

УДК
621.3
Э 454

**МОСКОВСКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
(технический университет)**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ**

*Лабораторно - практические занятия
на стендах с компьютерами*



**Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации**

**МОСКОВСКИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(технический университет)**

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ

**Лабораторно-практические занятия на стендах с компьютерами
по дисциплине
“Электротехника и электроника”**

Под редакцией О. В. Николаевой

**Москва
1997**

Издательство МЭИ

УДК
621.3
Э 454
УДК: 621.3.011.7 + 537.626/076.5)

Утверждено учебным управлением МЭИ

Авторы:

Кузнецов Э.В., Культисов П.С., Николаева О.В., Останин Ю.Я.,
Соколов В.Б., Солодова М.Л., Соломахина И.Н., Соломенцев В. Е.

Рецензент доцент к.т.н. Сильванский И.В.

Подготовлено на кафедре Электротехники и интроскопии.

Сборник содержит руководства к десяти лабораторно-практическим занятиям (ЛПЗ) и предназначен для студентов всех специальностей ЭнМФ, ТЭФ, ПТЭФ, и ЭФФ. Занятия проводятся в лаборатории электрических цепей на универсальных стендах, оборудованных ПЭВМ "Искра -1030". Во введении приведены порядок работы в лаборатории и основные правила электро-безопасности. Во введении даны порядок работы в лаборатории и основные правила электробезопасности.

© Московский энергетический институт, 1997

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторно-практические занятия (ЛПЗ) проводятся в лаборатории электрических и магнитных цепей (ЭМЦ) кафедры электротехники и интроскопии.

В лаборатории студенты приобретают навыки обращения с электротехническими устройствами, учатся выбирать измерительные приборы и определять их место включения, собирать электрические цепи и грамотно проводить эксперимент. Все студенты во время каждого лабораторно-практического занятия работают на персональных ЭВМ.

Порядок работы в лаборатории ЭМЦ

1. Студенческая группа разбивается на 8 бригад по 2-3 человека в бригаде. Номер бригады соответствует номеру стенда и сохраняется в течение всего семестра.

2. Каждое ЛПЗ состоит из нескольких обязательных частей:

а) подготовка к занятию (изучение теоретических положений дисциплины по учебнику и конспекту лекций, решение рекомендованных задач);

б) сдача коллоквиума, получение допуска к работе;

в) решение одной или нескольких задач на ПЭВМ - расчетная часть задания;

г) выполнение эксперимента, подтверждающего, уточняющего или дополняющего расчет, контроль результатов экспериментов на ПЭВМ;

д) обсуждение результатов ЛПЗ, формулирование выводов.

3. Программа ЛПЗ может быть выполнена за 2 часа только при условии тщательной предварительной подготовки. Каждый студент должен составить протокол, который служит основным документом при допуске к занятию. Сдача коллоквиума производится на ПЭВМ и по его результатам проставляется оценка.

4. После сдачи коллоквиума студенты приступают к рабочему заданию, за выполнение которого также проставляется оценка. Итоговая оценка переносится в журнал.

5. По окончании эксперимента студенты, не разбирая схему и не выключая ПЭВМ, предъявляют результаты преподавателю, который отмечает выполнение занятия в журнале и в протоколе.

6. Защиты ЛПЗ проводятся по разделам: “Цепи постоянного тока”, “Однофазные цепи синусоидального тока” и “Трехфазные цепи”. Защита состоит из трех этапов: сдача отчетов по проделанным ЛПЗ, проверка и оценка домашних задач, приведенных в сборнике [4], решение и оценка двух контрольных задач.

Студент, не сдавший защиты, не допускается к выполнению следующего цикла ЛПЗ.

ВНИМАНИЕ! Многовариантность заданий обеспечивается тем, что числовые данные в задачах рассчитываются по формулам с применением

коэффициентов N и M: N - Ваш порядковый номер по журналу, M - порядковый номер группы.

Правила электробезопасности в лаборатории

Перед началом выполнения работ студенты проходят инструктаж по технике безопасности и расписываются в соответствующем бланке.

Лабораторные установки являются действующими электроустановками и при определенных условиях могут стать источником поражения электрическим током. Установлено, что в теле человека электрический ток при величине 0,05 А опасен, а при 0,1 А смертелен. Напряжение между различными точками тела даже в несколько десятков вольт (40-60 В) может при неблагоприятном стечении обстоятельств вызвать поражение электрическим током. Прежде, чем приступить к соединению устройств, расположенных на стендах, убедитесь, что источники питания отключены (сигнальная лампа не горит), а ручки регулирования напряжения источников питания установлены в позиции “нуль”.

Категорически воспрещается:

- 1) включать источники питания без разрешения преподавателя;
- 2) пользоваться проводами без наконечников;
- 3) прикасаться к неизолированным токоведущим частям стенда;
- 4) оставлять без надзора включенный стенд;
- 5) разбирать цепи и производить переключения под напряжением.

Описание лабораторного стенда

Все лабораторные работы выполняются на одном универсальном стенде, состоящем из двух секций: электрических цепей (ЭЦ) и электрических машин (ЭМ).

Лицевая часть секции электрических цепей состоит из восьми панелей. Все элементы, установленные на панелях (резисторы, конденсаторы, диоды, индуктивные катушки и пр.), имеют стандартное графическое обозначение и подсоединены к соответствующим гнездам. На столе секции электрических цепей размещен пульт источников питания. На пульте имеются вольтметры постоянного и переменного токов с пределом 0 - 250 В, кнопка включения общего питания секции, кнопки включения регулируемых источников постоянного и переменного токов, кнопка включения низковольтного стабилизированного источника питания, сигнальные лампы. В нижней части пульта расположены гнезда для питания цепей постоянного и переменного токов, а также трехфазных цепей. В центре пульта расположена ручка регулировки напряжения питания. Под откидным столом секции ЭЦ установлен автоматический выключатель, обеспечивающий защиту от перегрузок и коротких замыканий всей секции, включение и отключение секции стенда от сети.

На стенде дополнительно может быть установлено следующее оборудование:

1. Генератор сигналов ГЗ-102;

2. Измерительный комплект К540;
3. Осциллограф С1-418;
4. Вольтметр универсальный цифровой В7-38.

На лабораторном стенде установлена ПЭВМ “Искра-1030” со специальными учебными программами.

ПЭВМ включается в сеть общим рубильником стенда и тумблером на задней стенке системного блока. После включения в течение нескольких минут осуществляется автоматическое тестирование ПЭВМ и загрузка операционной системы DOS 5.0, а также запуск программы - оболочки Norton Commander.

После этого необходимо запустить соответствующую учебную программу (по указанию преподавателя).

Работа учебной программы начинается с титульного кадра, на котором выводятся тема занятия и запрос номеров группы и бригады студентов. Ввод каждого из данных необходимо завершать нажатием клавиши <Enter>¹.

