

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ
государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Ставропольский строительный техникум»

Цикловая комиссия естественно-математических дисциплин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по дисциплине

«Электротехника и электроника»

для студентов очной формы обучения
специальностей

08.02.05 Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов;

08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств,
кондиционирования воздуха и вентиляции;

08.02.08 Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения

Ставрополь, 2020

Содержание

1.	Общие организационно-методические указания.....	3
2.	Теоретические сведения.....	5
3.	Указания к лабораторным работам.....	35
4.	Список рекомендуемой литературы.....	52

1. Общие организационно-методические указания

Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электротехника и электроника» предназначены для студентов второго курса очной формы обучения для специальностей 08.02.05 «Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и аэродромов», 08.02.07 «Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции», 08.02.08 «Монтаж и эксплуатация оборудования и систем газоснабжения» в период обучения с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Лабораторные работы имеют целью практическое освоение студентами научно-теоретических положений изучаемой дисциплины, овладение ими техникой экспериментальных исследований и анализа полученных результатов, привитие навыков работы с лабораторным оборудованием, контрольно-измерительными приборами и вычислительной техникой.

Лабораторные занятия проводятся с целью:

- закрепления и углубления теоретических положений курса, полученных обучаемыми на лекционных занятиях, а также в результате самостоятельной работы с рекомендованной литературой;
- обучения методом экспериментального исследования и определения количественных и качественных показателей, характеризующих процессы, протекающие в исследуемых узлах и устройствах;
- привития навыков чтения электрических схем, временных диаграмм;
- выработки основ научного мышления и самостоятельного исследовательского подхода к анализу и обобщению полученных результатов.

Задания на все лабораторные занятия делятся на две части: подготовительную и исполнительную.

Подготовительная часть включает общие сведения об исследуемом устройстве и задание для подготовки к лабораторному занятию.

Исполнительная часть включает задание на проведение исследований, порядок выполнения, содержание отчета.

Содержание отчета:

- а) наименование работы и цель работы;
- б) технические данные электроизмерительных приборов;
- в) схема эксперимента с включенными измерительными приборами;
- г) таблицы с результатами эксперимента;
- д) векторные диаграммы для проведенных опытов;
- е) выводы.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Тема: «Электроизмерительные приборы.

Краткие теоретические сведения».

Контроль работы электрооборудования осуществляется с помощью разнообразных электроизмерительных приборов. Наиболее распространенными электроизмерительными приборами являются приборы непосредственного отсчета. По виду отсчетного устройства различают аналоговые (стрелочные) и цифровые измерительные приборы.

На лицевой стороне стрелочных приборов изображены условные обозначения, определяющие классификационную группу прибора. Они позволяют правильно выбрать приборы и дают некоторые указания по их эксплуатации.

В цепях постоянного тока для измерений токов и напряжений применяются в основном приборы магнитоэлектрической системы. Принцип действия таких приборов основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и измеряемого тока, протекающего по катушке. Шкалы магнитоэлектрических приборов равномерные.

В измерительных механизмах электромагнитной системы, применяемых для измерений в цепях переменного и постоянного тока, вращающий момент обусловлен действием магнитного поля измеряемого тока в неподвижной катушке прибора на подвижный ферромагнитный якорь. Шкала электромагнитных приборов обычно неравномерная, что является недостатком этих приборов. Начальная часть шкалы не используется для измерений.

Для практического использования измерительного прибора необходимо знать его предел измерений (номинальное значение) и цену деления (постоянную) прибора. Предел измерений - это наибольшее значение электрической величины, которое может быть измерено данным прибором. Это значение обычно указано на лицевой стороне прибора. Один и тот же прибор может иметь несколько пределов измерений. Ценой деления прибора

называется значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы прибора. Цена деления прибора C легко определяется как отношение предела измерений $A_{ном}$ к числу делений шкалы $N: C = A_{ном}/N$.

На лицевой стороне стрелочных прибора указывается класс точности, который определяет приведенную относительную погрешность прибора $\gamma_{пр}$. Приведенная относительная погрешность прибора - это выраженное в процентах отношение максимальной для данного прибора абсолютной погрешности ΔA к номинальному значению прибора (пределу измерений) $A_{ном}$: $\gamma_{пр} = 100 \Delta A / A_{ном} \%$.

Зная класс точности прибора, можно определить абсолютную ΔA и относительную погрешности измерения $\gamma_{изм}$, а также действительное значение измеряемой величины A_d .

$$\Delta A = \gamma_{пр} A_{ном} / 100; \gamma_{изм} = 100 \Delta A / A, \quad A_d = A \pm \Delta A.$$

Нетрудно сделать вывод, что относительная погрешность измерения тем больше, чем меньше измеряемая величина по сравнению с номинальным значением прибора. Поэтому желательно не пользоваться при измерении начальной частью шкалы стрелочного прибора.

Для обеспечения малой методической погрешности измерения необходимо, чтобы сопротивление амперметра было значительно меньше сопротивления нагрузки, а сопротивление вольтметра было значительно больше сопротивления исследуемого участка.

При проведении измерений в электрических цепях широкое применение получили цифровые мультиметры - комбинированные цифровые измерительные приборы, позволяющие измерять постоянное и переменное напряжение, постоянный и переменный ток, сопротивления, проверять диоды и транзисторы. Для проведения конкретного измерения необходимо установить переключателем предполагаемый предел измерений измеряемой величины (ток, напряжение, сопротивление) с учетом рода тока (постоянный или переменный). Представление результата измерения происходит на цифровом отсчетном устройстве в виде обычных удобных для считывания

десятичных чисел. Наибольшее распространение в цифровых отсчетных устройствах мультиметров получили жидкокристаллические, газоразрядные и светодиодные индикаторы. На передней панели такого прибора находится переключатель функций и диапазонов. Этот переключатель используется как для выбора функций и желаемого предела измерений, так и (в некоторых мультиметрах) для выключения прибора. Для продления срока службы батарей, когда прибор не используется, переключатель должен находиться в положении «OFF».

К основным техническим характеристикам цифровых приборов, которые необходимо учитывать при выборе относятся:

- диапазон измерений (обычно прибор имеет несколько поддиапазонов);
- разрешающая способность, под которой часто понимают значение измеряемой величины, приходящееся на единицу дискретности, то есть один квант;
- входное сопротивление, характеризующее собственное потребление прибором энергии от источника измерительной информации;
- погрешность измерения, часто определяемая как $\pm(\% \text{ от считываемых данных} + \text{количество единиц младшего разряда})$

Мультиметр часто имеет батарейное питание 9В, поэтому перед использованием прибора необходимо проверить батарею электропитания путем включения прибора. Если батарея разряжена, то на дисплее возникнет условное изображение батареи. Используемые в стенде «Электротехника» мультиметры питаются от выпрямительного устройства, вмонтированного в модуль. Для использования приборов необходимо подключить с тыльной стороны кабель питания к источнику переменного напряжения 220 В.

Перед проведением измерения необходимо переключатель пределов установить на требуемый диапазон измерений. Для предотвращения повреждения схемы прибора входные токи и напряжения не должны превышать указанных величин. *Если предел измеряемого тока или*

напряжения заранее неизвестен, следует устанавливать переключатель пределов на максимум и затем переключать его вниз по мере необходимости. При возникновении на дисплее «OL» или «I» (перегрузка) необходимо переключиться на верхний предел измерений.

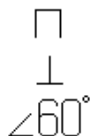
Используемый в стенде, мультиметр МУ68 имеет режим автоматического выбора диапазона измерений напряжений и сопротивлений. С помощью кнопочных переключателей «UP» и «DOWN» можно устанавливать диапазон измерения вручную, а с помощью кнопки «AUTO» вернуться в режим автоматического выбора.

Для измерения **напряжения** подключите один щуп к разъему COM, а второй - к разъему «V Ω », установите переключатель функций в положение «V=» или «V~», что означает режим измерения постоянного (DC) или переменного (AC) напряжения соответственно. Подсоедините концы щупов к измеряемому источнику напряжения. При измерении постоянного напряжения полярность напряжения на дисплее будет соответствовать полярности напряжения на втором щупе.

Для измерения **сопротивлений** подключите один щуп к разъему «COM», а второй - к разъему «V Ω », установите переключатель функций на « Ω » и подсоедините концы щупов к измеряемому сопротивлению. Когда цепь разомкнута, на индикаторе будет индицироваться «0.L» или «1». ***Перед измерением сопротивлений в схеме убедитесь, что схема обесточена и все конденсаторы разряжены.***

На шкалу электроизмерительного прибора наносятся условные обозначения, основные из которых приведены в таблице 1

Таблица 1

1,5	Класс точности 1,5
—	Постоянный ток
~	Переменный (однофазный) ток
~	Постоянный и переменный токи
≡	Трехфазный ток
	Прибор магнитоэлектрической системы.
	Прибор электромагнитной системы.
	Прибор электродинамической системы.
	Прибор индукционной системы.
	Прибор устанавливается: - горизонтально; - вертикально; - под углом 60°
	Изоляция прибора испытана при напряжении 2 кВ.
А	Для закрытых отапливаемых помещений.
Б	Для закрытых неотапливаемых помещений.
В	Для полевых и морских условий.

Тема: «Потеря напряжения в проводах».

1. Определение, физическая сущность, единицы измерения электрического сопротивления

Величина, характеризующая противодействие электрической цепи протеканию электрического тока называется электрическим сопротивлением. Обозначается электрическое сопротивление: R или r.

Единица измерения сопротивления в системе СИ является Ом.

