

Виртуальные лабораторные работы по электротехнике.

1. исследование распределения токов, напряжений и мощностей при различных способах соединения пассивных элементов;
2. исследование последовательного включения R , L , C элементов в цепи переменного тока при изменении ёмкости C ;
3. исследование параллельного включения R , L , C элементов в цепи синусоидального тока при изменении ёмкости C и явления резонанса токов;
4. изучение и экспериментальное исследование трёхфазной трёхпроводной и четырёхпроводной цепей с активной нагрузкой;
5. изучение устройства и принципа действия однофазного трансформатора.

1. Исследование распределения токов, напряжений и мощностей при различных способах соединения пассивных элементов.

Цель работы – исследование распределения токов, напряжений и мощностей при различных способах соединения пассивных элементов.

Последовательное соединение. Последовательным называется соединение, когда конец одного элемента соединяется с условным началом второго, конец второго – с началом третьего и т.д.

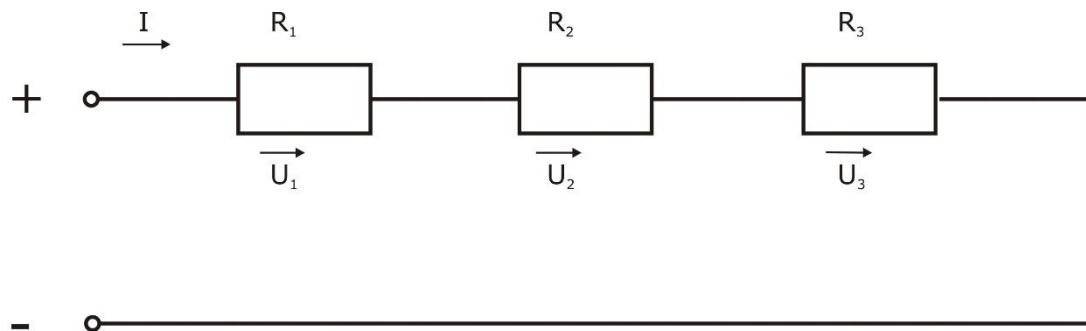


Рис. Последовательное соединение

Для последовательного соединения характерным является общий ток.

Эквивалентное сопротивление:

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + R_3$$

Напряжение на отдельных элементах распределяется пропорционально величинам их сопротивлений:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

Суммарная мощность приемников:

$$P_i = I^2 R_i = U_i I$$

Параллельное соединение

Параллельным называется такое соединение, при котором соединяются вместе начала приемников и, соответственно, их концы. Напряжение подается на начало и концы.

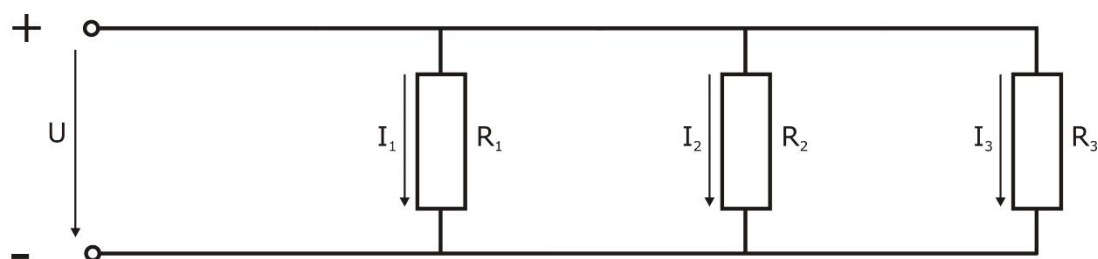


Рис. Параллельное соединение

При параллельном соединении элементы находятся под одним и тем же напряжением – напряжением питающей сети.

Эквивалентное соединение определяется из выражения:

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}; \text{ или}$$

$$g_{\Sigma} = g_1 + g_2 + g_3,$$

где g - проводимость элемента.

$$g_1 = \frac{1}{R_1}, \quad g_2 = \frac{1}{R_2}, \quad g_3 = \frac{1}{R_3}$$

Токи в ветвях распределяются обратно пропорционально сопротивлениям элементов:

$$I = I_1 + I_2 + I_3,$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = g_1 U,$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Смешанное соединение

Смешанным называется такое соединение, при котором имеют место и последовательное, и параллельное соединение элементов.

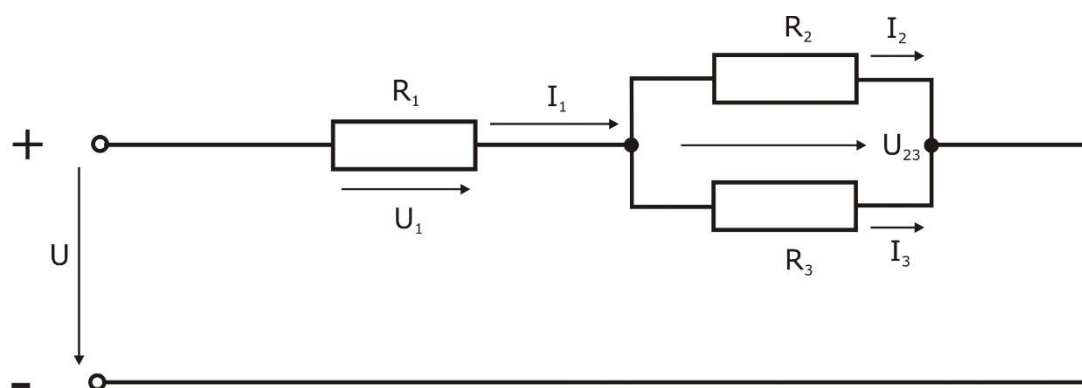


Рис. Смешанное соединение элементов

Для схемы справедливы отношения:

$$U_2 = U_3 = U_{23}, \quad U = U_1 + U_{23};$$

$$I_1 = I_2 + I_3;$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U}{R_{\Sigma}}, \quad I_2 = \frac{U_{23}}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U_{23}}{R_3};$$

$$R_{\Sigma} = R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3};$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3;$$

