Саратовский колледж машиностроения и энергетики
федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

«СОГЛАСОВАНО»	«УТВЕРЖДАЮ»
Решением П(Ц)МК	Заместитель директора по УР
Протокол № ____	_____ С.В. Клюквина
от «__» _____20__г.	«___» _____ 20__ г.

Методические рекомендации для студентов по проведению практических занятий по дисциплине

«Электротехника »

для специальности:

15.02.07 «Автоматизация технологических профессий и производств по отраслям»

Саратов 2019 г.

Разработал преподаватель СКМ и Э ФГБОУ ВПО «СГТУ имени Гагарина Ю.А» _____

Данные методические рекомендации предназначены для студентов__2___ курса, специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических профессий и производств по отраслям»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Практические занятия, как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки. Семинар является видом практических занятий.

В процессе практического занятия обучающиеся выполняют одно или несколько практических заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение обучающимися практических занятий проводится с целью:

- формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам/ темам дисциплины;
- обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;
- совершенствования умений применять полученные знания на практике, реализации единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развития интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач при освоении общих компетенций.

Цель лабораторно-практических занятий

В результате освоения учебной дисциплины «электротехника» обучающийся должен **уметь:**

− рассчитывать параметры и элементы электрических и электронных устройств;
− собирать электрические схемы и проверять их работу;
− измерять параметры электрической цепи;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен **знать:**

− физические процессы в электрических цепях;
− методы расчета электрических цепей;
− методы преобразования электрической энергии.

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 2.1. Выполнять работы по монтажу систем автоматического управления с учетом специфики технологического процесса.

ПК 2.2. Проводить ремонт технических средств и систем автоматического управления.

ПК 2.3. Выполнять работы по наладке систем автоматического управления.

Организация лабораторно-практического занятия

Практическое занятие должно проводиться в учебных кабинетах или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.)- кабинет № 307

В соответствии с требованиям ФГОС СПО 15.02.07 «Автоматизация технологических профессий и производств по отраслям» должна обеспечивать выполнение обучающимися и практических занятий, включая как обязательный компонент практические занятия с использованием персональных компьютеров.

Выполнению практических занятий предшествует проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

Практические занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие *репродуктивный характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие *частично-поисковый характер*, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие *поисковый характер*, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении практических занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При *фронтальной форме* организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При *групповой форме* организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При *индивидуальной форме* организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения практических занятий рекомендуется:

– разработка сборников задач, заданий и упражнений;

- разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к практическим занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;
- подчинение методики проведения практических занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся;
- применение коллективных и групповых форм работы, максимальное использование индивидуальных форм с целью повышения ответственности каждого обучающегося за самостоятельное выполнение полного объема работ;
- проведение практических занятий на повышенном уровне трудности с включением в них заданий, связанных с выбором обучающимися условий выполнения работы, конкретизацией целей, самостоятельным отбором необходимого оборудования;
- подбор дополнительных задач и заданий для обучающихся, работающих в более быстром темпе, для эффективного использования времени, отводимого на практические занятия.

Структура лабораторно-практического занятия

Лабораторно-практические занятия №1.

Тема: « Опытная проверка свойств последовательное, параллельное и смешанного соединения резисторов»

Цель работы:

Экспериментальным путем проверить основные соотношения электрических величин для цепей постоянного тока с последовательным, параллельным и смешанным соединением приемников электрической энергии.

Оборудование: Источник питания – 24В, реостаты-3шт, омметр, вольтметр, амперметры-3шт, соединительные провода.

Краткая теория

Существуют следующие соединения приемников: последовательное, параллельное и смешанное.

Последовательным соединением приемников называется такое, при котором начало последующего приемника соединяется с концом предыдущего (рис. 1.1, а).

Часто такая цепь (или участок цепи) называется неразветвленной.

Отличительной особенностью последовательного соединения является то, что во всех приемниках протекает одинаковый ток.

При этом соединении напряжение U, приложенное к цепи, равно сумме падений напряжений на отдельных приемниках:

$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR_э$,

где $Rэ = R_1+R_2+R_3$ – эквивалентное сопротивление всей последовательной цепи, равное сумме сопротивлений отдельных приемников.

Поделив почленно падения напряжений на приемниках, получим

$U_1:U_2:U_3 = IR_1:IR_2:IR_3 = R_1:R_2:R_3$,

т.е. падения напряжения в отдельных приемниках пропорциональны сопротивлениям этих приемников.

Мощность, потребляемая последовательной цепью

$P = P_1 + P_2 + P_3 = I^2R_1 + I^2R_2 + I^2R_3 = IU_1 + IU_2 + IU_3 = UI$.

Поделив почленно мощности отдельных приемников, получим:

$P_1:P_2:P_3 = R_1:R_2:R_3$,

т.е. развиваемая в отдельных приемниках мощность пропорциональна их сопротивлениям.

При изменении величины сопротивления одного из приемников в цепи происходит изменение тока и сопротивления, перераспределение падений напряжений между приемниками или, как говорят, изменяется режим работы всех приемников. Это является существенным недостатком последовательного соединения.

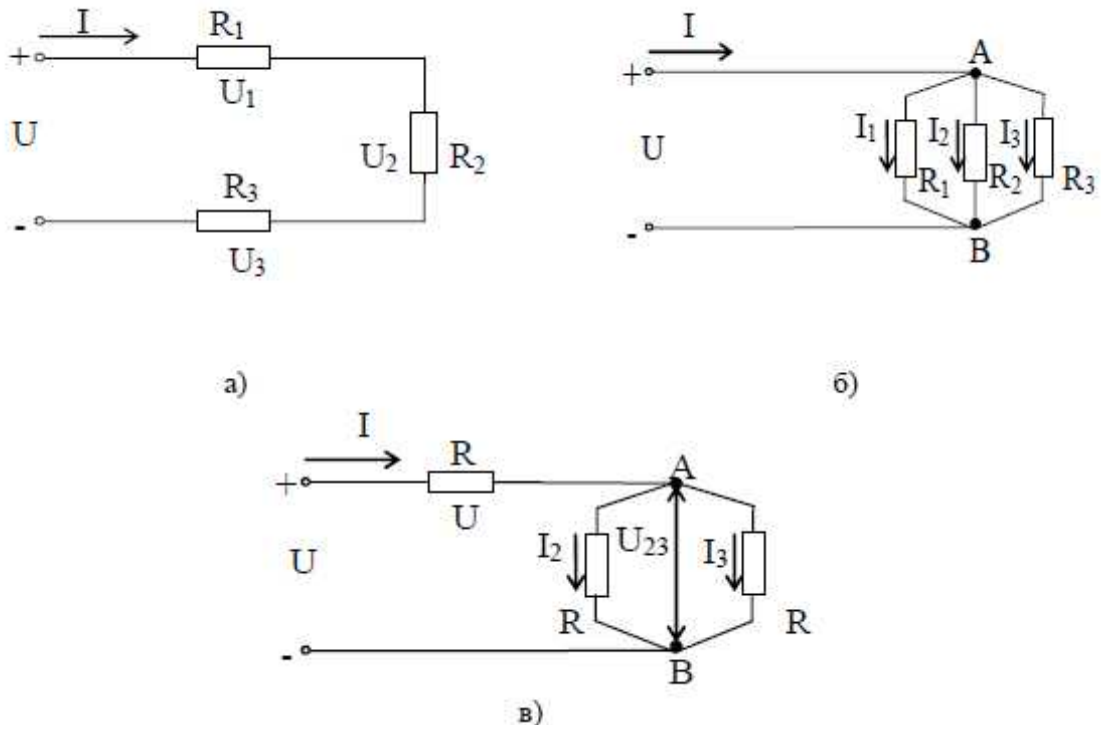

Рис. 1.1. Схемы соединения приемников:
а- последовательное соединение;
б- параллельное соединение;
в- смешанное соединение

Параллельным соединением приемников называется такое, при котором начала всех приемников соединены в один узел, а концы – в другой (рис. 1.1, б).

При таком соединении цепь получается разветвленной, а сами приемники являются ее ветвями.

Отличительной особенностью параллельного соединения является то, что все приемники находятся под одним и тем же напряжением. Токи в них равны:

$I_1 = U/R_1 = UG_1$, $I_2 = U/R_2 = UG_2$, $I_3 = U/R_3 = UG_3$,

где $G_1 = 1/R_1$, $G_{22} = 1/R_2$, $G_3 = 1/R_3$, проводимости отдельных приемников.

Поделив почленно токи в приемниках, получим

$I_1:I_2:I_3 = (1/R_1):(1/R_2):(1/R_3) = G_1:G_2:G_3$.

Т.е. при параллельном соединении токи в приемниках обратно пропорциональны их сопротивлениям или прямо пропорциональны их проводимостям.

Согласно первому закону Кирхгофа ток в неразветвленной части цепи равен

$I=I_1+I_2+I_3=U/R_1+U/R_2+U/R_3=U(1/R_1+1/R_2+1/R_3)=U\cdot 1/R_э$,

где $1/R_э=1/R_1+1/R_2+1/R_3$ величина, обратная эквивалентному сопротивлению параллельной цепи.

Переходя к проводимостям, получим

$I = U (G_1 + G_2 + G_3) = UG_э$,

где $G_э = G_1 + G_2 + G_3$ – эквивалентная проводимость параллельной цепи, равная сумме проводимостей отдельных приёмников.

Эквивалентное сопротивление параллельной цепи $R_э = 1/G_э$.