Ом-сопротивление проводника, в котором протекает ток силой в 1А при напряжении на концах проводника в 1В.

$$1\text{Ом} = \frac{1\text{В}}{1\text{А}}$$

Более крупными единицами сопротивления являются:

килоОм (кОм), мегаОм (МОм)

$$1\text{кОм} = 1 \cdot 10^3 \text{Ом}$$

$$1\text{МОм} = 1 \cdot 10^6 \text{Ом}$$

Электрическое сопротивление проводника вычисляется по формуле:

$$R = \rho \frac{\ell}{S} (1)$$

где: R-сопротивление проводника, Ом

ℓ - длина проводника, м

S- площадь поперечного сечения проводника, мм²

ρ - удельное сопротивление проводника- величина, характеризующая электрическое сопротивление материала, из которого он изготовлен,

$$\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}} .$$

2. Зависимость сопротивления от материала и геометрических размеров

В различных веществах содержится различное количество электронов, а атомы, между которыми эти электроны движутся, имеют различное расположение. Поэтому сопротивление проводников электрическому току зависит от материала, из которого они изготовлены, от длины и площади поперечного сечения проводника.

Если сравнить два проводника, изготовленных из одного и того же материала, то более длинный проводник имеет большее сопротивление при равных площадях поперечных сечений, а проводник с большим поперечным сечением имеет меньшее сопротивление при равных длинах.

Для оценки электрических свойств материала проводника служит удельное сопротивление- это сопротивление проводника длиной 1м и площадью поперечного сечения в 1мм².

Удельное сопротивление обозначается буквой ρ

Единица измерения удельного сопротивления: $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Удельное сопротивление вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{\ell} \quad (2)$$

3. Закон Ома для полной цепи

Исследуя свойства электрической дуги русский учёный академик В.В.Петров в 1802году установил, что величина тока в электрической цепи зависит от ЭДС источника и от сопротивления.

Впоследствии открытую академиком Петровым закономерность изучал немецкий физик Ом.

В 1827 году он установил и сформулировал зависимость величины тока от ЭДС и сопротивления в виде закона и дал его математическое выражение.

Согласно закону Ома для полной цепи: величина тока в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника электрической энергии и обратно пропорциональна сопротивлению всей цепи.

$$I = \frac{E}{R + r_0} (1) \quad (3)$$

Физический смысл зависимости тока от ЭДС источника электрической энергии и сопротивления цепи заключается в том, что, чем больше ЭДС, тем больше энергия носителей зарядов, т.е. больше скорость их направленного, упорядоченного движения. При увеличении сопротивления цепи энергия и скорость движения носителей а, следовательно, и величина тока уменьшается.

В замкнутой электрической цепи ток протекает по внешнему участку и через сам источник, который как и всякий проводник, обладает определённой величиной электрического сопротивления. Оно называется внутренним сопротивлением источника электрической энергии и обозначается r_0 .

Значит, сопротивление всей цепи состоит из сопротивления внешнего участка цепи и внутреннего сопротивления источника.

Таким образом, мы видим ЭДС источника равна сумме падений напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи.

Внутреннее падение напряжения представляет собой ту часть ЭДС, которая расходуется на преодоление внутреннего сопротивления источника.

Напряжение на зажимах источника: $U = E - U_0 = E - I \cdot r_0 (5) \quad (4)$

Напряжение на зажимах источника энергии (генератора) равно разности между ЭДС и падением напряжением на внутреннем сопротивлении этого источника.

Следовательно, *чем больше внутреннее сопротивление, тем больше внутреннее падение напряжения, тем меньше напряжение на зажимах источника.*

4. Закон Ома для участка цепи

Закон Ома справедлив не только для всей цепи, но и для любого участка цепи (рисунок 1).

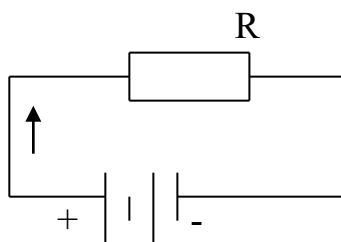


Рисунок 1

Цепь постоянного тока с активным сопротивлением

Если участок цепи не содержит источника энергии, то положительные заряды на этом участке перемещаются из точек более высокого потенциала к точкам более низкого потенциала. Источник энергии затрачивает известную энергию, поддерживая разность потенциалов между началом и концом этого участка. Эта разность потенциалов называется напряжением между началом и концом рассматриваемого участка.

Закон Ома для участка цепи:

Сила тока на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению на данном участке и обратно пропорциональна его сопротивлению.

$$I = \frac{U}{R} \quad (7) \quad \text{где: } I - \text{ сила тока, (А) } U - \text{ напряжение на участке цепи, (В)}$$

R – сопротивление участка цепи, (Ом)

Вывод: Из формулы закона Ома для участка цепи следует:

1.) Напряжение на зажимах участка цепи численно равно произведению величины тока, проходящего по участку, на его сопротивление: $U = I \cdot R$ (8)

2.) Сопротивление участка цепи численно равно напряжению на зажимах

участка цепи, делённому на величину тока в нём: $R = \frac{U}{I}$ (9)

5. Потери напряжения в линиях электропередач

При передачи электрической энергии от источника к потребителю происходят потери напряжения в линиях электропередач.

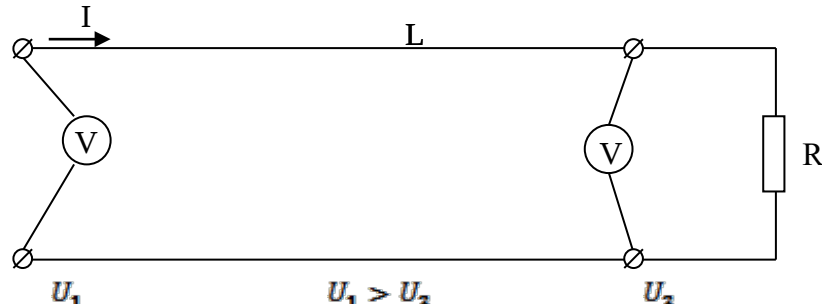


Рисунок 2

Двухпроводной линии электропередач

Для двухпроводной линии электропередач напряжение в начале линии согласно рисунку 2: $U_1 = U_2 + 2IR$ (10).

где: U_2 - напряжение в конце линии, R - сопротивление каждого провода.

Разность напряжений U_1 и U_2 называется потерей напряжения в линии и обозначается ΔU : $\Delta U = 2IR$ (11), а так как $R = \rho \frac{\ell}{S}$ (12), то:

$$\Delta U = I \frac{2\rho\ell}{S} \quad (13)$$

Зная ток и наибольшую допустимую потерю напряжения, можно найти необходимое сечение проводов.

Уравнение распределения мощности в цепи:

$$\Delta P = P_1 - P_2 \text{ (Вт); где } P_1 = U_1 I \text{ (Вт); } P_2 = U_2 I \text{ (Вт);}$$

$$\text{КПД цепи: } \eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%$$

Итак, из всего выше сказанного, можно сделать вывод, что основные факторы, влияющие на потери в линиях электропередач - это материал из которого выполнен проводник (его удельное сопротивление), площадь поперечного сечения проводника, длина проводника и сила тока в проводнике.

Тема: «Цепь с последовательным соединением элементов.

Явление резонанса. Резонанс напряжений»

1. Цепь переменного тока с последовательным соединением резистора, конденсатора и индуктивной катушки

Рассмотрим электрическую схему (рисунок 1) с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений.

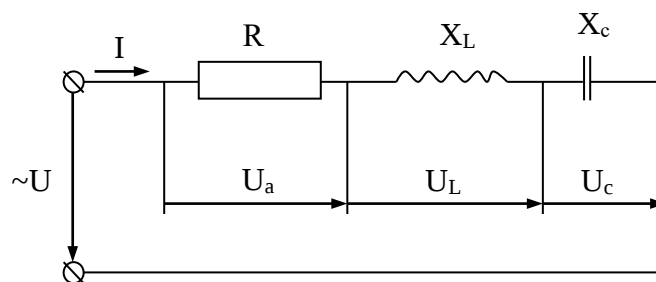


Рисунок 1

Цепь переменного тока с последовательным соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений

Под действием приложенного напряжения в цепи протекает переменный ток.

На активном сопротивлении создаётся активное падение напряжения, совпадающее по фазе с током: $U_a = IR(1)$.

На индуктивном сопротивлении создаётся индуктивное падение напряжения опережающее по фазе ток на 90° : $U_L = IX_L(2)$.

На емкостном сопротивлении создаётся емкостное падение напряжения,

отстающее по фазе от тока на 90° : $U_C = IX_C(3)$.

Результирующее напряжение на зажимах цепи в любой момент времени равно сумме мгновенных значений активного, индуктивного и емкостного падений напряжения:

$$\vec{U} = \vec{U}_a + \vec{U}_L + \vec{U}_C(4)$$

Действующее значение напряжения на зажимах цепи определяется как геометрическая сумма соответствующих напряжений на векторной диаграмме.

Прежде чем приступить к построению векторной диаграммы, необходимо указать, что в данной цепи возможны три режима:

а) Индуктивное сопротивление больше емкостного, т.е. $X_L > X_C$

$\varphi > 0$, $U_L > U_C$. Ток отстает от напряжения на угол φ . Цепь имеет активно-индуктивный характер. Векторная диаграмма напряжений имеет вид (рисунок 2).