Виртуальная лаборатория

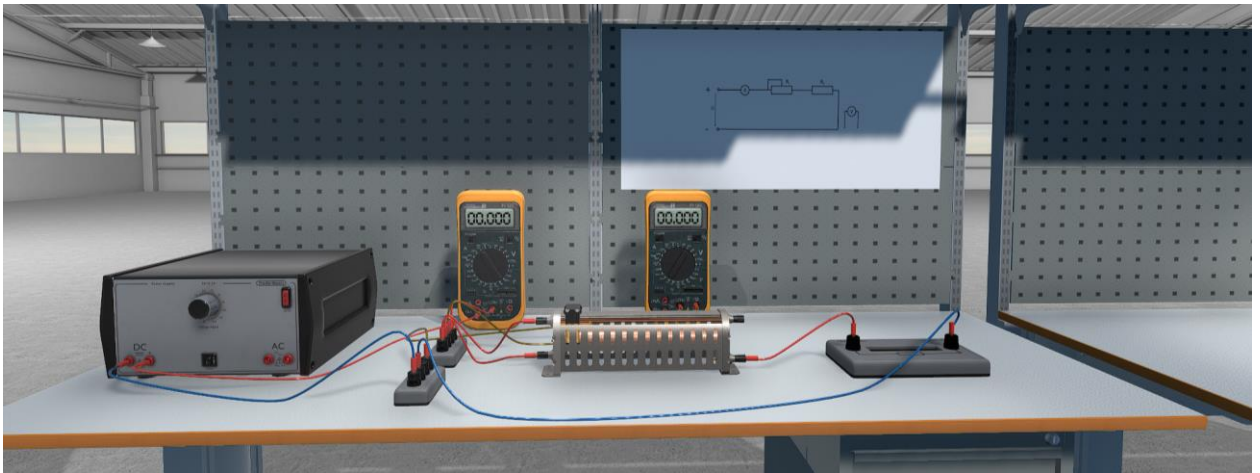


Рис. Стол№1 в виртуальной лаборатории

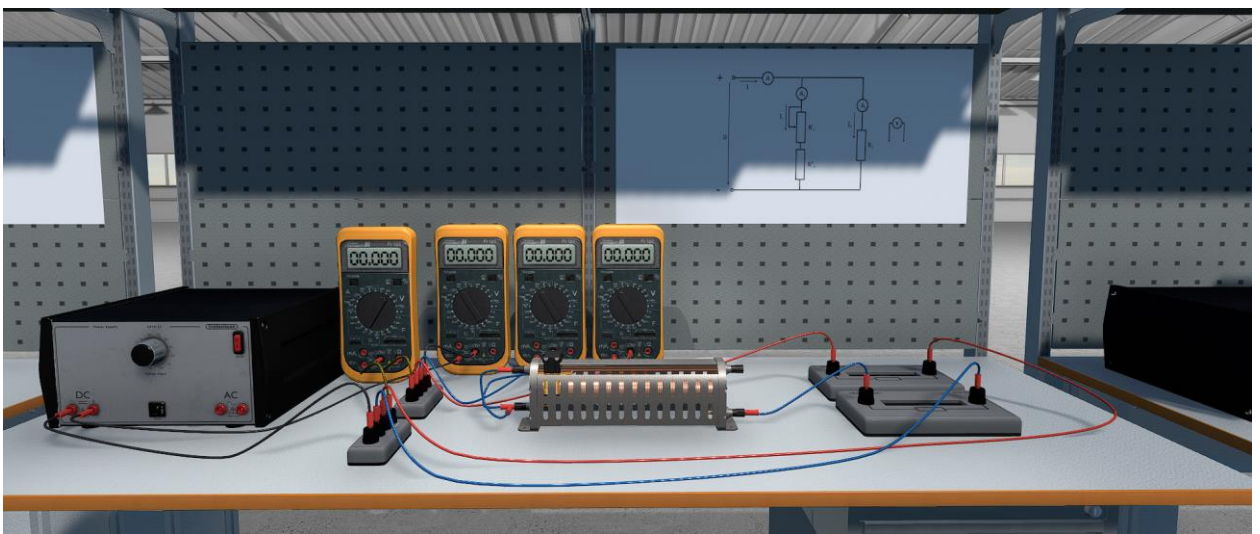


Рис. Стол№2 в виртуальной лаборатории

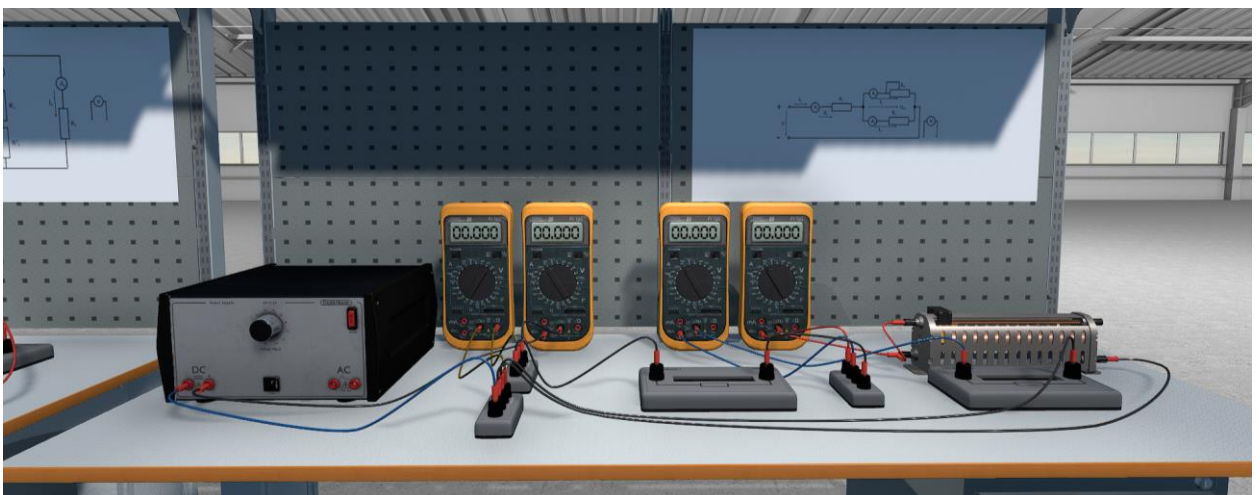


Рис. Стол№3 в виртуальной лаборатории

Порядок выполнения работы

Смысл лабораторной работы заключается в проверке закона Ома для последовательного, параллельного и смешанного соединения сопротивлений.

Последовательное соединение.

1. Включите стенд. Рукоятку блока питания установите в крайнее левое положение, при котором $U = 0$ В.
2. Нажмите на кнопку подачи постоянного напряжения соответствующего источника питания.
3. Поворачивая рукоятку блока питания, установите напряжение $U = 50$ В. Потенциометр R_1 полностью введен.
4. Снимите показания приборов и занесите в таблицу.
5. При том же напряжении источника питания уменьшите сопротивление потенциометра примерно в половину и снова снимите показания всех приборов.
6. Произведите расчет всех параметров, указанных в таблице.

Таблица 1

Измерено				Вычислено					
$U,$ В	$U_1,$ В	$U_2,$ В	$I,$ А	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_{\Sigma},$ Ом	$P_1,$ Вт	$P_2,$ Вт	$P_{\Sigma},$ Вт

Таблица 2

Измерено				Вычислено					
$U,$ В	$I,$ А	$I_1,$ А	$I_2,$ А	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_{\Sigma},$ Ом	$P_1,$ Вт	$P_2,$ Вт	$P_{\Sigma},$ Вт

Таблица 3

Измерено						Вычислено						
$U,$ В	$U_1,$ В	$U_{23},$ В	$I_1,$ А	$I_2,$ А	$I_3,$ А	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_3,$ Ом	$P_1,$ Вт	$P_2,$ Вт	$P_3,$ Вт	$P,$ Вт

Отчет должен содержать:

1. ФИО исполнителя, группа.
2. Оборудование, схемы.
3. Ход действий, результаты вычислений. Заполненные таблицы.
4. Выводы.

2. Исследование последовательного включения R, L, C элементов в цепи переменного тока при изменении ёмкости C .

Цель работы – исследование последовательного включения R, L, C элементов в цепи переменного тока при изменении ёмкости C .

Задачи:

- изучить условия возникновения и признаки резонанса напряжения;
- научиться строить векторные диаграммы напряжений и токов, треугольники сопротивлений и мощностей.

Если цепь, содержащую последовательно соединённые элементы R, L, C (рис.), подключить к источнику синусоидального напряжения:

$$u = U_m \sin \omega t ,$$

то в цепи установится ток

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

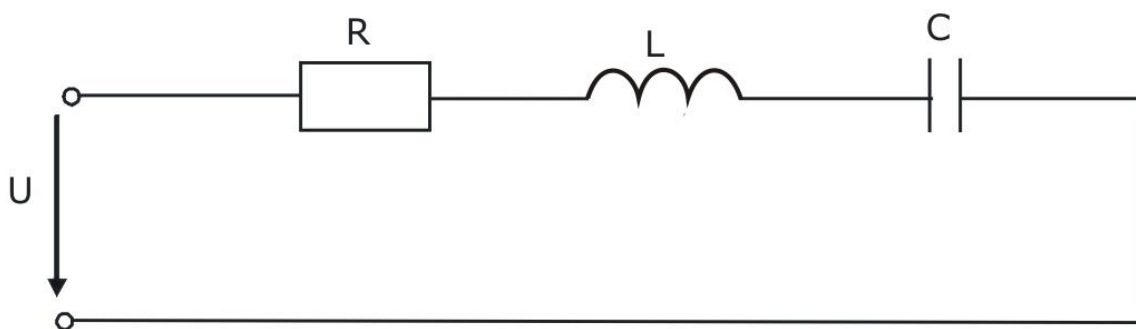


Рис. Последовательное соединение R, L, C

Закон Ома для цепи на рисунке:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} ,$$

где Z – полное сопротивление;

X_L, X_C – соответственно индуктивное и емкостное сопротивления,

$$X_L = \omega L = 2 \pi f L; \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 \pi f C}$$

Разность $X = X_L - X_C$ называют реактивным сопротивлением.

