

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)

З. В. Зайцева

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Методические указания и задание к выполнению лабораторных работ
студентов-бакалавров

СПб ГУТ)))

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие методические указания предназначены для студентов-бакалавров, изучающих курс Теоретические основы электротехники..

Приступая к выполнению каждой лабораторной работы, студент должен изучить соответствующие разделы дисциплины, ориентируясь на перечень основных вопросов и указанную литературу.

Номер варианта лабораторной работы определяется последней цифрой номера зачетной книжки. Значение N определяется 2-ой от конца цифрой номера зачетной книжки. Цифру 0 следует заменить цифрой 10.

Лабораторная работа должна быть аккуратно и разборчиво оформлена.

На первой странице работы необходимо указать основные данные: номер зачётной книжки, курс, факультет, фамилию, имя, отчество. При отсутствии данной информации лабораторные работы не проверяются.

Лабораторная работа № 1

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗВЕТВЛЕННЫХ RC И RL ЦЕПЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ FASTMEAN

1. Задание на самостоятельную подготовку

1.1. Изучите вопросы, связанные с определением и расчетом частотных характеристик электрических цепей.

1.2. Выберите в табл. 1.1 номера исследуемых цепей в соответствии со своим вариантом.

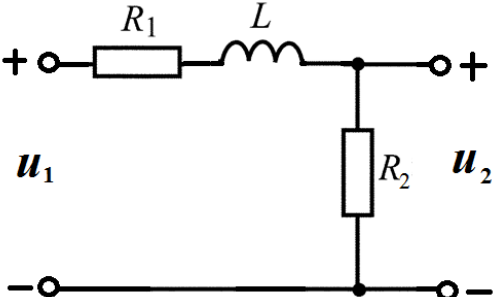
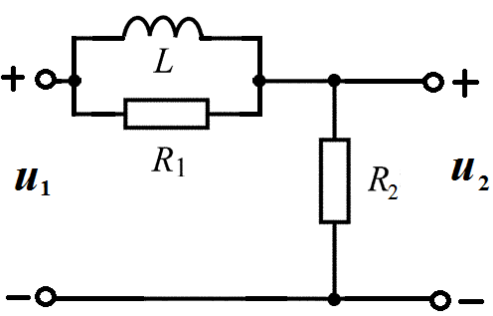
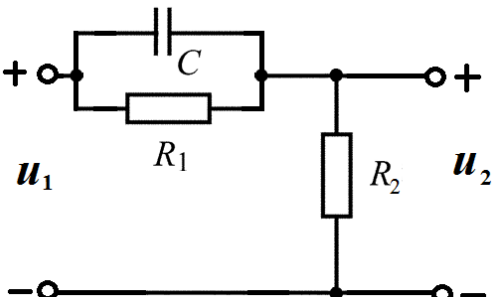
Таблица 1.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номера исследуемых цепей	1, 4	2, 3	4, 5	4, 6	1, 6	2, 6	5, 6	4, 3	3, 5	3, 6	1, 2	2, 5

1.3. Выберите в табл. 1.2 схемы исследуемых цепей, выведите аналитические выражения и постройте примерные графики АЧХ и ФЧХ этих цепей.

Таблица 1.2

Вариант	Схема цепи	Данные
1		$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ $C = \frac{0,1}{N}, \text{ мкФ}$ $R_1 = R_2 = N \cdot 100, \text{ Ом}$
2		$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ $L = 0,25 \cdot N, \text{ мГн}$ $R_1 = R_2 = N \cdot 100, \text{ Ом}$
3		$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ $C = \frac{0,025}{N}, \text{ мкФ}$ $R_1 = R_2 = N \cdot 100, \text{ Ом}$

4		$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ $L = N, \text{ мГн}$ $R_1 = R_2 = N \cdot 100, \text{ Ом}$
5		$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ $L = 0,353 \cdot N, \text{ мГн}$ $R_1 = R_2 = N \cdot 100, \text{ Ом}$
6		$H(j\omega) = \frac{\dot{U}_2}{\dot{U}_1}$ $C = \frac{0,07}{N}, \text{ мкФ}$ $R_1 = R_2 = N \cdot 100, \text{ Ом}$

1.4. Рассчитайте значения граничных частот $f_{\text{ГР}}$ полос пропускания исследуемых цепей из условия

$$|H(j\omega_{\text{ГР}})| = \frac{|H(j\omega)|_{\text{max}}}{\sqrt{2}}, \quad f_{\text{ГР}} = \frac{\omega_{\text{ГР}}}{2\pi}.$$

2. Задание для моделирования на компьютере

2.1. Загрузите программу *FASTMEAN*.

2.2. Постройте на экране дисплея схему первой из анализируемых цепей. Задайте значения ее параметров.



2.3. Пронумеруйте узлы, нажав в меню кнопку

2.4. Рассчитайте частотные характеристики цепи в линейном масштабе и сохраните получившиеся графики. Для этого выберите в меню «Анализ» строку «Частотные характеристики» (рис. 1.1). Далее заполните таблицу анализа, как это показано на рис. 1.2.

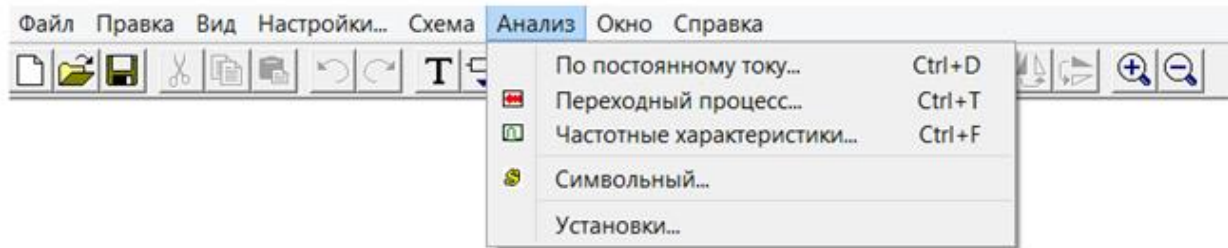


Рис. 1.1

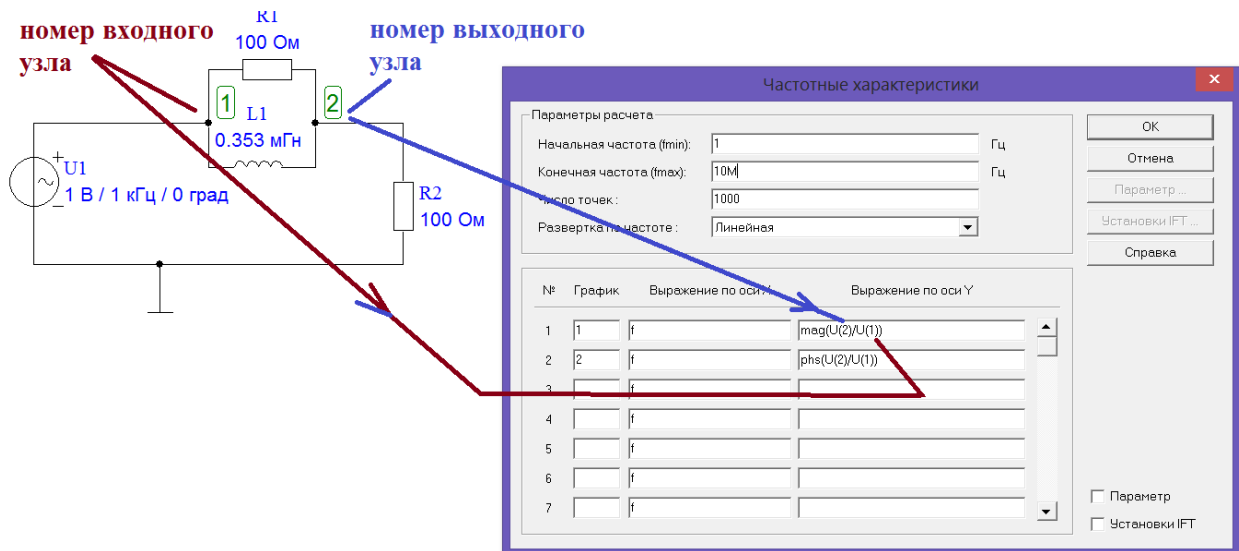



Рис. 1.2

При установке нижней и верхней частот исследуемого диапазона следует руководствоваться соответственно значениями 1 Гц и 10 МГц. Указанные значения в дальнейшем следует откорректировать так, чтобы на экране дисплея достаточно хорошо отображались основные особенности АЧХ и ФЧХ исследуемой цепи. Выберите число расчетных точек равным 1000.

