \cdot e^{-\frac{jk\omega_1}{2}};$$

$$i_{\text{вв}}(jk\omega) = \frac{1}{2} \frac{31.4}{9.87 - (k\omega_1)^2} \cdot \cos \frac{k\omega_1}{2} \cdot e^{-\frac{jk\omega_1}{2}};$$

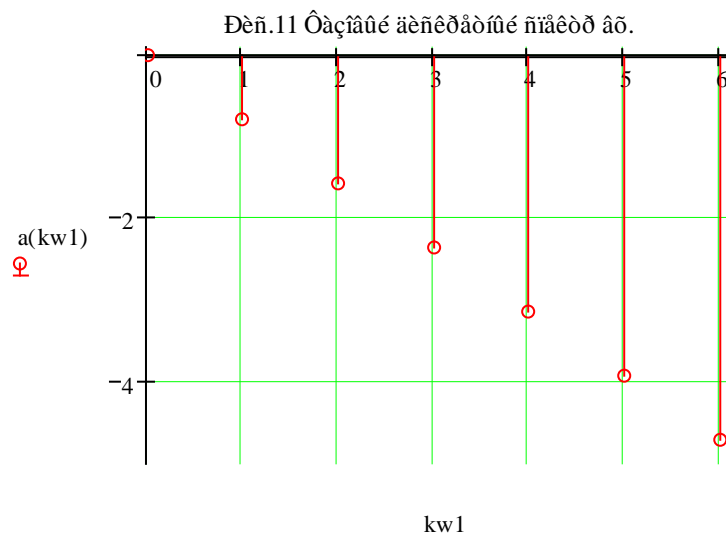
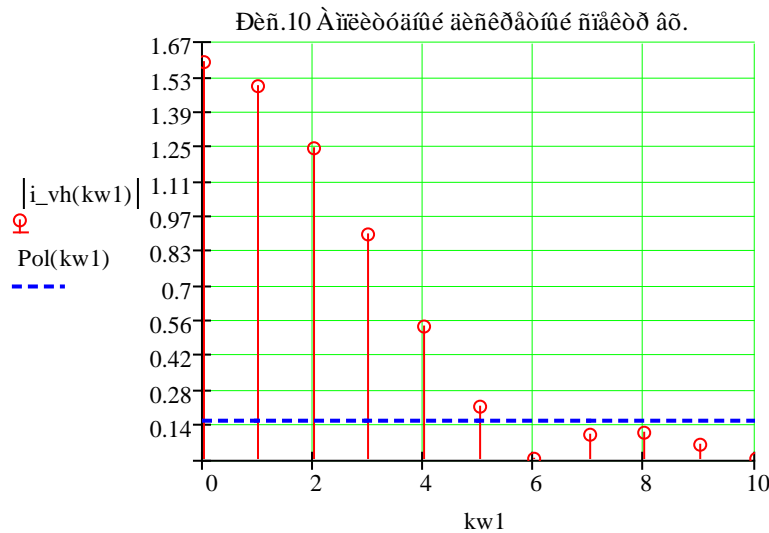
Амплитудный дискретный спектр: $|i_{\text{вв}}(jk\omega)| = \frac{1}{2} \frac{31.4}{9.87 - (k\omega_1)^2} \cdot \cos \frac{k\omega_1}{2};$

Фазовый дискретный спектр: $\alpha_{\text{вв}}(k\omega_1) = -\frac{k\omega_1}{2};$

$$k = 0 \dots \infty; \quad \omega_1 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{4} \approx 1.57;$$



k	0	1	2	3	4	5	6
$ i_{\hat{a}\hat{o}}(jk\omega) $	1,592	1,501	1,25	0,9	0,531	0,214	0
$\alpha_{\hat{a}\hat{o}}(k\omega_1)$	0	-0,785	-1,571	-2,356	-3,142	-3,927	-4,712