На втором кадре программы выводится содержание занятия. Этот список является одновременно главным меню программы. Клавишами перемещения курсора <↑> и <↓> можно выбрать необходимую строчку, при этом на экране перемещается указатель - символ Указатель устанавливается только на разрешенных позициях, которые отмечены символом "□" Для перехода к следующему кадру необходимо нажать на клавишу <PgDn>. Возврат на предыдущий кадр достигается клавишей <PgUp>. При использовании только этих клавиш достигается последовательное движение по всем кадрам.

Для простых вычислений нажатием функциональной клавиши <F3> можно вызвать встроенный в программу калькулятор с комплексными числами и памятью. Возврат из калькулятора к основной программе достигается клавишей <ESC>. Справка при работе с калькулятором вызывается клавишей <F1>.

Результаты вычислений и ответы проверяются ПЭВМ. Для этого следует ввести число в соответствующей строке после знака “?”. Ввод чисел необходимо завершать клавишей <Enter>. До нажатия <Enter> число можно редактировать обычным способом. После нажатия <Enter> можно исправить число путем нового ввода. Для контроля числового значения необходимо нажать клавишу <F10>. После проверки на экране появится соответствующий комментарий по качеству результата.

Занятие завершается выводом на экран (и в файл) полного протокола с результатами занятия. По завершении работы кадры протокола следует предъявить преподавателю.

Работа с учебной программой завершается нажатием клавиши <F3>.

Во избежание порчи программ просим не допускать несанкционированных действий с программным обеспечением.

Студентам запрещается использовать дисковод для дискеты!

¹ Справка об управляющих клавишах вызывается нажатием клавиши <F1>.

Примечания

S. Клавиши ПЭВМ “Искра - 1030” имеют надписи, которые отличаются от общепринятых. Ниже приведена таблица соответствия для используемых клавиш.

Enter	Del	BackSpace	Home	End	PdDn	PgUp	Ctrl	Insert
↵	→←	←	(7) ↙	(1) →	(9) ↑	(3) ↓	CTR	(0) ↔

Здесь цифры в скобках - знаки на дополнительной цифровой клавиатуре.

2. Дополнительная цифровая клавиатура используется для управления при негорящей сигнальной лампе NLK.

3. Переключение регистров (“русский” или “латинский”) производится клавишей <P/L>. Лампа горит на “русском” регистре.

Лабораторно-практическое занятие №1

ВОЛЬТ-АМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ И ПРИЕМНИКОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА И ИХ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

I. Цель занятия

Изучение экспериментальных методов определения параметров схем замещения источников и приемников в цепи постоянного тока. Получение навыков правильного выбора измерительных приборов, проведения эксперимента и оценки погрешностей измерений.

Характеристики и схемы замещения источников и приемников электрической энергии. Краткая справка по изучаемой теме

Основными характеристиками элементов электрических цепей являются зависимости тока элемента от напряжения $I(U)$. Такие зависимости называют вольт-амперными характеристиками (ВАХ).

Различают активные и пассивные элементы. Активные элементы характеризуются значениями ЭДС E и внутреннего сопротивления $R_{вт}$. Они могут быть источниками или приемниками электрической энергии. Пассивными называют элементы, которые не имеют ЭДС и характеризуются только сопротивлением R . Они могут служить только приемниками электрической энергии.

ВАХ пассивного элемента- линия, проходящая через начало координат. При напряжении $U = 0$ ток $I = 0$. Элемент называют линейным, если его электрическое сопротивление $R = U/I$ и электрическая проводимость

$G = 1/R = I/U$ не зависят от тока. ВАХ линейного элемента $I = U/R = G \cdot U$ —

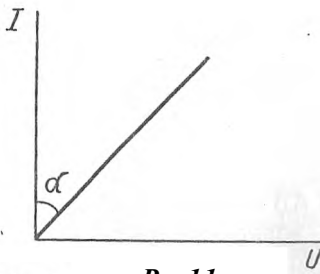


Рис. 1.1

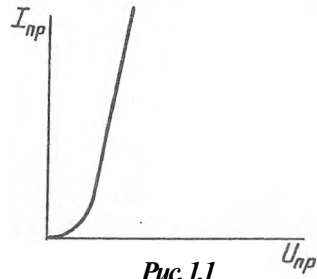


Рис. 1.1

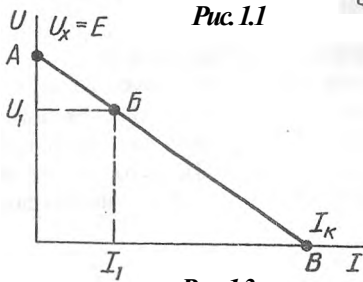


Рис. 1.3

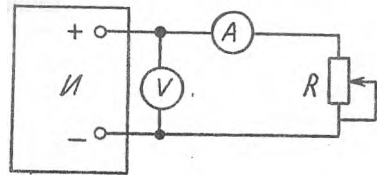


Рис. 1.4

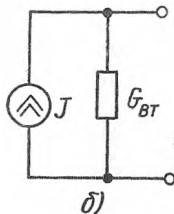
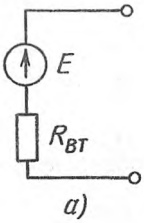


Рис. 1.5

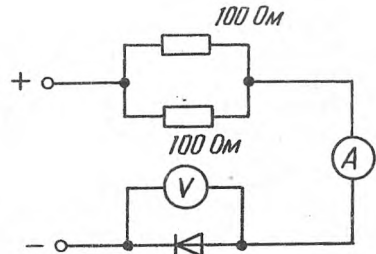


Рис. 1.7

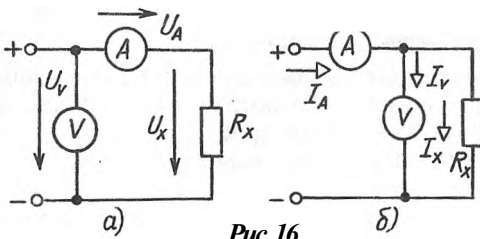


Рис. 1.6

прямая линия, угол наклона а которой пропорционален сопротивлению R (рис. 1.1). ВАХ нелинейного элемента диода подобна кривой на рис. 1.2.

ВАХ активного элемента в режиме источника электрической энергии называется в н е ш н е й характеристикой. Линейным называют источник, который характеризуется постоянными ЭДС E и внутренним сопротивлением $R_{вт}$, и имеет внешнюю характеристику

$$U = E - R_{вт} \cdot I.$$

ВАХ такого источника - прямая линия АВ (рис. 1.3). ВАХ источников и приемников снимаются методом амперметра - вольтметра (рис. 1.4).

