

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

по дисциплине "Электротехника, электрические машины и аппараты"  
для студентов специальности Т.03.01  
заочной формы обучения

Брест 2000

Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников спец. Т-03.01 по дисциплине "Электротехника, электрические машины и аппараты" составлены в соответствии с учебными планом и программой.

Составители: А.В. Клопоцкий, доцент, к.т.н.,  
И.М. Панасюк, ст. преподаватель.

Одобрено кафедрой АТПиП " 27 " апреля 2000 г.,  
протокол № 6 .

## Оглавление

Введение.....	4.
Общие указания и требования к выполнению контрольных работ.....	5.
I. Общие указания и требования к выполнению контрольной работы №1.....	6.
I.1.1. Задания к задаче 1.1.....	6.
I.1.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 1.1.....	7.
I.2.1. Задания к задаче 1.2.....	9.
I.2.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 1.2.....	10.
I.3.1. Задания к задаче 1.3.....	12.
I.3.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 1.3.....	12.
II. Общие указания к выполнению контрольной работы № 2.....	14.
II.1.1. Задания к задаче 2.1.....	14.
II.1.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.1.....	15.
II.2.1. Задания к задаче 2.2.....	15.
II.2.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.2.....	16.
II.3.1. Задания к задаче 2.3.....	17.
II.3.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.3.....	18.
III. Приложения.....	19.
III.1. Таблица 1. График выполнения работ.....	19.
III.2. Таблица 2. Программа обзорных лекций.....	20.
III.3. Таблица 3. Перечень лабораторных работ.....	20.
III.4. Таблица 4. Перечень экзаменационных вопросов.....	21.
III.5. Таблица 5. Перечень типовых экзаменационных вопросов.....	23.
III.6. Буквенные обозначения основных электротехнических величин (ГОСТ 1494-77).....	24.
Список рекомендуемой литературы.....	26.

## *Введение*

В данных методических указаниях(МУ) приведены задания для выполнения двух контрольных работ по дисциплине «Электротехника, электрические машины и аппараты», включающей следующие основные разделы:

- Линейные электрические цепи постоянного тока.
- Линейные электрические цепи переменного тока.
- Нелинейные электрические цепи.
- Электрические измерения и приборы .
- Магнитные цепи и электромагнитные устройства.
- Трансформаторы.
- Электрические машины постоянного тока.
- Электрические машины переменного тока.
- Основы электропривода.

Вышеперечисленные программные теоретические разделы являются базовыми для выполнения контрольных и лабораторных работ, а также сдачи зачета и экзамена.

Дисциплина изучается в 7 семестре и базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин: "Физика", "Высшая математика". Содержание курса согласуется с материалом, осваиваемым студентами в рамках дисциплин: "Автоматизация производственных процессов в машиностроении", "Теории автоматического управления технологическими системами", "Станочное оборудование автоматизированного производства", "Металлорежущие станки и промышленные роботы", "Электроника и МПТ".

Во время установочной сессии предусматривается проведение только обзорных лекций(Л). В промежутке между установочной и зачетно-экзаменационной сессиями студенты выполняют две домашние контрольные работы(КР).

КР№1 состоит из трех задач:

Задача 1.1-"Расчет и анализ цепи постоянного тока".

Задача 1.2-"Расчет и анализ однофазной цепи переменного тока".

Задача 1.3-"Расчет и анализ трехфазной цепи переменного тока".

КР№2 состоит из трех задач:

Задача 2.1-"Анализ работы трехфазного трансформатора под нагрузкой".

Задача 2.2-"Анализ работы двигателя постоянного тока параллельного возбуждения".

Задача 2.3-"Анализ работы трехфазного асинхронного двигателя".

В зачетно-экзаменационную сессию выполняются лабораторные работы(ЛР) и проводятся практические занятия.

График проведения занятий приведен в таблице 1 (см. Приложения).

Перечень вопросов, рассматриваемых на Л и составляющих программу дисциплины, а также литература (с указанием страниц), по которой можно изучить эти вопросы самостоятельно и подготовиться к зачету и экзамену, приведены в таблице 2 (см. Приложения).

Перечень ЛР и МУ по их выполнению дан в таблице 3 (см. Приложения).

В названных МУ по выполнению ЛР содержатся требования к самостоятельной подготовке к ЛР, описан порядок ее выполнения и оформления отчета, а также даны контрольные вопросы для ее защиты. Защита ЛР производится путем собеседования с преподавателем на последующих лабораторных и практических занятиях.

Зачет проводится во время последнего практического занятия. Если студент выполнил все ЛР, оформил по ним отчеты, ответил на контрольные вопросы, а также, если ему по результатам собеседования зачтены домашние КР, он получает зачет и допускается к экзамену.

Экзамен проводится в устной форме по билетам. В каждом билете содержится 2 теоретических вопроса и две задачи. Перечень вопросов выносимых на экзамен приводится в таблице 4, а типы задач- в таблице 5 (см. Приложения).

### **Общие указания и требования к выполнению контрольных работ.**

При выполнении КР рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

- 1). КР выполняются в отдельных тетрадях.
- 2). Текст разборчиво записывается на пронумерованных сторонах листов, обратные стороны которых предназначены для внесения студентом дополнений и исправлений допущенных ошибок. Для замечаний преподавателя на каждой странице оставляется справа поле шириной 3см.
- 3). В начале каждой задачи приводятся исходные данные своего варианта задания.
- 4). В решениях, где это требуется, приводятся чертежи, графики, диаграммы и схемы выполненные чертежным инструментом в соответствующих масштабах и соблюдением ГОСТов.
- 5). Решения сопровождать подробными пояснениями и ссылками на используемую литературу.
- 6). Все результаты вычислений записывать с тремя значащими цифрами, указывая единицы измерения расчетных величин.
- 7). При записи формул пользоваться буквенными обозначениями величин и единиц измерения, согласно с ГОСТ 1494-77 (см. приложения 4.6).
- 8). В конце решения задачи приводится таблица результатов расчетов.
- 9). На последней странице указывается список использованной в работе литературы, ставится дата окончания работы и подпись.
- 10). КР выполненная в полном объеме и правильно (без замечаний рецензента) допускается к защите.
- 11). На повторную рецензию не допущенные к защите КР принимаются только при наличии предыдущей рецензии и первоначального варианта работы(с замечаниями рецензента).

**P.S.** *Защита КР осуществляется путем личного собеседования студента с преподавателем.*

## **1. Общие указания к выполнению контрольной работы № 1.**

В начале каждой задачи необходимо приводить исходные данные своего варианта задания. В задачах 1.1 и 1.2 вклеиваются задания-распечатки, подготовленные на ПЭВМ, которые студенты получают у преподавателя во время учебной сессии. В задаче 1.3 приводится таблица исходных данных, составленная по распечатке задания 1.2(см. п.3.2.1.).

Каждый метод расчета сопровождается схемой с указанными на ней направлениями обхода контуров, контурных токов, напряжений и т.д.

В конце задач должны быть приведены таблицы результатов расчетов задания.