б) Индуктивное сопротивление меньше емкостного, т.е. $X_L < X_C$

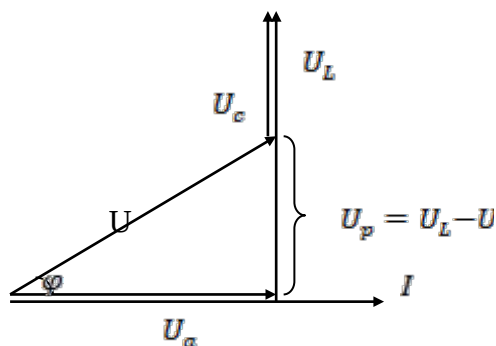
угол $\varphi < 0$, $U_L < U_C$. Ток опережает напряжение на угол φ . Цепь имеет активно-емкостный характер. Векторная диаграмма напряжений имеет вид, изображенный на рисунке 3.

в) Индуктивное сопротивление равно емкостному, т.е. $X_L = X_C$

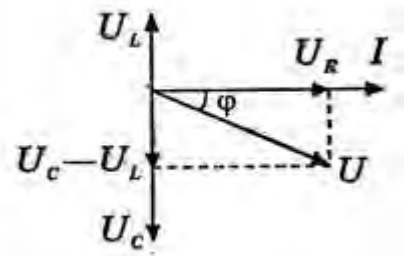
угол $\varphi = 0$, $U_L = U_C$. Ток совпадает с напряжением. Цепь имеет активный характер. Полное сопротивление $z=R$ наименьшее из всех возможных значений X_L и X_C . Векторная диаграмма напряжений имеет вид, изображенный на рисунке 4.

а) Допустим, что индуктивное сопротивление больше емкостного сопротивления, следовательно, индуктивное падение напряжения больше емкостного падения напряжения.

Строить векторные диаграммы можно двумя способами (рисунок 2), при этом построение векторной диаграммы начинаем с вектора тока.



Векторная диаграмма тока и напряжений при $X_L > X_C$



Векторная диаграмма тока и напряжений при $X_L < X_C$

Рисунок 2

Разность между индуктивным и емкостным сопротивлениями называется реактивным сопротивлением цепи и обозначается X_p :

$$X_p = X_L - X_C \quad (6)$$

Следовательно, общее реактивное сопротивление цепи равно разности реактивных сопротивлений катушки и конденсатора.

Из треугольника сопротивлений определяем полное сопротивление

$$\text{цепи: } Z = \sqrt{R^2 + X_p^2} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (7)$$

Угол сдвига фаз φ может быть определён графически на векторной диаграмме или аналитически по его тригонометрическим функциям:

$$\sin \varphi = \frac{X}{Z}; \cos \varphi = \frac{r}{Z}; \operatorname{tg} \varphi = \frac{X}{r} \quad (8)$$

Закон Ома для данной цепи выражается формулой:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{\sqrt{U_r^2 + (U_L - U_C)^2}}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad (9)$$

Из треугольника напряжений следует, что: $\cos \varphi = \frac{U_r}{U} \quad (9)$

Из треугольника сопротивлений: $\cos \varphi = \frac{r}{Z} \quad (10)$

Умножив все стороны векторного треугольника напряжений на ток, переходим к треугольнику мощностей (рисунок 4).

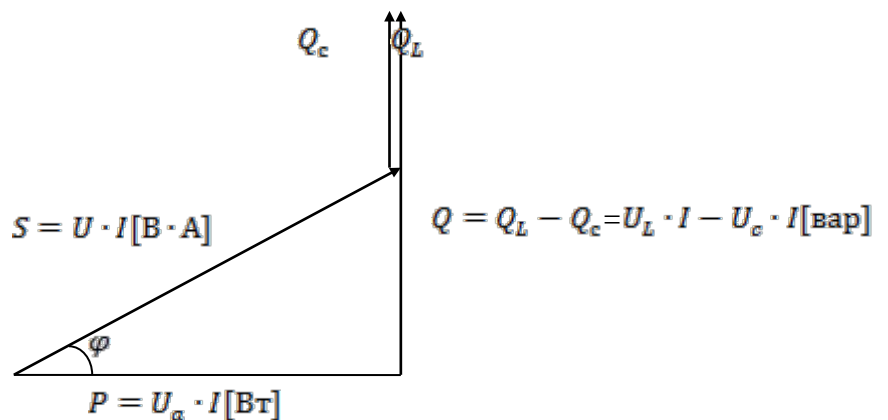


Рисунок 3 Треугольник мощностей

2. Явление резонанса. Резонанс напряжений.

Свойства цепи при резонансе напряжения.

1. Полное сопротивление последовательного контура при резонансе напряжений минимально и равно активному сопротивлению.

Из выражения (7) следует, что при резонансе когда $X_L = X_C$, $Z = \sqrt{r^2}$ или $Z_{\min} = r$ (рисунке 5).

2. Ток в контуре при резонансе напряжений максимален и ввиду чисто активного сопротивления контура совпадает по фазе с приложенным напряжением.

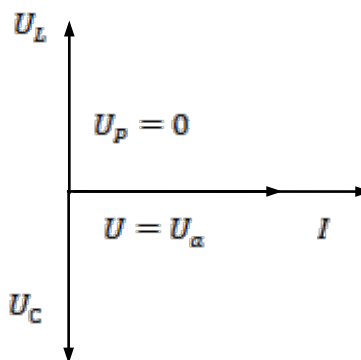


Рисунок 5. Векторная диаграмма тока и напряжений при $X_L = X_C$

$$I = \frac{U}{\sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}}; \text{ при } X_L = X_C, I = \frac{U}{r}$$

3. Напряжение генератора переменного тока, включенного в цепь расходуется на активном сопротивлении: $U_r = Ir$.

4. Напряжение на индуктивности и емкости определяется по закону Ома:

$$U_L = IX_L; \quad U_C = IX_C.$$

5. В последовательно соединенных сопротивлениях протекает одинаковый ток, при резонансе $X_L = X_C$, и напряжения будут равны: $U_L = U_C$ или $IX_L = IX_C$.

6. Если одновременно увеличить оба реактивных сопротивления X_L, X_C . То возрастут оба частичных напряжения U_L, U_C , а сила тока в цепи не изменится. Таким путём можно получить U_L, U_C во много раз больше, чем напряжение цепи.

7. На векторной диаграмме видно, что напряжение на индуктивности и напряжение на ёмкости равны и сдвинуты по фазе друг относительно друга на 180 градусов и взаимно компенсируются (рисунок 5).

Угол сдвига фаз между током и напряжением при резонансе равен нулю. Это значит, что ток и напряжение совпадают по фазе (как в цепи с активным сопротивлением). Поэтому величина тока ограничивается только небольшим сопротивлением. $\varphi = \arctg \frac{X}{r} = 0$

Вывод: Цепь носит активный характер, энергия полей в источник не поступает. Настройку контура в резонанс можно производить изменением либо индуктивности, либо ёмкости контура.

Наличие резонанса определяется:

- по наибольшему току в контуре;
- по наибольшему напряжению на его элементах.

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Лабораторная работа № 1

Изучение электроизмерительных приборов и измерений

1. **Цель работы:** изучение электроизмерительных приборов, используемых в лабораторных работах. Получение представлений о пределе измерения и цене деления, условиях эксплуатации и других характеристиках стрелочных электроизмерительных приборов, получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами.
2. **Порядок выполнения работы**
 - 2.1. Изучение паспортных характеристик стрелочных электроизмерительных приборов.

Внимательно рассмотрите лицевые панели стрелочных измерительных приборов на фото 1,2. Обратите внимание на построение измерительной шкалы, условные знаки и заполните таблицу 1.



Фото 1



Фото 2

Таблица 1

Характеристика стрелочного электроизмерительного прибора		
Наименование прибора		
Система измерительного механизма		
Предел измерения		
Число делений шкалы		
Цена деления		
Минимальное значение измеряемой величины		
Класс точности		
Допустимая максимальная абсолютная погрешность		
Род тока		
Нормальное положение шкалы		
Прочие характеристики		

2.2. Электроизмерения с помощью мультиметра.

Ознакомьтесь с лицевой панелью мультиметра, фото 3.



Фото 3

Подготавливаем мультиметр для измерения постоянного напряжения, включаем электропитание стенда (автоматический выключатель QF модуля питания) и источник постоянного напряжения SA1.

Измеряем напряжение “+5В” , фото 4.

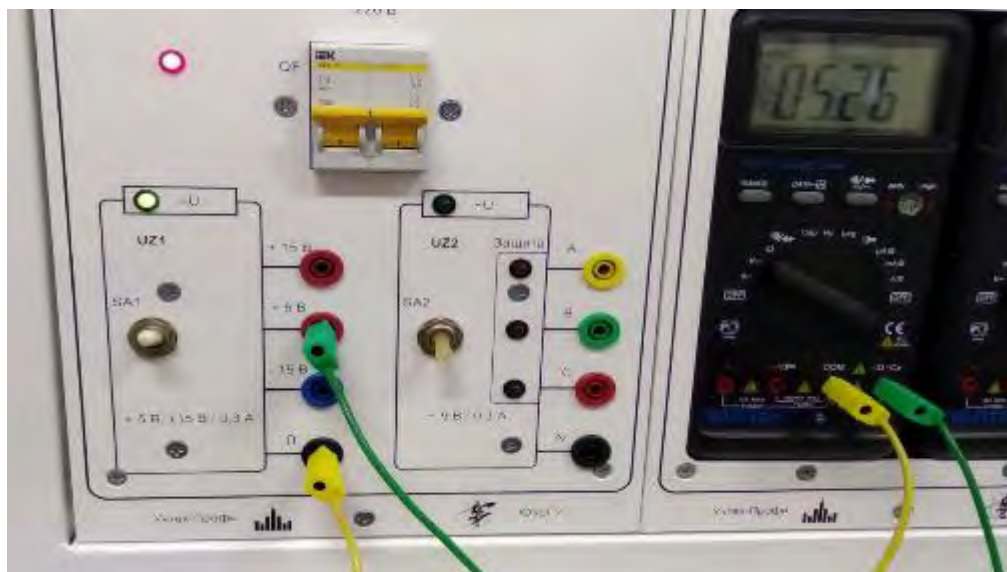


Фото 4

Измеряем напряжение “+15В” , фото 5.