2.4. Найдите с помощью электронной линейки  значение граничной частоты $f_{ГР}$ полосы пропускания цепи по графику АЧХ

$$|H(j\omega_{ГР})| = \frac{|H(j\omega)|_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{H_{\max}}{\sqrt{2}}.$$

Покажите на графике полосу пропускания цепи (см. рис. 1.3).

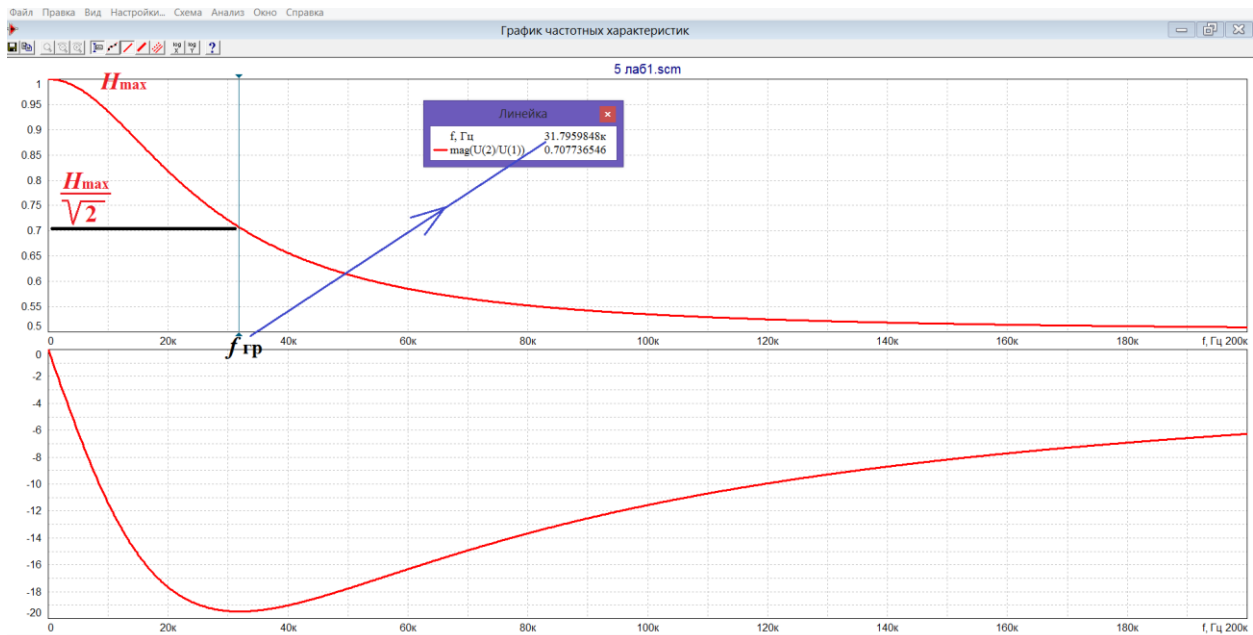


Рис. 1.3

2.5. Повторите пп. 2.2–2.4 для второй цепи Вашего варианта.

3. Указания по подготовке к защите

3.1. Оформите отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- схемы исследуемых цепей,
- вывод расчетных формул для АЧХ и ФЧХ каждой цепи, расчет $f_{гр}$,
- примерные графики АЧХ и ФЧХ анализируемых цепей,
- графики частотных характеристик, рассчитанные на ПК, с указанием на них $f_{гр}$ и полосы пропускания,
- выводы.

3.2. Подготовьтесь к ответу на вопросы и решению типовых задач, отражающих основное содержание работы.

Контрольные вопросы

1. Что называется комплексной передаточной функцией цепи $H(j\omega)$?
2. Дайте определение амплитудно-частотной и фазочастотной характеристик цепи. Как они связаны с комплексной передаточной функцией?
3. Что называют полосой пропускания цепи? Как ее найти по графику АЧХ?
4. Как найти реакцию цепи на гармоническое воздействие, если известна комплексная передаточная функция цепи $H(j\omega)$?
5. Во сколько раз изменится выходная мощность цепи при уменьшении АЧХ в $\sqrt{2}$ раз?

Лабораторная работа № 2

КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ *FASTMEAN*

1. Задание на самостоятельную подготовку

1.1. Изучите теоретические вопросы, связанные с явлением резонанса в последовательном колебательном контуре.

1.2. Рассчитайте резонансную частоту f_0 , добротность Q и ширину полосы пропускания $2\Delta f^*$ последовательного колебательного контура, схема которого приведена на рис. 2.1, по формулам

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \text{ Гц}; \quad Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R}; \quad 2\Delta f^* = \frac{f_0}{Q}, \text{ Гц.}$$

Значения параметров контура приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Вариант	R , Ом	L , мГн	C , мкФ
1	$39,80 \cdot N$	$3,170 \cdot N$	$\frac{0,500}{N}$
2	$25,20 \cdot N$	$2,000 \cdot N$	$\frac{0,790}{N}$
3	$50,00 \cdot N$	$4,000 \cdot N$	$\frac{0,396}{N}$
4	$33,16 \cdot N$	$2,640 \cdot N$	$\frac{0,600}{N}$
5	$43,95 \cdot N$	$3,500 \cdot N$	$\frac{0,453}{N}$
6	$56,50 \cdot N$	$4,500 \cdot N$	$\frac{0,352}{N}$
7	$28,40 \cdot N$	$2,264 \cdot N$	$\frac{0,700}{N}$
8	$66,00 \cdot N$	$5,280 \cdot N$	$\frac{0,300}{N}$
9	$36,18 \cdot N$	$2,880 \cdot N$	$\frac{0,550}{N}$
10	$29,93 \cdot N$	$2,580 \cdot N$	$\frac{0,720}{N}$
11	$46,00 \cdot N$	$3,555 \cdot N$	$\frac{0,420}{N}$
12	$31,56 \cdot N$	$2,550 \cdot N$	$\frac{0,640}{N}$

1.3. Рассчитайте частоты $f_{\max L}$ и $f_{\max C}$, при которых напряжения индуктивности U_L и емкости U_C максимальны:

$$f_{\max L} = \frac{f_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}, \text{ Гц}; \quad f_{\max C} = f_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}, \text{ Гц}.$$

1.4. Рассчитайте на резонансной частоте значения амплитудно-частотных характеристик, соответствующих передаточным функциям:

$$H_R(j\omega) = \frac{\dot{U}_R}{\dot{U}_1}, \quad H_C(j\omega) = \frac{\dot{U}_C}{\dot{U}_1}, \quad H_L(j\omega) = \frac{\dot{U}_L}{\dot{U}_1}.$$

Результаты расчетов занесите в графу «Предварительный расчет» табл. 2.2.

Таблица 2.2

Предварительный расчет	Значение R	f_0	Q	$2\Delta f^*$	$f_{\max L}$	$f_{\max C}$	$ H_R(j\omega_0) $	$ H_C(j\omega_0) $	$ H_L(j\omega_0) $
	Ом	Гц	—	Гц	Гц	Гц	—	—	—
Результаты расчета на ПК	R								
	$0,55R$								
	$0,1R$								

2. Задание для моделирования на компьютере

2.1. Загрузите программу *FASTMEAN*, предварительно изучив описание работы с программой.

2.2. Постройте на экране дисплея схему последовательного колебательного контура, приведенную на рис. 2.1, задайте значения параметров элементов, пронумеруйте узлы.

