

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет прикладной математики и информатики

Кафедра Теории Вероятностей и Математической Статистики

П. С. Пересторонин

Введение в систему моделирования электронных схем Electronics Workbench

Отчет по лабораторной работе №1, вариант 17 («Физика компьютеров»)

студента 5-го курса 1-ой группы

Работа сдана

18 сентября 2012 г.

Преподаватель

Горячкин В.В.

доцент кафедры технологий программирования

Работа зачтена

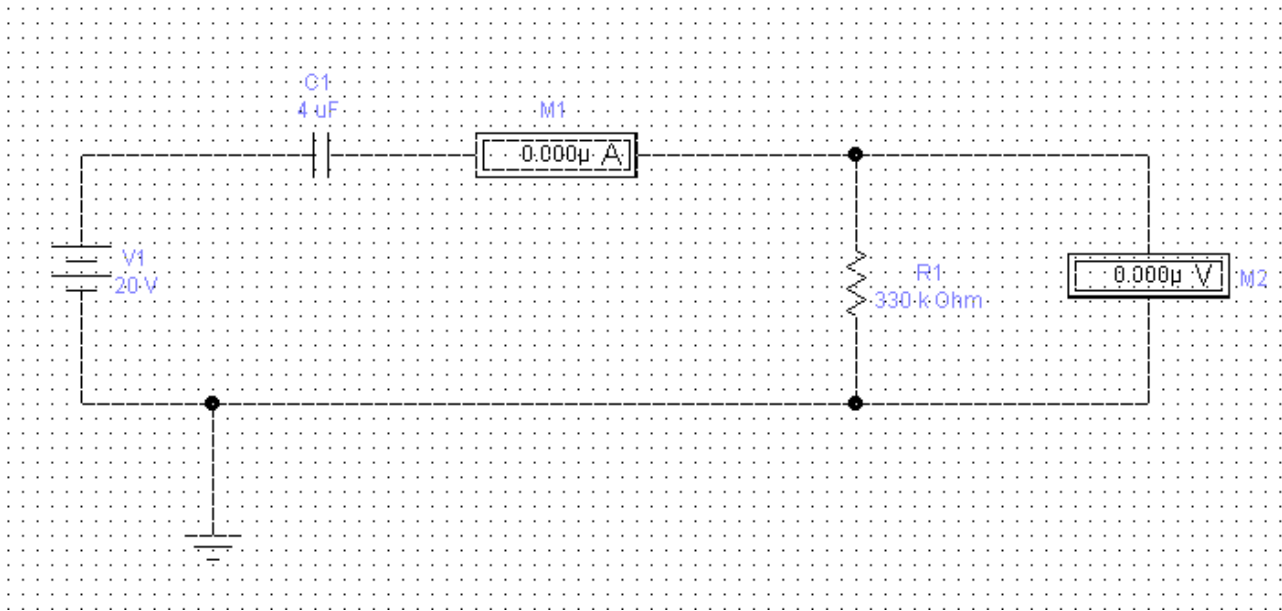
___ 2012 г.

(подпись преподавателя)

