

8. Лабораторный практикум.

Приступая к выполнению лабораторного практикума, следует иметь в виду, что он выполняется в виртуальной (электронной) лаборатории, какой являются система электронного моделирования Electronics Workbench.

Программа Electronics Workbench использует стандартный интерфейс Windows, что облегчает ее использование.

Описание версии Electronics Workbench 5.12, Professional Edition можно найти в Интернете. Там же можно освоить приемы выполнения лабораторных работ. Применения этой программы хорошо изложено в пособии: А.С. Серебряков “Электротехника и электроника” - М: “Высшая шк”., 2009, 335с.

7.1 Лабораторная работа № 2

“Исследование цепи синусоидального тока с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений”

Цель работы.

Экспериментальное исследование характера изменений тока, мощности и падения напряжений на участках последовательной цепи, содержащей активное и индуктивное сопротивления.

Подготовка к выполнению работы.

Для выполнения лабораторной работы необходимо установить программу Electronics Workbench 5.12- Portable – Эмулятор электрических схем, которую можно найти в Интернете по адресу: <http://soft-plus.ucoz.ru/load/100-1-0-261> и бесплатно скачать на рабочий компьютер.



После установки появляется символика программы

После запуска программы появляется окно, в котором располагается меню, инструментальная строка и строка библиотеки компонентов (Рис.1).

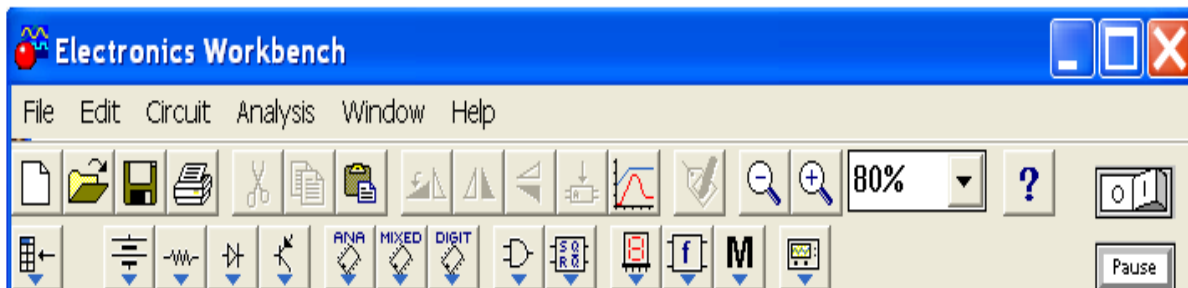


Рис.1

Ниже появляется непоименованное (Untitled) *рабочее поле*, в котором и будет строиться исследуемая схема.

Общие теоретические сведения.

Электрическая цепь переменного тока имеет три элемента: активное, индуктивное и емкостное сопротивления. В данной работе исследуется цепь с активным и индуктивным сопротивлениями, соединенными последовательно (Рис.2 а, б).

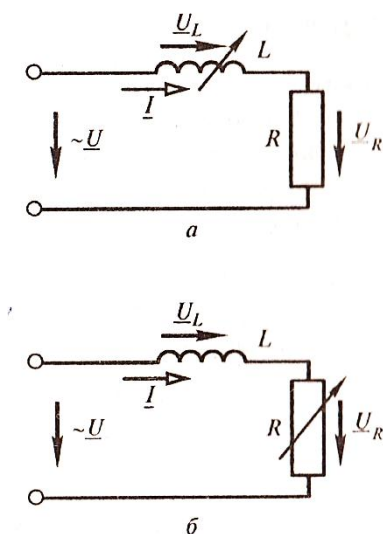


Рис.2

Индуктивное сопротивление представляет собой катушку (обмотку), основным параметром которой является индуктивность $L = \mu_a W^2 S/h$, где W - число витков, S - площадь поперечного сечения катушки, h - высота и μ_a – абсолютная магнитная проницаемость, характеризующая магнитные свойства среды.

Индуктивность – это коэффициент пропорциональности **между** **потокосцеплением** $\psi = W\Phi$, создаваемым протекающим в катушке током и **величиной этого тока** I , т.е.

$$\psi = L \cdot I$$

В системе СИ единица измерения индуктивности - генри (Гн).