Для источника проводятся два опыта: холостого хода (ХХ) и нагрузки. Режим ХХ соответствует отсутствию тока в источнике ($I=0$) и осуществляется отключением приемника от источника. Напряжение источника в этом режиме равно его ЭДС E ($U_x = E$). На рис. 1.3 этому режиму соответствует точка А. В режиме нагрузки измеряют ток I_1 и напряжение U_1 (точка Б). Внешнюю характеристику получают, проводя прямую линию через точки А и Б. В точке В достигается режим короткого замыкания источника (КЗ). Этот режим для источников напряжения обычно з а п р е щ е н , так как ток I_k значительно превышает номинальный ток источника $I_{ном}$.

По результатам измерений определяют параметры схем замещения источника. Последовательная схема замещения (рис. 1.5а) содержит идеальный источник ЭДС E и резистивный элемент $r_{вт}$. ЭДС E = U_x не зависит от тока. Внутреннее сопротивление $R_{вт} = (E - U_1)/I_1$.

Параллельная схема замещения (рис. 1.5б) имеет идеальный источник тока J и резистивный элемент $G_{вт}$. Ток источника $J = E/R_{вт}$, проводимость $G_{вт} = 1/R_{вт}$.

Схема замещения приемника содержит резистивный элемент R или G. Значения сопротивления и проводимости определяются по соотношениям $R = U_1/I_1$ и $G = 1/R$.

При проведении опыта нагрузки важно, чтобы ток резистора I_1 не превышал допустимого значения $I_{доп}$, определенного паспортным параметром резистора - номинальной мощностью.

Метод амперметра - вольтметра

Метод амперметра-вольтметра является наиболее простым косвенным методом измерения малых и средних сопротивлений. Измерение сопротивлений этим методом проводят по схемам (рис. 1.6а или рис. 1.6б). Зная показания приборов, сопротивление R_x рассчитывают по формуле $R_x = U_v/I_A$.

Выбор одной из этих схем связан с соотношением величин измеряемого сопротивления и внутренних сопротивлений приборов. Если измеряемое сопротивление относится к классу средних (от 1 до $10^5 \Omega$), то измерения производят по схеме (рис. 1.6а). При условии, что сопротивление амперметра R_A значительно меньше сопротивления R_x , напряжение U_v , измеренное вольтметром, близко по величине к напряжению U_x на резисторе R_x

($U_v = U_A + U_x \approx U_x$). По схеме (рис. 1.6а) снимают линейную ВАХ переменного резистора ($R \approx 150 \text{ Ом}$, $P = 50 \text{ Вт}$) и внешнюю характеристику источника питания стенда, эта схема эквивалентна схеме (рис. 1.4).

Измерение малых сопротивлений ($R < 1 \text{ Ом}$) проводят по схеме (рис. 1.6б). При этом, поскольку $R_x \ll R_v$, то ток I_a , измеряемый амперметром, близок по величине к току I_x в резисторе R_x ($I_a = I_v + I_x \approx I_x$) и погрешность измерения невелика. По этой схеме снимают прямую ветвь ВАХ диода. Заметим, что так как напряжение на диоде $U_{пр}$ составляют (0,6-0,7) В, то в схему (рис. 1.6б) необходимо включить ограничивающий резистор. На панели № 6 установлены резисторы $R = 100 \text{ Ом}$ мощностью $P = 50 \text{ Вт}$ и, следовательно, их допустимый ток не превышает

$I_{доп} = \sqrt{P/R} = \sqrt{50/100} \approx 0,7 \text{ А}$. Так как прямой ток диода $I_{прдоп} = 1 \text{ А}$, то вместо одного ограничивающего резистора необходимо включить два параллельно включенных резистора (рис. 1.7).

2. Подготовка к занятию

2.1. Прочитать материал введения, усвоить порядок работы в лаборатории, а также правила электробезопасности.

2.2. Изучить краткую справку по теме, а также [1, § 1.2; 1.3].

3. Рабочее задание

3.1. Установить заданное на экране ПЭВМ сопротивление переменного резистора, измеряя его с помощью цифрового омметра. Рассчитать допустимый ток резистора.

3.2. Собрать цепь по схеме (рис. 1.4). Снять и построить вольт-амперные характеристики источника постоянного тока и приемника (переменного резистора).

3.3. Рассчитать параметры схем замещения источника и приемника.

3.4. Рассчитать погрешность измерения сопротивления резистора методом амперметра-вольтметра.

3.5. Снять и построить прямую ветвь ВАХ диода по схеме (рис. 1.7).

Лабораторно-практическое занятие № 2

МЕТОД ЭКВИВАЛЕНТНОГО АКТИВНОГО ДВУХПОЛЮСНИКА

1. Цель занятия

Изучение расчетного и экспериментального методов определения параметров схемы замещения эквивалентного активного двухполюсника (АД) в цепях постоянного тока.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить метод эквивалентного активного двухполюсника и режимы работы источников постоянного тока [1, § 1.4; 1.12].

2.2. Решить задачу. Используя метод эквивалентного АД, рассчитать параметры $E_{\text{эк}}$ и $R_{\text{эк}}$ его последовательной схемы замещения относительно точек “а” и “в” для одной из схем (рис. 2.1), соответствующей номеру Вашей бригады. Сопротивление всех резисторов $R = 100 \text{ Ом}$, ЭДС источника $E = (90 + 5M) \text{ В}$, где M - номер Вашей группы.

2.3. Рассчитать ток I , напряжение U и мощность P переменного резистора R для трех режимов работы АД: а) холостой ход; б) короткое замыкание; в) согласованный режим.

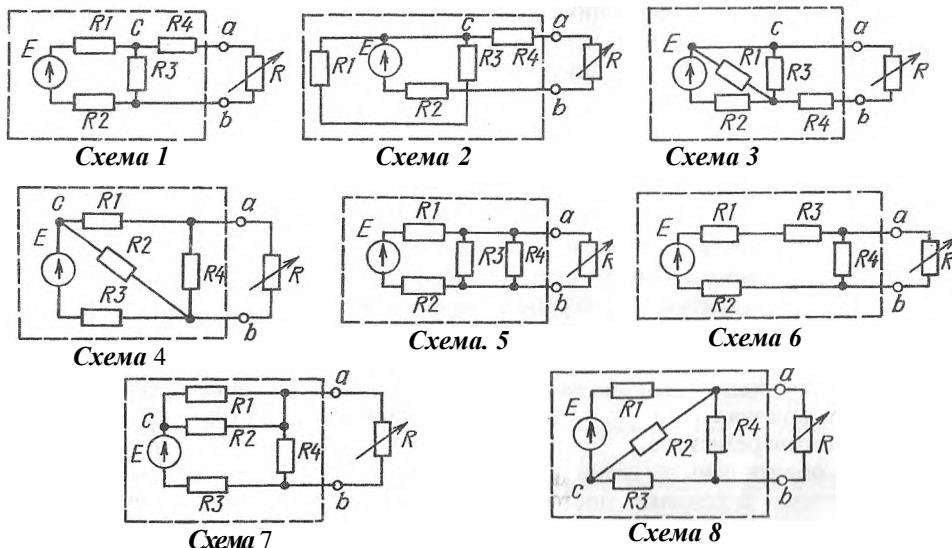


Рис. 2.1

3. Рабочее задание

3.1. Собрать цепь по заданной Вашей бригаде схеме, включив амперметр и вольтметр для измерения тока и напряжения ветви “ав”.