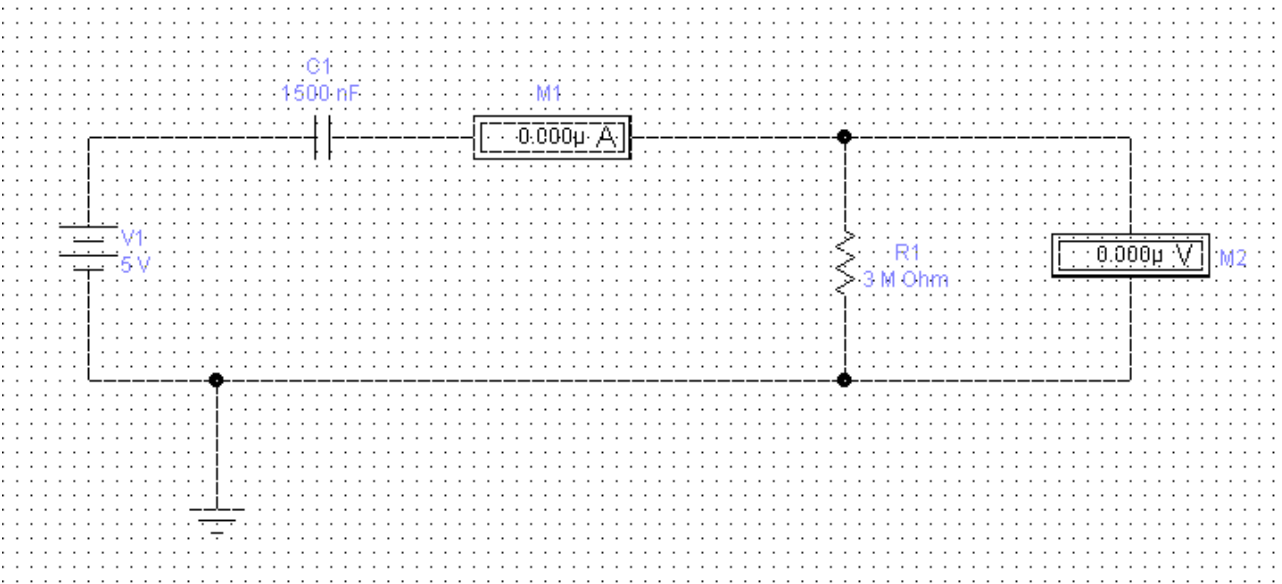
Минск
2012

Задание 1- Емкость и индуктивность в цепях постоянного тока

Опыт с емкостью - 1



Опыт с емкостью - 2



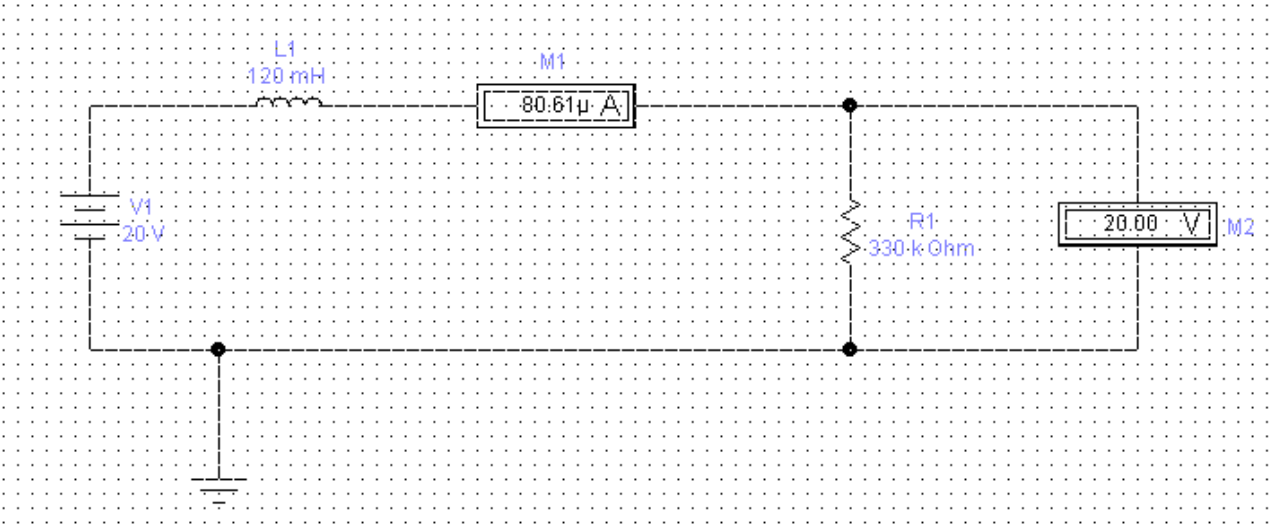
Результаты серии опытов с емкостью в цепях постоянного напряжения

Результаты представлены в таблице 1.

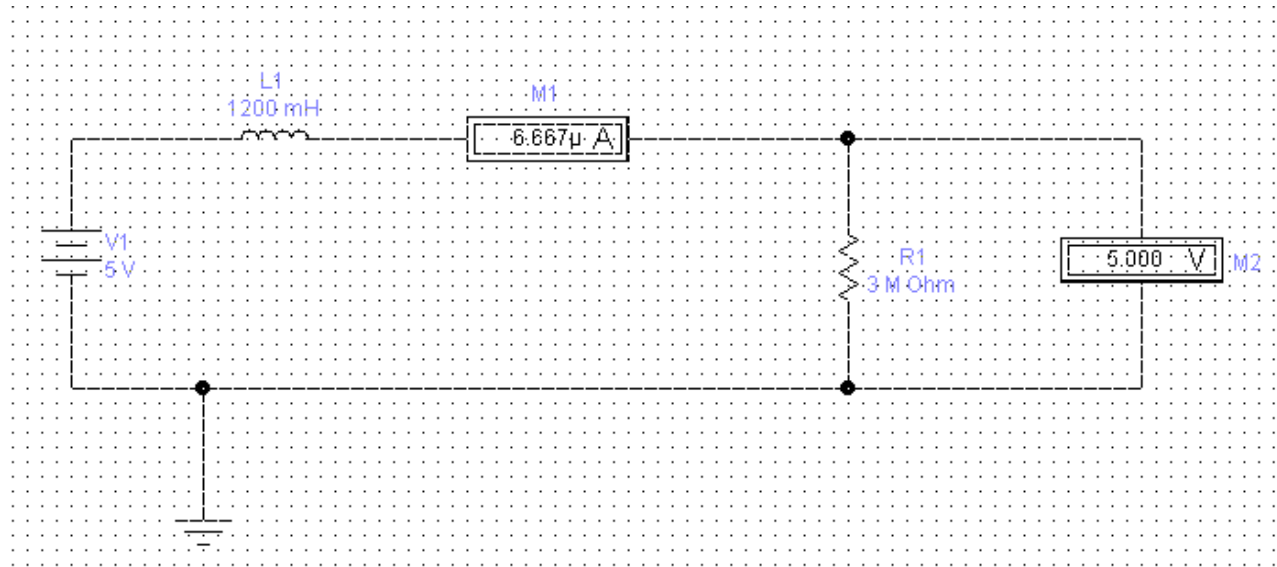
№	E_1	C_1	R_1	I	U	Вывод
1	20В	4мкФ	330кОм	0А	0В	Ток в цепи отсутствует
2	5В	1500нФ	3МОм	0А	0В	Ток в цепи отсутствует

Таблица 1 – Серия опытов с емкостью в цепях постоянного напряжения

Опыт с индуктивностью – 1



Опыт с индуктивностью – 2



Результаты серии опытов с индуктивностью в цепях постоянного напряжения

Результаты представлены в таблице 2.

