

УДК 621.38

Методические материалы к лабораторным работам по курсу «Теория линейных схем» / Сост.: А.Ю. Липинский, А.Н. Рудякова. – Донецк: ДонНУ, 2011. – 36 с.

Приведены краткие теоретические сведения, а также указания по ходу выполнения и требуемой отчетности лабораторных работ по курсу «Теория линейных схем» для студентов специальности «Радиофизика и электроника».

Составители: А.Ю. Липинский, доцент
 А.Н. Рудякова, доцент

Рекомендовано к изданию
Ученым советом физического факультета ДонНУ
(протокол №10 от 24 июня 2011 г.)

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Исследование элементов электрических цепей.....	2
Лабораторная работа №2. Исследование переходных процессов	8
Лабораторная работа №3. Свободные колебания в последовательном LCR-контуре	12
Лабораторная работа №4. Переходные характеристики электрических цепей	18
Лабораторная работа №5. Частотные характеристики элементов последовательного колебательного контура	22
Лабораторная работа №6. Частотные характеристики параллельного колебательного контура.....	29
Вопросы к зачету	35

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ»

Цель

1. Анализ вольтамперных характеристик пассивных двухполюсников резистивного типа.
2. Анализ характеристик управляемых источников энергии.
3. Анализ процессов в конденсаторе и катушке индуктивности.

Исследуемые элементы

Источники постоянной ЭДС
Источники постоянного тока
Источники гармонической ЭДС
Источники гармонического тока
Источник ЭДС, управляемый напряжением
Источник тока, управляемый напряжением
Источник ЭДС, управляемый током
Источник тока, управляемый током
Резисторы
Конденсаторы
Катушки индуктивности
Блок конденсатора с неизвестной емкостью
Блок катушки с неизвестной индуктивностью

Приборы и вспомогательные элементы

Амперметры
Вольтметры
Осциллограф
Блок ваттметра
Ключи, управляемые с клавиатуры
Блок источника ЭДС с заданной формой выходного напряжения
Блоки источников тока с заданной формой выходного тока
Умножитель напряжений

Краткие сведения из теории

Элементы электрической цепи можно разделить на элементы, генерирующие энергию (источники питания, активные элементы), элементы, преобразующие электромагнитную энергию в другие формы энергии (резистивные элементы), и элементы, запаасающие и отдающие энергию (реактивные элементы). Свойства первых двух групп элементов можно описывать зависимостями тока через них от напряжения (вольтамперными характеристиками). Исследовать их свойства можно, применяя сигналы, не изменяющиеся во времени. Токи и напряжения в реактивных элементах связаны интегро-дифференциальными зависимостями, и для исследования их свойств необходимо генерировать изменяющиеся во времени сигналы.

Независимые идеальные источники питания

Простейшими источниками питания в электротехнике являются идеальные источники тока и напряжения. Они имеют бесконечно большую мощность. Свойства и обозначения основных типов идеальных источников (активных двухполюсников), используемых в электротехнике и имеющихся в Workbench, приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Обозначения и свойства двухполюсных идеальных источников питания

Типы источников	Ток	Напряжение	Обозначения		
			Российский стандарт	Стандарт США (применяется в Workbench)	Немецкий стандарт (применяется в Workbench)
Идеальный источник постоянной ЭДС	зависит от нагрузки	неизменное			

коэффициентом передачи четырехполюсника в соответствии с табл. 1.2.

Резистор

Вольтамперная характеристика линейного резистора выражается законом Ома, который и является для этого элемента компонентным уравнением (табл. 1.3.).

Неидеальный источник напряжения.

Этот источник напряжения представляет собой блок, который составляется из двух описанных элементов: идеального источника ЭДС и последовательно с ним включенного резистора (рис. 1.1-а).

Неидеальный источник тока.

характериографа. Характеристика первого сопротивления снимается при запуске программы вычислений, второго - при переключении ключа Space. Вычислите значения сопротивлений по вольтамперным характеристикам.

