Государственное областное бюджетное профессиональное образовательное учреждение «Грязинский технический колледж»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для студентов заочной формы обучения
осваивающих программу подготовки специалистов среднего звена специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
ОП.03. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Рассмотрено на заседании цикловой комиссии строительных дисциплин
Протокол № _____ от «____»
_____ 2017 г.
Председатель цикловой комиссии
_____ Е. В. Клименко

Грязи, 2017

Методическое пособие рекомендовано для использования в учебном процессе. Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений. Также может служить помощью преподавателю для подготовки к занятиям по вопросам изучения строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Составитель: преподаватель ГОБПОУ «ГТК» А.Р. Таныгина

Рецензент: председатель цикловой комиссии строительных дисциплин Е.В. Клименко

Оглавление

Введение 3

Общие рекомендации студенту заочного отделения по изучению курса «Основы электротехники» 5

Указания по выполнению контрольных работ 5

Вопросы к заданиям по общей электротехнике 16

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету по дисциплине: «Общая электротехника» 17

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы 18

Аннотация

Методические указания содержат общие сведения о порядке, правилах подготовки и представления домашней письменной контрольной работы по учебной дисциплине «Общая электротехника», включают примеры задач для контрольной работы, варианты контрольных заданий, рекомендуемые информационно - библиографические ресурсы.

Предназначаются студентам заочной формы обучения ГОБОУ «ГТК».

Введение

Тематический план и содержание учебной дисциплины «Основы электротехники» студенты заочного отделения изучают на первом курсе. После окончания второго семестра студенты сдают экзамен в форме дифференцированного зачета. В период сессии студентам читаются обзорные лекции по наиболее важным и трудным разделам курса, проводятся практические занятия. В течение первого курса студент должен выполнить контрольную работу по «Основам электротех-
ники»

Рабочая программа дисциплины «Основы электротехники» является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС специальности СПО **08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» (базовый)** в части освоения основного вида деятельности (ВД).

Рабочая программа учебной дисциплины «Основы электротехники» может быть использована в дополнительном профессиональном образовании (в программах повышения квалификации и переподготовки).

Дисциплина входит в общепрофессиональный цикл. Для углубления и расширения умений и знаний по дисциплине «Основы электротехники» вводится вариативная часть.

Цели и задачи дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины

Базовая часть.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен **уметь:**

– читать электрические схемы, вести оперативный учет работы энергетических установок;

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

– общие основы электротехники, устройство и принцип действия электрических машин и трансформаторов, аппаратуры управления электроустановками.

Вариативная часть:

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

– определять и анализировать основные параметры электрических схем и по ним устанавливать работоспособность электротехники;

– производить подбор элементов электрической аппаратуры по заданным параметрам.

знать:

– электроснабжение строительной площадки

– сущность физических процессов, протекающих в электрических приборах и устройствах;

– принципы включения электрических приборов и построения электрических схем.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать **общими компетенциями**, включающими в себя способность:

ОК1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК2. Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК3. Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.

ОК4. Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК5. Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.

ОК6. Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК7. Ставить цели, мотивировать деятельность подчиненных, организовывать и контролировать их работу с принятием на себя ответственности за результат выполнения заданий.

ОК8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать **профессиональными компетенциями**, соответствующими основным видам профессиональной деятельности:

ПК 2.1 Организовывать и выполнять подготовительные работы на строительной площадке.

ПК 2.2 Организовывать и выполнять строительно-монтажные и ремонтные работы по реконструкции строительных объектов.

ПК 2.3 Выполнять мероприятия по технической эксплуатации конструкций и инженерного оборудования зданий.

Рекомендуемое количество часов на освоение программы дисциплины:

- максимальной учебной нагрузки обучающегося 216 часов, в том числе:
  - обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 18 часов, в том числе:
    - теоретическое обучение 8 часов,
    - практические занятия 10 часов,
    - самостоятельной работы обучающегося 198 часов.

Общие рекомендации по изучению курса «Основы электротехники»

Основной формой обучения студента заочного отделения является самостоятельная работа над учебным материалом, которая состоит из следующих элементов: изучение материала по учебникам, решение задач, ответы на вопросы для самопроверки, выполнение контрольных работ. Во время сессии для студентов читаются обзорные лекции по наиболее важным разделам курса и проводятся практические занятия. Контрольные работы следует выполнять в течение семестра, чтобы к моменту сессии они уже были прорецензированы и допущены к очному зачѐту. В период сессии проводится защита контрольных работ (студент отвечает на вопросы по контрольной работе). Студент может обращаться к преподавателю с вопросами для получения устной или письменной консультации. Указания студенту по текущей работе даются также в процессе рецензирования контрольных работ. Завершающим этапом изучения отдельных частей курса «Общей электротехники» является сдача экзамена в форме дифференцированного зачета. Определения, законы, правила должны формулироваться точно и с пониманием существа дела, решение задач в простейших случаях должно выполняться без ошибок и уверенно. Только при выполнении этих условий знания могут быть признаны удовлетворяющими требованиям, предъявляемым программой. Вопросы для самопроверки, приведенные в настоящем пособии, помогут проверить прочность усвоения изученного материала.

Рабочая учебная программа курса и методические указания к изучению предмета Курс математики разбит на темы. В каждой теме приведены методические рекомендации и вопросы для самопроверки. Темы объединены в разделы. После изучения раздела нужно выполнить очередную контрольную работу

Указания по выполнению контрольных работ

При выполнении контрольных работ необходимо строго придерживаться указанных ниже правил. Работы, выполненные без соблюдения этих правил, не зачитываются и возвращаются студенту для переработки.

1. Каждая контрольная работа должна быть выполнена в отдельной тетради в клетку чернилами синего или черного цвета. Необходимо оставлять поля шириной 4-5 см для замечаний рецензента.
2. На обложку тетради наклеивается заполненный студентом бланк, который выдается учебным заведением, В нем должны быть ясно написаны фамилия, имя и отчество студента, его учебный номер (шифр), название дисциплины, номер контрольной работы, вариант. Здесь же следует указать название учебного заведения и дату предоставления работы в колледж.
3. В работу должны быть включены все задачи, указанные в задании, строго по положенному варианту. Контрольные работы, содержащие не все задачи задания, а также задачи не своего варианта, не зачитываются.
4. Решения задач надо располагать в порядке возрастания их номеров, сохраняя номера задач.
5. Перед решением каждой задачи надо полностью выписать еѐ условие. В том случае, если несколько задач, из которых студент выбирает

задачи своего варианта, имеют общую формулировку, следует, переписывая условие задачи, заменить общие данные конкретными, взятыми из соответствующего номера.

6. Решения задач следует излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу решения.

7. После получения прорецензированной работы, как не зачтѐнной, так и зачтѐнной, студент должен исправить все отмеченные рецензентом ошибки и недочѐты и выполнить все рекомендации рецензента. Если рецензент предлагает ввести в решения задач те или иные исправления или дополнения и предоставить их для повторной проверки, то это следует сделать в короткий срок. Вместе с исправленными заданиями должна обязательно находиться прорецензированная работа и рецензия на неѐ. Поэтому рекомендуется при выполнении контрольной работы оставлять в конце тетради несколько чистых листов для всех дополнений и исправлений в соответствии с указаниями рецензента. Вносить исправления в сам текст работы после еѐ рецензирования запрещается.

8. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются по таблице вариантов. Номер варианта совпадает с последними двумя цифрами учебного номера (шифра) студента.

9. Работа должна быть выполнена аккуратно, четким разборчивым почерком. В конце работы приводится перечень использованной литературы. Записывая использованную литературу, вначале пишется основная, а затем дополнительная литература, указывается фамилия, инициалы автора, издательство, год издания.

10. Рецензирование домашних контрольных работ преподавателями заочных отделений является основной формой руководства самостоятельной работой студентов – заочников над учебным материалом в межсессионный период.

Результаты проверки фиксируются в учебной карточке студента.

По получении проверенных контрольных работ студент должен внимательно ознакомиться с исправлениями и замечаниями на полях, прочитать заключение преподавателя, сделать работу над ошибками и повторить недостаточно усвоенный материал.

Проверенные контрольные работы в обязательном порядке предъявляются экзаменатору перед экзаменом, иначе студент в промежуточной аттестации (экзамену) не допускается. На экзамене преподаватель может проверить знания студента не только по билету, но и по тем вопросам, которые неправильно или неточно были освещены в контрольных работах.

Методические указания к выполнению контрольного задания № 1. Электрические цепи постоянного тока

1. Общие положения

Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц.
Ток называется постоянным, если его величина и направление постоянны во времени.
В металлах заряженными частицами являются электроны, в жидкостях и газах - ионы. Упорядоченное движение зарядов вызывается электрическим полем, созданным источником электрической энергии.

Силой тока I называется физическая величина, равная отношению количества заряда, прошедшего за некоторое время через поперечное сечение проводника, к величине этого промежутка времени.

Сила тока в системе СИ измеряется в Амперах.

Напряжение U – это физическая величина, численно равная работе, которую совершает электрическое поле при перемещении заряда из одной точки в другую. Измеряется в Вольтах.

ЭДС E – это работа, которую совершают сторонние силы в источнике при перемещении заряда от минуса к плюсу. Измеряется в Вольтах.

Сопротивление R – это противодействие направленному движению электронов в проводнике. Измеряется в Омах. Сопротивление проводника зависит от его геометрических размеров и рода металла.

$R = \frac{\rho l}{S}$, где ρ- удельное сопротивление проводника, l- длина проводника, S- площадь сечения проводника.

Закон Ома для участка цепи: сила тока I на участке цепи прямо пропорциональна напряжению U и обратно пропорциональна сопротивлению :

$$I = \frac{U}{R}$$

Закон Ома для полной цепи: сила тока в замкнутой цепи прямо пропорциональна ЭДС источника и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи:

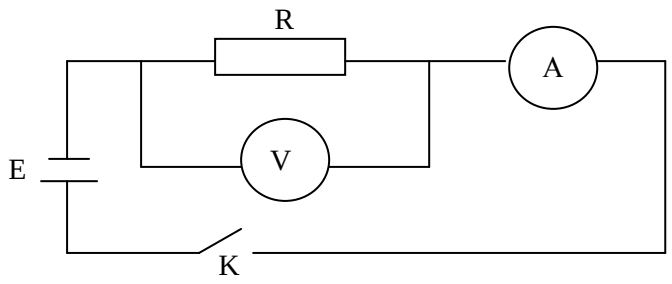
$$I = \frac{E}{R + r}$$

Мощность P – это величина, равная произведению силы тока на напряжение. Измеряется в Ваттах.

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

2. Электрическая цепь

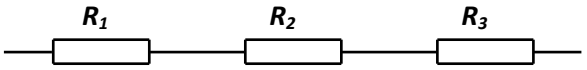
Простейшая электрическая цепь состоит из 3 элементов: источника электрической энергии (E), приемника электрической энергии (R) и соединительных проводов.
В общем случае электрическая цепь может иметь несколько источников и приемников, выключатели, контрольно-измерительные приборы (КИП), приборы защиты (плавкие предохранители) и т. д



Резисторы – это электротехнические устройства, обладающие сопротивлением и применяемые для ограничения токов. Реостат – это регулируемый резистор.

Соединение резисторов в батарею

Последовательное соединение резисторов:

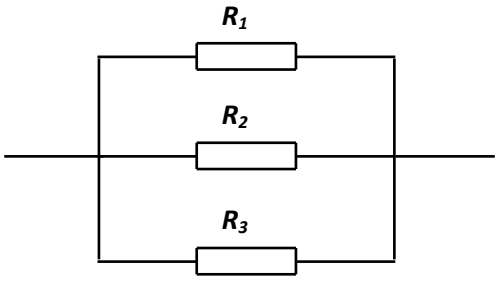


$U = U_1 + U_2 + U_3$

$I = I_1 = I_2 = I_3$

$R = R_1 + R_2 + R_3$

Параллельное соединение резисторов:



$U = U_1 = U_2 = U_3$

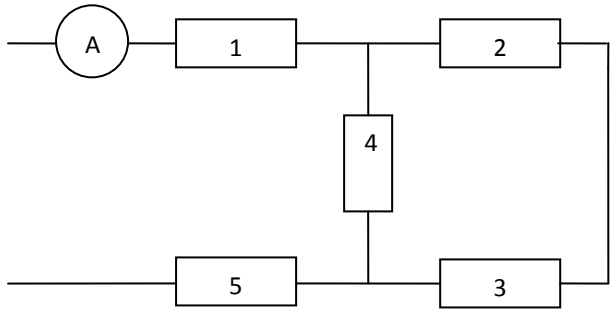
$I = I_1 + I_2 + I_3$

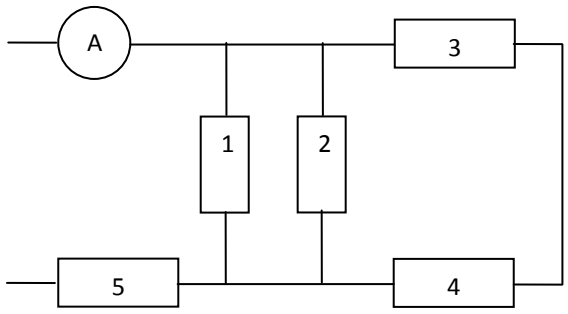
$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R$

Задание 1. Какой ток покажет амперметр при напряжении 36 В.

