МИНОБРНАУКИ РОССИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГИСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

"ЛЭТИ" ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)

Кафедра ТОЭ

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №3

по дисциплине "Теоретические основы электротехники"

Тема: Исследование свободных процессов

в электрических цепях

Студент гр. 9391	_______________	Федоров А. Г.
Преподаватель	_______________	Езеров К.С

Санкт-Петербург

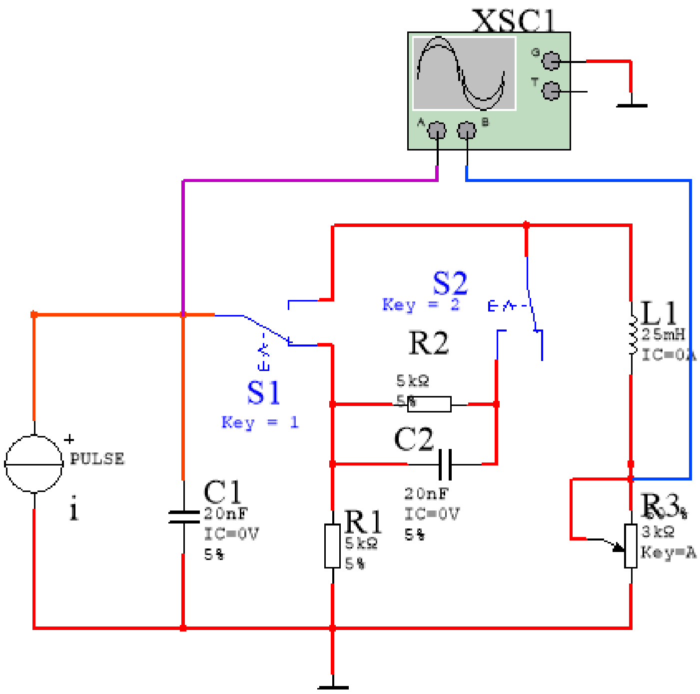
2021

Протокол

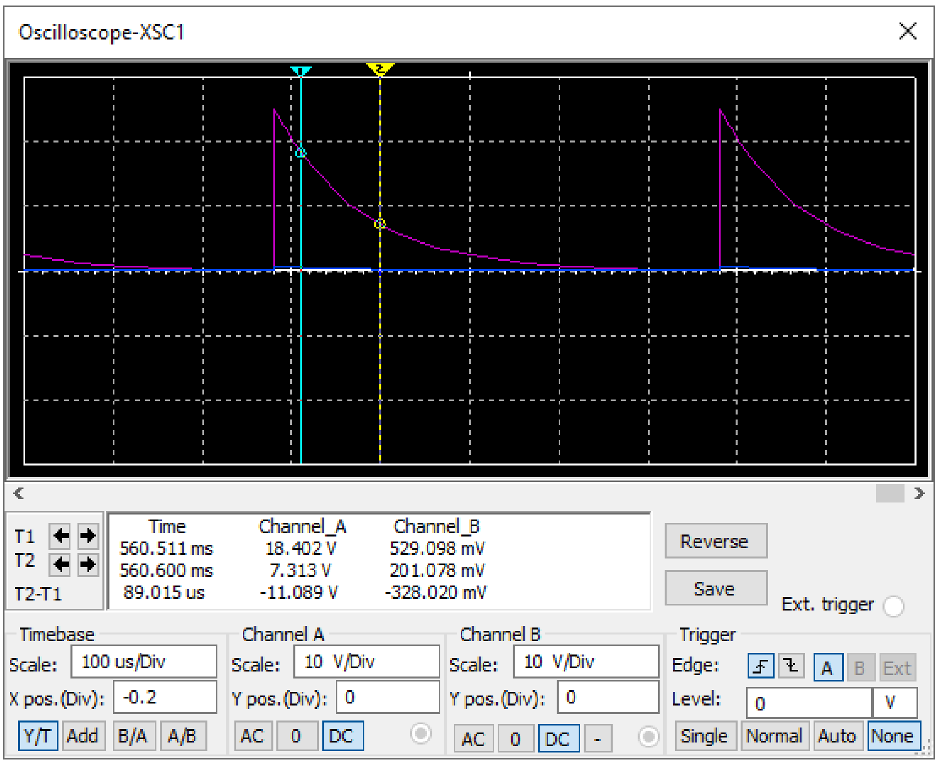
к лабораторной работе №3

«Исследование свободных процессов в электрических цепях»