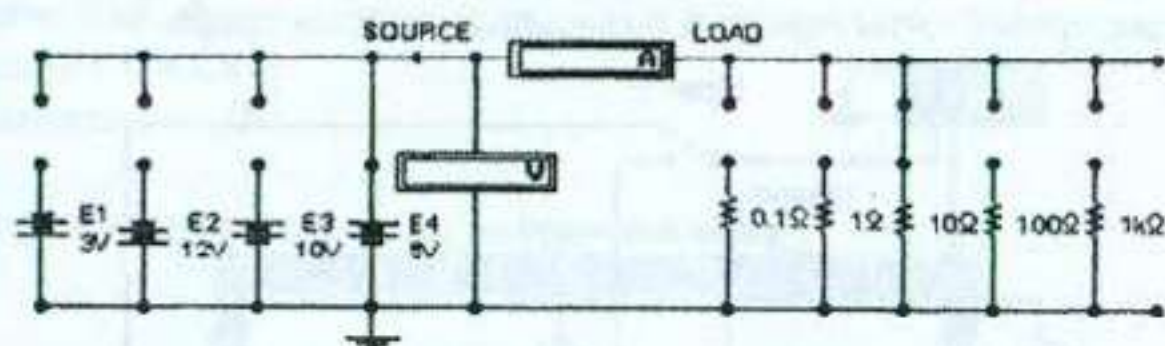


Рис. 1.2

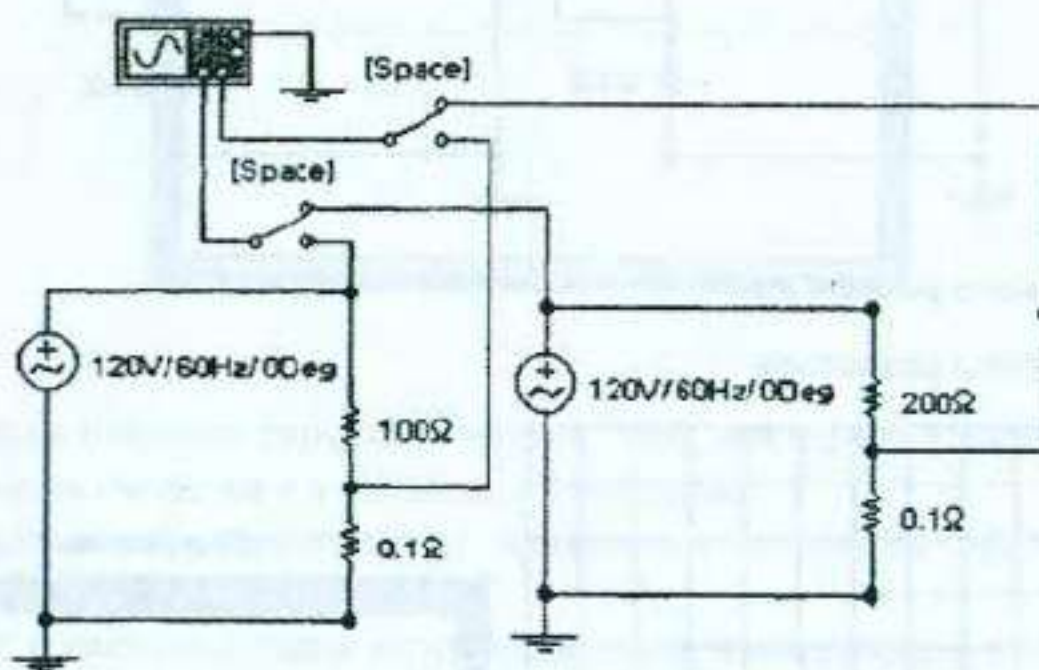


Рис. 1.3

Эксперимент 2. Исследование процессов в катушке индуктивности.

Соотношения между током, и напряжением в катушке индуктивности исследуются при подаче последовательности разнополярных прямоугольных импульсов напряжения.

Откройте файл lab_1_2.ewb (рис. 1.4). Получите осциллограммы тока и напряжения на катушке индуктивности. Зарисуйте их в разделе "Результаты экспериментов". Из осциллограмм определите величину индуктивности, используя формулы из табл. 1.4.

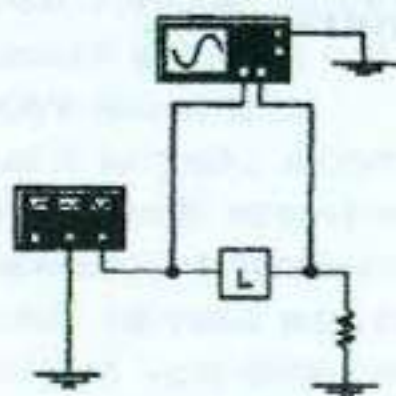


Рис. 1.4

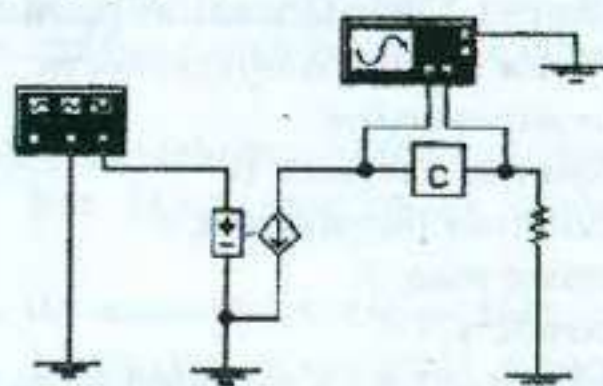


Рис. 1.5

Эксперимент 3. Исследование процессов в конденсаторе.