3.2. Определить параметры $E_{\text{эк}}$ и $R_{\text{эк}}$ эквивалентного АД, используя опыты XX и КЗ.

3.3. Изменяя сопротивление R переменного резистора, снять зависимость $U(I)$. Рассчитать значения сопротивления R и мощности P . Построить зависимости $U(R)$, $I(R)$ и $P(R)$.

3.4. Определить сопротивление резистора R , при котором его мощность максимальна. Сравнить это значение с $R_{\text{эк}}$.

4. Методические указания

4.1. ЛПЗ выполняется на панели № 6.

4.2. Для определения параметров Еэк и Rэк эквивалентного АД проводят опыты ХХ и КЗ. Для этого вначале размыкают ветвь “ав” ($I=0$) и записывают показание вольтметра, при этом $E_{эк} = U_x$. Затем замыкают накоротко переменный резистор R и измеряют ток короткого замыкания I_k в ветви “ав”. Pэк определяют по формуле $R_{эк} = E_{эк}/I_{эк}$.

4.3. Согласованный режим (режим максимальной мощности в нагрузке) наступает в цепи при условии равенства сопротивления нагрузки и внутреннего сопротивления эквивалентного АД ($R = R_{эк}$). Поэтому для достижения этого режима при $R_{эк} > 150 \text{ Ом}$ включите в качестве нагрузки два переменных резистора, соединенных последовательно.

Лабораторно-практическое занятие № 3

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

1. Цель занятия

Изучение свойств электрической цепи при последовательном соединении элементов в цепи синусоидального тока. Определение параметров схемы замещения индуктивной катушки. Изучение режима резонанса напряжений.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить тему “Последовательное соединение элементов в цепи синусоидального тока” [1, § 2.9; 2.12].

2.2. Решить задачу. К источнику электрической энергии с напряжением $U=10[(N+M)] \text{ В}$ (N - Ваш порядковый номер по журналу, M - номер группы) частотой $f = 50 \text{ Гц}$ подключены последовательно элементы с параметрами $R = (10N) \text{ Ом}$, $L = (0,3 N) \text{ Гн}$ и $C = [30/(N - 1)] \text{ мкФ}$. Рассчитать индуктивное X_L , емкостное X_C и полное Z сопротивление цепи, ток I , $\cos\phi$, мощности P , Q и S . Построить в масштабе векторную диаграмму тока и напряжений.

2.3. Начертить схемы для определения параметров индуктивной катушки методом амперметра, вольтметра и ваттметра и резонансным методом.

2.4. Записать формулы для расчета параметров R и L индуктивной катушки обоими методами.

3. Рабочее задание

3.1. Определить параметры R и L индуктивной катушки методом амперметра, вольтметра и ваттметра (рис. 3.1). Значение тока в катушке не должно превышать 1 А.

3.2. При последовательном соединении индуктивной катушки и конденсатора рассчитать в режиме резонанса напряжений значения:

- а) резонансной емкости $C_{рез}$;
- б) тока $I_{рез}$;
- в) напряжений на конденсаторе $U_{срез}$ и катушке $U_{крез}$;

г) активной мощности $P_{рез}$.

Напряжение питания выбрать в пределах $U = 7-12$ В.

3.3. Включить последовательно с индуктивной катушкой батарею конденсаторов. Установить заданное напряжение. Изменяя емкость батареи конденсаторов, получить режим резонанса напряжений. Измерить значения резонансного тока, активной мощности напряжений на конденсаторе и катушке и сравнить их с расчетными.

3.4. Рассчитать параметры R и L катушки резонансным методом.

3.5. Снять и построить на одном чертеже зависимости $I(C)$, $U_C(C)$, $U_L(C)$, $P(C)$. Рассчитать и построить зависимость $\cos\phi(C)$.

3.6. Построить векторные диаграммы для трех значений емкости: $C = C_{рез}$, $C < C_{рез}$ и $C > C_{рез}$.

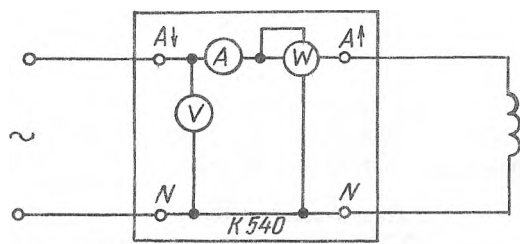


Рис. 3.1

4. Методические указания

4.1. ЛПЗ проводится на панели № 4.

4.2. Ток, активная мощность и напряжение источника питания измеряются амперметром, ваттметром и вольтметром измерительного комплекта К540. При этом зажим “земля” стенда должен быть соединен с зажимом “земля” комплекта, клеммы источника соединить с клеммами $A\downarrow$ и N комплекта, индуктивную катушку подключить к клеммам $A\uparrow$ и N комплекта. Перед включением источника питания установить штырь в предел измерения по току на 1 А и нажать клавишу 75 В, тогда согласно таблице, приведенной на приборе, цена деления амперметра $C_A = 0,01$ А/дел, вольтметра $C_V = 0,5$ В/дел, ваттметра $C_W = 0,5$ Вт/дел. Нажать кнопку $U_{\phi}\downarrow$.

4.3. Измерение напряжений на конденсаторе и катушке следует производить цифровым вольтметром. Предел амперметра менять не рекомендуется.

4.4. Резонанс напряжений возникает, когда компенсируются разнородные реактивные сопротивления цепи $(X_L - X_C) = 0$, при этом полное сопротивление уменьшается и становится равным R , а ток увеличивается до максимального значения $I_{рез} = U/R$. Индуктивная катушка на частоте 50 Гц, кроме большого

индуктивного X_L , имеет активное сопротивление R . Поэтому определять X_L делением напряжения на катушке U_k на ток I неверно. Заметим что при резонансе, если X_L значительно больше R , напряжения на реактивных элементах много больше, чем входное.

