

Цепи однофазного синусоидального тока в установившемся режиме.
Лабораторная работа N4

ПРОСТЫЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

I. Краткое содержание работы

В работе исследуются соотношения между синусоидальными напряжениями и токами при последовательном и параллельном соединении резистивных, индуктивных и емкостных элементов цепи. По экспериментальным данным производятся определение параметров последовательной и параллельной схем замещения реальных элементов цепи, строятся векторные диаграммы токов и напряжений. Для последовательной резонансной цепи исследуются переменные режимы при изменении индуктивности. Все расчеты и анализ экспериментальных результатов выполняются с использованием символьного (комплексного) метода. Работа может выполняться на сильноточном стенде и на ПК.

II. Задание на подготовительную работу

Повторить разделы курса ТОЭ по теме лабораторной работы. Рекомендуемая литература: [1] с. 61-84, [2] с. 86-100, 106-108, 110-112.
Выполнить в письменной форме следующее задание:

1. Определить параметры последовательной и параллельной схем замещения катушки по данным измерений на частоте 50 Гц по показаниям вольтметра, амперметра и фазометра (рис. 4.1, табл. 4.1).
Рассчитать токи и напряжения обеих схем замещения.

Таблица 4.1

N бригады	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
V, В	40	30	25	40	30	25	40	30	25	40	30	25
A, А	0,5	0,4	0,25	0,4	0,3	0,2	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2
Φ , град	70	75	80	75	60	70	72	68	65	80	85	75

2. По данным п.1 найти параметры последовательной и параллельной схем замещения катушки, построить векторные диаграммы токов и напряжений для найденных схем замещения.

3. Определить ток в цепи из последовательно соединенных резистора R и конденсатора C при частоте $f = 50$ Гц (рис. 4.2, табл. 4.2).

Таблица 4.2

N бригады	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
U, В	40	30	25	40	30	25	40	30	25	40	30	25
R, Ом	50	25	25	50	25	25	50	25	25	50	25	25
C, мкФ	127	64	80	64	80	80	106	106	80	160	80	106

4. По данным п.3 построить векторные диаграммы тока и напряжений. Определить показания фазометра, вольтметров V_R и V_C .

5. Для случая параллельного соединения резистора R и конденсатора C (рис. 4.3) (значения R и C - из табл. 4.2) определить эквивалентное (входное) комплексное сопротивление на частоте 50 Гц. При каком напряжении питания амперметр на входе покажет 1 А? При этом напряжении построить векторную диаграмму токов и напряжений, определить показания амперметров во всех ветвях.

6. В цепь рис. 4.2 с параметрами R, C из табл. 4.2 последовательно включается идеальная индуктивная катушка L. При какой индуктивности L_0 входное сопротивление цепи на частоте 50 Гц будет чисто активным? Как называется этот режим?

III. Рабочее задание

1. Собрать цепь для измерения параметров катушки переменной индуктивности по схеме рис. 4.1 с фазометром. Фазометр при данном включении измеряет угол сдвига между комплексами ЭДС питания и тока.

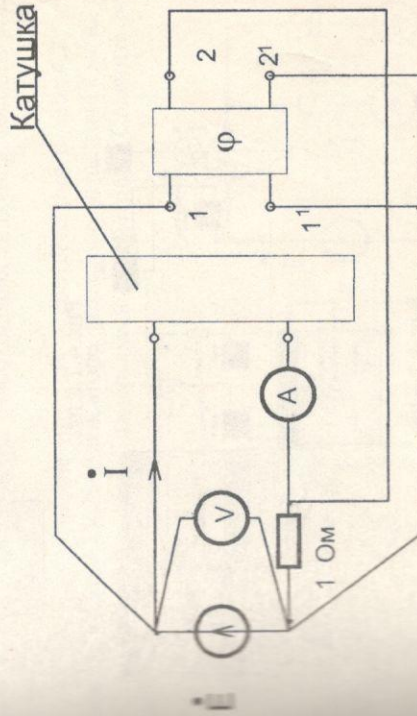


Рис. 4.1

При напряжении питания $U = 20$ В изменением зазора в магнитной цепи катушки установить ток $I = 0,5$ А и записать показания приборов. По данным измерений рассчитать параметры последовательной и параллельной схем замещения катушки и построить векторные диаграммы токов и напряжений для