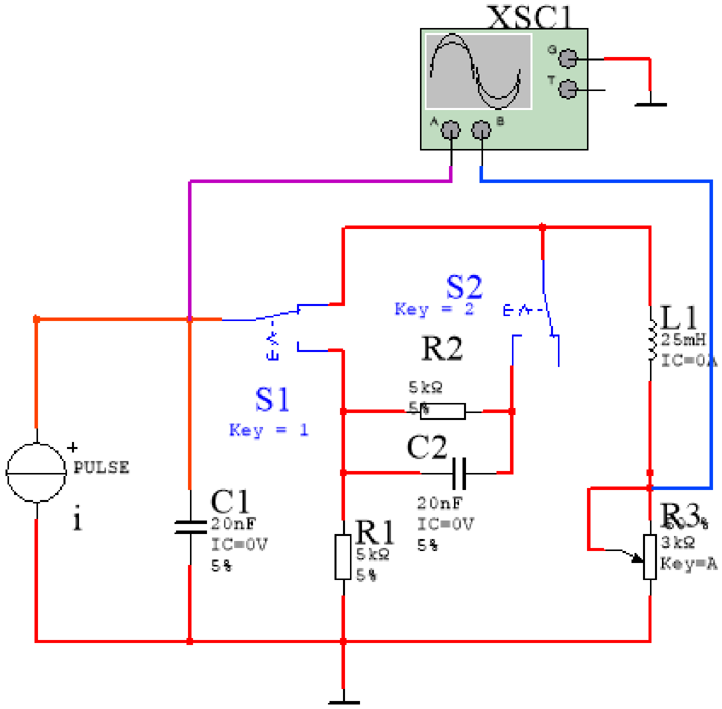
1. Соберем цепь из рисунка 3.1 а.



Снимем осциллограмму напряжения u_c (t):

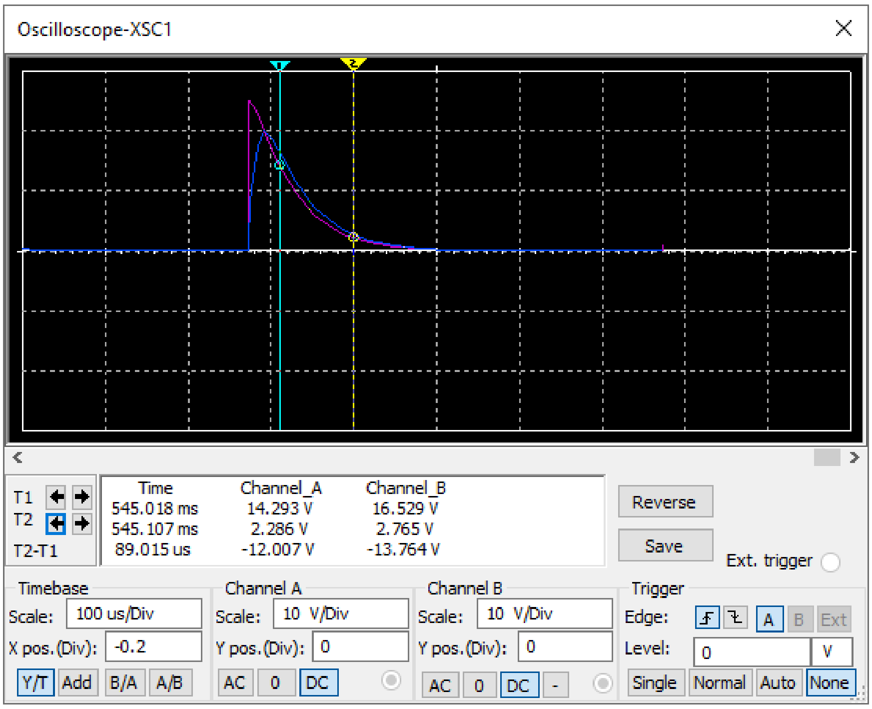


2. Соберем цепь из рисунка 3.1 б.