Лабораторно-практическое занятие № 4

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ВЕТВЕЙ В ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

1. Цель занятия

Изучение свойств цепи с параллельным соединением ветвей, режима резонанса токов в параллельном колебательном контуре и изучение возможности улучшения коэффициента мощности цепи с помощью конденсаторов.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить тему “Параллельное соединение ветвей в цепи синусоидального тока”, обратив особое внимание на возможность улучшения коэффициента мощности с помощью конденсаторов [1, § 2.10; 2.13].

2.2. Решить задачу. К источнику электрической энергии с напряжением $U=10[(N+M)]$ В (N - Ваш порядковый номер по журналу, M - номер группы) частотой $f = 50$ Гц подключены параллельно соединенные индуктивная катушка и конденсатор. Параметры катушки: $R = 100$ Ом, $L = (0,3 N)$ Гн, емкость конденсатора $C = (30 / N)$ мкФ. Рассчитать токи, а также коэффициенты мощности индуктивной катушки и всей цепи. Убедиться, что подключение конденсатора привело к повышению коэффициента мощности.

2.3. Начертить схему с параллельным соединением индуктивной катушки и конденсатора, предусмотрев приборы для измерения трех токов, напряжения и активной мощности цепи.

3. Рабочее задание

3.1. Собрать цепь с параллельным соединением индуктивной катушки и батареи конденсаторов. Установить напряжение источника питания $U = 30-60$ В.

3.2. При отключенной батарее конденсаторов записать показания приборов и вычислить коэффициент мощности индуктивной катушки.

3.3. Рассчитать значение емкости конденсатора $C_{рез}$, при которой в цепи наступит режим резонанса токов.

3.4. Установить рассчитанное значение резонансной емкости, убедиться, что в цепи наступил резонанс токов.

3.5. Изменяя емкость батареи конденсаторов, снять и построить зависимости $I(C)$, $I_C(C)$, $I_L(C)$, $P(C)$. Рассчитать и построить зависимость $\cos\varphi(C)$.

помощью измерительного комплекта К540, линейные напряжения измеряются цифровым вольтметром.

4.3. Так как каждая фаза приемника включается на нерегулируемое напряжение источника 230 В, то для того, чтобы токи в фазах не превышали допустимого значения, необходимо в каждую фазу включить последовательно два резистора по 100 Ом и один регулируемый резистор 150 Ом, тогда фазные токи будут изменяться в пределах (0,65-1) А.

4.4. Вольтметр, встроенный в измерительный комплект К540, измеряет фазное напряжение источника питания; оно, как известно, в $\sqrt{3}$ раз меньше линейного, измеряемого цифровым вольтметром.

Лабораторно-практическое занятие № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ СОЕДИНЕНИИ ПРИЕМНИКОВ ЗВЕЗДОЙ

1. Цель занятия

Изучение особенностей режимов работы трехфазных цепей при симметричной и несимметричной нагрузках и установление связи между линейными и фазными токами и напряжениями.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить раздел “Трехфазные цепи”, обратив внимание на особенности соединений симметричных и несимметричных приемников звездой [1, § 3.5].

2.2. Решить задачу. Три однофазных приемника соединены звездой и включены в трехпроводную сеть. Комплексные сопротивления приемников (в омах) $Z_{\phi} = [N+j(N-10)]$, линейное напряжение источника $U = [10(N+M)]$ В. Рассчитать напряжения и токи в фазах. Построить векторную диаграмму.

2.3. Начертить схему четырехпроводной цепи с резистивными приемниками и амперметрами для измерения токов.

3. Рабочее задание

3.1. Измерить линейные и фазные напряжения трехфазного источника. Убедиться, что линейные напряжения больше фазных в $\sqrt{3}$ раз.

3.2. Собрать схему четырехпроводной звезды с резистивными приемниками и амперметрами для измерения токов. Убедиться, что изменение тока в одной фазе не приводит к изменению токов в других фазах.

Измерить фазные токи и напряжения и ток в нейтральном проводе при:

- а) симметричной нагрузке фаз;
- б) увеличении (уменьшении) тока в одной из фаз.

Восстановить симметричную нагрузку фаз.

3.3. Рассчитать фазные напряжения и токи при обрыве указанного линейного провода. Подтвердить экспериментом правильность расчета.

3.4. Восстановить оборванный провод. Убедиться, что при отсутствии нейтрального провода изменение тока в одной фазе приводит к изменению токов в других фазах.

3.5. Снова установить симметричную нагрузку. Рассчитать фазные напряжения и токи при обрыве указанного линейного провода в трехпроводной звезде. Подтвердить экспериментом правильность расчета.

3.6. По результатам экспериментов построить в масштабе векторные диаграммы напряжений и токов.

3.7. Сделать письменный вывод о возможности включения в трех- и четырехпроводную сеть симметричных и несимметричных приемников.

4. Методические указания

4.1. ЛПЗ проводится на панели № 2.

4.2. В каждую фазу приемника включается последовательно два резистора по 100 Ом и регулируемый резистор 150 Ом. В этом случае фазный ток не будет превышать 1 А.

4.3. Фазные токи измеряются амперметрами с пределами измерения 1 А, фазные напряжения - цифровым вольтметром.

Лабораторно-практическое занятие № 7

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

1. Цель занятия

Исследование переходных процессов в электрических цепях первого и второго порядков и определение параметров цепи по осциллограммам напряжений на ее элементах.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить раздел “Переходные процессы в электрических цепях” [1, гл. 4].

2.2. Записать аналитические выражения для переходных тока и напряжений на резисторе и конденсаторе при последовательном их соединении и подключении к источнику постоянного напряжения. Предложить способы определения постоянной времени цепи по осциллограмме переходного напряжения на конденсаторе.

2.3. Для случая колебательного переходного процесса в последовательной RLC-цепи записать аналитические выражения, связывающие частоту свободных колебаний и коэффициент затухания с параметрами R, L и C цепи. Получить формулу для определения коэффициента затухания по значениям амплитуд двух следующих друг за другом колебаний. Записать выражение для критического сопротивления цепи, при котором переходной процесс будет предельным апериодическим.

3. Рабочее задание

3.1. Подключить экспериментальную установку (схема на рис. 7.1) к стабилизированному источнику постоянного напряжения $U = 12\text{ В}$. Кнопка переключателя Π_2 должна находиться в отжатом положении.