№	E_1	L_1	R_1	I	U	Вывод
1	20В	120мГн	330кОм	80.61мкА	20В	Ток в цепи присутствует, падение напряжения на резисторе равно напряжению источника питания
2	5В	1200мГн	3МОм	6.667мкА	5В	Ток в цепи присутствует, падение напряжения на резисторе равно напряжению источника питания

Таблица 2 – Серия опытов с индуктивностью в цепях постоянного напряжения

Выводы

1. Сопротивление емкости по постоянному току равно бесконечности: $X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2\pi \cdot 0} = \infty$.

2. Сопротивление индуктивности по постоянному току равно нулю: $X_L = 2\pi fL = 2\pi L \cdot 0 = 0$.
3. Падение напряжения на резисторе в цепи постоянного тока подчиняется закону Ома: $U = IR$.

Задание 2 – Конденсатор в цепях переменного напряжения

Серия 1 – Частота переменного тока фиксирована, меняется емкость конденсатора

№	Параметры	Осциллограммы
Опыт 1	U_1 220В	
	f 5кГц	
	C_1 5000пФ	
	R_1 100Ом	
	I_{R_1} 35мА	
Опыт 2	$\varphi_1 - \varphi_2$ $\frac{0.05 \cdot 2\pi}{0.2} = \pi/2$	
	U_1 220В	
	f 5кГц	
	C_1 0.5мкФ	
	R_1 100Ом	
Опыт 3	I_{R_1} 1.8624А	
	U_1 220В	
	f 5кГц	
	C_1 50мкФ	
	R_1 100Ом	
Опыт 4	I_{R_1} 2.2А	
	U_1 220В	
	f 5кГц	
	C_1 50000мкФ	
	R_1 100Ом	

Серия 2 – Емкость конденсатора фиксирована, меняется частота переменного тока

№	Параметры	Осциллограммы
---	-----------	---------------

№	Параметры	Осциллограммы
Опыт 1	U_1 220В	
	f 1Гц	
	C_1 0.01мкФ	
	R_1 100Ом	
Опыт 2	I_{R_1} 13.95мкА	
	U_1 220В	
	f 1кГц	
	C_1 0.01мкФ	
Опыт 3	R_1 100Ом	
	I_{R_1} 2.18А	
	f 1МГц	
	C_1 0.01мкФ	
Опыт 4	U_1 220В	
	f 1000МГц	
	C_1 0.01мкФ	
	R_1 100Ом	
Опыт 4	I_{R_1} 2.20А	