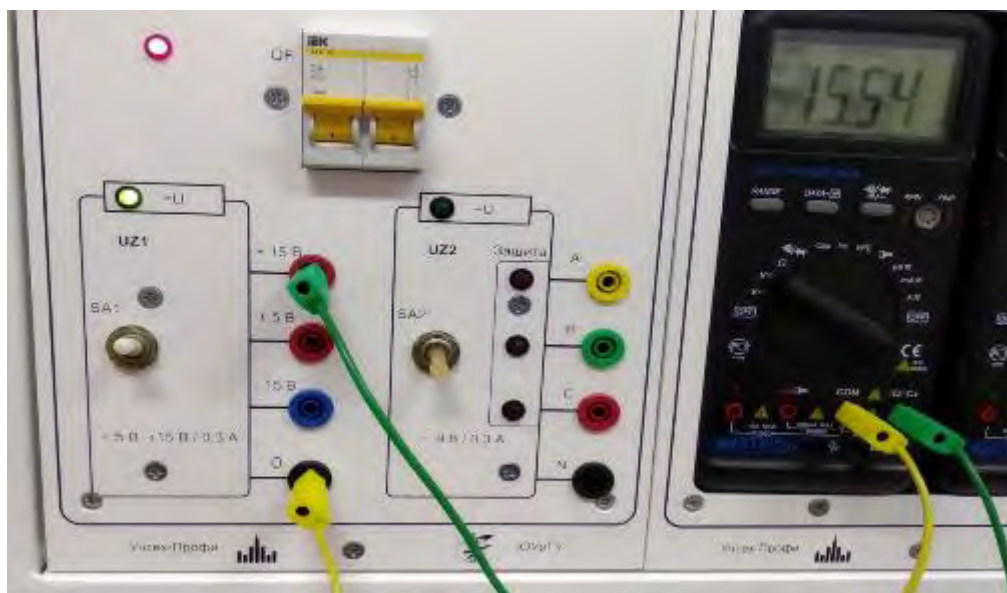


Фото 5

Измеряем напряжение “-15В”, фото 6.

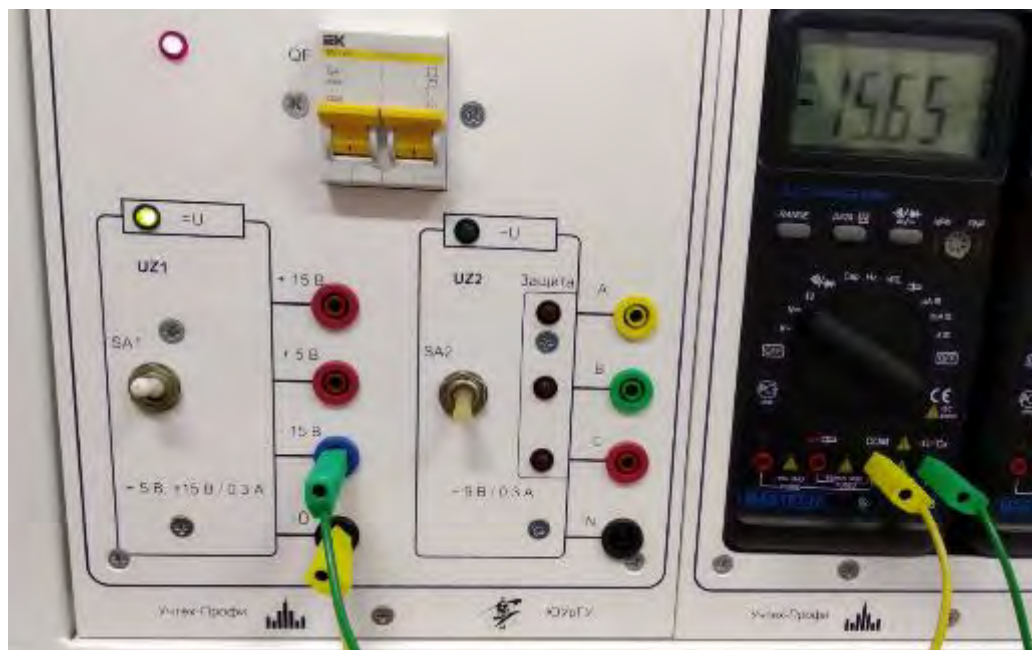


Фото 6

Подготавливаем мультиметр для измерения переменного напряжения, включается трёхфазный источник переменного напряжения SA2, измеряется напряжение ”А”, фото 7.

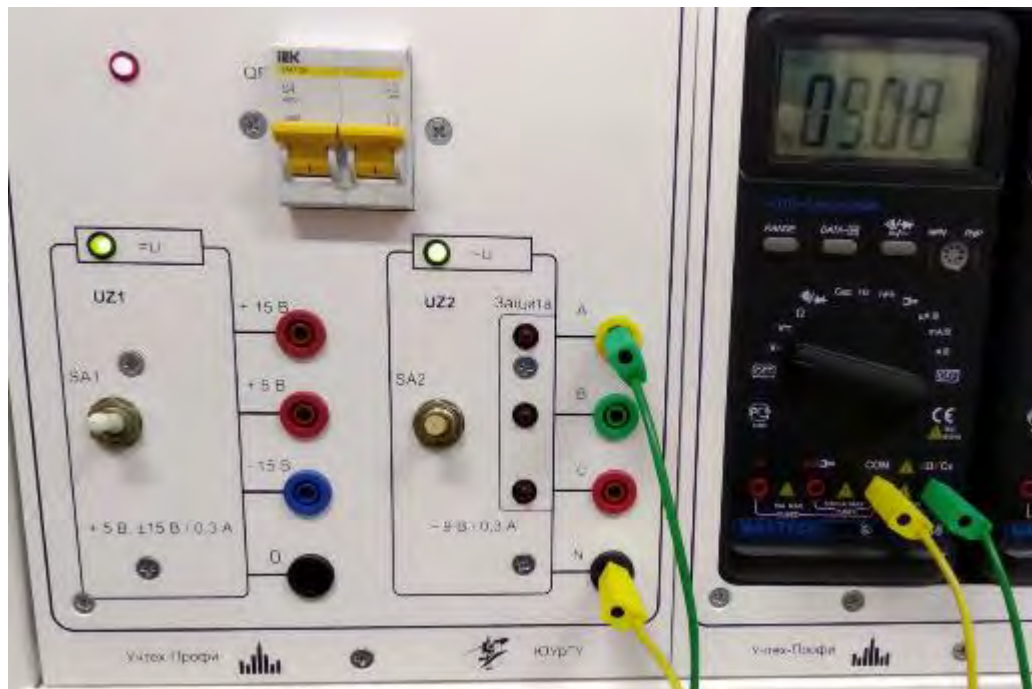


Фото 7

Измеряем напряжение “В”, фото 8.

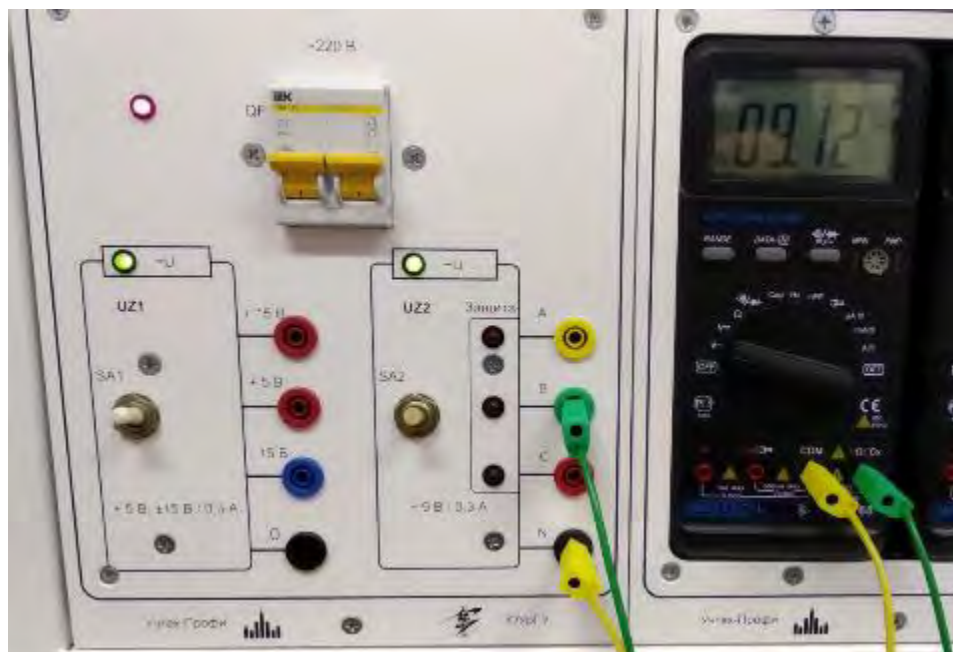


Фото 8

Измеряем напряжение “С”, фото 9.