№	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	рис.	№	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	рис.
1	7	8	10	9	5	1	**16**	6	4	8	12	6	6
2	12	6	3	9	3	2	**17**	5	9	18	12	3	7
3	12	7	9	8	8	3	**18**	10	3	9	18	6	8
4	7	6	3	9	9	4	**19**	6	12	4	9	5	9
5	6	7	11	6	8	5	**20**	3	12	6	6	3	10
6	12	4	4	6	3	6	**21**	10	9	3	4	5	1
7	15	6	3	2	2	7	**22**	6	4	7	5	16	2
8	2	12	6	4	5	8	**23**	5	3	4	5	6	3
9	3	3	6	4	7	9	**24**	2	4	12	1	3	4
10	7	3	6	12	4	10	**25**	8	9	5	10	12	5
11	2	1	5	3	5	1	**26**	12	6	12	3	6	6
12	8	6	11	13	6	2	**27**	7	3	9	18	18	7
13	9	1	5	6	4	3	**28**	8	9	18	12	4	8
14	3	12	6	5	4	4	**29**	6	6	12	8	5	9
15	9	5	4	9	12	5	**30**	3	12	4	9	18	10

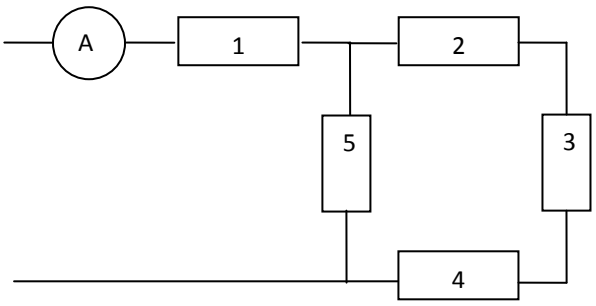
1.

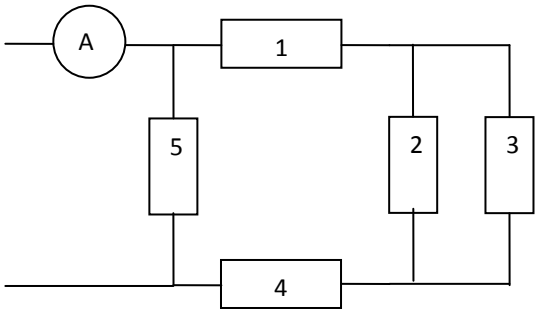




2.

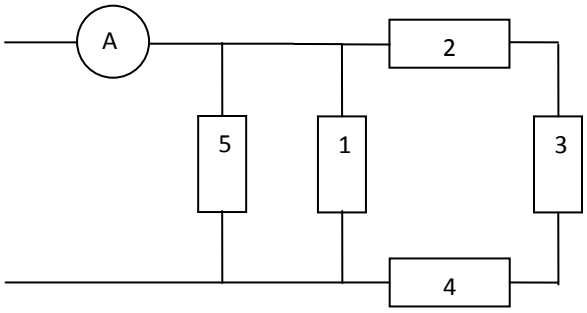
3.



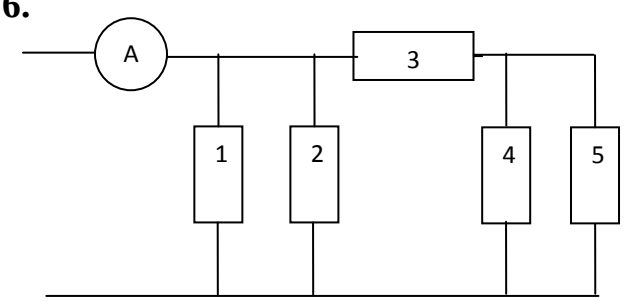


4.

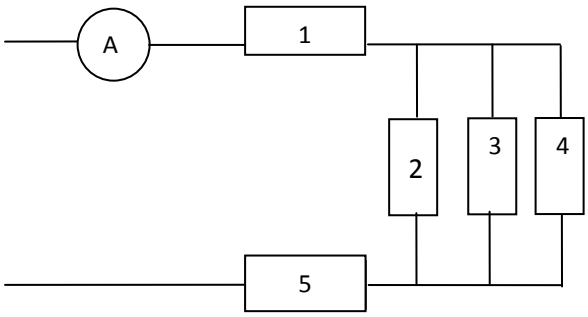
5.



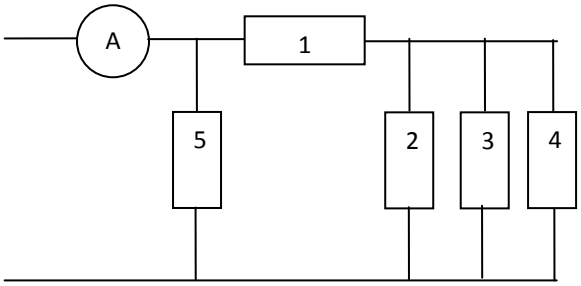
6.



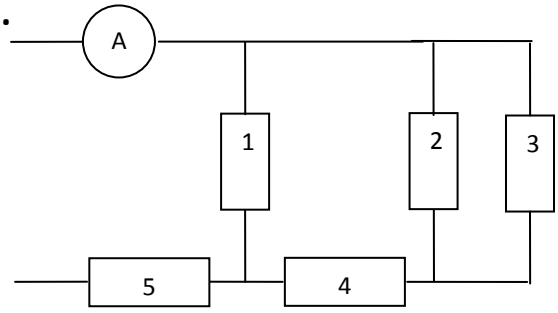
7.



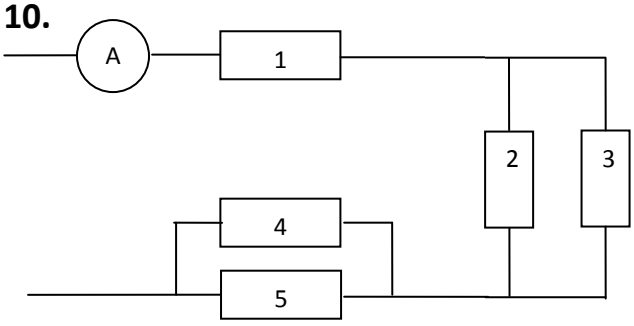
8.



9.



10.



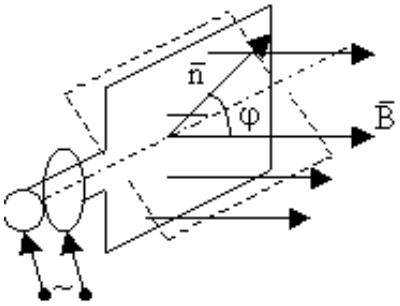
Методические указания к выполнению контрольного задания №2
Электрические цепи однофазного переменного тока.

1) Определение и получение переменного тока

Переменный ток – это ток, значение которого и направление меняется периодически. Переменный ток используется для подключения бытовых или производственных электрических приборов. Однофазный переменный ток широко используется в быту, домах, квартирах, бытовых приборах, нагревательных элементах, промышленности и т.д. Широко используется переменный ток благодаря тому, что электроэнергия переменного тока технически просто и экономно может быть преобразована из энергии более низкого напряжения в энергию более высокого напряжения и наоборот. Это свойство переменного тока позволяет передавать электроэнергию по проводам на большие расстояния.

Промышленный переменный электрический ток получают при помощи электрических генераторов, принцип работы которых основан на законе электромагнитной индукции. Вращение генератора осуществляется механическим двигателем, использующим тепловую, гидравлическую или атомную энергию.

Простейшая модель генератора переменного тока:



Прямоугольная рамка, вращающаяся в однородном магнитном поле с угловой скоростью ω. Магнитный поток, пронизывающий контур равен:

$$\Phi = BS\cos\varphi = BS\cos\omega t$$

т.к. угол поворота $\varphi = \omega t$ при равномерном вращении.

При вращении магнитный поток Ф периодически изменяется, т.е. в контуре возникает периодически изменяющаяся ЭДС индукции. Согласно закону Фарадея:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BS\omega\sin\omega t = \varepsilon_m \sin\omega t,$$

где $\varepsilon_m = BS\omega$ - амплитуда ЭДС. Переменная ЭДС создает в контуре переменный ток

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_0}{R}\sin\omega t = I_m \sin\omega t,$$

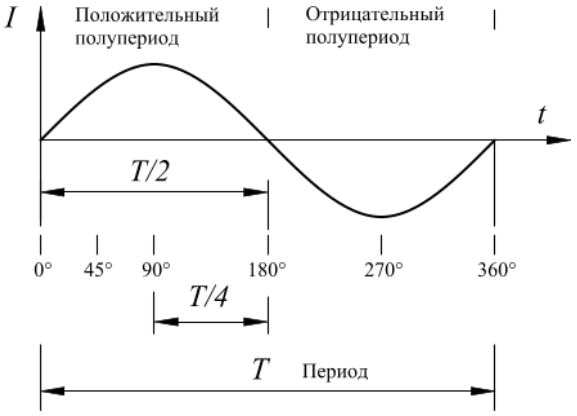
где I_m - амплитуда тока, R - сопротивление рамки. Ток I отводится щетками, скользящими по кольцам.

Однофазный переменный ток широко используется в быту, домах, квартирах, бытовых приборах, нагревательных элементах, промышленности.

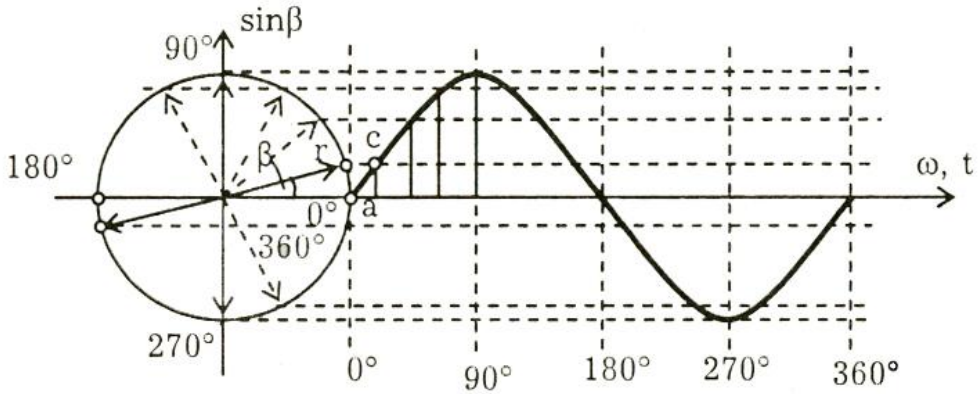
2) Характеристики переменного тока

№	Название характеристики	Определение	Обозначение и единицы измерения	Расчетные формулы
1	**Мгновенное значение**	Это значение напряжения или силы тока в конкретный момент времени	**i**, А(Ампер) **u**, В(Вольт)	$i=I_m\sin(\omega t+\Psi)$ $u=U_m\sin(\omega t+\Psi)$
2	**Амплитуда**	Это максимальное значение напряжения или силы тока	$\mathbf{I_m}$, А(Ампер) $\mathbf{U_m}$, В(Вольт)	$I_m=\sqrt{2}\cdot I$ $U_m=\sqrt{2}\cdot U$
3	**Период**	Это промежуток времени, за который напряжение или ток совершают одно полное колебание	**T**, с (секунда)	$T=\frac{1}{f}=\frac{\omega}{2\pi}$
4	**Частота**	Это количество полных колебаний за единицу времени	**f**, Гц (Герц)	$f=\frac{1}{T}=\frac{2\pi}{\omega}$
5	**Циклическая частота**	Это величина, показывающая количество полных колебаний за 2π секунд	**ω**, рад/с	$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi f$
6	**Фаза**	Это угол поворота вектора силы тока или напряжения	**φ,** рад	$\varphi=\omega t$
6	**Начальная фаза**	Это угол, определяющий мгновенное значение напряжения или тока в начальный момент времени (0)	**Ψ**, рад	
7	**Действующее значение**	Это значение напряжения или силы тока, которые показывают электроизмерительные приборы	**I**, А **U**, В	$I=\frac{I_m}{\sqrt{2}}$ $U=\frac{U_m}{\sqrt{2}}$