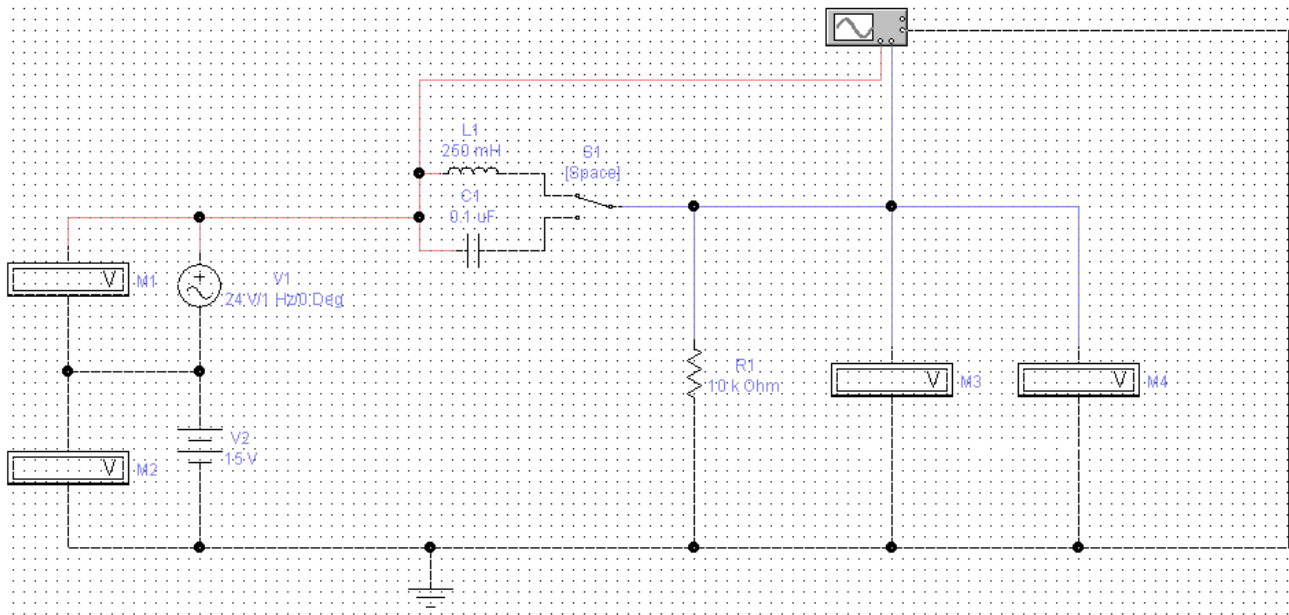
Выводы

- При фиксированной частоте сопротивление конденсатора с увеличением его емкости уменьшается и в пределе становится нулевым: $\lim_{C \rightarrow \infty} X_C = \lim_{C \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi f C} = 0$. Этим объясняется равенство наблюдаемых величин тока в опытах 3 и 4 первой серии: при емкости конденсатора не менее 50мкФ его сопротивление по переменному току частоты 5кГц становится не более $\frac{1}{2\pi \cdot 5000 \cdot 50 \cdot 10^{-6}} \approx 0.64(\Omega)$, что пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением резистора (разница величин токов в этом случае не превосходит $\frac{220}{100} - \frac{220}{100+0.64} \approx 0.014(A)$, что сравнимо с погрешностью измерений).

2. При фиксированной емкости конденсатора его сопротивление уменьшается с ростом частоты переменного тока и в пределе становится нулевым: $\lim_{f \rightarrow \infty} X_C = \lim_{f \rightarrow \infty} \frac{1}{2\pi f C} = 0$. Это наблюдается в опыте 4 второй серии: сопротивление конденсатора очень мало по сравнению с сопротивлением резистора.

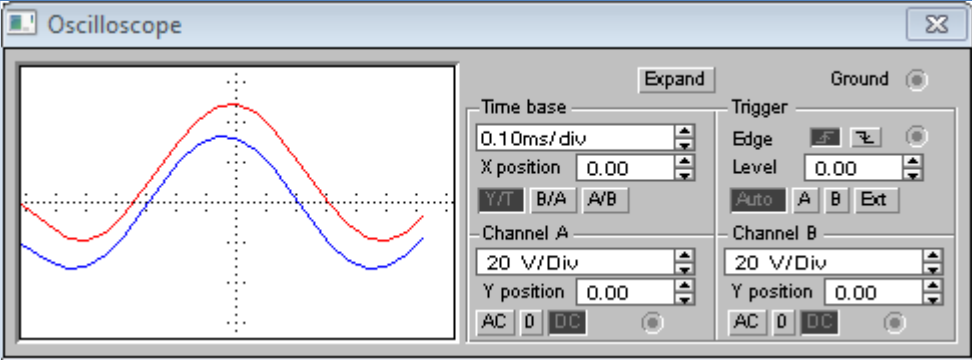
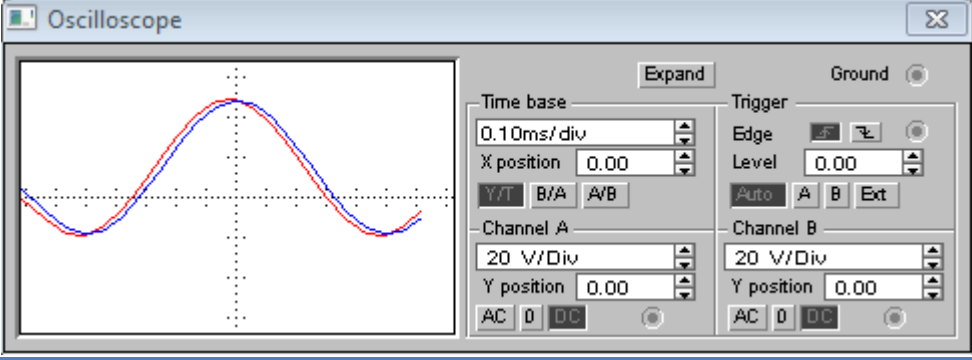
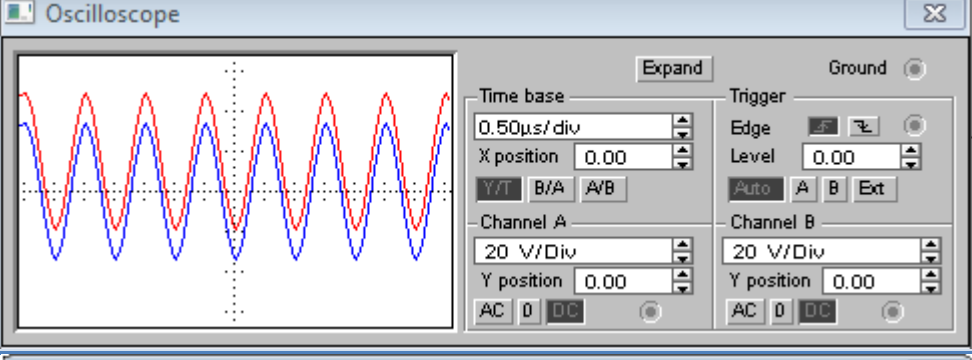
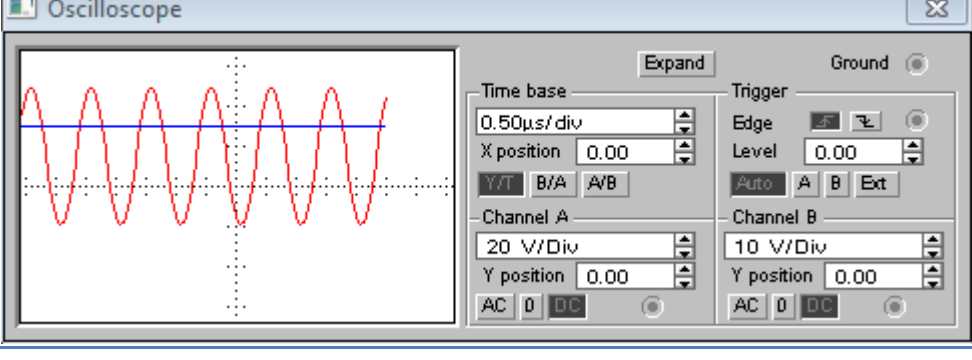
Задание 3– Свойства емкостей и индуктивностей в цепях с комбинированным источником питания

