

Лабораторная работа «Переходные процессы в линейных электрических цепях»			
Выполнил		МГТУ им. Н.Э.Баумана	Гр.
Проверил			Стенд №

2. ЗАДАНИЯ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задание для каждой из исследуемых схем подразделяется на моделирование в среде Multisim и экспериментальное исследование на лабораторной установке.

В силу ограниченности времени выполнения лабораторных работ, все моделируемые схемы предварительно смонтированы на рабочем поле Multisim. Файлы схем находятся в папке «Переходные процессы_моделирование» на Рабочем столе компьютера. Номинальные значения элементов изменяются в зависимости от номера стенда (таблица 2).

Таблица 2

Стенд №	Цепь $R-L$			Цепь $R-C$		Цепь $R-L-C$			
	L_k , мГн	R_k , Ом	$f_{ген}$, Гц	C , мкФ	$f_{ген}$, Гц	L_k , мГн	R_k , Ом	C , мкФ	$f_{ген}$, Гц
1 или 11	100	190	500	1	250	33	60	1	200
2 или 12	33	60	1000	4,4	100	33	60	0,47	200
3 или 13	100	190	500	0,47	500	100	190	1	100
4 или 14	33	60	1000	1	250	33	60	1	200
5 или 15	100	190	500	4,4	100	33	60	0,47	200
6 или 16	33	60	1000	0,47	500	100	190	1	100
7 или 17	100	190	500	1	250	33	60	1	200
8 или 18	33	60	1000	4,4	100	33	60	0,47	200
9 или 19	100	190	500	0,47	500	100	190	1	100
10 или 20	33	60	1000	1	250	33	60	1	200

2.1. Исследование цепи $R-L$

2.1.1. Моделирование цепи $R-L$

Электрическая схема цепи $R-L$ приведена на рис. 11.

Генератор однополярных импульсов подключен к последовательно соединенным потенциометру R_{var} (номинальное сопротивление 1 кОм) и катушке индуктивности (номинальная индуктивность L_k и сопротивление обмотки R_k берутся из таблицы 2). Первый канал двухлучевого осциллографа отображает напряжение на потенциометре u_R , а второй канал подключен к катушке u_k .

Откройте программу Multisim (на Рабочем столе) и загрузите из папки «Переходные процессы_моделирование» файл **Переходный_RL.ms10**.

Настройка функциональных генераторов.

Двойным щелчком мыши откройте окно настройки генератора. Установите тип выходного сигнала (Waveform) – прямоугольные импульсы. Установите частоту генератора (Frequency) равной $f_{ген}$ (таблица 2). Установите в окнах Amplitude и Offset значение 1 (эти настройки соответствуют однополярному сигналу с амплитудой 2 В).

Для всех последующих схем настройка генератора производится точно таким же образом.

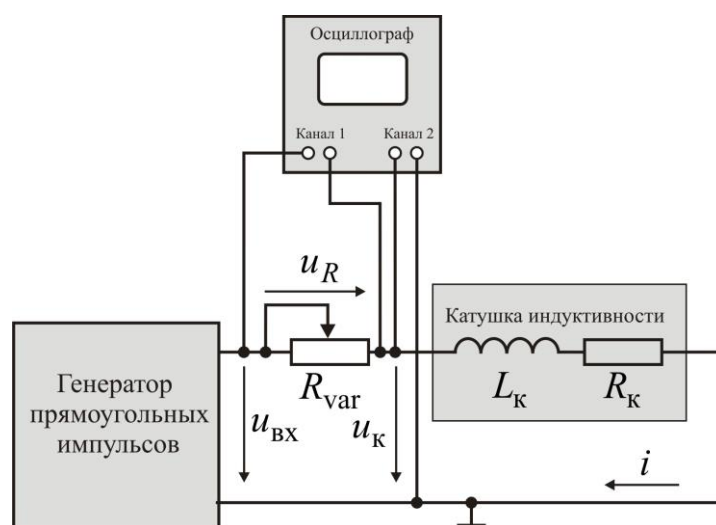


Рис. 11. Цепь R - L (электрическая схема).

Настройка параметров пассивных элементов.

Выделяя левой кнопкой мыши пассивные элементы цепи (кроме потенциометра), а правой кнопкой вкладку свойства (Properties), установите номинальные значения элементов (таблица 2).

Предварительный расчет.