Мощность, потребляемая параллельной цепью
$P = P_1 + P_2 + P_3 = U^2 G_1 + U^2 G_2 + U^2 G_3 = UI_1 + UI_2 + UI_3 = UI$.
Поделив почленно мощности отдельных приёмников, получим:
$P_1:P_2:P_3 = G_1:G_2:G_3$,
т.е. развиваемая в отдельных приёмниках мощность пропорциональна их проводимостям (или обратно пропорциональна их сопротивлениям).
При параллельном включении приёмников режим работы каждого из них не влияет на режим работы остальных.
Смешанное соединение приёмников представляет собой цепь, которая состоит из ряда последовательно и параллельно соединённых приёмников (рис. 2.1, в). Для расчёта таких цепей выделяют отдельные участки с последовательным или параллельным соединением приёмников и к ним применяют выше рассмотренные соотношения.
Для схемы на рис. 2.1.в, эквивалентное сопротивление находится следующим образом. Сначала определяется эквивалентное сопротивление параллельной цепи. Т.к. $1/R_{23}=1/R_2+1/R_3$,
Сопротивление R_1, включено последовательно с сопротивлением R_2, поэтому эквивалентное сопротивление всей цепи равно $R_э = R_1 + R_2$.
Ток в неразветвлённой части цепи
$I_1 = U/R_э$.
Напряжение на сопротивлении R_1,
$U_1 = I_1 R_1$.
Напряжение на зажимах параллельных ветвей
$U_{23} = I_1R_{23}$ или $U_{23} = U – U_1$.
Токи в параллельных ветвях
$I_2=U_{23}/R_2$, $I_3=U_{23}/R3$
Мощность, потребляемая всей смешанной цепью
$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_1I_1 + U_{23}I_2 + U_{23}I_3 = UI$.

Ход работы

1.Ознакомиться с реостатами, которые используются в качестве приёмников электрической энергии, и приборами, необходимыми для выполнения работы; записать их основные технические данные.
2.С помощью омметра установить сопротивления реостатов, равными:
R_1= 5 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 = 15 Ом.
3. Собрать схему (рис. 1.2, а) и предъявить её для проверки преподавателю.

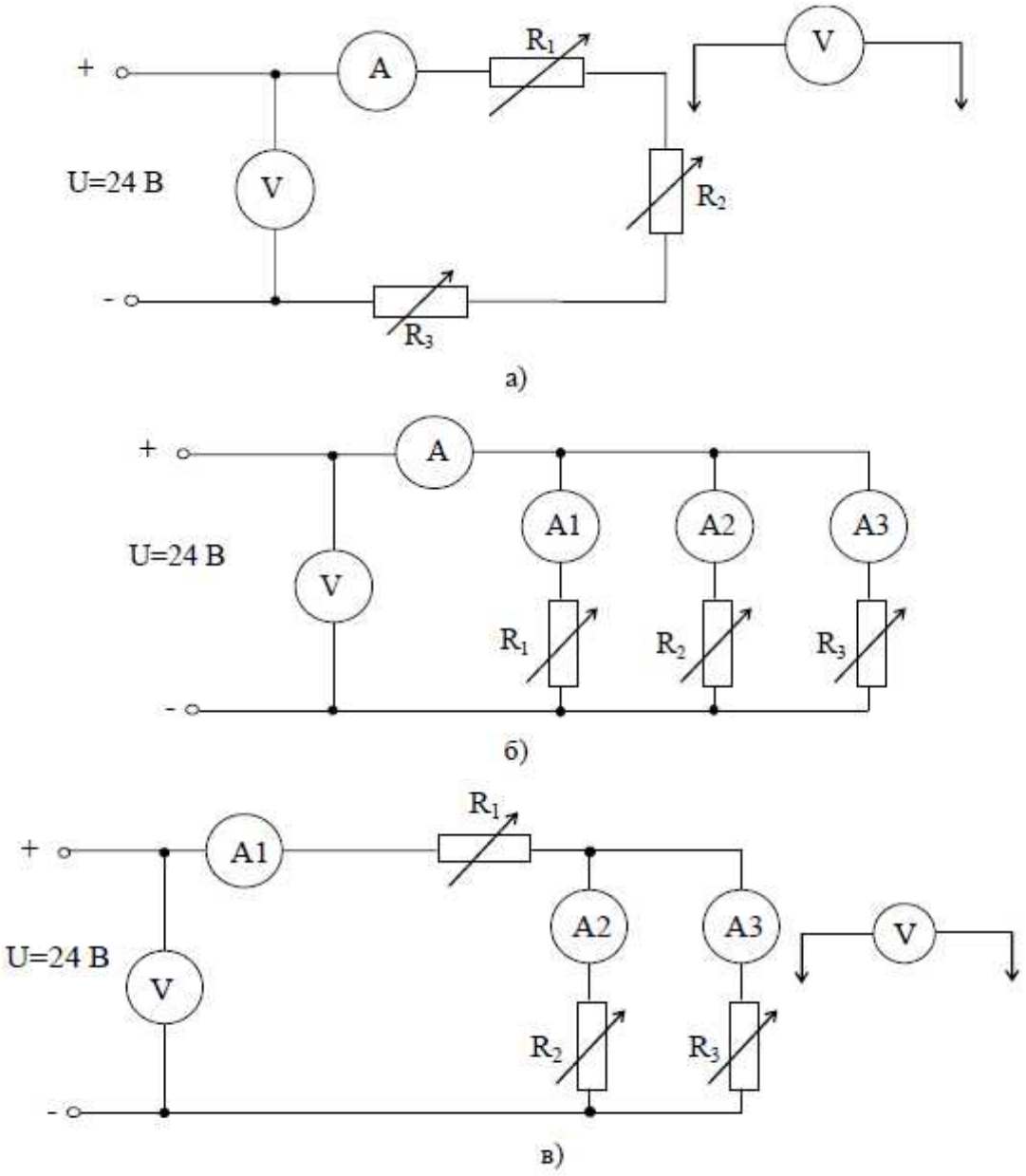

Рис. 1.2. Схемы лабораторной работы для исследований:
а – с последовательным соединением реостатов;
б – с параллельным соединением реостатов;
в – со смешанным соединением реостатов.

4.Включить источник питания. Измерить: напряжение U на зажимах всей цепи и на каждом реостате U_1, U_2, U_3; ток I в цепи. Выключить источник. Установить сопротивления реостатов равными: $R_2=R_2=R_3=10$ Ом. Включить источник и снова выполнить указанные измерения.

5.Вычислить: сопротивление каждого реостата R_1, R_2, R_3; эквивалентное сопротивление $R_э$ последовательной цепи; мощности, потребляемые отдельными реостатами P_1, P_1, P_3; мощность, потребляемую всей цепью *P*. Проверить соотношения:

$R_э = R_1 + R_2 + R_3$; $U = U_1 + U_2 + U_3$; $P = P_1 + P_2 + P_3$; $U_1:U_2:U_3 = R_1:R_2:R_3$.

6.Результаты измерений и расчётов записать в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Условия опыта	Опытные данные					Расчетные данные							
	U	**I**	**U_1**	**U_2**	**U_3**	**R_1**	**R_2**	**R_3**	**$R_э$**	**P_1**	**P_2**	**P_3**	**P**
	В	**А**	**В**	**В**	**В**	**Ом**	**Ом**	**Ом**	**Ом**	**Вт**	**Вт**	**Вт**	**Вт**
$R_1 \neq R_2 \neq R_3$													
$R_1 = R_2 = R_3$													

7. С помощью омметра установить сопротивления реостатов, равными:
R_1 = 3 Ом, R_2 = 8 Ом, R_3 = 12 Ом.
8.Собрать схему (рис. 1.2, б) и предъявить её для проверки преподавателю.
9.Включить источник питания. Измерить: токи в параллельных ветвях I_1, I_2, I_3 и ток I в неразветвлённой части цепи; напряжение на зажимах цепи. Выключить источник. Установить сопротивления реостатов равными $R_1 = R_2 = R_3$ = 12 Ом. Включить источник и снова выполнить указанные измерения.
10. Вычислить: сопротивление каждого реостата R_1, R_2, R_3; эквивалентное сопротивление параллельной цепи $R_э$; мощности, потребляемые отдельными реостатами P_1, P_2, P_3; мощность P, потребляемую всей цепью.
Проверить соотношения: $1/R=1/R_1+1/R_2+1/R_3$; $I_1:I_2:I_3=1/R_1:1/R_2:1/R_3$;
$I=I_1+I_2+I_3$; $P=P_1+P_2+P_3$.
11. Результаты измерений и расчетов записать в табл. 1.2.
Таблица 1.2

Условия опыта	Опытные данные					Расчетные данные							
	U	**I**	**I_1**	**I_2**	**I_3**	**R_1**	**R_2**	**R_3**	**$R_э$**	**P_1**	**P_2**	**P_3**	**P**
	В	**А**	**А**	**А**	**А**	**Ом**	**Ом**	**Ом**	**Ом**	**Вт**	**Вт**	**Вт**	**Вт**
$R_1 \neq R_2 \neq R_3$													
$R_1 = R_2 = R_3$													

12. С помощью омметра установить сопротивления реостатов равными:
R_1 = 15 Ом, R_2 = 10 Ом, R_3 = 5 Ом.
13. Собрать схему (рис. 1.2, в) и предъявить её для проверки преподавателю.
14. Включить источник питания. Измерить: токи в параллельных ветвях I_2, I_3 и в неразветвлённой части цепи I_1; напряжение U_1 на зажимах
всей цепи; напряжение U_1 на сопротивлении R_1; напряжение U_{23} на разветвлённом участке цепи. Выключить источник. Установить сопротивления реостатов равными $R_1 = R_2 = R_3$ = 10 Ом. Включить источник и снова выполнить указанные измерения.
15. Вычислить: сопротивления параллельных ветвей R_2, R_3; сопротивление неразветвлённой части цепи R_1; эквивалентное сопротивление
всей цепи $R_э$; мощности, потребляемые отдельными реостатами P_1, P_2,
P_3; мощность P, потребляемую всей цепью. Проверить соотношения:
$R_э = R_1 + R_{23}$; $I_1 = I_2 + I_3$; $P = P_1 + P_2 + P_3$
16. Результаты измерений и расчётов записать в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Условия опыта		**Опытные данные**					**Расчетные данные**							
	U	**U_1**	**U_{23}**	**I_1**	**I_2**	**I_3**	**R_1**	**R_2**	**R_3**	**$R_э$**	**P_1**	**P_2**	**P_3**	**P**
	В	**В**	**В**	**А**	**А**	**А**	**Ом**	**Ом**	**Ом**	**Ом**	**Вт**	**Вт**	**Вт**	**Вт**
$R_1 \neq R_2 \neq R_3$														
$R_1 = R_2 = R_3$														

Примечание: при установке сопротивлений реостатов и в момент измерений их омметром реостаты должны быть отключены от цепи.