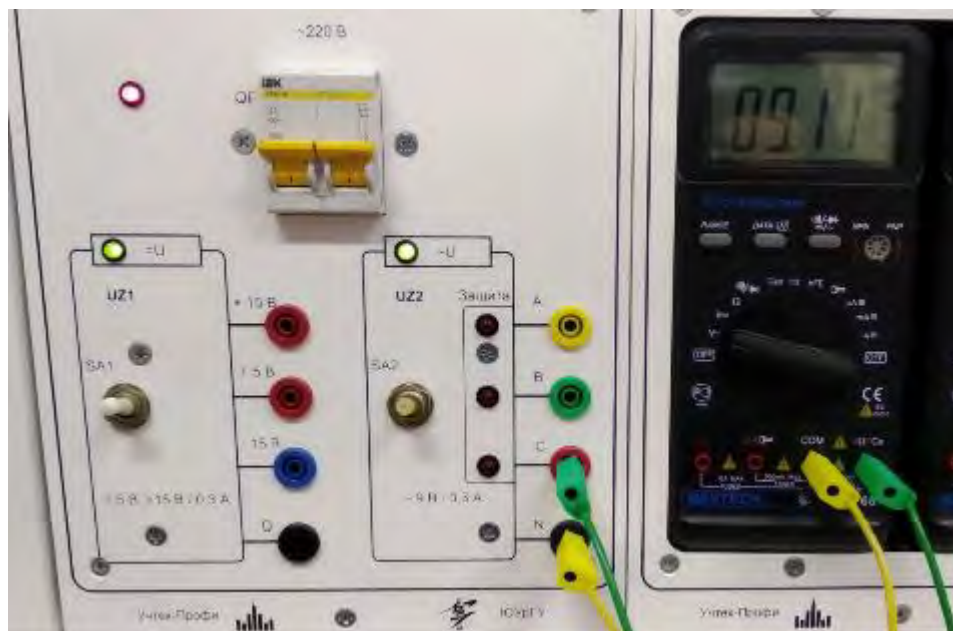


Фото 9

Измеряем напряжение “AB”, фото 10.

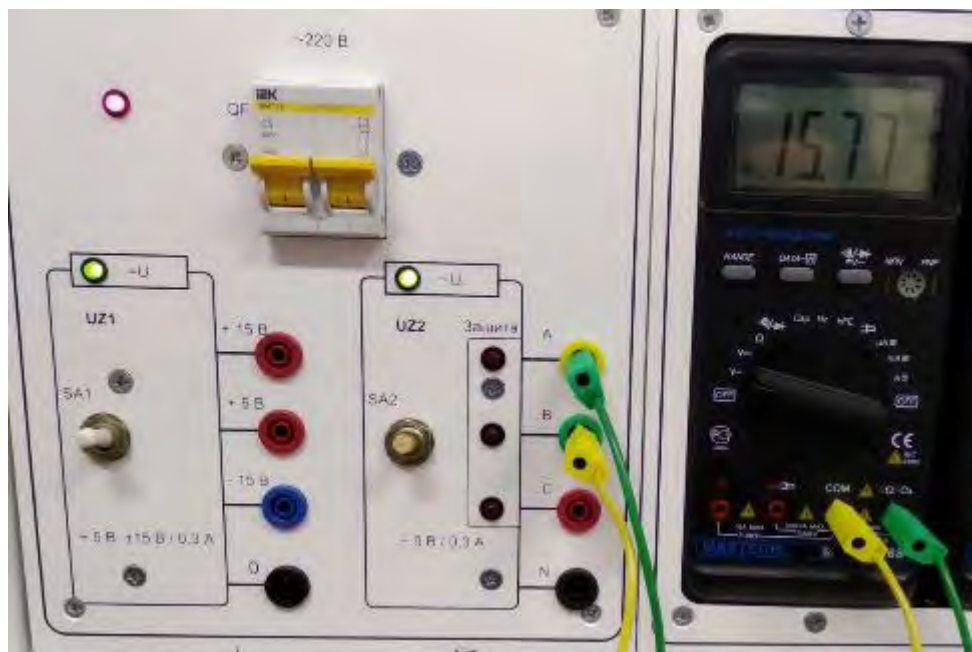


Фото 10

Измеряем напряжение “BC”, фото 11.

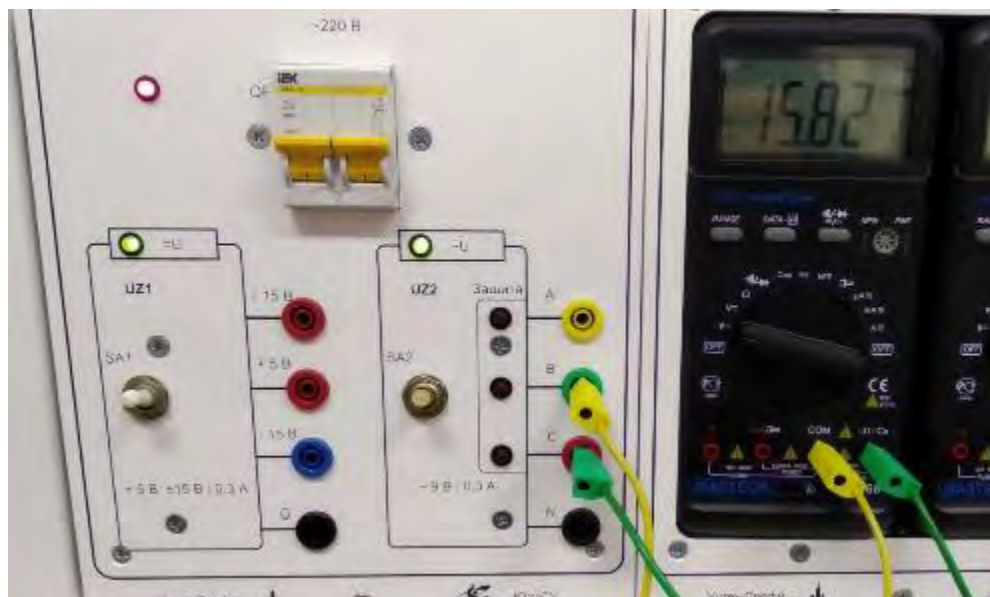


Фото 11

Измеряем напряжение “СА”, фото 12.

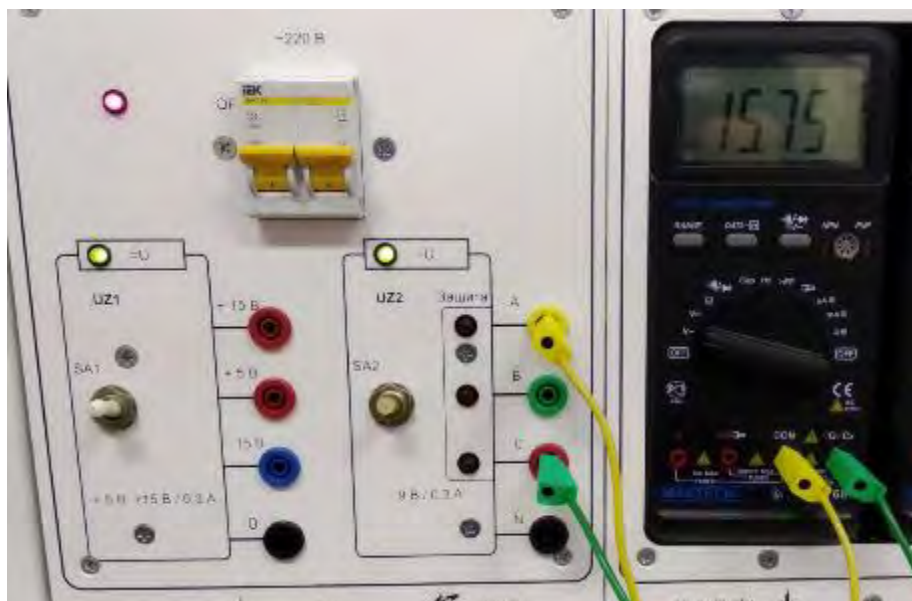


Фото 12

Результаты измерений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

Клеммы	+5	+15	-15	A	B	C	AB	BC	CA
Измерено, В									

Подготавливаем мультиметр для измерения сопротивлений резисторов.

Измеряем сопротивление на первом резисторе, фото 13.

Измеряем сопротивление на втором резисторе, фото 14.

Измеряем сопротивление на третьем резисторе, фото 15.

Измеряем сопротивление на четвертом резисторе, фото 16.



Фото 13



Фото 14



Фото 15



Фото 16

Результаты измерений занесите в таблицу 3.

Таблица 3.

Резистор	R1	R2	R3	R4
Номинальное значение сопротивления, Ом				
Измерено, Ом				

2.3. Контрольные вопросы

1 Напишите достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?

2 Что характеризует класс точности, какие величины можно определить с его помощью?

3 Каковы основные достоинства цифровых измерительных приборов?

Лабораторная работа №2

Исследование потерь напряжения в проводниках

1. **Цель работы:** экспериментальным путем установить, какие факторы влияют на потери напряжения и энергии в линиях электропередач.

2. Приборы и оборудование:

Электролиния длиной $l = 2\text{ м}$, площадью поперечного сечения $S = 2\text{ мм}^2$ со сменными проводами:

1. Медные $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
2. Алюминиевые $\rho = 0,029 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
3. Стальные $\rho = 0,13 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
4. Вольтметр на 30 В – 2 шт;
5. Амперметр на 1 А – 1 шт;
6. Нагрузочный реостат – 1 шт

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомьтесь с оборудованием стенда и электрической цепью (рисунок 1), фото 1.

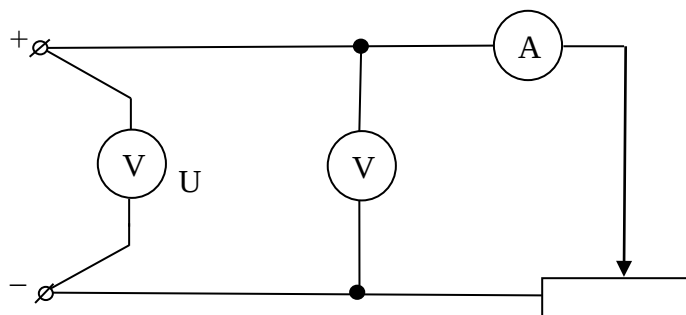


Рисунок 1



Фото 1

3.2. Установили переключатель материалов в положение «Cu» (медь), фото 2.



