

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА

---

Кафедра Физики

**Лабораторные работы по физике**  
**Раздел: Электричество и магнетизм**

Для студентов всех специальностей

Учебно–методическое пособие

Москва – 2009

УДК 621.3  
Б28

Ю.П. Батырев, А.П. Саврухин. Лабораторные работы по физике. Раздел:  
Электричество и магнетизм

Учебное пособие для студентов всех специальностей ФЭСТА. М.: МГУЛ, 2009.  
– 60 с.

Пособие содержит описание лабораторных работ, проводимых кафедрой физики по разделу “Электричество и магнетизм”.

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебно-методического пособия редакционно-издательским советом университета.

Рецензенты: д.т.н., проф. В.Д. Бурков  
д.т.н., проф. Н.П. Полуэктов;

Кафедра физики

Авторы: – Батырев Ю. П., Саврухин А. П.

© Батырев Ю.П., Саврухин А.П., 2009

© Московский Государственный университет леса, 2009

Лицензия ЛР № 020718 от 02.02.1998 г.

Лицензия ПД № 00326 от 14.02.2000 г.

---

Подписано к печати 17.06.09

Объем п.л.

Тираж 100 экз.

Формат

Заказ №

---

Издательство Московского государственного университета леса  
141005, Мытищи-5, Московская обл., 1-ая Институтская, 1, МГУЛ  
Телефон (095)586-91-67  
Email: izdat@mgul.ac.ru

## Предисловие

Настоящий сборник лабораторных работ предназначен для студентов, обучающихся разделу “Электричество и магнетизм” курса физики. Данное пособие также может быть использовано для проведения лабораторных работ по дисциплинам "Теоретические основы электротехники", "Общая электротехника и электроника", "Электротехника и электроника".

Лабораторные работы выполняются на учебном стенде, специализированном для выполнения работ по приведенным в оглавлении разделам. Описание лабораторных работ основано на руководстве, входящем в описание стенда.

Основными задачами лабораторных занятий являются: освоение техники электротехнического эксперимента, обучение грамотному оформлению результатов измерений, практическая проверка положений, изложенных в теоретической части курса.

По каждой работе в сборнике излагаются ее содержание и порядок выполнения.

## ПРАВИЛА

проведения лабораторных работ и порядок их выполнения в лаборатории кафедры Физики

1. Студенты должны ознакомиться с содержанием лабораторной работы, подготовиться к ней теоретически, а также заранее выписать необходимые формы таблиц для записи данных опытов.

2. Для проведения лабораторных работ студенческая группа делится на подгруппы по 3-4 человека. Состав групп сохраняется до конца семестра. Обработка результатов опытов проводится каждым студентом самостоятельно.

3. Каждый студент до сборки схемы должен ознакомиться с измерительными приборами, переключающей и сигнальной аппаратурой, лабораторными стендами и правилами их эксплуатации, а также записать основные паспортные данные приборов (предел измерения, класс точности). При этом нужно выявить, какие зажимы приборов соответствуют тем или иным точкам электрической схемы и в какие положения нужно поставить задвижки реостатов и лабораторных трансформаторов.

4. При сборке схемы рекомендуется сначала монтировать последовательные контуры электрической цепи, а затем подключать параллельные ветви к соответствующим участкам. Следует избегать соединения свыше трех монтажных проводов на одной клемме блоков и двух на клеммах измерительных приборов. Во избежание порчи монтажные провода не должны касаться нагревающихся частей реостатов и других элементов электрической цепи.

5. Запрещается включение собранной схемы без ее предварительной проверки преподавателем. Любые изменения в схемах могут проводиться только при отключенном напряжении питания. После любого изменения в электрической схеме ее включение допускается только после повторной проверки преподавателем.

6. Порядок проведения лабораторных работ.

а) после включения собранной и проверенной схемы рекомендуется проделать опыт, не производя записей, чтобы познакомиться с характером процесса в целом и убедиться в том, что пределы измерений включенных приборов соответствуют заданным режимам работы

б) провести необходимые измерения и занести их результаты в таблицы

в) сделать расчеты и построения, предусмотренные в описании данной лабораторной работы

г) представить преподавателю результаты опытов, необходимые расчеты и построения, не разбирая схемы. В случае неудовлетворительных результатов повторить измерения.

7. После окончания работы и проверки результатов преподавателем, схема должна быть отключена от питания и разобрана.

8. В случае порчи приборов или оборудования при включении в сеть схемы без ее предварительной проверки преподавателем, а также грубом нарушении правил эксплуатации приборов, студенты, нарушившие настоящие правила, несут материальную ответственность.

9. Оформление отчета по лабораторным работам.

При составлении отчета по лабораторной работе необходимо руководствоваться следующими положениями:

- отчет по лабораторной работе выполняется на бумаге формата А4;
- на титульном листе должны быть указаны название лабораторной работы, фамилия студента, номер группы и фамилия преподавателя, принимающего работу;
- внутри отчета должны быть кратко сформулированы цель работы и порядок ее выполнения, представлены заполненные таблицы и графики и результаты необходимых расчетов;
- схемы и графики должны быть вычерчены карандашом с помощью чертежных инструментов с соблюдением буквенных и графических условных обозначений или выполнены на персональном компьютере;
- студенты, не предъявившие в начале лабораторного занятия оформленного отчета по предыдущей работе, к выполнению следующей не допускаются;
- если при выполнении лабораторной работы применяется персональный компьютер и соответствующие программные средства, то в отчет должна вклеиваться распечатка результатов.

## ПРАВИЛА ВНУТРЕННЕГО РАСПОРЯДКА В ЛАБОРАТОРИИ

При работе в лаборатории во избежание несчастных случаев, а также порчи приборов и электрооборудования студент должен строго выполнять следующие правила внутреннего распорядка и техники безопасности:

1. Приступая к работе в лаборатории, студент должен ознакомиться с правилами внутреннего распорядка и техники безопасности.

2. Студенты обязаны не только строго выполнять эти правила, но и требовать неуклонного выполнения их от своих товарищей.

3. Категорически запрещается приходить в лабораторию в верхней одежде и приносить с собой вещи и предметы, загромождающие стенды и рабочие столы.

4. В лаборатории запрещается громко разговаривать, самовольно покидать рабочие места и переходить от одного стенда к другому.

5. Лабораторная работа, пропущенная студентом, выполняется по особому расписанию в дни отработок и с разрешения преподавателя, ведущего занятия.

## ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

для студентов, выполняющих лабораторные работы

1. К выполнению лабораторной работы допускаются только подготовившиеся к этой работе студенты, прошедшие инструктаж по правилам технической эксплуатации и безопасности обслуживания электрооборудования в лаборатории с обязательной проверкой знания и отметкой о получении и усвоении инструктажа в специальном журнале.

Инструктаж проводится преподавателем до начала первой лабораторной работы.

В результате инструктажа студент, допущенный к выполнению лабораторной работы, должен быть:

- ознакомлен с электротехническими установками и приборами лаборатории;
  - предупрежден об опасности прикосновения к токоведущим частям электрических схем;
  - предупрежден о мерах предосторожности при работах на электрических установках;
  - ознакомлен с правилами оказания первой медицинской помощи при поражении электрическим током.
2. Не допускается использование неисправных приборов и аппаратов с неисправными клеммами, проводов с поврежденной изоляцией, неисправных реостатов, тумблеров и др.
  3. Прежде чем приступить к монтажу схемы, убедись, что указатели положения элементов регулирования лабораторных реостатов и автотрансформаторов расположены на нуле.
  4. Собранный цепь должна быть проверена преподавателем и может быть включена только по его разрешению.
  5. При сборке цепей избегайте пересечения проводов и обеспечьте хороший контакт соединений.
  6. При сборке цепей постоянного тока соблюдайте полярность включения приборов в соответствии с полярностью источника тока.
  7. В цепях переменного тока с ваттметром необходимо определить его клеммы и место их включения в цепь.
  8. Помните, что отключенный конденсатор может долго сохранять опасный остаточный заряд, и потому не забывайте его разрядить до монтажа цепи.

9. При работе с цепями переменного тока, содержащими индуктивности и емкости, следует помнить, что напряжения на них могут намного превышать напряжение источника питания.
10. Нельзя размыкать электрические цепи с катушками, имеющими большое число витков, так как при этом возникают значительные Э.Д.С., опасные для человека и для изоляции обмоток.
11. Включение схемы на напряжение можно только после предварительного предупреждения всех работающих у стенда. Перед включением цепи следует убедиться, что никто не прикасается к оголенным токоведущим частям.
12. Все необходимые переключения нужно производить только при отключенном напряжении. Всякое изменение в цепи должно быть проверено преподавателем.
13. Студентам не разрешается самостоятельно производить какие-либо переключения на главном распределительном щите лаборатории.
14. Для измерения напряжения на различных участках схемы необходимо пользоваться специальными проводами с изолированными рукоятками щупов.
15. После окончания работ на стенде и проверки полученных результатов преподавателем схема должна быть отключена от напряжения и разобрана.
16. Если во время работы возникает какое-либо повреждение аппаратуры, в результате которого появляется дым, огонь, специфический запах или нагреваются провода, то надо быстро отключить напряжение питания и принять меры по предотвращению пожара.
17. В случае попадания кого-либо под опасное напряжение необходимо незамедлительно отключить напряжения питания на стенде или в лаборатории, при необходимости вызвать врача и до его приезда оказать первую медицинскую помощь.
18. Несоблюдение правил техники безопасности может привести к поражению электрическим током или к выходу из строя измерительной аппаратуры и другого оборудования.



## Лабораторная работа № 1

### «Неразветвленная цепь с одним переменным сопротивлением»

#### 1.1. Цель работы.

- 1.1.1. Исследовать изменение токов, напряжений, мощностей, к.п.д. в неразветвленной цепи при изменении одного из двух сопротивлений.
- 1.1.2. Ознакомиться с режимами работы цепи (х. х., к. з.).
- 1.1.3. Снять вольтамперную характеристику резистора.

#### 1.2. Оборудование.

- 1.2.1. Источник электроэнергии - 1 шт.
- 1.2.2. Амперметр (0-0,5)А - 1 шт.
- 1.2.3. Вольтметр (0-25)В - 1 шт.
- 1.2.4. Вольтметр (0-50)В - 1 шт.
- 1.2.5. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.
- 1.2.6. Резисторы - 3 шт.

#### 1.3. Порядок выполнения работы.

- 1.3.1. Изучить и собрать электрическую цепь, представленную на рис. 1.

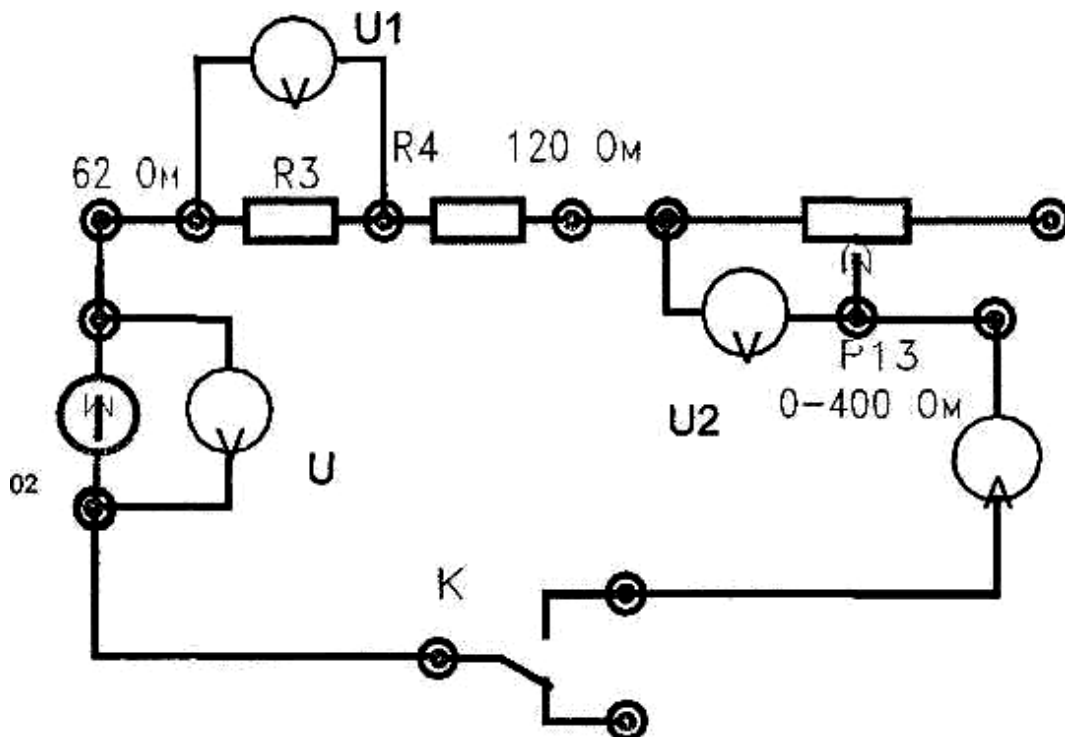


Рис. 1.

- 1.3.2. Получив разрешение преподавателя, включить стенд.
- 1.3.3. Разомкнуть тумблер «К» (режим х.х.) и записать показания в таблицу 1.

1.3.4. Замкнуть тумблер «К» и, изменяя сопротивление R13, для трех значений записать показания в табл. 1.

1.3.5. Расчетные формулы. ( $r_0$  и E - выходное сопротивление и Э.Д.С. источника.)

$$r_0 = (E - U)/I; \quad R3 = U_1/I; \quad R13 = U_2/I; \quad R = U/I;$$

$$P_1 = I^2 \cdot R3; \quad P_2 = I^2 \cdot R13; \quad P_0 = I^2 \cdot r_0; \quad P = E \cdot I;$$

$$P_r = U \cdot I; \quad \eta = (P_r / P) \cdot 100\% .$$

1.3.6. Таблица замеров и расчетов.

Таблица 1

№ п/п	Замеры					Расчеты										
	E	I	U	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	r <sub>0</sub>	R3	R13	R	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>r</sub>	P	η	
	В	А	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	%	
1																
2																
3																
4																
5																

1.3.7. По данным таблицы построить график зависимостей от I для U, U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub>, η; а также I = f(R13), I = f(U<sub>1</sub>).

1.3.8. Построить вольтамперную характеристику резистора.

## Лабораторная работа № 2

### «Неразветвленная цепь постоянного тока. Делитель напряжения»

#### 2.1. Цель работы.

- 2.1.1. Проверка на опыте особенностей последовательного соединения резисторов.
- 2.1.2. Исследование делителя напряжения.

#### 2.2. Оборудование

- 2.2.1. Источник электроэнергии - 1 шт.
- 2.2.2. Амперметр (0-0,5)А - 1 шт.
- 2.2.3. Вольтметр (0-25)В - 1 шт.
- 2.2.4. Вольтметр (0-50)В - 2 шт.
- 2.2.5. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.
- 2.2.6. Резисторы - 3 шт.