3. Содержание отчёта

1.Перечень и номинальные данные используемой аппаратуры.
2.Схемы исследований (3 схемы).
3. Расчёт сопротивлений, токов и мощностей для трёх схем (шести опытов).
4.Таблицы с опытными и расчётными данными (3 таблицы).
5.Выводы по работе.

4. Контрольные вопросы

1.Какие соединения приёмников электрической энергии называются последовательными, параллельными, смешанными?
2.Как определить общее сопротивление цепи при любом соединении, если сопротивления участков известны?
3.В чём состоит особенность последовательного и параллельного соединений приёмников?

Литература:

1. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю. М. Инькова: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2018.
2. Жаворонков, М.А.. Электротехника и электроника/ М.А.Жаворонков, А.В. Кузин: Учеб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений - М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 400с.
3. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике/ В.М. Прошин: Учеб. пособие для нач. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2017.-192 с.
4. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Б. И. Петленко: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2017.
5. Энциклопедический словарь по физике/ Сост. В.А.Чуянов.- М.: Педагогика, 1984.-352 с.
6. Немцов, М.В. Электротехника/М. В. Немцов, И. И. Светлаков: Учебное пособие. –Изд.2-е. –Ростов н/Д; Феникс, 2017. -571 с.

Лабораторно-практическое занятие №2.

Тема: «Опытная проверка законов Кирхгофа»

Цель работы: сборка схемы, снятие показаний, расчет, выработка навыков проверки законов Кирхгофа в сложной электрической цепи.

1. Развивать коммуникативные компетенции (как способности читать схемы и отвечать на вопросы);
2. Развивать предметные компетенции (умение производить сбор данных, оформлять таблицы, строить схемы);
3. Формировать ключевые компетенции (информационная (*систематизировать, анализировать, использовать и обрабатывать полученную информацию*); социально- коммуникативная (*соотносить свои устремления с интересами других людей*)).

Оборудование: методические рекомендации, лабораторные столы, источник постоянного тока – 30 В, магазин сопротивлений, аккумуляторная батарея, амперметры Iн= 1 А, вольтметр Vн= 30 В, ключи, конспекты.

Краткая теория:

Электрическая цепь называется линейной, если она содержит только линейные элементы.

Линейным называется элемент цепи, сопротивление которого остается постоянным независимо от силы тока в нем и от величины напряжения не его зажимах.

Точка электрической цепи называется узлом или точкой разветвления, если в ней соединены три или большее число проводов.

Ветвью электрической цепи называется ее участок, состоящий из одного или нескольких элементов, соединенных так, что по ним проходит один и тот же ток, присоединенный к двум узлам.

Контур электрической цепи представляет собой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям.

Первый закон Кирхгофа: сумма токов, направленных к узлу, равна сумме токов, направленных от узла; или алгебраическая сумма токов в узле равна нулю.

Второй закон Кирхгофа: в замкнутом контуре электрической цепи ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжения на всех сопротивлениях.

Ход работы

Задание: выполнить сборку схемы, измерить токи и напряжения в точках и в ветвях схемы, вычислить значения сопротивлений, начертить электрическую схему замещения цепи.

Методика выполнения задания:

1. Определить цену деления приборов.

$I_н$=1 А C_A= А/дел; $U_н$=30В C_U= В/дел
2. Собрать схему установки.

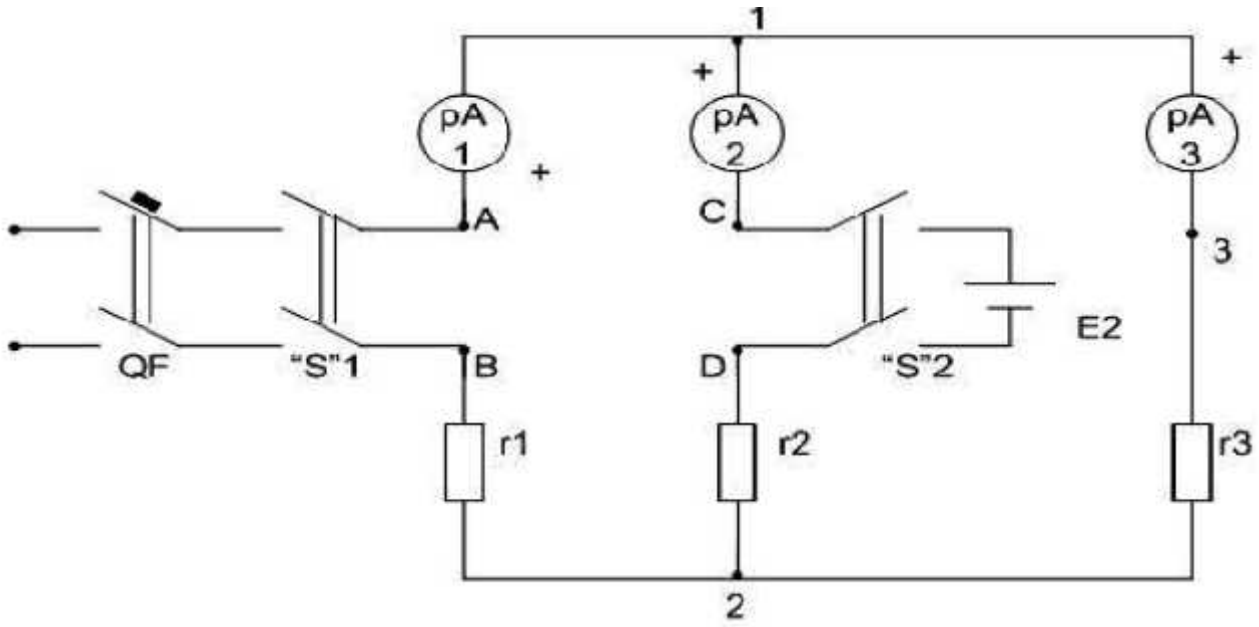

Рисунок 1. Схема установки.

3. Показать на схеме подключение вольтметров для измерения напряжения на пассивных участках цепи: U_1, U_2, U_3.
4. Включить схему под напряжение, измерить силу тока и напряжения на всех элементах схемы и на источниках.
5.Отключить ключи «S_1» и «S_2» и измерить ЭДС источников E_1, E_2.
6. Результаты замеров занести в таблицу 1.
7. Отключить схему, разобрать и сдать провода.
8. Рассчитать сопротивления участков схемы, результаты занести в таблицу.
Расчет сопротивлений участков цепи:
r_1= r_2=
r_3=
r_{01}= r_{02}=

Таблица 1 Результаты измерения и расчета

№	**Измерено**										**Вычислено**				
п/п	I_1	I_2	I_3	U_1	U_2	U_3	U_{AB}	U_{CD}	E_1	E_2	r_1	r_2	r_3	r_{01}	r_{02}
	А	А	А	В	В	В	В	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом

9. Нарисовать электрическую схему замещения цепи. Нанести направление токов согласно полярности приборов. Принять направление обхода контура.

Рисунок 2. Электрическая схема цепи.

10. Составить уравнения по законам Кирхгофа. Подставить данные измерений в уравнения и убедиться в справедливости законов.

Первый закон Кирхгофа для узла 1.

Второй закон Кирхгофа для контуров:

1СД2ВА1

132ДС1

132ВА1

11. Ответить на контрольные вопросы:

Узел электрической цепи – это_____

_____

Контур электрической цепи – это_____

_____

По первому закону Кирхгофа_____

_____

По второму закону Кирхгофа: _____

_____

12.Сделать вывод по работе:

Литература:

1. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю. М. Инькова: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2018.

2. Жаворонков, М.А.. Электротехника и электроника/ М.А.Жаворонков, А.В. Кузин: Учеб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений - М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 400с.

3. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике/ В.М. Прошин: Учеб. пособие для нач. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2017.-192 с.

4. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Б. И. Петленко: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2017.
5. Энциклопедический словарь по физике/ Сост. В.А.Чуянов.- М.: Педагогика, 1984.-352 с.
6. Немцов, М.В. Электротехника/М. В. Немцов, И. И. Светлаков: Учебное пособие. –Изд.2-е. –Ростов н/Д; Феникс, 2017. -571 с.

Лабораторно-практическая работа№3.

Тема: « Исследование неразветвленной RLC-цепи»

Цель работы: Опытная проверка закона Ома для неразветвленной цепи переменного тока.

Оборудование:
Объектом испытаний служит две электрические цепи смонтирована на монтажной плате №2 стендовой панели №1 (смотреть приложения). В качестве элементов цепи используем конденсатор *C* и индуктивную катушку *L* обе схемы содержат резистор R. В качестве измерительного прибора используют щитовой миллиамперметр и универсальный прибор мультиметр.

Краткая теория
В неразветвленной цепи с активным сопротивлением R, индуктивностью L и емкостью C (рис. 5.1) при условии, что индуктивное и емкостное сопротивления равны между собой ($X_L = X_C$), возникает особый режим работы, который называется резонансом напряжений.