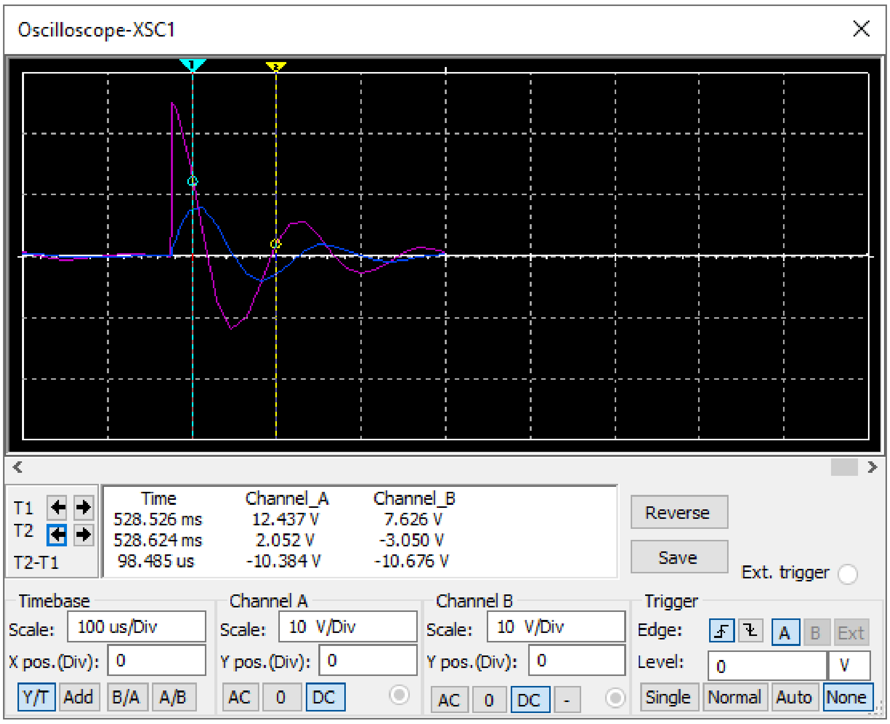


Снимем осциллограммы напряжения u_C (t) и u_R (t):

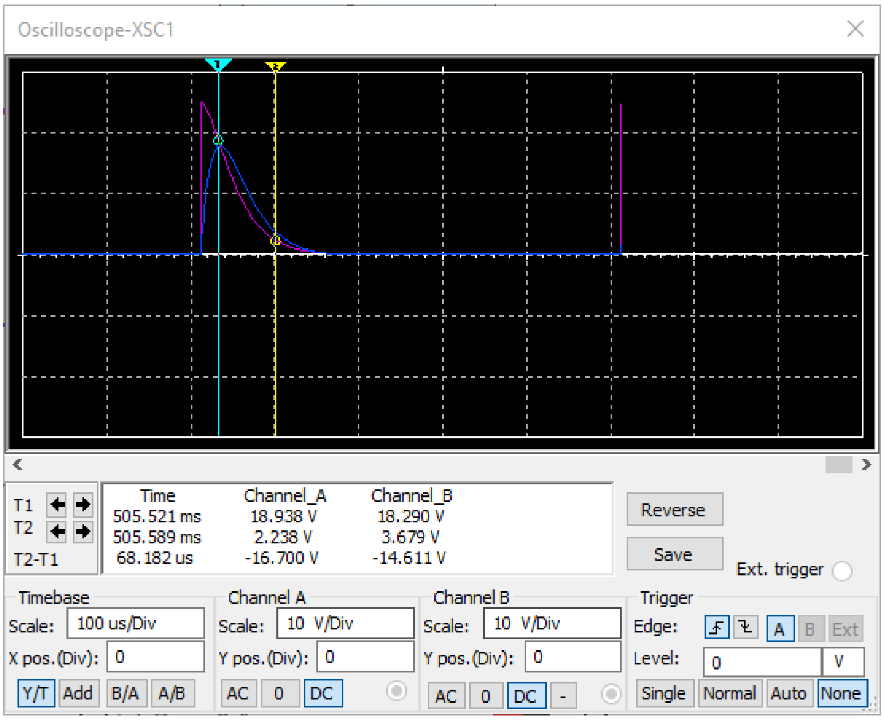
Для апериодического режима R_3=3кОм (100%):