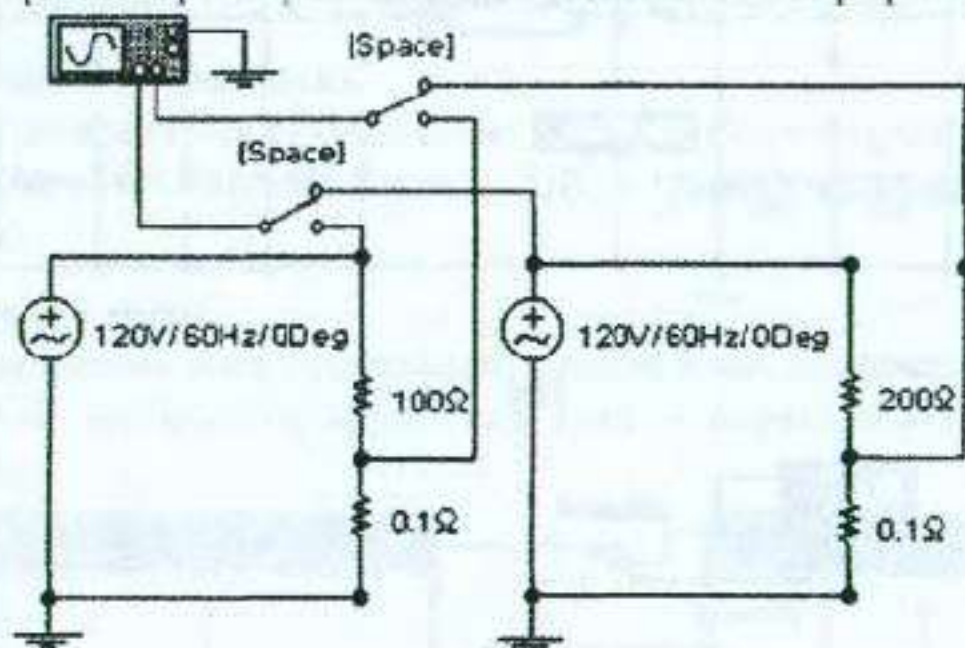
Соотношения между током и напряжением в конденсаторе исследуются при подаче последовательности разнополярных прямоугольных импульсов тока.

Откройте файл lab_1_3.ewb (рис. 1.5). Получите осциллограммы тока и напряжения на конденсаторе. Зарисуйте их в разделе "Результаты экспериментов". Из осциллограмм определите величину емкости конденсатора, используя формулы из табл. 1.4.

Результаты экспериментов

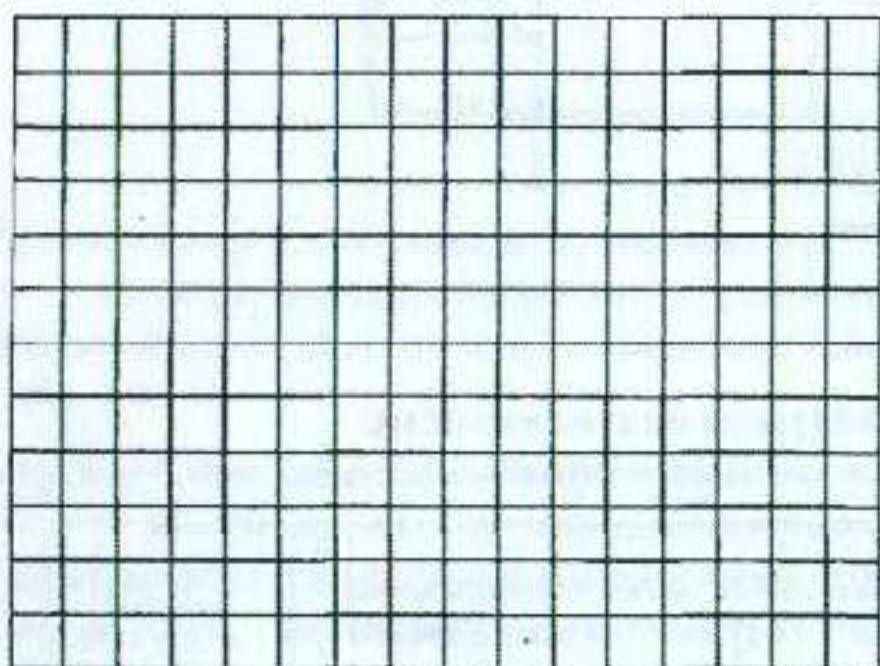
Эксперимент 1. Вольтамперные характеристики резисторов.