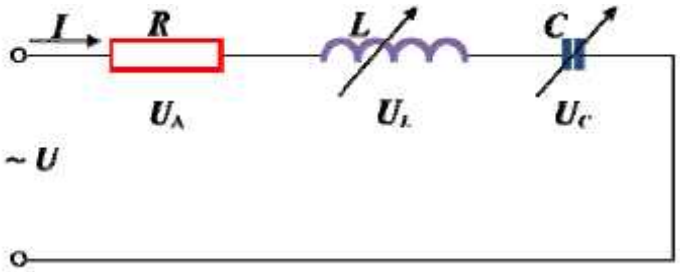

Рис5.1

Из условия резонанса напряжений ($X_L = X_C$ или $\omega L=1/\omega C$)
следует, что при заданных значениях индуктивности и емкости резонанс напряжений в цепи возникает при угловой частоте

$\omega L=(1/\sqrt{LC})\omega_p$ или $f=1/2\pi\sqrt{LC}=f_p$, которые называют резонансными и обозначают соответственно ω_p и f_p.
Резонансная частота f_p определяется исключительно параметрами цепи и поэтому называется частотой собственных колебаний цепи. Таким образом, в неразветвленной цепи с *R*, *L* и *C* резонанс напряжений возникает в случае, когда частота вынужденных колебаний (частота приложенного напряжения) оказывается равной частоте собственных колебаний цепи. Резонанс напряжений можно получить путем изменения одной из трех величин L, C или *f* при
постоянных двух других.
В простейшем случае резонанс напряжений может быть получен в электрической цепи переменного тока при последовательном включении катушки индуктивности и конденсаторов. При этом, изменяя индуктивность катушки при постоянных параметрах конденсатора, получают резонанс

напряжений при неизменных значениях напряжения и емкости, частоты и активного сопротивления цепи. При изменении индуктивности L катушки происходит изменение реактивного индуктивного сопротивления. При этом полное сопротивление цепи также изменяется, следовательно, изменяются
ток, коэффициент мощности, напряжения на катушке индуктивности, конденсаторах и активном сопротивлении катушки и активная, реактивная и полная мощности электрической цепи. Зависимости тока I, коэффициента мощности cosφ и полного сопротивления Z цепи переменного тока в функции индуктивного сопротивления (резонансные кривые) для рассматриваемой цепи приведены на рис. 5.2.

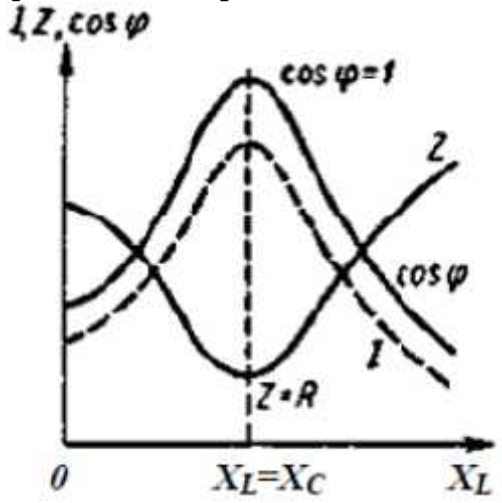

Рис. 5.2 Резонансные кривые

Резонанс напряжений характеризуется рядом существенных факторов.
1. При резонансе напряжений полное сопротивление электрической цепи переменного тока принимает минимальное значение и оказывается равным ее активному сопротивлению, т. е.

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

так как при этом $X_L = X_C$.
2. Из этого следует, что при неизменном напряжении питающей сети (U = const) при резонансе напряжений ток в цепи достигает наибольшего значения

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

и совпадает по фазе с напряжением U, приложенным к зажимам цепи. Теоретически ток может достигать больших значений, определяемых напряжением сети и активным сопротивлением катушки.
При малом значении активного сопротивления ток может достигать большого значения.
3. Коэффициент мощности цепи равен единице
$\cos\varphi = R/Z = R/R = 1$, т.е. принимает наибольшее значение, которому
соответствует угол $\varphi = 0$. *Для полного использования генератора он должен работать при номинальном напряжении Uн* с номинальным током I_H и $\cos\phi = 1$.

В этом случае генератор развивает наибольшую активную мощность, равную его полной номинальной мощности: $P = U_H I_H \cos\varphi = U_H I_H = S_H$.
Уменьшение cosφ вызывает уменьшение активной мощности, т.е. неполное использование номинальной мощности генератора. В этом случае $I = P/U_H \cos\varphi$. Следовательно, cosφ уменьшается, что вызывает увеличение тока в цепи при постоянной активной мощности потребителя А это вызывает увеличение потери мощности на нагревание проводов, поэтому нужно стремиться повышать cosφ до значения, близкого к единице. Для этого параллельно активно-индуктивной нагрузке подключают конденсаторы.
4. Активная мощность при резонансе $P = RI^2$ имеет наибольшее значение, равное полной мощности S, в то же время реактивная мощность цепи $Q = XI^2 = (X_L - X_C)I^2$ оказывается равной нулю: $Q = Q_L - Q_C = 0$. При этом реактивная индуктивная и реактивная емкостная составляющие полной мощности $Q_L = QC = X_L I^2 = X_C I^2$ могут приобретать теоретически весьма большие значения, в зависимости от значений тока и реактивных сопротивлений.
5. При резонансе напряжений напряжения на емкости и индуктивности оказываются равными $U_L = U_C = IX_C = IX_L$ и в зависимости от тока и реактивных сопротивлений могут принимать большие значения, во много раз превышающие напряжение питающей сети. При этом напряжение на активном сопротивлении оказывается равным напряжению питающей сети, т. е. $U_R = U$.
Резонанс напряжений в промышленных электротехнических установках нежелательное и опасное явление, так как может привести к аварии вследствие недопустимого перегрева отдельных элементов электрической цепи или к пробою изоляции обмоток электрических машин и аппаратов, изоляции кабелей и конденсаторов при возможном перенапряжении на отдельных участках цепи. В то же время резонанс напряжений в электрических цепях переменного тока широко используется в радиотехнике и электронике в различного рода приборах и устройствах, основанных на резонансном явлении. Векторная диаграмма неразветвленной цепи с *R*, *L* и *C* при резонансе напряжений показана на рис. 5.3.

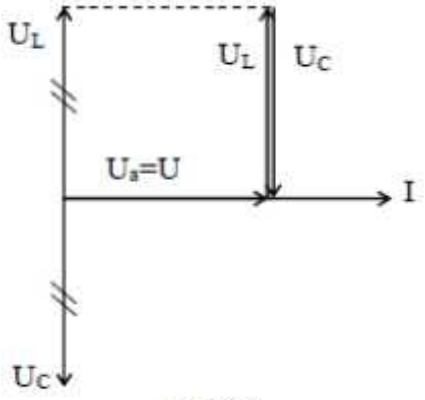

Рис. 5.3

Если цепь не находится в резонансе, то она может работать в индуктивном ($\varphi > 0$) или емкостном ($\varphi < 0$) режиме. На рис. 5.4 показаны векторные диаграммы неразветвленной цепи с R, L и C при преобладании индуктивной (а) и емкостной (б) нагрузки.

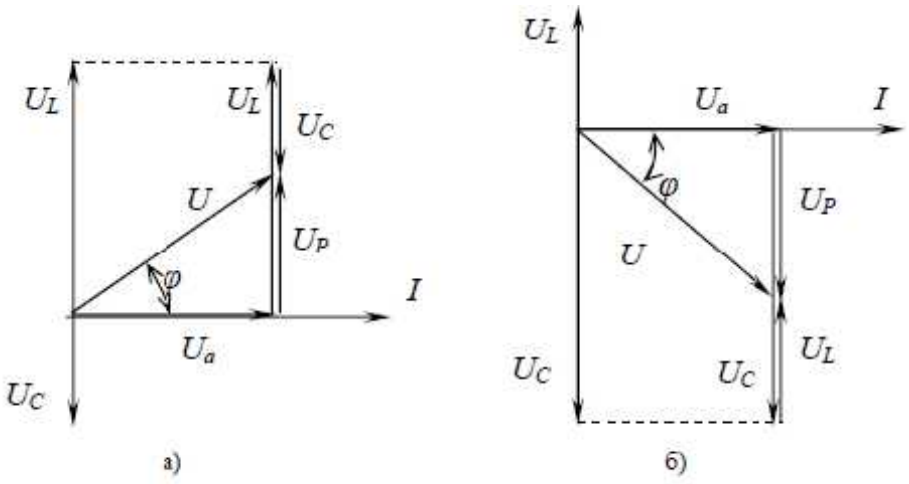

Рис. 5.4

При выполнении лабораторной работы напряжение на индуктивном сопротивлении катушки U_L рассчитывается по формуле

$$U_L = \sqrt{U^2_K - U^2_a}$$

где Uк – напряжение, измеренное на катушке.
Вычисления производятся по формулам:

$$R=P/I^2,\ Z=U/I,\ U_p=|U_L-U_C|.$$

Ход работы

1. Ознакомиться с порядком выполнения лабораторной работы №7, краткими теоретическими сведениями об RLC- цепи синусоидального тока (смотреть раздел IV). Подготовить в рабочей тетради отчет и делать выводы о проделанной работе.
2. Собрать электрические цепи в соответствии с рисунками 7.1 и 7.2. Подключить электрическую цепь к источнику питания. Установить на приборе переменное напряжения с пределом 20 В.
3. После проверки собранной схемы преподавателем подать напряжения в электрическую цепь.
4. Установить емкость конденсатора 3мкФ и сопротивления резистора равное 0, измеренные значения записать в таблицу 7.1. Повторить измерения для других значений емкости и сопротивления указанные в таблице 7.1.
5. Установить индуктивность равную 8,8 Гн и сопротивления резистора равное 0, измеренные значения записать в таблицу 7.2.
6. Повторить измерения для других значений индуктивности и сопротивления указанные в таблице 7.2.
7. Отключить питания электрической цепи и сдать преподавателю проводники и приборы.