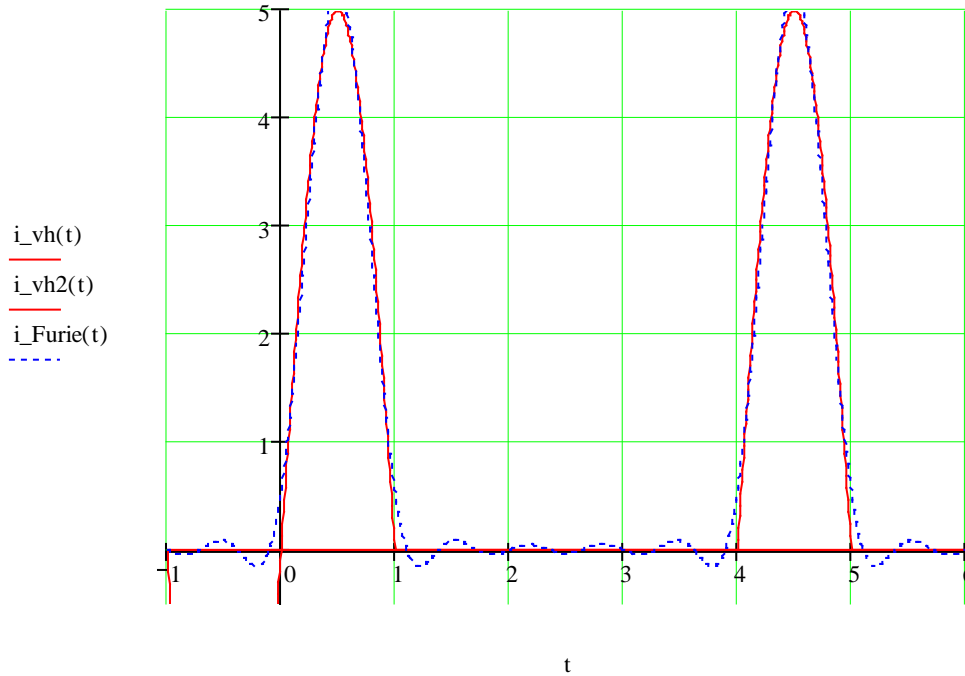
4.2. Построение входного периодического сигнала и его аппроксимации отрезком ряда Фурье

Число гармоник ряда Фурье определяется шириной спектра по уровню $0.1|i_{\hat{a}\hat{o}}(jk\omega)|_{\max}$: 6 гармоник (см. Рис.10)

$$i_{\hat{a}\hat{o}}(t) = \frac{1.592}{2} + 1.501 \cos\left(\frac{2\pi}{4}t - 0.785\right) + 1.25 \cos\left(\frac{2\pi}{4}t - 1.571\right) + 0.9 \cos\left(\frac{2\pi}{4}t - 2.356\right) + 0.531 \cos\left(\frac{2\pi}{4}t - 3.142\right) + 0.214 \cos\left(\frac{2\pi}{4}t - 3.927\right);$$



Дей.12 Амплитудно-фазовый спектр выходного сигнала



4.3. Построение амплитудного и фазового спектров выходного периодического сигнала, используя рассчитанные в п.3.1 АЧХ и ФЧХ функции передачи цепи. Запись тока $i_H(t)$ на выходе цепи в виде отрезка ряда Фурье

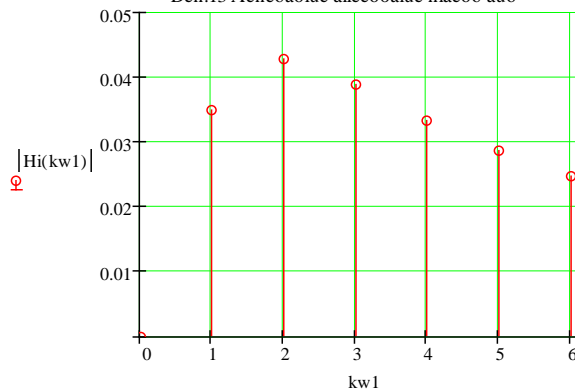
$$H_1(s) = \frac{0.257s}{s^2 + 6.018s + 9.119};$$

$$H_1(jk\omega_1) = \frac{0.257(jk\omega_1)}{(jk\omega_1)^2 + 6.018(jk\omega_1) + 9.119} = \frac{j \cdot 0.257k\omega_1}{9.119 - (k\omega_1)^2 + j \cdot 6.018k\omega_1};$$