Для исследования свойств емкостей и индуктивностей в цепях с комбинированным источником питания собран аналог следующей схемы:



Результаты серии опытов представлены в следующей таблице.

n		Параметры		Осциллограммы	
Опыт 1	E_1	V_1	24В		<div> <div>Time base</div> <div>0.20 s/div</div> <div>X position 0.00</div> <div>Y/T B/A A/B</div> <div>Channel A</div> <div>20 V/Div</div> <div>Y position 0.00</div> <div>AC 0 DC</div> </div> <div> <div>Trigger</div> <div>Edge</div> <div>Level 0.00</div> <div>Auto A B Ext</div> <div>Channel B</div> <div>200 mV/Div</div> <div>Y position 0.00</div> <div>AC 0 DC</div> </div>
	f_1	1Гц			
	E_2	V_2	15В		
	C_1	0.1мкФ			
	R_1	10кОм			
	V_3	150мВ			<div> <div>Time base</div> <div>0.20 s/div</div> <div>X position 0.00</div> <div>Y/T B/A A/B</div> <div>Channel B</div> <div>200 mV/Div</div> <div>Y position 0.00</div> <div>AC 0 DC</div> </div> <div> <div>Trigger</div> <div>Edge</div> <div>Level 0.00</div> <div>Auto A B Ext</div> </div>
	V_4	0В			
	V_1	24В			
	f_1	1Гц			
	V_2	15В			
	L_1	250мГн			
	R_1	10кОм			
	V_3	24В			

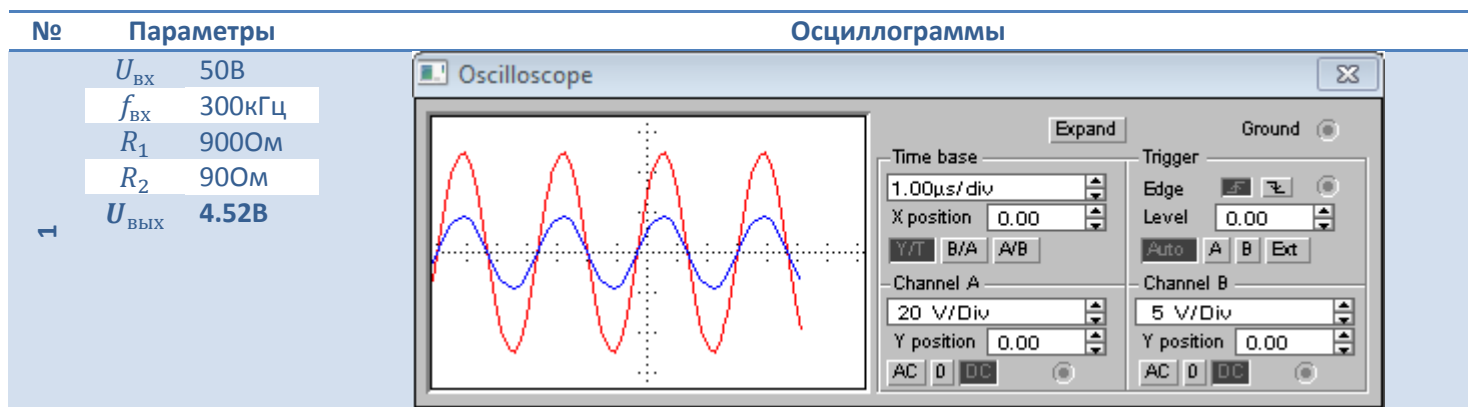
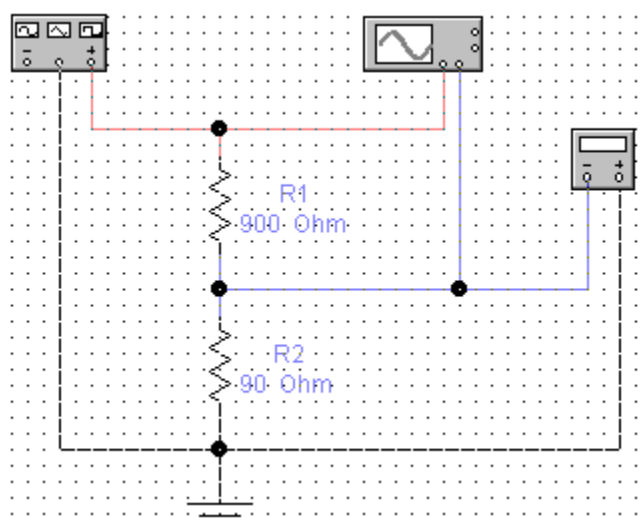
n		Параметры	Осциллограммы
Опыт 2	E_1	V_1 24В f_1 1кГц	
	E_2	V_2 15В	
		C_1 0.1мкФ R_1 10кОм V_3 23.7В V_4 0В	
Опыт 2	E_1	V_1 24В f_1 1кГц	
	E_2	V_2 15В	
		L_1 250мГн R_1 10кОм V_3 23.7В V_4 15В	
Опыт 3	E_1	V_1 24В f_1 1МГц	
	E_2	V_2 15В	
		C_1 0.1мкФ R_1 10кОм V_3 24В V_4 0В	
Опыт 3	E_1	V_1 24В f_1 1МГц	
	E_2	V_2 15В	
		L_1 250мГн R_1 10кОм V_3 148мВ V_4 15В	