а). Снятие вольтамперных характеристик с помощью осциллографа

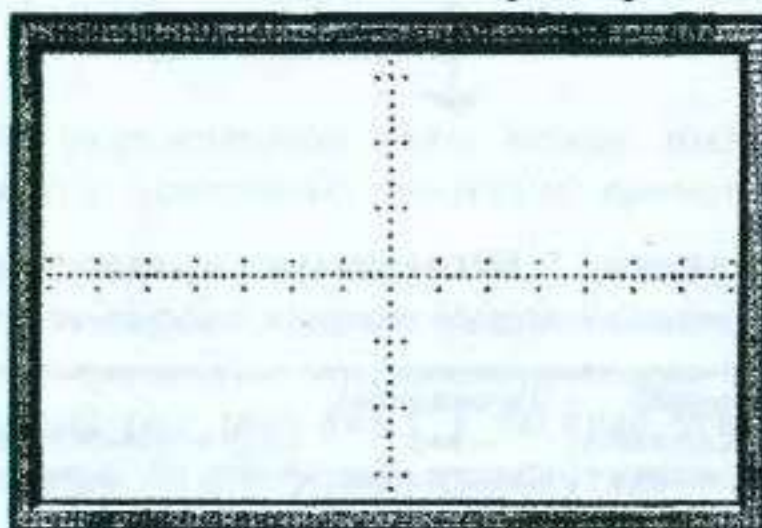


Сопротивление первого резистора

Сопротивление второго резистора



Семейство характеристик



Эксперимент 2. Исследование процессов в катушке индуктивности.

Формула для расчета индуктивности:

Значения параметров:

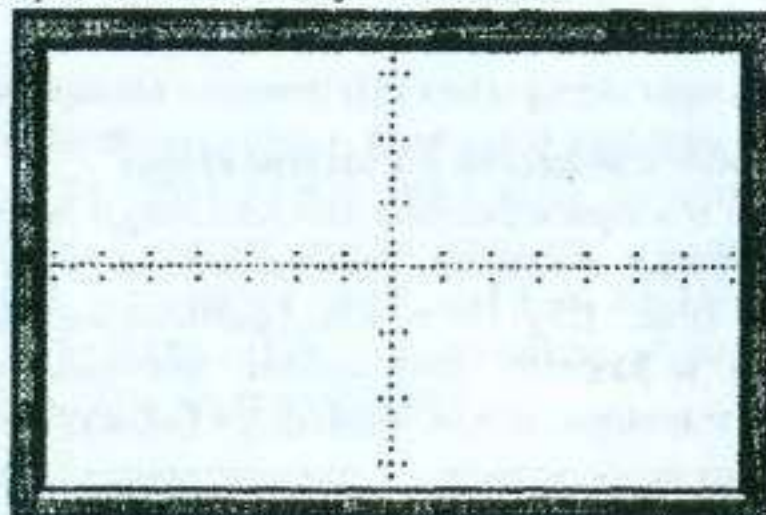
Напряжение на катушке, В

Время действия напряжения, с

Приращение тока, А

Индуктивность, Гн

Осциллограмма тока и напряжения на индуктивности:



Эксперимент 3. Исследование процессов в конденсаторе.

Формула для расчета индуктивности

Значения параметров

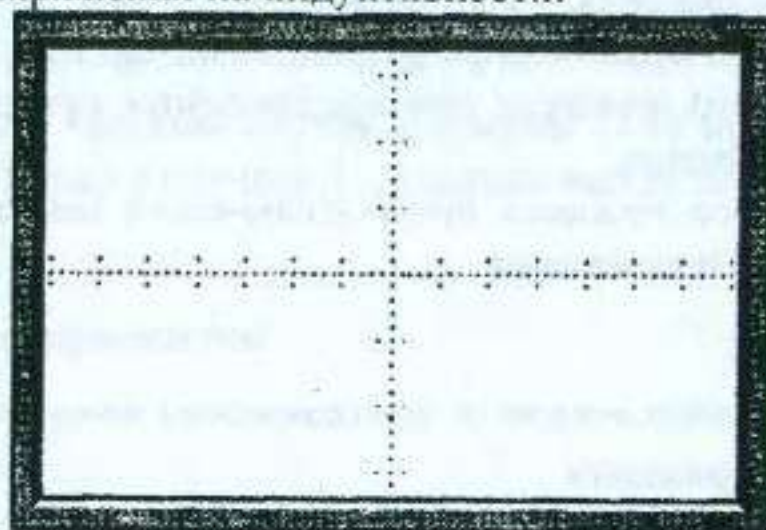
Ток через конденсатор, А

Время прохождения тока, с

Приращения напряжения, В

Емкость, Ф

Осциллограмма тока и напряжения на индуктивности:



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В LR- И RC-ЦЕПЯХ»

Цель

1. Исследование переходного процесса при подключении конденсатора к неидеальному источнику постоянного напряжения.
2. Исследование переходного процесса при разряде конденсатора на сопротивление.
3. Исследование переходного процесса при подключении катушки индуктивности с начальным током на сопротивление.
4. Исследование переходного процесса при подключении конденсатора к неидеальному источнику синусоидального напряжения.

Приборы и элементы

$U_L(0+)$ и постоянную времени τ . Сравните их с расчетными значениями.

Эксперимент 4. Подключение катушки индуктивности с начальным током к резистору

Рассчитайте временные зависимости тока через катушку $i_L(t)$ и напряжения на ней $u_L(t)$ при закорачивании RL-цепи переключением ключа [Space].

Получите осциллограммы $i_L(t)$ и $u_L(t)$. По осциллограммам определите $I_L(0)$, $U_L(0+)$ и постоянную времени τ . Сравните их с расчетными значениями. $U_L(0+)$ - напряжение на катушке непосредственно после коммутации. (Смотри примечание к эксперименту 1).

Эксперимент 3. Подключение катушки индуктивности к идеальному источнику постоянной ЭДС

Исходные данные:

Начальный ток I_{L0}

Сопротивление R

Индуктивность L

Значение начального тока I_{L0}

Значение начального напряжения $U_{L0}(0+)$

<

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ LCR-КОНТУРЕ»

Цель

1. Исследование процесса разряда конденсатора на катушку индуктивности при отсутствии потерь в контуре.
2. Исследование процесса разряда конденсатора на катушку индуктивности при высокой добротности контура (колебательный разряд).
3. Исследование процесса разряда конденсатора на катушку индуктивности при низкой добротности контура (апериодический разряд).

Приборы и элементы

Осциллограф
Р

$$p_{1,2} = -\delta \pm j\sqrt{\delta^2 - \omega_0^2} = -\delta \pm j\omega_{CB}. \quad (3.5)$$

где $\omega_{CB} = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ - частота свободных колебаний, $T_{CB} = 2\pi/\omega_{CB}$ - период свободных колебаний, $\delta = R/2L$, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$.

Решение уравнения (3.4):

$$i(t) = \frac{-U_{C0}}{\omega_{CB}L} e^{-\delta t} \sin \omega_{CB} t. \quad (3.6)$$

Напряжение на конденсаторе

с ЭДС, равной начальному напряжению на конденсаторе (нижняя схема). Зарисуйте полученные осциллограммы на экране осциллографа в разделе "Результаты экспериментов". Сравните осциллограммы тока для обоих случаев. Вычислите постоянную времени $1/\rho_1$ и сравните ее с постоянной времени L/R для нижней схемы, отметьте положение соответствующего корня характеристического уравнения на комплексной плоскости.

Получите осциллограммы тока $i_C(t)$ конденсатора при его разряде на RL -цепь и на резистор с сопротивлением R (правая схема). Зарисуйте их на том же экране осциллографа в разделе "Результаты экспериментов". Сравните осциллограммы тока для всех трех схем. Вычислите постоянную времени $1/\rho_2$ и сравните ее с постоянной времени RC правой схемы, отметьте положение соответствующего корня характеристического уравнения на комплексной плоскости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 «ПЕРЕХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ»

Цель

1. Исследование воздействия перепада напряжения на последовательный колебательный контур.
2. Исследование воздействия перепада тока на параллельный колебательный контур.