Проведите расчеты, занося результаты в таблицу 3 (расчетные формулы приведены в третьей строке таблицы). Все величины в таблице представлены в основной системе единиц.

Внимание, при вычислении $R_{\text{общ}}$ значение L_k подставлять в Генри.

Таблица 3

$f_{\text{ген}}$	T	$t_{\text{и}}$	τ	$R_{\text{общ}}$	R_{var}	$\downarrow R_{\text{var}}$	$\uparrow R_{\text{var}}$
Расчетные формулы	$T = \frac{1}{f_{\text{ген}}}$	$t_{\text{и}} = \frac{T}{2}$	$\tau = \frac{t_{\text{и}}}{4}$	$\frac{L_k [\text{Гн}]}{\tau}$	$R_{\text{общ}} - R_k$	$\frac{R_{\text{var}}}{2}$	$R_{\text{var}} \times 3$

Пояснения по таблице 3.

Время импульса $t_{\text{и}}$ и время паузы одинаковы и равны половине периода сигнала генератора.

Принимаем, что за время $t_{\text{и}}$, переходный процесс должен закончиться. Если принять время переходного процесса окончания переходного процесса $T_{\text{шт}} = 4\tau = t_{\text{и}}$, то $\tau = \frac{t_{\text{и}}}{4}$.

Постоянная времени R - L цепи $\tau = \frac{L_k}{R_{\text{общ}}}$, где $R_{\text{общ}}$ - общее (суммарное)

сопротивление цепи.

Сопротивление потенциометра R_{var} вычисляется как разность общего сопротивления цепи и сопротивления катушки индуктивности.

В последних двух столбцах таблицы вычисляется уменьшенное в два раза и увеличенное в три раза сопротивление потенциометра.

Установите рассчитанное сопротивление потенциометра R_{var} . Установка может быть проведена двумя способами:

- движком потенциометра (появляется при подведении указателя мышь по потенциометру);

- клавишей «А» (каждое нажатие увеличивает сопротивление на 1%).

Комбинация Shift+A при каждом нажатии уменьшает сопротивление на 1 %.

Запустите процесс моделирования. Двойным щелчком мыши откройте экран осциллограф. Потянув указателем мыши за любой угол экрана, установите удобный для наблюдения размер экрана осциллографа. Установите развертку (Timebase) так, чтобы на экране помещалось 2-3 периода сигнала. Установите масштаб по вертикали для 1-го (Channel A) и второго (Channel B) каналов равным 1 В/дел (1V/div). Если вас не устраивает такой масштаб, установите его по своему усмотрению.

Остановите моделирование. Зарисуйте один полный период сигнала на катушке индуктивности u_K и на потенциометре u_R , используя заготовку (рис. 12, а, верхняя часть R_{var}).