В цепях переменного тока различают активную, реактивную (индуктивную и ёмкостную) и полную мощность цепи. Активная мощность аналитически определяется:

$$P = UI \cos \varphi \quad [\text{Вт}].$$

В опыте активную мощность измеряют ваттметром.

Реактивная мощность:

$$Q_L = U_L I = X_L I^2 \quad [\text{вар}],$$

$$Q_C = U_C I = X_C I^2 \quad [\text{вар}],$$

$$Q = Q_L - Q_C = (X_L - X_C) I^2 = X I^2 = UI \sin \varphi \quad [\text{вар}]$$

Полная мощность:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = Z I^2 = UI \quad [\text{ВА}]$$

Если при последовательном соединении R , L , C реактивные сопротивления равны $X_L = X_C$, то в цепи наступит резонанс напряжений. Признаком его является максимальный ток:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{U}{R}$$

Коэффициент мощности в этом случае равен единице, ток и напряжение совпадают по фазе, реактивная мощность равна нулю, полная мощность равна активной.

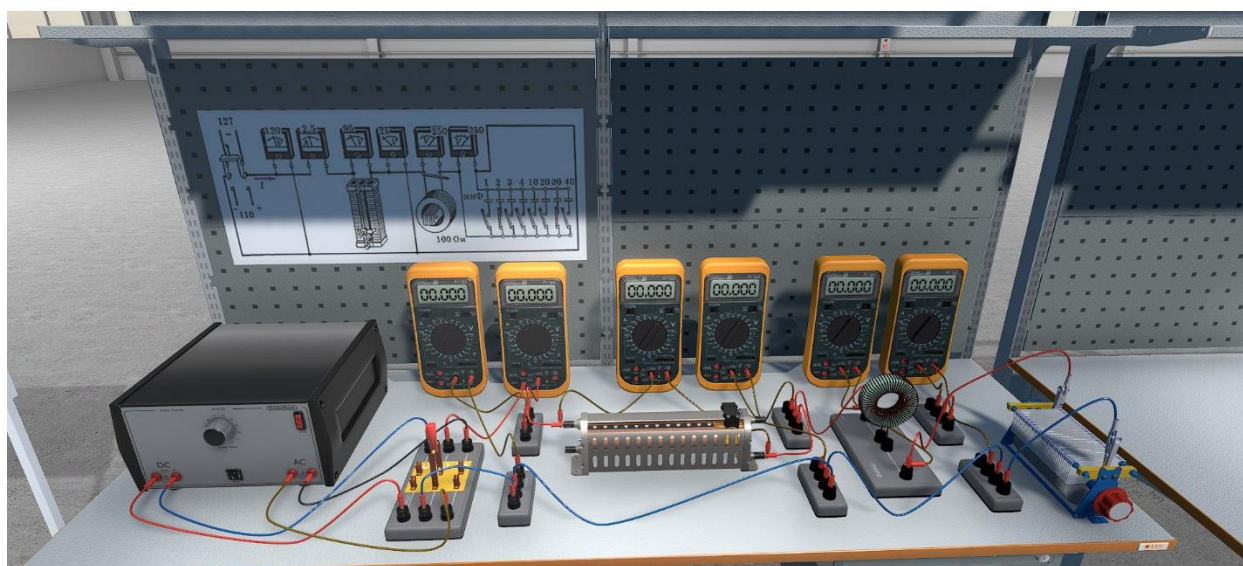


Рис. Стол №1 в виртуальной лаборатории

На стенде собрана цепь по схеме рис.

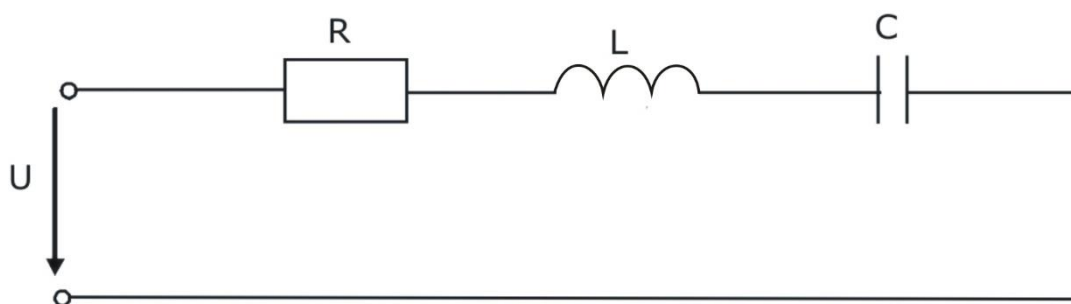


Рис. Схема проведения опыта

2. Включите источник питания.
3. Установите напряжение $U = 25$ В.
4. Изменяя ёмкость батареи конденсаторов, добейтесь резонанса в цепи.
5. Снимите показания приборов и занесите в таблицу.

Таблица

ИЗМЕРЕНО													
C, мкФ		U, В		I, А		U _R , В		U _C , В		U _K , В		P, Вт	
ВЫЧИСЛЕНО													
Z _K	R _K	X _L	L	U _{ak}	U _L	cos φ	cos φ _K	X _C	X _L – X _C	Q, вар	S, ВА		
ОМ	ОМ	ОМ	ГН	В	В			ОМ	ОМ				

6. Отступая от резонансной ёмкости $C_{рез}$ с шагом $\Delta C = 30$ мкФ в сторону увеличения или уменьшения ёмкости, сделайте 5 измерений. Результаты измерений внесите в таблицу.
7. Вычислите величины, указанные в таблице.
8. Сравните параметры (R_K, L), полученные по результатам вычислений, с паспортными данными катушки.

Относительная погрешность измерений:

$$\delta R = \frac{R_{K \text{ расч}} - R_{K \text{ пасп}}}{R_{K \text{ пасп}}} 100\%,$$

$$\delta L = \frac{L_{\text{расч}} - L_{\text{пасп}}}{L_{\text{пасп}}} 100\%$$

9. Постройте векторные диаграммы для резонанса ($\varphi = 0$), и для случаев $\varphi < 0$ и $\varphi > 0$.
10. Постройте треугольники сопротивлений и мощностей для этих же случаев.
11. Постройте в одной системе координат и проанализируйте графики зависимостей $U_L(C), U_C(C), I(C), \cos \varphi(C)$.

Формулы для вычислений

$$\begin{aligned}Z_K &= U_K / I, & P_R &= U_R I, \\P_K &= P - P_R, & R_K &= P_K / I^2, & X_L &= \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}, \\U_{ak} &= I R_K, & U_L &= I X_L, \\\cos \varphi &= P / UI, & \cos \varphi_K &= P_K / U_K I = R_K / Z_K, \\X_C &= U_C / I, & Q &= I^2 (X_L - X_C), & S &= UI.\end{aligned}$$

Отчет должен содержать:

1. ФИО исполнителя, группа.
2. Оборудование, схемы.
3. Ход действий, результаты вычислений. Заполненные таблицы.
4. Выводы.

3. Исследование параллельного включения R, L, C элементов в цепи синусоидального тока при изменении ёмкости C и явления резонанса токов.

Цель работы – исследование параллельного включения R, L, C элементов в цепи синусоидального тока при изменении ёмкости C и явления резонанса токов.

Задача - научиться строить векторные диаграммы напряжений и токов.