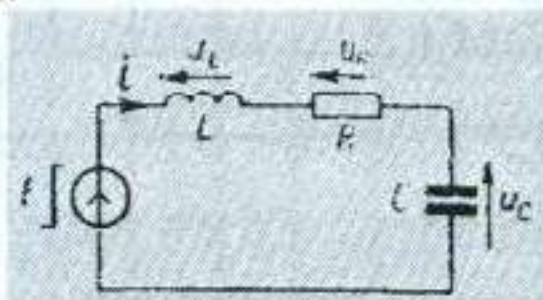
Приборы и элементы

Осциллограф
Реле времени
Источники постоянной ЭДС
Источники постоянного тока
Источники ЭДС, управляемые током
Резисторы
Конденсаторы
Катушки индуктивности

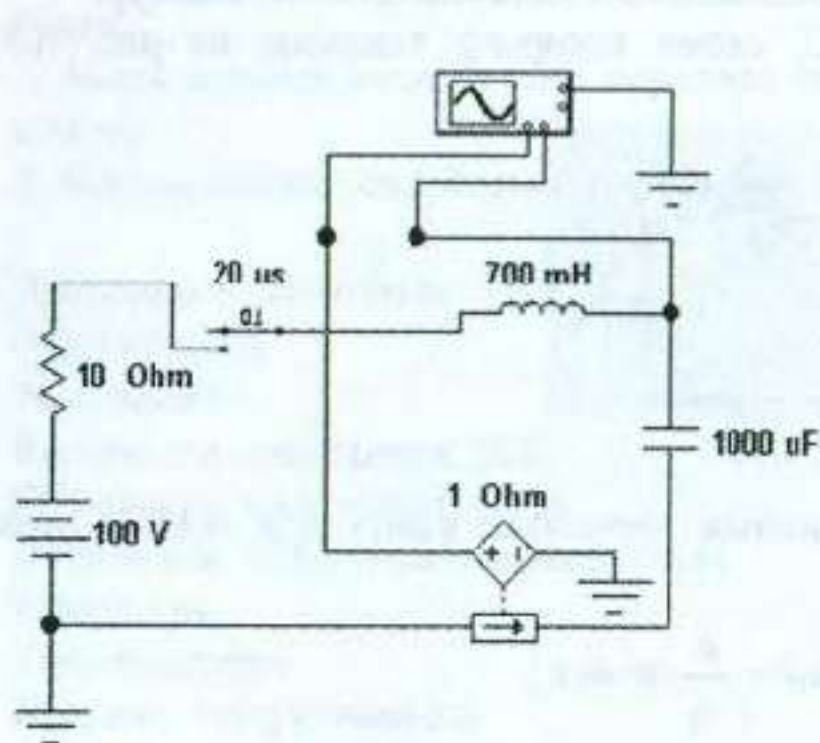
Функции вида (4.1) и (4.2) называют, соответственно, *единичным перепадом напряжения* и *единичным перепадом тока*. Иногда применяют термин «*единичное ступенчатое воздействие напряжения (тока)*». Для обозначения этих функций используют также символ $I(t)$.

Воздействие перепада напряжения на последовательный колебательный контур

Пусть на последовательный контур RLC , схема которого показана на рис. 4.1, воздействует перепад напряжения.