В таблице результатов расчетов задачи 1.1 привести значения: токов в ветвях; напряжения  $U_{nk}$ ( $n, k$ -номера точек заданной схемы); суммарную мощность источников из баланса мощностей; ЭДС эквивалентного генератора  $E_r$  и сопротивление эквивалентного генератора  $R_r$  из расчета методом эквивалентного генератора(МЭГ).

В таблице результатов расчетов задачи 1.2 привести значения: токов в ветвях(в показательной форме записи комплексных чисел); потенциалов узлов(в алгебраической форме записи комплексных чисел); активной мощности цепи; реактивной мощности цепи; показаний ваттметра.

В таблице результатов расчетов задачи 1.3 привести значения: линейных напряжений и токов; фазных напряжений и токов нагрузки; активных мощностей каждой фазы нагрузки; ток в нулевом(нейтральном) проводе(в случае соединения нагрузки по схеме "звезда с нулевым проводом"; напряжение смещения нейтрали(в случае соединения нагрузки по схеме "звезда без нулевого провода").

### **1.1.1. Задания к задаче 1.1.**

1.1.1.1. Расшифровать задание-распечатку и начертить исходную электрическую схему рассчитываемой цепи.

1.1.1.2. Составить и записать систему уравнений для расчета токов применяя метод контурных токов(МКТ). Определить значения контурных токов и токов в ветвях цепи.

1.1.1.3. Составить систему уравнений для расчета токов применяя непосредственно законы Кирхгофа. Сделать проверку правильности составленной системы уравнений, для чего, подставить значения токов в ветвях, полученные в п.2.1.2, в записанную систему уравнений.

1.1.1.4. Определить напряжение между точками, указанными в задании.

1.1.1.5. Составить баланс мощностей заданной цепи.

1.1.1.6. Методом эквивалентного генератора(МЭГ) определить ток в заданном резисторе (в таблице результатов указать значение ЭДС эквивалентного генератора  $E_r$  равную напряжению холостого хода  $U_{xx}$ , значение сопротивления эквивалентного генератора  $R_r$  и тока в резисторе).

1.1.1.7. Построить потенциальную диаграмму для контура содержащего оба источника ЭДС.

**1.1.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 1.1.**

1.1.2.1. Расшифровка исходных данных к задаче 1.1.

Исходные данные к задаче подготовлены с помощью ЭВМ для каждого студента индивидуально.

Вид задания-распечатки:

Шифр студента 20401 - 22

Номер ветви	Начало – конец	Сопротивление, Ом	Источник ЭДС, В	Источник тока, А
1	34	160	0	0
2	45	620	500	3
3	52	250	0	0
4	26	540	0	4
5	61	430	0	0
6	13	340	0	0
7	53	450	0	0
8	46	520	200	0

Определить токи и напряжение U42. Составить баланс мощностей.

МЭГ определить ток в сопротивлении R6.

В задании указаны: шифр студента(20401); номер варианта(22); фамилия студента; шифр академической группы; номер задачи; исходные данные; краткие указания.

Расшифровку задания-распечатки рекомендуется производить в следующем порядке;

- расположить данные шесть узлов в указанном порядке и в соответствии с вариантом, соединить их линиями (рис. 1);

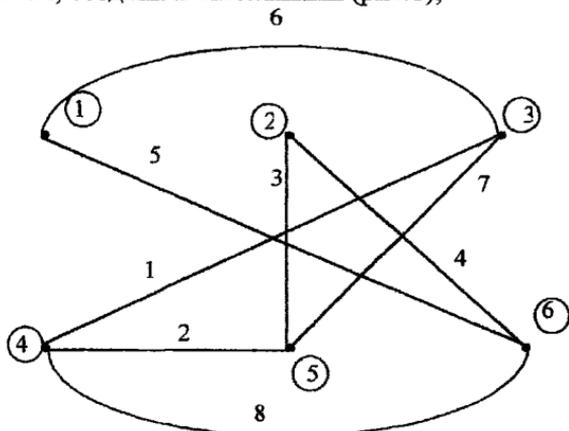


Рис. 1.

- перерисовать полученный граф схемы, так чтобы ветви не пересекались (рис.2);

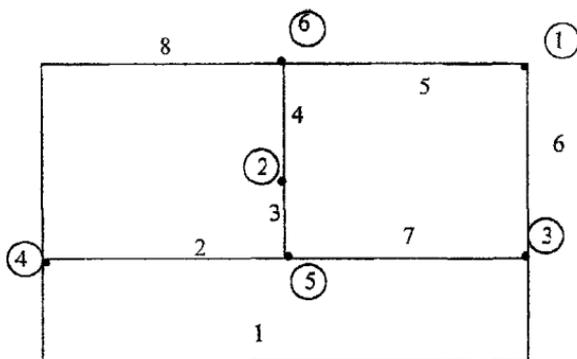


Рис.2.

- включить в ветви сопротивления и заданные источники ЭДС. Источники тока подключить параллельно соответствующим ветвям. Придать элементам схемы удобное для расчета расположение. Обозначить положительные направления источников ЭДС, источников тока, токов ветвей (положительные направления определяются индексами начального и конечного узлов, к которым присоединена ветвь). Всем сопротивлениям, источникам и токам присвоить номера соответствующих ветвей (рис.3).

**P.S.** В дальнейшем при расчете исходной схемы необходимо придерживаться принятых обозначений.

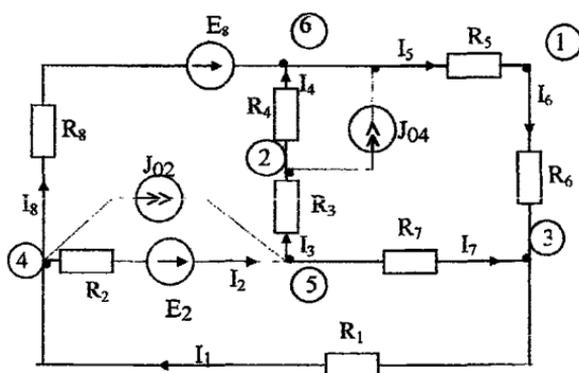


Рис.3.

### 1.1.2.2. Запись системы уравнений МКТ.

На исходной схеме заданной электрической цепи указать направление контурных токов.

Пример расчета сложной электрической цепи методом контурных токов приведен в [1, с.42-43; 3, с.47-48; 5, с.29-32; 10, с.38-45].

I.1.2.3. Запись системы уравнений используя непосредственно законы Кирхгофа.

При записи уравнений указать узлы для которых составлены уравнения по I закону Кирхгофа и направление обхода независимых контуров для уравнений, составленных по II закону Кирхгофа.

Пример использования I и II законов Кирхгофа для составления системы уравнений, при расчете сложной электрической цепи, приведен в [1, с.41-42; 3, с.44-47; 5, с.23-25; 10, с.25-30].

I.1.2.4. Определение напряжения между точками электрической цепи.

На исходной схеме заданной электрической цепи указать направление определяемого напряжения.

Пример расчета напряжения между точками электрической цепи приведен в [1, с.21; 3, с.28-29; 5, с.19; 10, с.19].