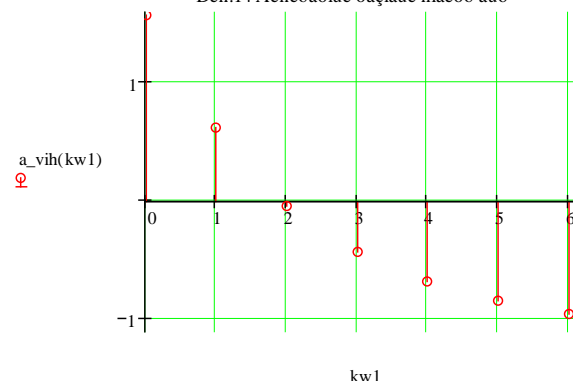
$$\text{АЧХ: } |H_1(jk\omega)| = \frac{0.257(k\omega_1)}{\sqrt{(9.119 - (k\omega_1)^2)^2 + (6.018(k\omega_1))^2}};$$

$$\text{ФЧХ: } \alpha_H(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{6.018(k\omega_1)}{9.119 - (k\omega_1)^2}\right);$$

Дей.13 Амплитудный спектр выходного сигнала



Дей.14 Фазовый спектр выходного сигнала



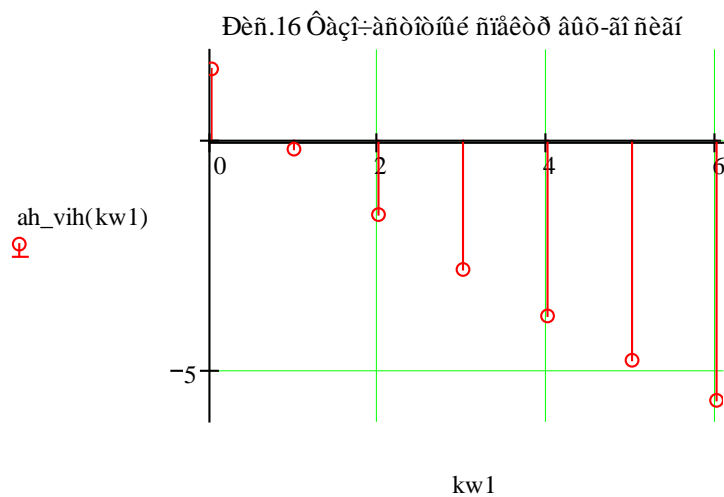
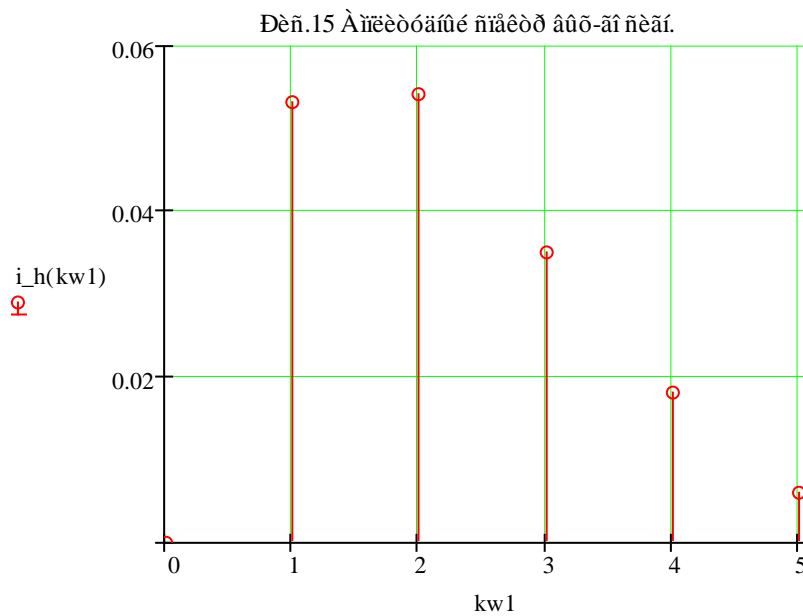