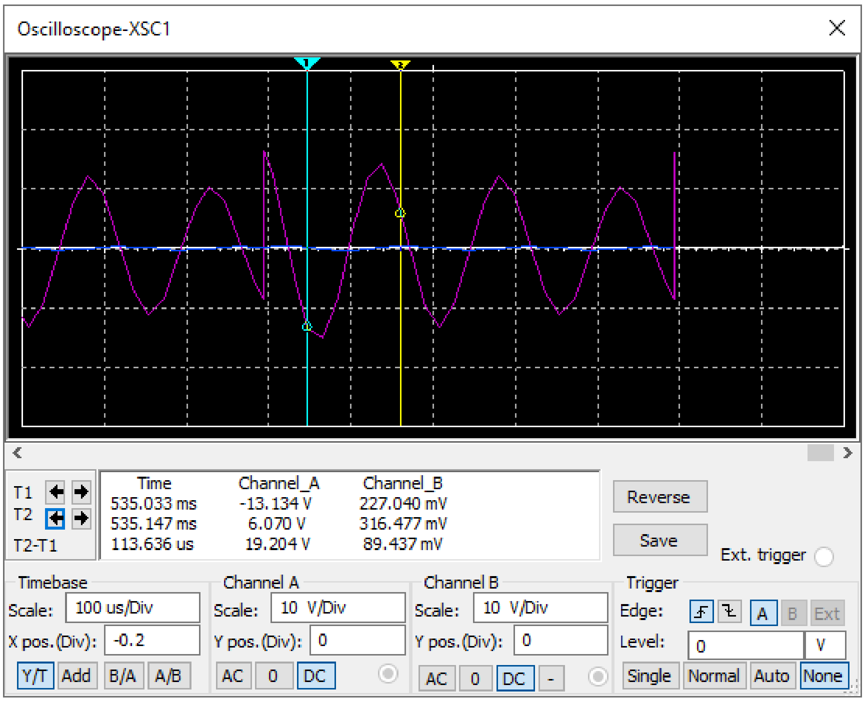
Для колебательного режима R_3=0,5 кОм (17%):



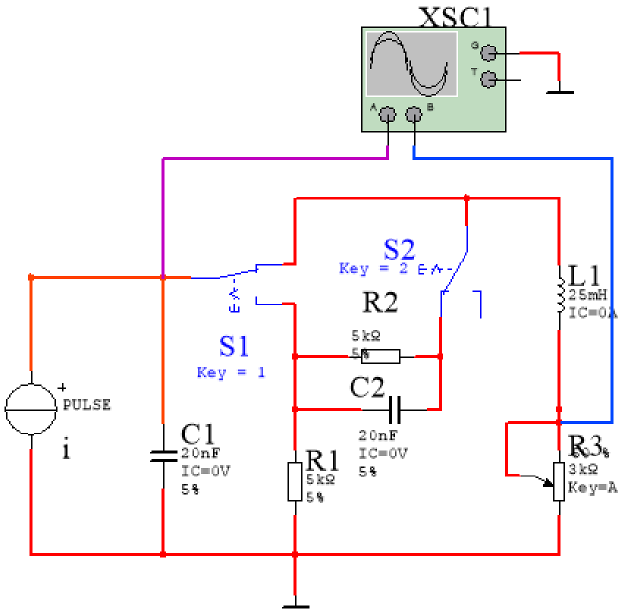
Для критического режима R_3=2,2кОм (75%):



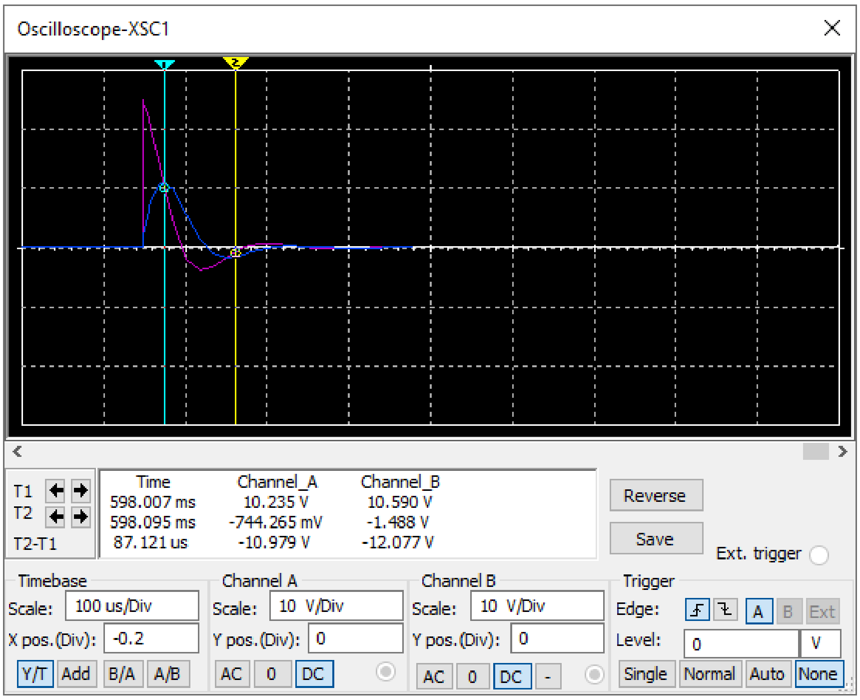
Для колебательного режима при высокой дробности R_3=30 Ом (1%):



3. Соберем цепь из рисунка 3.2.