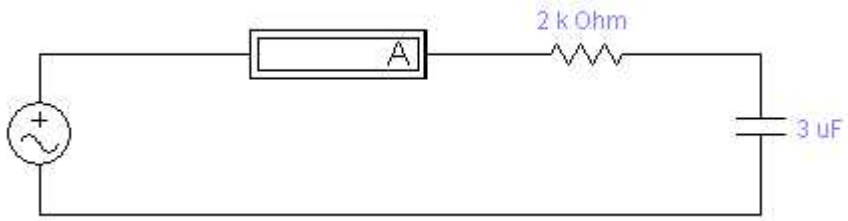

Рис. 7.1 Схема электрической RC-цепи синусоидального тока

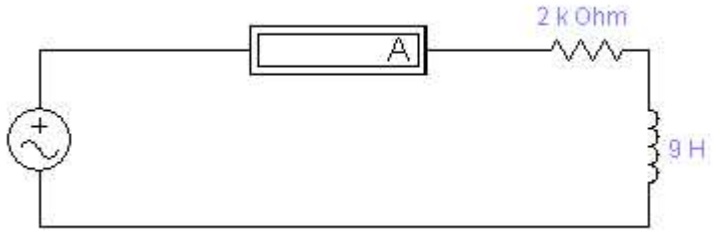

Рис.7.2 Схема электрическая RL-цепи синусоидального тока

Таблица 7.1

Исходные данные		Измеренные величины				Расчетные величины		
C	R	U	Uc	UL	I	Xc	Z	I
3	0							
3	2							

Таблица 7.2

№ опыта	Исходные данные		Измеренные величины				Расчетные величины		
	L	R	U	Uc	UL	I	XL	Z	I
1	8,8	0							
2	8,8	2							
3	1,2	2							

1. Обработка и анализ результатов

Рассчитать силу тока, реактивное сопротивления и полное сопротивления для обеих схем.

2. Отчет о проделанной работе

1. Наименование и цель работы;
2. Схема исследования;
3. Таблица;
4. Вывод по работе.

Литература:

1. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю. М. Инькова: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2018.
2. Жаворонков, М.А.. Электротехника и электроника/ М.А.Жаворонков, А.В. Кузин: Учеб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений - М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 400с.
3. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике/ В.М. Прошин: Учеб. пособие для нач. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2017.-192 с.
4. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Б. И. Петленко: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2017.
5. Энциклопедический словарь по физике/ Сост. В.А.Чуянов.- М.: Педагогика, 1984.-352 с.
6. Немцов, М.В. Электротехника/М. В. Немцов, И. И. Светлаков: Учебное пособие. –Изд.2-е. –Ростов н/Д; Феникс, 2017. -571 с.

Лабораторно-практическое занятие №4.

Тема: «Исследование трехфазной цепи при соединение потребителя звездой»

Цель работы: экспериментальное подтверждение основных теоретических соотношений при трёхфазной нагрузке, соединённой по схеме «звезда».

Оборудование:
1. Амперметр – 1А.
2. Вольтметр – 250 В-3шт.
3. Милиамперметры-2шт.
4. Мультиметр.
5. Резистор – 3шт.
6. Конденсатор – 6шт.
7. Соединительные провода.

Краткая теория

В современных условиях электрическая энергия вырабатывается преимущественно источниками энергии с трехфазной системой напряжений. Такие источники широко применяют в технике. Объясняется это тем, что трехфазная система переменного тока является наиболее экономичной. В качестве трехфазных источников напряжений на электрических станциях используют трехфазные синхронные генераторы, на статоре которых размещаются три фазные обмотки (фазы), смещенные в пространстве относительно друг друга на угол 120°.

Трехфазной цепью называется совокупность трех однофазных электрических цепей, в которых действуют три ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые по фазе друг относительно друга на угол 120º.

Отдельные электрические цепи, образующие трехфазную цепь, называются фазами. Фазами также называют обмотки синхронных генераторов, питающие провода и приемники трехфазной цепи.

Фазы обозначают буквами А, В, С.

Каждая фаза генератора или приемника имеет начало и конец, т.е. два вывода. Начала фаз обычно обозначают буквами А, В, С, а концы – буквами X, Y, Z.

В трехфазной цепи обмотки генератора и фазы приемников соединяются звездой или треугольником.

Фазы обмотки генератора (трансформатора) и провода соединительной сети обычно одинаковы. Фазы приемника по характеру нагрузки и потребляемой мощности могут быть как одинаковыми, так и не одинаковыми.

Если фазы приемника совершенно одинаковы, то такой приемник представляет собой равномерную нагрузку для генератора, так как в этом случае по фазам генератора протекают равные по величине токи.

Если фазы приемника не одинаковы, то такой приемник представляет собой неравномерную нагрузку. Неравномерную нагрузку создают обычно

осветительные системы, так как в фазах такой системы работает одновременно разное число ламп.

При соединении фаз приемника звездой концы фаз (X, Y, Z) соединяются в общую точку, которую называют нулевой или нейтральной точкой N (иногда просто нейтралью), а к началам фаз (A, B, C) присоединяют линейные провода, идущие от источника.

В лабораторной работе источником является щиток лабораторного стола. Нулевая точка приемника соединяется с нулевой точкой источника посредством нулевого провода. На рис. 7.1. показана схема соединения приемника звездой (1 – лабораторный щиток, 2 –приемник).

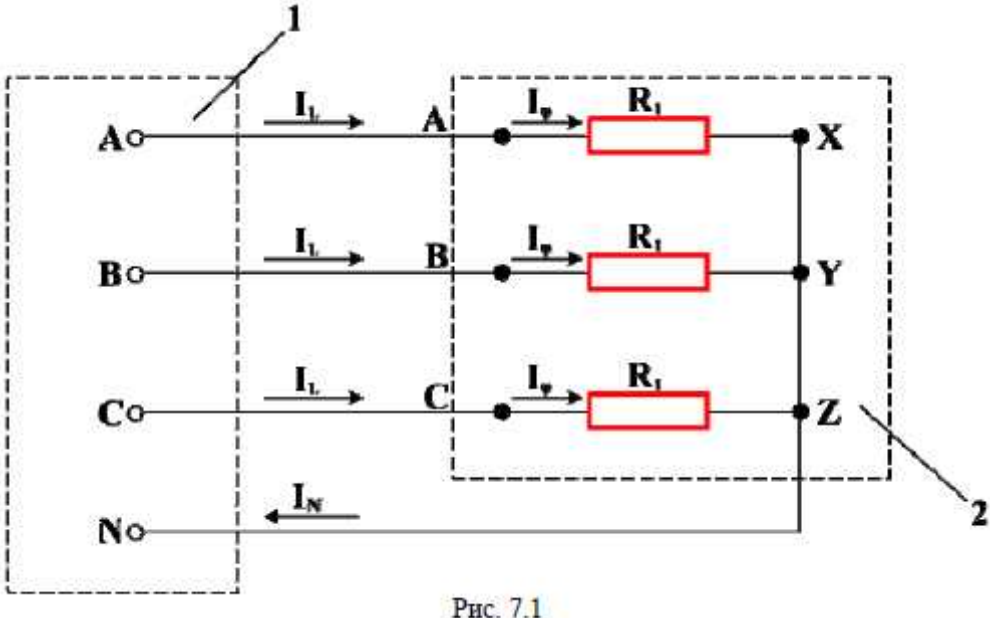

Рис. 7.1

Рис. 7.1

При соединении звездой различают линейные и фазные напряжения, линейные и фазные токи.

Напряжение между началом и концом любой из фаз или между любым линейным и нулевым проводом называется фазным напряжением. Оно обозначается U_A, U_B, U_C или $U_Ф$.

Напряжение между началами двух фаз или между любыми двумя линейными проводами называется линейным напряжением. Оно обозначается U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} или $U_Л$. По абсолютной величине линейные напряжения в 3 раз больше фазных: Uл = 3Uф.

Токи, протекающие в фазах приемника, называются фазными токами. Они обозначаются Iф. Токи в линейных проводах называются линейными токами. Они обозначаются I_A, I_B, I_C или $I_Л$.

Из рис. 7.1. видно, что Iл = Iф = I.

При соединении приемника звездой с нулевым проводом (см.рис. 7.1) фазы работают независимо друг от друга. В этом случае по нулевому проводу протекает ток, действующее значение которого равно геометрической сумме действующих значений токов в фазах: $I_N = I_A + I_B + I_C$.

При равномерной нагрузке эта сумма токов равна нулю, следовательно, ток в нулевом проводе протекать не будет и нулевой провод не нужен. На рис. 7.2

показана векторная диаграмма напряжений и токов при соединении звездой и равномерной активной нагрузке.

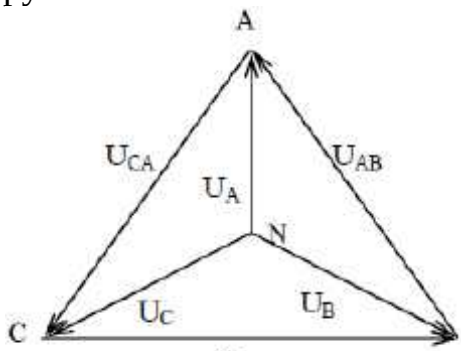

Рис. 7.2

В случае несимметрии нагрузки трехфазной трехпроводной цепи (при отсутствии нулевого провода) между нейтральными точками генератора и приемников возникает узловое напряжение или иначе – происходит смещение нейтрали приемников. Из-за смещения нейтрали нарушается симметрия фазных напряжений на приемнике, что приводит к его ненормальной работе.