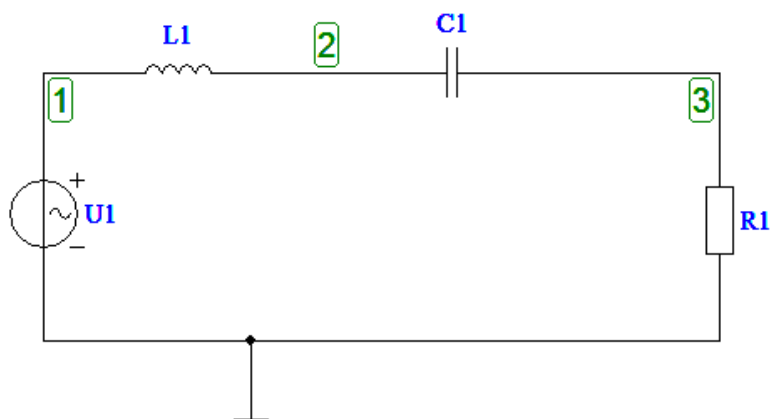


Рис. 2.1

2.3. Рассчитайте и исследуйте влияние величины сопротивления R на частотные характеристики цепи, рассматривая в качестве выходной величины напряжение на резистивном сопротивлении R :

$$|H_R(j\omega)| = \frac{U_R}{U_1}, \quad \theta_R(\omega) = \arg(H_R(j\omega))$$

в диапазоне частот $1 \text{ Гц} \leq f \leq 10 \text{ кГц}$. Для этого выберите в меню «Анализ» строку «Частотные характеристики» (рис. 2.2). Далее заполните таблицу анализа, как это показано на рис. 2.3.

Выберите начальную частоту 1 Гц, конечную частоту 10 кГц, число расчетных точек равным 1000, масштаб «линейный». Для изменения параметра R используйте опцию «параметр» в таблице «Частотные характеристики». В качестве начального значения R введите уменьшенное в 10 раз – $0,1R$, а в качестве конечного – заданное значение R (рис. 2.4). Установите число графиков равное трем. Вы получите семейство резонансных кривых (рис. 2.5). Сохраните получившиеся графики.

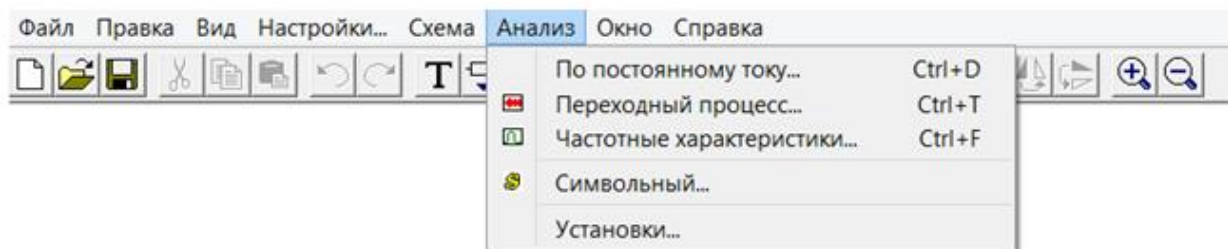


Рис. 2.2

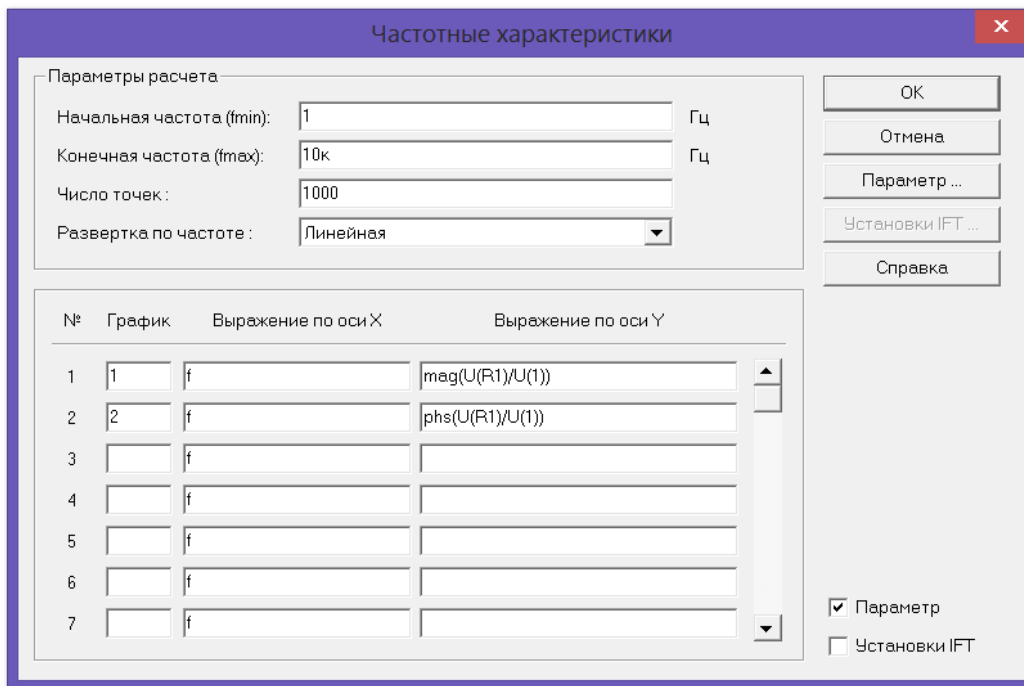
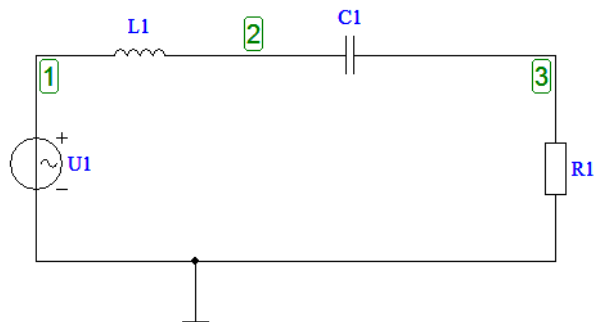