3) Изображение переменного тока

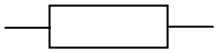
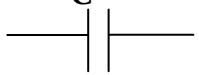
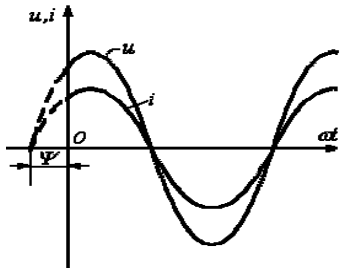
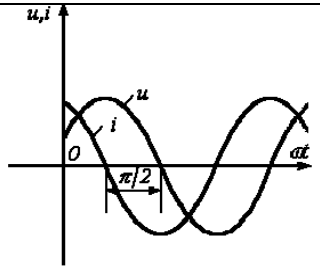
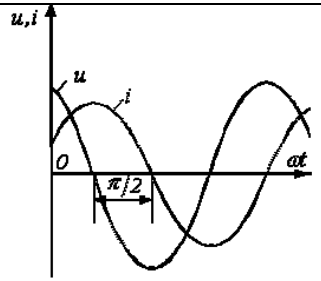
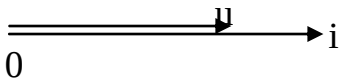
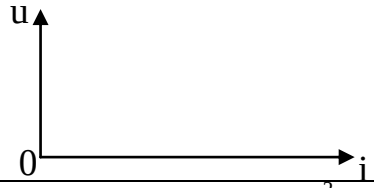
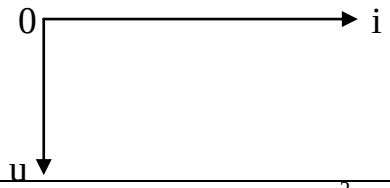


В системе декартовых прямоугольных координат совмещены тригонометрический круг и кривая, отражающая изменение величины тригонометрической функции $sin\beta$ от величины угла β между осью $0x$ и радиусом-вектором r. Радиус-вектор r вращается против часовой стрелки. Повернем радиус-вектор на угол β и от конца вектора r проведем пунктиром прямую, параллельную оси $0x$. От окружности (точка a) по оси $0x$ отложим в масштабе отрезок. Из конца отрезка построим перпендикуляр до пересечения с пунктирной прямой. Получим точку с в пересечении перпендикуляра и пунктирной прямой.



Аналогичное построение проведем, увеличивая угол β, пока радиус-вектор повернется на угол $\beta = 360°$, и получим точки аналогично точке c. Соединим точки плавной кривой, которая и будет отражать синусоидальный закон изменения величины переменного тока.

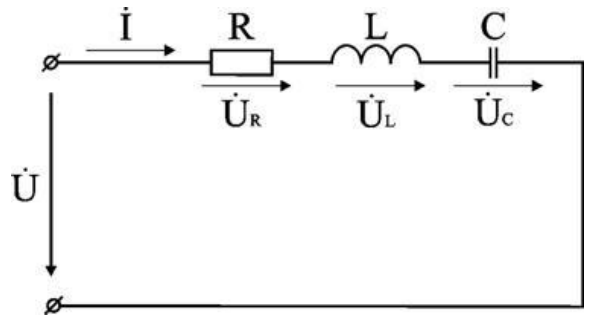
4) Элементы электрической цепи однофазного переменного тока

№	Элемент схемы	**R** 	**L**	**C** 
1	Сопротивление	Активное: R	Реактивное индуктивное: $X_L = \omega L$	Реактивное ёмкостное: $X_C = \frac{1}{\omega C}$
2	Закон Ома	$I = \frac{U}{R}$ $I_m = \frac{U_m}{R}$	$I = \frac{U}{X_L}$ $I_m = \frac{U_m}{X_L}$	$I = \frac{U}{X_C}$ $I_m = \frac{U_m}{X_C}$
3	Угол сдвига фаз φ	Сила тока i и напряжение u совпадают по фазе $\varphi=0^0$ $i=I_m\sin\omega t$ $u=U_m\sin\omega t$	Напряжение u опережает силу тока i по фазе на π/2 $i=I_m\sin\omega t$ $u=U_m\sin(\omega t+ \pi/2)$	Напряжение u отстаёт от силы тока i по фазе на π/2 $i=I_m\sin\omega t$ $u=U_m\sin(\omega t- \pi/2)$
4	Волновая диаграмма напряжения и тока			
5	Векторная диаграмма напряжения и тока			
6	Мощность	активная P (Вт): $P=U_RI=I^2R$	реактивная Q (Вар): $Q_L= I^2X_L$	реактивная Q (Вар): $Q_C= I^2X_C$

5) Расчёт неразветвленной цепи однофазного тока

Проведем анализ работы электрической цепи с последовательным соединением элементов R, L, C.

Прямая задача

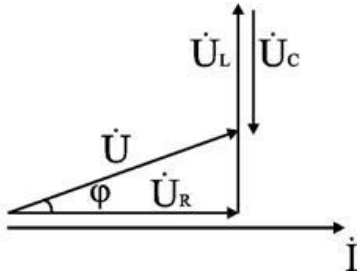


Дано: схема цепи, величины сопротивление элементов R, L, C, напряжение U, приложенное ко всей цепи.

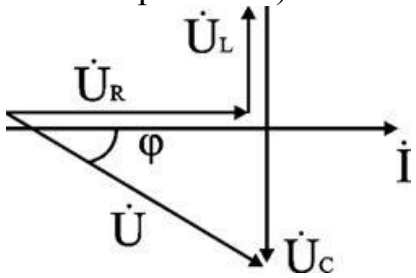
Найти: полное сопротивление цепи Z, ток в цепи I и напряжение на элементах цепи U_R, U_L, U_C, сдвиг фазы φ, активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи, построить векторную диаграмму напряжений и тока.

Решение:

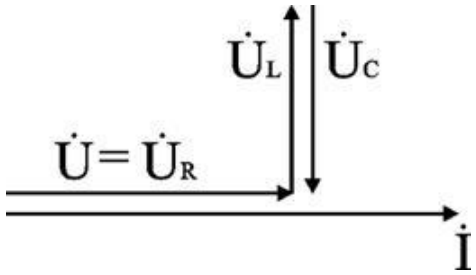
1. Полное сопротивление цепи: $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
2. Силу тока найдем по закону Ома: I = U / Z
3. Напряжения на элементах: $U_R = I \cdot R$; $U_L = I \cdot X_L$; $U_C = I \cdot X_C$
4. Угол сдвига фаз: $\sin\varphi = \dfrac{X_L - X_C}{z}$
5. Активная мощность: $P = I^2 \cdot R$
6. Реактивная мощность: $Q = I^2 \cdot (X_L - X_C)$
7. Полная мощность: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$
8. Анализ расчетных данных и построение векторных диаграмм. В зависимости от величин L и C возможны следующие варианты: $X_L > X_C$; $X_L < X_C$; $X_L = X_C$ (резонанс напряжений).



$X_L > X_C$ угол φ > 0, $U_L > U_C$.



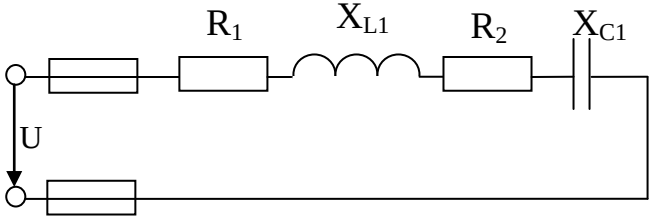
$X_L < X_C$ угол φ < 0, $U_L < U_C$.



$X_L = X_C$ угол φ = 0, $U_L = U_C$.

Пример решения задачи №1 (прямой)

Дано:
R_1=8 Ом
X_{L1}=22 Ом
R_2=4 Ом
X_{C1}=6 Ом
U=200 В



Найти: I, cosφ, P, Q, S, U_{R1}, U_{R2}, U_L, U_C, векторную диаграмму цепи.

Решение

1. Полное сопротивление цепи:

$$Z=\sqrt{(R_1+R_2)^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{(8+4)^2+(22-6)^2}=20 \text{ Ом.}$$

2. Сила тока в цепи:

$$I=\frac{U}{Z}=\frac{200}{20}=10$$

3. Коэффициент мощности в цепи

$$\cos\varphi=\frac{R_1+R_2}{Z}=\frac{8+4}{20}=0.6;$$

По таблице Брадиса находим $\varphi=53^\circ 10'$.

4. Активная мощность

$$P=I^2(R_1+R_2)=10^2(8+4)=1200 \text{ Вт,}$$

5. Реактивная мощность

$$Q=I^2(X_L-X_C)=10^2(22-6)=1600 \text{ вар,}$$

6. Полная мощность

$$S=I^2\cdot Z=10^2\cdot 20=2000 \text{ В·А,} \quad \text{или} \quad S=UI=200\cdot 10=2000 \text{ В·А.}$$

7. Напряжения на сопротивлениях цепи:

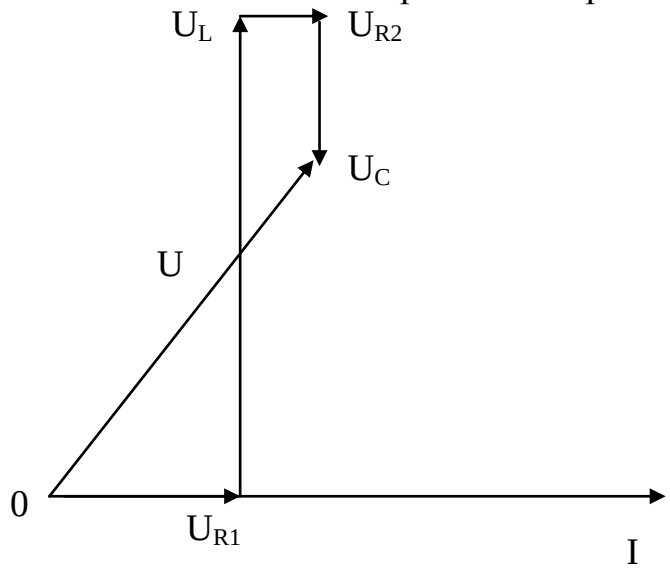
$$U_{R1}=I\cdot R_1=10\cdot 8=80 \text{ В}$$

$$U_L=I\cdot X_L=10\cdot 22=220 \text{ В}$$

$$U_{R2}=I\cdot R_2=10\cdot 4=40 \text{ В}$$

$$U_C=I\cdot X_C=10\cdot 6=60 \text{ В}$$

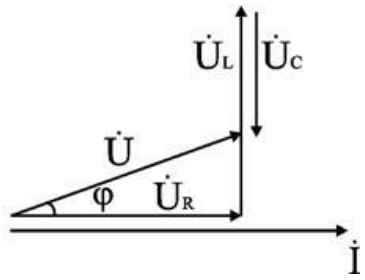
8. Построение диаграммы: Построение диаграммы начинаем с выбора масштаба. По току I : 1:1, по напряжению U: 1:20 Откладываем по горизонтали вектор тока I=10, его длина составит 10/1=10см. Вдоль вектора тока в масштабе откладываем вектор напряжения на резисторе R_1, его длина составит 80/20=4 см. К концу вектора U_{R1} в сторону опережения тока на 90^0 откладываем вектор напряжения на катушке индуктивности U_L, его длина составит 220/20=11 см. К его концу прибавляем вектор напряжения на резисторе R_2 U_{R2}, его длина составит 40/20=2 см. От конца вектора U_{R2} откладываем в сторону отставания на 90^0 , т.е вниз, вектор напряжения на конденсаторе U_C, его длина составит 60/20=3 см. От начала первого вектора к концу последнего проводим вектор общего напряжения U для данной схемы.