Чтобы восстановить равенство фазных напряжений на приемниках при несимметричной нагрузке, в трехпроводную цепь добавляется нулевой провод, благодаря которому потенциал нулевой точки приемников становится равным потенциалу нулевой точки источника.

В этом случае при любой несимметрии нагрузки смещения нейтрали не происходит, и система фазных напряжений будет симметричной.

При несимметричной нагрузке обрыв нулевого провода вызывает значительное изменение фазных напряжений и токов у потребителя, что в большинстве случаев не допустимо. Поэтому в нулевой провод предохранители не устанавливаются.

Предельными случаями несимметрии нагрузки является обрыв проводов или короткое замыкание одной из фаз трехфазной цепи.

При обрыве одной из фаз трехпроводной цепи, например фазы А, две другие фазы оказываются включенными последовательно на линейное напряжение U_{BC}. При одинаковом сопротивлении этих фаз на каждую из них придется половина линейного напряжения. Напряжения на оборванной фазе не будет:

Ход работы

Задание

Исследовать трехфазную цепь при соединении приемников энергии по схеме «звезда».

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приборами, необходимыми для выполнения работы. Собрать электрическую схему (рис. 7.3) и показать её преподавателю.

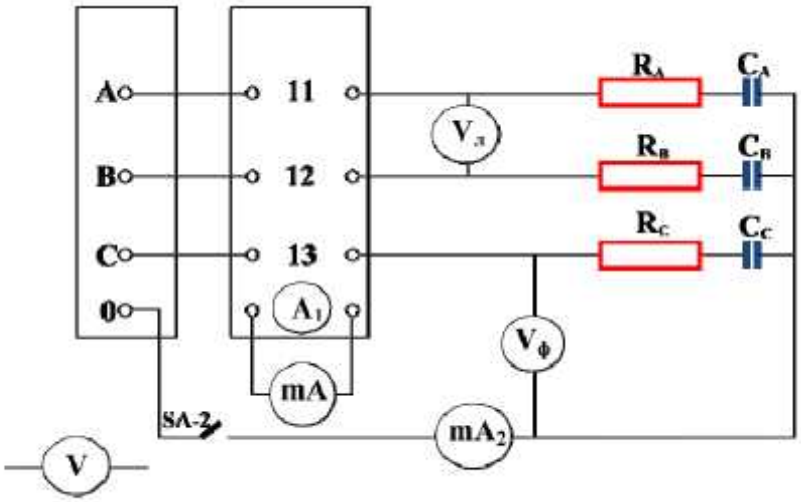

Рис. 7.3

2. Измерить токи, линейные и фазные напряжения в трёхфазной цепи при равномерной и симметричной нагрузке в фазах, т.е. $Z_A = Z_B = Z_C$ и
$\cos\varphi_A = \cos\varphi_B = \cos\varphi_C$; $\varphi_A = \varphi_B = \varphi_C = 74°$;
$R_A = R_в = R_C = 220$ Ом; $C_A = C_B = C_C = 4$ мкФ:
а) с нулевым проводом (выключатель SA-2 – замкнут);
б) без нулевого провода (выключатель SA-2 – разомкнут);
Измерение фазных токов осуществляется прибором mA_1 путем переключения его на измерение фазных токов при различных положениях переключателя «контроль 1»:
n11 ⇒ I_{11} ⇒ измеряется I_A,
n12 ⇒ I_{12} ⇒ измеряется I_B,
n13 ⇒ I_{13} ⇒ измеряется I_C.
Прибором mA_2 измеряют ток нулевой I_0.
Измерение линейных напряжений. Линейные напряжения измеряют вольтметром между линейными проводами на концах резисторов U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}. Напряжение измеряется мультимером ~ U шкала 700 В.
Измерение фазных напряжений. Фазные напряжения измеряются вольтметром между линейным проводом на концах резисторов и нулевым проводом на общей точке конденсаторов U_A, U_B, U_C.

Таблица 7.1

№ п/п	Характер нагрузки	Измерено											Вычислено			
		SA-2	линейные			фазные			I_A	I_B	I_C	I_0	P_A	P_B	P_c	$P_{общ}$
			U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}	U_A	U_B	U_c								
			В	В	В	В	В	В	mA	mA	mA	mA	Вт	Вт	Вт	Вт
1	$R_A=R_B=R_C=220$Ом $C_A=C_B=C_C=4$мкФ	Вкл														
2		Выкл										–				
3	$R_A=R_B=R_C=220$Ом $C_A=4$мкФ $C_B=8$мкФ $C_C=2$мкФ	Вкл														
4		ыкл										–				

5	$R_A=R_B=R_C=220$Ом $C_A=C_B=8$мкФ $C_C=\infty$	Вкл														
6		Выкл										–				

2. Установить неравномерную нагрузку во всех фазах $R_A = R_B = R_C = 220$ Ом, $C_A = 8$ мкф, $C_B = 4$ мкФ, $C_C = 2$ мкФ; $\cos\varphi_A = 0{,}44$; $\cos\varphi_B = 0{,}27$; $\cos\varphi_C = 0{,}14$; $\varphi_A = 64°$; $\varphi_B = 74°$; $\varphi_C = 82°$.
Показания приборов записать в табл. 7.1.
Исследовать трёхфазную цепь при отсутствии нагрузки в фазе С.
$R_A = R_B = R_C = 220$ Ом, $C_A = 8$ мкФ, $C_B = 8$ мкФ, $C_C = \infty$ (конденсатор в фазе С выключить); $\cos\varphi_A = 0{,}44$; $\cos\varphi_B = 0{,}44$; $\varphi_A = 64°$; $\varphi_B = 64°$.
Показания приборов записать в табл. 7.1.
3. По результатам измерений вычислить активную мощность трёхфазной цепи $P=P_A+P_B+P_C = I_AU_A\cos\varphi_A + I_BU_B\cos\varphi_B + I_CU_C\cos\varphi_c$.
4. Построить векторные диаграммы для 1 и 3 опытов.
5. Написать отчет по форме, указанной в методических рекомендациях.

Контрольные вопросы

1. Как измерить линейные и фазные напряжения?
2. Как определить нулевой ток на векторной диаграмме?
3. Каково назначение нулевого провода?
4. Почему при равномерной нагрузке фаз и при наличии нулевого провода, ток в нулевом проводе равен нулю?

Литература:

1. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю. М. Инькова: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2018.
2. Жаворонков, М.А.. Электротехника и электроника/ М.А.Жаворонков, А.В. Кузин: Учеб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений - М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 400с.
3. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике/ В.М. Прошин: Учеб. пособие для нач. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2017.-192 с.
4. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Б. И. Петленко: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2017.
5. Энциклопедический словарь по физике/ Сост. В.А.Чуянов.- М.: Педагогика, 1984.-352 с.
6. Немцов, М.В. Электротехника/М. В. Немцов, И. И. Светлаков: Учебное пособие. –Изд.2-е. –Ростов н/Д; Феникс, 2017. -571 с

Лабораторно-практическое занятие №5.

Тема: «Исследовании трехфазной цепи при соединение потребителя треугольником»

Цель работы:

1.Экспериментально проверить соотношения между линейными и фазными величинами в трехфазной цепи при соединении приемников треугольником.
2.Получить практические навыки в соединении приемников треугольником.

Оборудование:

1. Амперметр – 2А.- 6шт.
2. Вольтметр – 250 В.
3. Ламповый резистор.
4. Мультиметр.
5. Соединительные провода.

Краткая теория

При соединении приёмников треугольником конец предыдущей фазы приёмника соединяется с началом последующей. Так, конец фазы А соединяется с началом фазы В, конец фазы В – с началом фазы С, конец фазы С - с началом фазы А. Линейные провода от источника присоединяются к началам фаз приёмника.

При соединении приёмников треугольником различают линейные напряжения $U_Л$ (U_{AB}, U_{Bc}, U_{CA}) – напряжения между линейными проводами и фазные напряжения $U_Ф$ – напряжения на фазах приемника. Так как линейные провода подключены к началу и концу каждой фазы приемника, то линейные напряжения в то же время являются фазными напряжениями, т.е. $U_Л = U_Ф$.

Различают также линейные токи $I_Л$ (I_A, I_B, I_C) – токи в линейных проводах и фазные токи $I_Ф$ (I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}) – токи на фазах приемника.

При симметричной нагрузке фаз системы фазных и линейных токов будут симметричными. Наглядно это хорошо видно на векторной диаграмме (рис. 6.1).

Из векторной диаграммы видно также, что вектора линейных токов отстают по фазе от векторов фазных токов на 30º, т.е. соотношение между линейными и фазными токами при симметричной нагрузке $I_Л = \sqrt{3} \cdot I_Ф$.

При неравномерной нагрузке фаз ($Z_{AB} \neq Z_{BC} \neq ZC_{CA}$) симметрия как фазных, так и линейных токов будет нарушена, т.е. $I_{AB} \neq I_{BC} \neq I_{AC}$ и $I_A \neq I_B \neq I_C$. При этом симметрия напряжений на фазах не нарушается, так как она обеспечивается источником энергии.

Любое изменение сопротивления нагрузки одной из фаз сопровождается изменением тока в этой фазе и токов в двух линейных проводах, между которыми включен приемник с изменяющимся сопротивлением.