Рис. 2.3

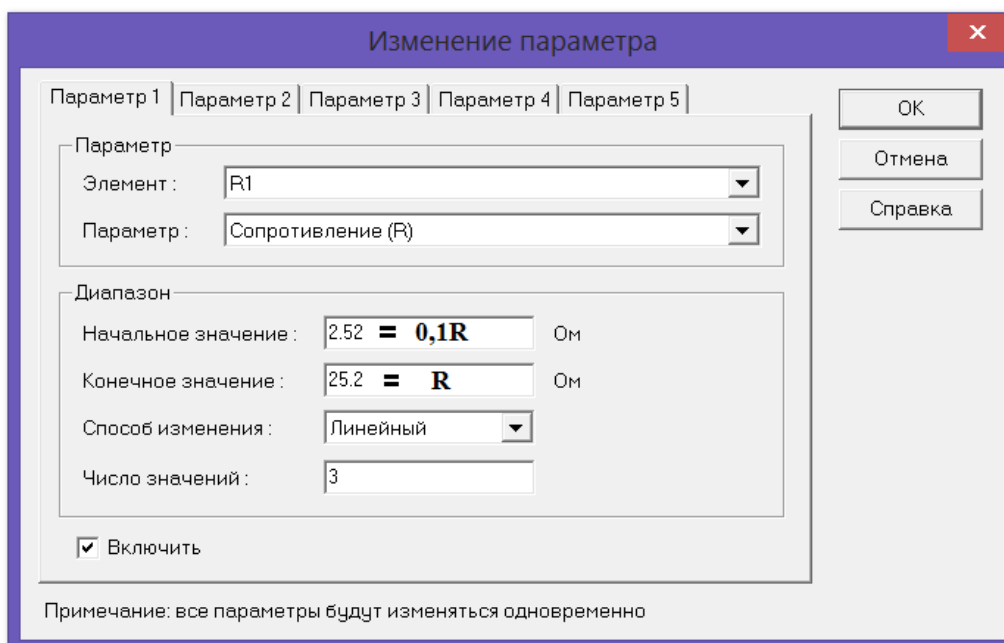


Рис. 2.4

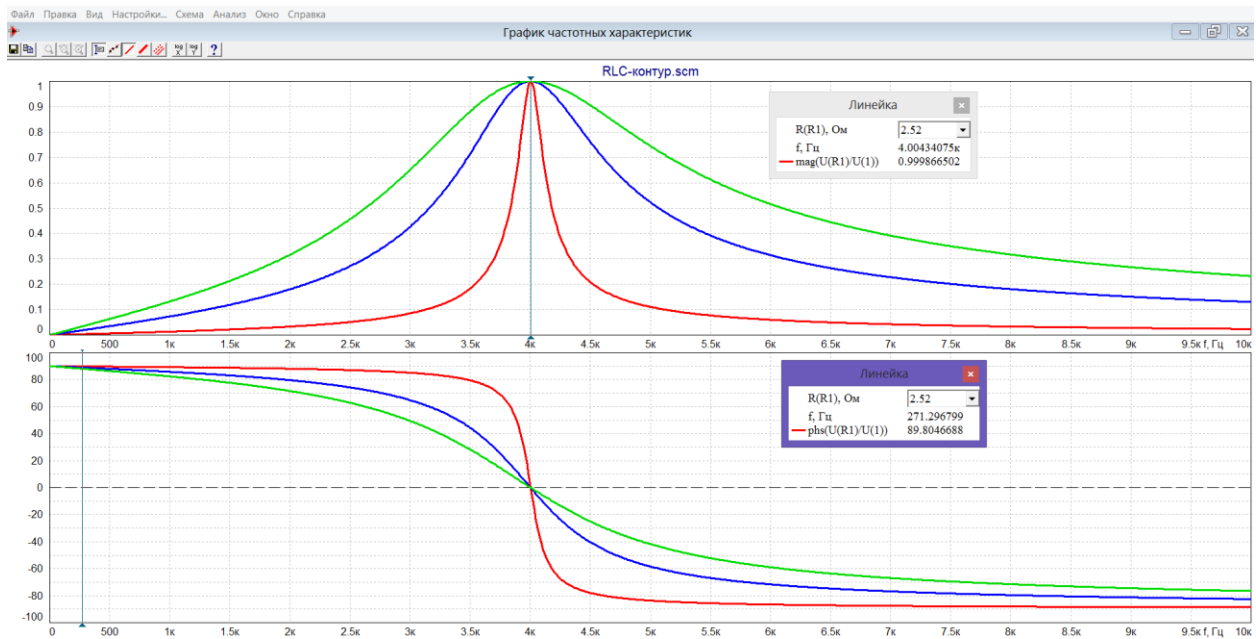



Рис. 2.5

2.4. Проведите детальный анализ частотных характеристик $|H_R(j\omega)|$ в узком диапазоне частот, включающем полосу пропускания, выделив часть графиков вблизи резонансной частоты (рис. 2.5). По полученным графикам, поочередно для каждого значения R (на рис. 2.6 показано, как изменить

значение R), с помощью электронной линейки  определите максимальное значение амплитудно-частотной характеристики $|H_R(j\omega)|_{\max} = |H_R(j\omega_0)|$, резонансную частоту f_0 , при которой $|H_R(j\omega)|$ максимально, и граничные частоты f_{-1} и f_1 полосы пропускания, при которых

$$|H_R(j\omega_{\text{ГП}})| = \frac{|H_R(j\omega)|_{\max}}{\sqrt{2}}.$$

Рассчитайте ширину полосы пропускания контура $2\Delta f^* = f_1 - f_{-1}$.

Полученные значения $|H_R(j\omega_0)|$, f_0 и $2\Delta f^*$ занесите в графу «Результаты расчета на ПК» табл. 2.2. Обратите внимание, что максимальные значения АЧХ на резонансной частоте $|H_R(j\omega_0)|$ не изменяется при различных значениях резистивного сопротивления R .

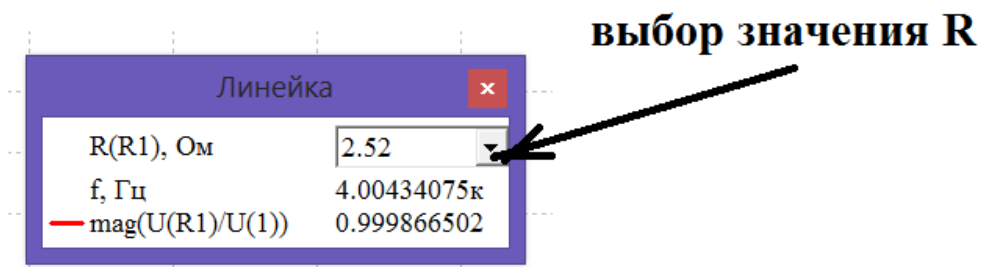


Рис. 2.6

2.5. Рассчитайте одновременно амплитудно-частотные характеристики цепи, используя в качестве выходных величин напряжения на индуктивности и на емкости:

$$|H_L(j\omega)| = \frac{U_L}{U_1}, \quad |H_C(j\omega)| = \frac{U_C}{U_1}$$

в диапазоне частот $1 \text{ Гц} \leq f \leq 10 \text{ кГц}$, выбрав число расчетных точек равным 1000. Сохраните полученные резонансные кривые. На рис. 2.7 показаны настройки для получения $|H_L(j\omega)|$, а на рис. 2.8 – для получения $|H_C(j\omega)|$. Настройки «параметр» не изменяются и остаются такими же (см. рис. 2.4).

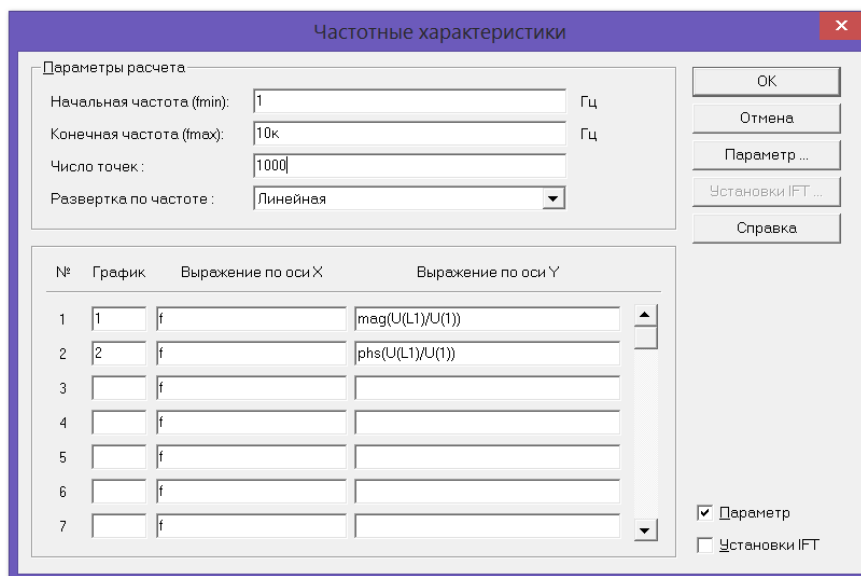


Рис. 2.7

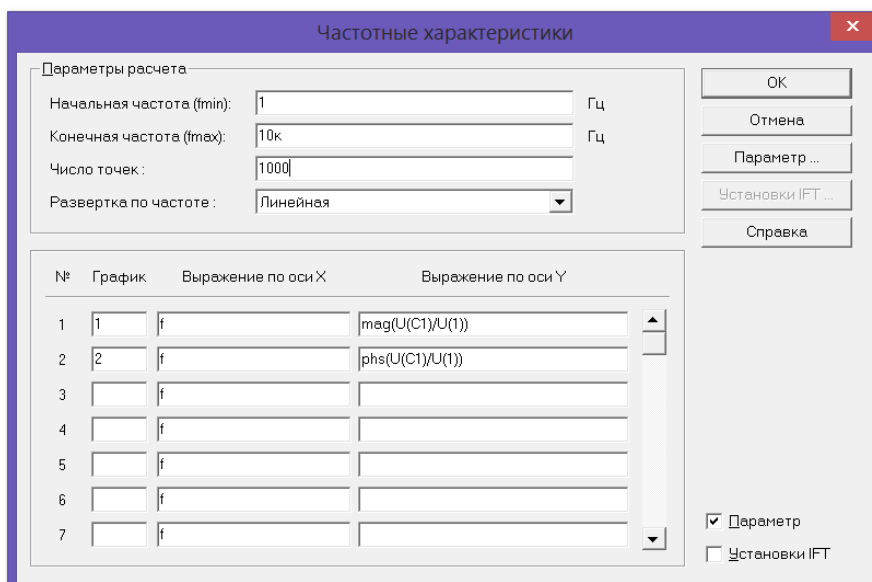


Рис. 2.8

2.6. Проведите детальный анализ частотных характеристик, выделив часть графиков вблизи резонансной частоты, и найдите по ним с помощью линейки частоты $f_{\max L}$ и $f_{\max C}$, при которых $|H_L(j\omega)|$ и $|H_C(j\omega)|$ принимают максимальные значения. Анализ проведите для трех значений R . Занесите значения $f_{\max L}$ и $f_{\max C}$ в графу «Результаты расчета на ПК» табл. 2.2.