Снимем осциллограмму напряжений u_C (t) и u_R (t) при R_3=1кОм (33%):



4. Результаты измерений:

Δt, c	Uc, B		Ur, B	
8,90E-05	18,405	7,313	0	0
8,90E-05	14,293	2,286	16,529	2,765
9,85E-05	12,437	2,052	7,626	-3,05
6,82E-05	18,938	2,238	18,29	3,679
1,14E-04	-13,134	6,07	0	0
8,71E-05	10,235	-0,74265	10,59	-1,488

Цель работы: Изучение связи между видом свободного процесса в электрической цепи и расположением собственных частот (корней характеристического уравнения) на комплексной плоскости; приближенная оценка собственных частот и добротности RLC-контура по осциллограммам.

Обработка результатов эксперимента.

1. Исследование свободного процесса в цепи первого порядка
   Определим постоянную времени τ методом подкасательной:

Δt, c	Uc, B	
8,90E-05	18,405	7,313

$$\tau_{\text{эксп}} = \frac{\Delta t}{\ln(\frac{u_{c1}}{u_{c2}})} = \frac{8.9015*10^{-5}}{\ln(\frac{18.405}{7.313})} = 9.6*10^{-5}\ c$$

Также рассчитаем τ по формуле:

$$\tau_{\text{теор}} = R_1 * C_1 = 10^{-4} c$$

$$\tau_{\text{теор}} - \tau_{\text{эксп}} = 10^{-4} - 9.6*10^{-5} = 4*10^{-6}\ \text{с}$$

2. Исследование свободного процесса в цепи второго порядка

$$\alpha = \frac{R}{2L}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_1}} = 4.472*10^4 \text{с}^{-1}$$

$$p_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

$$p_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_0^2}$$

$$t_{\text{пп}} = \frac{3}{\alpha}$$

$$\text{Q} = \frac{1}{2} * \frac{\omega_0}{\alpha}$$

Апериодический режим R=R_3=3кОм:

$$\alpha = 6*10^4 \text{с}^{-1}$$

$$p_1 = -2*10^4 \text{с}^{-1}$$

$$p_2 = -1*10^5 \text{с}^{-1}$$

$$\text{Q} = 3.73*10^{-1}$$

$$t_{\text{пп}} = 5*10^{-5}$$

Колебательный режим R=0.17*R_3=510 Ом:

$$\alpha = 1.02*10^4 \text{с}^{-1}$$

$$p_1 = (-1.02*10^4 + 4.35*10^4 * i)\text{с}^{-1}$$

$$p_2 = (-1.02*10^4 - 4.35*10^4 * i)\text{с}^{-1}$$

$$\text{Q} = 2.192$$

$$t_{\text{пп}} = 2.941*10^{-4} c$$

Критический режим R=0.75*R_3=2.2 кОм:

$$\alpha = 4.5*10^4 \text{с}^{-1}$$

$$p_1 = p_2 = -\alpha = -4.5*10^4 \text{с}^{-1}$$

$$\text{Q} = 4.969*10^{-1}$$

$$t_{\text{пп}} = 6.667*10^{-5} c$$

Колебательный режим при высокой добротности R=0.01*R_3=30 Ом:

$\alpha = 6 * 10^2 c^{-1}$

$p_1 = (-6 * 10^2 + 4.47 * 10^4 * i) c^{-1}$

$p_2 = (-6 * 10^2 - 4.47 * 10^4 * i) c^{-1}$

$Q = 3.727 * 10^1$

$t_{пп} = 5 * 10^{-3} c$

Определим те же параметры, по осциллограмме колебательного режима.