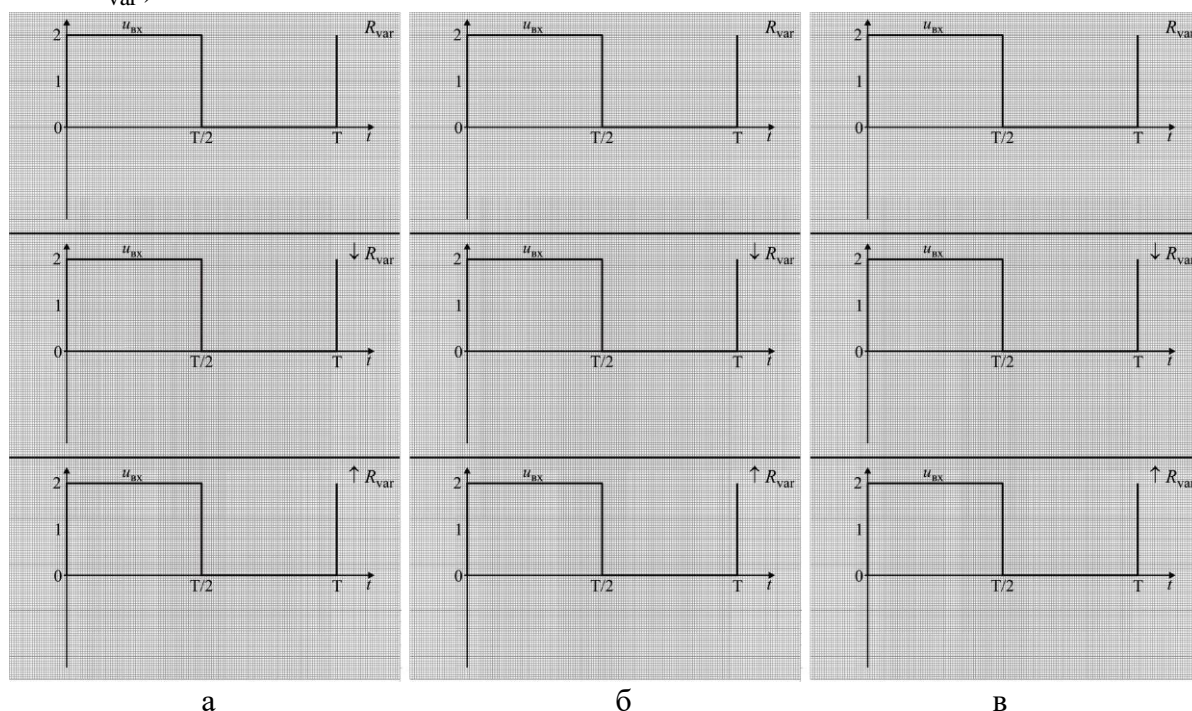


Рис. 12. Заготовки осциллограмм для цепей $R-L$ (а), $R-C$ (б) и $R-L-C$ (в).

Установите уменьшенное значение сопротивления $\downarrow R_{\text{var}}$ (таблица 3). Проведите моделирование и зарисуйте результаты, используя заготовку (рис. 12, а, средняя часть $\downarrow R_{\text{var}}$).

Установите увеличенное значение сопротивления $\uparrow R_{\text{var}}$ (таблица 3). Проведите моделирование и зарисуйте результаты, используя заготовку (рис. 12, а, нижняя часть $\uparrow R_{\text{var}}$).

2.1.2. Экспериментальное исследование цепи $R-L$

Разместите элементы и приборы (**перемычку, показанную пунктиром, не монтировать**) на наборном поле (рис. 13).

Включите питание стенда и мультиметров. Соедините выводы одного из мультиметров с гнездами ① и ② и, вращая ручку потенциометра, установите сопротивление R_{var} , приблизительно равное расчетному (таблица 3).