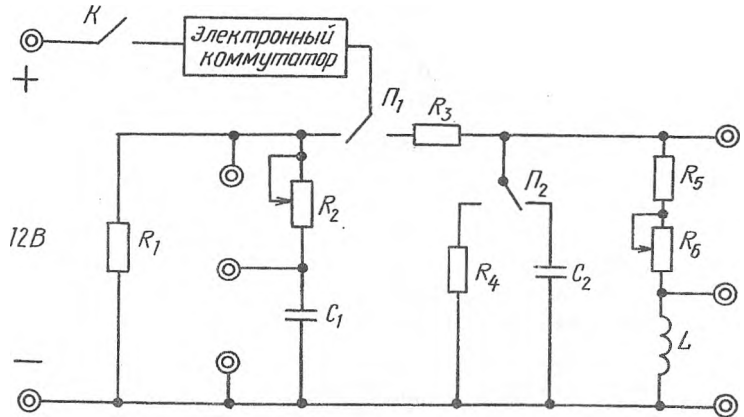


Рис 7.1

3.2. Включить электронный коммутатор (ЭК). С помощью осциллографа измерить амплитуду и период прямоугольных импульсов напряжения на выходе ЭК.

3.3. Подключить к ЭК цепь, состоящую из конденсатора C_1 и резистора R_2 (кнопка Π_1 - в отжатом положении). Регулировкой сопротивления резистора R_2 получить переходный процесс, заканчивающийся за время менее половины периода прямоугольных импульсов источника.

Зарисовать кривые напряжений на конденсаторе и резисторе с указанием масштабов по осям напряжения и времени. По осциллограммам определить постоянную времени цепи и рассчитать величину сопротивления R_2 , считая емкость конденсатора C_1 известной (указана на стенде). Включив ЭК, измерить сопротивление резистора R_2 мультиметром и сравнить с рассчитанным.

3.4. Подключить к ЭК цепь, состоящую из резисторов R_5 и R_6 , катушки L и конденсатора C_2 (кнопка Π_1 - в нажатом положении, питание осуществляется от источника с высоким внутренним сопротивлением). Наблюдая на экране осциллографа за формой кривой напряжения на конденсаторе, отметить характерные ее изменения при регулировании сопротивления резистора R_6 . Получить колебательный переходный процесс, зарисовать кривую напряжения на конденсаторе, указав масштабы по осям напряжения и времени. По осциллограмме определить частоту свободных колебаний и коэффициент

затухания. Рассчитать параметры R и L цепи, считая величину емкости C_2 известной (указана на стенде). Выключив ЭК, измерить мультиметром сопротивления резисторов R_5 и R_6 и сравнить с рассчитанными. Рассчитать значение критического сопротивления.

3.5. Для цепи п. 4 изменением сопротивления резистора R_6 получить предельный апериодический процесс. Измерить сопротивление резисторов R_5 и R_6 и сравнить его с критическим сопротивлением, рассчитанным в п. 4.

4. Методические указания

4.1. ЛПЗ проводится на панели № 7.

4.2. Работа осциллографа осуществляется в режиме внешней синхронизации. Синхронизирующий сигнал снимается с гнезда “СИНХР” на панели стенда.

Вход вертикального усилителя осциллографа должен быть закрытым (кнопку “~/=“ устанавливают в положение “~/“

4.3. Для получения удовлетворительной точности отсчета по экрану осциллографа ручками регулировок длительности развертки и чувствительностью, а также ручками перемещения луча по вертикали и горизонтали добиваются максимального использования площади экрана под изображение.

Лабораторно-практическое занятие № 8 ПРОСТЕЙШИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ

1. Цель занятия

Ознакомление со схемами и основными свойствами простейших электрических фильтров различного назначения.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить простейшие электрические фильтры и их амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) [1, § 5.7].

2.2. Нарисовать три, заданные табл. 8.1, схемы и определить значение коэффициента передачи фильтра по напряжению $K_U = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}$ для частоты $f = 0$, $f \rightarrow \infty$ да и частоте f_c , когда емкостное сопротивление X_c равно активному сопротивлению (схемы на рис. 8.1). Если в схемах возможен резонанс, то определить резонансную частоту $f_{\text{рез}}$ и коэффициент K_U при резонансе.

Построить примерный вид характеристик $K_U(f)$ для трех схем. Обосновать возможность применения схем в качестве электрических фильтров.

Таблица 8.1

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
Номера схем (рис. 8.1)	1,3,6		1,3,5		1,3,5		1,3,6	
R, Ом	400	400	300	200	200	400	300	300
C_1 , мкФ	10	20	30	40	30	10	20	40
C_2 , мкФ	10	30	50	100	20	60	70	40

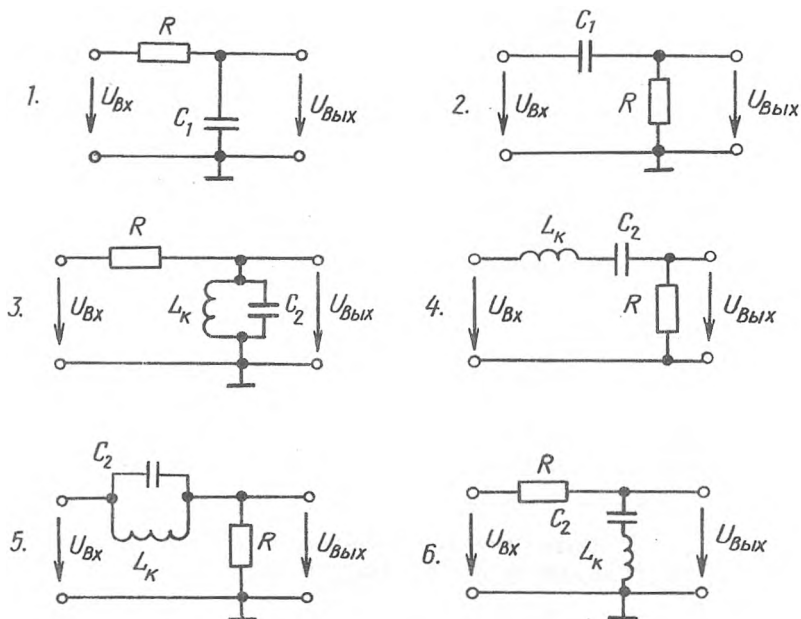


Рис. 8.1

3. Рабочее задание

3.1. Собрать поочередно RC - фильтр, избирательный и заградительный фильтры, заданные в табл. 8.1. Снять и построить АЧХ этих фильтров.

3.2. Зарисовать кривые входных и выходных напряжений при низкой, резонансной и высокой частотах, при синусоидальной и прямоугольной формах входного напряжения.

3.3. Сравнить ожидаемые и полученные АЧХ, сделать выводы.

4. Методические указания

4.1. Для снятия АЧХ входное напряжение подается на исследуемый фильтр от генератора ГЗ-112. Входные и выходные напряжения измеряются вольтметром типа В7-38. Для контроля за формой напряжения на входе или выходе фильтра подключается осциллограф С1-94. Входное напряжение устанавливается в пределах 1-5 В и поддерживается постоянным.

4.2. Значения низких и высоких частот фильтра являются относительными и определяются как значения в 3-5 раз меньше или больше соответствующей характерной частоты $f_{рез}$ или f_c . В зависимости от типа

фильтра синусоидальное напряжение изменяется от входа к выходу по модулю, а прямоугольное - еще и искажается по форме.