I.1.2.5. Расчет баланса мощностей.

Пример составления уравнения баланса мощностей для электрической цепи приведен в [1, с.40-41; 3, с.26; 5, с.23; 10, с.10-11].

I.1.2.6. Расчет МЭГ тока в заданном сопротивлении.

При выполнении задания приводить расчетные схемы (исходную с указанным направлением  $U_{XX}$  и токов, а также преобразованную для расчета сопротивления эквивалентного генератора  $R_T$ ).

Пример использования МЭГ для определения значения тока в заданной ветви электрической цепи приведен в [1, с.46-48; 3, с.52-54; 5, с.35-37; 10, с.56-63].

I.1.2.7. Построение потенциальной диаграммы.

Для построения потенциальной диаграммы следует выделить произвольный замкнутый контур, содержащий оба источника ЭДС заданной электрической цепи. Приняв потенциал произвольной точки рассматриваемого контура равным нулю, рассчитать изменения потенциалов в отдельных точках этого контура.

Пример построения потенциальной диаграммы для замкнутого контура электрической цепи приведен в [1, с.29-30; 5, с.19-20; 10, с.30-33].

### ***1.2.1. Задания к задаче 1.2.***

I.2.1.1. Распифровать задание-распечатку и начертить исходную электрическую схему рассчитываемой цепи.

I.2.1.2. Записать комплексные значения сопротивлений ветвей, источников ЭДС и источников токов.

I.2.1.3. Записать системы уравнений применяя непосредственно законы Кирхгофа для мгновенных значений, а затем для комплексных действующих значений.

I.2.1.4. Определить комплексные действующие значения токов в ветвях методом контурных токов.

I.2.1.5. Определить потенциалы узлов цепи, приняв за нулевой потенциал узла

указанного в задании.

I.2.1.6. Определить показания ваттметра.

I.2.1.7. Определить активную, реактивную и полную мощности цепи.

I.2.1.8. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для заданной цепи.

### I.2.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи I.2.

I.2.2.1. Расшифровка исходных данных к задаче I.2.

Исходные данные к задаче подготовлены с помощью ПЭВМ для каждого студента индивидуально.

Вид задания-распечатки:

Шифр студента 21806 – 22 Δ

Номер Ветви	Начало Конец	Сопротивления			Источник ЭДС		Источник тока		
		R	$X_L$	$X_C$	Мод.	Фаза	Мод.	Фаза	
1	3-2	0	65	20	<u>A</u>	0	0	0	0
2	2-1	50	0	0	180		50	0	0
3	1-3	10	0	0	<u>E<sub>A</sub></u>	0	0	0	0
4	2-3	20	0	30	<u>C</u>	0	0	2	-10

Токовая обмотка ваттметра включена в ветвь 1, зажим  $I^*$  - к узлу 3,  $U^*$  - к узлу 1,  $U$  - к узлу 2. За нулевой потенциал принять потенциал узла № 1.

В задании указаны: шифр студента(21806); номер варианта(22); фамилия студента; шифр академической группы; номер задачи; исходные данные; краткие указания.

Расшифровку задания-распечатки рекомендуется производить в следующем порядке:

Узлы заданные в распечатке располагают в произвольном порядке и соединяют их линиями в соответствии с вариантом задания, затем обозначают соответствующие ветви(рис.4).

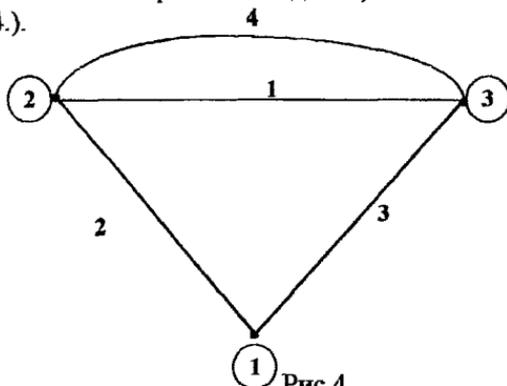


Рис.4.

- Включают в каждую ветвь активные, индуктивные и емкостные сопротивления, а также источники ЭДС и тока в соответствии с заданием-

распечаткой.

Направление источников и действующих токов в ветвях считают условно положительным - от начала к концу соответствующей в задании ветви, причем всем элементам схемы присваиваются индексы соответствующие номерам ветвей в которых они находятся (рис.5).

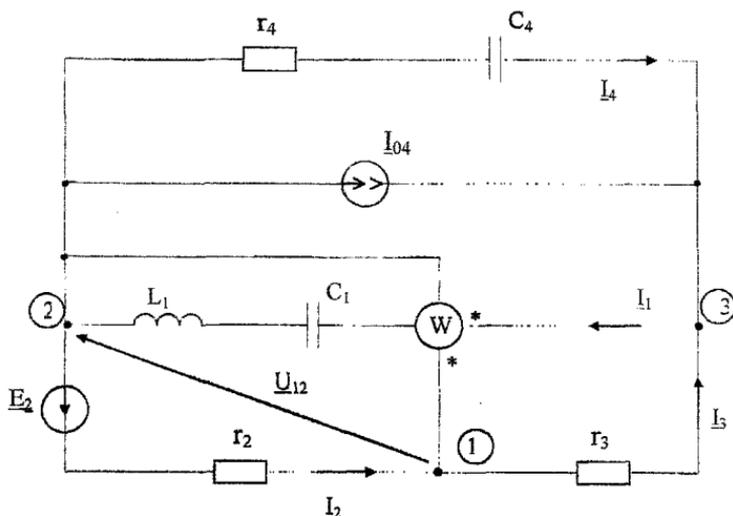


Рис.5.

1.2.2.2. Запись системы уравнений применяя I и II законы Кирхгофа для мгновенных и для комплексных действующих значений.

Перед выполнением данного пункта задания рекомендуется изучить [1,с.111,118; 3,с.75-77,106-107; 5,с.67-72; 10,с.138-139].

1.2.2.3. Определение методом контурных токов комплексных действующих значений токов в ветвях.

В исходной электрической схеме заданной цепи необходимо указать направление контурных токов. Пример использования метода контурных токов приведен в [3,с.1074 10,с.139].

1.2.2.4. Определение потенциалов узлов электрической цепи.

При выполнении данного задания за нулевой потенциал принять потенциал узла указанного в задании. Пример нахождения потенциалов узлов электрической цепи приведен в [3,с.105].

1.2.2.5. Определение показаний ваттметра.

В исходной схеме заданной электрической цепи изобразить подключение ваттметра в соответствии с заданием. Пример определения показаний ваттметра приведен в [1,с.87; 10,с.124-125].

1.2.2.6. Определение активной, реактивной и полной мощностей цепи.

Пример расчета мощностей однофазной цепи переменного тока приведен в [1,с.86; 3,с.109-115; 5,с.87-88; 10,с.134-136].

1.2.2.7. Построение совмещенных векторной диаграмм токов и напряжений.

Диаграммы необходимо строить на отдельном листе, подписывая все вектора и показав потенциалы узлов. Пример построения векторных диаграмм приведен в [1, с.66-69, 115-116; 3, с.103-106; 5, с.89-90; 10, с.133-134].