Δt, c	Uc, B		Ur, B	
8,90E-05	14,293	2,286	16,529	2,765
9,85E-05	12,437	2,052	7,626	-3,05
6,82E-05	18,938	2,238	18,29	3,679
1,14E-04	-13,134	6,07	0	0

$$\alpha_{эксп} = \frac{\ln(\frac{u_{c1}}{u_{c2}})}{dt} = -2.06 * 10^4 c^{-1}$$

$$\omega_{0эксп} = \frac{2\pi}{T} = 7.06 * 10^4 c^{-1}$$

$$Q_{эксп} = \frac{\pi}{\ln(\frac{u_{c1}}{u_{c2}})} = 1.713$$

3. Исследование свободных процессов в цепи третьего порядка
   Рассчитаем частоты собственных колебаний цепи R=0.33*R$_3$=1 кОм:

$$p_1 = \frac{-1}{R_1 * C_1} = -1 * 10^{-4} c^{-1}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} * \left(\frac{R}{L} + \frac{1}{R_1 * C_1}\right) = 2.48 * 10^4 c^{-1}$$

$$p_2 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \frac{2 + \frac{R}{R_1}}{L * C_1}} = (-2.48 * 10^4 + 6.149 * 10^4 * i) c^{-1}$$

$$p_3 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \frac{2 + \frac{R}{R_1}}{L * C_1}} = (-2.48 * 10^4 - 6.149 * 10^4 * i) c^{-1}$$

Вывод: В ходе проведения лабораторной работы была изучена связь между видом свободного процесса в электрической цепи и расположением собственных частот на комплексной плоскости. Если собственные частоты вещественные — апериодический режим, комплексно-сопряженные — периодический режим, кратные — критический апериодический режим. Была проведена приблизительная оценка собственных частот и добротности RLC-контура по осциллограммам. Имеет место расхождение теоретических и экспериментальных данных.

Ответы на вопросы:

1. Каким аналитическим выражением описывается переходный процесс в цепи первого порядка?

$[f'_{\text{пс}}(t)] = [A][f_{\text{пс}}(t)] + [B][f_1(t)]$

Переходный процесс в цепи первого порядка будет описываться единственным таким дифференциальным уравнением. Оно будет содержать одну переменную состояния и одно воздействие.

Решение данного уравнения представляется в виде выражения

$f(t) = f_{\text{св}}(t) + A_1 e^{p_1 t}$

2. Как по осциллограмме определить собственную частоту цепи первого порядка? Соответствует ли она теоретическому расчету по (3.1)?

Собственную частоту цепи первого порядка можно определить по осциллограмме с помощью формулы

$\alpha = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln(\frac{u_{C1}}{u_{C2}})}{\Delta t}$,

где u1 и u2 - напряжения на концах временного промежутка Δt.

Полученное значение имеет некоторое расхождение с теоретическим значением.

3. Какими аналитическими выражениями (в общем виде) описываются графики процессов во всех исследуемых цепях второго порядка? Как определить по осциллограмме, снятой при R1 = 0,5 кОм, собственные частоты цепи второго порядка?

$f_{\text{пс}}(t) = f_{\text{вын}} + f_{\text{св}}(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}$

Для апериодического режима (2 вещественных различных корня):

$f(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{-20000t} + A_2 e^{-10000t}$

Для колебательного режима (2 комплексно сопряженных корня):

$f(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{-10200t}\cos(43540t) + A_2 e^{-10200t}\sin(43540t)$

Для критического режима (2 кратных вещественных корня):

$f(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{-45000t} + A_2 e^{-45000t}$

Для колебательного с высокой добротностью:

$f(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{-600t}\cos(44720t) + A_2 e^{-600t}\sin(44720t)$

Определить частоту можно с помощью той же формуле, что и для цеп первого порядка, при условии, что $\Delta t = T = \frac{2\pi}{\omega}$

4. Каким аналитическим выражением описывается полученный график свободного процесса в цепи третьего порядка?

   $f(t) = f_{\text{вын}} + f_{\text{св}}(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t} + A_3 e^{p_3 t}$

   Если два корня комплексно сопряжённые:

   $f(t) = f_{\text{вын}} + A_1 e^{-10000t} + A_2 e^{-24800t} \cos(61490t) + A_3 e^{-24800t} \sin(61490t)$

5. Каковы теоретические значения собственных частот цепи третьего порядка? Соответствует ли им осциллограмма и почему?

   $p_1 = -10000$

   $p_2 = -24800 + 61490i$

   $p_3 = -24800 - 61490i$

   Не соответствует условию $\Delta t = T = \frac{2\pi}{\omega}$