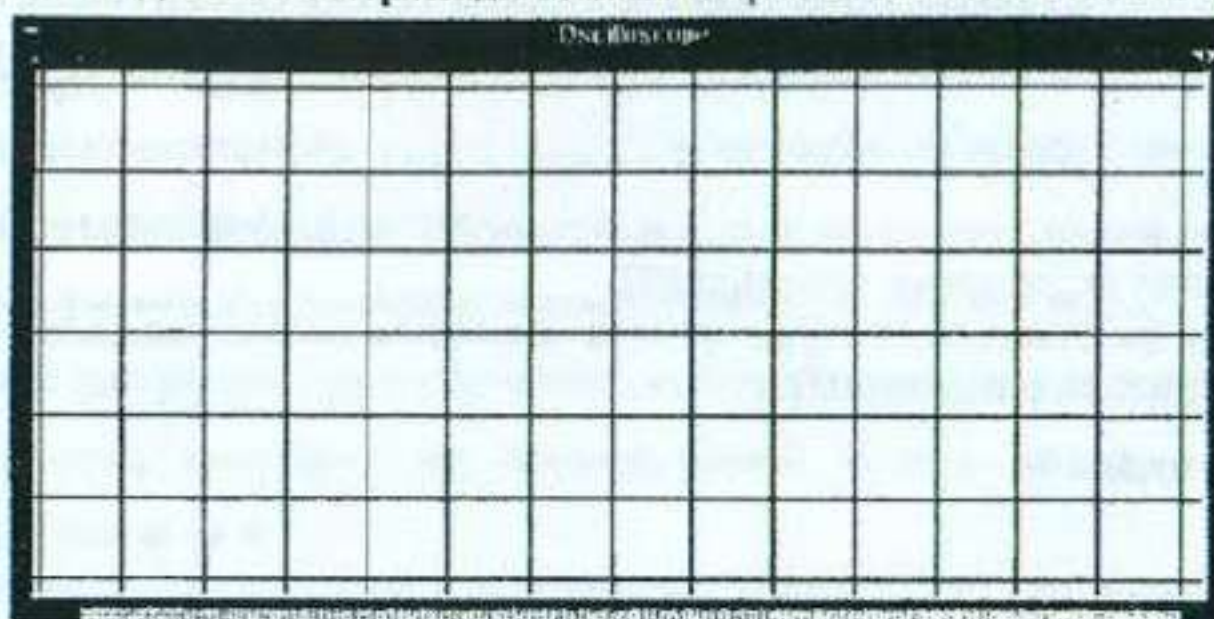


конденсаторе $u_C(t)$ и тока $i_C(t)$ через него при срабатывании реле времени, а также рассчитайте величины ω_{CB} и δ . Получите осциллограммы $u_C(t)$ и $i_C(t)$, зарисуйте их на экране осциллографа в разделе "Результаты экспериментов". По осциллограммам определите величины T_{CB} и δ , сравните их с расчетными значениями.



Максимальное значение тока i_C

Эксперимент 2. Воздействие перепада тока на параллельный колебательный контур.



Индуктивность L

Емкость C

Затухание δ

Част

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

«ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА»

Цель

1. Исследование амплитудно-частотных характеристик элементов последовательного колебательного контура (резонанс напряжений).
2. Исследование фазочастотных характеристик элементов последовательного колебательного контура (резонанс напряжений).

Приборы и элементы

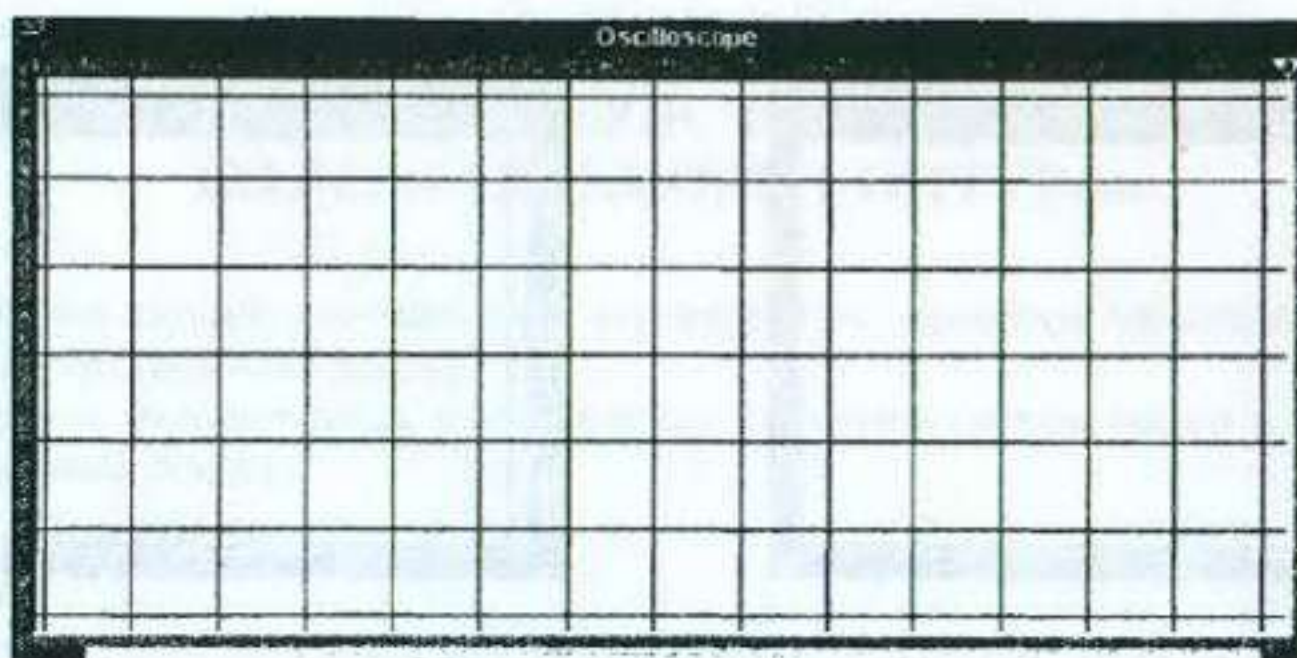
Амперметры
Вольтметры
Ос

$$Q = \frac{U_{C\text{рез}}}{U_{R\text{рез}}} = \frac{U_{L\text{рез}}}{U_{R\text{рез}}} = \frac{\rho}{R},$$

где $U_{C\text{рез}}$, $U_{L\text{рез}}$, $U_{R\text{рез}}$ - напряжения при резонансе на емкости, индуктивности и сопротивлении соответственно, $X_{C\text{рез}}$, $X_{L\text{рез}}$ - реактивное сопротивление конденсатора и индуктивности на резонансной частоте.