#### 2.3. Порядок выполнения работы.

- 2.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 2.
- 2.3.2. Изучить и собрать электрическую цепь (рис. 2)

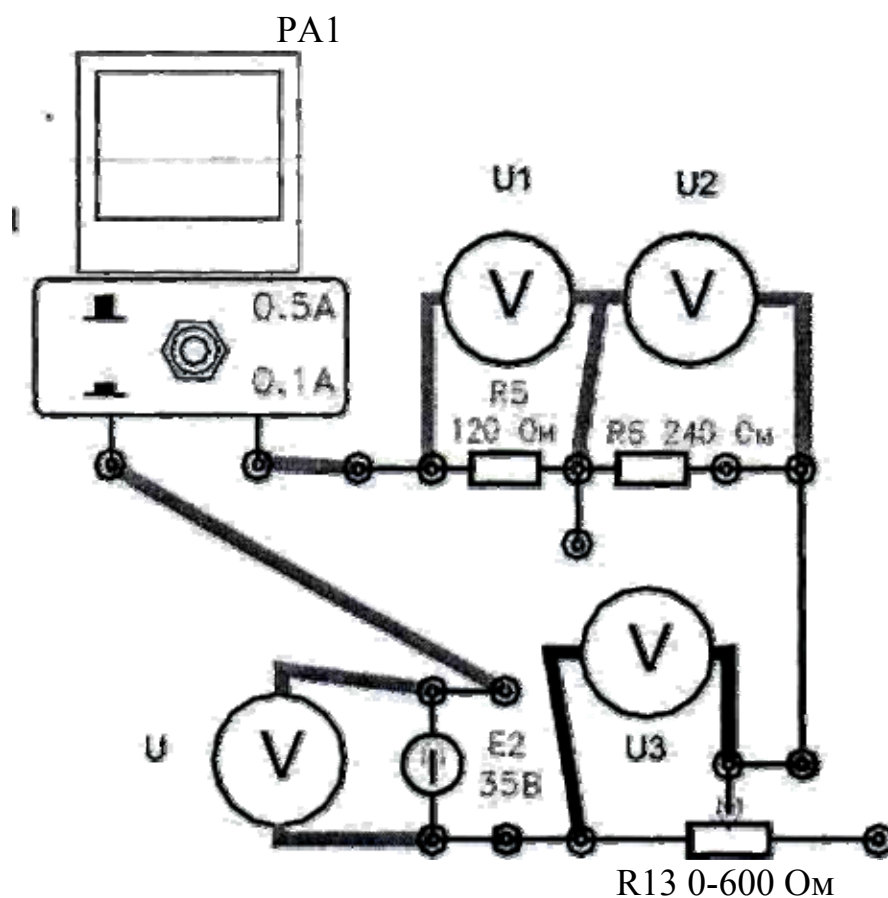


Рис. 2.

2.3.3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд и подать напряжение в схему от источника  $E_2$  порядка 50 В. Для 5 значений напряжения [через 10 В] показания приборов записать в табл. 2.

2.3.4. Переключатель на резисторе R13 установить в положение 500 Ом.

2.3.5. Расчетные формулы.

$$R = U/I; \quad P = I^2 \cdot R; \quad R_{\text{общ}} = R5 + R6 + R13; \quad P = I^2 \cdot R_{\text{общ}} = U \cdot I;$$

2.3.6. Убедиться, что:  $U_1/U_2 = R5/R6$ ;  $U/I = R_{\text{общ}}$ .

2.3.7. Таблица замеров и расчетов.

Таблица 2

№ п/п	Замеры					Расчеты									
	U	I	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	R5	R6	R13	R <sub>общ</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>13</sub>	P	U <sub>1</sub> / U <sub>2</sub>	R5/ R6
	В	А	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт		
1															
2															
3															
4															

2.3.8. По данным таблицы построить графики зависимости

$$U=f(I); \quad U_1=f(I); \quad U_2=f(I); \quad U_3=f(I).$$

2.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

2.4.1. Распределение напряжения на резисторах.

2.4.2. Целесообразность применения делителя напряжения.

### Лабораторная работа № 3

#### «Разветвленная цепь постоянного тока»

##### 3.1. Цель работы.

- 3.1.1. Проверка на опыте особенностей параллельного соединения резисторов.  
 3.1.2. Проверка 1-го правила Кирхгофа.

##### 3.2. Оборудование.

- 3.2.1. Источник электроэнергии - 1 шт.  
 3.2.2. Амперметр (0-0,5)А - 3 шт.  
 3.2.3. Амперметр (0-1)А - 1 шт.  
 3.2.4. Вольтметр (0-50)В - 1 шт.  
 3.2.5. Резисторы - 5 шт.

##### 3.3. Порядок выполнения работы.

- 3.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 3.  
 3.3.2. Изучить и собрать электрическую цепь (рис. 3).

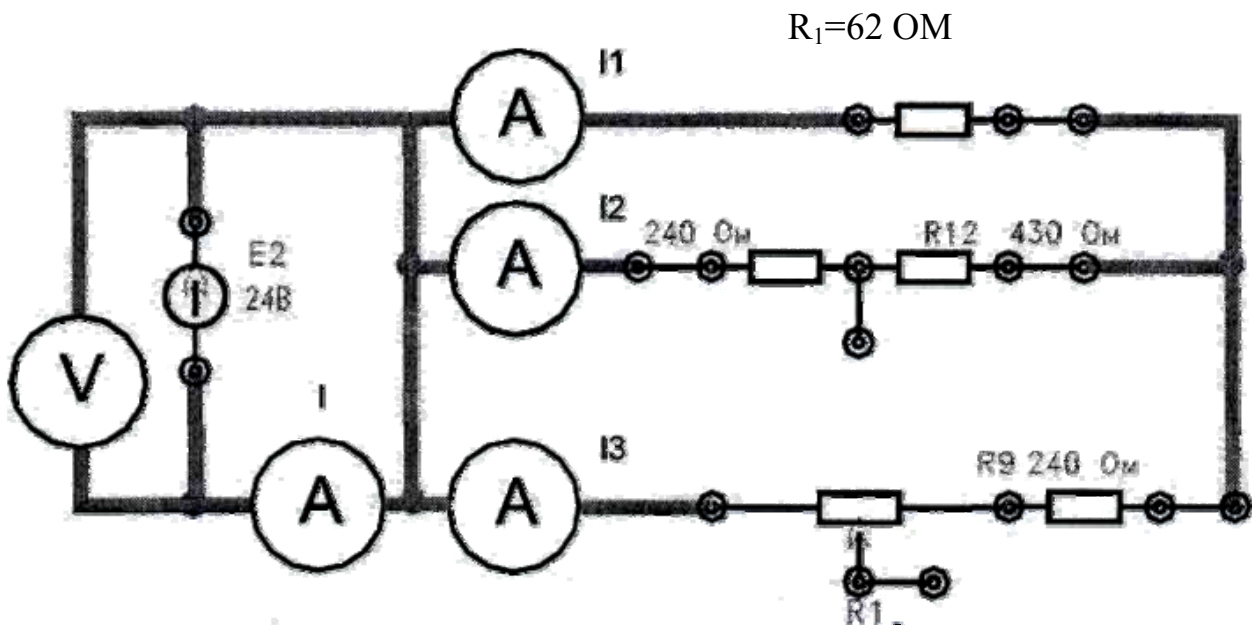


Рис. 3.

- 3.3.3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд и подать напряжение в схему от источника E2 порядка 60 В. Для 5 значений напряжения [через 10 В] показания приборов записать в таблицу 3.  
 3.3.4. Расчетные формулы.

$$g=1/R; \quad P=U \cdot I; \quad P_{\text{общ}}=P_1 + P_2 + P_3= U \cdot I.$$

3.3.5. Убедиться, что:

$$1/g_1 + 1/g_2 + 1/g_3 = U/I_1 + U/I_2 + U/I_3; \quad I - I_1 - I_2 - I_3 = 0; \quad g_1/g_2 = I_1/I_2.$$

3.3.6. Таблица замеров и расчетов

Таблица 3.

№ п/п	Замеры					Расчеты							
	U	I	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	g <sub>1</sub>	g <sub>2</sub>	g <sub>3</sub>	g	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P
	В	А			1/Ом				Вт				
1													
2													
3													
4													

3.3.7. По данным таблицы построить графики зависимостей:

$$I=f(U); \quad I_1=f(U); \quad I_2=f(U); \quad I_3=f(U).$$

3.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

3.4.1. Распределение токов в ветвях при параллельном соединении резисторов.

3.4.2. Подтверждение 1-го правила Кирхгофа.



- 4.3.6. Расчетные формулы. Потери в линии  $\Delta U = U_1 - U_2$ ; сопротивление линии  $R = \Delta U / I$ ; мощность потерь  $\Delta P = I \cdot \Delta U$ ;  $\eta = U_2 \cdot 100 / U_1$ ;  $\Delta U \% = \Delta U \cdot 100 / U_1$ .
- 4.3.7. По данным таблицы построить графики зависимостей  $\eta$ ,  $U_2$ ,  $\Delta U$  от  $I$ .
- 4.4. *Сделать заключение по данной лабораторной работе.*
- 4.4.1. Влияние отдельных факторов на потерю напряжения в линии.
- 4.4.2. Влияние отдельных факторов на потерю мощности в линии.
- 4.4.3. Зависимость к.п.д. от нагрузки.







## 5.3.8. Расчетные формулы.

$U_{01}=I \cdot r_{01}$ ;  $U_{02}=I \cdot r_{02}$  – падения напряжения на внутренних сопротивлениях источников;  $P_1=E_1 \cdot I$ ;  $P_2=E_2 \cdot I$ ; - мощности источников;  $P_{01}=I^2 \cdot r_{01}$ ;  $P_{02}=I^2 \cdot r_{02}$ ; - мощности на внутренних сопротивлениях источников;  $P=UI$ ; - полная мощность;  $\eta \% = P \cdot 100 / \Sigma P_r$ .

5.3.9. Убедитесь, что  $\Sigma P_r = \Sigma P + \Sigma P_0$ .

## 5.3.10. По данным таблицы построить внешнюю характеристику источника

$$U = f(I).$$

## 5.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

5.4.1.  $\Sigma P_r = \Sigma P + \Sigma P_0$ 

## 5.4.2. Изменение напряжения на зажимах источника с ростом нагрузки.

## 5.4.3. Значение потерь и к.п.д. источника.

## Лабораторная работа № 6

### «Измерение потенциалов в электрической цепи, построение потенциальной диаграммы»

#### 6.1. Цель работы.

- 6.1.1. Измерить потенциалы точек в электрической цепи и сравнить их с расчетными значениями.
- 6.1.2. Построить потенциальные диаграммы по результатам опыта и расчета.

#### 6.2. Оборудование.

- 6.2.1. Источник электроэнергии – E1 и E2.
- 6.2.2. Амперметр (0-0,5)А - 1 шт.
- 6.2.3. Вольтметр (0-25/100)В - 1 шт.

#### 6.3. Порядок выполнения работы.

- 6.3.1. Собрать и изучить электрическую цепь (рис. 6.) при разомкнутом тумблере К.
- 6.3.2. Э.Д.С. источника E2 установить порядка 40В. Измерить Э.Д.С. исследуемых источников электрической энергии E1 и E2, для чего вольтметром V замерить разность потенциалов  $E1 = \varphi_{1b} - \varphi_{1c}$  и  $E2 = \varphi_{1h} - \varphi_{1z}$ .
- 6.3.3. Замкнуть тумблер К и вновь вольтметром V замерить разность потенциалов  $\varphi_{2b} - \varphi_{2c}$  и  $\varphi_{2h} - \varphi_{2z}$ . Вычислить значения внутренних сопротивлений  $r_{01}$  и  $r_{02}$  источников:  $r_{01} = [E1 - (\varphi_{2b} - \varphi_{2c})]/I$ ;  $r_{02} = [E2 - (\varphi_{2h} - \varphi_{2z})]/I$ , где I – ток в цепи.
- 6.3.4. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 6.1.

Таблица 6.1

E1	E2	$r_{01}$	$r_{02}$	R1	R2	R4	R13
В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
				62	120	120	200

- 6.3.5. Вольтметром V поочередно измерить потенциалы точек и показания записать в табл. 6.2.

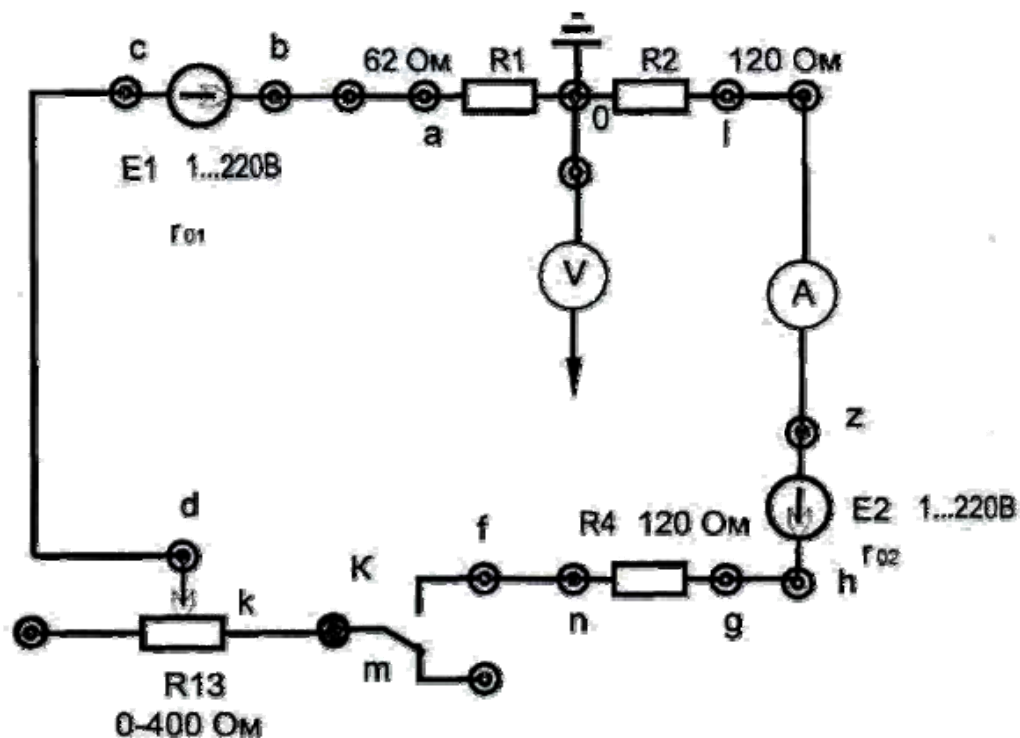


Рис. 6.

Таблица показаний.

Таблица 6.2.

$\varphi_a$	$\varphi_b$	$\varphi_c$	$\varphi_d$	$\varphi_k$	$\varphi_m$	$\varphi_f$	$\varphi_n$	$\varphi_g$	$\varphi_h$	$\varphi_z$	$\varphi_1$	$\varphi_0$

6.3.6. Определить потенциалы точек расчетным путем. Расчет потенциалов точек записать в табл. 6.3.

Таблица 6.3.

$\varphi_a$	$\varphi_b$	$\varphi_c$	$\varphi_d$	$\varphi_k$	$\varphi_m$	$\varphi_f$	$\varphi_n$	$\varphi_g$	$\varphi_h$	$\varphi_z$	$\varphi_1$	$\varphi_0$

6.3.7. Расчетные формулы.  $I = (E1+E2)/(R1+R2+R4+R13+r_{01}+r_{02})$ .