Амплитуды и начальные фазы гармоник выходного напряжения :

$$|i_H(jk\omega_1)| = |i_{\hat{a}\hat{o}}(jk\omega)| |H_I(jk\omega_1)|;$$

$$\alpha_H(k\omega_1) = \alpha_{\hat{a}\hat{o}}(k\omega_1) + \alpha_H(k\omega_1);$$

k	$k\omega_1, \text{ c}^{-1}$	$ H_I(jk\omega_1) $	$\alpha_H(k\omega_1)$	$ i_H(jk\omega_1) $	$\alpha_H(k\omega_1)$
0	0	0	1,571	0	1,571
1	1,571	0,035	0,613	0,053	-0,172
2	3,142	0,043	-0,04	0,054	-1,611
3	4,712	0,039	-0,432	0,035	-2,789
4	6,283	0,033	-0,677	0,018	-3,819
5	7,854	0,029	-0,838	0,006	-4,766

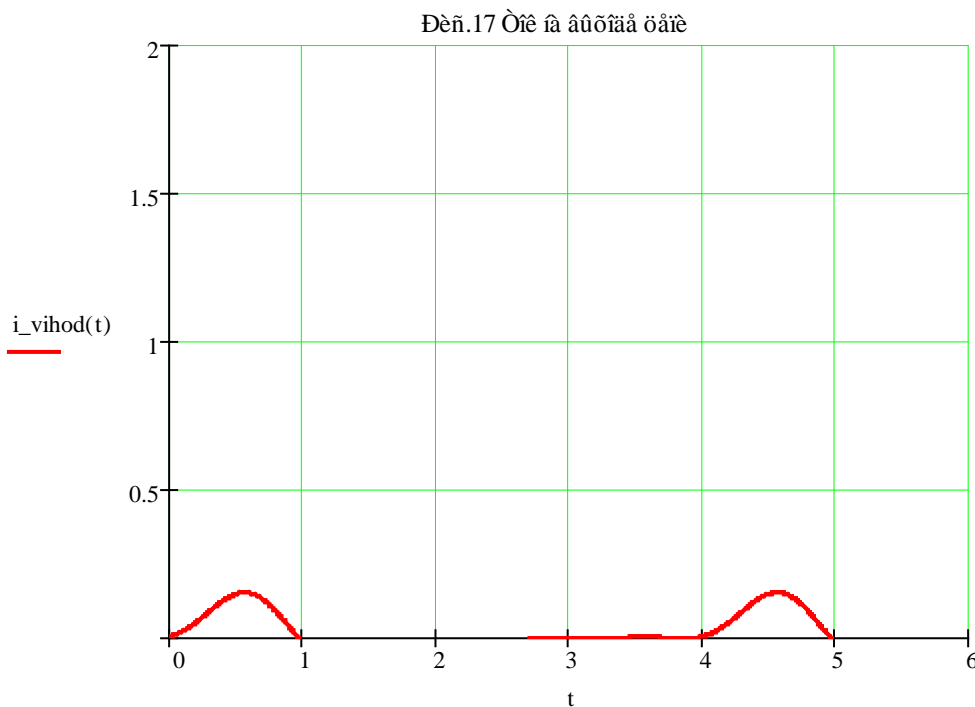
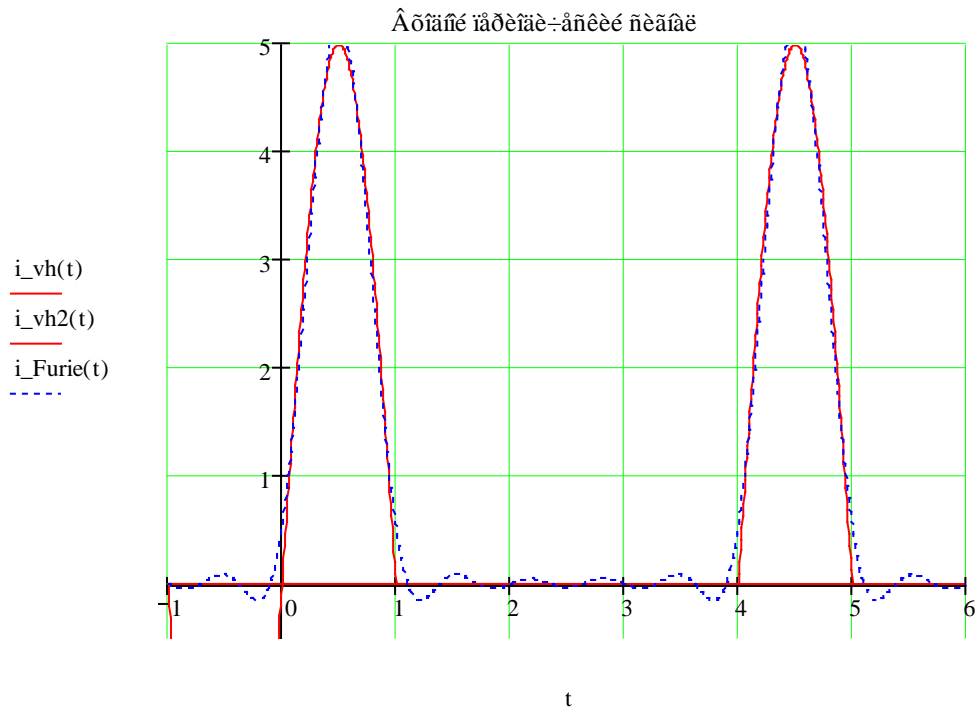