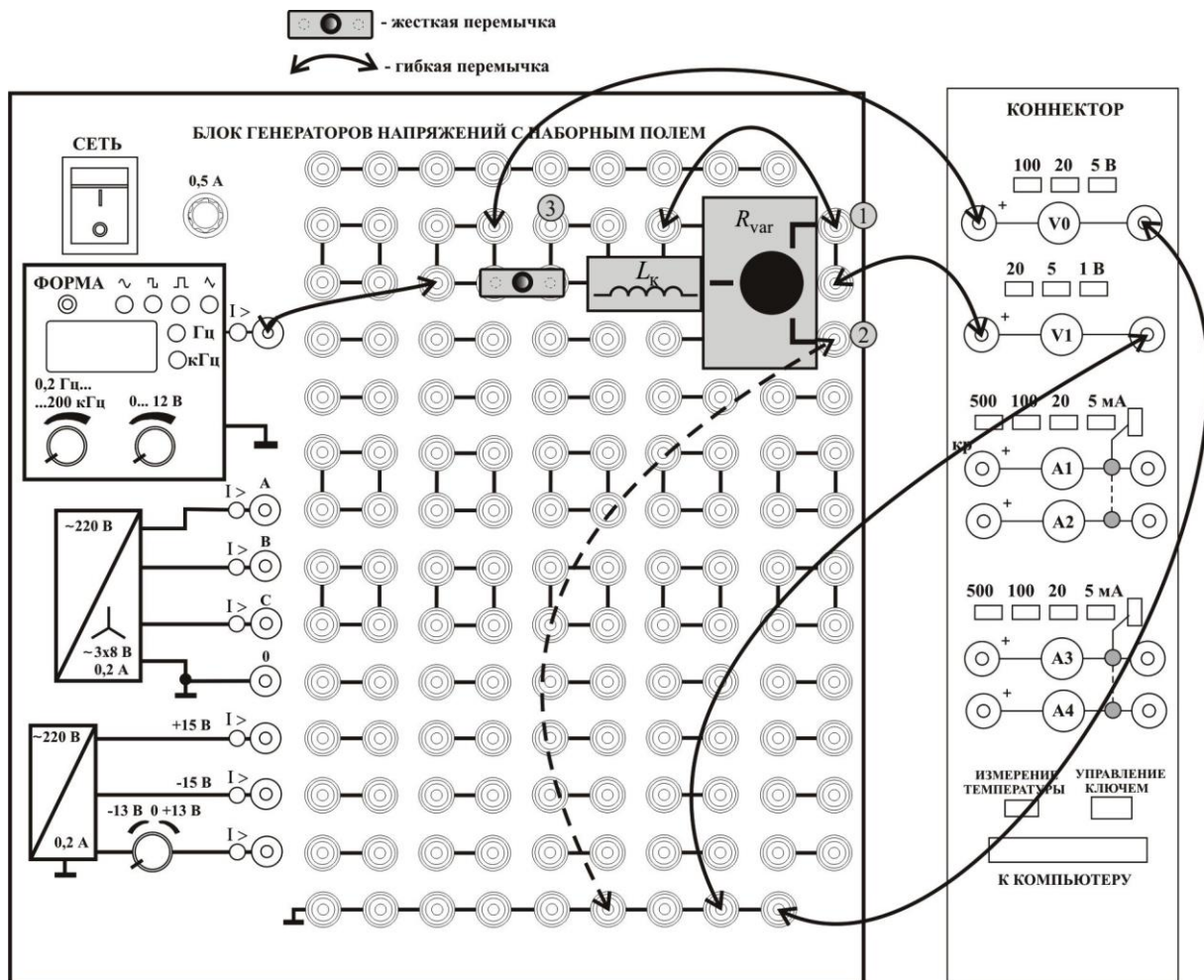


Рис. 13. Монтажная схема (цепь $L-R$).

Ручку регулировки амплитуды выведите на максимум (до упора по часовой стрелке), частоту сигнала $f_{\text{ген}}$ установите по таблице 2. Кнопкой «Форма» переключите генератор на однополярный прямоугольный выходной сигнал (третий светодиод слева в линейке индикаторов формы сигнала).

Установите перемычку, показанную пунктиром.

Иконкой «ВП ТОЭ» активируйте виртуальные приборы, рис. 14. Установив подходящую развертку и масштабы по вертикали, убедитесь, что сигнал u_R качественно тот же, что и на рис. 12 а.

Покажите результат преподавателю.

Увеличивая и уменьшая ручкой потенциометра его сопротивление, **вместе с преподавателем убедитесь**, что сигнал качественно тот же, что и на рис. 12 а при увеличении $\uparrow R_{\text{var}}$ и уменьшении $\downarrow R_{\text{var}}$ сопротивления.

2.2. Исследование цепи $R-C$

2.2.1. Моделирование цепи $R-C$

Электрическая схема цепи $R-C$ аналогична схеме на рис. 11, если заменить катушку на конденсатор (напряжение конденсатора будем обозначать u_c).

Откройте программу Multisim (на Рабочем столе) и загрузите из папки «Переходные процессы_моделирование» файл **Переходный_RC.ms10**.

Проведите настройку виртуальных приборов и элементов схемы так же, как и для схемы $R-L$, используя данные таблицы 2.

Предварительный расчет.

Проведите расчеты, занося результаты в таблицу 4. Все величины в таблице представлены в основной системе единиц.

Внимание, при вычислении R_{var} значение C подставлять в Фарадах.