Лабораторно-практическое занятие № 9

НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

1. Цель занятия

Изучение принципа действия и основных характеристик неуправляемых выпрямителей при резистивной нагрузке. Исследование влияния фильтров на характеристики выпрямителей.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить раздел “Источники вторичного электропитания” [3, гл. 5].

2.2. Начертить схемы однополупериодного выпрямителя без фильтра и мостового выпрямителя с емкостным фильтром. Нарисовать временные диаграммы напряжений на нагрузочном резисторе для обеих схем.

2.3. Для однополупериодного и мостового выпрямителей без фильтра рассчитать:

- средние значения выпрямленных напряжений $U_{н\text{СР}}$;
- средние значения выпрямленных токов $I_{н\text{СР}}$ при двух крайних положениях движка переменного резистора;
- максимальные обратные напряжения на диоде $U_{\text{ОБР МАХ}}$.

Напряжения на вторичной обмотке трансформатора принять равным $U = 14 \text{ В}$.

2.4. Заготовить три таблицы для записи результатов измерений, снабдив их заголовками, характеризующими опыты.

3. Рабочее задание

3.1. Снять и построить на одном чертеже внешние характеристики $U_{\text{НСР}} = f(I_{\text{НСР}})$ однополупериодного и мостового выпрямителей без фильтров, а также мостового выпрямителя с емкостным фильтром.

Зарисовать осциллограммы напряжений на нагрузочном резисторе при сопротивлении переменного резистора равным 68 Ом.

3.2. Для мостового выпрямителя с емкостным фильтром определить значение коэффициента пульсаций p по методике, изложенной в методических указаниях.

3.3. Исследовать влияние различных фильтров на работу мостового выпрямителя, подключая к выпрямителю:

- а) индуктивный фильтр;
- в) индуктивно-емкостной Г-образный фильтр;
- с) индуктивно-емкостной П - образный фильтр.

Сопротивление переменного резистора принять равным 68 Ом.

4. Методические указания

4.1. ЛПЗ выполняется на панели № 5. Мнемоническая схема установки приведена на панели и рис. 9.1. Для проведения эксперимента следует нажать соответствующие исследуемой схеме кнопки, включить цифровые вольтметр и амперметр для измерения постоянной составляющей измеряемой величины, подключить осциллограф.

4.2. Во всех исследуемых схемах переключатель К1 должен находиться в положении 2 (кнопка утоплена).

При исследовании однополупериодного выпрямителя без фильтра ключи К2, К3, К4 должны быть разомкнуты (отжаты), а для мостового выпрямителя без фильтра К2 и К5 - замкнуты (утоплены), К3 и К4 - разомкнуты (отжаты).

Для подключения нагрузки кнопка К6 должна быть утоплена.

4.3. В установке исследуется чегыре типа фильтров:

- емкостный ($C = 200 \text{ мкФ}$);
- индуктивный;
- Г - образный L - C фильтр;
- П - образный C - L - C фильтр.

Подключение этих фильтров осуществляется с помощью кнопок К3, К4 и К5.

4.4. Коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке $p = U_{M(1)}/U_{HCP}$. Постоянная составляющая напряжения U_{HCP} измеряется электронным вольтметром. Амплитуда переменной составляющей напряжения $U_{MAX(1)}$ определяется приближенно по осциллограмме.

$$U_{MAX(1)} = m_i \cdot \Delta / 2,$$

где m_i - масштаб по вертикали, Δ - расстояние по вертикали (рис. 9.1б).

Измерение $U_{MAX(1)}$ проводить по переменной составляющей, включив тумблер режима работы осциллографа в положение (\sim).

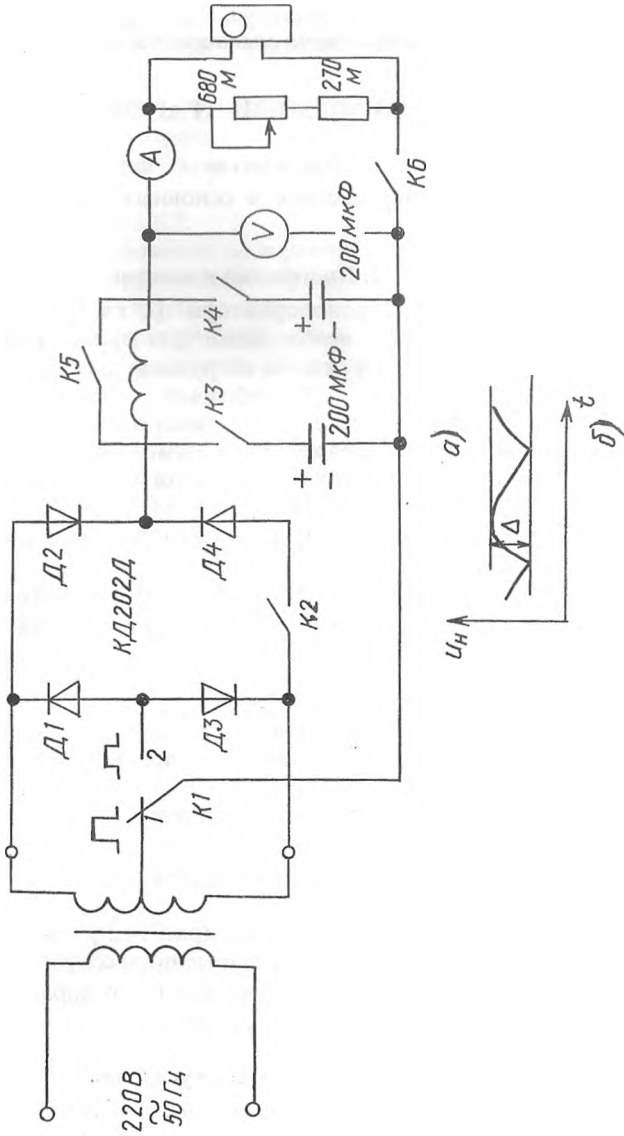


Рис. 9.1

*Лабораторно-практическое занятие № 10***ОДНОФАЗНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР****1. Цель занятия**

Изучение принципа действия и основных характеристик однофазного трансформатора.

2. Подготовка к занятию

2.1. Изучить раздел “Трансформаторы” [2, гл. 1].

2.2. Начертить схемы, необходимые для проведения опытов холостого хода, короткого замыкания и режима нагрузки трансформатора.

2.3. Решить задачу. Однофазный трансформатор мощностью $S_{\text{ном}} = [2(N+M)]$ кВА (N - Ваш порядковый номер по журналу, M - номер группы), номинальным напряжением $U_{\text{ном}} = (100 N)$ В имеет следующие данные опытов холостого хода и короткого замыкания: $P_x = (50N)$ Вт, $I_x = (2N)$ А, $P_k \text{ ном} = (400N)$ Вт, $U_k = (20N)$ В.