### 1.3.1. Задания к задаче 1.3.

- 1.3.1.1. В соответствии с заданием-распечаткой(см. п.1.2.2.1) для задач 1.2 и 1.3 составить и начертить схему трехфазной электрической цепи с трехфазным симметричным источником ЭДС(обмотки генератора соединены по схеме «звезда») и присоединенной к нему нагрузкой, включенной по схеме соответствующей варианту задания, указав на ней направления токов, ЭДС и напряжений.
- 1.3.1.2. Определить комплексные действующие фазные и линейные напряжения источника(генератора) и приемника(нагрузки), а также напряжение смещения нейтрали для трехпроводной цепи при соединении нагрузки по схеме "звезда".
- 1.3.1.3. Определить фазные и линейные токи, а также ток в нейтральном(нулевом) проводе для четырехпроводной схемы.
- 1.3.1.4. Определить активную мощность всей цепи и каждой фазы отдельно.
- 1.3.1.5. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.
- 1.3.1.6. Составить электрическую схему данной трехфазной цепи, показав на ней измерительные приборы, необходимые для измерения значений величин определенных в задаче.

### 1.3.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 1.3.

- 3.2.1. Составление расчетной схемы трехфазной электрической цепи.

Исходные данные для выполнения этого пункта задания следует взять из распечатки для задач 1.2 и 1.3. В распечатке указаны; схема соединения ( $\Delta$  - "треугольник,  $Y$  - "трехпроводная звезда",  $Y_0$  - "четырёхпроводная звезда") нагрузки; фазные сопротивления нагрузки(в строках помеченных – **A**, **B**, **C** (**AB**, **BC**, **CA**)– заданы сопротивления нагрузки фаз A, B, C (AB, BC, CA)соответственно); модуль и аргумент действующего значения ЭДС фазы A источника(строка помечена **E<sub>A</sub>**). Расшифровка задания и составление расчетной схемы показано на следующем примере;

- записываем ЭДС фаз источника в показательной комплексной форме;

$$\underline{E}_A = E_A e^{j\alpha} = 180 e^{j50} \text{ В,}$$

$$\underline{E}_B = E_A e^{j(\alpha - 120)} = 180 e^{j(50 - 120)} = 180 e^{-j70} \text{ В,}$$

$$\underline{E}_C = E_A e^{j(\alpha + 120)} = 180 e^{j(50 + 120)} = 180 e^{j170} \text{ В}$$

- записываем полные сопротивления фаз нагрузки в комплексном виде;

$$\underline{Z}_A = R_A + jX_A = R_A + j(X_{AL} - X_{AC}) = 0 + j(65 - 20) = j45 \text{ Ом,}$$

$$\underline{Z}_B = 10 + j(0 - 0) = 10 \text{ Ом,}$$

$$\underline{Z}_C = 20 + j(0 - 30) = 20 - j30 \text{ Ом}$$

- составляем расчетную схему цепи в которой, согласно заданию, фазы источника соединены по схеме "звезда", а фазы приемника – "треугольник" (рис. 6).

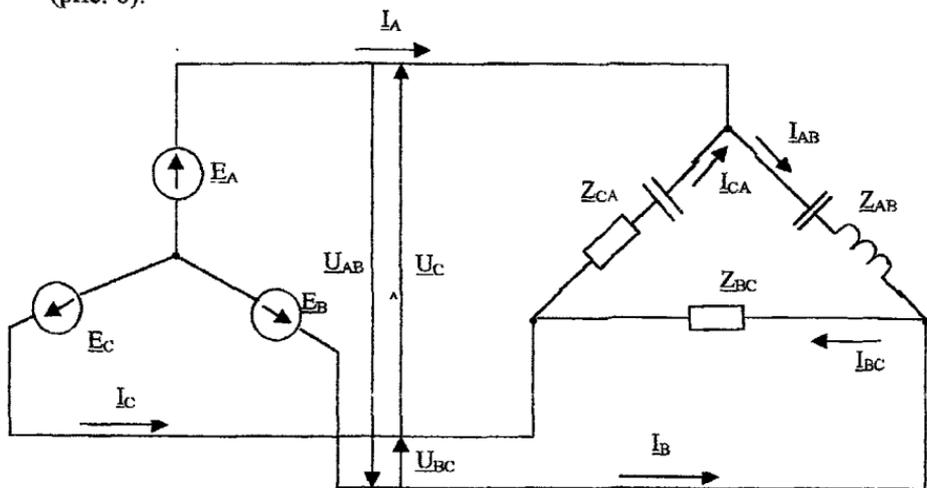


Рис.6.

### I.3.2.2. Определение комплексных действующих фазных и линейных напряжений источника(генератора) и приемника(нагрузки).

Перед выполнением данного пункта задания рекомендуется изучить [1,с.137,142-143; 3,с.134-135,139-140].

### I.3.2.3. Определение фазных и линейных токов, а также тока в нулевом(нулевым) проводе для четырехпроводной схемы.

Пример определения токов в трехфазной цепи приведен в [5,с.120-123; 10,с.221-225].

### I.3.2.4. Определение активной мощности всей цепи и каждой фазы отдельно.

Пример определения активной мощности трехфазной цепи приведен в [1,с.140,143; 3,с.148-150; 10,с.224-225].

### I.3.1.5. Построение векторной диаграммы токов и напряжений.

Диаграмму токов и напряжений трехфазной цепи необходимо строить на отдельном листе. На диаграмме изобразить векторы линейных напряжений и токов, фазных напряжений и токов, а так же вектор тока в нулевом проводе(в случае четырехпроводной цепи) и вектор напряжения смещения нейтрали(в случае трехпроводной цепи при соединении приемников по схеме "звезда"). Примеры построения векторных диаграмм трехфазных цепей приведены в [1,с.136,139,142; 3,с.133-136,138,141,147].

### I.3.2.6. Составление электрической схемы трехфазной цепи.

Перед выполнением данного пункта задания рекомендуется изучить [1,с.127-128; 5,с.109-114,116-118].

## **II. Общие указания к выполнению контрольной работы № 2.**

Номер варианта заданий для КР2 соответствует номеру варианта для КР1. В начале каждой задачи необходимо приводить исходные данные задания своего варианта, выписанные из задания-распечатки. Индивидуальные задания для КР2, подготовленные на ПЭВМ, получает студент (лично) у преподавателя во время установочной сессии. Задание-распечатка должна быть вклеена в тетрадь с решенной КР. Графики зависимостей необходимо выполнять на отдельных листах миллиметровой бумаги.