обеих схем замещения. При выполнении работы на ПК необходимо помнить во внимание следующие технические и методические обстоятельства:
 - в меню инструментов Multisim отсутствует фазометр, однако имеются

- эксперименты диагностического характера на ПК затруднительны. Поэтому программа компьютерного эксперимента по п.1 рабочего задания может заключаться в следующем. По данным табл.4.1 и расчетов п.2 подготовительного задания найдены параметры последовательной и параллельной схем замещения катушки на промышленной частоте 50 Гц. Именно эти схемы с найденными параметрами собираются на ПК, сравниваются между собой при одинаковом напряжении питания на ПК, сравниваются между активной мощностью, измеряемой ваттметром (см. рис.4.1.а.пк. и рис.4.1.б.пк.)

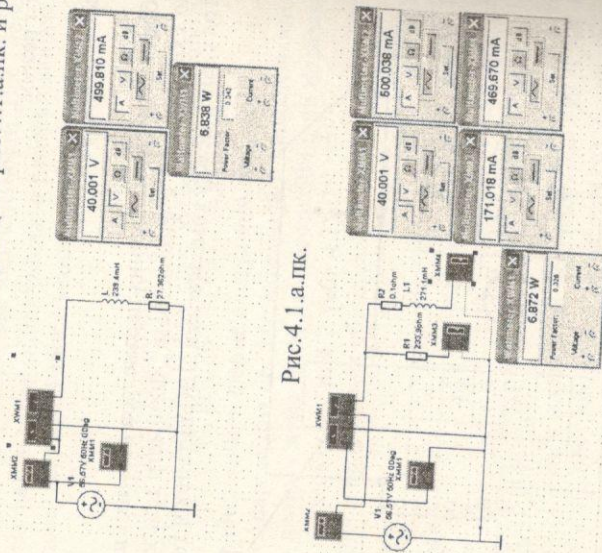


Рис.4.1.а.пк.

Рис.4.1.б.пк.

Сравнивая результаты моделирования для последовательной и параллельной схем, видим, что они практически совпадают. Однако для этого пришлось в параллельной схеме замещения катушки рис.4.1.б.пк. в ветвь катушки ввести малый резистор $R_2=0.1 \text{ Ом}$. Если этого не сделать, то результаты расчета коэффициента мощности (Power Factor, т.е $\cos \phi$) получатся ошибочными

(см.рис.4.1.в.пк). Объяснение этому выходит за рамки рассматриваемого раздела анализа установившегося синусоидального режима цепей переменного тока: при моделировании схем на ПК, как и в реальной жизни, уже

новившийся режим наступает в конце переходного процесса, когда свободные (апериодические) составляющие затухают до нуля. Однако в схеме рис.4.1.в.пк. установившийся режим в ветви с катушкой не наступит никогда, поскольку резистивное сопротивление катушки принято равным нулю.

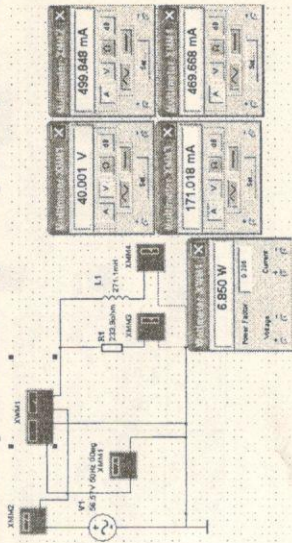


Рис.4.1.в.пк.

2. Собрать цепь из последовательно соединенных резистора R и конденсатора C (рис.4.2). Величины R и C взять из табл.4.2. Необходимое значение сопротивления резистора R получить настройкой на постоянном токе мультиметра и амперметра. Необходимая величина емкости устанавливается магистром емкости.

Установить напряжение питания в соответствии с табл.4.2, измерить в цепи, напряжения на конденсаторе, резисторе, угол сдвига между ЭДС и напряжением на конденсаторе, измеряемый фазометром. Сравнить результаты опыта с расчетом (раздел II, п.п. 3, 4).