Привести Γ - образную схему замещения нагруженного трансформатора с обозначением ее элементов.

Определить параметры Γ - образной схемы замещения.

2.4. Заготовить три таблицы для записи результатов измерений, снабдив их заголовками, характеризующими опыты.

3. Рабочее задание

3.1. Ознакомиться с устройством и паспортными данными однофазного трансформатора. Определить номинальные значения токов первичной I_1 ном и вторичной I_2 ном обмоток.

3.2. Осуществить опыт ХХ и определить параметры Γ - образной схемы замещения R_0, X_0 .

3.3. Осуществить опыт КЗ и определить параметры Γ - образной схемы замещения R_k, X_k .

3.4. Осуществить режим нагрузки (рис. 10.1.), подключив к выходным зажимам трансформатора резистор с переменным сопротивлением.

3.5. Построить на одном чертеже внешнюю характеристику $U_2(I_2)$ и рабочие характеристики $I_1(I_2), \cos\phi_1(I_2)$.

4. Методические указания

4.1. Измерения во всех опытах на первичной обмотке производятся с помощью измерительного комплекта К540, напряжения на вторичной обмотке трансформатора - цифровым вольтметром В7-38А, тока во вторичной обмотке - амперметрами с пределами измерений 1 А или 2 А.

4.2. При проведении опыта ХХ:

- а) установить напряжение на первичной обмотке трансформатора равным номинальному $U_{1НОМ}$ и записать показания $U_{1НОМ}$, $U_{2Х}$, $I_{1К}$, $P_{1Х}$;
- б) по результатам измерений определить коэффициент трансформации n , коэффициент мощности трансформатора при холостом ходе $\cos\varphi_{1Х}$, параметры Γ - образной схемы замещения R_0 , X_0 , Z_0 , магнитные потери $P_{МАГН}$.

4.3. При проведении опыта КЗ:

- а) плавно повышать напряжение на первичной обмотке трансформатора от 0 до величины $U_{1К}$, соответствующей номинальным значениям токов $I_{1К} = I_{1НОМ}$ и $I_{2К} = I_{2НОМ}$;
- б) по результатам измерений при $U_{1К}$, определить коэффициент мощности $\cos\varphi_{1К}$, параметры Γ - образной схемы замещения R_k , X_k , Z_k , электрические потери P эл.

4.4. При проведении режима нагрузки трансформатора:

- а) в качестве нагрузки включить во вторичную обмотку последовательно два резистора сопротивлением по 100 Ом и регулируемый резистор сопротивлением 150 Ом, установленные на панели № 2;
- в) установить и поддерживать на первичной обмотке номинальное напряжение $U_{1НОМ}$ и, изменяя сопротивление резистора произвести 5-6 измерений в диапазоне от $I_2 = 0,1 \cdot I_{2НОМ}$ до $I_2 = (1,1-1,2) \cdot I_{2НОМ}$;
- с) по результатам измерений определить коэффициент нагрузки β и коэффициент мощности $\cos\varphi_1$.

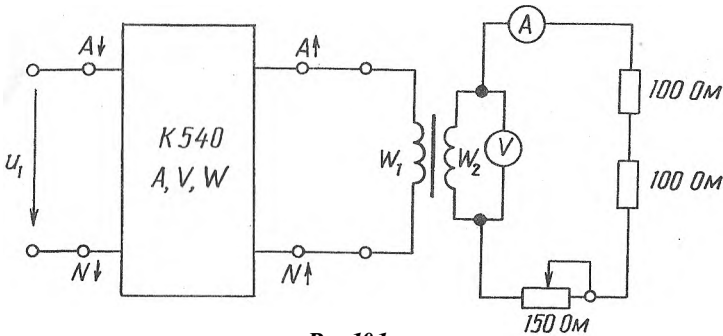


Рис. 10.1

Литература

1. Электротехника и электроника. Кн.1. Электрические и магнитные цепи/ Под ред. В.Г. Герасимова. - М.: Энергоатомиздат, 1996.
2. Электротехника и электроника. Кн. 2. Электромагнитные устройства и электрические машины/Под ред. В.Г. Герасимова. - М.: Энергоатомиздат, 1997.
3. Электротехника и электроника. Кн. 3. Электрические измерения и основы электроники/Под ред. В.Г. Герасимова. - М.: Энергоатомиздат, 1997.
4. Сборник индивидуальных заданий по курсу “Электротехника и электроника”. Линейные электрические цепи/ О.В.Николаева, В.Б.Соколов, В.Е.Соломенцев М.: Издательство МЭИ, 1997

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<i>Лабораторно-практическое занятие № 1</i>	
Вольт-амперные характеристики источников и приемников постоянного тока и их схемы замещения.....	6
<i>Лабораторно-практическое занятие № 2</i>	
Метод эквивалентного активного двухполюсника.....	9
<i>Лабораторно-практическое занятие № 3</i>	
Последовательное соединение элементов в цепи синусоидального тока.....	11
<i>Лабораторно-практическое занятие № 4</i>	
Параллельное соединение ветвей в цепи синусоидального тока	13
<i>Лабораторно-практическое занятие № 5</i>	
Исследование режимов работы трехфазных цепей при соединении приемников треугольником.....	14
<i>Лабораторно-практическое занятие № 6</i>	
Исследование режимов работы трехфазных цепей при соединении приемников звездой.....	16
<i>Лабораторно-практическое занятие № 7</i>	
Переходные процессы в электрических цепях.....	17
<i>Лабораторно-практическое занятие № 8</i>	
Простейшие электрические фильтры.....	19
<i>Лабораторно-практическое занятие № 9</i>	
Неуправляемые выпрямители.....	21
<i>Лабораторно-практическое занятие № 10</i>	
Однофазный трансформатор.....	24
Литература.....	26

Учебно-методическое издание

Кузнецов Э.В., Культиасов П.С., Николаева О.В., Останин Ю.Я.,
Соколов В.Б., Солодова М.Л., Соломахина И.Н., Соломенцев В.Е.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ
Лабораторно-практические занятия на стендах с компьютерами
по дисциплине “Электротехника и электроника”

Редактор О.В.Николаева
Редактор издательства Н.Л. Черныш
ЛР № 020528 от 05.06.97

Темплан издания МЭИ 1997 г., метод.
Подписано к печати 10.10.97
Формат 60x84/16
Печ.л. 1,75
Тираж 1000 Изд. №46

Печать офсетная
Уч. - изд. л. 1,3
Заказ 107

Отпечатано в типографии издательства “Фолиум”
127238, Москва, Дмитровское ш., д.58