Фото 2

3.3. Выполняем четыре опыта: 1-й – без нагрузки; 2-й – включена одна нагрузка; 3-й – включено две нагрузки; 4-й – включено три нагрузки, фото 3. Результаты опытов занесите в таблицу 1.



Фото 3

1 ОПЫТ (медный провод)



2 ОПЫТ (медный провод)



3 ОПЫТ (медный провод)



4 ОПЫТ (медный провод)



3.4. Устанавливаем переключатель материалов в положение «Al» (алюминий), фото 4.

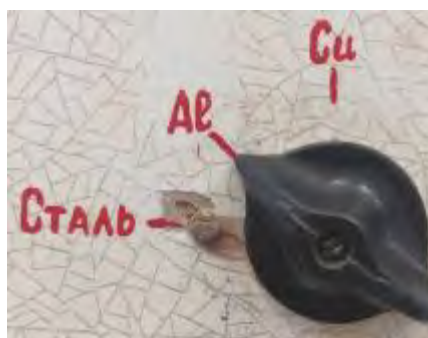


Фото 4

- 3.5. Выполняем четыре опыта: 1-й – без нагрузки; 2-й – включена одна нагрузка; 3-й – включено две нагрузки; 4-й – включено три нагрузки. Результаты опытов занесите в таблицу 1.

1 ОПЫТ (алюминиевый провод)



2 ОПЫТ (алюминиевый провод)



3 ОПЫТ (алюминиевый провод)



4 ОПЫТ (алюминиевый провод)



3.6. Устанавливаем переключатель материалов в положение «Сталь», фото 5.

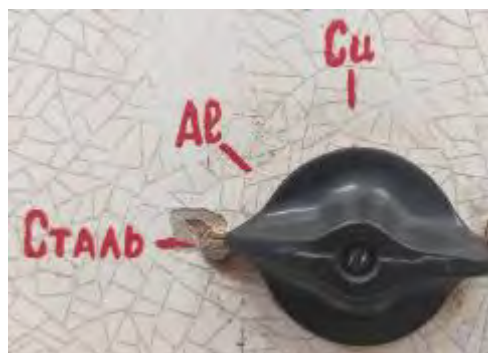


Фото 5

- 3.7. Выполняем четыре опыта: 1-й – без нагрузки; 2-й – включена одна нагрузка; 3-й – включено две нагрузки; 4-й – включено три нагрузки. Результаты опытов занесите в таблицу 1.

1 ОПЫТ (стальной провод)



2 ОПЫТ (стальной провод)



3 ОПЫТ (стальной провод)



4 ОПЫТ (стальной провод)



Таблица 1

№ опыта	Измерить			Вычислить						
	U_1	U_2	I	$\Delta U'$	$\Delta U''$	ΔU	P_1	P_2	ΔP	η
	В	В	А	В	В	%	Вт	Вт	Вт	%
Медь										
1.										
2.										
3.										
4.										
Алюминий										
1.										
2.										
3.										
4.										
Сталь										
1.										
2.										
3.										
4.										

3.8. Выполните необходимые вычисления и занесите их в таблицу 1.
Расчетные формулы:

$$\Delta U' = U_1 - U_2$$

$$\Delta U'' = \frac{2\rho \ell I}{S}$$

$$\Delta U = \frac{U_1 - U_2}{U_1} 100\%; \quad P_1 = U_1 I(\text{Вт}); \quad P_2 = U_2 I(\text{Вт});$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 (\text{Вт}); \quad \eta = \frac{P_2}{P_1} 100\%;$$

3.9. По полученным данным постройте графики зависимости:

$$\Delta U\% = f(P_2) \text{ от } P_2 \quad \eta\% = f(P_2) \text{ от } P_2$$

3.10. Контрольные вопросы

1. Дайте определение закона Ома для участка и полной цепи.
2. Чему равно сопротивление в проводнике?
3. Запишите уравнение распределения мощности в цепи.
4. Если повысить в 2 раза напряжение источника электроэнергии, как изменится сила тока в линии при той же передаваемой мощности? Как при этом изменятся потери мощности в проводах линии? Ответ обоснуйте.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Исследование электрической цепи переменного тока с последовательным соединением элементов

Цель работы: ознакомиться с трехфазными системами, измерением фазных и линейных токов и напряжений. Проверить основные соотношения между токами и напряжениями симметричного и несимметричного трехфазного потребителя. Выяснить роль нейтрального провода в четырехпроводной трехфазной системе. Научиться строить векторные диаграммы напряжений и токов.

1. Порядок выполнения работы:

1.1. Повторите материал по теме «Однофазные цепи переменного тока. Резонанс напряжений».

Ознакомьтесь с лабораторной установкой (модуль питания, модуль мультиметров, набор минимодулей, наборное поле).

1.2. Собираем электрическую цепь с последовательным соединением элементов, установив минимодули резистора, батареи конденсаторов дросселя L , используемого в качестве индуктивного потребителя Z_k (рисунок 1). Подключаем собранную цепь к источнику переменного напряжения (гнезда «А-Н» модуля питания). Для измерения напряжений на отдельных участках цепи используем один из мультиметров в режиме измерения переменного напряжения.

Устанавливаем переключатель батареи конденсаторов в заданную преподавателем позицию.

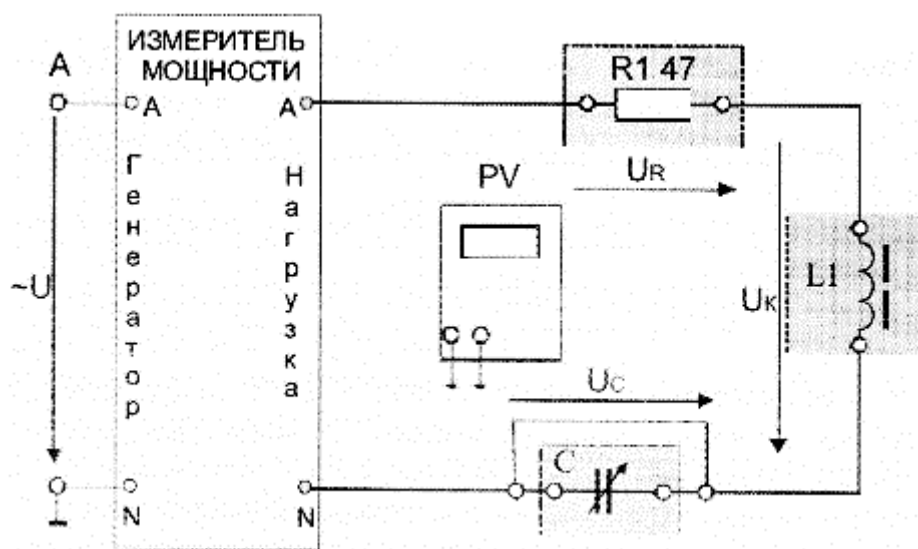
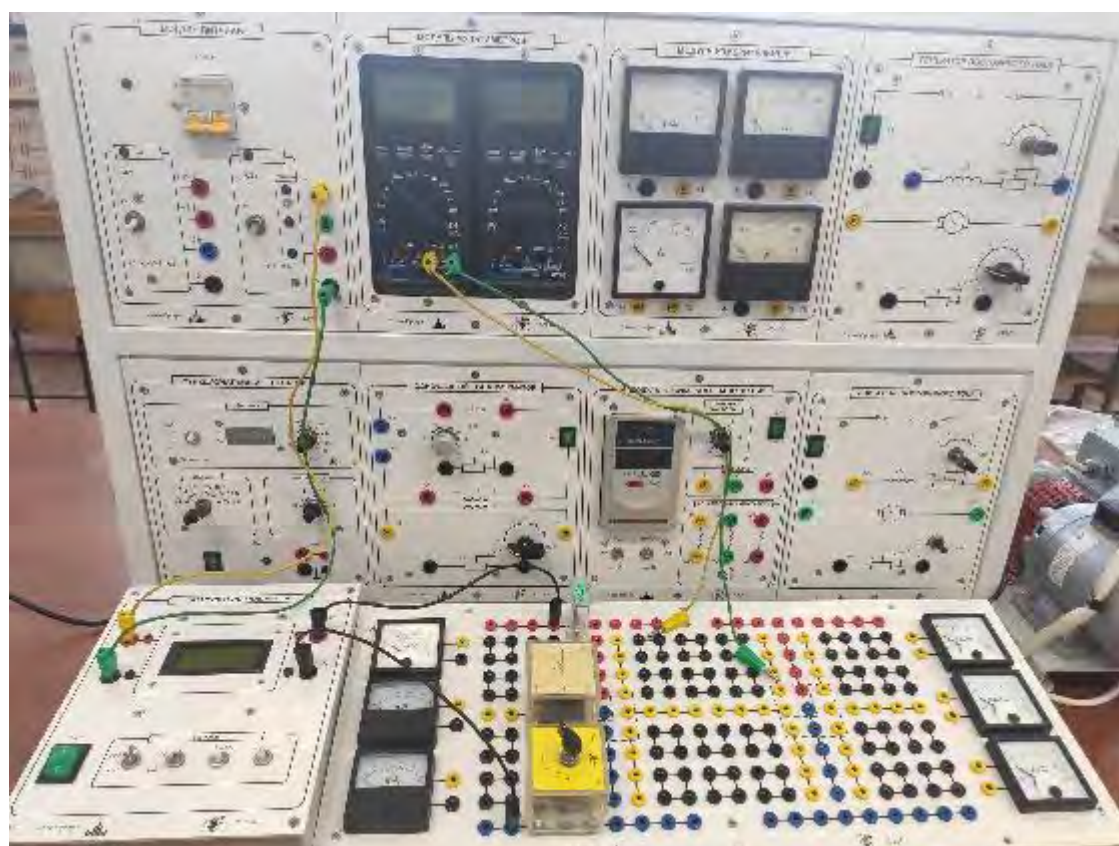
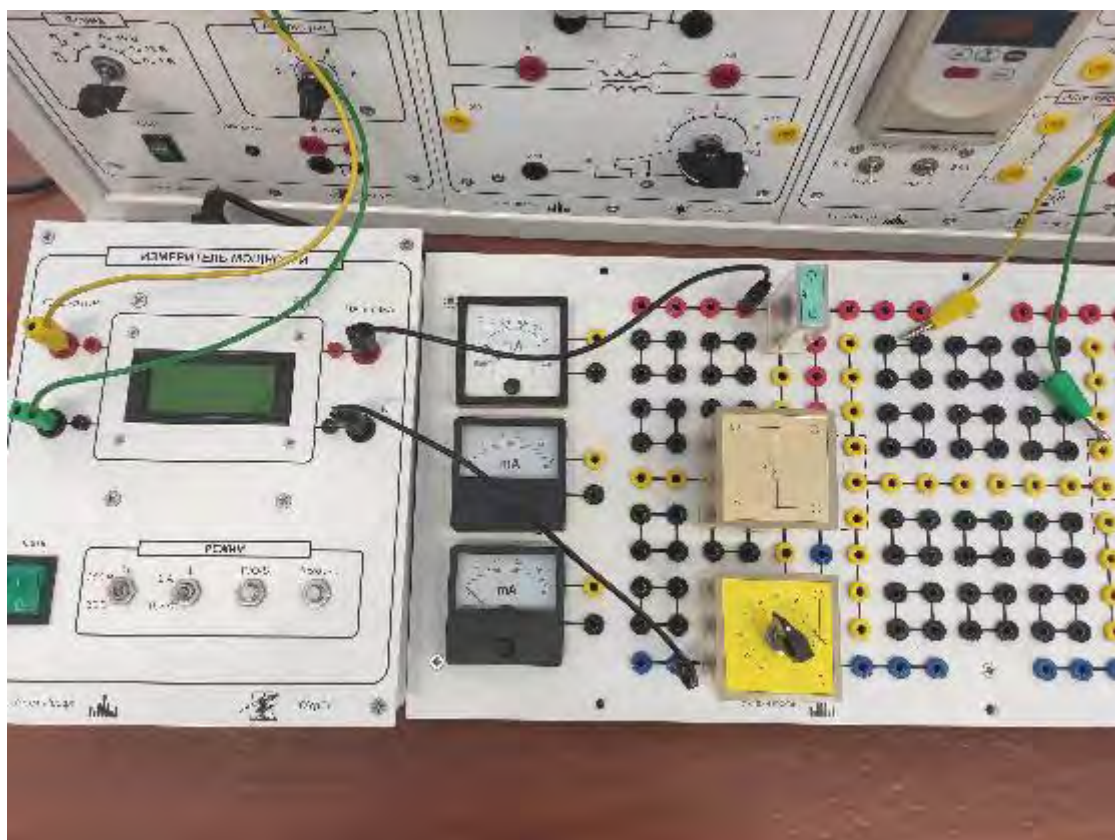