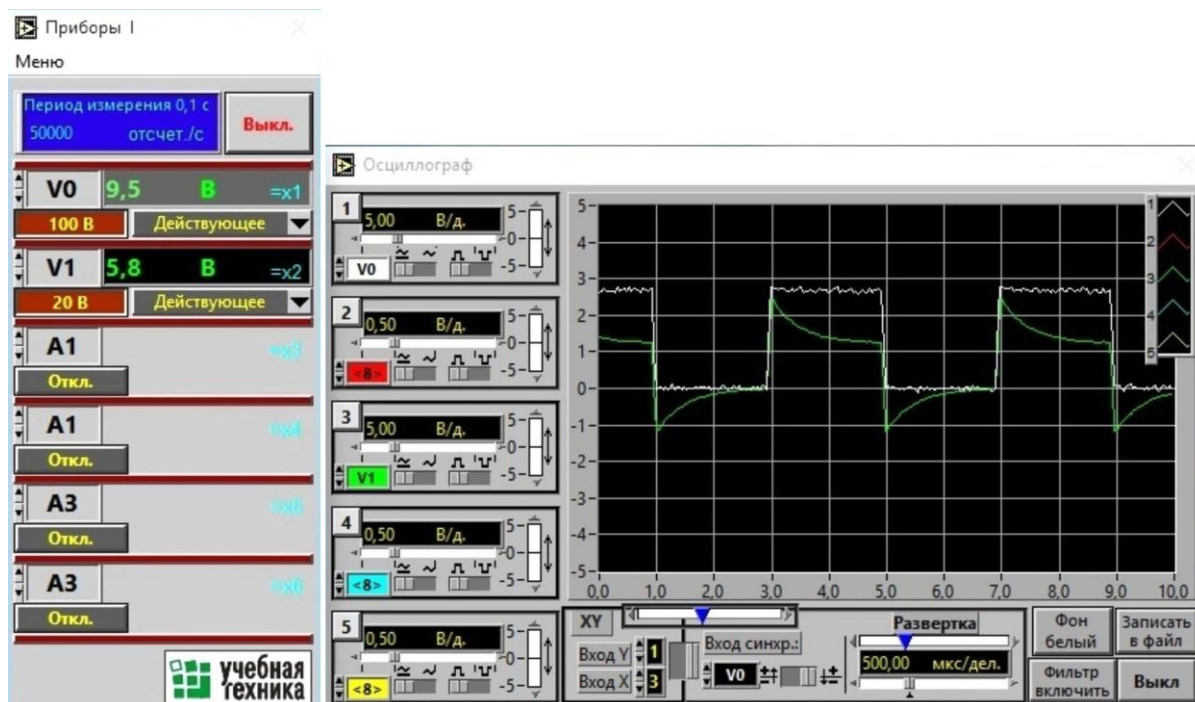


Рис. 14. Активация виртуальных приборов.

Таблица 4

$f_{\text{ген}}$	T	$t_{\text{и}}$	τ	R_{var}	$\downarrow R_{\text{var}}$	$\uparrow R_{\text{var}}$
Расчетные формулы	$T = \frac{1}{f_{\text{ген}}}$	$t_{\text{и}} = \frac{T}{2}$	$\tau = \frac{t_{\text{и}}}{4}$	$\frac{\tau}{C[\Phi]}$	$R_{\text{var}} - 300$	$R_{\text{var}} + 300$

Установите рассчитанное сопротивление потенциометра R_{var} .

По итогам моделирования изобразите на рис. 12 б напряжения на конденсаторе u_C и потенциометре u_R при трех значениях R_{var} .

2.2.2. Экспериментальное исследование цепи R-C

На наборном поле (рис. 13) замените катушку на конденсатор (**перемычку, показанную пунктиром, не монтировать**). Соедините выводы одного из мультиметров с гнездами ① и ② и, вращая ручку потенциометра, установите сопротивление R_{var} , приближенно равное расчетному (таблица 4).

Установите перемычку, показанную пунктиром.

Установив подходящую развертку и масштабы по вертикали, убедитесь, что сигнал u_R качественно тот же, что и на рис. 12 б.

Покажите результат преподавателю.

Увеличивая и уменьшая ручкой потенциометра его сопротивление, **вместе с преподавателем убедитесь**, что сигнал качественно тот же, что и на рис. 12 б при увеличении $\uparrow R_{\text{var}}$ и уменьшении $\downarrow R_{\text{var}}$ сопротивления.

2.3. Исследование цепи $R-L-C$

2.3.1. Моделирование цепи $R-L-C$

Электрическая схема цепи $R-L-C$ приведена на рис. 15.

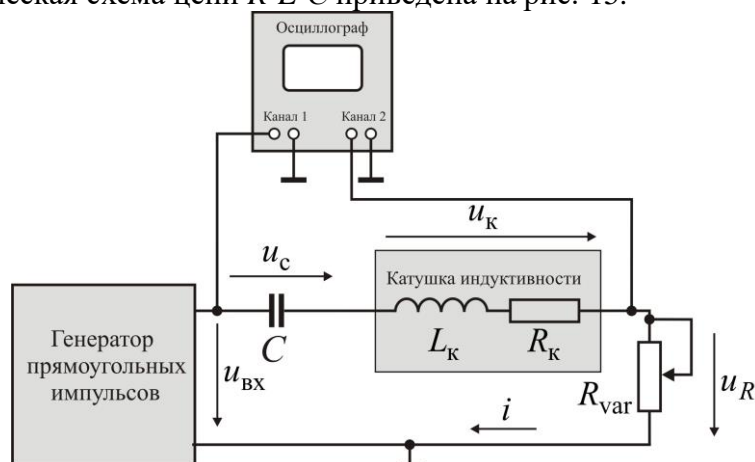


Рис. 15. Электрическая схема (цепь $R-L-C$).