Если цепь, содержащую параллельно соединённые приёмники Z_1, Z_2, Z_3 (рис.2.1) подключить к источнику переменного синусоидального напряжения

$$u = U_m \sin \omega t,$$

то токи всех приёмников также будут изменяться по синусоидальному закону, действующие значения которых можно определить по закону Ома:

$$I_i = \frac{U}{Z_i} = \frac{U}{\sqrt{R_i^2 + (X_{Li} - X_{Ci})^2}}$$

Ток в неразветвлённой части цепи в комплексной форме определяется как алгебраическая сумма токов ветвей:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

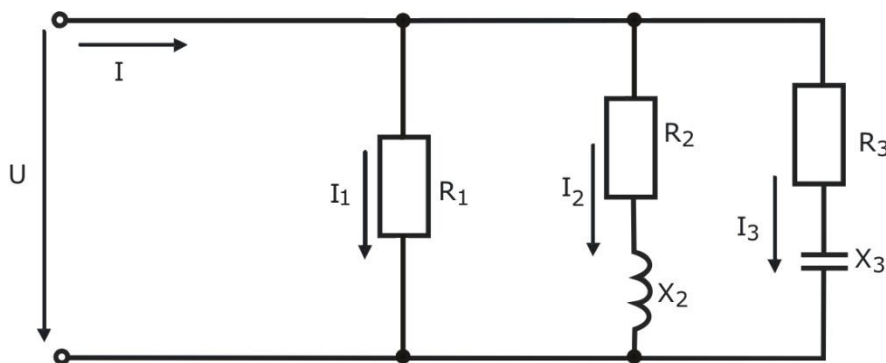


Рис. Параллельное включение потребителей цепи синусоидального тока

Для схемы, изображенной на рис.2.1, векторная диаграмма строится следующим образом (рис.).

Произвольно выбираем направление вектора напряжения U . Строим вектор I_1 , который совпадает с вектором напряжения U . К концу вектора I_1 прибавляем вектор тока I_2 , который, в свою очередь, имеет активную I_{a2} и реактивную I_{p2} (индуктивную) составляющие. Активная составляющая вектора тока I_{a2} совпадает с вектором напряжения U , реактивная I_{p2} – отстаёт от вектора напряжения на угол 90° . К концу вектора тока I_2 прибавляем вектор тока I_3 , который также имеет две составляющие: активная составляющая I_{a3} совпадает по фазе с вектором напряжения, реактивная (ёмкостная) I_{p3} – опережает вектор напряжения на угол 90° . Вектор тока в

неразветвлённой части цепи I получим, соединив начало первого вектора I_1 с концом третьего I_3 .

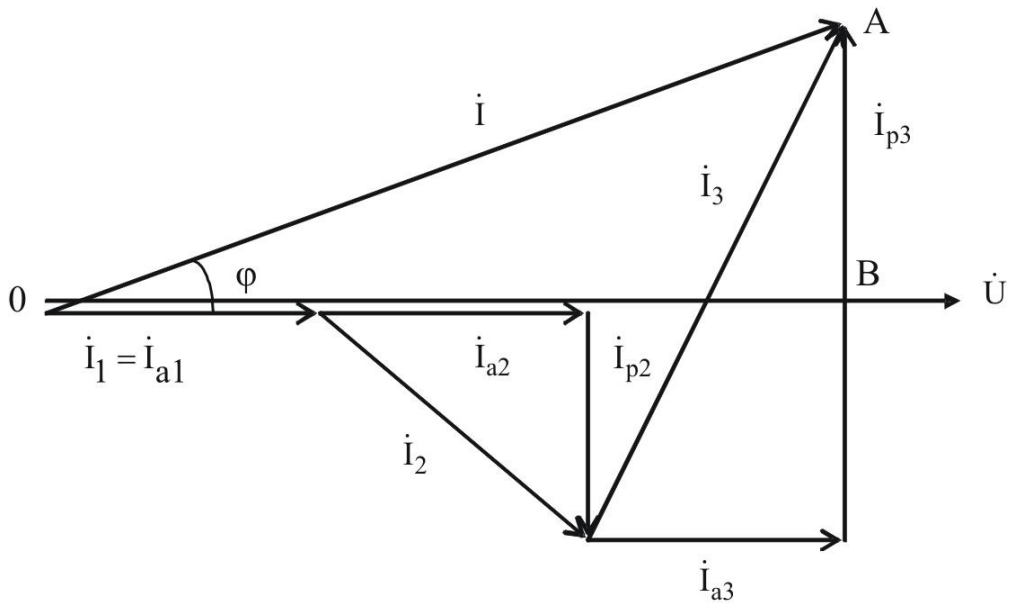


Рис. Векторная диаграмма напряжений и токов

Ток I в неразветвлённой части цепи аналитически можно определить из треугольника OAB (рис. 2.2) по теореме Пифагора:

$$I = \sqrt{\left(I_{a1} + I_{a2} + I_{a3}\right)^2 + \left(I_{p2} - I_{p3}\right)^2} = U * \sqrt{(g_1 + g_2 + g_3)^2 + (b_L - b_C)^2},$$

где g_1, g_2, g_3 – активные проводимости ветвей;

b_L, b_C – реактивные (индуктивная и емкостная) проводимости ветвей.

Для приёмников, имеющих активно-реактивный характер:

$$g_i = \frac{R_i}{R_i^2 + X_i^2}; \quad b_i = \frac{X_i}{R_i^2 + X_i^2}$$

Треугольники проводимостей и мощностей подобны треугольникам токов, но стороны этих треугольников – скалярные величины. Так для схемы рис. треугольники проводимостей и мощностей будут подобны треугольнику OAB (рис.).

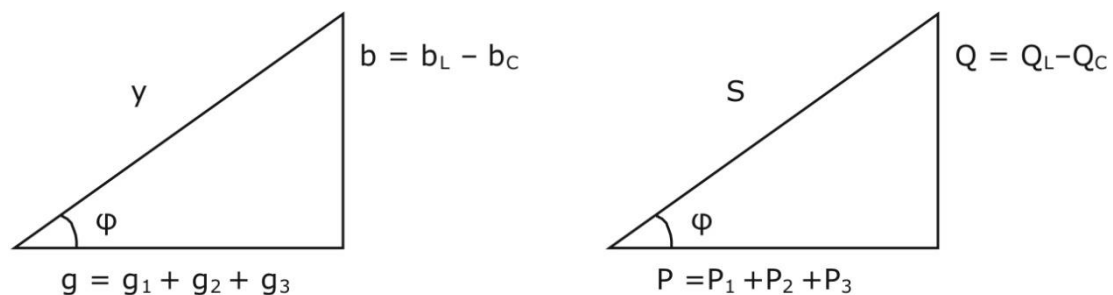


Рис. Треугольники проводимостей и мощностей

Если в параллельной цепи $b_L = b_C$, то полная проводимость:

$$y = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2} = g$$

Угол $\varphi = 0$, следовательно, ток и напряжение совпадают по фазе. Такой режим называют резонансом токов. Коэффициент мощности при резонансе $\cos \varphi = 1$. В момент резонанса ток в неразветвлённой части цепи становится минимальным. На практике подключение конденсатора параллельно катушке индуктивности используют для повышения $\cos \varphi$.