Рисунок 1

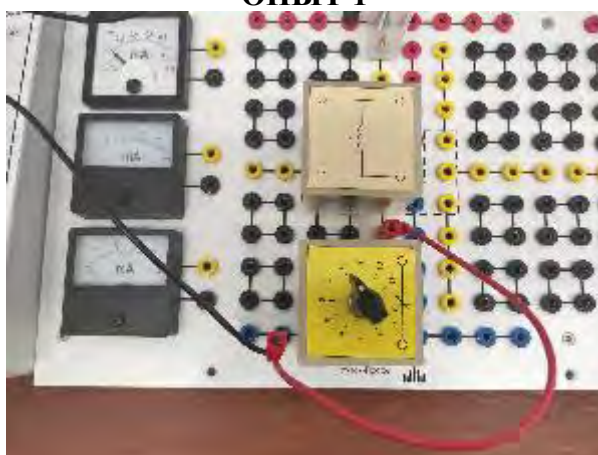


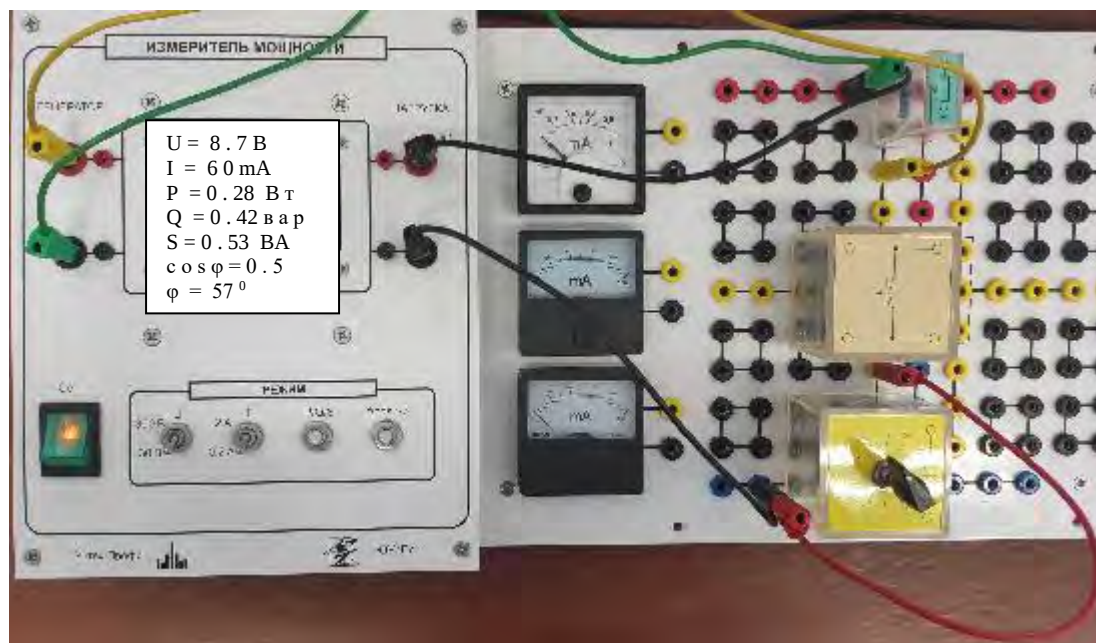


Схема

Подсоединяем параллельно конденсатору дополнительный проводник (исключив этим конденсатор из цепи).