Обратная задача

Дано: диаграмма цепи, значение тока во всей цепи I, напряжения на каждом элементе цепи U_1, U_2, U_3…

Найти: 1)характер каждого сопротивления; 2) схему цепи; 3) значение каждого сопротивления; 4) полное сопротивление цепи



Решение

1) Рассмотрим диаграмму и по тому, как направлены векторы напряжений, определим, какие элементы включены в схему, и в какой последовательности они располагаются
   Если это резистор, то вектор тока совпадает с вектором напряжения
   Если это катушка, то вектор напряжения опережает ток на 90^0
   Если это конденсатор, то вектор напряжения отстаёт на 90^0
2) Изобразим схему цепи, соответствующей данной диаграмме (см. задание №1)
3) Определим значение каждого из элементов цепи по закону Ома: $R_i=U_i/I_i$; $X_i=U_i/I_i$. Индекс i принимает значения номера элемента в цепи (1-5)
4) Определим полное сопротивление цепи: $Z=\sqrt{R^2+\left(X_L-X_C\right)^2}$

Пример решения задачи №2 (обратная)

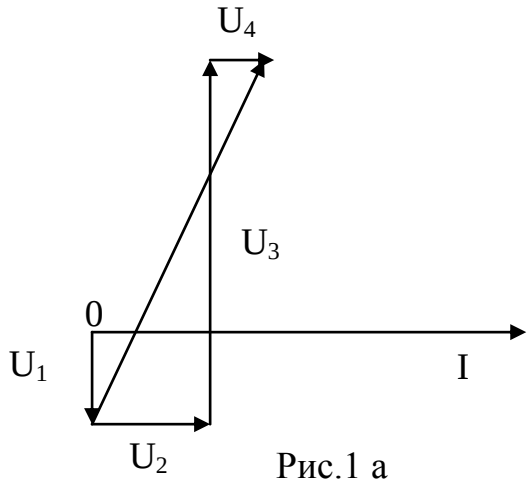


Рис.1 а

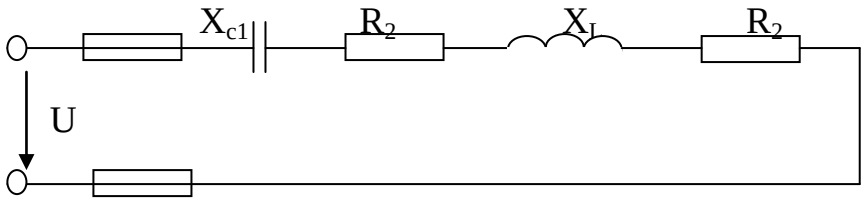


Рис.1 б

На рис.1 а задана векторная диаграмма для неразветвлённой цепи, ток I=5 А и падения напряжений на каждом сопротивлении: U_1=20 В, U_2=20 В, U_3=60 В, U_4=10 В. Определить характер и величину каждого сопротивления, начертить эквивалентную схему цепи, вычислить приложенное напряжение и угол сдвига фаз

Решение:

Из векторной диаграммы следует, что напряжение U_1 отстаёт от тока на 90^0. Следовательно, на первом участке включен конденсатор, сопротивление которого $X_C = \frac{U_1}{I} = \frac{20}{5} = 4Ом$

Вектор напряжения на втором участке U_2 направлен параллельно вектору тока, т.е. совпадает с ним по фазе. Значит, на втором участке включено активное сопротивление $R_1 = \frac{U_2}{I} = \frac{20}{5} = 4Ом$

Вектор напряжения на третьем участке U_3 опережает вектор тока на угол 90^0, что характерно для катушки индуктивности, сопротивление которой $X_L = \frac{U_3}{I} = \frac{60}{5} = 12Ом$

На четвёртом участке включено активное сопротивление $R_2 = \frac{U_4}{I} = \frac{10}{5} = 2Ом$

Эквивалентная схема цепи приведена на рис.1б

Задание 2. Расчет неразветвленной RLC-цепи синусоидального тока

Задача №1(прямая): на рисунках изображены различные RLC-цепи. По данным своего варианта определить:1) полное сопротивление цепи **Z**; 2) ток **I** или напряжение **U**; 3) угол сдвига фазы **sinφ**; 4) активную **P**, реактивную **Q** и полную мощности **S**; 5) напряжение на каждом сопротивлении; 6) начертить векторную диаграмму цепи.

рис. №1

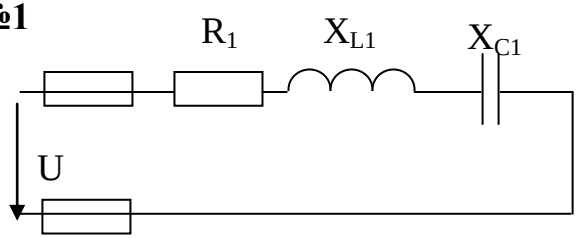


рис. №7

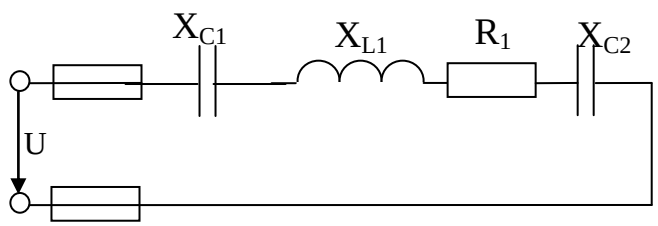


рис. №2

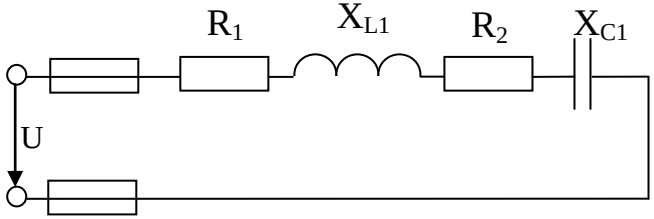


рис. №8

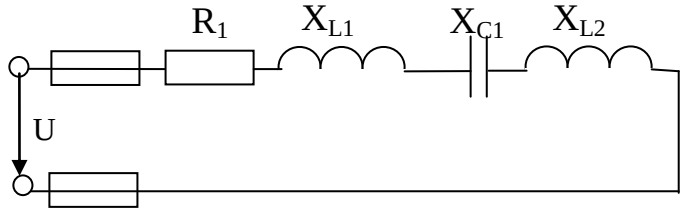


рис №3

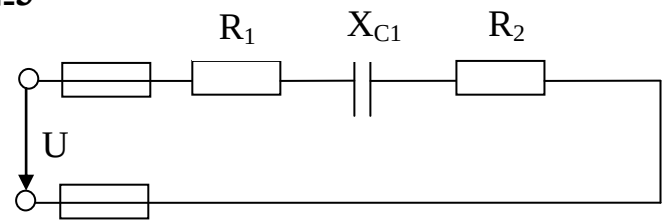


рис. №9

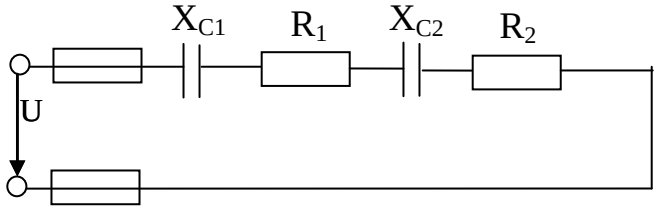


рис. №4

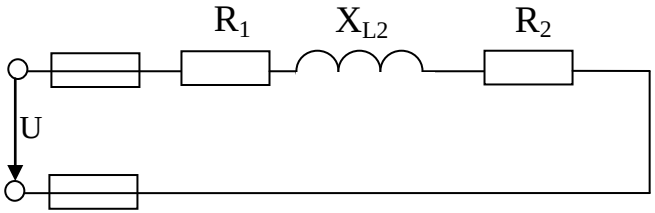


рис. №10

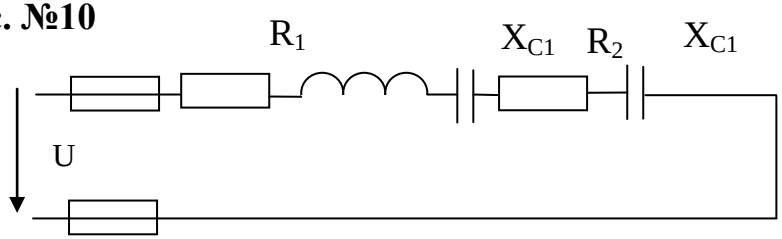


рис. №5

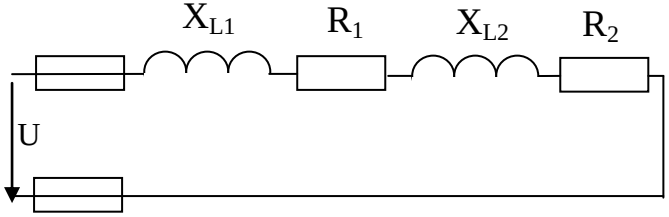


рис. №11

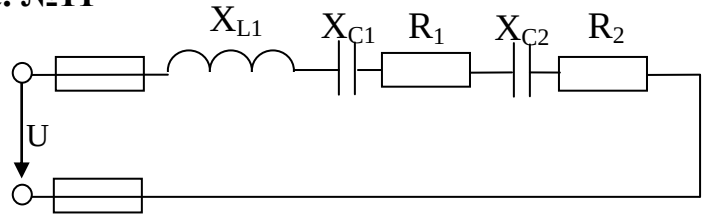


рис. №6

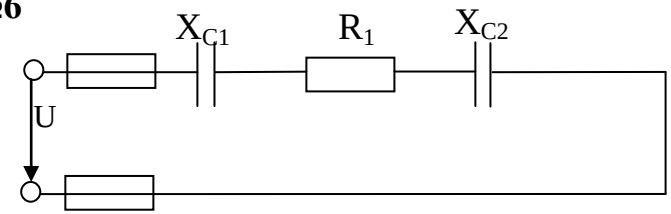


рис. №12

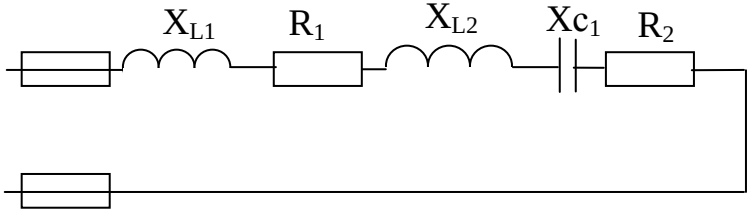


Таблица данных к задаче №1

№ вар	№ рис	R_1 Ом	R_2 Ом	X_{L1}, Ом	X_{L2}, Ом	X_{C1}, Ом	X_{C2}, Ом	Доп. пар	№ вар	№ рис	R_1 Ом	R_2 Ом	X_{L1}, Ом	X_{L2}, Ом	X_{C1}, Ом	X_{C2}, Ом	Доп. пар
1	**1**	4	-	6	-	3	-	U=50 В	**16**	**4**	6	6	16	-	-	-	U=80 В
2	**2**	6	2	3	-	9	-	U=40 В	**17**	**5**	2	6	2	4	-	-	P=200 Вт
3	**3**	2	2	-	-	3	-	P=100 Вт	**18**	**6**	6	-	-	-	4	4	U=60 В
4	**4**	10	6	12	-	-	-	U==100В	**19**	**7**	8	-	6	-	8	4	I=4 А
5	**5**	2	4	2	6	-	-	U=60 В	**20**	**8**	12	-	10	10	4	-	U=60 В
6	**6**	8	-	-	-	4	2	U=40 В	**21**	**9**	8	4	-	-	10	6	U=80 В
7	**7**	8	-	12	-	4	2	P=200 Вт	**22**	**10**	4	2	4	-	10	10	P=200 Вт
8	**8**	16	-	10	8	6	-	U=80 В	**23**	**11**	4	2	12	-	2	2	U=60 В
9	**9**	10	6	-	-	8	4	I=2 А	**24**	**12**	6	6	4	4	8	-	U=144 В
10	**10**	8	8	12	-	4	2	P=256 Вт	**25**	**1**	3	-	4	-	8	-	U=100 В
11	**11**	8	8	12	-	4	2	P=256 Вт	**26**	**2**	2	2	6	-	3	-	I=10 А
12	**12**	4	4	6	6	6	-	U=80 В	**27**	**3**	2	4	-	-	8	-	U=40 В
13	**1**	8	-	9	-	3	-	I=4 А	**28**	**4**	2	2	3	-	-	-	P=200 Вт
14	**2**	2	2	6	-	3	-	U=50 В	**29**	**5**	6	6	8	8	-	-	U= 100 В
15	**3**	4	4	-	-	6	-	I=6 А	**30**	**6**	3	-	-	-	2	2	U=50 В

Задача №2(обратная): На рисунках изображены векторные диаграммы напряжений и токов для однофазных RLC-цепей. По заданной векторной диаграмме определить: 1) характер каждого сопротивления; 2) схему цепи; 3) значение каждого сопротивления; 4) полное сопротивление цепи **Z**