### **II.1.1. Задания к задаче 2.1.**

- II.1.1.1. Составить и начертить, в соответствии с вариантом задания принципиальную электрическую схему цепи содержащей три однотипных однофазных потребителя электрической энергии, питающихся от трехфазного двухобмоточного понижающего трансформатора.
- II.1.1.2. Записать исходные данные варианта задачи из задания-распечатки. По заданным значениям параметров трансформатора определить величины отмеченные в задании "?".
- II.1.1.3. Определить активное  $R_k$  и реактивное  $x_k$  сопротивления короткого замыкания, а также активные  $R_1$  и  $R_2$  и реактивные  $x_1$  и  $x_2$  сопротивления обмоток трансформатора.
- II.1.1.4. Определить вторичное напряжение  $U_2$  при токе (фазном) нагрузки  $I_{2\phi} = 2I_{2\phi n}$  и  $\cos \varphi_2 = 0,7$ .
- II.1.1.5. Построить зависимость  $\Delta U_2\%(\cos \varphi_2)$  процентного изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора при номинальной нагрузке от изменения коэффициента мощности  $\cos \varphi_2$ .

**P.S.** Структура обозначения трансформаторов имеет вид:

*Буквенные обозначения: Т – трехфазный; М – масляный (С – сухой). Цифровые обозначения: числитель – номинальная полная мощность в кВА; знаменатель – высшее (первичное) номинальное (линейное) напряжение в кВ. Например для трансформатора типа ТМ – 25/6: трехфазный масляный трансформатор номинальная полная мощность которого  $S_n = 25 \text{ кВА}$ , номинальное высшее напряжение  $U_{1n} = 6 \text{ кВ}$ .*

*В задании-распечатке также указаны:  $U_{2n}$  – номинальное (линейное) вторичное напряжение;  $U_k\%$  – напряжение короткого замыкания, при токах  $I_{1n}$  в первичных и  $I_{2n}$  во вторичных обмотках трансформатора равных номинальным;  $P_0$  – потери мощности при холостом ходе;  $P_k$  – потери мощности при коротком замыкании;  $k$  – коэффициент трансформации;  $\eta_n$  – коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке трансформатора.*

## II.1.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.1.

II.1.2.1. Составление принципиальной схемы электрической цепи. В задаче принять способ соединения обмоток трансформатора "звезда-звезда". Схема соединения потребителей указана в задании.

II.1.2.2. Запись исходных данных по заданию-распечатке показана ниже на примере.

Вид задания –распечатки:

### Вариант №34

Тип:	ТМ – 10/6	Соед. -	ТР
$U_{2H} =$	0.40 кВ	$I_{1H} =$	?А
$I_{2H} =$	? А	$P_0 =$	0.11кВт
$P_K =$	0.34кВт	$U_K =$	4.45%
$K =$	?	$\text{КПД}_H =$	?
$\cos\varphi_{2H} =$	0.97		

В соответствии с этим - дано:  $S_H=10\text{кВт}$ ;  $U_{1H}=6\text{кВ}$ ;  $U_2=0.40\text{кВ}$ ;  $P_0=0.11\text{кВт}$ ;  $P_K=0.34$ ;  $U_K=4.45\%$ ;  $\cos \varphi_{2H}=0.97$ ; соединение фаз нагрузки по схеме "треугольник".

Определение величин отмеченных в задании "?"(в рассматриваемом варианте задания следует определить:  $I_{1H}$ ,  $I_{2H}$ ,  $k$ ;  $\eta_H$ ).

Перед выполнением этого пункта задания следует изучить[1,с.301-323; 2,с.28-84; 5,с.166-186], и рассмотреть примеры[3,с.322-325; 10,с.286-294]. В расчетах принять, что суммарные потери мощности трансформатора составляют 5-10% от полной мощности трансформатора, а потери мощности в магнитопроводе  $P_M$  составляют 75-95% от потерь холостого хода  $P_0$ . Трансформатор подключен к трехфазной сети частотой  $f=50$  Гц

II.1.2.3. Определение сопротивлений обмоток трансформатора.

Пример расчета активных и реактивных сопротивлений трансформатора приведен в [10,с.284-286].

II.1.2.4. Определение вторичного напряжения  $U_2$  при увеличении фазного тока нагрузки в два раза.

Перед выполнением этого пункта задания следует изучить[1,с.320-321; 5,с.179-180].

II.1.2.5. Построение графика зависимости  $\Delta U_2\%(\cos \varphi_2)$ .

Зависимость процентного изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора при номинальной нагрузке от изменения коэффициента мощности рассмотрена в [2,с.66-68; 10,с.289-291].

### II.2.1. Задания к задаче 2.2.

II.2.1.1. Составить и начертить принципиальную электрическую схему двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением (ДПТ).

II.2.1.2. Записать исходные данные варианта задачи из задания-распечатки. По

заданным значениям параметров двигателя определить величины отмеченные в задании "?".

П.2.1.3. Построить естественную механическую характеристику двигателя.

П.2.1.4. Определить сопротивление пускового реостата  $R_{\text{п}}$  и пусковой момент  $M_{\text{п}}$  двигателя при максимально допустимом токе якоря  $I_{\text{я.м}}$ .

П.2.1.5. Построить искусственную механическую характеристику двигателя.

П.2.1.6. Рассчитать и построить график зависимости КПД  $\eta$  двигателя от ко-

эффициента нагрузки  $\beta = \frac{I_{\text{я}}}{I_{\text{ян}}}$ , при неизменном значении подводимого к двигателю напряжения.

**P.S.** В таблице исходных данных:  $P_{\text{н}}$  – номинальная мощность ДПТ;  $P_{\text{сн}}$  – номинальная мощность, потребляемая ДПТ из сети;  $I_{\text{н}}$  – номинальный ток;  $U_{\text{н}}$  – номинальное напряжение сети;  $I_{\text{ян}}$  – номинальный ток в цепи якоря;  $I_{\text{вн}}$  – номинальный ток в цепи возбуждения;  $R_{\text{я}}$  – сопротивление цепи якоря;  $R_{\text{в}}$  – сопротивление цепи возбуждения;  $M_{\text{н}}$  – номинальный вращающий момент;  $n_{\text{н}}$  – номинальная частота вращения вала ДПТ;  $E_{\text{ян}}$  – номинальная э.д.с. якоря;  $\sum \Delta P_{\text{н}}$  – суммарные номинальные потери ДПТ;  $\eta_{\text{н}}$  – номинальный к.п.д. двигателя.

## П.2.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.2.

П.2.2.1. Составление принципиальной электрической схемы ДПТ.

На схеме необходимо изобразить: источник питания, указав его полярность, выключатель, предохранители, обмотку возбуждения, якорь, пусковой реостат, направления ЭДС якоря и токов протекающих в цепи.

П.2.2.2. Запись исходных данных из задания-распечатки показана ниже на примере:

Вид задания-распечатки:

### Вариант №46

$P_{\text{н}}=$	1.00 кВт	$P_{\text{сн}}=$	1.35 кВт
$I_{\text{ном}}=$	6.14 А	$U_{\text{ном}}=$	? В
$I_{\text{ян}}=$	? А	$I_{\text{вн}}=$	? А
$R_{\text{я}}=$	? Ом	$R_{\text{в}}=$	? Ом
$M_{\text{н}}=$	? Нм	Об.в мин.	1500
$E_{\text{ян}}=$	? В	Сумма потерь	1.23 кВт
КПД=	76 %		

В соответствии с этим дано:  $P_{\text{н}}=1.00$  кВт;  $P_{\text{сн}}=1.35$  кВт;  $I_{\text{н}}=6.14$  А;  $n_{\text{н}}=1500$  об/мин;  $\sum \Delta P_{\text{н}}=1.23$  кВт;  $\eta=76\%$ .