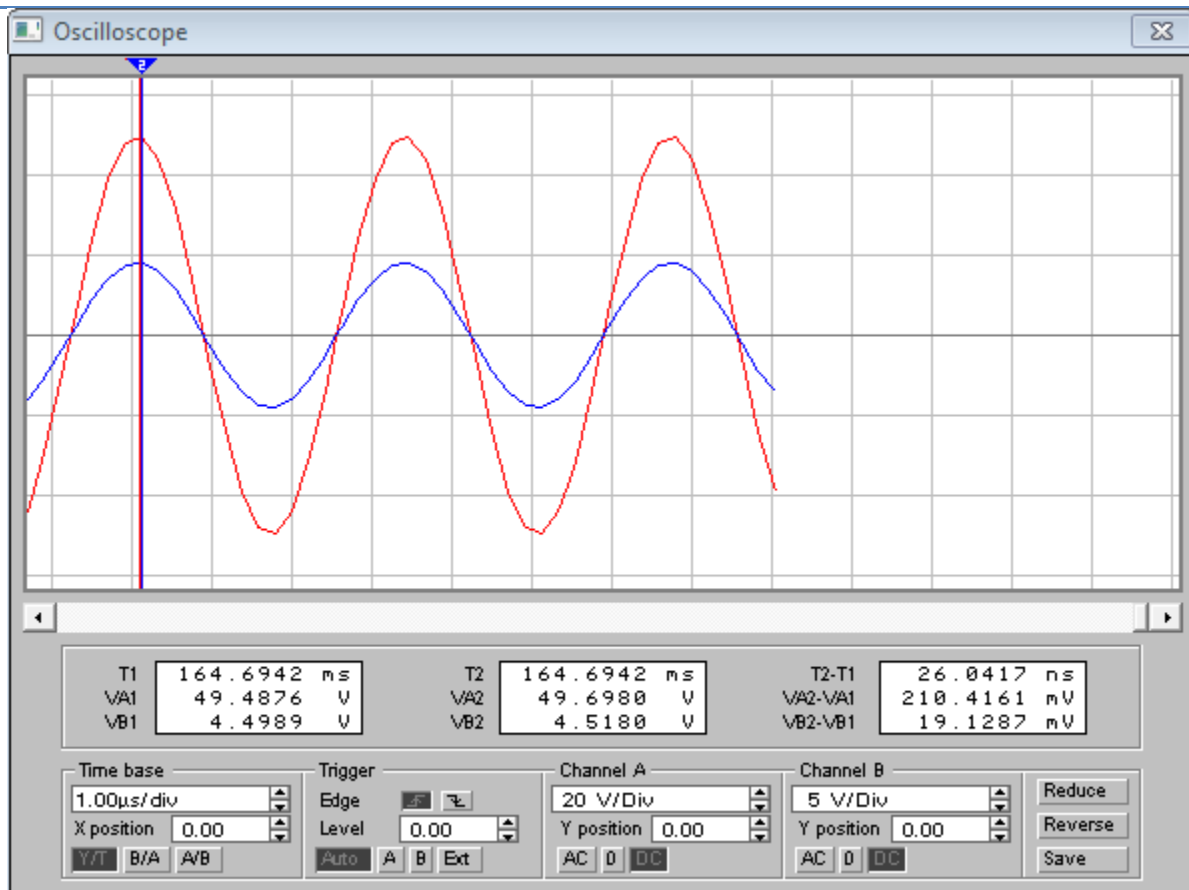
Выводы

1. В цепи с конденсатором с увеличением частоты его сопротивление по переменному току уменьшается (это было показано в задании 1), благодаря чему на нагрузочном резисторе увеличивается падение напряжения переменной составляющей источника питания. Сопротивление же конденсатора по постоянному току равно бесконечности, поэтому в падении напряжения на нагрузочном резисторе отсутствует постоянная составляющая.