Векторные диаграммы для последовательного контура при $\omega > \omega_{\text{рез}}$.

Векторные диаграммы при увеличении частоты ($\omega > \omega_{\text{рез}}$

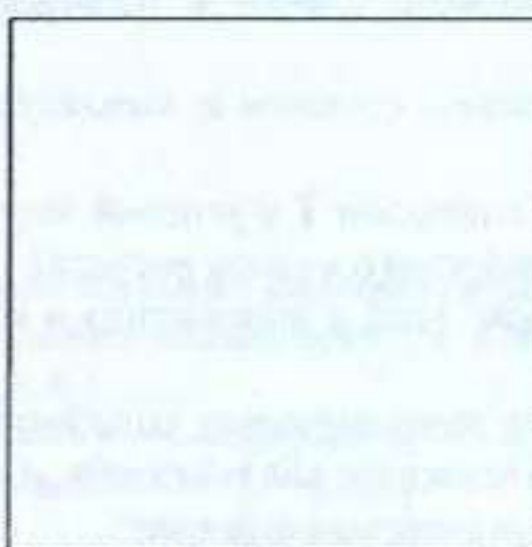
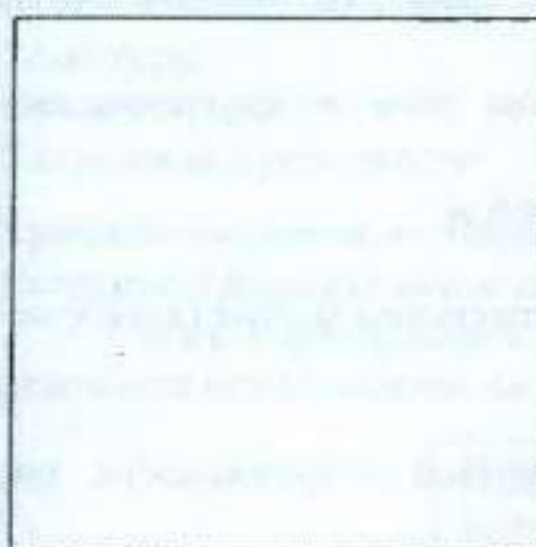


Векторные диаграммы

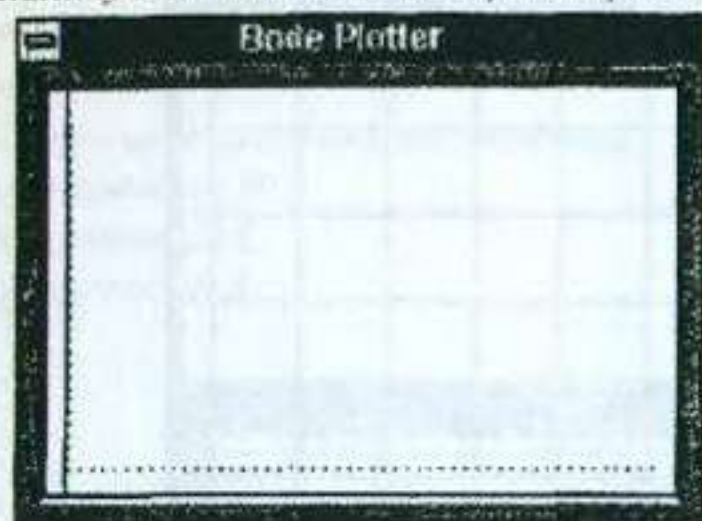
$F=F_p$

$F=0.5F_c$

$F=2F_L$



Амплитудно-частотные характеристики



Фазочастотные характеристики



Вопросы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

«ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО КОЛЕБАТЕЛЬНОГО КОНТУРА»

Цель

1. Исследование амплитудно-частотных характеристик элементов параллельного колебательного контура (резонанс токов).
2. Исследование фазочастотных характеристик элементов параллельного колебательного контура (резонанс токов).

Приборы и элементы

Амперметры
В

Методические материалы
к лабораторным работам по курсу
«Теория линейных схем»

Составители: Александр Юрьевич Липинский
Анна Николаевна Рудякова

Донецкий национальный университет

Підписано до друку 28.08.2011 р. Формат 60x84 1/16.
Ум. друк. арк. 2,25. Друк лазерний. Зам. № 377. Накл. 100 прим.

Надруковано в ТОВ «Цифрова типографія»
Адреса: м. Донецьк, вул. Челюскінців, 291а, тел.: (062) 388-07-31, 388-07-30