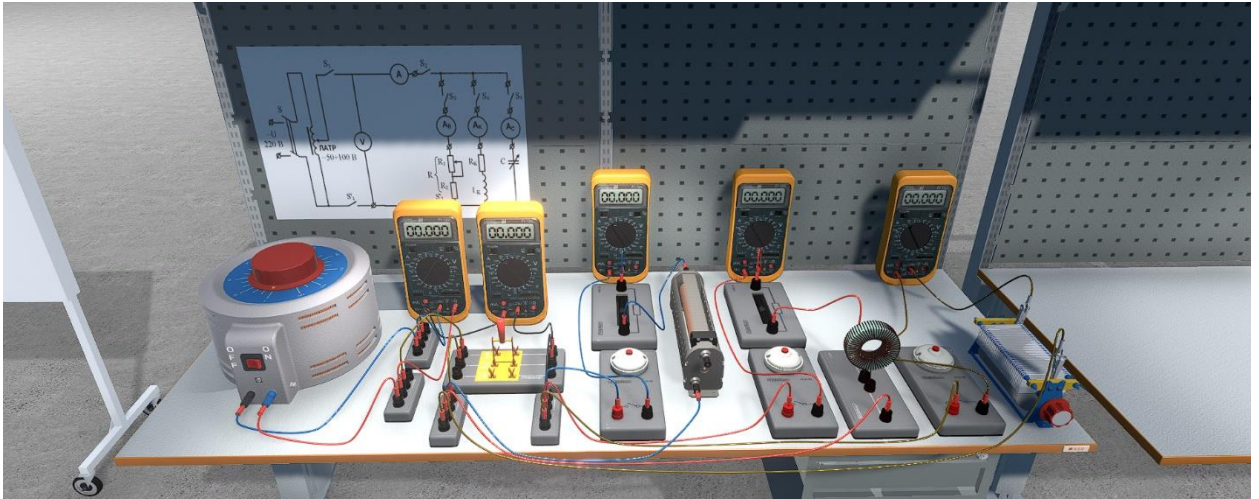


Рис. Стол №1 в виртуальной лаборатории

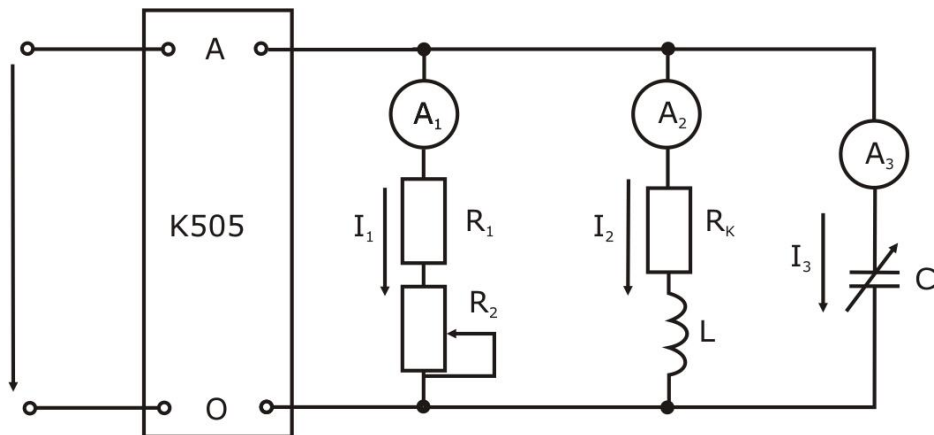


Рис. Собранная схема

1. Включите источник питания.
2. Установите ЛАТРом на зажимах цепи напряжение $U = 25$ В и поддерживайте его неизменным в течение всего эксперимента.
3. Изменяя ёмкость батареи конденсаторов, добейтесь резонанса тока в цепи (ток в неразветвлённой части цепи минимальный). Снимите показания всех приборов и занесите их в таблицу.

Таблица

ИЗМЕРЕНО													
C, мкФ		U, В		I, А		I ₁ , А		I ₂ , А		I ₃ , А		P, Вт	
ВЫЧИСЛЕНО													
g ₁	g _K	b _L	b _C	b, СМ	Y	I _{AK}	I _L	I _P	cos φ	Q _L	Q _C	Q, вар	S, ВА
' СМ	' СМ	' СМ	' СМ		' СМ	' А	' А	' А		' вар	' вар		

- Отступая от резонансной ёмкости СРЕЗ с шагом $\Delta C = 30$ мкФ в сторону увеличения и уменьшения ёмкости, сделайте 5 измерений. Данные занесите в таблицу.
- Вычислите величины в таблице.
- Постройте векторные диаграммы, а также треугольники проводимостей и мощностей для случаев. $\varphi = 0$, $\varphi < 0$, $\varphi > 0$.
- Постройте в одних осях координат и проанализируйте графики зависимостей $I_L(C)$, $I_C(C)$, $\cos \varphi(C)$.

Формулы для вычислений

$$\begin{aligned}
 g_1 &= I_1/U, & g_k &= R_k/Z_k^2, & Z_k &= U/I_2, \\
 b_L &= X_L/Z_k^2, & Y_k &= I_2/U = \sqrt{g_k^2 + b_L^2}, \\
 R_k &= P_k/I_k^2, & \text{где} & & P_k &= P - UI_1, \\
 b_C &= I_3/U, & Y &= I/U, & b &= b_L - b_C, & X_k &= \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}. \\
 I_{AK} &= Ug_k = \frac{P_k}{U}, & I_L &= Ub_L, & I_P &= I_L - I_3.
 \end{aligned}$$

Отчет должен содержать:

- ФИО исполнителя, группа.
- Оборудование, схемы.
- Ход действий, результаты вычислений. Заполненные таблицы.
- Выводы.

4. Изучение и экспериментальное исследование трёхфазной трёхпроводной и четырёхпроводной цепей с активной нагрузкой.

Цель работы – изучение и экспериментальное исследование трёхфазной трёхпроводной и четырёхпроводной цепей с активной нагрузкой.

Задача - научиться строить векторные диаграммы токов и напряжений для трёхфазной цепи.

Для включения трёх однофазных приёмников в трёхфазную сеть их соединяют между собой в звезду или треугольник.

Соединение звездой заключается в том, что концы приёмников X, Y, Z соединяют в одну общую точку, а на оставшиеся свободные начала A, B, C подают трёхфазное напряжение. Нулевой (нейтральный) провод соединяет общую точку фаз генератора (т. N) и общую точку фаз приёмника (т. n) трёх- и четырёхпроводной звезды.

При соединении фаз приёмника звездой

$$U_L = \sqrt{3}U_\phi; \quad I_L = I_\phi$$

Анализ трёхфазной цепи удобно проводить методом двух узлов. Узловое напряжение:

$$\dot{U}_{nN} = \frac{\dot{U}_A \underline{Y}_A + \dot{U}_B \underline{Y}_B + \dot{U}_C \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N},$$

где $\underline{Y}_A, \underline{Y}_B, \underline{Y}_C$ – проводимость фаз приёмника;

$\underline{Y}_N$ – проводимость нулевого провода.

Для четырёхпроводной звезды $\underline{Y}$ можно считать бесконечно большой величиной по сравнению с проводимостями фаз, поэтому независимо от величины и характера нагрузки фаз $U_{nN} = 0$, а ток в нулевом проводе $I_N = I_A + I_B + I_C$, появляется в случае несимметрии нагрузки.

В трёхпроводной звезде, когда $\underline{Y}_N = 0$, любая несимметрия приёмника приводит к смещению нейтрали напряжения $U_{nN} \neq 0$, следовательно, и искажению фазных напряжений приёмника. Приёмники окажутся под напряжениями, отличающимися от номинальных.

Обрыв линейного провода, короткое замыкание можно рассматривать как частные случаи несимметричных режимов трёхфазной цепи.

Векторно-топографические диаграммы напряжений и токов строят по опытным данным с помощью циркуля методом засечек. Сначала строят треугольник линейных напряжений источника $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ (рис. 2.1) и фазные напряжения источника $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$, образующие симметричную систему.

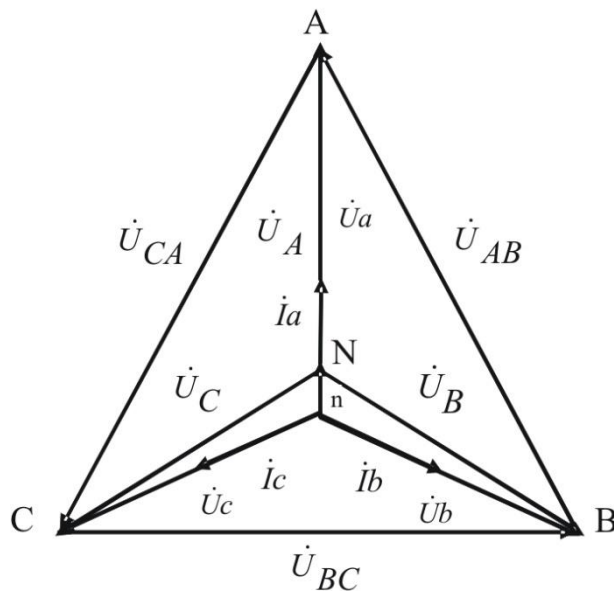


Рис. Построение векторной диаграммы

Затем из соответствующих вершин треугольника радиусами, равными фазным напряжениям потребителей $\dot{U}_a$, $\dot{U}_b$, $\dot{U}_c$ делают засечки, пересечения которых определяют положение нейтрали потребителей N . Эта точка является началом векторов фазных напряжений. Векторы токов $\dot{I}_a$, $\dot{I}_b$, $\dot{I}_c$ строятся из точки N вдоль векторов фазных напряжений.