2. В цепи с индуктивностью напротив: ее сопротивление по постоянному току равно нулю, по переменному же с увеличением частоты стремится к бесконечности (показано в задании 1). Поэтому, с увеличением частоты переменной составляющей источника питания, ее величина на нагрузочном резисторе уменьшается до нуля; и на нагрузочном резисторе остается лишь постоянная составляющая источника питания.

Задание 4 – Делитель напряжения

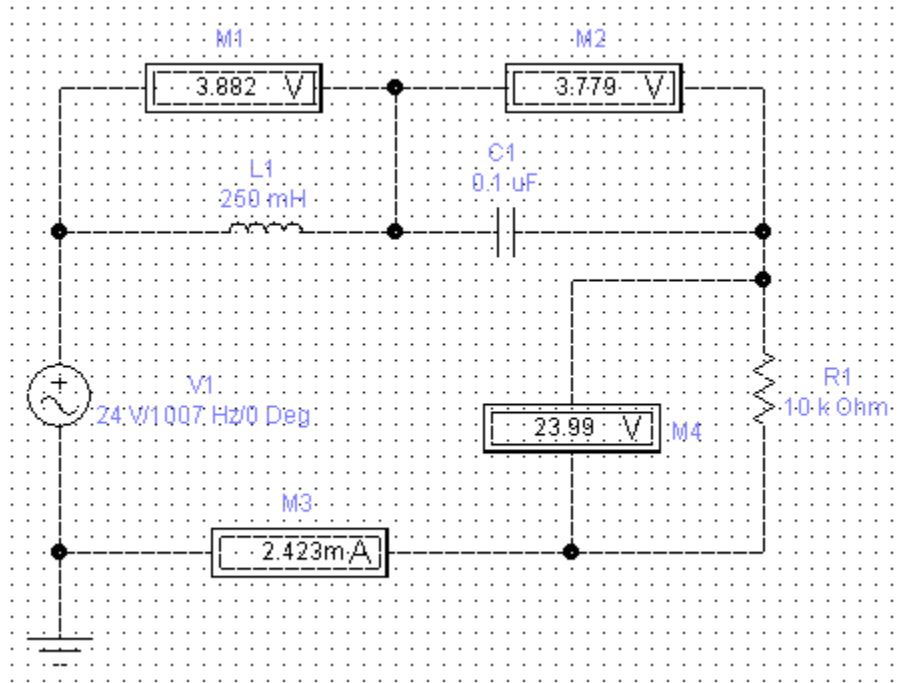




Выводы

1. Ток в цепи равен: $I = \frac{U}{R_1 + R_2}$. Амплитудное падение напряжения на резисторе R_2 равно: $U_{R_2} = IR_2 = \frac{UR_2}{R_1 + R_2} = \frac{50 \cdot 90}{90 + 900} \approx 4.55(\text{В})$, что согласуется с результатами эксперимента.
2. Вольтметр показывает эффективное напряжение в 3.2147В, что подтверждается теорией: $U_{\text{эф}} = \frac{U}{\sqrt{2}} = \frac{4.55}{\sqrt{2}} \approx 3.2141(\text{В})$.

Задание 5.1 – Последовательный колебательный контур



Резонансная частота контура:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.1 \cdot 10^{-6} \cdot 250 \cdot 10^{-3}}} \approx 1007(\text{Гц})$$

$$\omega_r = 1/\sqrt{LC} \approx 6327(\text{рад/с})$$

Характеристическое сопротивление контура:

$$\rho = \sqrt{L/C} = \sqrt{250 \cdot 10^{-3} / 0.1 \cdot 10^{-6}} \approx 1581(\text{Ом})$$

Добротность контура:

$$Q = \rho/R \approx 0.16$$

Коэффициент затухания:

$$d = 1/Q \approx 6.32$$

Верхнее и нижнее значения частот полосы пропускания:

$$\omega_B = \omega_r \left(1 + \frac{1}{2}d\right) \approx 26320(\text{рад/с})$$

$$\omega_H = 0 \text{ так как } \omega_r \left(1 - \frac{1}{2}d\right) < 0.$$

Полоса пропускания контура:

$$S = \omega_B - \omega_H = 26320 \text{ рад/с}$$

Выберем малые отклонения равными $f(\Delta\omega_0) = 100\text{Гц}$, большие – $\Delta f = 10000\text{Гц}$. Наблюдаемое поведение тока представлено в следующей таблице.