Известно, что при синусоидальном напряжении и токе в электрической цепи, ток в катушке индуктивности отстает от напряжения по фазе на угол 90° .

В цепи с активным R и индуктивным X_L сопротивлениями, ток отстает от напряжения по фазе на угол $\varphi < 90^\circ$.

Действующее значение тока, протекающего через катушку индуктивности, связано с действующим на ней значением напряжения формулой закона Ома.

$$I = \frac{U_L}{X_L} = \frac{U_L}{\omega L}.$$

Величина $X_L = \omega L$; где $\omega = 2 \pi f$.

В цепях синусоидального тока с ее помощью учитывается явление самоиндукции, т.е. наведение ЭДС в проводнике при изменении магнитного поля, окружающего этот проводник. Единица измерения X_L - Ом.

При наличии синусоидального тока в цепи, показанной на рис 2. а, б,

приложенное к цепи напряжение, согласно второму закону Кирхгофа, равно векторной (геометрической) сумме падений напряжений на активном U_R и индуктивном U_L сопротивлениях, т.е. $U^2 = U_R^2 + U_L^2$.

Действующее значение напряжения определяется равенством

$$U = \sqrt{U_L^2 + U_R^2} = \sqrt{(RI)^2 + (X_L I)^2} = \sqrt{R^2 + X_L^2} = I \cdot Z$$

Отсюда можно определить действующее значение тока в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}.$$

Выражение $\sqrt{R^2 + X_L^2}$ - называют полным сопротивлением цепи. В такой цепи ток отстает по фазе от напряжения на угол 90° .

$$\varphi = \arctg \frac{X_L}{R}$$

Активная мощность в цепи (Рис. 2) определяется по формуле:

$$P = R \cdot I^2 = R \cdot \left(\frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} \right)^2 = \frac{U^2 \cdot R}{(R^2 + X_L^2)}$$

Изменение активного и индуктивного сопротивлений по разному влияют на изменение активной мощности цепи. Можно показать, что мощность максимальна, если $R = X_L$.

Порядок выполнения работы

1. Исследовать схему (Рис. 2 а, б), содержащую последовательно включенные элементы R и L.

Компьютерная модель этой схемы приведена на Рис.3.

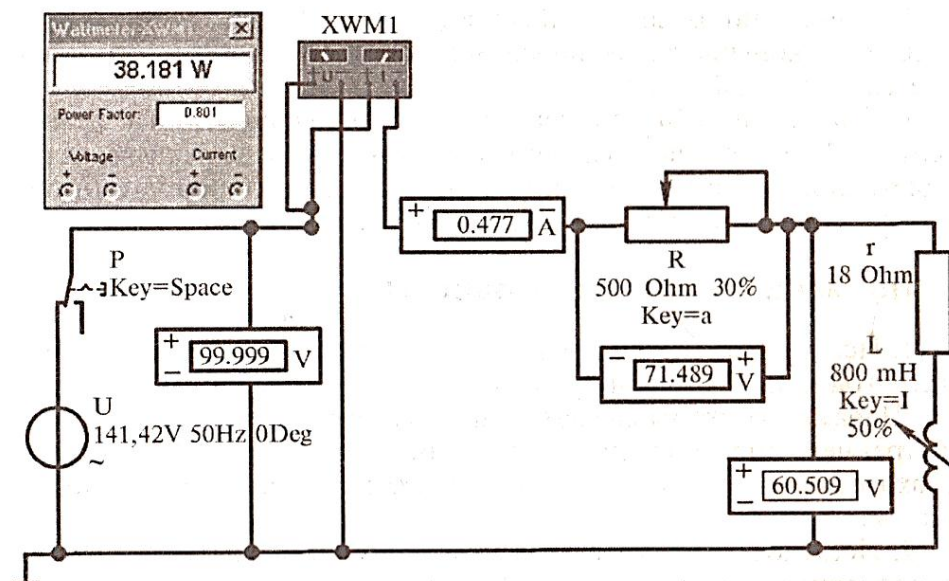


Рис. 3. Компьютерная модель схемы, содержащей R и L.

Параметры схемы для различных вариантов приведены ниже.

В модели (Рис.3.) r - это внутреннее сопротивление катушки индуктивности L .

Напряжение на входе схемы во время эксперимента автоматически поддерживается постоянным.