Рис. №1

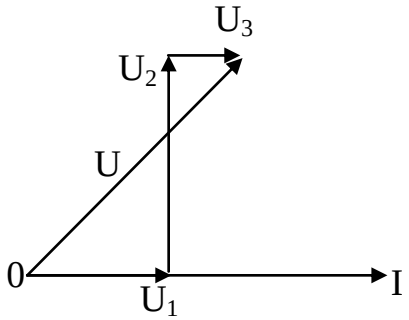


Рис. №2

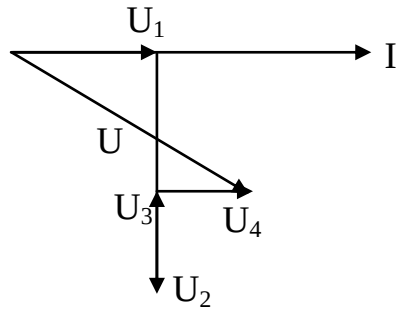


Рис. №3

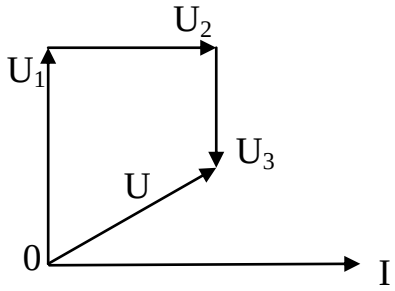


Рис. №4

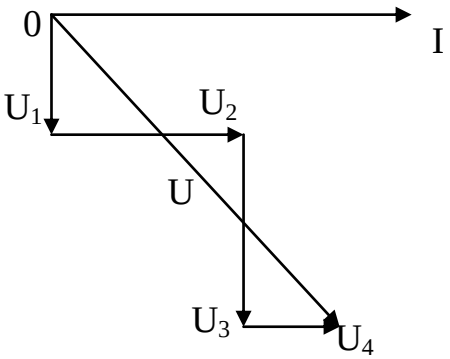


Рис. №5

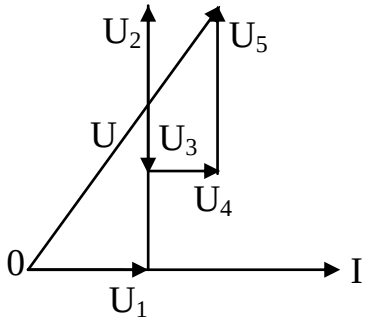


Рис. №6

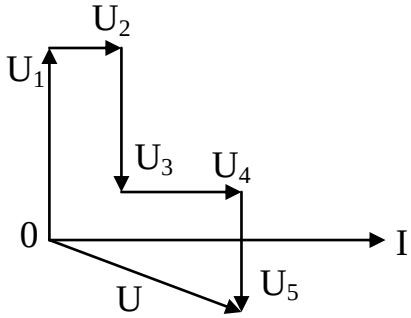


Рис. №7

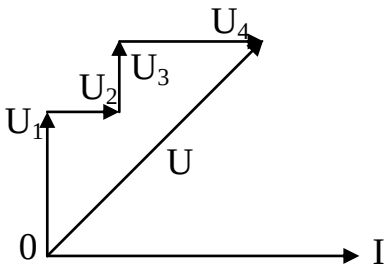


Рис. №8

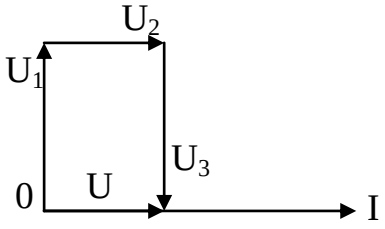


Рис. №9

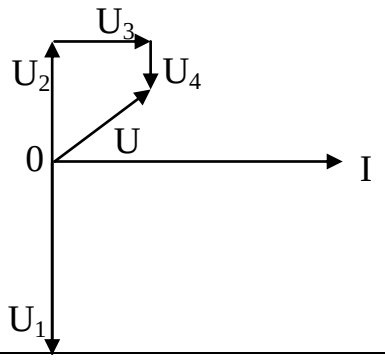


Рис. №10

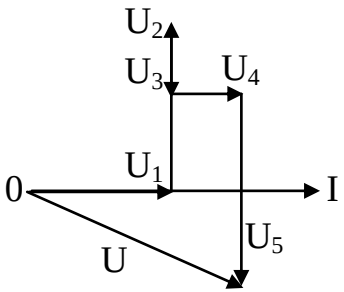


Рис. №11

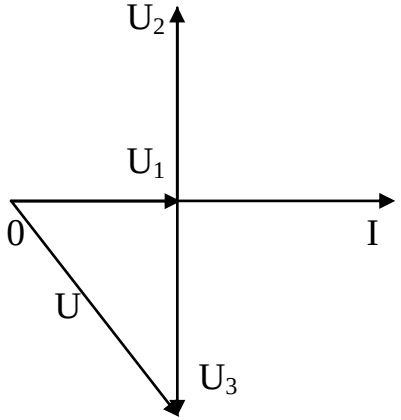


Рис. №12

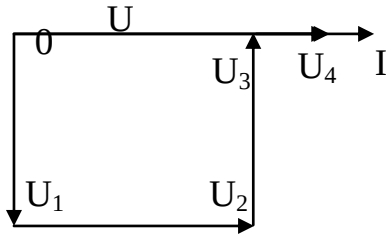


Таблица к задаче №2

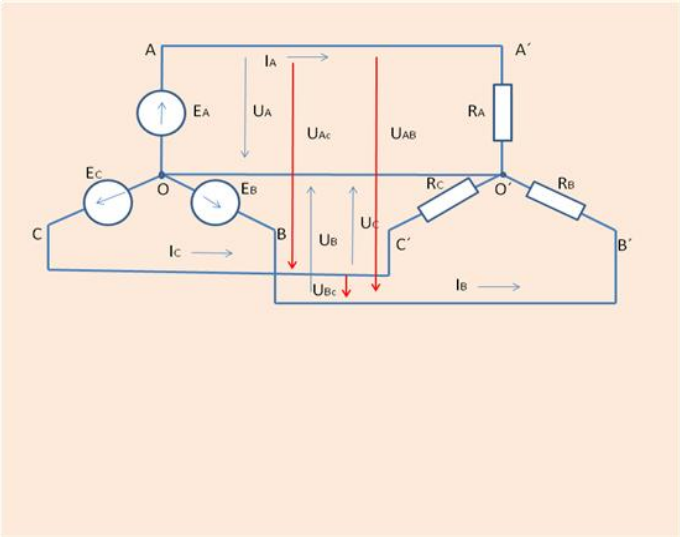
№ вар	№ рис	I, A	U_1,B	U_2,B	U_3,B	U_4,B	U_5,B	№ вар	№ рис	I, A	U_1,B	U_2,B	U_3,B	U_4,B	U_5,B
1	**1**	5	15	15	5	-	-	**16**	**4**	3	6	30	30	18	-
2	**2**	4	30	80	16	16	-	**17**	**5**	10	20	40	20	10	20
3	**3**	3	60	48	24	-	-	**18**	**6**	2	36	6	10	6	10
4	**4**	2	4	8	12	4	-	**19**	**7**	5	15	5	5	10	-
5	**5**	4	12	20	16	4	8	**20**	**8**	3	30	15	30	-	-
6	**6**	2	16	2	12	6	10	**21**	**9**	4	56	80	12	8	-
7	**7**	3	9	3	3	6	-	**22**	**10**	4	32	32	16	16	36
8	**8**	5	50	25	50	-	-	**23**	**11**	10	30	40	80	-	-
9	**9**	4	32	56	12	8	-	**24**	**12**	5	20	15	20	5	-
10	**10**	10	20	40	30	20	40	**25**	**1**	10	60	60	20	-	-
11	**11**	2	6	18	24	-	-	**26**	**2**	2	40	100	20	20	-
12	**12**	4	20	40	20	12	-	**27**	**3**	4	40	32	16	-	-
13	**1**	4	32	20	16	-	-	**28**	**4**	10	20	40	60	20	-
14	**2**	5	10	25	5	5	-	**29**	**5**	3	15	30	18	9	18
15	**3**	2	20	6	12	-	-	**30**	**6**	5	40	5	10	10	10

Методические указания к выполнению контрольного задания № 3.
Трехфазные электрические цепи

Три синусоидальные ЭДС одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутые по фазе на 120^0, образуют **трехфазную симметричную систему или трехфазный ток**. Трехфазный генератор, соединенный проводами с трехфазным потребителем, образуют **трехфазную цепь.**

Существуют 2 способа соединения обмоток трехфазного генератора и потребителя:

- **звездой (с нулевым проводом и без нулевого);**
- **треугольником**



При соединении звездой концы трех обмоток генератора, расположенных под углом 120^0 другу, соединяют в одну точку, которую называют **нулевой точкой.**

При соединении звездой :

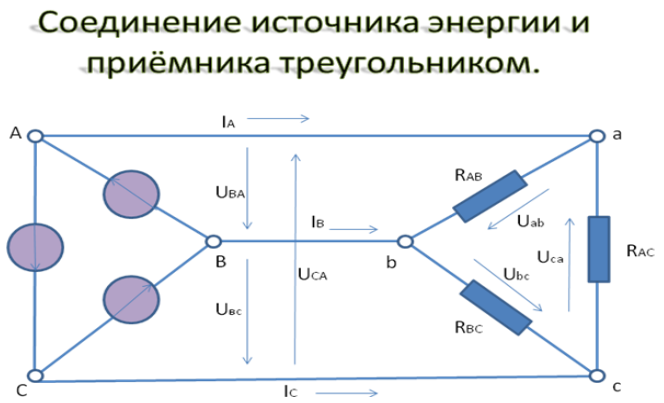
$$U_л = \sqrt{3}\, U_ф; \quad I_ф = I_л;$$

Назначение нулевого провода – выравнивать фазные напряжения. $I_0 = I_A + I_B + I_C$

При симметричной нагрузке ($Z_A = Z_B = Z_C$) ток в нулевом проводе равен нулю, нулевой провод не нужен (трехпроводная цепь).

При несимметричной нагрузке ($Z_A \neq Z_B \neq Z_C$) ток в нулевом проводе не равен нулю, нулевой провод нужен. (четырехпроводная цепь). При его обрыве изменяются фазные напряжения (на одних фазах повышается, на других понижается).

При соединении треугольником конец первой обмотки генератора соединяют с началом второй, конец второй - с началом третьей, конец третьей – с началом первой.



При соединении треугольником:

$$U_Ф = U_л; \quad I_л = \sqrt{3}\, I_ф;$$

Активная мощность фазы: $P = I^2R = UI$

Реактивная мощность фазы:

$$Q = (X_L - X_C)\, I^2$$

В симметричной трехфазной цепи $P = 3\, P_Ф$, $Q = 3\, Q_Ф$.

Полная мощность: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Алгоритм выполнения задачи 1: В трехфазную четырехпроводную сеть включены звездой лампы накаливания мощностью РЛ каждая. В фазы А, В и С включены соответственно nA, nB, nC ламп. Линейное напряжение сети равно Uном. Определить фазные токи Iф в проводниках линии и начертить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов, из которой графически определить ток в нулевом проводе. Вычислить мощность, потребляемую каждой фазой РФ и всей цепью Р.

Порядок решения задачи:

1. Определяем фазные напряжения установки:
   $U_A=U_B=U_C=U_{ном}/\sqrt{3}$ (выбираем из стандартов напряжений: 127/220, 220/380, 380/660)
2. Находим фазные токи:
   $I_A=P_A/U_A$ $I_B=P_B/U_B$ $I_C=P_C/U_C$
3. Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току и напряжению.
   Построение начинаем с векторов фазных напряжений U_A, U_B, U_C, располагая их под углом 120^0 друг относительно друга.
4. Лампы накаливания являются активной нагрузкой, поэтому ток в каждой фазе совпадает с соответствующим фазным напряжением и векторы I и U будут одинаково направлены.
5. Ток I_0 в нулевом проводе является геометрической суммой всех фазных токов
   $I_0 = I_A + I_B + I_C$

Пример диаграммы:

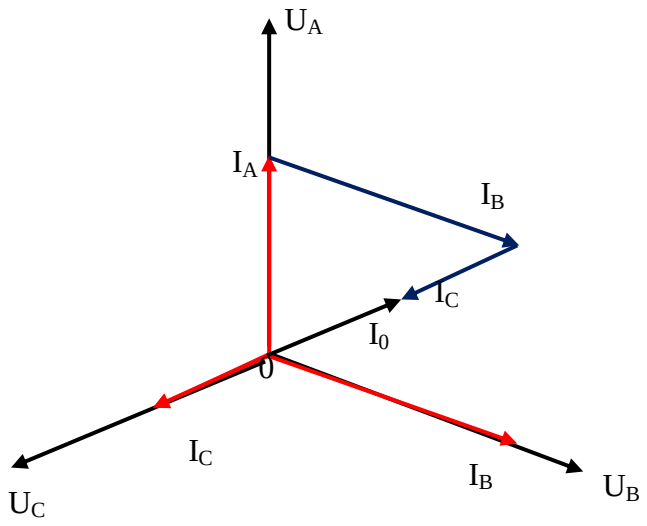


Рис.№1

Алгоритм выполнения задачи 2: Три активных сопротивления R_{AB}, R_{BC}, R_{CA} соединили в треугольник и включили в трехпроводную сеть с линейным напряжением $U_{ном}$. Начертить схему цепи и определить фазные токи и потребляемую цепью активную мощность. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи, из которой графически найти линейные токи.