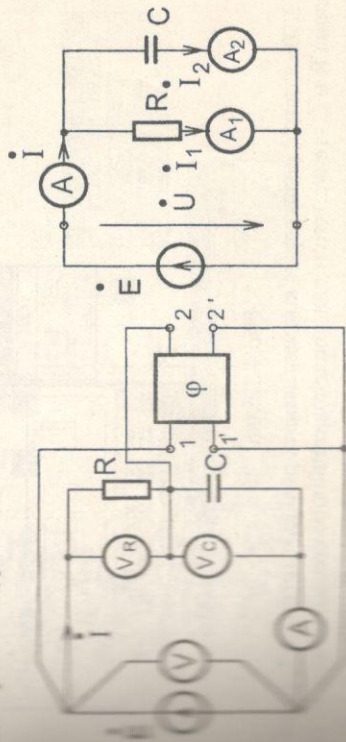


Рис.4.2

Рис.4.3

При выполнении работы на ПК собирается схема рис.4.2.пк. (приведена в разделе II варианта №1), в которой вместо фазометра включен ваттметр, позволяющий активную мощность цепи. По его показаниям можно определить

Угол сдвига между входным напряжением и током, а затем и между напряжением на емкости и входным напряжением, учитывая известную величину угла отставания напряжения на емкости от тока на 90° .

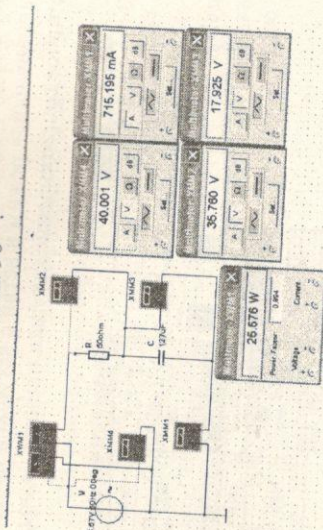


Рис.4.2.п.к.

Можно измерить фазовый сдвиг между напряжением на входе и конденсатором и с помощью двухлучевого осциллографа (см. рис.4.2.б.п.к.).

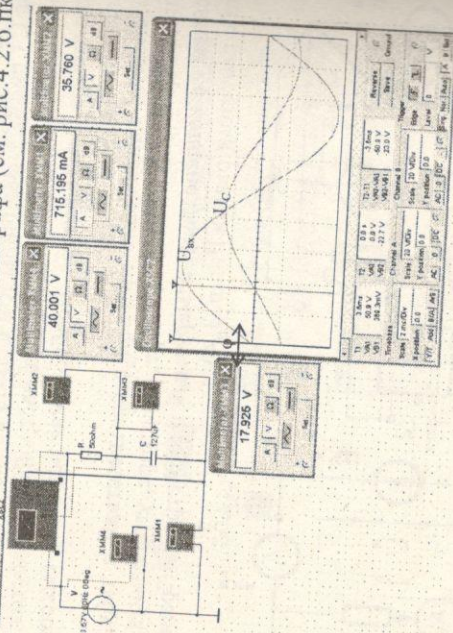


Рис.4.2.б.п.к.

3. Включить резистор и конденсатор параллельно (рис.4.3, рис.4.3.п.к.) увеличивая напряжение питания, установить ток на входе, равный 1 А. Заприсутствует еще амперметр и вольтметра на входе (в схеме рис.4.3.п.к. нить результаты опыта с расчетом (раздел II, п.5).

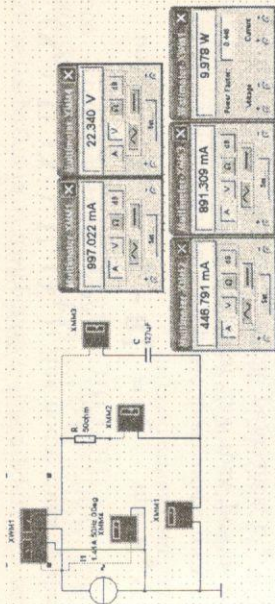


Рис.4.3.п.к.

4. Собрать последовательную цепь из резистора $R=20\text{-}30\ \Omega$, катушки переменной индуктивности L и конденсатора $C=30\text{-}35\ \mu\text{F}$. Предусмотреть прибор для измерения тока и напряжений на резисторе, катушке, конденсаторе и на входе цепи. Учесть, что напряжения на индуктивности и емкости в резонансе значительно превышают напряжение питания.
(К этим элементам цепи следует подключать вольтметры с пределом измерения 100 В).