В соответствии с принятым критерием ширины спектра :

$$i(t) = 0.053 \cos\left(\frac{2\pi}{4}t - 0.172\right) + 0.054 \cos\left(2\frac{2\pi}{4}t - 1.611\right) + 0.035 \cos\left(3\frac{2\pi}{4}t - 2.789\right) + 0.018 \cos\left(4\frac{2\pi}{4}t - 3.819\right) + 0.006 \cos\left(5\frac{2\pi}{4}t - 4.766\right);$$



4.4. Построение графика тока $i_n(t)$ на выходе цепи в виде суммы гармоник найденного отрезка ряда Фурье



ВЫВОД: При исследовании линейной цепи, можно сделать заключение, что при прохождении синусоидального импульса через цепь он искажается: изменяется его амплитуда, которая значительно меньше поданного сигнала. На выходе при периодическом воздействии импульса получены слабовыраженные колебания тока.



Список использованной литературы

1. Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Линейные цепи. - М.: Высш. школа, 1990.
2. Матханов П. Н. Основы анализа электрических цепей. Нелинейные цепи. - М.: Высш. школа, 1986.
3. Бычков Ю.А., Золотницкий В.М., Чернышев Э.П. Теория электрических цепей. Переходные процессы. Установившейся синусоидальный режим: Учеб. Пособие для самостоятельной работы \ ГЭТУ. СПб., 1993
4. Башарин С.А., Бычков Ю.А. Компьютерное моделирование и расчет электрических цепей \ Учеб. Пособие \ ГЭТУ. СПб., 1994
5. Ю.А. Бычкова, Э.П. Чернышева Курсовое проектирование по теории электрических цепей: Учеб. Пособие для самостоятельной работы студентов. ГЭТУ. СПб., 1996