6.3.8. По полученным опытным и расчетным данным построить потенциальные диаграммы в одной системе координат  $\varphi = f(R)$ .

6.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

6.4.1. Подтверждение расчетов опытным путем.

6.4.2. Возможность графического определения напряжений, используя потенциальную диаграмму.

6.4.3. Причины неполного совпадения расчетных и опытных результатов.

## Лабораторная работа № 7

### «Изучение принципа наложения токов»

7.1. Цель работы.

7.1.1. Опытная проверка принципа наложения токов.

7.2. Оборудование.

7.2.1. Источники электроэнергии: E1 и E2.

7.2.2. Амперметр (0-0,5)A - 1 шт.

7.2.3. Амперметр (0-1)A - 2 шт.

7.2.4. Вольтметр (0-25)В - 1 шт.

7.2.5. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.

7.3. Порядок выполнения работы,

7.3.1. Собрать и изучить электрическую цепь (рис. 7.1.) с одним источником E1. Значения токов  $I_1^1$ ,  $I_2^1$ ,  $I_3^1$  записать в табл. 7.

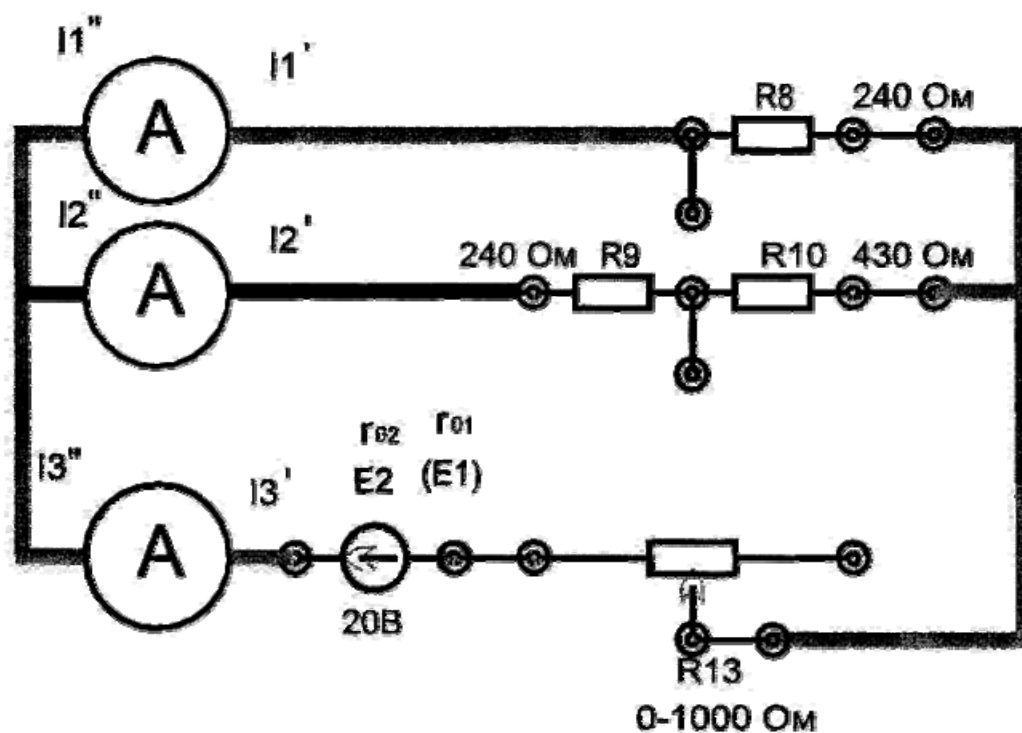


Рис. 7.1.

7.3.2. Заменить источник E1 на источник E2 и установить Э.Д.С. порядка 45 В. Значения токов  $I_1^{11}$ ,  $I_2^{11}$ ,  $I_3^{11}$  записать в табл. 7. Значения внутренних сопротивлений источников  $\Gamma_{01}$  и  $\Gamma_{02}$  взять из лабораторной работы № 6

7.3.3. Собрать и изучить электрическую цепь (рис. 7.2.). Записать значения токов  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ .

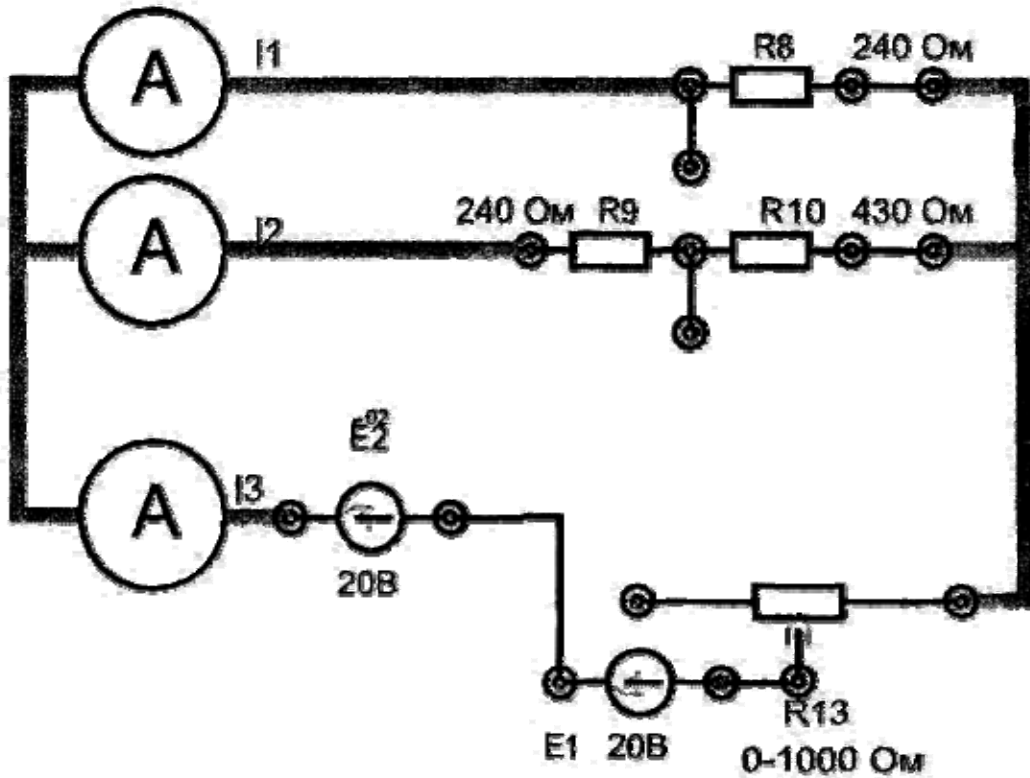


Рис. 7.2.

7.3.4. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 7.

Способ определения токов	E1	E2	$I_1^1$	$I_2^1$	$I_3^1$	$I_1^{11}$	$I_2^{11}$	$I_3^{11}$	$I_1$	$I_2$	$I_3$
	В		А								
Из опыта											
Из расчета											

7.3.5. Расчет токов для второй схемы записать в отчете. Расчет токов произвести методом наложения. Замерить падения напряжения на амперметрах, учесть в расчётах.

7.4 Сделать заключение по данной лабораторной работе.





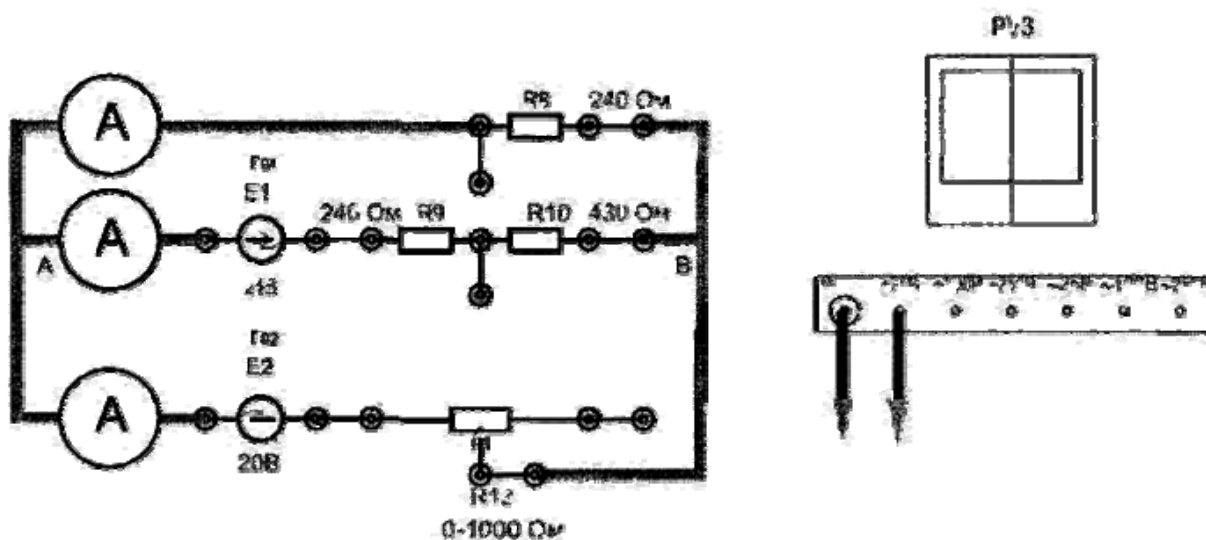


Рис. 8.

- 8.3.9. Расчет цепи произвести методом узловых и контурных уравнений. Результаты расчета записать в отчете.
- 8.3.10. По первому закону Кирхгофа проверить сумму токов в узлах А и В.
- 8.3.11. По второму закону Кирхгофа проверить баланс напряжений и Э.Д.С. для всех контуров цепи.
- 8.3.12. Расчетные формулы.

$$R8 = U_1/I_1; \quad P_1 = I_1^2 R8; \quad \Sigma I = 0;$$

$$R9-10 = U_2/I_2; \quad P_2 = I_2^2 R9-10; \quad \Sigma E = \Sigma I \cdot R + \Sigma I \cdot r_0;$$

$$R13 = U_3/I_3; \quad P_3 = I_3^2 R13;$$

8.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

- 8.4.1. Опытное подтверждение первого правила Кирхгофа.
- 8.4.2. Опытное подтверждение второго правила Кирхгофа.
- 8.4.3. Причина неполного совпадения опытных результатов с расчетными.

## Лабораторная работа № 9

### «Изучение метода узлового напряжения»

9.1. Цель работы.

9.1.1. Опытная проверка метода узлового напряжения.

9.2. Оборудование.

9.2.1. Источник электроэнергии - 2 шт.

9.2.2. Амперметр (0-0,5)А - 3 шт.

9.2.3. Вольтметр (0-25)В - 1 шт.

9.2.4. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.

9.3. Порядок выполнения работы.

9.3.1. Измерить э.д.с. исследуемых источников электрической энергии.

9.3.2. Измерить сопротивлений резисторов омметром.

9.3.3. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 9.).

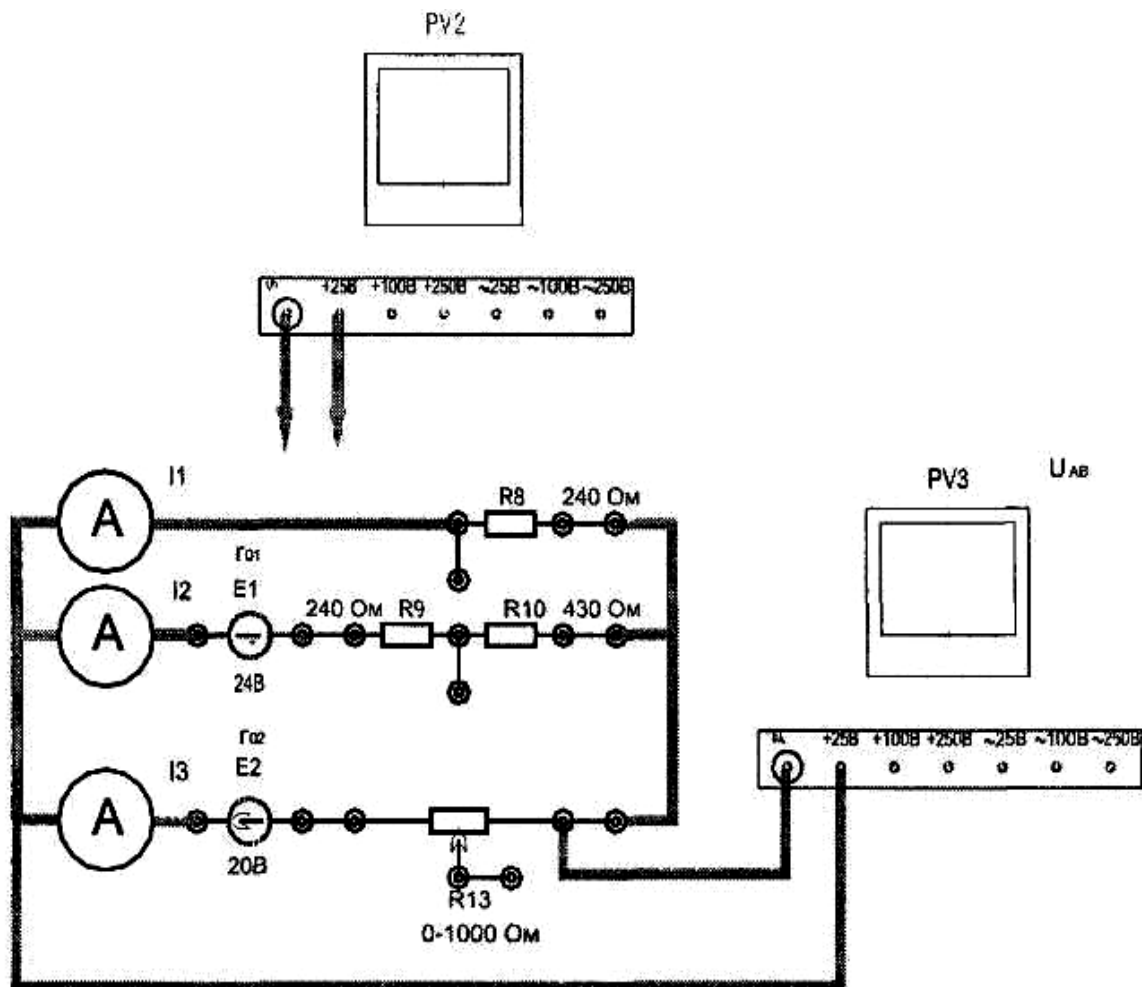


Рис. 9.

- 9.3.5. Вольтметром  $V_1$  измерить напряжение на резисторах R8, R9-10, и R13.
- 9.3.6. Э.Д.С. источника E2 установить порядка (45-60)В.
- 9.3.7. Определить внутренние сопротивления  $r_{01}$  и  $r_{02}$ .
- 9.3.8. Результаты наблюдений записать в табл. 9.