2.7. Найдите резонансную частоту f_0 . С помощью линейки определите значения амплитудно-частотных характеристик $|H_L(j\omega_0)|$ и $|H_C(j\omega_0)|$ на резонансной частоте. Анализ проведите для трех значений R . Занесите значения $|H_L(j\omega_0)|$ и $|H_C(j\omega_0)|$ в табл. 2.2.

3. Указания по подготовке к защите

3.1. Оформите отчет по лабораторной работе, который должен содержать:

- схемы исследуемых цепей,
- расчетные формулы и таблицу 2.2 с результатами предварительного расчета и расчета на ПК,
- графики рассчитанных на ПК частотных характеристик,
- выводы.

3.2. Рассчитайте добротность контура $Q = \frac{f_0}{2\Delta f^*}$ для найденных по графикам $|H_R(j\omega)|$ величин f_0 , и $2\Delta f^*$ при трех значениях параметра резистивного сопротивления: заданного R , $0,1R$ и $0,55R$. Сделайте вывод о влиянии величины резистивного сопротивления на ширину полосы пропускания и добротность колебательного контура. Покажите на графиках $|H_R(j\omega)|$ полосы пропускания для трех значений параметра R .

3.3. На графиках $|H_L(j\omega)|$ и $|H_C(j\omega)|$, рассчитанных для параметра R , найдите и отметьте резонансную частоту f_0 , при которой $|H_L(j\omega_0)| = |H_C(j\omega_0)|$, частоты $f_{\max L}$ и $f_{\max C}$, а также соответствующие им значения $|H_L(j\omega)|_{\max}$ и $|H_C(j\omega)|_{\max}$.

3.4. Сравните графики амплитудно-частотных характеристик $|H_L(j\omega)|$ и $|H_C(j\omega)|$, рассчитанных при трех значениях резистивного сопротивления. Найдите по ним добротности из условия, что $|H_L(j\omega_0)| = |H_C(j\omega_0)| = Q$, и сравните их значения с найденными по графикам $|H_R(j\omega)|$.

3.5. Подготовьтесь к ответу на вопросы и решению типовых задач, отражающих основное содержание работы.

Контрольные вопросы

1. Что называется резонансом?
2. Что называется резонансной частотой, характеристическим сопротивлением, полосой пропускания, добротностью контура? Как сопротивление потерь контура влияет на эти величины?
3. Почему резонанс в последовательном контуре называют резонансом напряжений? Какими будут напряжения на элементах контура при резонансе?
4. Чему равно сопротивление последовательного контура при резонансе?
5. При каких значениях добротности Q колебательный контур считается высокодобротным?

6. В чем отличие амплитудно-частотных характеристик $|H_C(j\omega)| = \frac{U_C}{U_1}$

и $|H_L(j\omega)| = \frac{U_L}{U_1}$ последовательных колебательных RLC контуров низкой и высокой добротности?

7. Как ширина полосы пропускания контура зависит от его добротности?

Лабораторная работа № 3

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПЯХ ПЕРВОГО ПОРЯДКА с использованием программы FASTMEAN

1. Цель работы

Моделирование переходных процессов в цепях первого порядка с помощью программы FASTMEAN.

2. Задание на самостоятельную подготовку к работе

2.1. Изучите методы и результаты анализа переходных процессов в электрических цепях.

2.2. Рассчитайте и постройте кривые изменения напряжений $u_C(t)$ и $u_R(t)$ в RC-контуре (рис.3.2) для значений $R1$, $C1$, соответствующие вашему номеру варианта (табл.3.1). Данные расчета занесите в табл.3.2.

Для анализа переходного процесса при воздействии одиночного прямоугольного импульса удобно воспользоваться методом наложения, представив импульс суммой двух смещенных во времени скачков напряжения (рис.3.1), и записать искомую реакцию в следующем виде:

$$\begin{aligned} 0 \leq t \leq t_{и} \quad y_1(t) &= y(t) \\ t \geq t_{и} \quad y_2(t) &= y(t) - y(t - t_{и}), \end{aligned}$$

где $y(t)$ – реакция исследуемой цепи при воздействии постоянного напряжения. Для RC-цепи $y(t) = u_C(t)$ или $y(t) = u_R(t)$.

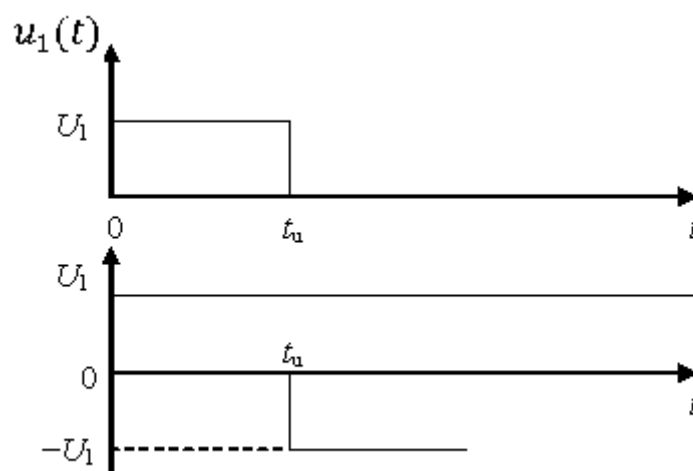


Рис. 3.1

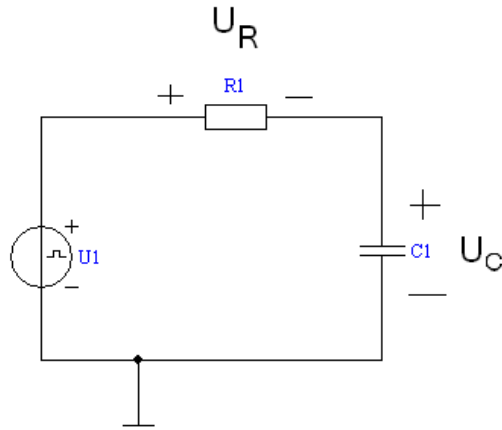


Рис.3.2

При включении RC -цепи на постоянное напряжение U_1 напряжение на емкости:

$$u_C(t) = U_1(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}),$$

где $\tau = RC$ – постоянная времени цепи.

Следовательно, при воздействии прямоугольного импульса

$$u_C(t) = U_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad \text{при } 0 \leq t \leq t_{\text{и}} ; \tag{3.1}$$

$$u_C(t) = U_1 \left(1 - e^{-\frac{t_{\text{и}}}{\tau}}\right) \cdot e^{-\frac{(t-t_{\text{и}})}{\tau}} \quad \text{при } t \geq t_{\text{и}} .$$

Выражение для тока $i(t)$ и напряжения на резистивном сопротивлении $u_R(t)$ легко получить из (3.1) простым дифференцированием:

$$i(t) = C \frac{du_C(t)}{dt}, u_R(t) = i(t) \cdot R. \tag{3.2}$$

Предварительные расчет к лабораторной работе может быть выполнен с использованием Mathcad. Ниже приведен пример расчета с использованием данного пакета:

длительность прямоугольного импульса $t_{imp} := 150 \cdot 10^{-6}$

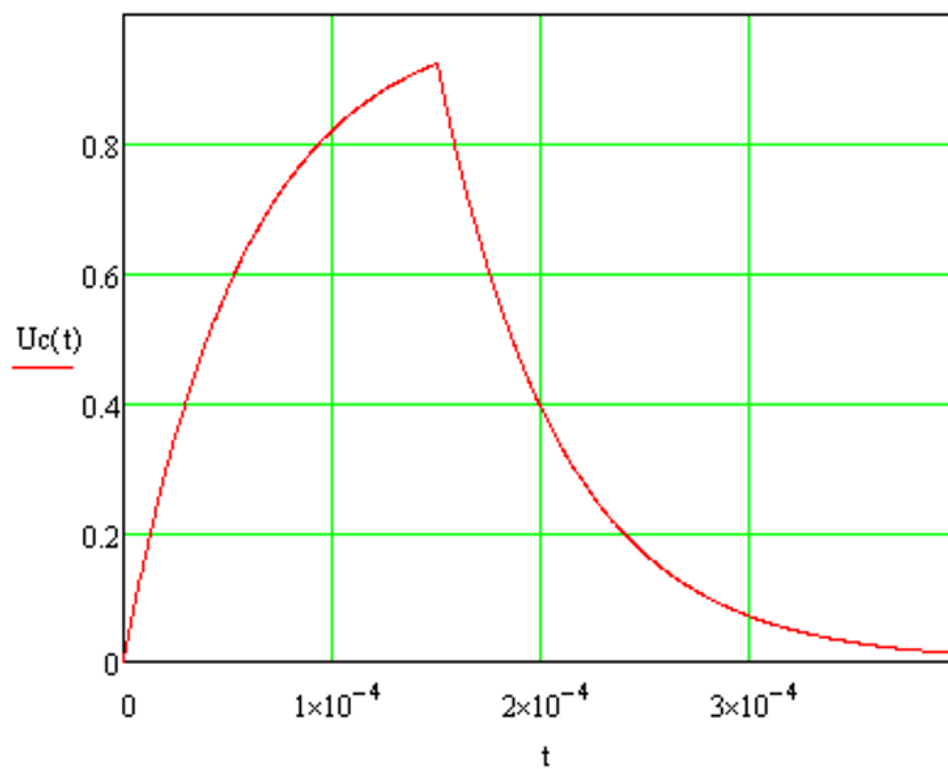
$$R := 232$$

$$C := 0.25 \cdot 10^{-6}$$

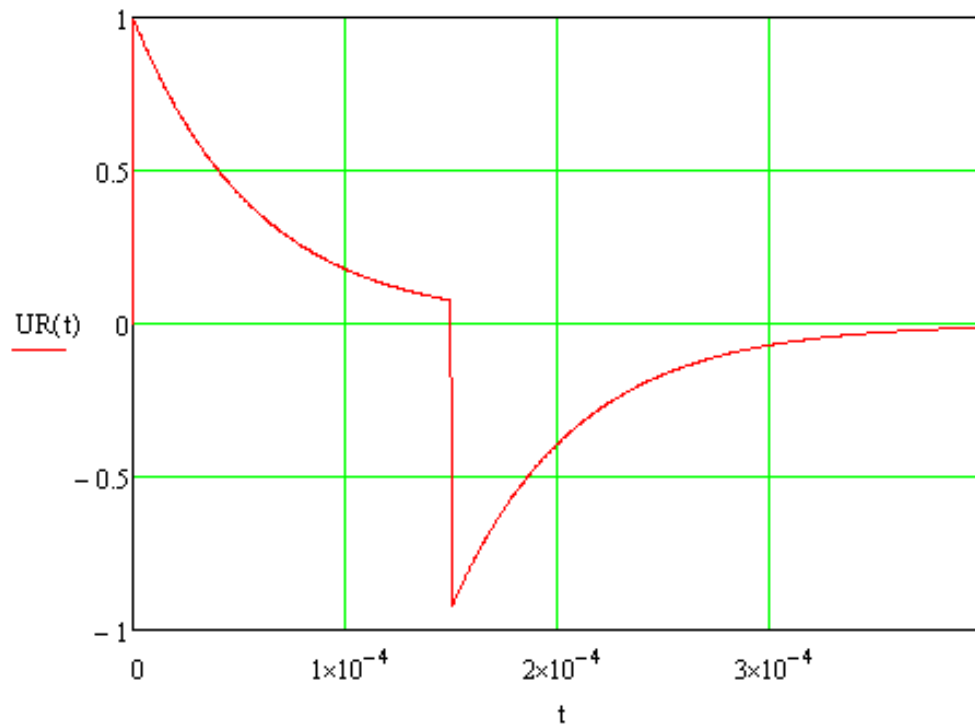
постоянная времени цепи $\tau := R \cdot C = 5.8 \times 10^{-5}$

$$U_0 := 1$$

$$U_c(t) := \begin{cases} U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \\ U_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t_{imp}}{\tau}}\right) \cdot e^{-\frac{t-t_{imp}}{\tau}} & \text{if } t > t_{imp} \end{cases}$$



$$UR(t) := C \cdot R \cdot \left(\frac{d}{dt} U_C(t) \right)$$



t := 0,30 · 10⁻⁶ .. timp

UR(t) := 1 - Uc(t)

t =

Uc(t) =

UR(t) =

0
3 · 10 ⁻⁵
6 · 10 ⁻⁵
9 · 10 ⁻⁵
1.2 · 10 ⁻⁴
1.5 · 10 ⁻⁴

0
0.404
0.645
0.788
0.874
0.925

1
0.596
0.355
0.212
0.126
0.075

$$t := \text{timp}, \left(\text{timp} + \frac{\text{timp}}{5} \right) .. 5 \cdot \text{timp}$$

$$UR(t) := -Uc(t)$$

t =	Uc(t) =	UR(t) =
1.5·10 ⁻⁴	0.925	-0.925
1.8·10 ⁻⁴	0.551	-0.551
2.1·10 ⁻⁴	0.329	-0.329
2.4·10 ⁻⁴	0.196	-0.196
2.7·10 ⁻⁴	0.117	-0.117
3·10 ⁻⁴	0.07	-0.07
3.3·10 ⁻⁴	0.042	-0.042
3.6·10 ⁻⁴	0.025	-0.025
3.9·10 ⁻⁴	0.015	-0.015
4.2·10 ⁻⁴	8.796·10 ⁻³	-8.796·10 ⁻³
4.5·10 ⁻⁴	5.244·10 ⁻³	-5.244·10 ⁻³
4.8·10 ⁻⁴	3.126·10 ⁻³	-3.126·10 ⁻³
5.1·10 ⁻⁴	1.864·10 ⁻³	-1.864·10 ⁻³
5.4·10 ⁻⁴	1.111·10 ⁻³	-1.111·10 ⁻³
5.7·10 ⁻⁴	6.624·10 ⁻⁴	-6.624·10 ⁻⁴
...

Кривые $u_C(t)$ и $u_R(t)$ при воздействии прямоугольного импульса напряжения на цепь приведены на рис. 3.3.

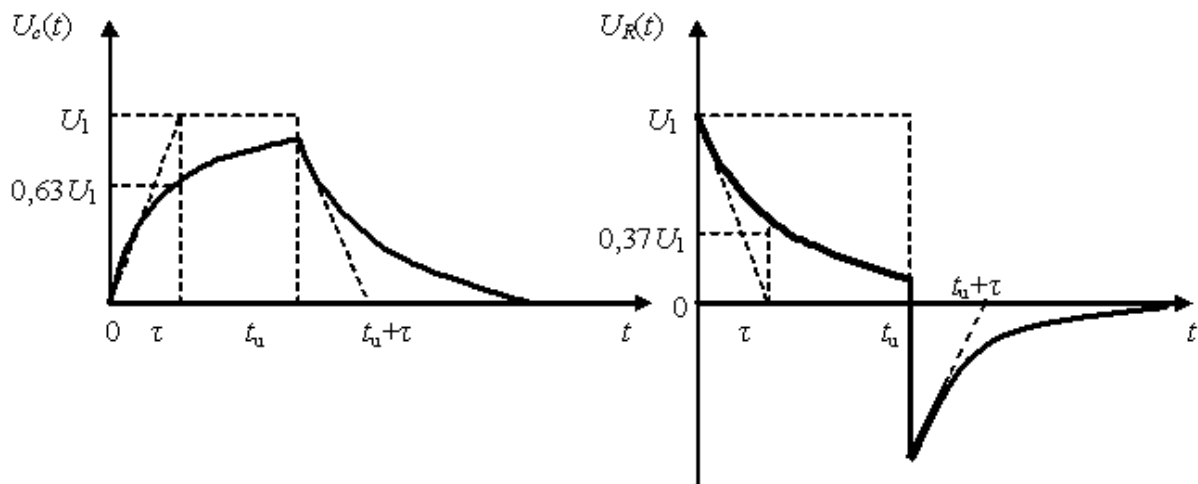


Рис.3.3

В интервале времени $0 \leq t \leq t_{и}$ емкость заряжается и напряжение $u_C(t)$ растет. В свободном режиме $t > t_{и}$ происходит разряд емкости, и напряжение $u_C(t)$ убывает. При этом ток $i(t)$, а значит, и напряжение $u_R(t)$ имеет скачки при $t = 0$ и $t = t_{и}$. На графиках (рис.3.3) видно, что направление тока при заряде емкости и при ее разряде – противоположны.