Порядок решения задачи:

1. Определяем фазные токи:
   $I_{AB}=U_{AB}/R_{AB}$ $I_{BC}=U_{BC}/R_{BC}$ $I_{CA}=U_{CA}/R_{CA}$
   $U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=U_{ном}$
2. Определяем активную мощность каждой фазы и всей цепи
   $P_{AB}= I_{AB}U_{AB}$ $P_{BC}= I_{BC}U_{BC}$ $P_{CA}= I_{CA}U_{CA}$
   $P=P_{AB}+P_{BC}+P_{CA}$
3. Для построения векторной диаграммы выбираем масштаб по току и напряжению. Затем в принятом масштабе откладываем векторы фазных (они же линейные) напряжений U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} под углом 120^0 друг относительно друга.
4. На векторной диаграмме отложить векторы сил тока в фазах I_{AB}, I_{BC}, I_{CA} Эти векторы направлены так же, как и векторы напряжения
5. Затем строим векторы линейных токов на основании известных уравнений:
   $I_A=I_{AB}+(-I_{CA})$; $I_B=I_{BC}+(-I_{AB})$; $I_C=I_{CA}+(-I_{BC})$
   Измеряя длины векторов линейных токов и пользуясь принятым масштабом, находим значения линейных токов.

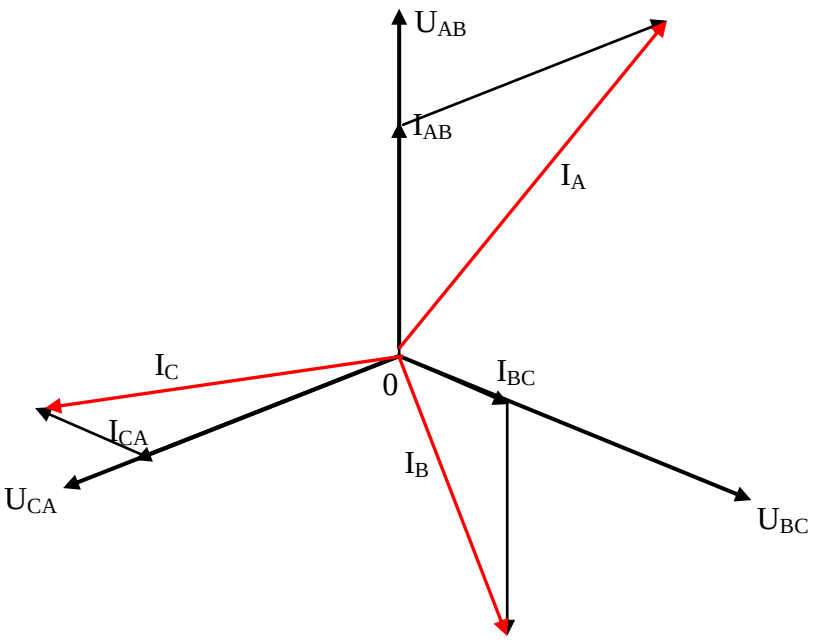


Рис.№2

Пример.

В трехфазную четырехпроводную сеть включены звездой лампы накаливания мощностью Р=300 Вт каждая. В фазу А включили 30 ламп, в фазу В – 50 ламп и в фазу С – 20 ламп. Линейное напряжение сети $U_{ном} = 380B$ (рис.5,а).Определить токи фазах и начертить векторную диаграмму цепи, из которой найти числовое значение тока в нулевом проводе.

Решение.

1. Определяем фазные напряжения установки:

$U_A = U_B = U_C = U_{ном} / \sqrt{3} = 380/1{,}73 = 220B.$

2. Находим фазные токи:

$I_A = P_{фA} / U_A = \dfrac{300 \cdot 30}{220} = 41A; I_B = P_{фB} / U_B = \dfrac{300 \cdot 50}{220}$ =68А;

$I_C = P_{фC} / U_C = \dfrac{300 \cdot 20}{220} = 27{,}3A.$

3. Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току: 1 см – 20 А и по напряжению: 1см- 80 В. Построение диаграммы начинаем с векторов фазных напряжений U_A, U_B, U_C, располагая их под углом 120° друг относительно друга. Чередование фаз обычное: за фазой А – фаза В, за фазой В – фаза С. Лампы накаливания являются активной нагрузкой, поэтому ток в каждой фазе совпадает с соответствующим фазным напряжением. Смотри рис.№1.

В фазе А ток I_A=41 А, поэтому на диаграмме он выразится вектором, длина которого равна 41/20= 2,05 см. длина вектора фазного напряжения U_A =220/80=2,75 см. Аналогично строим векторы токов и напряжений в остальных фазах.

Ток I_0 в нулевом проводе является геометрической суммой всех фазных токов. Измеряя длину вектора тока I_0 в нулевом проводе, получаем 1,75 см, поэтому I_0=1,75*20=35 А. векторы линейных напряжений на диаграмме не показаны, чтобы не усложнять чертеж.

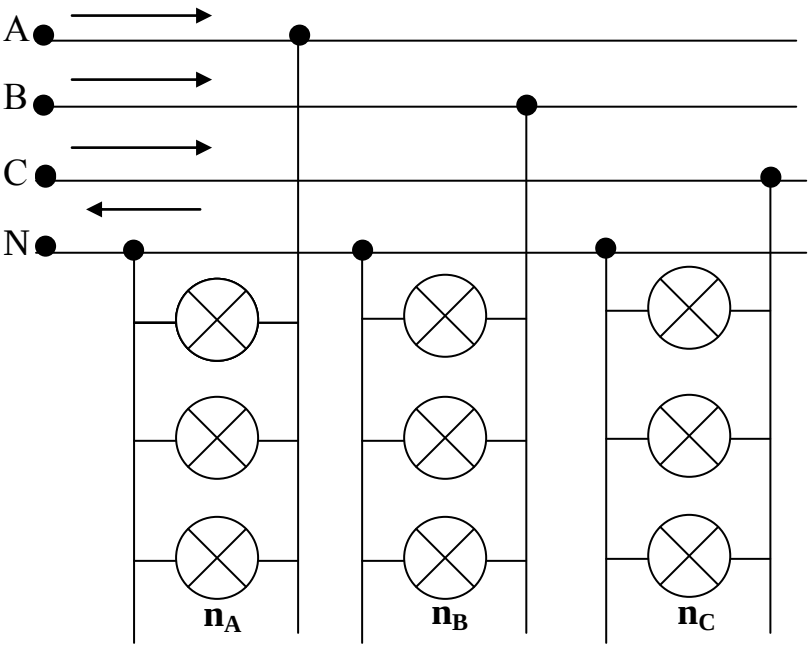
Задание №3 «Расчет трехфазных электрических цепей»

Задача №1: производственное помещение домостроительного комбината освещается лампами накаливания. Лампы включены звездой с нулевым проводом в трехфазную четырехпроводную сеть. Линейное напряжение сети равно $U_{ном}$. В фазы А, В и С включены соответственно n_A, n_B, n_C ламп мощностью каждая $P_Л$.

Определить линейные токи в проводниках линии и начертить в масштабе векторную диаграмму напряжений и токов, из которой графически определить ток в нулевом проводе. Вычислить мощность, потребляемую каждой фазой и всей цепью. Заданные величины в табл. 1.

Таблица №1

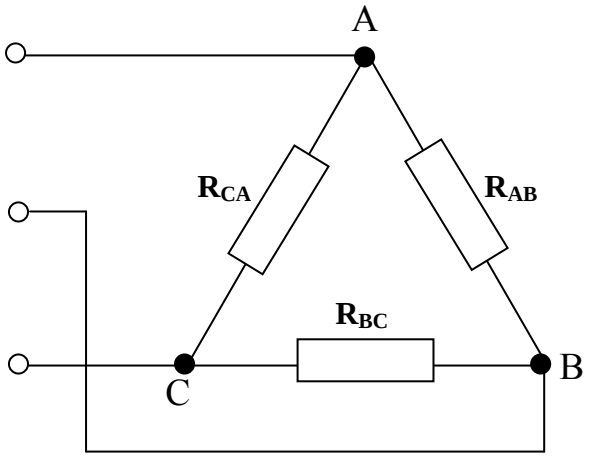
№ варианта	$U_{ном}$	n_A, шт	n_B, шт	n_C, шт	$P_Л$, Вт
1	380	50	30	20	300
2	220	30	25	15	200
3	380	40	50	20	500
4	220	60	40	50	200
5	380	20	30	25	500
6	220	20	50	40	200
7	380	30	40	50	500
8	220	60	30	20	200
9	380	40	30	15	300
10	220	30	40	20	300
11	380	45	20	15	500
12	380	110	50	80	100
13	380	60	25	40	300
14	220	35	20	40	200
15	220	50	25	10	200
16	380	100	60	80	150
17	220	30	45	20	200
18	380	20	30	50	300
19	220	30	40	60	200
20	380	25	60	45	100



Задача №2: Три активных сопротивления R_{AB}, R_{BC}, R_{CA} соединили в треугольник и включили в трехпроводную сеть с линейным напряжением $U_{ном}$. Начертить схему цепи и определить фазные токи и потребляемую цепью активную мощность. Начертить в масштабе векторную диаграмму цепи, из которой графически найти линейные токи.

Таблица №2

№ варианта	**R_{AB}, Ом**	**R_{BC}, Ом**	**R_{CA}, Ом**	**$U_{ном}$, В**
1	11	22	44	220
2	30	15	60	660
3	76	38	19	380
4	44	88	22	220
5	19	38	38	380
6	44	44	22	220
7	66	30	15	660
8	38	76	76	380
9	22	22	44	220
10	38	19	19	380
11	66	30	33	660
12	40	38	76	380
13	22	11	10	220
14	30	20	60	660
15	10	19	38	380
16	55	22	44	220
17	66	33	22	660
18	76	50	38	380
19	88	22	44	220
20	66	66	33	660



Методические указания к выполнению контрольного задания № 4.

Трансформаторы

1.Общие сведения о трансформаторах.

- Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения.
- Классификация трансформаторов по назначению:
  1) силовые;
  2) сварочные;
  3) измерительные;
  4) автотрансформаторы.
- Классификация по числу фаз:
  1) однофазные; 2) трехфазные.

2.Устройство однофазного трансформатора.

Трансформатор представляет собой замкнутый магнитопровод,на котором расположены две или несколько обмоток.

- а) Магнитопровод изготавливают из тонких листов (0,35-0,5 мм) электротехнической стали (сталь + 4% кремния), изолированных друг от друга теплостойким лаком.

По конструкции магнитопровода различают трансформаторы:

- Стержневой (два стержня, на каждом из которых расположена обмотка НН и ВН)
- Броневой (один стержень, на котором расположены две обмотки НН под ВН)

- б) Обмотку изготавливают из медного провода и располагают на одном и том же или на разных стержнях, рядом или одну под другой.

Обмотку, к которой подводится напряжение сети, называют первичной.

Обмотку, к которой подсоединяется нагрузка, называют вторичной.

- в) Охлаждение: 1) воздушное (до 10 кВА)
  2) масляное (больше 10 кВА)

3. Принцип работы однофазного трансформатора.

Работа трансформатора основана на явлении взаимной индукции, которое является следствием явления электромагнитной индукции.

- Коэффициент трансформации:

  К = Uном 1/ Uном2

  К = N1 / N2

  К = Iном2 / Iном1

- Мощность трансформатора:

  Sном1 = Uном1·Iном1

  Sном2 = Uном2·Iном2

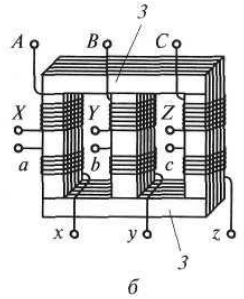
- КПД трансформатора – это отношение активной мощности P_2 на выходе трансформатора к активной мощности P_1 на входе:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\%$$

Трансформатор называется повышающим, если напряжение на вторичной обмотке Uном2 больше, чем на первичной Uном1 (К < 1).