2. Исследовать работу схемы при постоянном сопротивлении R , изменяя величину индуктивности катушки от максимального значения до нуля (Рис.2,а). Данные записать в Таблицу 1.

Формулы для расчетов: $Z = \frac{U}{I}$; $R + r = \frac{P}{I^2}$; $Z_k = \frac{U_k}{I}$; $R = \frac{U_R}{I}$;

$$r = \frac{P}{I^2} - R; \quad X_L = \sqrt{Z^2 - r^2}; \quad \cos \varphi = \frac{P}{IU}.$$

Таблица 1

№ п/п	Измерено					Вычислено						
	I, A	U, B	U_K, B	U_R, B	$P, Bт$	$Z, Ом$	$R + r, Ом$	$Z_K, Ом$	$R, Ом$	$r, Ом$	$X_L, Ом$	$\cos \varphi$

3. Исследование при постоянных параметрах катушки индуктивности и изменении активного сопротивления цепи (Рис.1,б) от $R = 0$ до $R = \max$, изменяя ток через 0,1А. Данные свести в Таблицу 2.

Формулы для вычислений те же, что были приведены ранее в п.2.

Формулы для расчетов: $Z = \frac{U}{I}$; $R + r = \frac{P}{I^2}$; $Z_k = \frac{U_k}{I}$; $R = \frac{U_R}{I}$;

$$r = \frac{P}{I^2} - R; \quad X_L = \sqrt{Z^2 - r^2}; \quad \cos \varphi = \frac{P}{IU}.$$

Примечание: Z - полное сопротивление всей электрической цепи,

Z_k - полное сопротивление катушки, включающее собственное активное сопротивление r катушки.

Таблица 2

№ п/п	Измерено					Вычислено							
	I, A	U, B	U_K, B	U_R, B	$P, Bт$	$Z, Ом$	$R + r, Ом$	$Z_K, Ом$	$R, Ом$	$r, Ом$	$X_L, Ом$	$\cos \varphi$	

4. Построить в одних осях координат по данным п. 2. зависимости: $I; U_R; U_L; P; \cos \varphi; Z=f(X_L)$ и в других осях координат по данным п. 3. зависимости: $I; U_R; U_L; P; \cos \varphi; Z=f(R)$.
5. Сделать выводы по проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Записать выражение для закона Ома для последовательного соединения элементов R и L.

$$\begin{array}{ll} \text{а) } I = \frac{P}{U}, & Z = \sqrt{(R + X_L)^2}, \quad X_L = \omega L; \\ \text{б) } I = \frac{U}{Z}, & Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}, \quad X_L = \omega L; \\ \text{в) } I = \frac{P}{U}, & Z = \sqrt{(R^2 - X_L)^2}, \quad X_L = \omega L; \\ \text{г) } I = \frac{P}{Z}, & Z = \sqrt{(R^2 - X_L)^2}, \quad X_L = \omega L; \\ \text{д) } I = \frac{U}{P}, & Z = \sqrt{(R - X_L)^2}, \quad X_L = \omega L. \end{array}$$

2. Записать выражение общего сопротивления для последовательного соединения R и L. Почему уменьшается $\cos\varphi$ при увеличении индуктивного сопротивления?

- а) $Z = R + j X_L, \quad Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}, \quad \cos \varphi = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}};$
 б) $Z = R + j X_L, \quad Z = \sqrt{(R + X_L)^2}, \quad \cos \varphi = \frac{X_L}{\sqrt{(R + X_L)^2}};$
 в) $Z = R + j X_L, \quad Z = \sqrt{R + X_L^2}, \quad \cos \varphi = \frac{X_L}{\sqrt{R + X_L^2}};$
 г) $Z = R + j X_L, \quad Z = \sqrt{R^2 - X_L^2}, \quad \cos \varphi = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 - X_L^2}};$
 д) $Z = R + j X_L, \quad Z = \sqrt{(R - X_L)^2}, \quad \cos \varphi = \frac{X_L}{\sqrt{(R - X_L)^2}}.$

3. Как изменяются активная и реактивная мощности при изменении R от 0 до ∞ и $L = \text{const}$?