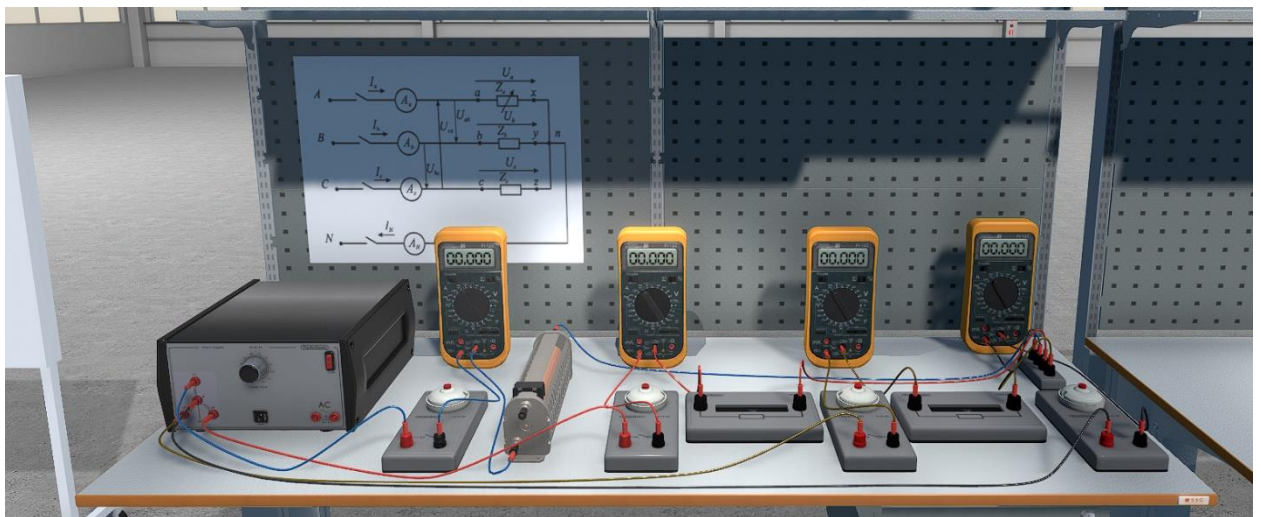


Рис. Стол №1 в виртуальной лаборатории

На стенде собрана цепь по схеме рис.

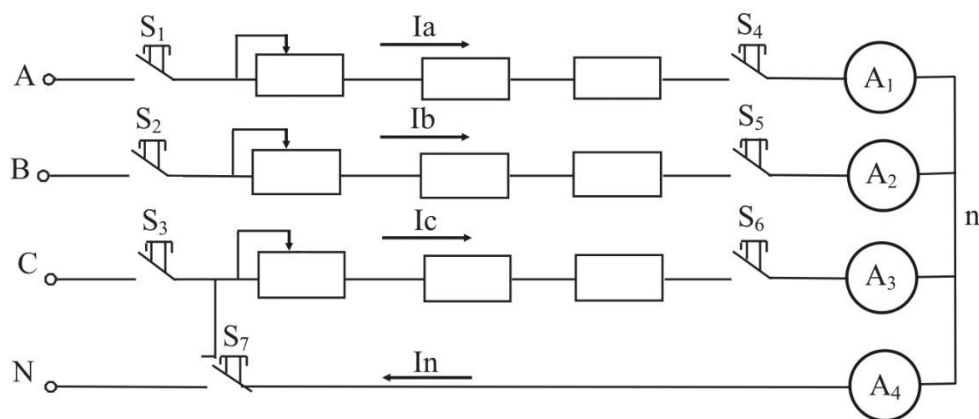


Рис. Собранная схема

2. Включите стенд в сеть. Включите источник питания.
3. Поворачивая рукоятку источника питания, установите требуемое напряжение.
4. Поворачивая рукоятку регулируемого напряжения, установите требуемое сопротивление.
5. Исследуйте электрическую цепь в режимах, отмеченных в таблице. Результаты измерений занесите в таблицу.

Таблица

Режим	Наличие нейтрального провода	U_L , В	U_a , В	U_b , В	U_c , В	U_{nN} , В	I_a , А	I_b , А	I_c , А	I_n , А
Симметричный	Да									
	Нет									
Несимметричный	Да									
	Нет									
Обрыв фазы	Да									
	Нет									
Короткое замыкание	Нет									

Режим симметричный (есть нулевой провод) – замкнуты ключи 1 и 4.

Режим симметричный (нет нулевого провода) – замкнут ключ 4, ключ 1 разомкнут.

Режим несимметричный (есть нулевой провод) – ключ 4 разомкнут, ключ 1 замкнут.

Режим несимметричный (нет нулевого провода) – ключи 1 и 4 разомкнуты.

Режим обрыв фазы «А» (есть нулевой провод) – ключ 2 разомкнут, ключ 1 замкнут.

Режим обрыв фазы «А» (нет нулевого провода) – ключи 1 и 2 разомкнуты.

Короткое замыкание (нет нулевого провода) – ключ 3 замкнут, ключ 1 разомкнут.

6. По данным опытов постройте в масштабе векторные диаграммы напряжений и токов.

Отчет должен содержать:

1. ФИО исполнителя, группа.
2. Оборудование, схемы.
3. Ход действий, результаты вычислений. Заполненные таблицы.
4. Выводы.

5. Изучение устройства и принципа действия однофазного трансформатора.

Цель работы – изучение устройства и принципа действия однофазного трансформатора.

Задачи:

- испытать однофазный трансформатор в режимах холостого хода, короткого замыкания и нагрузки;
- рассчитать параметры схемы замещения.

Трансформатор служит для преобразования электрической энергии переменного тока с одним соотношением напряжения и тока в электрическую энергию с другим соотношением этих же величин при неизменной частоте. Простейший однофазный трансформатор состоит из замкнутого магнитопровода, выполненного из тонких изолированных друг от друга листов электротехнической стали, на котором расположены две независимые обмотки: первичная и вторичная.

Переменный магнитный поток, возбуждённый в магнитопроводе трансформатора, наводит в обеих обмотках ЭДС, действующее значения которых:

$$E_1 = 4,44 \Phi_{\max} f \omega_1,$$

$$E_2 = 4,44 \Phi_{\max} f \omega_2$$

где $\Phi_{\max}$ – амплитуда магнитного потока;

f – частота тока;

ω_1, ω_2 – число витков первичной и вторичной обмоток.

Характеристики трансформатора, работающего под нагрузкой, можно рассчитать по параметрам Z_1, Z_2, Z_0 схемы замещения трансформатора (рис. 2.1), которые определяют по результатам измерения величин U_{10}, I_{10}, P_0 в опыте холостого хода при номинальном первичном напряжении $U_{10} = U_{1H}$ и по величинам U_{1K}, I_{1K}, P_K , полученным в опыте короткого замыкания при номинальном первичном токе $I_{1K} = I_{1H}$.