Таблица 9

Замеры											Расчеты						
E1	E2	$r_{01}$	$r_{02}$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$U_1$	$U_2$	$U_3$	$U_{AB}$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	R8	R9-10	R13	
В	В	Ом	Ом	А	А	А	В	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Ом	Ом	Ом	
																	Из опыта
																	МУН
																	МКТ

- 9.3.9. Расчет токов произвести методом узлового напряжения (МУН).
- 9.3.10. Расчет токов произвести методом контурных токов (МКТ). Расчет токов двумя способами записать в табл. 9.
- 9.4 *Сделать заключение по данной лабораторной работе.*
- 9.4.1. Опытное подтверждение метода узлового напряжения.



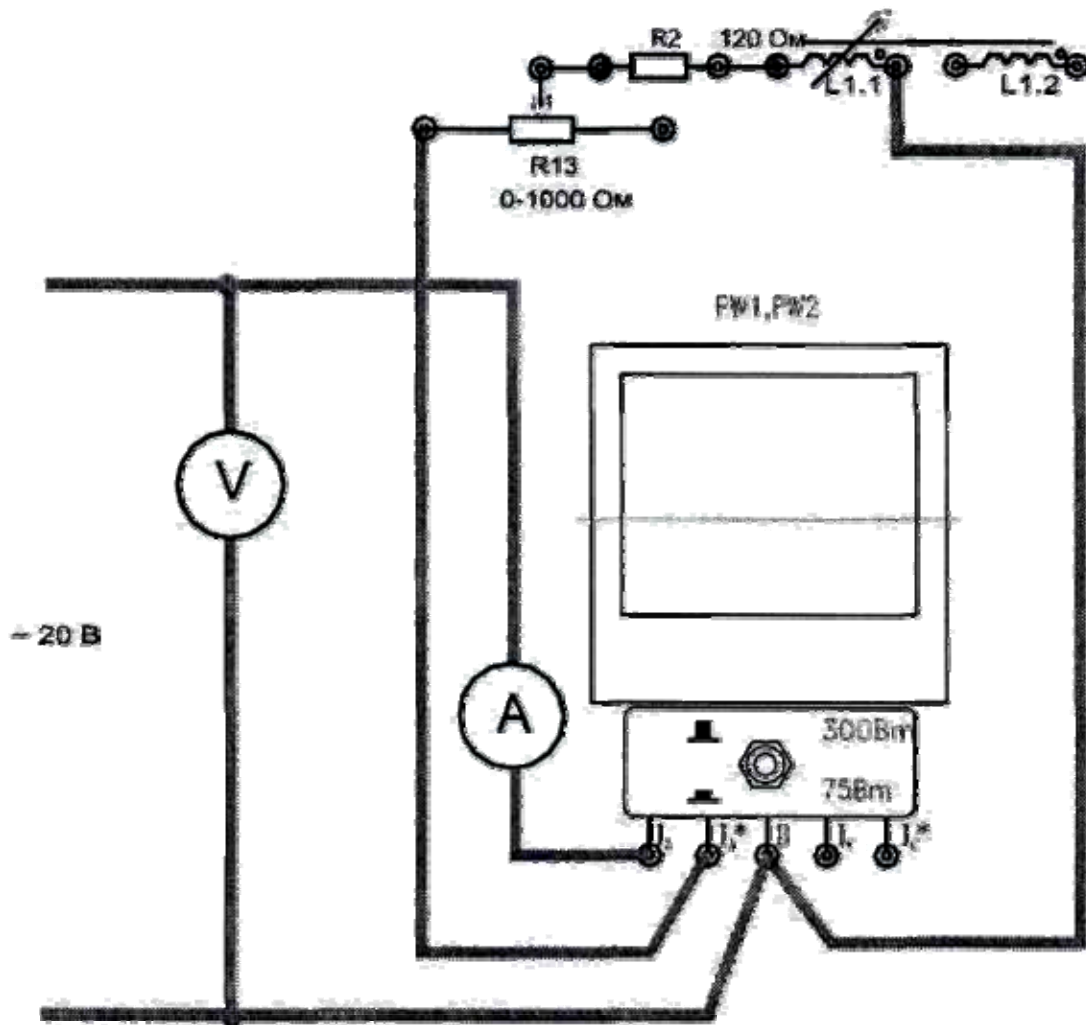


Рис. 10

## 10.3.7. Расчетные формулы:

$W$  – количество витков.

$$Z=U/I;$$

$$r = P/I^2;$$

$$X^2=Z^2 - r^2;$$

$$f=50 \text{ Гц};$$

$$\mu_0=4\pi 10^{-7} \text{ Гн.м};$$

$$\omega=2 \pi f;$$

$$L=X/314;$$

потокосцепление  $\Psi=IL$ ;

магнитный поток  $\Phi= \Psi/ W$ ;

$$R_M = F_H / \Phi;$$

полный ток  $F_H = I W$ ;

$$\mu = R_{M0} / R_M.$$

$R_{M0}$  – магнитное сопротивление без сердечника.

$R_M$  – магнитное сопротивление с сердечником.

*10.4. Сделать заключение по данной работе.*

10.4.1. Влияние магнитного зазора на величину индуктивности катушки.

10.4.2. Влияние магнитного зазора на величину магнитного потока.

10.4.3. Влияние магнитного зазора на величину магнитного сопротивления.

## Лабораторная работа № 11

### «Изучение параметров индуктивно связанных катушек»

#### 11.1. Цель работы.

- 11.1.1. Измерить индуктивность катушек и взаимную индуктивность.  
 11.1.2. Выяснить, как изменяется индуктивность от способа включения катушек.

#### 11.2. Оборудование.

- 11.2.1. Катушка индуктивности - 2 шт.  
 11.2.2. Амперметр (0-0,5)А - 1 шт.  
 11.2.3. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.

#### 11.3. Порядок выполнения работы.

- 11.3.1. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 11.1.).  
 11.3.2. Получив разрешение преподавателя, поставить переключатель в положение  $0,7L_1$  и включить стенд. С помощью регулятора напряжения установить напряжение в цепи, при котором ток не превышает  $0,5\text{А}$  [ $U=(50-60)\text{В}$ ]. Показания приборов записать в таблицу 11.  
 11.3.3. Собрать электрическую цепь для измерения взаимной индуктивности (рис. 11.2.).  
 11.3.4. Результаты наблюдений записать в табл. 11.  
 11.3.5. Снять напряжение регулятором до «0» и соединить катушки встречно. Подать напряжение с помощью регулятора в цепи, при котором ток в цепи не превышает  $0,5\text{ А}$ .  $U=(50-60)\text{В}$ .  
 11.3.6. Результаты наблюдений записать в табл. 11.  
 11.3.7. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 11.

№ п/п	Объект измерения	Замеры		Расчеты				
		$U_B$	$I_A$	$f(\text{Гц})$	$\omega_c^{-1}$	$X, \text{Ом}$	$L, \text{Гн}$	$M, \text{Гн}$
1	Только $L_{1.1}$			50				-
2	Только $L_{1.2}$							-
3	$L_{1.1} L_{1.2}$ согласно			50				
4	$L_{1.1} L_{1.2}$ встречно							

#### 11.3.8. Расчетные формулы

$$X=U/I; \quad \omega=2\pi f; \quad L=X/2\pi f; \quad M=0.25(L_{\text{согл}} - L_{\text{встр}}).$$

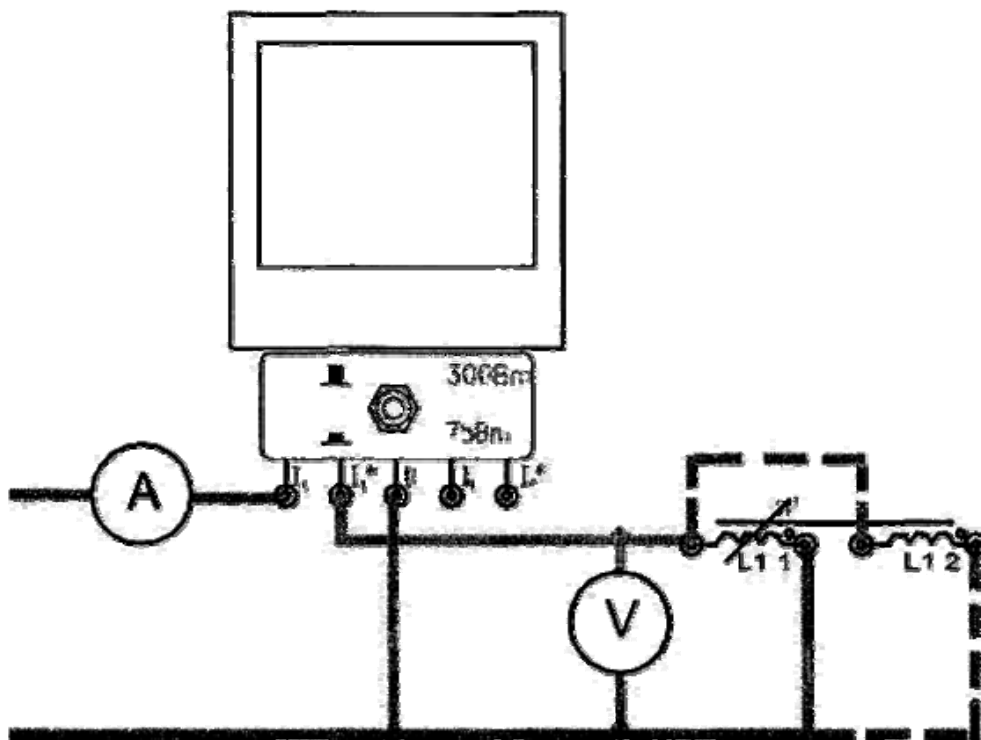


Рис. 11.1.

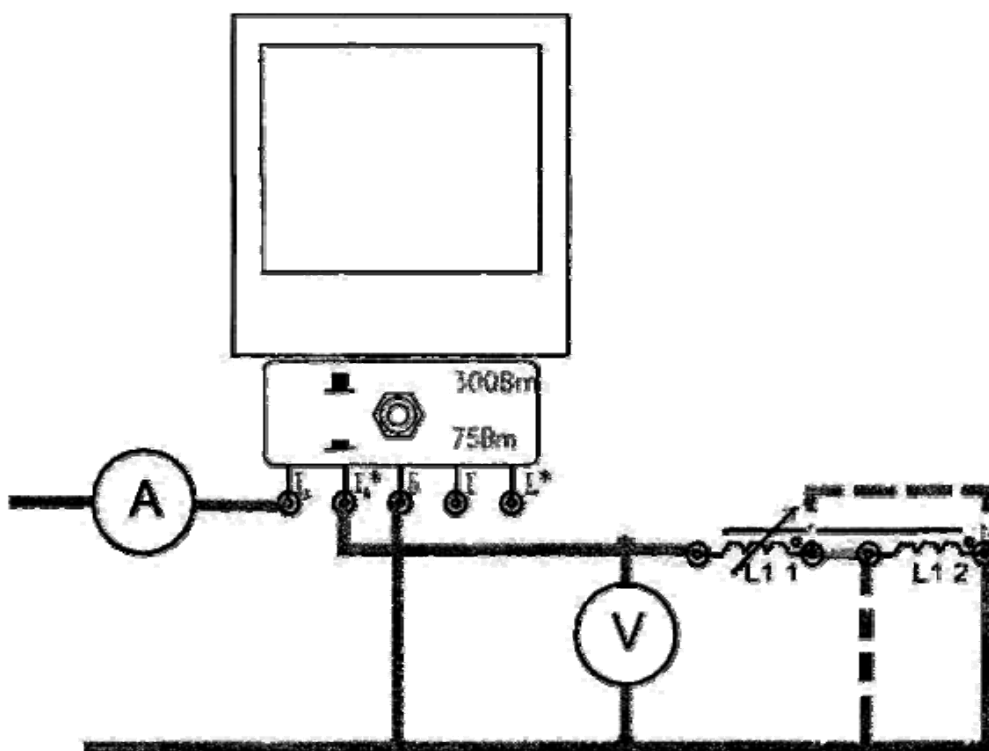


Рис. 11.2.

11.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

11.4.1. Факторы, влияющие на индуктивность катушки.

11.4.2. Факторы, влияющие на взаимную индуктивность двух катушек



## Лабораторная работа № 12

### «Определение параметров линии электропередач»

12.1. Цель работы,

12.1.1. Определение опытным путем параметров линии электропередач.

12.2. Оборудование,

12.2.1. Катушка индуктивности - 1 шт.

12.2.2. Амперметр (0-0,5)А- 1 шт.

12.2.3. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.

10.4.1. Ваттметр (0-50)Вт - 1 шт.

12.3. Порядок выполнения работы,

12.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу

12.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 12.).

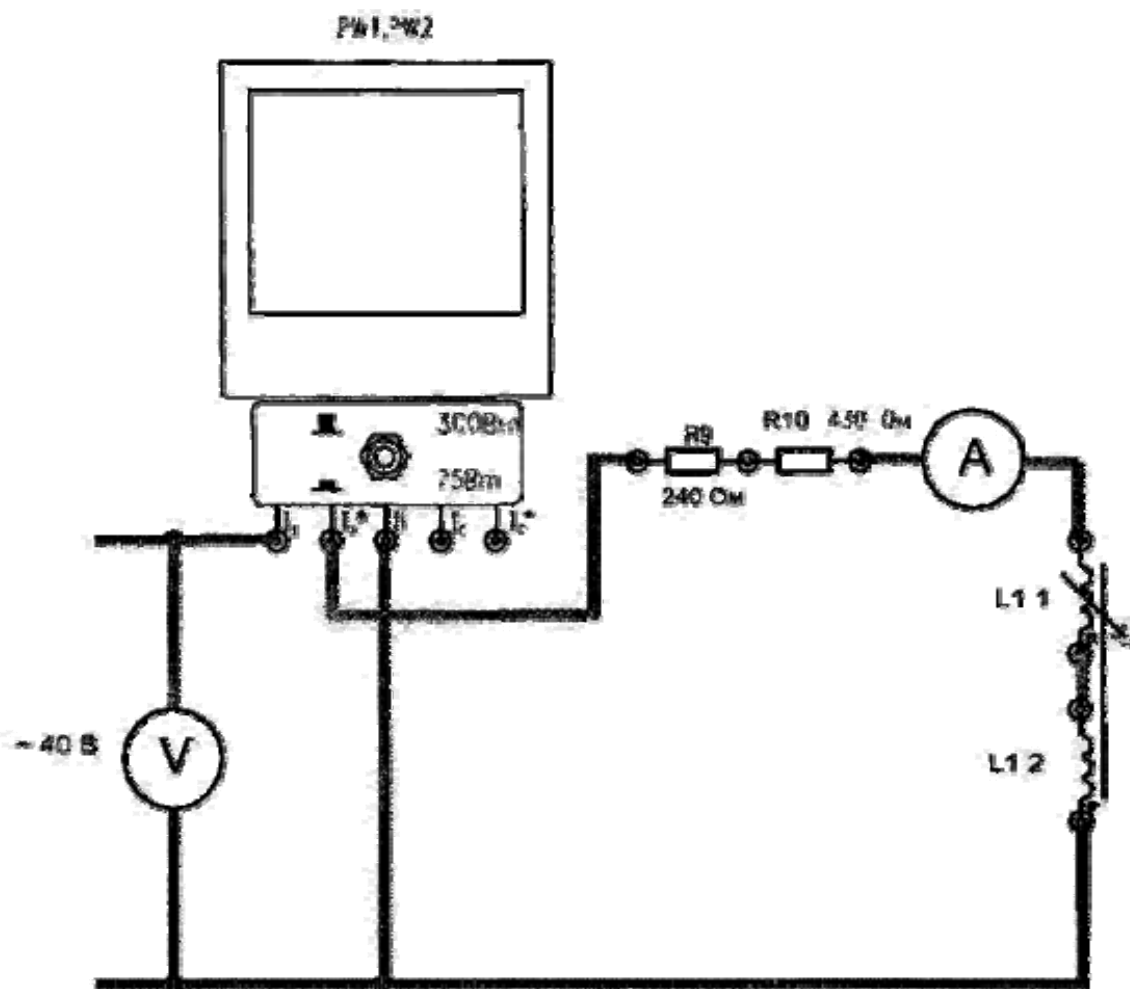


Рис. 12.