Определение величин отмеченных в задании "?" (в рассматриваемом при-

мере:  $U_{\text{НОМ}}$ ;  $I_{\text{ЯН}}$ ;  $I_{\text{ВН}}$ ;  $R_{\text{Я}}$ ;  $R_{\text{В}}$ ;  $M_{\text{Н}}$ ;  $E_{\text{ЯН}}$ ).

Перед выполнением этого пункта задания следует изучить [2, с.320-328; 3, с.359-368; 10, с.307-308]. В расчете принять, потери мощности в обмотке якоря  $\Delta P_{\text{Я.н.}} = 0.5 \Sigma \Delta P_{\text{н}}$ , потери мощности в обмотке возбуждения  $\Delta P_{\text{в.н.}} = 0.2 \Sigma \Delta P_{\text{н}}$ , механические потери мощности  $\Delta P_{\text{м.н.}} = 0.2 \Sigma \Delta P_{\text{н}}$ .

### II.2.2.3. Построение естественной механической характеристики двигателя.

Пример расчета и построения механической характеристики ДПТ приведен в [3, с.372-373; 10, с.309]. На графике зависимости  $n=f(M)$ , необходимо указать участки допустимой длительной и кратковременной работы по условиям нагрева и искрения на коллекторе.

### II.2.2.4. Определение сопротивления пускового реостата $R_{\text{п}}$ и пускового момента $M_{\text{п}}$ двигателя при максимально допустимом токе якоря $I_{\text{ЯМ}}$ .

В расчете принять допустимую перегрузочную способность по току -

$$K_I = \frac{I_{\text{Я.м.}}}{I_{\text{Я.н.}}} = 2.$$

### II.2.2.5. Построение искусственной механической характеристики ДПТ.

В расчете сопротивление  $R_{\text{п}}$  пускового реостата в цепи якоря принять равным, рассчитанному в предыдущем пункте задания. График искусственной механической характеристики необходимо изобразить в системе координат естественной механической характеристики. Пример расчета и построения искусственной механической характеристики ДПТ приведен в [10, с.310].

### II.2.2.6. Расчет и построение графика зависимости КПД $\eta$ двигателя от коэффициента нагрузки $\beta$ .

Перед выполнением задания следует изучить [1, с.394-395; 3, с.349; 10, с.307]. По графику определить значение  $\beta$ , при котором  $\eta$  достигает максимума.

## III.3.1. Задания к задаче 2.3.

### III.3.1.1. Составить и начертить принципиальную электрическую схему дистанционного управления асинхронным трехфазным короткозамкнутым электродвигателем (АД).

### III.3.1.2. Записать исходные данные варианта задачи из задания-распечатки. По заданным значениям параметров двигателя определить величины отмеченные в задании "?".

### III.3.1.3. Построить качественную механическую характеристику $n = f(M)$ данного двигателя, указав на ней участки допустимой длительной и кратковременной работы.

### III.3.1.4. Проанализировать по механической характеристике работу АД.

**P.S.** В таблице задания исходных данных:  $P_{1\text{н}}$  – номинальная мощность, потребляемая АД из сети;  $P_{2\text{н}}$  – номинальная мощность на валу АД;  $U_{1\text{н}}$  – номинальное (линейное) напряжение сети;  $n_{2\text{н}}$  – номинальная частота вра-

щения ротора двигателя;  $\eta_n$  - номинальный к.п.д.;  $\cos \varphi_n$  - номинальный коэффициент мощности;  $I_{1n}$  - номинальный ток в обмотках двигателя;  $I_n$  - пусковой ток двигателя;  $\sum \Delta P_n$  - суммарные номинальные потери мощности;  $M_n$  - номинальный момент;  $M_{пн}$  - пусковой момент;  $M_m$  - максимальный (критический) момент;  $s_n$  - номинальное скольжение АД.

### II.3.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.2.

#### II.3.2.1. Составление принципиальной электрической схемы дистанционного управления АД.

Примеры схем управления АД приведены в [1, с.513-522; 3, с.502-507]. На схеме необходимо указать: сеть, аппарат включения, предохранители, магнитный пускатель, двигатель и аппараты защиты.

#### II.3.2.2. Запись исходных данных из задания-распечатки показана ниже на примере:

Вид задания-распечатки:

Вариант №57  
4AP160S4Y3

$P_{2n} =$	? кВт	$U_{1n} =$	380.00 В
$n_{2n} =$	1470 об/мин	$\eta_{пн} =$	87.50 %
$\cos \varphi_n =$	0.87	$I_{пн} =$	? А
$P_{1n} =$	? кВт	Сум. Потери =	? А
$M_n =$	97.40 Нм	$M_{пн} =$	? Нм
$M_m =$	? Нм	$I_{пн}/I_n =$	7.50
$I_{пн} =$	? А	$S_n =$	? %

В соответствии с этим дано:  $n_{2n} = 1470$  об/мин;  $U_{1n} = 380$  В;  $\eta_n = 87.5$  %;  $\cos \varphi_n = 0.87$ ;  $M_n = 97.4$  Нм;  $I_{пн}/I_n = 7.5$ .

Определение величин отмеченных в задании "?" (в рассматриваемом примере:  $P_{2n}$ ;  $I_{пн}$ ;  $P_{1n}$ ;  $\sum \Delta P_n$ ;  $M_{пн}$ ;  $M_m$ ;  $I_{пн}$ ;  $S_n$ ).

Перед выполнением этого пункта задания следует изучить [1, с.406-425; 3, с.390-404; 10, с.319-322]. В расчете принять соединение обмоток статора АД по схеме "звезда".

#### II.3.2.3. Построение качественной механической характеристики.

Для построения этой характеристики достаточно рассчитать четыре характерные точки (точку пуска с координатами  $(M_{пн}; n_{пн})$ , критическую -  $(M_m; n_m)$ , номинальную -  $(M_n; n_n)$ , точку холостого хода -  $(M_0; n_0)$ ). На графике необходимо указать участки допустимой длительной и кратковременной работы АД.

#### II.3.2.4. Анализ работы двигателя по механической характеристике.

Перед выполнением этого пункта задания следует изучить [1, с.427-433; 2, с.204-211; 3, с.404-405; 5, с.356-359]. При рассмотрении процесса опрокидывания АД предложить меры защиты от данного явления.

### III. Приложения.

#### III.1. График выполнения работ.

Таблица 1.