ОПЫТ 1



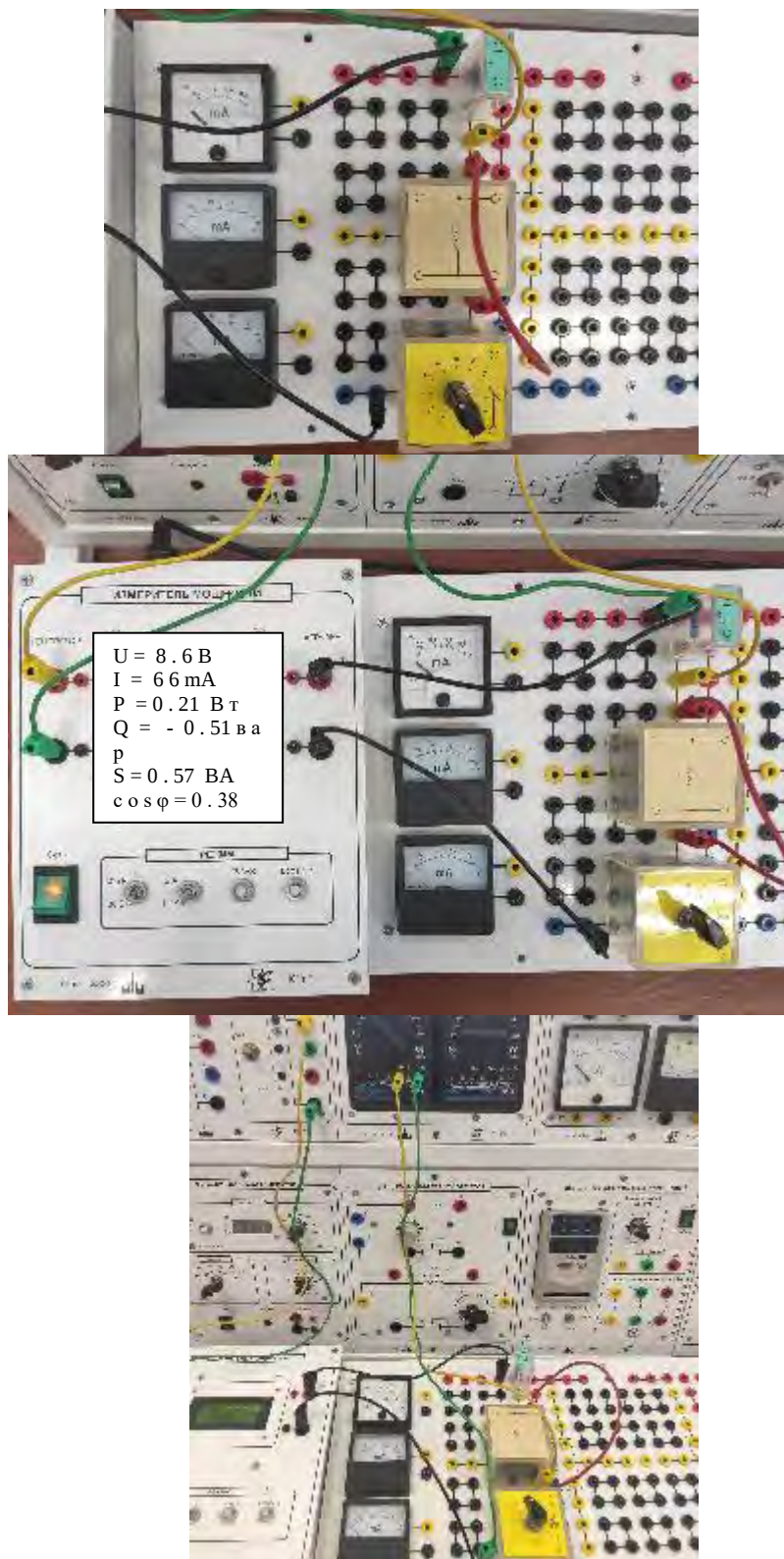


Напряжение на резисторе равно 2,8 В

Напряжение на катушке равно 7,7 В

1.3. Включаем электропитание (выключатель QF, источники постоянного и трехфазного напряжения модуля питания, измеритель мощности, а также мультиметр). Производим измерения указанных в таблице 1 величин в цепи с последовательным соединением резистора R и индуктивного потребителя Zк. Результаты измерений занесите в таблицу 1. Выключаем источники трехфазного и постоянного напряжения, убираем дополнительный проводник, подключенный к конденсатору. Подсоединяем параллельно индуктивному потребителю Zк дополнительный проводник (исключив этим его из цепи).

ОПЫТ 2



Напряжение на резисторе равно 3,1 В

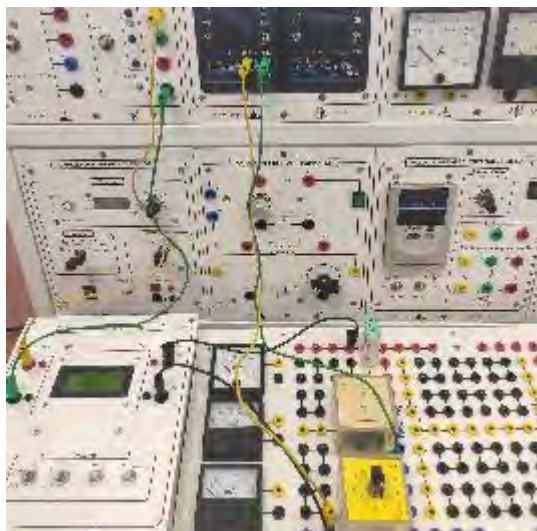
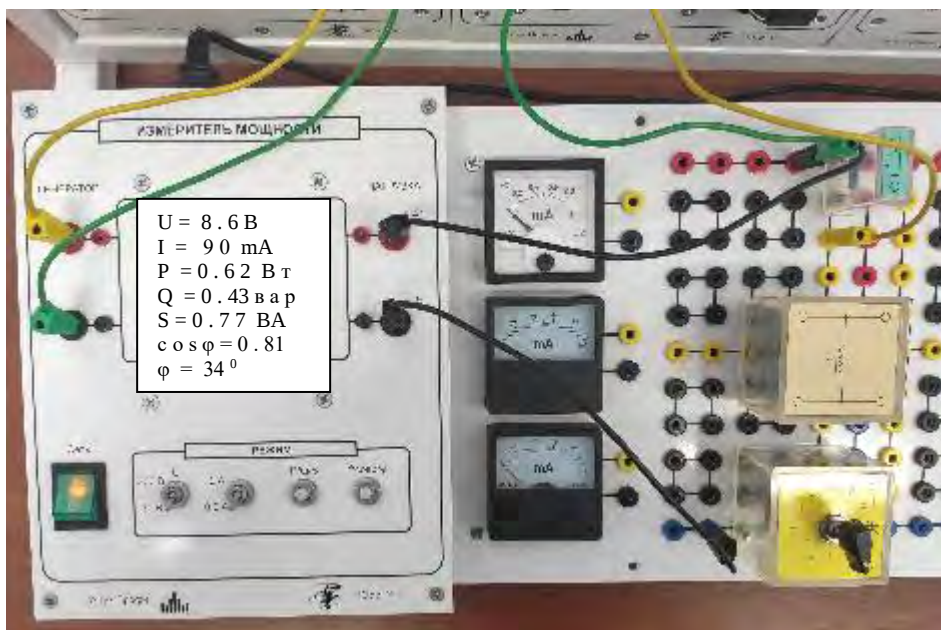
Напряжение на конденсаторе равно 8 В

Включаем источники постоянного и трехфазного напряжений и производим измерения указанных величин для цепи с последовательным

соединением резистора R и конденсатора Xс. Результаты измерений занесите в табл. 1.

1.4. Выключаем источники трехфазного и постоянного напряжений, убираем дополнительный проводник.

ОПЫТ 3



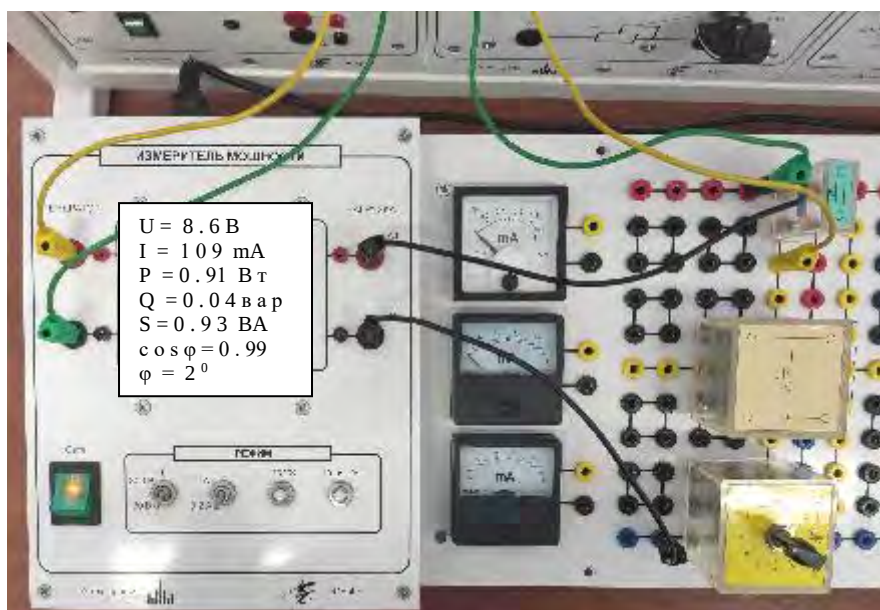
Напряжение на резисторе равно 4,2 В
Напряжение на катушке равно 11,6 В
Напряжение на конденсаторе равно 6,2 В

Включаем источники постоянного и трехфазного напряжений и производим измерения указанных в таблице величин для цепи с

последовательным соединением резистора R , конденсатора X_c и индуктивного потребителя Z_k . Результаты измерений занесите в табл. 1.

1.5. Изменяя величину емкости батареи конденсаторов, добиваемся наибольшего значения тока, т.е. обеспечиваем состояние цепи близкое к резонансу напряжений.

ОПЫТ 4



Напряжение на резисторе равно 5 В
Напряжение на катушке равно 14 В
Напряжение на конденсаторе равно 13 В

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	Схема	U, В	I, мА	U _R , В	U _K , В	U _C , В	P, Вт	Q, вар	S, ВА	cos φ	φ
1	Z _K , R										
2	R, X _C										
3	R, Z _K , X _C										
4	R, Z _K , X _C рез										

По результатам измерений постройте для опыта №3 в масштабе векторную диаграмму и сделайте вывод о характере исследованной цепи.

2. Контрольные вопросы

1. От чего зависит угол сдвига фаз между напряжением и током на участке электрической цепи переменного тока?
2. В каком случае исследуемая цепь будет носить активно-индуктивный характер, и в каком - активно-емкостной характер?
3. Назовите условия резонанса напряжений?
4. Чему равно общее напряжение в цепи при резонансе напряжений?
Ответ обоснуйте.
5. Начертите треугольник напряжений, сопротивлений, мощностей.
Запишите все формулы для расчета соответствующих величин.

5. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Нормативно-технические документы

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009г. № 682-ст)

Печатные издания и электронные издания

Основная литература:

1. Аполлонский, С.М. Электротехника. :учебник / Аполлонский С.М. — Москва: КноРус, 2019. — 292 с. — (СПО). — ISBN 978-5-406-07332-2. — URL: <https://book.ru/book/933657>
2. Аполлонский, С.М. Электротехника: практикум / Аполлонский С.М. — Москва: КноРус, 2018. — 318 с. — (СПО). — ISBN 978-5-406-05900-5. — URL: <https://book.ru/book/927853>
3. Немцов М.В. Электротехника и электроника: учебник. – М.: Издательский центр "Академия", 2015
4. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учебное пособие. - Ростов н/Д: ООО "Феникс", 2018
5. Покотило С.А., Панкратов В.И. Электротехника и электроника: учебное пособие. - Ростов н/Д: ООО "Феникс", 2018

Дополнительная литература:

1. Зайцев В.Е. и Нестерова Т.А. Электротехника. Электроснабжение, электротехнология и электрооборудование строительных площадок-М.; АСАДЕМА, 2009.
2. Славинский, А. К. Электротехника с основами электроники : учеб. пособие / А.К. Славинский, И.С. Туревский. — Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2019. — 448 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-106242-5. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znanium.com/catalog/product/989315>