- 12.3.3. Установить переключатель на катушке  $L_1$  в положение 0,3.  
 12.3.4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Увеличивать напряжение от «0» до значения, при котором ток не превышает 0,5 А [ $U=(50-60)V$ ]. Показания приборов записать в табл. 12.  
 12.3.5. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 12.

Замеры							Расчеты						
U	I	P	f	$\mu$	S	D	Z	R	$X_L$	L	l	$r_0$	C
В	А	Вт	Гц	м/Ом мм <sup>2</sup>	мм <sup>2</sup>	мм	Ом	Ом	Ом	Гн	м	мм	Ф
				3,2									

- 12.3.6. Расчетные формулы.

$$Z = U/I;$$

$$R = P/I^2;$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2};$$

$$L = X_L/\omega;$$

$$\omega = 2\pi f;$$

$$\varepsilon = 1 \text{ для воздуха};$$

$$l = 0.5 \mu RS;$$

$$C = 8.85\varepsilon \frac{\pi l}{\ln(D/r_0)} 10^{-12}; \quad r_0 = \sqrt{\frac{S}{\pi}}.$$

$r_0$  – радиус провода,

l – длина линии,

D - расстояние между проводами.



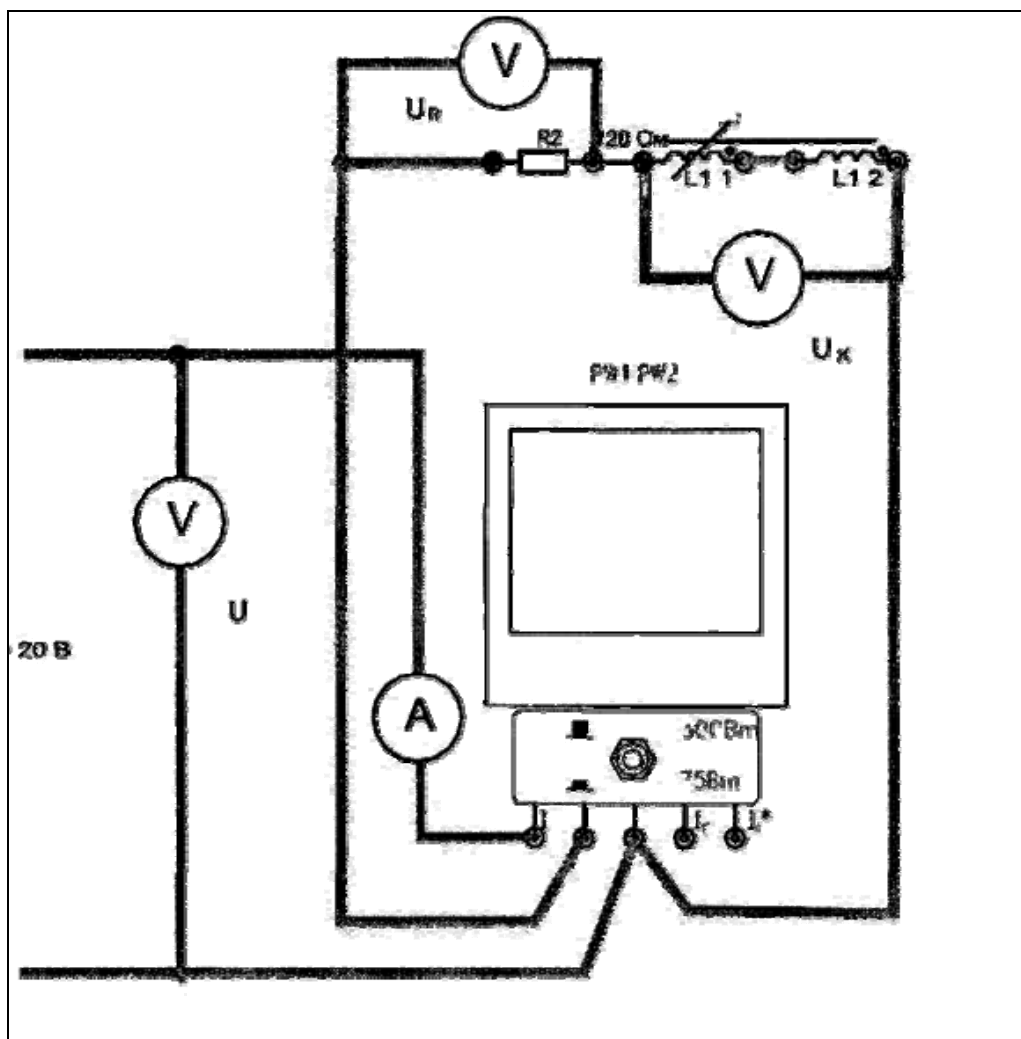


Рис.13

13.3.7. Расчетные формулы.

$$Z=U/I; \quad R_{\text{общ}} = P/I^2; \quad R = U_R/I; \quad r_k = R_{\text{общ}} - R;$$

$$X_K^2 = Z^2 - R_{\text{общ}}^2; \quad f = 50 \text{ Гц}; \quad L_L = X_L/2\pi f;$$

$$\cos \varphi = R_{\text{общ}}/Z; \quad U_{\text{ак}} = I \cdot r_k; \quad U_{\text{ПК}} = U_L = I \cdot X_K;$$

$$S = U \cdot I; \quad Q = I^2 \cdot X_K = U_{\text{ПК}} I.$$

13.3.8. По данным таблицы построить графики зависимостей.

$$P=f(L_K); \quad X_K = f(L_K); \quad Q = f(L_K); \quad S = f(L_K); \quad \cos\varphi = f(L_K);$$

13.3.9. Для одного значения индуктивностей построить векторную диаграмму, треугольник сопротивления и треугольник мощностей.

13.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

13.4.1. Характер изменения сопротивлений, силы тока при изменении индуктивности.

13.4.2. Характер изменения мощностей и коэффициента мощности при изменении индуктивности.

## Лабораторная работа № 14

### «Неразветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и емкостью»

#### 14.1. Цель работы.

- 14.1.1. Исследование цепи с активным сопротивлением и емкостью.  
14.1.2. Построение векторных диаграмм, треугольников сопротивления и мощности.

#### 14.2. Оборудование.

- 14.2.1. Амперметр (0-0,5)А- 1 шт.  
14.2.2. Вольтметр (0-25)В - 1 шт.  
14.2.3. Вольтметр (0-100)В - 2 шт.

#### 14.3. Порядок выполнения работы.

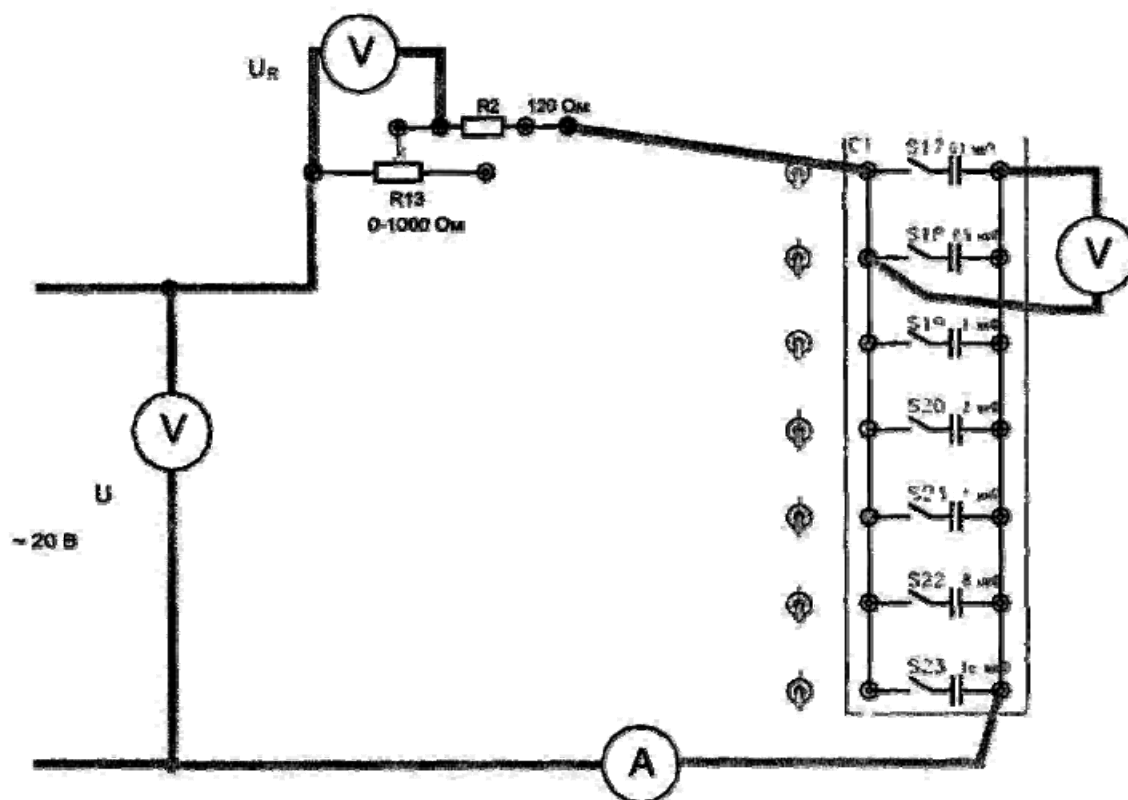


Рис. 14.

- 14.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу 14.  
14.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 14.).  
14.3.3. Установить емкость 20 мкФ.  
14.3.4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд. Увеличивать

напряжение от «0» до значения, при котором ток в цепи достигает значения не более 0,5А.

14.3.5. Изменять емкость от (6-20) мкФ для (4-5) значений, показания приборов записать в табл. 14.

14.3.6. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 14

№ п/п	Замеры				Расчеты								
	U	U <sub>R</sub>	I	C	Z	U <sub>c</sub>	R	X <sub>c</sub>	cos φ	φ	P	S	Q
	В	В	А	мкФ	Ом	Ом	Ом	Ом	~	град	Вт	ВА	вар
1													
2													
3													
4													
5													

14.3.7. Расчетные формулы.  $R_o = R + R_2$ ;

$$R = U_R/I; \quad \omega = 2\pi f; \quad f = 50 \text{ Гц}; \quad X_C = 10^6/314 C; \quad Z = U/I;$$

$$U_C = I \cdot X_C; \quad \cos \varphi = R_o/Z; \quad P = I^2 \cdot R_o; \quad Q_C = -I^2 X_C; \quad S = U \cdot I.$$

14.3.8. По данным таблицы построить графики зависимостей.

$$P = f(C); \quad X_C = f(C); \quad Q_C = f(C); \quad S = f(C); \quad \cos \varphi = f(C); \quad I = f(C);$$

14.3.9. Для одного значения емкости построить векторную диаграмму, треугольник сопротивления и треугольник мощностей.

14.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

14.4.1. Характер изменения емкостного (реактивного) сопротивления при изменении емкости конденсатора.

14.4.2. Характер изменения активной, реактивной и полной мощностей при изменении емкости конденсатора.

14.4.3. Характер изменения силы тока в цепи при изменении емкости конденсатора.

## Лабораторная работа № 15

### «Неразветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью»

#### 15.1. Цель работы.

15.1.1. Исследование соотношения между сопротивлениями участков, между напряжениями участков и между активной и реактивной мощностью.

15.1.2. Построение векторных диаграмм.

#### 15.2. Оборудование.

15.2.1. Амперметр (0-0,5)А - 1 шт.

15.2.2. Вольтметр (0-100)В - 2 шт.

15.2.3. Вольтметр (0-50)В - 2 шт.

15.2.4. Ваттметр (0-50)Вт - 1 шт.

15.2.4. Катушка индуктивности - 1 шт.

15.2.4. Конденсаторная батарея - 1 шт.

#### 15.5. Порядок выполнения работы.

15.3.1. Собрать и изучить схему электрической цепи (15.).

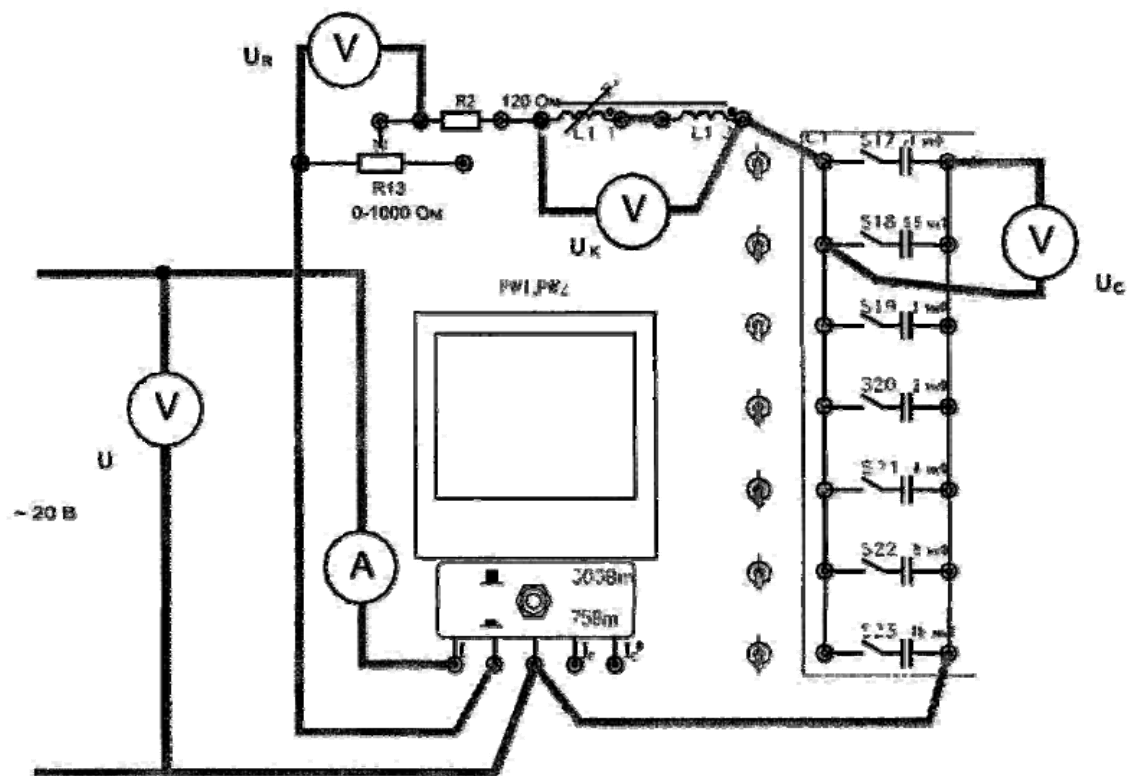


Рис. 15.