	$f_r - \Delta f$	$f_r - f(\Delta\omega_0)$	f_r	$f_r + f(\Delta\omega_0)$	$f_r + \Delta f$
U_L	–	3.50В	3.88В	4.26В	20.38В
U_C	–	4.19В	3.78В	3.44В	201мВ
U_R	–	23.8В	24В	23.8В	12.6В
I_r	–	2.38мА	2.4мА	2.38мА	1.28мА

Выводы

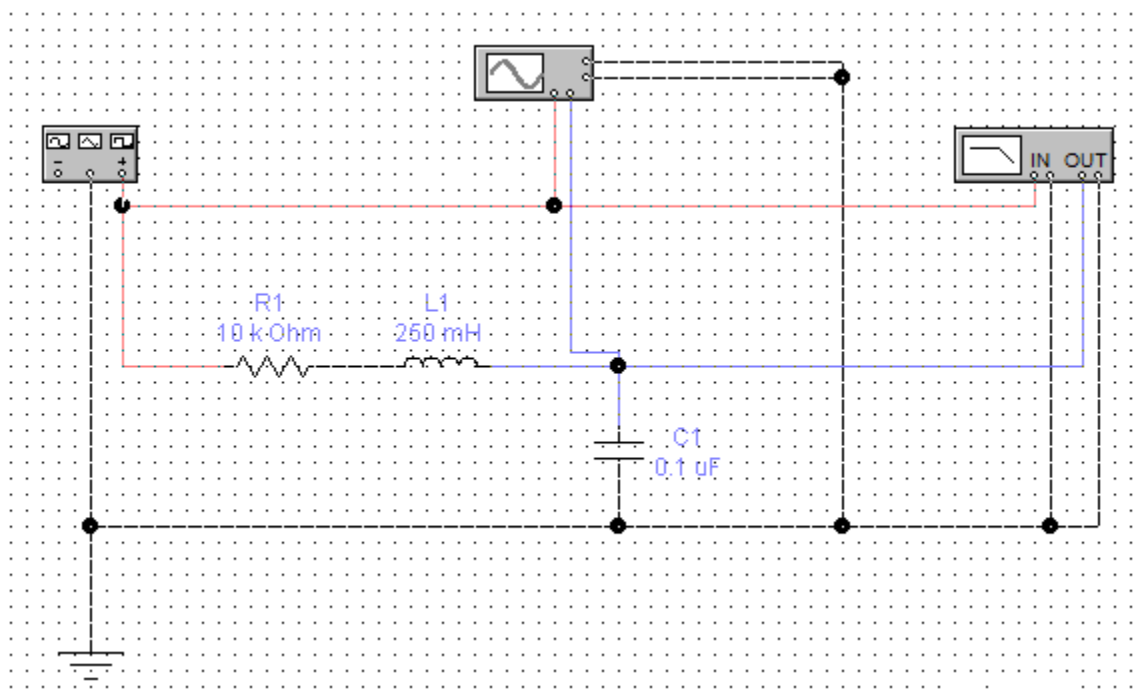
На резонансной частоте падения напряжения на конденсаторе и индуктивности равны (с точностью до погрешности измерений), и сопротивление LC-участка цепи равно нулю, т.е. сила тока в цепи определяется лишь сопротивлением резистора, что и наблюдается: $\frac{24\text{В}}{10\text{кОм}} = 2.4\text{мА}$. На частотах близких к резонансной сила тока в цепи уменьшается незначительно.

При больших отклонениях частоты от резонансной падения напряжения на конденсаторе и индуктивности значительно отличаются, ток в цепи значительно уменьшается.

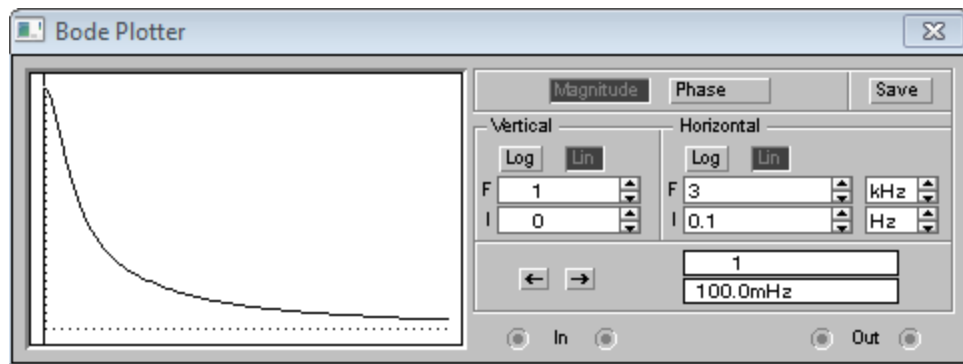
На основании этих наблюдений можем сделать вывод, что данная RLC-цепь позволяет отфильтровывать из входного сигнала частоты, близкие к собственной резонансной частоте RLC-контура.

Задание 5.2 – Измеритель АЧХ

Для исследования была собрана следующая схема.



Однако показания прибора Bode Plotter не совпали с теоретически рассчитанными. На основании этого можно предположить, что потери на резисторе слишком велики (сопротивление не пренебрежимо мало), чтобы реальная резонансная частота совпадала с теоретической.



При уменьшении сопротивления до 10м в графике появляется четко выраженный пик амплитуды на резонансной частоте контура.