Учебный период	Номер аудиторного занятия	Вид занятия	Число часов работы	
			Аудиторной	Самостоятельной
Установочная сессия (июнь)	1	Обзорная лекция №1	2	
	2	-\\- №2	2	
	3	-\\- №3	2	
	4	-\\- №4	2	
	5	-\\- №5	2	
	6	-\\- №6	2	
	7	-\\- №7	2	
Межсессионный период (сентябрь-декабрь)		1. Выполнение домашних КР, оформление, отправка на проверку и рецензию, исправление ошибок, внесение исправлений, подготовка к собеседованию по контрольным работам.		50
		2. Повторение теоретического материала обзорных лекций и подготовка к зачету и экзамену.		35
Зачетно-экзаменационная сессия (январь)	8	Лабораторная работа №1	2	1
	9	-\\- №2	2	1
	10	-\\- №3	2	1
	11	-\\- №4	2	1
	12	-\\- №5	2	1
	13	-\\- №6	2	1
	14	Практическое занятие (Сдача КР в виде собеседования с преподавателем).	2	2
		Подготовка и сдача зачета		1
	Подготовка и сдача экзамена		4	
Итого:			28	98

### III.2. Программа обзорных лекций(Л).

Таблица 2.

№ Л.	Рассматриваемые вопросы.
1.	Электрические устройства постоянного и переменного тока. Области их применения. Источники и приемники электрической энергии. Основные характеристики.
2.	Методы расчета и анализа электрических цепей постоянного тока. Метод междузлового напряжения, метод эквивалентного генератора, метод наложения, метод контурных токов.
3.	Однофазные электрические цепи переменного тока. Уравнения электрического состояния цепей синусоидального тока. Способы представления синусоидальных величин. Сопротивления двухполюсника. Резонанс в электрических цепях. Мощности и баланс мощностей.
4.	Трехфазные цепи переменного тока. Трехфазный синхронный генератор, устройство и принцип действия. Способы соединения фаз источника(приемника). Основные закономерности. Мощности трехфазной цепи. Коэффициент мощности и его технико-экономическое значение.
5.	Трансформаторы. Устройство и принцип действия. Уравнения электрического состояния. Назначение, области применения, типы и паспортные данные. Режимы работы однофазного трансформатора. Мощность и потери энергии в трансформаторе.
6.	Электрические машины постоянного тока. Устройство, принцип действия, области применения. Основные характеристики и режимы работы. Схемы пуска и управления.
7.	Электрические машины переменного тока. Классификация области применения. Асинхронный трехфазный двигатель. Устройство, принцип действия. Режимы работы и основные характеристики. Схемы управления. Основные понятия электропривода. Выбор двигателей.

### III.3.Перечень лабораторных работ.

Таблица 3.

№ ЛР по табл.1.	Наименование ЛР.
1	2
1.	Исследование цепей переменного тока с последовательным соединением активных и реактивных элементов.
2.	Исследование неразветвленных цепей переменного тока. Резонанс напряжений.
3.	Разветвленная цепь переменного тока. Резонанс токов.

1	2
4.	Проверка однофазного счетчика электрической энергии.
5.	Исследование трехфазной цепи с соединением потребителей по схеме "звезда".
6.	Исследование цепи трехфазного тока при соединении потребителей по схеме "треугольник".
7.	Испытание однофазного трансформатора.
8.	Схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором.
9.	Испытание трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.
10.	Испытание генератора постоянного тока.
11.	Защита трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором от неполнофазного режима.

### III.4. Перечень экзаменационных вопросов.

Таблица 4

№№ п.п.	Вопрос
1	2
1.	Цепи постоянного тока, основные понятия и определения.
2.	Режимы работы простейших цепей постоянного тока. Режимы работы источников. Источники тока и ЭДС.
3.	Расчет цепей постоянного тока с помощью законов Кирхгофа.
4.	Расчет цепей постоянного тока методом контурных токов.
5.	Расчет цепей постоянного тока методом эквивалентного генератора.
6.	Расчет цепей постоянного тока методом междуузловых напряжений.
7.	Расчет цепей постоянного тока методом наложения.
8.	Мощность и энергия постоянного тока. Уравнение баланса мощностей.
9.	Устройство и принцип действия генератора синусоидальной ЭДС, параметры электрических цепей синусоидального тока.
10.	Действующие значения синусоидальных напряжений и токов.
11.	Изображение синусоидальных величин на плоскости.
12.	Цепь переменного тока с резистивным элементом.
13.	Цепь переменного тока с индуктивным элементом.
14.	Цепь переменного тока с емкостным элементом.
15.	Цепь переменного тока с последовательным соединением элементов.
16.	Цепь переменного тока с параллельным соединением элементов.

1	2
17.	Символический метод расчета цепей переменного тока.
18.	Резонансы в цепях переменного тока и их использование для повышения коэффициента мощности.
19.	Устройство и принцип действия трехфазного генератора. Трехфазная система ЭДС, токов и напряжений. Способы изображения трехфазной системы ЭДС.
20.	Соединение источников (приемников) по схеме "звезда".
21.	Соединение источников (приемников) по схеме "треугольник".
22.	Мощности трехфазной цепи и их измерение.
23.	Назначение, устройство и принцип действия однофазного трансформатора.
24.	Холостой ход однофазного трансформатора, основные закономерности.
25.	Работа трансформатора под нагрузкой, основные закономерности.
26.	Назначение, устройство и принцип работы трехфазного трансформатора.
27.	Каталожные данные трансформаторов.
28.	Назначение, устройство и принцип работы двигателя постоянного тока (ДПТ).
29.	ЭДС якоря и электромагнитный момент двигателя.
30.	Двигатель параллельного возбуждения, его характеристики.
31.	Двигатель последовательного возбуждения, его характеристики.
32.	Двигатель смешанного возбуждения, его характеристики.
33.	Естественная и искусственная (реостатная) механические характеристики ДПТ. Анализ работы двигателя по его механическим характеристикам.
34.	Назначение, устройство и принцип работы генератора постоянного тока. Схемы возбуждения генераторов.
35.	Классификация и типы генераторов постоянного тока.
36.	Назначение, устройство и принцип действия трехфазного асинхронного двигателя (АД).
37.	Принцип получения вращающегося магнитного поля.
38.	Схемы включения и пуск АД. Каталожные данные.
39.	Скольжение, частота тока, ток ротора и ЭДС обмоток АД.
40.	Механическая характеристика АД и ее значение.
41.	Энергетические соотношения, энергетическая диаграмма и КПД двигателя.
42.	Назначение, устройство и принцип действия синхронного двигателя.

1	2
43.	Назначение, структура электропривода(ЭП). Величины, описывающие систему ЭП.
44.	Электрические аппараты в ЭП: контакторы, магнитные пускатели, аппараты защиты и т.д.
45.	Режимы работы и нагрузка двигателей вЭП.
46.	Выбор двигателей при различных режимах работы.