- а) $P_a = P \cos \varphi = UI \cdot \cos \varphi$ изменяется от $P_a = P = UI$ до $P_a = 0$,
 $P_p = P \sin \varphi = UI \cdot \sin \varphi$ изменяется от $P_p = P = UI$ до $P = 0$;
 б) $P_a = P \sin \varphi = UI \cdot \sin \varphi$ изменяется от $P_a = 0$ до $P_a = P = UI$,
 $P_p = P \cos \varphi = UI \cdot \cos \varphi$ изменяется от $P_p = 0$ до $P = P_a = UI$;
 в) $P_a = P \cos \varphi = UI \cdot \cos \varphi$ изменяется от $P_a = 0$ до $P_a = P = UI$,
 $P_p = P \sin \varphi = UI \cdot \sin \varphi$ изменяется от $P_p = P = UI$ до $P = 0$;
 г) $P_a = P \cos \varphi = UI \cdot \sin \varphi$ изменяется от $P_a = P$ до $P_a = UI = 0$,
 $P_p = P \cos \varphi = UI \cdot \sin \varphi$ изменяется от $P_p = P = UI$ до $P = 0$;
 д) $P_a = P \sin \varphi = UI \cdot \cos \varphi$ изменяется от $P_a = P$ до $P_a = UI = 0$,
 $P_p = P \cos \varphi = UI \cdot \sin \varphi$ изменяется от $P_p = 0$ до $P = P_a = UI$.

4. Как изменяется общее сопротивление цепи Z, активная и реактивная составляющие тока при изменении R от 0 до ∞ . и $L = \text{const}$?

- а) $X_L \geq Z \leq \infty, \quad 0 \geq I_a = I \cos \varphi \geq I, \quad I \leq I_p = I \sin \varphi \geq 0;$
 б) $X_L \leq Z \geq \infty, \quad 0 \leq I_a = I \cos \varphi \geq I, \quad I \geq I_p = I \sin \varphi \leq 0;$
 в) $X_L \geq Z \geq \infty, \quad 0 \geq I_a = I \cos \varphi \leq I, \quad I \leq I_p = I \sin \varphi \geq 0;$
 г) $X_L \leq Z \leq \infty, \quad 0 \leq I_a = I \cos \varphi \leq I, \quad I \geq I_p = I \sin \varphi \geq 0;$
 д) $X_L \leq Z \geq \infty, \quad 0 \geq I_a = I \cos \varphi \leq I, \quad I \leq I_p = I \sin \varphi \leq 0.$

Методические указания.

Отсутствие навыка работы в электронной лаборатории требует повышенного внимания при выполнении лабораторной работы. Поэтому еще раз следует напомнить, что для выполнения лабораторной работы необходимо установить программу Electronics Workbench 5.12 - Portable-Эмулятор электрических схем, которую можно найти в Интернете по адресу:

<http://soft-plus.ucoz.ru/load/100-0-261>

и бесплатно скачать на рабочий компьютер.

После установки указанной программы на рабочем столе компьютера появляется символика программы Electronics Wor.... После запуска программы появляется окно, в котором располагается меню, инструментальная строка и строка библиотеки компонентов.

Ниже появляется не поименованное (Untitled) рабочее поле, в пределах которого будет производиться построение исследуемых схем (схемы электрических цепей с R и L) с необходимыми приборами для выполнения измерений и регистрации результатов моделирования;

Элементы электрической цепи из окон выбора источников (Sources), измерительные приборы амперметр и вольтметр берутся с панели индикатора (Indicators), а осциллограф - с панели инструментов (Instruments).

Измерительные приборы - амперметр и вольтметр переключаются в режим измерения переменного тока AC.

Численные значения параметров принимаются в соответствии с вариантом по следующему правилу.

Для студентов, фамилии которых начинаются с букв:

	А, Б и В;	Г, Д и Е;	Ж, З и И;	К и М;	Н, О и П;	Р, С и Т;	У, Ф и Х;	Ц, Ч и Ш;	Щ, Э и Я;
U =	120	220	80	120	60	380	220	120	60 (В).
R =	5-15	1-20	2-10	4-18	3-12	8-15	6-14	2-8	2-9 (Ом).
cosφ=	0.8	0.78	0.7	0.65	0.5	0.46	0.72	0.64	0.58

Для всех вариантов: $\omega=50$ Гц.

Отчетность.

Лабораторная работа считается выполненной, если погрешность сравнения результатов расчета и измерений не превышает 1-1.5%

Выполнение работы не следует откладывать на время сессии.