Откройте программу Multisim (на Рабочем столе) и загрузите из папки «Переходные процессы_моделирование» файл **Переходный_RLC.ms10**.

Проведите расчеты, заносая результаты в таблицу 5 (вторая строка). Значение $f_{\text{ген}}$ взять из таблицы 2 (цепь RLC). Все величины в таблице представлены в основной системе единиц.

Внимание, при вычислении $R_{\text{кр}}$ значение C подставлять в Фарадах, а L в Генри.

Таблица 5

$f_{\text{ген}}$	T	$t_{\text{и}}$	$R_{\text{кр}}$	R_{var}	$\downarrow R_{\text{var}}$	$\uparrow R_{\text{var}}$
					100	1000
Расч. форм.	$T = \frac{1}{f_{\text{ген}}}$	$t_{\text{и}} = \frac{T}{2}$	$R_{\text{кр}} = 2\sqrt{\frac{L_{\text{к}}}{C}}$	$R_{\text{кр}} - R_{\text{к}}$		

Установите рассчитанное сопротивление потенциометра R_{var} . Настройте параметры схемы по данным таблицы 2. По итогам моделирования изобразите на рис. 16 напряжение на потенциометре u_R при трех значениях R_{var} .

2.3.2. Экспериментальное исследование цепи $R-L-C$

На наборном поле (рис. 13) вместо жесткой перемычки установите конденсатор (перемычку, показанную пунктиром, не монтировать). Соедините выводы одного из мультиметров с гнездами ① и ② и, вращая ручку потенциометра, установите сопротивление R_{var} , приближенно равное расчетному (таблица 5). Правый вывод вольтметра V0 соедините с землей.

Установите перемычку, показанную пунктиром.

Установив подходящую развертку и масштабы по вертикали, убедитесь, что сигнал u_R качественно тот же, что и на рис. 12 в.

Покажите результат преподавателю.

Увеличивая и уменьшая ручкой потенциометра его сопротивление, **вместе с преподавателем убедитесь**, что сигнал качественно тот же, что и на рис. 12 в при увеличении $\uparrow R_{\text{var}}$ и уменьшении $\downarrow R_{\text{var}}$ сопротивления потенциометра.

После выполнения лабораторной работы, результаты показать преподавателю и, получив его разрешение, выключить питание стенда.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему ток в индуктивности и напряжение на емкости не могут изменяться скачком? Подтверждается ли это положение результатами экспериментов?
2. Что такое независимые и зависимые начальные условия, в чем состоит разница между ними? Как эту разницу можно проиллюстрировать результатами экспериментов?
3. Какое сопротивление называется критическим, как его рассчитать?
4. Что такое декремент затухания?
5. Как по осциллограмме определить постоянную времени цепи?
6. В чем отличие частоты свободных колебаний от резонансной частоты? При каких условиях эти две частоты равны?
7. Как будут изменяться в цепи $R-L-C$ затухание, частота свободных колебаний, практическое время длительности переходного процесса, если увеличивать: а) сопротивление, б) емкость, в) индуктивность?
8. Какие основные положения теории (законы электротехники) иллюстрируются путем сопоставления осциллограмм $u_{вх}(t), u_R(t), u_L(t)$ для цепи $r-L$?
9. Какие основные положения теории иллюстрируются путем сопоставления осциллограмм $u_{вх}(t), u_R(t), u_C(t)$ для цепи $r-C$?
10. Можно ли, имея осциллограммы $u_{вх}(t), u_R(t)$, рассчитать осциллограмму $u_L(t)$ для цепи $R-L$? Можно ли это сделать в том случае, если мы имеем только осциллограмму $u_R(t)$, а закон изменения $u_{вх}(t)$ неизвестен?
11. Можно ли, имея осциллограммы $u_{вх}(t), u_C(t)$, воссоздать осциллограмму $u_R(t)$? Можно ли это сделать, если мы имеем только осциллограмму $u_C(t)$, а закон изменения $u_{вх}(t)$ неизвестен?