### III.5.Перечень типовых экзаменационных задач.

Таблица 5

№№	Условие задачи
1	2
1.	В сеть постоянного тока напряжением $U$ параллельно включены сопротивления $R_1$ и $R_2$ . Найти эквивалентные проводимость и сопротивление цепи, токи в каждом резисторе и неразветвленной части цепи, мощность потребляемую из сети.
2.	В сеть постоянного тока напряжением $U$ последовательно включены сопротивления $R_1$ и $R_2$ . Найти ток, падение напряжения, мощности на $R_1$ , если увеличить вдвое $R_2$ при том же $R_1$ .
3.	К источнику ЭДС с внутренним сопротивлением $R_0$ подключена нагрузка сопротивлением $R_H = kR_0$ . Определить ток, мощность, потребляемую нагрузкой для случаев, когда $k=0;1;10$ . Указать условия максимума нагрузки, наименование режима при этом.
4.	В цепи переменного тока напряжением $U$ включена активнo-индуктивная нагрузка. В ее последовательной схеме замещения активное сопротивление $r$ и индуктивное $X_L$ . Определить ток, активную и реактивную мощности нагрузки.
5.	В сети переменного тока заданы напряжение $u = U_m \sin(\omega t + \Psi_u)$ и ток $i = I_m \sin(\omega t + \Psi_i)$ . Изобразить их временные и векторные диаграммы, указать угол сдвига фаз, период, частоту, действующие значения напряжения и тока.
6.	В цепи переменного тока частотой $f$ напряжением $U$ подключены последовательно резистор сопротивлением $R$ и катушка индуктивности $L$ . Какой емкости и как следует включить конденсатор, чтобы в цепи наступил резонанс напряжений.
7.	В цепи переменного тока частотой $f$ напряжением $U$ подключены последовательно резистор сопротивлением $R$ и катушка индуктивности $L$ и емкость $C$ . Определить индуктивное, активное, полное сопротивления и ток в цепи.

1	2
8.	В цепь переменного тока подключена активно-индуктивная нагрузка, вольтметр на входе цепи показывает $U(B)$ , амперметр $I(A)$ , ваттметр $P(Вт)$ . Определить полную и индуктивную мощности нагрузки, ее коэффициент мощности.
9.	Мощный однофазный потребитель подключен в сеть высокого напряжения $U$ переменного тока и потребляет ток $I$ . Как можно измерить эти напряжение и ток вольтметром и амперметром соответственно имеющими номинальные значения тока и напряжения в сто раз меньше $I$ и $U$ . Изобразить схему подключения этих приборов.
10.	В цепь переменного тока частотой $f$ напряжением $U$ подключены параллельно резистор сопротивлением $R$ , катушка индуктивностью $L$ и конденсатор емкостью $C$ . Определить проводимость каждой ветви, полную проводимость цепи и ток в неразветвленной части цепи.
11.	В цепь переменного тока напряжением $U$ подключены параллельно активная $G$ , индуктивная $B_L$ и емкостная $B_C$ проводимости. Определить ток на входе цепи и в каждой ветви, полную проводимость. Построить векторную диаграмму.

*III.6. Буквенные обозначения основных  
электротехнических величин (ГОСТ 1494-77)*

Величина и ее часть	Способы обозначений
1	2

Мгновенные значения изменяющихся во времени величин:

Тока	I
Напряжения	U
ЭДС	E
Мощности	P

Действующие значения для периодически изменяющихся величин:

Тока	I
Напряжения	U
ЭДС	E

Амплитудные значения величин, являющихся синусоидальными функциями времени:

Тока	$I_m$
Напряжения	$U_m$
ЭДС	$E_m$

Комплексные амплитудные значения величин, являющиеся синусоидальными функциями времени:

Тока

Напряжения

ЭДС

$\underline{I}_m$  или  $\dot{I}_m$

$\underline{U}_m$  или  $\dot{U}_m$

$\underline{E}_m$  или  $\dot{E}_m$

Комплексные действующие значения величин, являющиеся синусоидальными функциями времени:

Тока

Напряжения

ЭДС

$\underline{I}$  или  $\dot{I}$

$\underline{U}$  или  $\dot{U}$

$\underline{E}$  или  $\dot{E}$

Емкость электрическая

C

Индуктивность собственная

L

Коэффициент мощности при синусоидальных напряжении и тока

$\cos \varphi$

Коэффициент трансформации

n

Коэффициент трансформации трансформатора напряжения

K или  $K_u$

Коэффициент трансформации трансформатора тока

K или  $K_t$

Мощность, мощность активная

P

Мощность полная

S или  $P_s$

Мощность реактивная

Q или  $P_Q$

Отношение чисел витков

n или q

Потенциал электрический

V или  $\varphi$

Поток магнитный

$\Phi$

Индукция магнитная

B

Потокосцепление

$\phi$

Проводимость электрическая активная

G или g

Проводимость электрическая полная

Y

Проводимость комплексная полная

$\underline{Y}$

Проводимость реактивная

B или b

Проводимость электрическая удельная

$\gamma$  или  $\sigma$

Сдвиг фаз между напряжением и током

$\varphi$

Сопротивление электрическое активное

R или r

Сопротивление электрическое полное

Z

Сопротивление электрическое реактивное

X или x

Сопротивление комплексное

$\underline{Z}$

Сопротивление электрическое удельное

$\rho$

Угол потерь

$\delta$

1	2
Частота колебаний электрической или магнитной величины	f
Частота колебаний угловой электрической или магнитной величины	$\omega$ или $\Omega$
Число витков	N или w
Число пар полюсов	p
Число фаз многофазной системы цепей	m
Энергия электромагнитная	W
Энергия электромагнитная удельная	w

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1985.
2. Брускин Д.Э., Зохорович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины: в 2-х ч. – М.: Высш. шк., 1979.
3. Волынский В.А., Зейн Е.И. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1987.
4. Иванов И.И., Равдоник В.С. Электротехника. М.: Высш.шк., 1984.
5. Касаткин А.С., Немцов Н.В. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1983.
6. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины: в 2-х ч. Учебник для вузов. Л.: Энергия, 1972-1973.
7. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу "Электротехника". Часть I "Электрические цепи"/ В.С. Кузнецов, Г.Н. Овсянников, Н.В. Малашицкая и др. - Брест: БИСИ, 1985.
8. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу "Электротехника". Часть II "Электрические машины"/ Н.В. Малашицкая, В.С. Кузнецов. - Брест: БИСИ, 1985.
9. Михайлов О.А. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов. М.: Машиностроит., 1990.
10. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники: учебное пособие для неэлектротехн. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1991.
11. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. М.Ю. Анвельт, В.Г. Герасимов, В.П. Данильченко и др.; Под ред. В.С. Пантюшина. М.: Высш.шк., 1979.
12. Справочное пособие по электротехнике и основам электроники/ Под ред. Нетушила А.В. М.: Высш.школа, 1986.
13. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. М.: Энергоиздат, 1981

## УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Анатолий Васильевич Клопоцкий,  
Игорь Михайлович Панасюк

Методические указания и контрольные задания  
для студентов специальности Т-03.01(з.о.) по  
дисциплине "Электротехника, электрические  
машины и аппараты"

Ответственный за выпуск Клопоцкий А.В.  
Редактор Строчак Т.В.

---

Подписано к печати 24.05.2000г. Формат 60x84/16. Усл.п.л. 1,6 Уч.изд.л. 1,45  
Заказ № 387 Гираж 150 экз. Отпечатано на резографе Брестского политехниче-  
ского института. 224017, г. Брест, ул. Московская, 267