- Трансформатор называется понижающим, если напряжение на вторичной обмотке Uном2 меньше, чем на первичной Uном1 (К > 1)

4. Трехфазные трансформаторы



В линиях электропередачи используют в основном трехфазные силовые трансформаторы. Магнитопровод трехфазного трансформатора имеет три стержня, на каждом из которых размещаются две обмотки одной фазы.

Принцип работы и электромагнитные процессы в трехфазном трансформаторе аналогичны рассмотренным для однофазного трансформатора. Все рассмотренное для однофазных трансформаторов можно распространить на каждую фазу трехфазного трансформатора в случае симметричной нагрузки.

Особенностью трехфазного трансформатора является зависимость коэффициента трансформации К от способа соединения обмоток:

- При соединении обмоток по схеме звезда-звезда, К остается прежним.
- При соединении обмоток по схеме звезда-треугольник, К уменьшается в√3 раз.
- При соединении обмоток по схеме треугольник-звезда, К увеличивается в√3 раз.

Масса, размеры и стоимость трехфазного трансформатора меньше суммарных значений одноименных параметров группы из трех однофазных трансформаторов той же суммарной мощности.

Мощность трехфазных трансформаторов не превышает 1 млн кВ • А.

Основные параметры трехфазного трансформатора (рабочий режим):

1) Номинальные мощности в обмотках:

$$S_{ном1}=\sqrt{3}I_{ном1}\cdot U_{ном1}\ ;\ S_{ном2}=\sqrt{3}I_{ном2}\cdot U_{ном2}$$

2) Коэффициент нагрузки:

$$k_н=P_2/(S_{ном}\cdot \cos\varphi)$$

3) Токи в обмотках при фактической нагрузке:

$$I_1=kн\cdot Iном_1\ ;\ I_2=k_н\cdot I_{ном2}$$

4) Суммарные потери мощности:

$$\sum P = P_{CT} + P_0$$

5) КПД при фактической нагрузке:

$$\eta = \frac{k_н \cdot S_{ном} \cdot cos\varphi}{(k_н \cdot S_{ном} \cdot cos\varphi\ + P_{CT} + k_н^{\ 2} P_0)} \cdot 100\%$$

Задание 4. Расчет параметров однофазного и трёхфазного трансформаторов

Задача 1. Однофазный трансформатор.

По указанным в таблице данным для однофазного трансформатора, определить величины в ячейках со знаком **?** и выяснить какой это трансформатор: повышающий или понижающий.

При выполнении задания можно руководствоваться формулами из учебной карты (пункт 3).

№ вар.	$S_{ном1}$, ВА	$U_{ном1}$, В	$U_{ном2}$, В	$I_{ном1}$, А	$I_{ном2}$, А	N_1	N_2	K
1	?	380	?	1,43	?	?	217	15,8
2	?	220	24	?	33,4	198	?	?
3	1600	?	12	?	?	770	?	31,6
4	?	127	?	4,72	25	?	108	?
5	320	380	36	?	?	685	?	?
6	?	220	24	3,64	?	?	216	?
7	500	?	?	1	?	750	54	?
8	?	220	?	?	20,8	400	22	?
9	250	500	?	?	?	?	722	20,8
10	?	?	12	3,2	?	300	?	41,6
11	400	?	12	?	?	?	27	18,3
12	?	?	36	1,01	?	751	?	13,9
13	?	380	?	4,2	?	?	24,4	9,05
14	600	220	?	?	?	497	?	6,12
15	?	?	24	2,73	25	573	?	?
16	?	500	?	?	13,9	?	540	13,9
17	100	?	24	?	?	?	30	15,8
18	?	?	24	0,5	10,4	?	600	?
19	?	380	12	?	133	475	?	?
20	800	?	?	3,64	?	?	22	9,18

Ответить на контрольный вопрос своего варианта:

1. Поясните роль трансформатора в энергетической системе при передаче и распределении электроэнергии? (1,11)
2. Укажите назначение и устройство основных элементов трансформатора (2,12)
3. Поясните принцип работы однофазного трансформатора (3,13).
4. Приведите подробную классификацию видов трансформаторов (4,14).
5. По каким формулам можно вычислить коэффициент трансформации, и что этот коэффициент показывает? (5,15)
6. Перечислить области применения трансформаторов? (с примерами) (6,16)
7. Объяснить особенность автотрансформаторов и изобразить их электрические схемы? (7,17)
8. Объяснить назначение и область применения измерительных трансформаторов (8,18).
9. Объяснит назначение и особенность сварочного трансформатора (9,19).
10. Объяснить назначение, устройство и особенность трёхфазного трансформатора (10,20).

Задача 2. Трёхфазный трансформатор

К трёхфазному трансформатору с номинальной мощностью $S_{ном}$ и номинальными напряжениями первичной $U_{ном\ 1}$ и вторичной $U_{ном\ 2}$ обмоток присоединена активная нагрузка P_2 при коэффициенте мощности $\cos\varphi_2$.

Определить: 1) номинальные точки в обмотке $I_{ном\ 1}$ и $I_{ном\ 2}$; 2) коэффициент нагрузки трансформатора $K_н$; 3) токи в обмотках I_1 и I_2 при фактической нагрузке; 4) суммарные потери мощности ΣP при номинальной нагрузке; 5) коэффициент полезного действия η при фактической нагрузке.

Номер варианта	**$S_{ном}$, кВ · А**	**$U_{ном\ 1}$, кВ**	**$U_{ном\ 2}$, кВ**	**P_2 кВт**	**cos φ**	**Номер варианта**	**$S_{ном}$, кВ · А**	**$U_{ном\ 1}$, кВ**	**$U_{ном\ 2}$, кВ**	**P_2 кВт**	**cos φ**
21	1000	10	0,69	850	0,95	**26**	630	10	0,69	554	0,88
22	160	6	0,4	150	1	**27**	40	6	0,23	35	1
23	100	6	0,23	80	0,9	**28**	1600	10	0,4	1400	0,93
24	250	10	0,4	200	0,85	**29**	63	10	0,23	56	1
25	400	10	0,4	350	0,92	**30**	630	10	0,4	520	0,9

Технические данные трансформаторов

Тип трансформатора	$S_{ном}$, кВ · А	Напряжение обмоток, кВ		Потери мощности кВт		U_2, %	I_{1x}, %
		$U_{ном\ 1}$	$U_{ном\ 2}$	$P_{ст}$	$P_{о.\ ном}$		
ТМ-25/6; 10	25		0,23; 0,4	0,13	0,69	4,7	3,2
ТМ-40/6; 10	40		0,23; 0,4	0,175	1,0	4,7	3,0
ТМ-63/6; 10	63		0,23; 0,4	0,24	1,47	4,7	2,8
ТМ-100/6; 10	100		0,23; 0,4; 0,69	0,33	2,27	6,8	2,6
ТМ-160/6	160	6, 10	0,23; 0,4; 0,69	0,51	3,1	4,7	2,4
ТМ-250/6; 10	250		0,23; 0,4; 0,69	0,74	4,2	4,7	2,3
ТМ-400/6; 10	400		0,23; 0,4; 0,69	0,95	5,5	4,5	2,1
ТМ-630/6; 10	630		0,23; 0,4; 0,69	1,31	7,6	5,5	2,0
ТМ-1000/6; 10	1000		0,23; 0,4; 0,69	2,45	12,2	5,5	2,8
ТМ-1600/6; 10	1600		0,23; 0,4; 0,69	3,3	18,0	5,5	2,6
ТМ-2500/10	2500	10	0,4; 0,69; 10,5	4,3	24,0	5,5	1,0

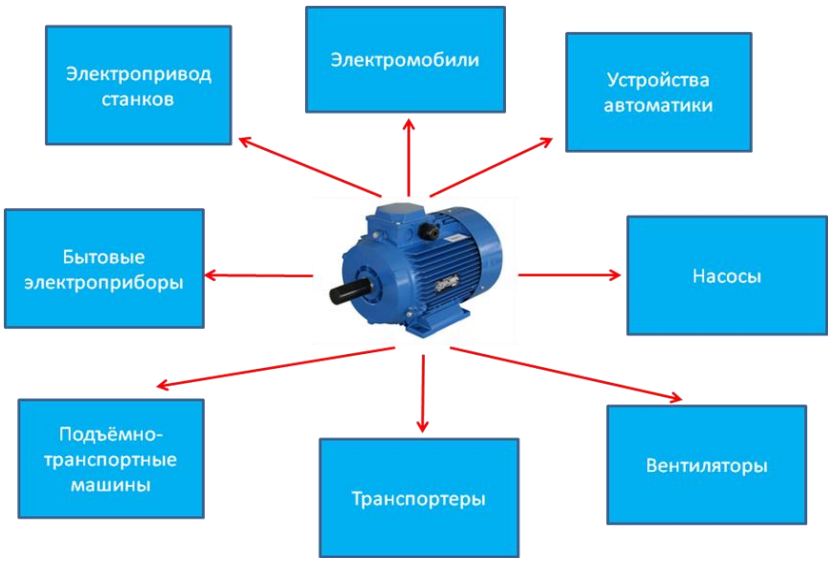
Примечания: Трансформатор ТМ-630/10 – с масляным охлаждением, трёхфазный, номинальная мощность 630 кВ-А, номинальное первичное напряжение 10 кВ, вторичное напряжение 0,23; 0,4 и 0,69 кВ; 2. $P_{ст}$ – потери в стали; $P_{о.ном}$ – потери в обмотках; $U_к$, % - напряжение короткого замыкания; I_{1x}, % - ток холостого хода.

Методические указания к выполнению контрольного задания № 5.
Электрические машины

Асинхронная машина – это машина, в которой ротор вращается с частотой отличной от частоты вращения магнитного поля статора. (электродвигатели)

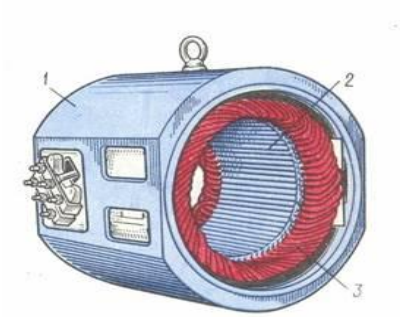
Синхронная машина – это машина, в которой ротор вращается с частотой совпадающей с частотой вращения магнитного поля статора. (генераторы)

Применение электрических двигателей переменного тока



Устройство трехфазного асинхронного электродвигателя

Статор – неподвижная часть электродвигателя
Ротор – подвижная часть электродвигателя
Статор состоит из:
1 – станина из литой стали
2 – сердечник статора из листов электротехнической стали
3 – трёхфазная обмотка статора из меди
Обмотка статора может быть соединена звездой или треугольником
Y/Δ : 660/380
380/220



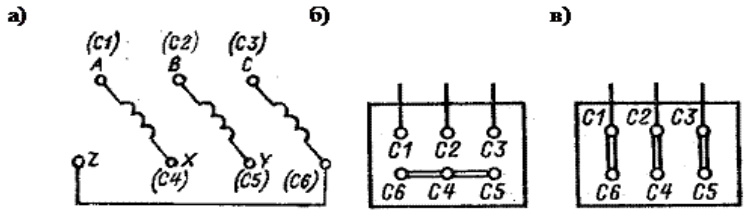
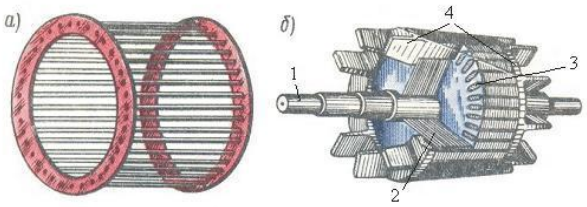
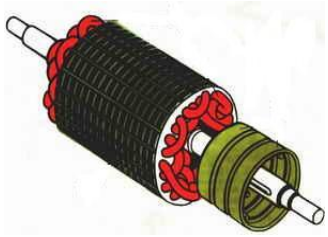


Рис. 3.2

Ротор бывает двух видов: **короткозамкнутый** и **фазный**.