Длительность разряда (переходного процесса) зависит от постоянной времени и практически определяется интервалом времени $(3-5) \tau$.

Постоянная времени легко определяется графически по любой реакции, характеризующей переходный процесс. Численно она равна длине подкасательной или определяется на уровне $0,63 U_1$ по кривой $u_C(t)$ или на уровне $0,37 U_1$ по кривой $u_R(t)$ (рис. 3.3).

2.3. Используя приведенные соотношения и данные табл. 3.1 для своего номера варианта, рассчитайте постоянную времени цепи для шести комбинаций R и C и заполните табл. 3.3.

Таблица 3.1

Значения параметров RC цепи

Номер варианта	$t_{и}$, мкс	$R1$, Ом	$R2$, Ом	$C1$, мкФ	$C2$, мкФ	$C3$, мкФ
1	200	200	500	0,10	0,2	0,3
2	220	300	600	0,08	0,16	0,24
3	200	250	500	0,12	0,24	0,36
4	240	200	500	0,11	0,22	0,33
5	220	200	300	0,2	0,4	0,6
6	260	300	500	0,09	0,18	0,27
7	240	200	450	0,13	0,26	0,39
8	220	250	400	0,14	0,28	0,42
9	200	200	400	0,15	0,3	0,45
10	220	100	300	0,16	0,32	0,48
11	200	150	250	0,17	0,34	0,51
12	200	150	300	0,18	0,36	0,54
13	240	200	300	0,19	0,38	0,57

Таблица 3.2

Результаты предварительного расчета для RC-контура

$0 \leq t \leq t_n$					$t \geq t_n$				
$\frac{t}{\tau}$	t , мкс	$e^{-\frac{t}{\tau}}$	$u_{C_1}(t)$, В	$u_{R_1}(t)$, В	$\frac{(t-t_n)}{\tau}$	t , мкс	$e^{-\frac{(t-t_n)}{\tau}}$	$u_{C_1}(t)$, В	$u_{R_1}(t)$, В
0					0	t_n			
0,67					0,67				
1,00					1,00				
1,33					1,33				
2,00					2,40				
2,40					3,00				
$\frac{t}{\tau}$	t_n				5,00				

Таблица 3.3

Таблица результатов расчета и анализа на ПК для RC-контура

Задано		$R1=$ Ом			$R2=$ Ом		
		$C1=$	$C2=$	$C3=$	$C1=$	$C2=$	$C3=$
		мкФ	мкФ	мкФ	мкФ	мкФ	мкФ
Получено							
результаты расчета	τ , мкс						
результаты анализа на ПК	τ , мкс						

3. Задание по моделированию на компьютере

3.1. Загрузите программу FASTMEAN.

3.2. Постройте на экране дисплея схему последовательного RC -контура, показанного на рис. 3.2.

Ко входу контура подсоедините источник напряжения. Смоделируйте источник прямоугольных импульсов с длительностью импульса $t_{и}$ в соответствии со своим номером варианта (см. табл. 3.1).

Задайте следующие параметры источника напряжения:

«Тип источника» – меандр

«Частота (f)» – 1 кГц

«Коэффициент заполнения (K)» – $\frac{t_{и} \text{ (взять значение в мкс)}}{10}$ (ввести получившееся значение, например, $t_{и} = 220$ мкс, коэффициент заполнения - 22) %

«Макс.напряжение (U_{max})» – 1 В


«Мин.напряжение (U_{min})» – 0 В

«Длительность фронта (t_{fr})» – 1 нс

«Задержка включение ($delay$)» – 0 пер

3.3. Задайте значения параметров пассивных элементов RC -контура в соответствии со своим номером варианта, пользуясь табл. 3.1. В качестве начальных параметров элементов выберите значения $R=R1$ и $C=C1$.



Пронумеруйте узлы, нажав кнопку  в меню. Постройте графики напряжений, для этого выберите в меню «Анализ» → «Переходный процесс».

Выведите сначала на дисплей графики входного напряжения и напряжения на емкости (рис.3.4). Конечное время (t_{max}) в меню «Переходный процесс» возьмите равным 400 мкс, шаг расчета $t_{max}/1000$.

Для изменения параметра C используйте опцию «параметр» в меню «Переходный процесс». В качестве начального значения C введите значение $C1$, а в качестве конечного – заданное значение $C3$. Установите число графиков равное трем (рис. 3.4).

По графикам напряжения на емкости при помощи электронной линейки определите значение постоянной времени цепи τ на уровне 0,63 для трех значений емкости (рис. 3.5).

Измеренные значения τ запишите в табл. 3.3.

Далее постройте графики входного напряжения и напряжения на сопротивлении, заполнив таблицы анализа, как это показано на рис. 3.6.

Графики напряжений будут иметь вид, как это показано на рис. 3.7. Сохраните их для отчета.