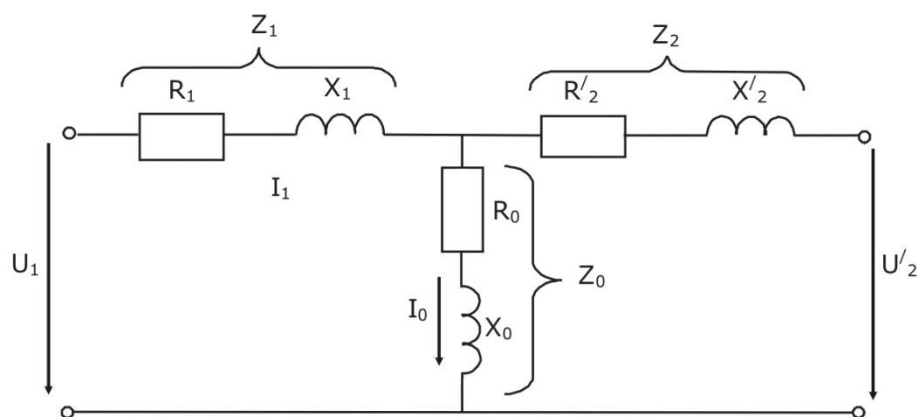


Рис. Схема замещения трансформатора

В опыте холостого хода $R_1 \ll R_0$ и $X_1 \ll X_0$, поэтому параметрами R_1 и X_1 можно пренебречь. Тогда

$$Z_0 = U_{10}/I_{10}, \quad R_0 = P_0/I_{10}^2, \quad X_0 = \sqrt{Z_0^2 - R_0^2}$$

В опыте короткого замыкания, который проводится при пониженном напряжении $U_{1К} \approx (3...5)\%U_{1Н}$ и номинальном токе $I_{1К} = I_{1Н}$, величиной тока намагничивания можно пренебречь.

В этом случае:

$$R_1 + R'_2 = R_K,$$

$$X_1 + X'_2 = X_K$$

где R_K и X_K – активное и индуктивное сопротивления короткого замыкания.

$$Z_K = U_{1К}/I_{1Н}, \quad R_K = P_K/I_{1Н}^2, \quad X_K = \sqrt{Z_K^2 - R_K^2}$$

Параметры обмоток в схеме замещения:

$$X_1 \approx X'_2 = X_K/2, \quad R_1 \approx R'_2 = R_K/2$$

Коэффициент трансформации трансформатора:

$$K = U_{1Н}/U_{2Н} = U_{10}/U_{20}$$

Коэффициент мощности трансформатора находят по формуле:

$$\cos\varphi_1 = P/U_1 I_1,$$

а его КПД:

$$\eta = P_2/P_1,$$

где $P_2 = U_2 I_2 \cos\varphi_2$.

Коэффициент загрузки:

$$\beta = I_2/I_{2H} = I_1/I_{1H}$$

Изменение вторичного напряжения при переменной нагрузке принято выражать в процентах от номинального значения:

$$\Delta U_2 \% = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} 100 ,$$

где U_2 – напряжение на зажимах вторичной обмотке трансформатора при заданной нагрузке.

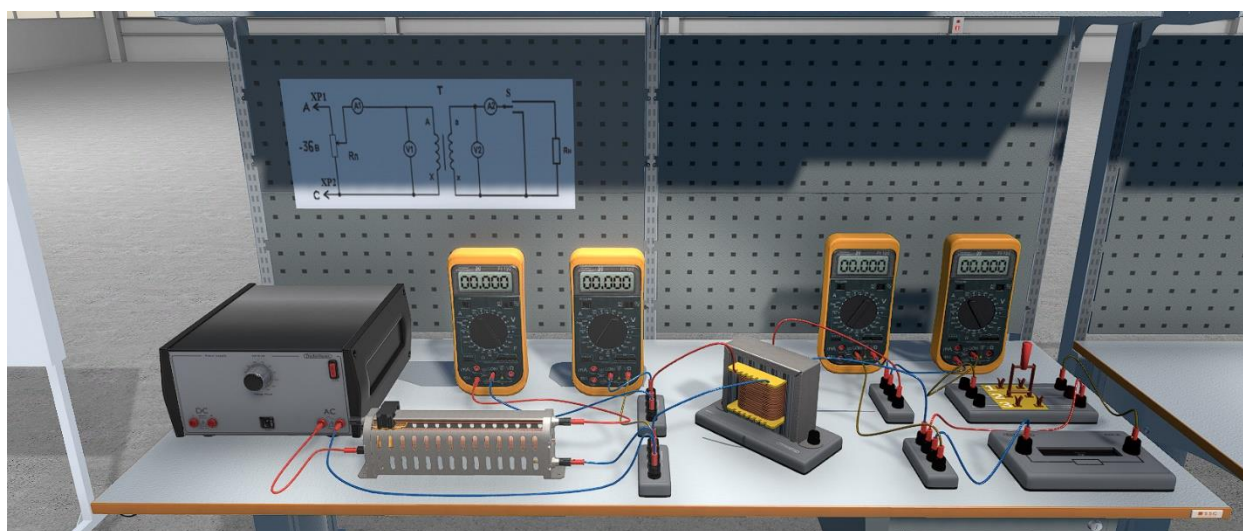


Рис. Стол №1 в виртуальной лаборатории

Режим холостого хода

1. На стенде собрана цепь для проведения опыта холостого хода трансформатора по схеме рис. 4.1. Ключи 5, 7 – разомкнуты.

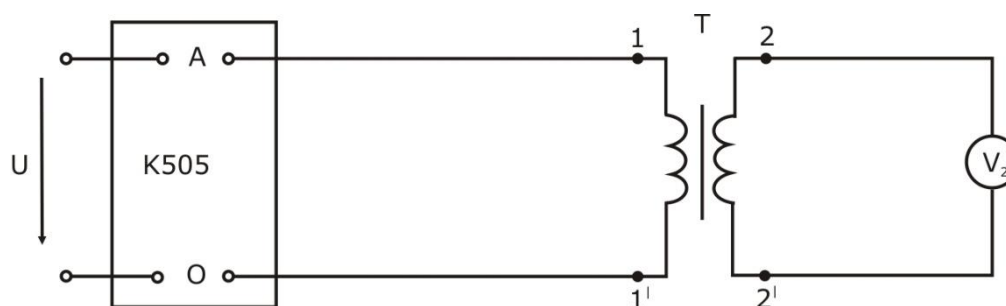


Рис. Схема проведения опыта холостого хода

2. Включите источник питания.
3. Установите напряжение $U_{10} = U_{1H}$.
4. Снимите показания приборов и занесите в таблицу.

Таблица

Паспортные данные			Вычислено					
S_H , ВА	f , Гц	U_{1H} , В	U_{2H} , В	I_{1H} , А	I_{2H} , А	$U_{к.з.}$, %	$\Delta P_{СТ}$, Вт	ΔP_M , Вт

Таблица

Измерено				Вычислено					
U_{10} , В	U_{20} , В	P_0 , Вт	I_{10} , А	K	$\cos \varphi_0$	I_{10} , %	Z_0 , Ом	R_0 , Ом	X_0 , Ом

Режим короткого замыкания

1. Ключ 7 разомкнут (замена вольтметра V_2 на амперметр).
2. Повысьте напряжение от 0 до значения, при котором ток в первичной обмотке трансформатора достигнет номинального значения.
3. Снимите показания приборов и занесите в таблицу.

Таблица

Измерено				Вычислено					
U_{1K} , В	I_{1H} , А	I_{2H} , А	P_K , Вт	U_{1K} , %	Z_K , Ом	R_K , Ом	X_K , Ом	R_1 , Ом	X_1 , Ом

Нагрузочный режим

1. На стенде собрана цепь для проведения опыта холостого хода трансформатора по схеме рис. Ключ 5 - замкнут, 7 – разомкнут.