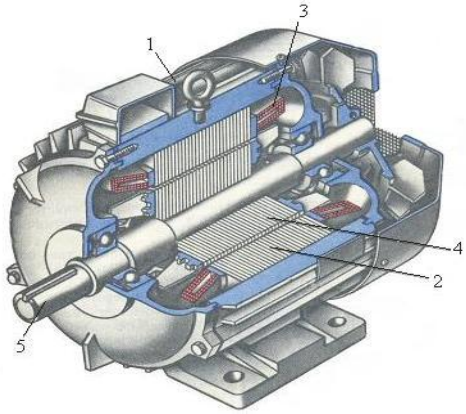


Короткозамкнутый ротор состоит из:
1 – вал
2 – сердечник ротора
3 – обмотка ротора (алюминиевые или медные стержни)
4 – торцевые кольца



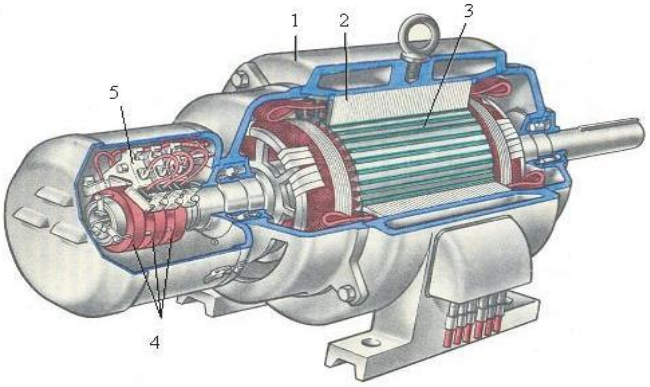
Фазный ротор состоит из:
1 – сердечник
2 – трехфазная обмотка
3 – контактные кольца
4 – вал

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором



1 – станина
2 – сердечник статора
3 – обмотка статора
4 – сердечник ротора с короткозамкнутой обмоткой
5 – вал

Электродвигатель с фазным ротором



1 – станина
2 – обмотка статора
3 – ротор
4 – контактные кольца
5 – щетки

Принцип работы асинхронного двигателя

Принцип работы асинхронного электродвигателя основан на явлении электромагнитной индукции и законе Ампера.

На обмотку статора подается переменное напряжение, под действием которого по этим обмоткам протекает ток и создает вращающееся магнитное поле. Магнитное поле воздействует на обмотку ротора и по закону электромагнитной индукции наводит в них ЭДС. В обмотке ротора под действием наводимой ЭДС возникает ток. Ток в обмотке ротора создаёт собственное магнитное поле, которое вступает во взаимодействие с вращающимся магнитным полем статора. В результате на ротор действует сила, которая создает вращающий момент.

Параметры асинхронного электродвигателя

1. Частота вращения магнитного поля статора: $n_1 = \frac{60 f_1}{p}$; $[n_1]$=об/мин

где f_1- частота тока в обмотке статора, Гц;

p – число пар полюсов.

2. Скольжение: $S_{ном} = \frac{n_1 - n_{ном2}}{n_1}$; $[S_{ном}] = \%$

3. Частота вращения ротора в об/мин: $n_{ном2} = (1-S_{ном})$;

4. Частота тока в обмотке ротора в Гц: $f_{2s}=S_{ном}f_1$;

5. КПД асинхронного двигателя: $\eta_{ном} = \frac{P_{ном}}{P_1} = \frac{P_1 - \sum P}{P_1}$;

$P_{ном2}=P_{ном}$ - полезная мощность на валу двигателя;

P_1- мощность потребляемая из сети в Вт;

$\sum P$ – суммарные потери в Вт;

6. Вращающий момент на валу двигателя: $M_{ном} = \frac{9{,}55 Pном}{n_{ном2}}$; $[M_{ном}] = H \times м$;

7. Кратность пускового тока: $\frac{I_n}{I_{ном}}$;

8. Кратность пускового момента: $\frac{M_{\max}}{M_{ном}}$;

9. Сила тока в обмотке статора: $I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \times U_{ном} \times \eta_{ном} \times \cos\varphi_{ном}}$;

Ряд возможных синхронных частот вращения магнитного поля статора при частоте 50Гц: 3000, 1500, 1000, 750, 600 об/мин.

Задание 5. Расчет параметров трехфазного асинхронного электродвигателя и построение его механической характеристики.

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором включен в сеть на номинальное напряжение 380 В. Технические данные электродвигателя приведены в таблице.

Определить:

1. Номинальный $I_н$ и пусковой $I_п$ токи.
2. Номинальный $M_н$, пусковой $M_п$и максимальный M_{max} моменты.
3. Мощность, потребляемую из сети P_1.
4. Полные потери в двигателе при номинальной нагрузке $\Delta P_н$.
5. Построить механическую характеристику двигателя и обозначить на ней пусковой, номинальный и максимальный моменты.

Примечание: в обозначении типоразмера электродвигателя цифры и буквы обозначают:
4- порядковый номер серии двигателя,
А – род двигателя- асинхронный,
Двухзначная и трехзначная цифра – высота оси вращения,
S, M, L – условная длина станины,
А или В – длина сердечника статора (отсутствие данных букв означает, что двигатель является с одной длиной сердечника в установочном размере).

Методические указания к заданию №5

1. Номинальный ток может быть определен из формулы номинальной мощности двигателя:

$$P_н = \sqrt{3} \cdot U_н \cdot I_н \cdot \cos\varphi \cdot n_н$$

2. Номинальный момент двигателя в (Н·м) определяется по формуле

$$M_н = 9550 \frac{P_н}{n_н},$$

Где $P_н$ – номинальная мощность двигателя в кВт,
$n_н$ – номинальная скорость вращения ротора, об/мин,

$$n_н = n_c \cdot (1 - S_н),$$

где n_c – скорость вращения магнитного поля статора,
$S_н$ – номинальное скольжение в долях единицы.
Пусковой ток, пусковой и критический (максимальный) моменты определяются по соответствующим отношениям к номинальным значениям, приведенным в таблице.

3 и 4. Мощность, потребляемая двигателем из сети, отличается от его номинальной мощности на величину потерь в двигателе, а коэффициент полезного действия вам дан:

$$\eta = \frac{P_{ном}}{P_1}$$

5. Механическую характеристику двигателя можно построить, используя формулу:

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{S_{кр}}{S} + \frac{S}{S_{кр}}},$$

где $S_{кр}$ – критическое скольжение, при котором двигатель развивает максимальный момент, S –текущее скольжение (вы принимаете сами несколько значений от 0 до 1, в том числе для $S_{кр}$ и $S_н$).

Скорость вращения ротора определяется по скольжению

$$n=n_{c}\cdot(1-S).$$

Рассчитанные для построения механической характеристики величины, надо представить в виде таблицы

S									
n									
M									

Номер варианта	Типоразмер электродвигателя	Основные технические данные электродвигателя							
		Мощность Р в кВт	КПД, %	Коэффициент мощности cosφ	Номинальное скольжение $S_н$, %	Критическое скольжение $S_{кр}$, %	Кратность пуск. тока $I_п/I_н$	Кратность пуск. Момента $M_п/M_н$	Перегрузочная способность $M_{max}/M_н$
при n_c=3000 об/мин									
1	4А63А2	0,37	70,0	0,86	8,3	50,5	4,5	2,0	2,2
2	4А63В2	0,55	73,0	0,86	8,5	54,5	4,5	2,0	2,2
3	4А71А2	0,75	77,0	0,87	5,9	38,0	5,5	2,0	2,2
4	4А71В2	1,1	77,5	0,87	6,3	39,0	5,5	2,0	2,2
5	4А80А2	1,5	81,0	0,85	4,2	35,5	6,5	2,1	2,6
6	4А80В2	2,2	83,0	0,87	4,3	38,0	6,5	2,1	2,6
7	4А90L2	3,0	84,5	0,88	4,3	32,5	6,5	2,1	2,5
8	4А100S2	4,0	86,5	0,89	3,3	28,0	7,5	2,0	2,5
9	4А100L2	5,5	87,5	0,91	3,4	29,0	7,5	2,0	2,5
10	4А112М2	7,5	87,5	0,88	2,5	17,0	7,5	2,0	2,8
при n_c=1500 об/мин									
11	4А71А4	0,55	70,5	0,70	7,3	39,0	4,5	2,0	2,2
12	4А71В4	0,75	72,0	0,73	7,5	40,0	4,5	2,0	2,2
13	4А80А4	1,1	75,0	0,81	5,4	34,0	5,0	2,0	2,2
14	4А80В4	1,5	77,0	0,83	5,8	34,5	5,0	2,0	2,2
15	4А90L4	2,2	88,0	0,83	5,1	33,0	6,0	2,1	2,4
16	4А100S4	3,0	82,0	0,83	4,4	31,0	6,0	2,0	2,4
17	4А100L4	4,0	84,0	0,84	4,6	31,5	6,0	2,0	2,4
18	4А11М4	5,5	85,5	0,85	3,6	25,0	7,0	2,0	2,2
19	4А132S4	7,5	87,5	0,86	2,9	19,5	7,5	2,2	3,0
20	4А132М4	11,0	87,5	0,87	2,9	19,5	7,5	2,2	3,0

Методические указания к выполнению контрольного задания № 6.

Задание 6. Расчет сечения проводов по допустимой токовой нагрузке и потере напряжения.

Цель: научиться рассчитывать сечения проводов по допустимой токовой нагрузке и потере напряжения.

Алгоритм выполнения задания:

1. Используя условия своего варианта, определить расчетный ток в проводах трехфазной линии напряжения 220В: $Ip = \dfrac{KcPy}{\sqrt{3}U\eta\cos\varphi}$
2. Выбрать сечение проводов марки ПР, проложенных в трубах.
3. Выбранное сечение проверить по потере напряжения: $\varepsilon = \dfrac{100PyKc\ell}{\gamma SU^2\eta}$, считая допустимыми значения 4-6%.
4. При необходимости подобрать другое сечение и еще раз выполнить проверку по потере напряжения.

Условия задачи

№ вар	$P_{н1}$ (кВт)	$P_{н2}$ (кВт)	$P_{н3}$ (кВт)	K_c	η	$\cos\varphi$	ℓ (м)
1	2,5	3	3,5	0,75	0,85	0,85	60
2	3,5	4,5	4	0,8	0,85	0,9	80
3	2,5	3	4,5	0,85	0,8	0,9	80
4	3	4,5	4	0,8	0,85	0,85	70
5	4,5	5	2,5	0,75	0,85	0,8	80
6	4	3,5	4,5	0,8	0,9	0,85	80
7	2	3	4	0,8	0,9	0,85	60
8	2,5	3,5	4	0,85	0,9	0,8	80
9	3,5	4	4	0,8	0,8	0,9	70
10	5	3,5	4,5	0,75	0,8	0,85	80
11	3	3	3	0,75	0,9	0,8	60
12	4	3	3	0,85	0,85	0,85	80
13	3,5	4	4	0,8	0,8	0,9	70
14	4,5	4,5	4	0,75	0,8	0,9	80
15	4,5	3	4,5	0,8	0,9	0,85	80
16	2,5	2,5	4	0,8	0,85	0,9	60
17	3	3,5	3,5	0,85	0,8	0,9	80
18	4,5	3,5	3,5	0,8	0,9	0,8	80
19	3	4,5	4	0,8	0,85	0,85	70
20	2,5	3,5	4	0,85	0,9	0,8	80

Удельная проводимость меди $\gamma = 57 \cdot 10^6 \ \dfrac{1}{Ом \cdot м}$

Допустимые длительные токовые нагрузки для изолированных проводов и кабелей с медными и алюминиевыми жилами

Сечение жилы, мм ^{2}	Допустимые длительные нагрузки, А					
	Провода марок ПР, ПРД, ПВ, ППВ, АПР, АПВ, проложенных открыто	Провода и кабели с медными жилами марок СРБГ, ВРГ, ВРБГ, ТПРФ, проложенные открыто		Провода ПР, ПРГ, ПВ, ПГВ, АПР, АПВ, в одной трубке и ППВ, проложенных скрыто		Голые провода на открытом воздухе, одножильные
		двухжильные	трехжильные	два провода	три провода	
1	17/-	-	-	16/-	15/-	-
1,5	23/-	19	19	19/-	17/-	-
2,5	30/24	27	25	27/20	25/19	-
4	41/32	38	35	38/28	35/28	50/40
6	50/39	50	42	46/36	42/32	70/55
10	80/50	70	55	70/50	60/47	95/75
16	100/80	90	75	85/60	80/60	130/105
25	140/105	115	95	115/85	100/80	180/135
35	170/130	140	120	135/100	125/95	220/170
50	215/165	175	145	185/140	170/130	270/215
70	270/210	215	180	225/175	210/165	340/265