15.3.3. Установить переключатель на катушке  $L_1$  в положение 4 и включить конденсатор емкостью от (20-22) мкФ.

- 15.3.4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд.  
 15.3.5. Увеличивать напряжение регулятором от «0» до значения, при котором ток в цепи достигает значения не более 0,5А.  
 15.3.6. Изменяем емкостью от (6-22) мкФ для (4-5) значений, показания приборов записать в табл. 15.  
 15.3.7. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 15.

№ п/п	Замеры							Расчеты														
	U	U <sub>R</sub>	U <sub>K</sub>	U <sub>C</sub>	I	C	P	R	r <sub>k</sub>	Z	X <sub>L</sub>	L	X <sub>C</sub>	U <sub>a</sub>	U <sub>L</sub>	cos φ	φ	Q <sub>L</sub>	Q <sub>C</sub>	Q	S	
	В	В	В	В	А	мкФ	Вт	Ом	Ом	Ом	Ом	Гн	Ом	В	В		град	вар	вар	вар	ВА	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						

15.3.8. Расчетные формулы.

$$R = U_R/I + R_2; \quad r_k = (P/I^2) - R; \quad Z = U/I; \quad X_k^2 = Z^2 - (R + r_k)^2;$$

$$\omega = 2\pi f; \quad f = 50 \text{ Гц}; \quad X_C = 10^6/314 C; \quad L = X_L/314;$$

$$U_a = I \cdot (R + r_k); \quad U_L = I X_L; \quad \cos \varphi = (R + r_k)/Z;$$

$$Q_L = I^2 \cdot X_L; \quad Q_C = -I^2 \cdot X_C; \quad Q = Q_L + Q_C; \quad S = U \cdot I.$$

Величины сопротивлений ( $R$ ,  $r_k$ ,  $X_L$ ), определяются по одному значению напряжения, тока и мощности.

15.3.10. По данным таблицы построить графики зависимостей.  $P = f(C)$ ;

$$X_C = f(C); \quad Q = f(C); \quad S = f(C); \quad \cos \varphi = f(C); \quad I = f(C);$$

15.3.11. Построить для двух случаев (1 и 5) векторные диаграммы.

15.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

15.4.1. Характер изменения активной и реактивных мощностей с изменением емкости конденсатора в цепи.

15.4.2. Характер изменения коэффициента мощности при изменении емкости конденсатора в цепи.

15.4.3. Характер изменения полной мощности при изменении емкости конденсатора.





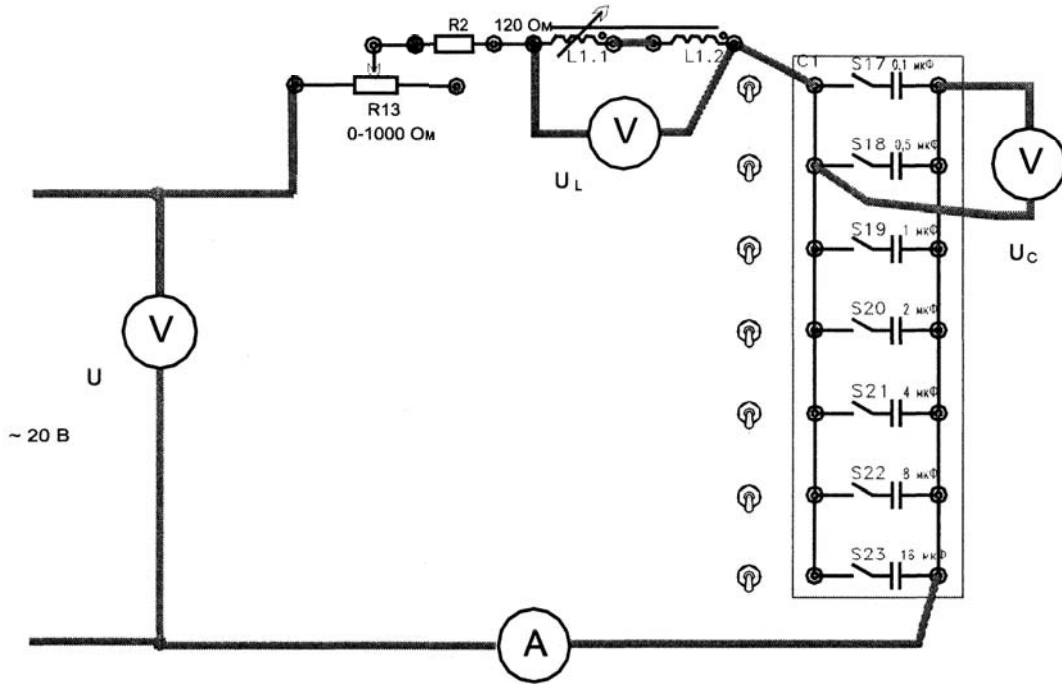


Рис. 16

16.3.8. Расчетные формулы:  $f = 50$  Гц;  $\omega = 314$  рад/с;

$$Z = U/I; \quad X_C = U_C/I; \quad X_L = U_L/I; \quad R = [Z^2 - (X_L - X_C)^2]^{0.5};$$

$$L = X_L/\omega = X_L/314; \quad C = 1/\omega X_C; \quad P = I^2 \cdot R; \quad S = U \cdot I;$$

$$\cos(\varphi) = P/S; \quad Q_L = I^2 \cdot X_L = U_L \cdot I;$$

$$Q_C = -I^2 \cdot X_C = U_C \cdot I; \quad Q = (Q_L + Q_C).$$

16.3.9. По данным таблицы построить графики зависимостей:

$$I = f(X_C); \quad U_L = f(X_C); \quad U_C = f(X_C); \quad \cos \varphi = f(X_C);$$

$$P = f(X_C); \quad Q = f(X_C); \quad S = f(X_C).$$

16.3.10. Построить векторные диаграммы для трех различных режимов цепи:  $X_L < X_C$ ;  $X_L = X_C$ ;  $X_L > X_C$ .

16.3.11. Определить волновое сопротивление колебательного контура

$$\rho = \sqrt{\frac{L_P}{C_P}} = \frac{1}{\omega C_{\text{дв}}}$$

16.3.11. Определить добротность колебательного контура.



Замеры						
U	I	U <sub>R2</sub>	U <sub>C</sub>	U <sub>R3</sub>	U <sub>L</sub>	U <sub>R4</sub>
В	А	В	В	В	В	В

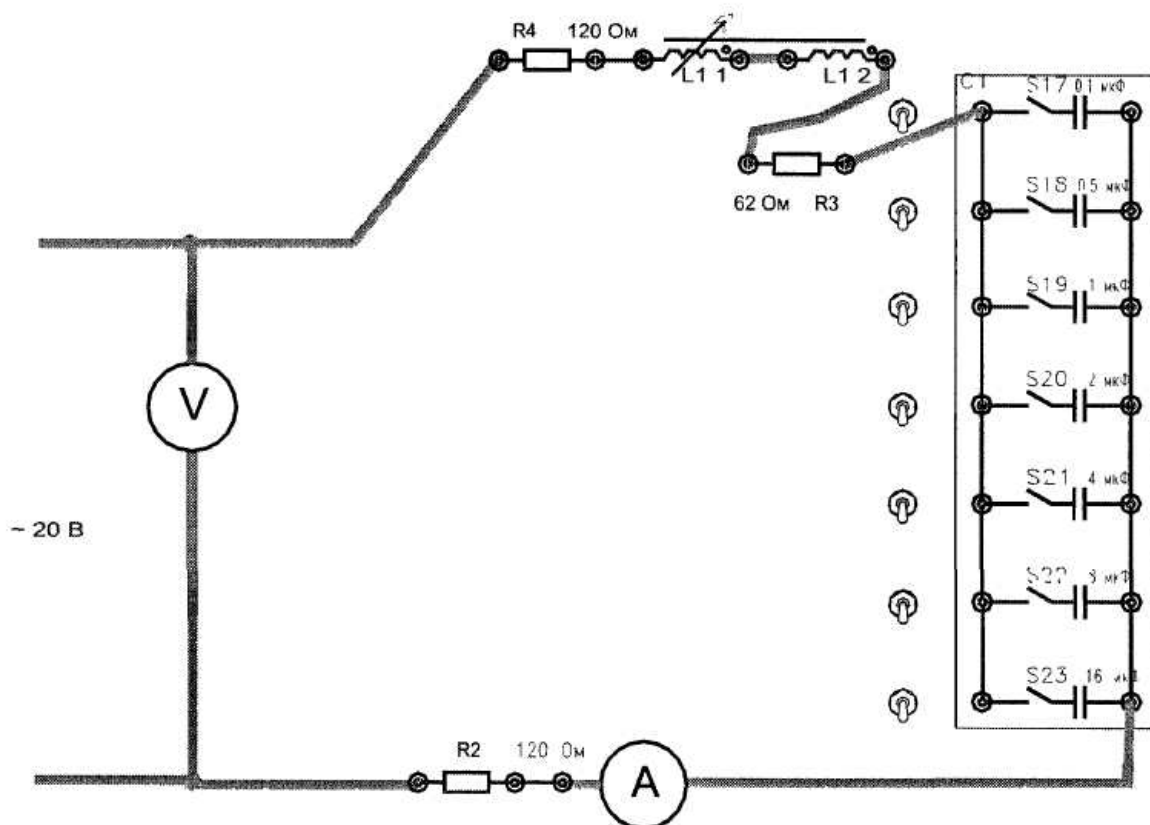


Рис. 17.

17.3.9. Расчетные формулы:

$$Z = U/I; \quad R = U_r/I; \quad X = \sqrt{Z^2 - (R_2 + R_3 + R_4)^2}; \quad X_C = U_C/I;$$

$$C = 1/\omega X_C; \quad \omega = 314 \text{ рад/с}; \quad X_L = U_L/I; \quad L = X_L/\omega;$$

$$P = I^2 \cdot (R_2 + R_3 + R_4); \quad Q_L = I^2 \cdot X_L; \quad Q_C = -I^2 \cdot X_C;$$

$$Q = (Q_L + Q_C); \quad \cos \varphi = P/S; \quad S = U \cdot I = I^2 \cdot Z.$$

17.3.10. По данным таблицы построить топографическую диаграмму.

17.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

17.4.1. Возможность построения топографической диаграммы.

17.4.2. Назначение топографической диаграммы.

## Лабораторная работа № 18

### «Разветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью»

18.1. Цель работы.

18.1.1. Изучить разветвленную цепь, содержащую  $R$  и  $L$ .

18.1.2. Построить векторные диаграммы; треугольники токов, проводимостей, мощностей.

18.2. Оборудование.

18.2.1. Амперметр (0-1)А- 3 шт.

18.2.2. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.

18.2.3. Катушка с переменной индуктивностью - 1 шт.

18.3. Порядок выполнения работы.

18.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в таблицу 18.

18.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 18.).

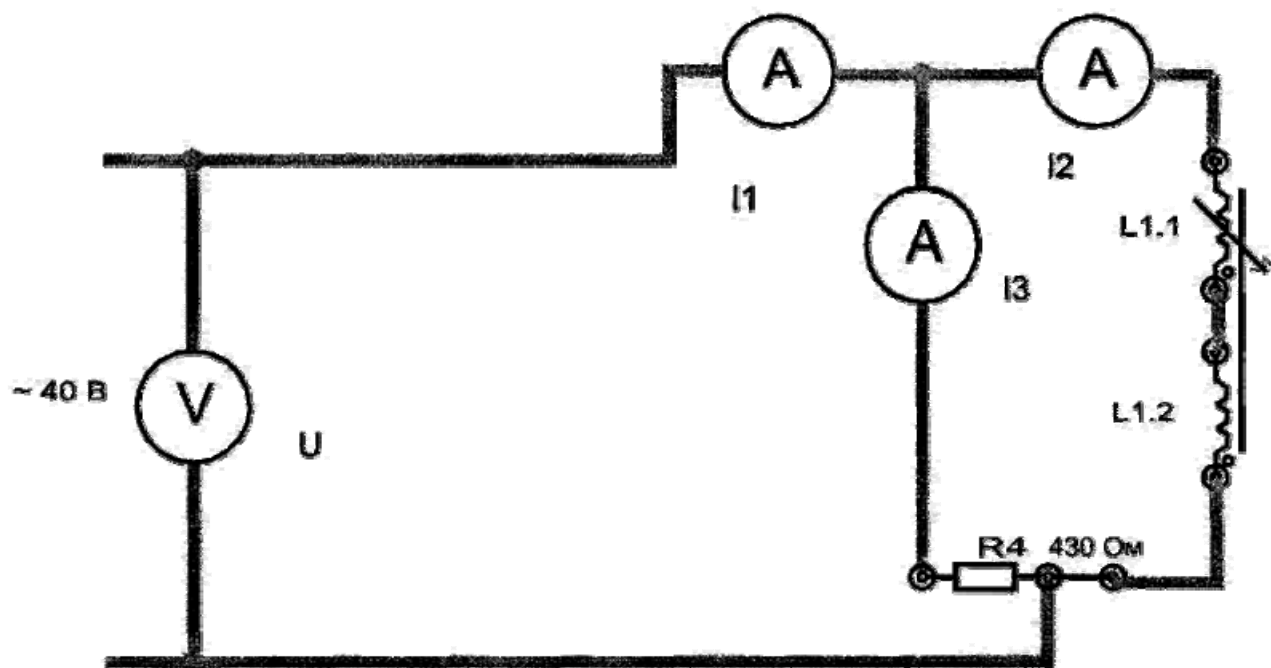


Рис. 18

18.3.3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд.

18.3.4. Изменяя индуктивность  $L1$  от (1,1-0,5) Гн, записать показания приборов в табл. 18.

18.3.5. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 18.

№ п/п	Замеры				Расчеты									
	U	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub> =I <sub>R</sub>	I <sub>3</sub> =I <sub>L</sub>	g	b <sub>L</sub>	Y	cos φ	φ	P	Q	S	X <sub>к</sub>	L
	В	А			Ом <sup>-1</sup>				град	Вт	вар	ВА	Ом	Гн
1														
2														
3														
4														
5														

18.3.7. Расчетные формулы:

$$g = I_3/U; \quad b_L = I_2/U; \quad y = I_1/U;$$

$$\cos \varphi = g/y; \quad P = U \cdot I_3; \quad Q = U \cdot I_2;$$

$$S = U \cdot I; \quad X_K = U/I_2; \quad L = X_L/314.$$

18.3.8. По данным таблицы построить графики зависимостей:

$$I_1 = f(b_L); \quad I_L = f(b_L);$$

$$I_C = f(b_L); \quad \cos \varphi = f(b_L);$$

$$P = f(b_L); \quad Q = f(b_L); \quad S = f(b_L).$$

18.3.9. Для одного случая построить векторную диаграмму и треугольники проводимостей и мощностей.