Схема компьютерного моделирования с параметрами: $U=20\ \text{В}$, $R=20\ \Omega$, $C=30\ \mu\text{F}$, резистивным сопротивлением катушки $R_L=5\ \Omega$, в режиме, близком к резонансному, приведена на рис.4.4.п.к. Для точного определения резонансного режима в схему включен ваттметр, позволяющий определить мощность и коэффициент мощности ($\cos \varphi$). Тогда резонанс можно обнаружить не только по максимуму тока, напряжения на емкости, но и по максимуму активной мощности и $\cos \varphi = 1$.

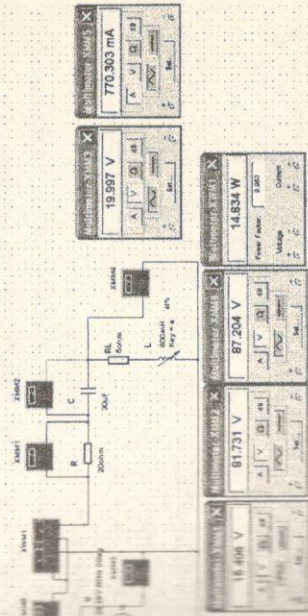


Рис.4.4.п.к.

При изменении напряжения на входе $U=20\text{-}30\ \text{В}$ исследовать зависимость тока в цепи и напряжений на ее элементах при изменении индуктивности от минимальной до максимальной величины (10-15 значений). Если это следует производить измерения вблизи резонанса (т.е. в области резонансного тока).

**ПЕРЕМЕННЫЕ РЕЖИМЫ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ
СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА**

I. Краткое содержание работы

Основное внимание уделяется графическим методам анализа переменных режимов цепей синусоидального тока с построением геометрических мест концов векторов (годографов) исследуемых переменных на комплексной плоскости. Рассматриваются важные для практики режимы цепей, изображаемые линейными и круговыми диаграммами. Анализируются схемы, имеющие достаточно широкое самостоятельное применение (фазовращатель, неуравновешенный источник синусоидального тока). Работа может выполняться на специальном стенде и ПК.

II. Задание на подготовительную работу

Повторить разделы курса ТОЭ по теме лабораторной работы. Рекомендуемая литература: [1], с.159-167, [2], с.159-166.

Выполнить в письменной форме следующее задание:

1. Построить в масштабе $m_i = 0,1 \frac{A}{cm}$ линейную диаграмму тока \dot{I} в схеме рис.5.1 при изменении емкости конденсатора C от 0 до 100 мкФ и известных $U, X_L, R, R_L = 8 \text{ Ом}$ (табл.5.1). По диаграмме и аналитически определить емкость конденсатора, при которой ток и напряжение на входе цепи совпадают по фазе (режим резонанса токов).

Таблица 5.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$U, В$	40	30	20	35	30	25	40	30	20	35	30	25
$C, \text{мкФ}$	25	30	35	25	30	35	40	30	35	25	30	35
$R_L, \text{Ом}$	50	40	25	50	30	30	50	45	30	50	40	30
$R, \text{Ом}$	50	40	25	50	30	30	50	45	30	50	40	30

Как по величине входного тока можно судить о режиме резонанса в этой цепи?

2. Построить качественно круговую диаграмму общего тока \dot{I} в схеме рис.5.2 при изменении индуктивного сопротивления X_L от нуля до ∞ и неизменном U для случая, когда возможны два режима резонанса токов. При ка-

5. Используя результаты измерений п.4, построить резонансные кривые $I(X_L), U_k(X_L), U_C(X_L), U_R(X_L)$. Для построения графиков величин индуктивного сопротивления можно приближенно считать равно $X_L = \frac{U_k}{I}$, поскольку $X_L = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2} \approx Z_k$ при $R_k \ll Z_k$.

6. По данным п.4 построить векторные диаграммы тока и напряжений с учетом активного сопротивления катушки для трех режимов: до резонанса ($U_k < U_C$), близком к резонансу, после резонанса ($U_k > U_C$). При построении диаграммы учесть, что угол между вектором тока и вектором напряжения на катушке меньше, чем $\frac{\pi}{2}$.