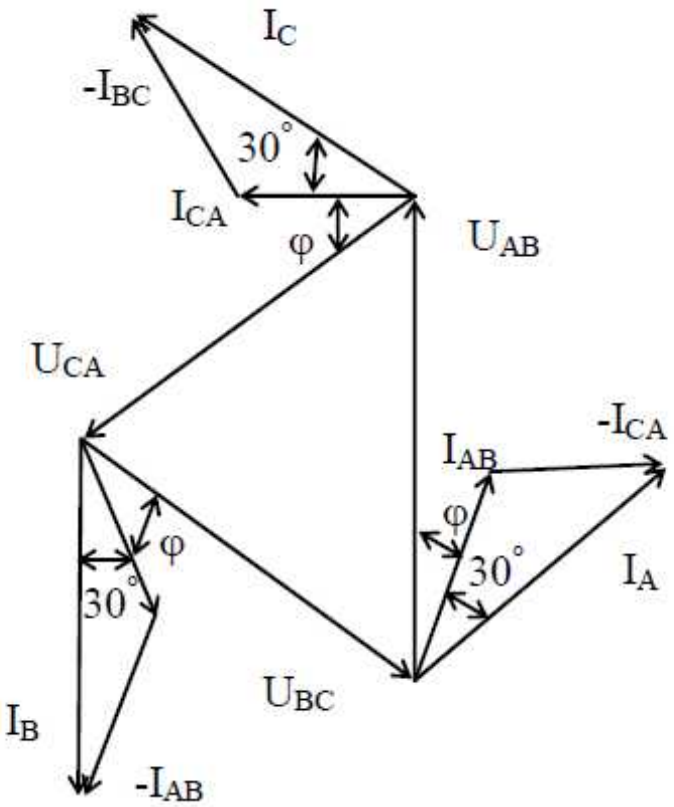

Рис. 6.1. Векторная диаграмма симметричной трехфазной цепи
при соединении приемников электрической энергии треугольником

Равенство $I_Л = \sqrt{3} \cdot I$ при несимметричной нагрузке нарушается.
При обрыве одной из фаз, например C'A' (рис. 6.2), ток в ней станет равным нулю, а режим работы двух других фаз не нарушается, так как на них по-прежнему будет линейное напряжение. Линейный ток I_B увеличится, а линейные токи I_A, I_C уменьшатся и станут равными фазным токам $I_A=I_{AB}$, $I_C= -I_{BC}$.

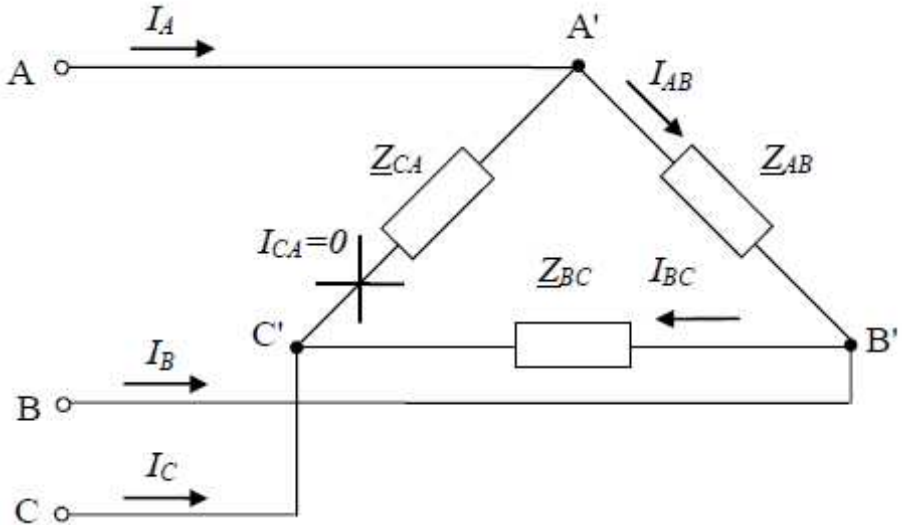

Рис. 6.2. Схема трехфазной цепи при соединении приемников треугольником
и обрыве фазы C'A'

При обрыве одного из линейных проводов, например провода А (рис. 6.3), режим работы фазы (в данном случае В'С'), включенной между исправными проводами, не изменится. Две другие фазы окажутся включенными последовательно на линейное напряжение. Трехфазная цепь превращается в однофазную цепь с двумя параллельными ветвями.

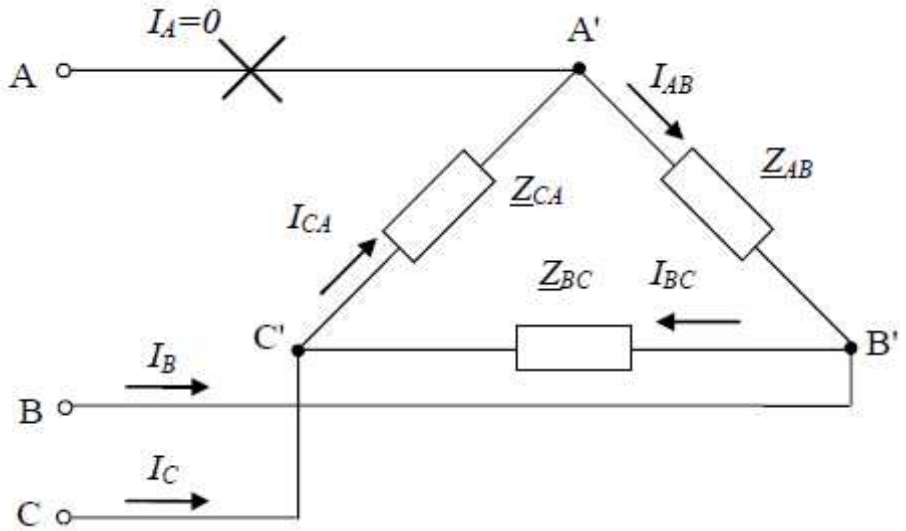

Рис. 6.3. Схема трехфазной цепи при соединении приемников треугольником и обрыве линейного провода А

Если фазы симметричного приемника переключить с треугольника на звезду при неизменном напряжении источника, то напряжение на фазах приемника уменьшатся в√ 3 раз, фазные токи уменьшатся в √3 раз, линейные токи уменьшатся в 3 раза и потребляемая мощность также уменьшится в 3 раза.

Ход работы

Собрать схему (рис. 6.4). В линейные провода включить амперметры на 2 А, а в фазы приёмника – на 1 А.

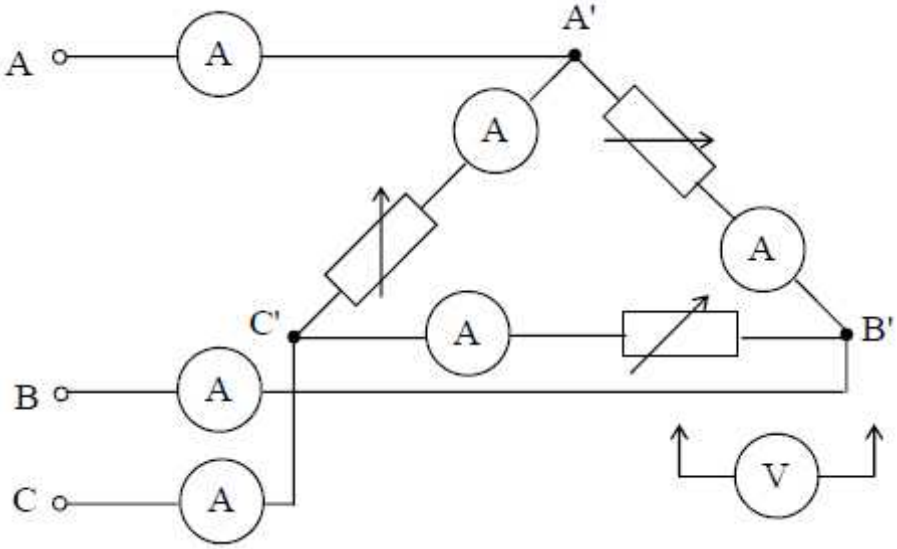

Рис. 6.4. Схема лабораторной работы для исследования трехфазной цепи при соединении приемников треугольником

1.Включить схему. Установить равномерную нагрузку фаз приёмника. Записать в табл. 6.1 показания амперметров. Вольтметром измерить на зажимах лампового резистора фазные и линейные напряжения, показания вольтметра записать в табл. 6.1.
2.Установить неравномерную нагрузку фаз приёмника. Записать в табл.
показания амперметров. Вольтметром измерить на зажимах лампового резистора фазные и линейные напряжения, записать значения в табл. 6.1.
3.Исследовать работу цепи при обрыве одной фазы приемника (C'A'), для чего:
− установить снова равномерную нагрузку фаз приёмника;
− отключить схему;
− отсоединить линейный провод фазы С от щитка питания;
− включить схему, произвести указанные выше измерения и записать в табл. 4 значения фазных и линейных токов, фазных и линейных напряжений.
4.Исследовать работу цепи при обрыве линейного провода, для чего:
− при той же равномерной нагрузке и отсутствии напряжения на схеме замкнуть цепь оборванной фазы и отсоединить от источника питания линейный провод А;
− включить схему, произвести указанные выше измерения.