18.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

18.4.1. Об изменении токов.

18.4.2. Об изменении проводимостей.

18.4.3. Об изменении мощностей.

18.4.4. Об изменении коэффициента мощности при изменении реактивной проводимости ( $b_L$ ).

## Лабораторная работа № 19

### «Разветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и емкостью»

#### 19.1. Цель работы.

- 19.1.1. Изучить разветвленную цепь, содержащую активное сопротивление и емкость.
- 19.1.2. Построить векторные диаграммы; треугольники токов, проводимостей, мощностей.

#### 19.2. Оборудование.

- 19.2.1. Амперметр (0-1)А - 3 шт.
- 19.2.2. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.
- 19.2.3. Конденсаторная батарея - 1 шт.

#### 19.3. Порядок выполнения работы.

- 19.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 19.
- 19.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 19.).

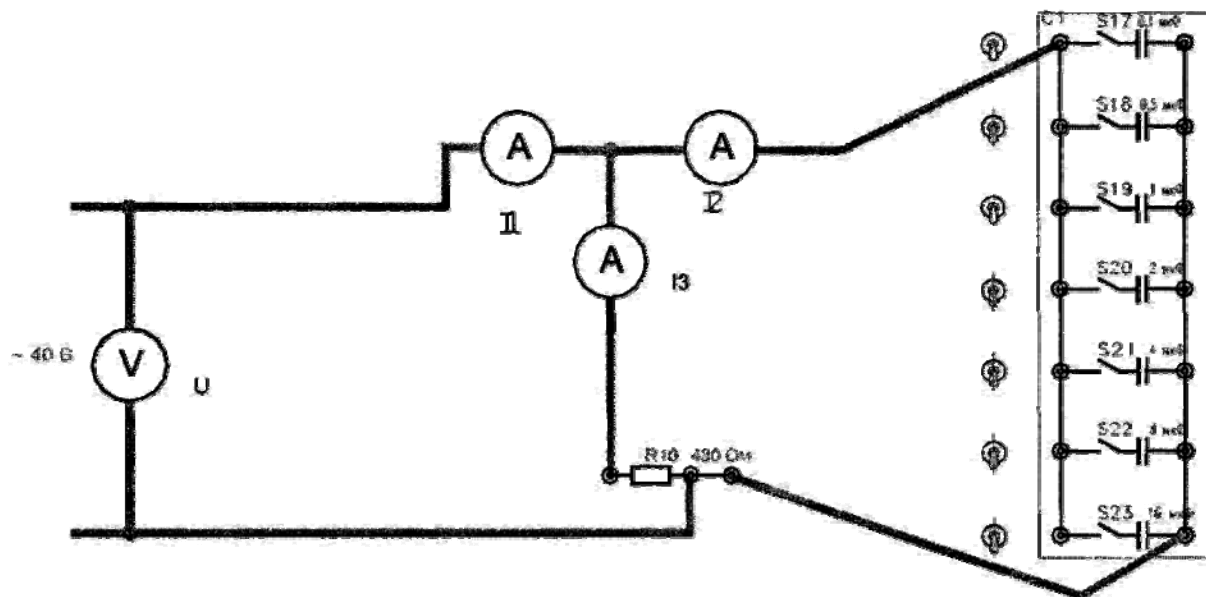


Рис. 19

- 19.3.3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд.
- 19.3.4. Изменяя емкость конденсаторной батареи  $C = (10-22)$  мкФ через 4 мкФ, записать в табл. 19 показания приборов.
- 19.3.5. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 19

№ п/п	Замеры				Расчеты									
	U	I <sub>1</sub>	I <sub>3</sub> =IR	I <sub>2</sub> =I <sub>C</sub>	g	b <sub>C</sub>	Y	cosφ	φ	P	Q <sub>C</sub>	S	X <sub>C</sub>	C
	В	А			Ом <sup>-1</sup>				град	Вт	вар	ВА	Ом	мкФ
1														
2														
3														
4														
5														

17.3.10. Расчетные формулы:

$$P = U \cdot I_3; \quad g = I_3/U; \quad X_C = 10^6/314C; \quad b_L = I_2/U;$$

$$\omega = 314 \text{ рад/с}; \quad b_C = 1/X_C; \quad Y^2 = g^2 + b_C^2; \quad \cos \varphi = g/y = P/S;$$

$$Q = -I^2 \cdot X_C = U \cdot I_2; \quad S = U \cdot I_1.$$

17.3.10. По данным таблицы построить графики зависимостей.

$$I_1 = f(C); \quad I_2 = f(C); \quad I_3 = f(C); \quad \cos \varphi = f(C); \quad P = f(C); \quad Q = f(C); \quad S = f(C); \quad X_C = f(C).$$

19.3.9. Для одного случая построить векторную диаграмму и треугольники проводимостей и мощностей.

19.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

19.4.1. Об изменении токов.

19.4.2. Об изменении проводимостей.

19.4.3. Об изменении мощностей.

19.4.4. Об изменении коэффициента мощности при изменении емкости.



## Лабораторная работа № 20

### «Разветвленная цепь переменного тока с катушкой и конденсатором»

#### 20.1. Цель работы.

- 20.1.1. Определить на опыте соотношение между проводимостями ветвей и токами в них, и между мощностями.
- 20.1.2. Построить векторные диаграммы; треугольники проводимостей и мощностей.

#### 20.2. Оборудование.

- 20.2.1. Амперметр (0-1)А- 3 шт.
- 20.2.2. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.
- 20.2.3. Конденсаторная батарея - 1 шт.
- 20.2.4. Катушка индуктивности - 1 шт.

#### 20.3. Порядок выполнения работы.

- 20.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 20.
- 20.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 20.).

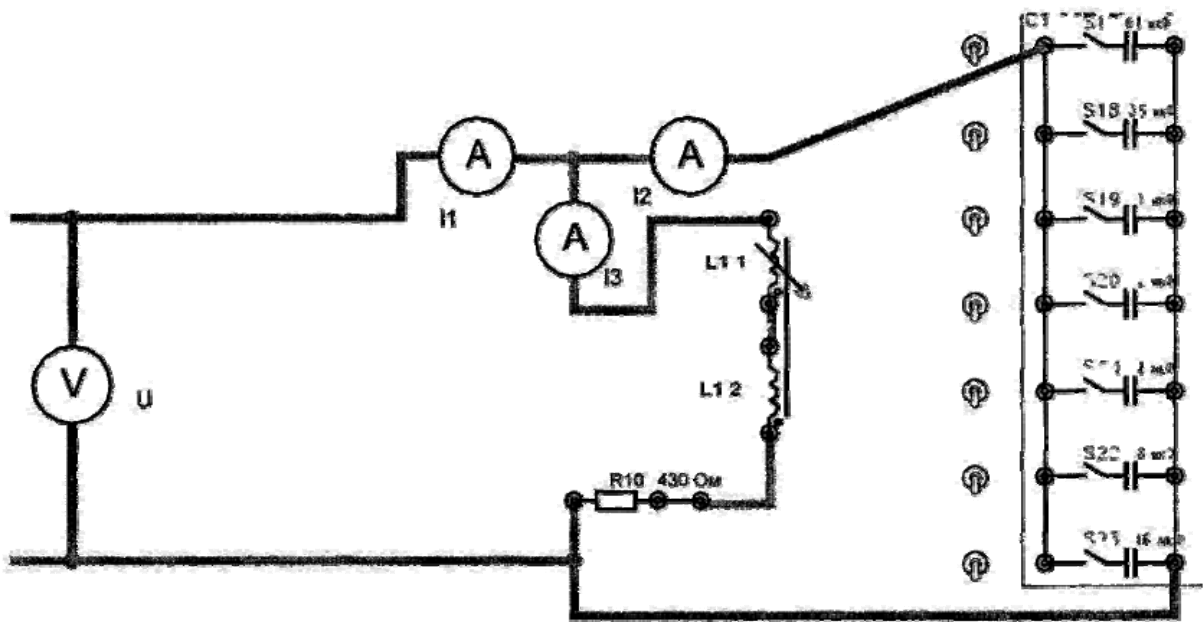


Рис. 20.

- 20.3.3. Установить переключатель на катушке  $L_1$  в положение 5. Тумблеры конденсаторной батареи установить в положение «вкл».
- 20.3.4. Получив разрешение преподавателя, включить стенд, подав напряжение в схему с регулятора напряжения порядка (50-60)В. Измерить напряжение  $U_r$  на резисторе  $R_{10}$  вольтметром  $V$ . Определить

величину  $r$  сопротивления резистора (актив.).  $r = U_r/I_3$ .

20.3.5. Изменяя емкость конденсаторной батареи от (10-22) мкФ через 4 мкФ, показания приборов записать в табл. 20.

20.3.5. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 20.

№ п/п	Замеры					Расчеты																
	U	I	I <sub>к</sub>	I <sub>с</sub>	C	r	P	X <sub>с</sub>	Y <sub>с</sub>	b <sub>L</sub>	b <sub>с</sub>	b	Y	cos φ	sin φ	φ	I <sub>ак</sub>	I <sub>L</sub>	Q	S	g	
	В	А			мкФ	Ом	Вт	Ом	Ом <sup>-1</sup>							град	А	А	вар	В А	1/Ом	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						

20.3.7. Расчетные формулы:

$$X_C = 10^6/314C; \quad \omega = 314 \text{ рад/с}; \quad P = r I_3^2; \quad y_K = I_K/U;$$

$$Y^2 = y^2 + g^2; \quad Y = I/U; \quad b_C = I_C/U; \quad b = b_L - b_C; \quad P = U \cdot I \cdot \cos \varphi;$$

$$\cos \varphi = g/y; \quad \sin \varphi = b/y; \quad I_{ak} = Ug; \quad I_L = U \cdot b_L; \quad S = U \cdot I.$$

20.3.8. По данным таблицы построить графики зависимостей:

$$I = f(C); \quad I_C = f(C); \quad I_K = f(C); \quad \cos \varphi = f(C); \quad P = f(C); \quad Q = f(C);$$

$$X_C = f(C); \quad b_L = f(C); \quad b_C = f(C); \quad y = f(C);$$

20.3.9. Для одного случая ( $C > 0$ ) построить векторную диаграмму, треугольники проводимостей и мощностей.

20.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.

20.4.1. Об изменении токов в ветвях с изменением емкости конденсаторной батареи.

20.4.2. Об изменении проводимостей ветвей.

20.4.3. Об изменении коэффициента мощности.



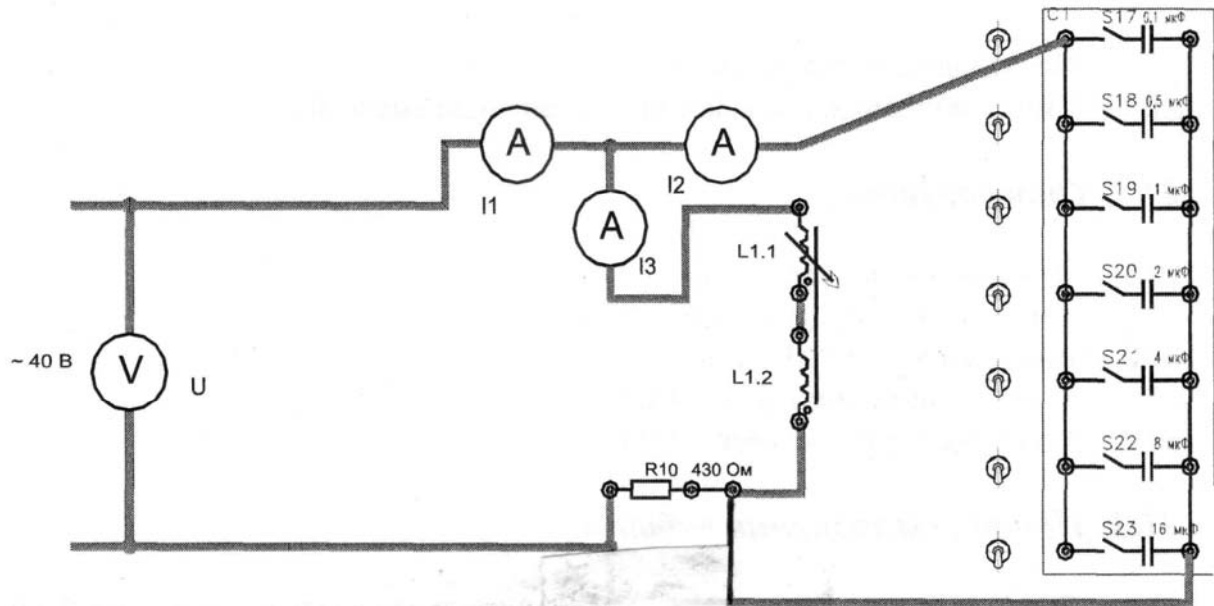


Рис.21.

- 21.3.9. Расчетные формулы. :  $f = 50$  Гц;  $\omega = 314$  рад/с;  $X_C = U_C/I_2$ ;  
 $X_L = U_L/I_3$ ;  $L = X_L/\omega$ ;  $C = 1/\omega X_C$ ;  $P = I^2 \cdot r$ ;  $S = U \cdot I$ ;  $\cos(\varphi) = P/S$ ;  
 $Q_L = I^2 \cdot X_L = U_L \cdot I$ ;  $Q_C = -I^2 \cdot X_C = U_C \cdot I$ ;  $Q = Q_L + Q_C$ .
- 21.3.10. По данным таблицы построить графики зависимостей.  
 $I = f(C)$ ;  $I_C = f(C)$ ;  $I_L = f(C)$ ;  $\cos \varphi = f(C)$ ;  $P = f(C)$ ;  $Q = f(C)$ ;  $S = f(C)$ .
- 21.3.11. Построить векторные диаграммы для трех различных режимов цепи:  $b_C < b_L$ ;  $b_C \approx b_L$ ;  $b_C > b_L$ .
- 21.3.12. Определить волновое сопротивление колебательного контура.  
 $\rho = 1/\omega C_{рез}$ ;  $\omega = 314$  рад/с;  $f = 50$  Гц.
- 21.3.13. Определить добротность колебательного контура.  $Q = \rho/r$ .
- 21.4. Сделать заключение по данной лабораторной работе.
- 21.4.1. Возможность получения резонанса токов.
- 21.4.2. Характер резонансных кривых при изменении емкости цепи.
- 21.4.3. Убедиться, что  $X_{C рез} = X_{L рез} = \rho$ .

## Лабораторная работа № 22

### «Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей звездой»

#### 22.1. Цель работы.

- 22.1.1. Установить соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями при различной нагрузке фаз.
- 22.1.2. Выявить роль нейтрального провода, построить векторные диаграммы.

#### 22.2. Оборудование.

- 22.2.1. Амперметр (0-1)А - 4 шт.
- 22.2.2. Вольтметр (0-250)В - 1 шт.
- 22.2.3. Вольтметр (0-100)В - 1 шт.
- 22.2.4. Ламповый реостат - 1 шт.

#### 22.3. Порядок выполнения работы.

- 22.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 22.
- 22.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 22.).