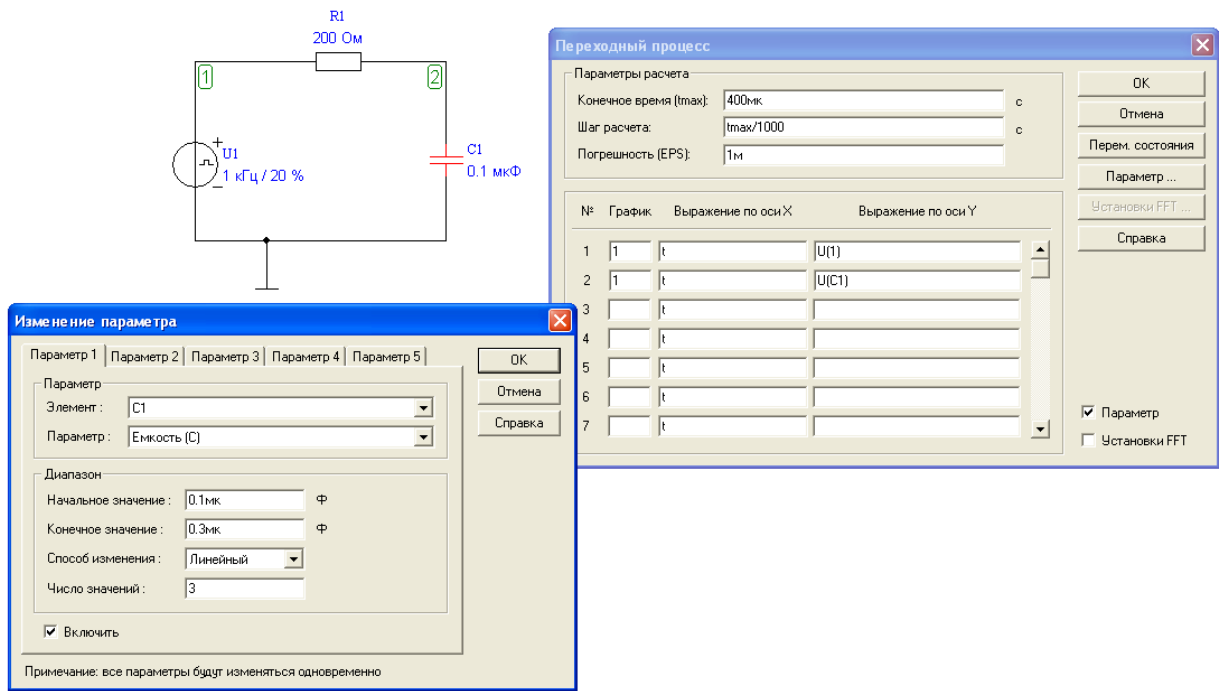


Рис. 3.4

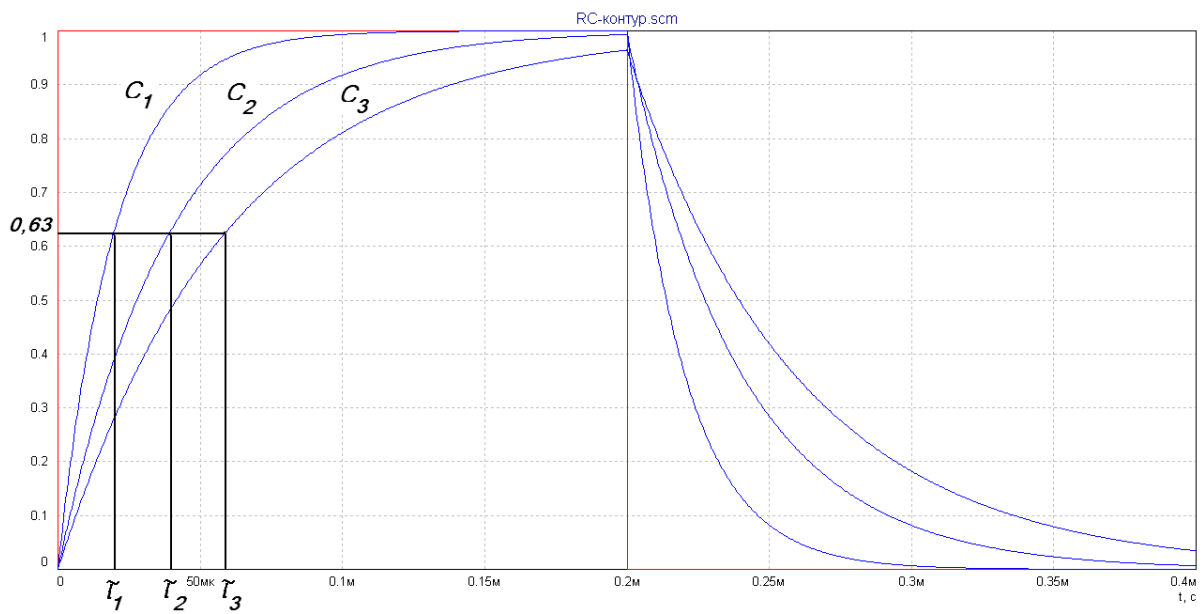


Рис. 3.5

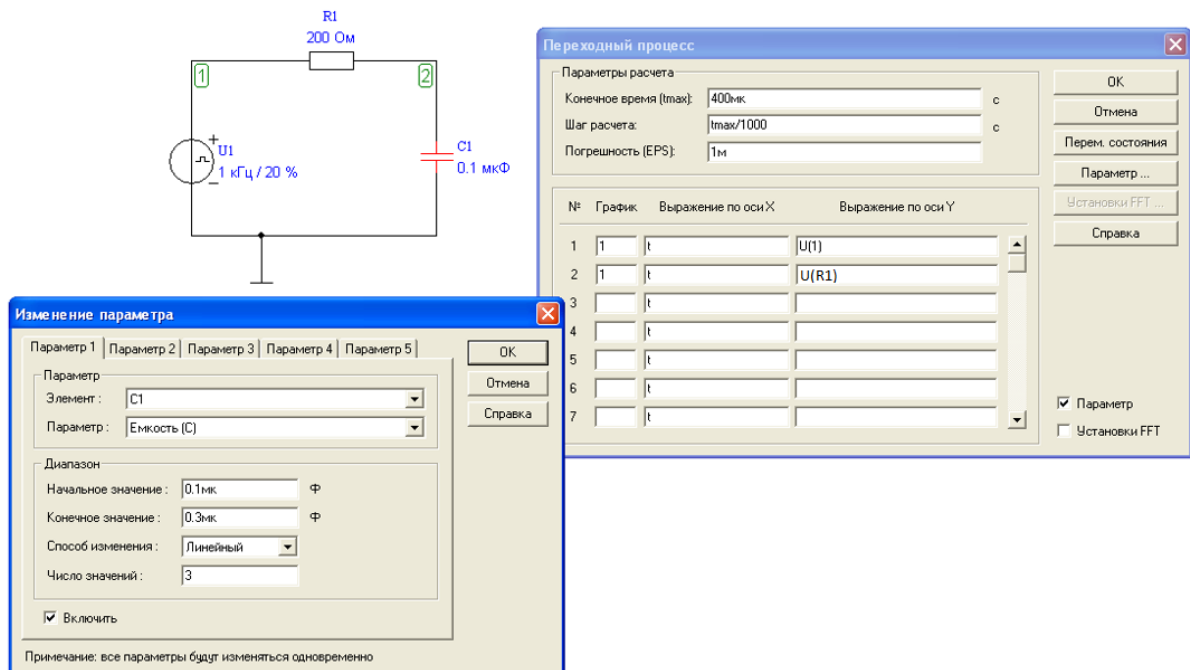


Рис. 3.6

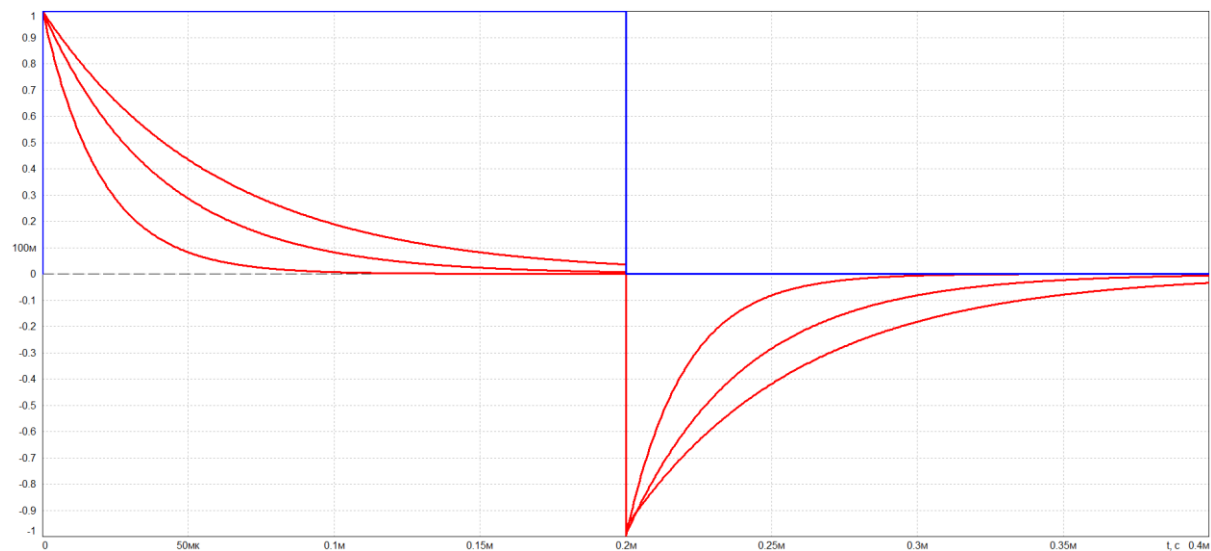


Рис. 3.7

3.4. Повторите измерения для $R2$ и трех значений емкости из табл. 3.1. Результаты измерений τ запишите в табл. 3.3.

4. Указания к защите

4.1. Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- схемы исследуемых цепей;
- результаты предварительного расчета в виде графиков зависимостей напряжений $u_C(t)$ и $u_R(t)$, построенные по данным, приведенным в табл. 3.2;

- графики рассчитанных на ПК временных зависимостей напряжений $u_C(t)$ и $u_R(t)$ для последовательного RC -контура;
 - заполненные таблицы 3.2; 3.3;
 - выводы о влиянии величин R и C на длительность переходного процесса в RC -контуре.
- 4.2. Подготовьтесь к ответам на вопросы и решению типовых задач.

Контрольные вопросы

1. Что такое переходный процесс? В каких цепях он возникает и почему?
2. Назовите причины возникновения переходных колебаний.
3. При каком условии переходный процесс называют свободным?
4. Сформулируйте законы коммутации.
5. Что называется постоянной времени цепи?
6. Как графически найти постоянную времени цепи?
7. Как практически оценивается время переходного процесса?
8. Как влияют изменения параметров R и C на переходный процесс в последовательной цепи?