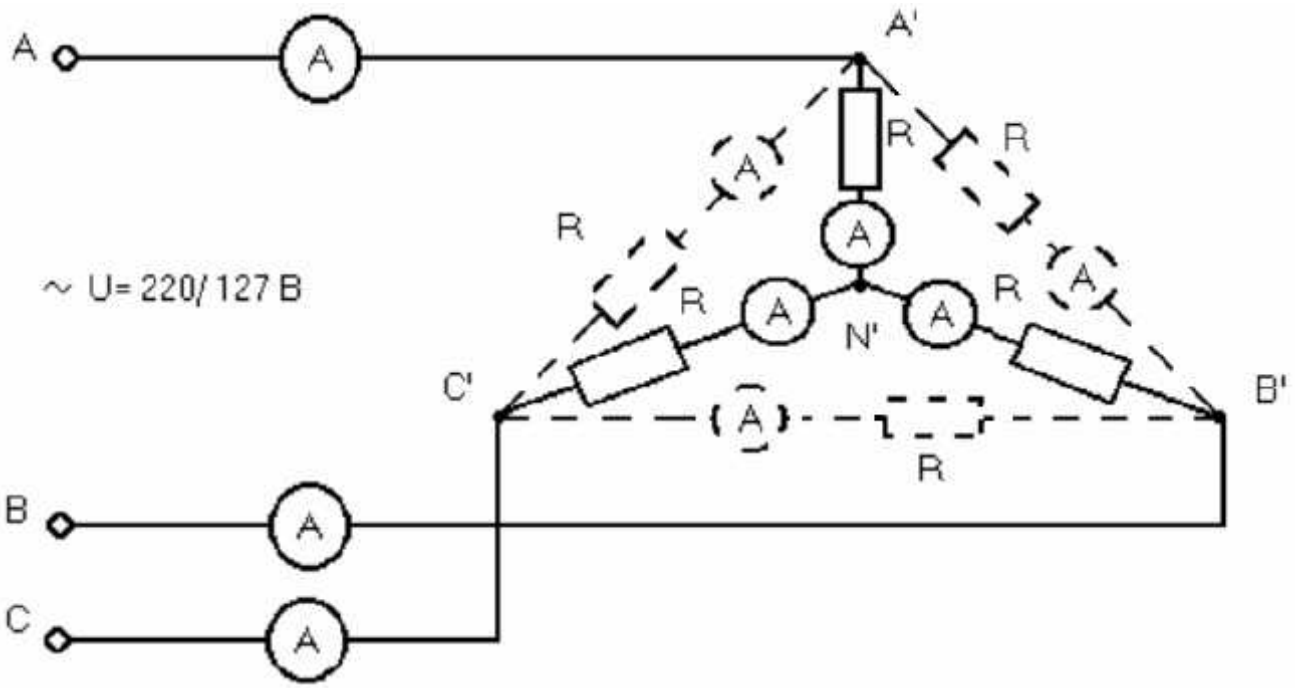

Рис. 6.5. Схема переключения приемников с треугольника на звезду без нулевого провода

5.Исследовать изменение фазных напряжений, фазных и линейных токов при переключении приемников с треугольника на звезду, для чего:
− при снятом напряжении со схемы и той же равномерной нагрузке подсоединить линейный провод А, переключить приемники с треугольника на звезду без нулевого провода (рис. 6.5);
− включить схему под напряжение.
измерить фазные (линейные) токи, фазные и линейные напряжения.
Сравнить их величины для обоих случаев соединения приемников.

6.Отключить схему, результаты измерений показать преподавателю и с его разрешения разобрать схему.

Таблица 6.1

№ п/п	Характер нагрузки и состояние цепи	I_{AB}	I_{BC}	I_{CA}	I_A	I_B	I_C	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}
		А	**А**	**А**	**А**	**А**	**А**	**В**	**В**	**В**
1	Равномерная нагрузка									
2	Неравномерная нагрузка									
3	Обрыв фазы С‘А‘									
4	Обрыв линейного провода А									
5	Переключение на звезду									

Содержание отчёта

1. Перечень и номинальные данные используемой аппаратуры.
2. Электрическая схема (рис. 6.4).
3. Заполненная табл. 6.1.
4. Векторная диаграмма напряжений и токов для случаев 1 и 2 выполненная в масштабе.
5. Выводы по работе с объяснением всех случаев (п. 1, 2, 3, 4, 5).

Контрольные вопросы

1.Каково соотношение между линейными и фазными величинами (напряжениями, токами) в симметричной трехфазной системе при соединении приемника треугольником?
2. Особенность работы цепи при симметричной нагрузке фаз.
3. Что происходит в цепи в случае нарушения равномерности нагрузки фаз?
4. Как изменяются токи и напряжения в цепи при обрыве одной из фаз?
5. Как изменяются токи и напряжения в цепи при обрыве одного из линейных проводов?
6.Как изменяются токи и напряжения в цепи при переключении приемников с треугольника на звезду?

Литература:

1. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю. М. Инькова: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2018.
2. Жаворонков, М.А.. Электротехника и электроника/ М.А.Жаворонков, А.В. Кузин: Учеб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений - М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 400с.
3. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике/ В.М. Прошин: Учеб. пособие для нач. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2017.-192 с.

4. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Б. И. Петленко: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2017.
5. Энциклопедический словарь по физике/ Сост. В.А.Чуянов.- М.: Педагогика, 1984.-352 с.
6. Немцов, М.В. Электротехника/М. В. Немцов, И. И. Светлаков: Учебное пособие. –Изд.2-е. –Ростов н/Д; Феникс, 2017. -571 с

Форма отчета по практическим работам

Отчет по каждой лабораторной работе должен содержать:
1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Оборудование.
4. Таблицы с экспериментальными данными.
5 Принципиальные электрические схемы исследуемых цепей, содержащие эпюры исследуемых сигналов;
6. Сделать вывод.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература:

1. Петленко, Б.И. Электротехника и электроника/Б.И. Петленко, Ю.М. Иньков, А.В. Крашенинников и др.; Под ред. Ю. М. Инькова: Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2018.
2. Немцов М. В., Немцова М. Л. Электротехника и электроника. Учебник для сред. проф. образования.- М.: Изд. центр «Академия», 2017.

Дополнительная литература:

1. Жаворонков, М.А.. Электротехника и электроника/ М.А.Жаворонков, А.В. Кузин: Учеб. Пособие для студентов высш. учеб. заведений - М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 400с.
2. Прошин, В.М. Лабораторно-практические работы по электротехнике/ В.М. Прошин: Учеб. пособие для нач. проф. образования - М.: Издательский центр «Академия», 2017.-192 с.
3. Евдокимов Ф. Е. Общая электротехника. Учебник для СПО- М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 352с.
4. Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Elect*R*on*I*cs Wo*R*kbench: В 2 т./ Под общей ред. Д.И. Панфилова. Т.1: Электротехника.

Образовательные порталы:

1. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.fcior.edu.ru
2. Республиканский мультимедиацентр [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www. rnmc.ru/
3.. http://multiurok.ru/tatnikhca/files/zhurnal-dlia-laboratornykh-rabot-po-eliektrotiekhnikie.html
4. http://multiurok.ru/tatnikhca/files/tiest-po-eliektrotiekhnikie-1-siemiestr.html
5. http://window.edu.ru/catalog/resources?p_rubr=2.2.75.30.7
6. http://electrikpro.ru/met-metod-izm-met-el-izm-zhld.html
7. http://www.kipia.info/bibliotek/elektrotehnika-i-ele..%20/glava-3-elektricheskie-izmereniya-i-priboryi/
8. http://www.toe.stf.mrsu.ru/demoversia/book/index.htm
9. http://www.eltray.com. Мультимедийный курс «В мир электричества как в первый раз».
10. http://www.experiment.edu.ru.

Требования к выполнению лабораторных работ

Методические указания состоят из отдельных заданий, включающих темы дисциплины и предназначены для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов.

В описании каждой лабораторной работы указывается ее целевая направленность, приводятся краткие теоретические сведения, электрические схемы и программа работы, указания к составлению отчета, вопросы и рекомендуемая литература для самоподготовки студентов.

К выполнению лабораторной работы следует готовиться заранее, хорошо изучить теоретический материал и содержание работы. Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо внимательно ознакомиться с используемым электрооборудованием, определить назначение измерительных приборов, их пределы измерения и цену деления, согласно электрической схеме лабораторной установки собрать электрическую цепь и получить разрешение преподавателя на ее подключение к источнику питания.

Лабораторные работы предназначены для углубления и закрепления теоретических знаний, а также приобретения навыков по сборке и наладке электронных схем, измерений в электронных цепях, проведения испытаний электротехнических установок, расчета параметров и характеристик, анализа электронных приборов, оформления результатов испытаний и расчетов.

Предлагаемые лабораторные работы являются двухчасовыми и рассчитаны на выполнение группой студентов в специально оборудованной лаборатории. Целесообразно с точки зрения техники безопасности за каждым стендом закрепить двух учащихся.

Для активизации познавательной деятельности студентов в процессе выполнения лабораторно-практических работ должны широко использоваться демонстрационные макеты, модели, плакаты, планшеты с реальными электронными элементами и устройствами: резисторами, конденсаторами, катушками индуктивности и трансформаторами, диодами, транзисторами, микросхемами, переключателями и кнопками, индикаторами, проводами и кабелями, электродвигателями и генераторами, электро-измерительными приборами.

На первом занятии в лаборатории перед выполнением работы № 1 студенты должны ознакомиться с правилами техники безопасности, а также общими правилами поведения в лаборатории и оформления лабораторных работ, конструктивной и электрической схемой стенда, осуществить пробное включение стенда.

Для выполнения и оформления лабораторных работ каждый студент должен иметь рабочую тетрадь, в которой оформляются протоколы испытаний и отчеты по всем работам, линейку с трафаретами для изображения элементов электрических схем, карандаш и калькулятор.

Основной задачей исследования при проведении лабораторных работ является экспериментальное измерение в электронных цепях, а также исследования электронных приборов. Аналитический расчет показателей и характеристик названных цепей и устройств возможно вести по соответствующей учебной и справочной литературе. В отчете по лабораторной работе студент обязан сделать выводы о соответствии теории и эксперимента, а также объяснить возможные расхождения.

Для подготовки к защите лабораторных работ приводятся контрольные вопросы.

Принципиальные электронные схемы исследуемых цепей и устройств приводятся в тексте каждой лабораторной работы. Перед проведением необходимых по заданию лабораторной работы экспериментов следует смоделировать исследуемую схему в среде EWB. При выполнении практикума каждому студенту задаются индивидуальные исходные данные необходимые для выполнения той или иной лабораторной работы. Распределение индивидуальных исходных данных проводит преподаватель, ведущий лабораторные занятия, либо они выбираются в соответствии со списком группы.

Отчет по каждой лабораторной работе должен содержать:

1) цель работы;

2) принципиальные электрические схемы исследуемых цепей, содержащие эпюры исследуемых сигналов;