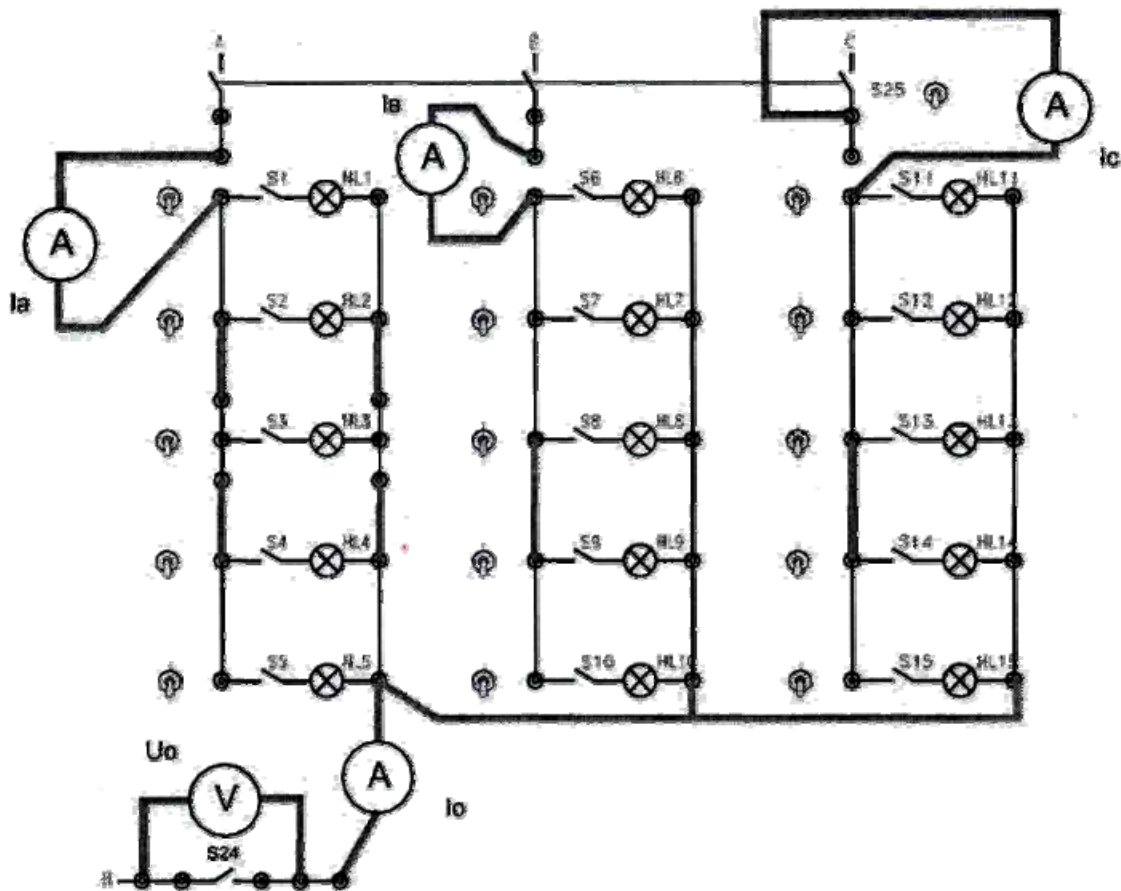


Рис. 22.

- 22.3.3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд тумблером «ABC».
- 22.3.4. При замкнутом тумблере «S1» (нейтраль замкнута), установить симметричную нагрузку фаз. Вольтметром V2 измерить линейные и фазные напряжения. Показания приборов записать в табл. 22.
- 22.3.5. Для двух случаев несимметричной нагрузки, при включенном тумблере «S1» и отключенном тумблере «S1». Показания приборов записать в табл. 22. Для измерения фазных напряжений ( $U_A, U_B, U_C$ ) вольтметр V2 включить параллельно нагрузочным сопротивлениям, а для измерения линейных напряжений ( $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$ ) вольтметр V3 включить между клеммами (A,B); (B,C); (C,A).
- 22.3.6. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 22.

Нагрузка	Нейтраль	Из опыта									Из расчета						
		I <sub>A</sub>	I <sub>B</sub>	I <sub>C</sub>	I <sub>0</sub>	U <sub>0</sub>	U <sub>A</sub>	U <sub>B</sub>	U <sub>C</sub>	U <sub>L</sub>	U <sub>L</sub> /U	I <sub>0</sub> '	U <sub>0</sub> '	P <sub>A</sub>	P <sub>B</sub>	P <sub>C</sub>	P
		A			B				A	B	Вт						
Симметричная	вкл																
	раз																
Несимметричная	вкл																
	раз																
	вкл																
	раз																

## 22.3.7. Расчетные формулы.

$$I_0 = I_A + I_B + I_C; \quad y_A = I_A/U_A; \quad y_B = I_B/U_B; \quad y_C = I_C/U_C;$$

$$P_A = U_A \cdot I_A \cdot \cos \varphi_A; \quad P_B = U_B \cdot I_B \cdot \cos \varphi_B; \quad P_C = U_C \cdot I_C \cdot \cos \varphi_C;$$

$$P = P_A + P_B + P_C; \quad \cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C = 1.$$

- 22.3.8. Для одного случая симметричной нагрузки в отчете записать расчет тока в нулевом проводе и напряжение смещения нейтрали.
- 22.3.9. По данным таблицы и расчета построить векторные диаграммы для трех случаев.
- 22.3.10. Равномерная нагрузка при включенной нейтрали.
- 22.3.11. Неравномерная нагрузка при включенной нейтрали.

22.3.12. Та же неравномерная нагрузка при отключенной нейтрали.

22.4. *Сделать заключение по данной лабораторной работе.*

22.4.1. Соотношения между линейными и фазными напряжениями при симметричной и несимметричной нагрузке.

22.4.2. Соотношения между линейными и фазными токами.

22.4.3. Целесообразность нулевого провода при симметричной и несимметричной нагрузке.

22.4.4. Распределение напряжений на фазах при симметричной и несимметричной нагрузке при разомкнутом нулевом проводе.

22.4.5. Определение мощности трехфазного потребителя.

## Лабораторная работа № 23

### «Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей в треугольник»

#### 23.1. Цель работы.

- 23.1.1. Установить соотношение между линейными и фазными токами и напряжениями при различной нагрузке фаз.
- 23.1.2. Выявить на опыте влияние обрыва линейного провода на работу трехфазного потребителя.
- 23.1.3. Построить векторные диаграммы.

#### 23.2. Оборудование.

- 23.2.1. Амперметр (0-1)А - 3 шт.
- 23.2.2. Вольтметр (0-500)В - 1 шт.
- 23.2.3. Ламповый реостат - 1 шт.

#### 23.3. Порядок выполнения работы.

- 23.3.1. Записать технические характеристики измерительных приборов в табл. 23.
- 23.3.2. Собрать и изучить схему электрической цепи (рис. 23.).

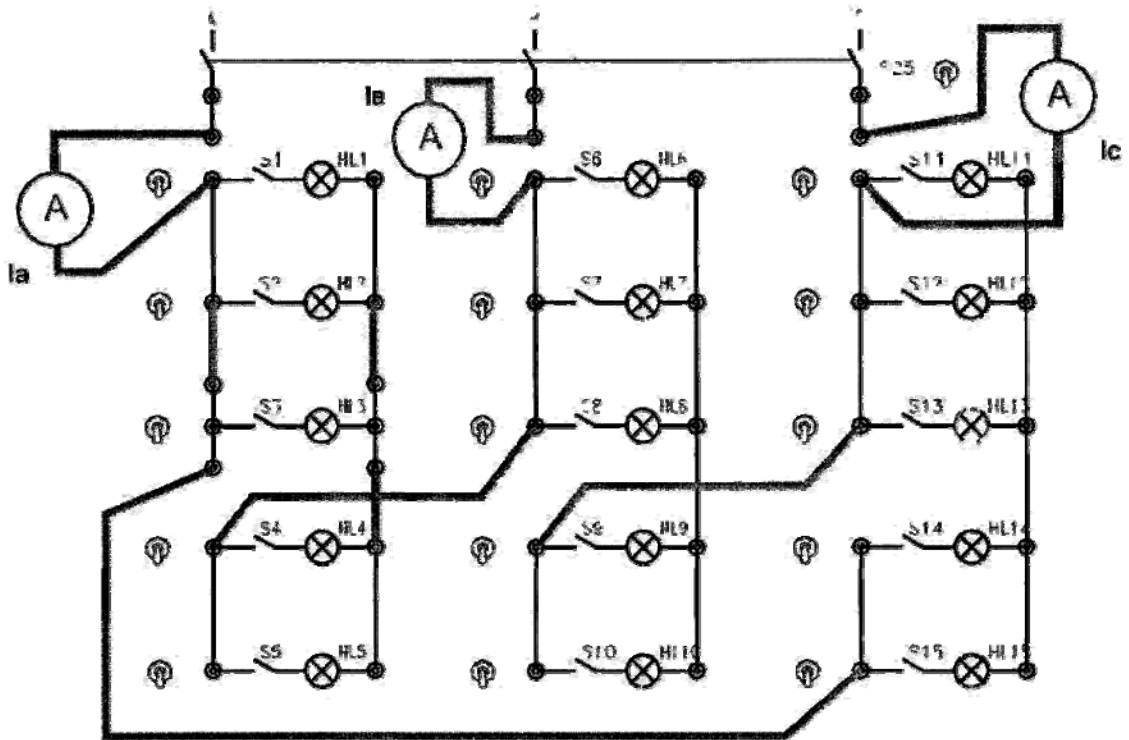


Рис. 23.



- 23.3.3. Получив разрешение преподавателя, включить стенд тумблером S25 «ABC».
- 23.3.4. При замкнутом тумблере «S1», установить симметричную нагрузку фаз. Вольтметром V3 измерить фазные напряжения. Показания приборов записать в табл. 23.
- 23.3.5. Разомкнуть тумблер «S1» в линейном проводе «С». Вольтметром V3 измерить фазные напряжения. Показания приборов записать в таблицу 23.
- 23.3.6. Для двух случаев несимметричной нагрузки, при включенном тумблере «S1» и отключенном тумблере «S1». Показания приборов записать в табл. 23. Измерить фазные напряжения ( $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$ ,  $U_{CA}$ ) вольтметром V2 .
- 23.3.7. Таблица показаний и расчетов.

Таблица 23.

Нагрузка	Линейный провод С	Из опыта					Из расчета								
		$I_{AB}$	$I_{BC}$	$I_{CA}$	$U_{AB}$	$U_{BC}$	$U_{CA}$	$U_A/U_{AB}$	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$P_A$	$P_B$	$P_C$	$P$
		А			В			-	А			Вт			
Симметричная	вкл														
	раз														
Несимметричная	вкл														
	раз														
	вкл														
	раз														

## 23.3.8. Расчетные формулы.

$$I_A = I_{AB} - I_{CA}; \quad I_B = I_{BC} - I_{AB}; \quad I_C = I_{CA} - I_{BC};$$

$$P_{AB} = U_{AB} \cdot I_{AB} \cdot \cos \varphi_{AB}; \quad P_{BC} = U_{BC} \cdot I_{BC} \cdot \cos \varphi_{BC}; \quad P_{CA} = U_{CA} \cdot I_{CA} \cdot \cos \varphi_{CA};$$

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA}; \quad \cos \varphi_{AB} = \cos \varphi_{BC} = \cos \varphi_{CA} = 1.$$

- 23.3.9. Для одного случая несимметричной нагрузки в отчете записать расчет линейных токов при разомкнутом тумблере «S1».
- 23.3.10. По данным таблицы и расчета построить векторные диаграммы для четырех случаев.
- 23.3.11. Симметричная нагрузка фаз при включенном линейном проводе.
- 23.3.12. Симметричная нагрузка фаз при отключенном линейном проводе.
- 23.3.13. Несимметричная нагрузка фаз при включенном линейном проводе.

- де.
- 23.3.14. Несимметричная нагрузка фаз при отключенном линейном проводе.
- 23.3.15. Графически определить токи в линейных проводах.
- 23.4. *Сделать заключение по данной лабораторной работе.*
- 23.4.1. Соотношения между линейными и фазными напряжениями при симметричной и несимметричной нагрузками.
- 23.4.2. Соотношения между линейными и фазными токами.
- 23.4.3. Влияние обрыва одного линейного провода на режим работы цепи.
- 23.4.4. Определение мощности трехфазного потребителя.
- 
- 

#### Библиографический список

1. Лабораторный стенд “Теоретические основы электротехники” / Паспорт НТЦ–07.00.000ПС. – Могилев, 2005.
2. Курс физики: Учеб. Пособие для вузов / Трофимова Т.И. – 7-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 541 с.: ил.
3. Саврухин А.П. Расчет электрических цепей. Типовые задания и примеры расчета. – М. : МГУЛ, 2006, – 60 с.
4. Руководство к лабораторным работам по электротехнике / Троицкий С.Р., Батырев Ю.П. – М. : МГУЛ, 2009, – 82 с.

## Оглавление

Предисловие	3
Правила проведения лабораторных работ и порядок их выполнения	4
Правила внутреннего распорядка лаборатории	6
Инструкция по технике безопасности для студентов, выполняющих лабораторные работы	7
<b>Лабораторная работа № 1.</b> Неразветвленная цепь с одним переменным сопротивлением	9
<b>Лабораторная работа № 2.</b> Неразветвленная цепь постоянного тока. Делитель напряжения	11
<b>Лабораторная работа № 3.</b> Разветвленная цепь постоянного тока	13
<b>Лабораторная работа № 4.</b> Измерение потерь напряжения в проводах линии	15
<b>Лабораторная работа № 5.</b> Режимы работы источника электрической энергии	17
<b>Лабораторная работа № 6.</b> Измерение потенциалов в электрической цепи, построение потенциальной диаграммы	20
<b>Лабораторная работа № 7.</b> Изучение принципа наложения токов	22
<b>Лабораторная работа № 8.</b> Изучение правил Кирхгофа	24
<b>Лабораторная работа № 9.</b> Изучение метода узлового напряжения	26
<b>Лабораторная работа № 10.</b> Изучение магнитной цепи	28
<b>Лабораторная работа № 11.</b> Изучение параметров индуктивно связанных катушек	31
<b>Лабораторная работа № 12.</b> Определение параметров линии электропередач	33
<b>Лабораторная работа № 13.</b> Исследование неразветвленной цепи переменного тока с активным сопротивлением и катушкой	35
<b>Лабораторная работа № 14.</b> Неразветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и емкостью	37
<b>Лабораторная работа № 15.</b> Неразветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью	39
<b>Лабораторная работа № 16.</b> Резонанс напряжений	41
<b>Лабораторная работа № 17.</b> Неразветвленная цепь переменного тока с любым числом активных и реактивных сопротивлений	43
<b>Лабораторная работа № 18.</b> Разветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью	45

<b>Лабораторная работа № 19.</b> Разветвленная цепь переменного тока с активным сопротивлением и емкостью	47
<b>Лабораторная работа № 20.</b> Разветвленная цепь переменного тока с катушкой и конденсатором	49
<b>Лабораторная работа № 21.</b> Резонанс токов	51
<b>Лабораторная работа № 22.</b> Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей звездой	53
<b>Лабораторная работа № 23.</b> Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей в треугольник	56
Библиографический список	58
Оглавление	59