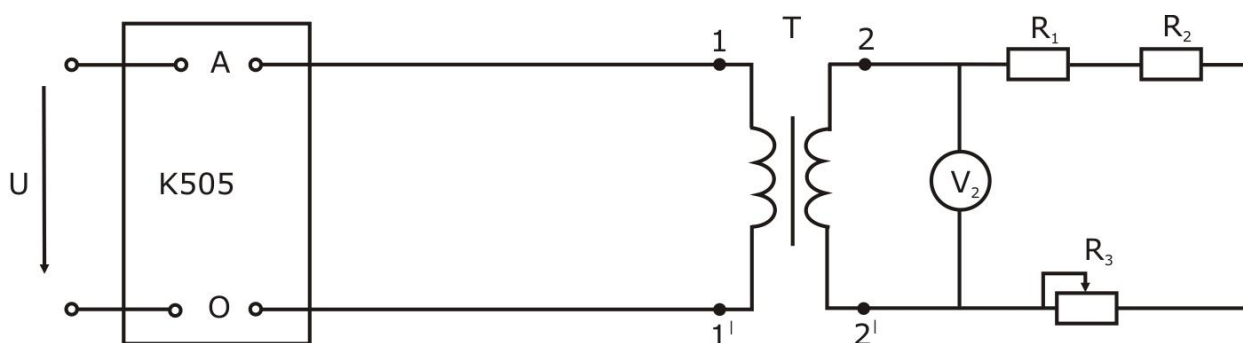


Рис. Схема проведения нагрузочного режима работы трансформатора

1. Изменяя нагрузочное сопротивление (3 - рис. 3.4), снимите 5-6 точек и данные внесите в таблицу 4.4.

Примечание: первой строчкой в таблицу 4.4 перенесите данные опыта холостого хода.

Измерено					Вычислено					
U_{1H} , В	I_1 , А	P_1 , Вт	U_2 , В	I_2 , А	$\cos \varphi_1$	η	P_2 , Вт	ΔU_2 , %	β	$\cos \varphi_2$

2. Рассчитайте величины, входящие в таблицу 4.4.

3. Постройте зависимости U_2 , η , $\cos \varphi_1$ от I_2 при $U_{1H} = \text{const}$.

4. Начертите схему замещения трансформатора и укажите параметры элементов схемы замещения.

Дополнительно:

- Можно открыть указанную схему в онлайн-редакторе схем по адресу
- <https://www.partsim.com/simulator/#383433>
- Нажатие клавишу Run выведет окно с имитацией переходных процессов и значений силы тока и напряжений по времени.

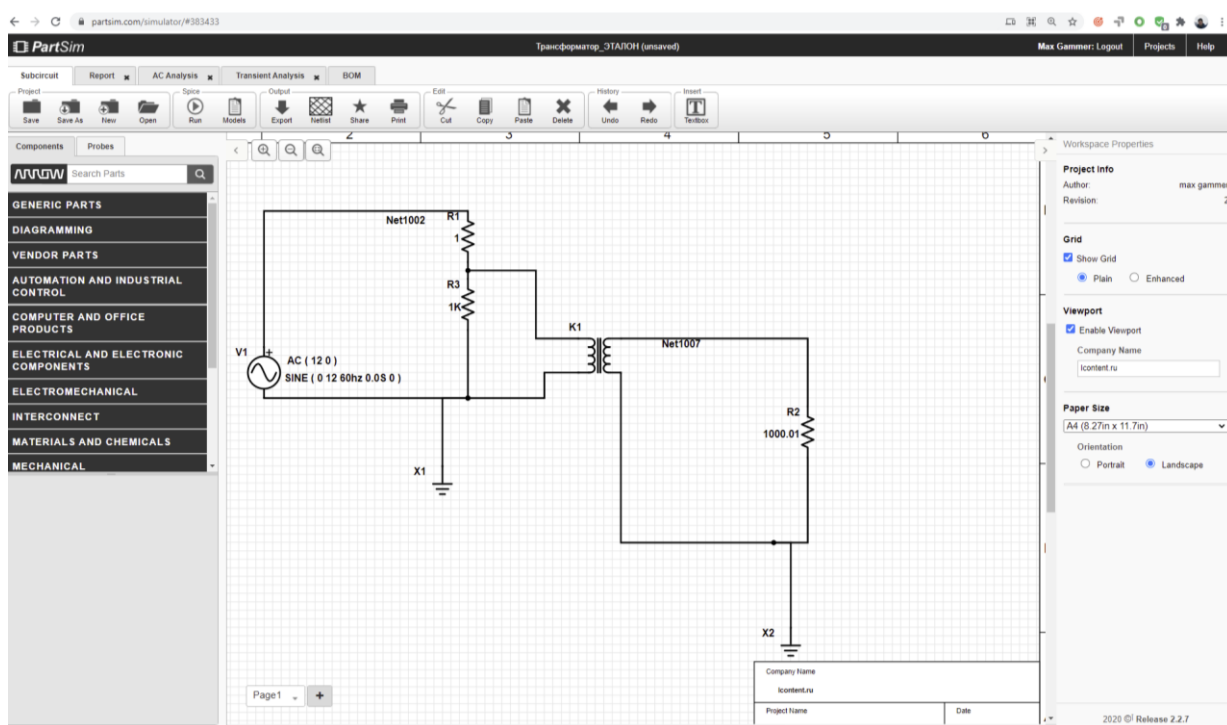


Рис. Схема в редакторе схем.

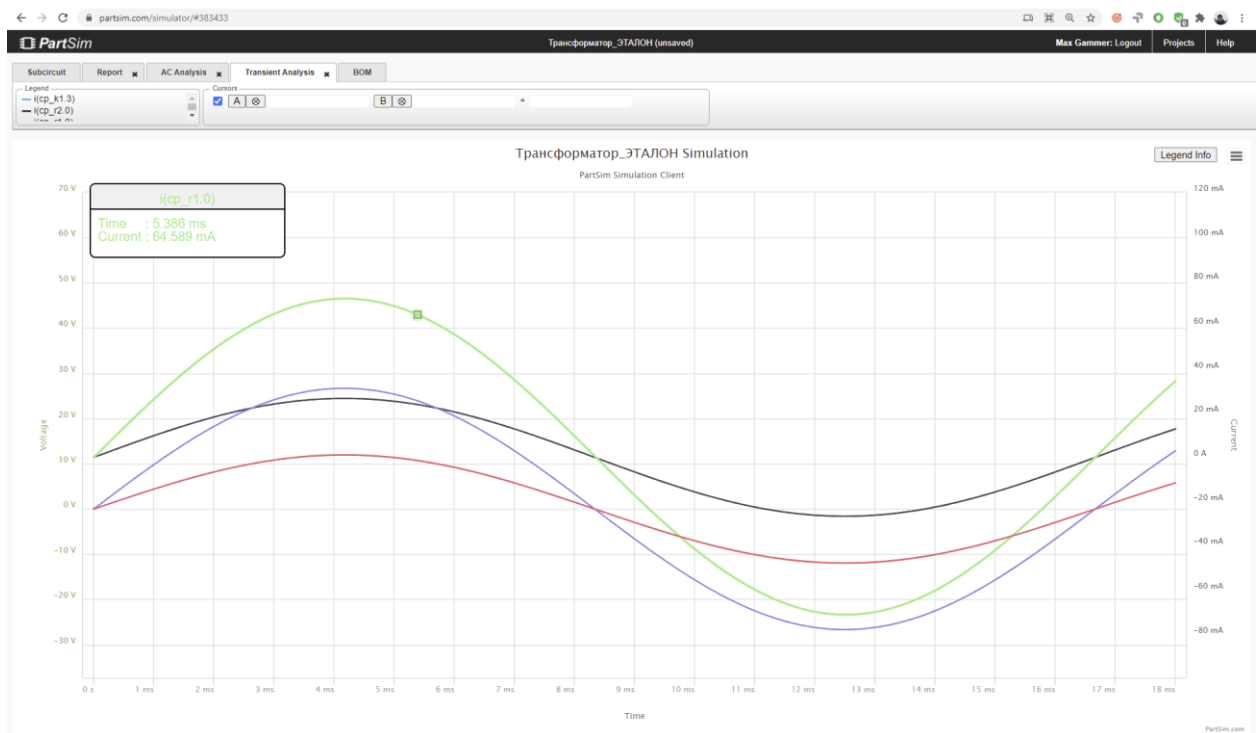


Рис. График токов и напряжений по времени.

Отчет должен содержать:

1. ФИО исполнителя, группа.
2. Оборудование, схемы.
3. Ход действий, результаты вычислений. Заполненные таблицы.
4. Выводы.