

**Департамент образования Вологодской области
бюджетное профессиональное образовательное учреждение
Вологодской области
«ВОЛОГОДСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим работам
по дисциплине **ОП.03. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Специальность 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»

2017 г.

Рассмотрено на заседании предметной цикловой комиссии общепрофессиональных, специальных дисциплин и дипломного проектирования по специальностям 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений, 08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, кондиционирования воздуха и вентиляции, 43.02.08 Сервис домашнего и коммунального хозяйства.

Данные методические указания предназначены для студентов специальности 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений» (базовая подготовка) БПОУ ВО «Вологодский строительный колледж» для выполнения практических работ по дисциплине ОП.03. Основы электротехники.

Перечень практических работ соответствует содержанию программы дисциплины, изучаемой в объеме 90 часов (обязательная аудиторная нагрузка – 60 часов, практические работы – 14 часов, самостоятельная работа – 30 часа).

Методические указания могут быть рекомендованы к использованию студентами и преподавателями БПОУ ВО «Вологодский строительный колледж».

Автор: Мороз Н.В., преподаватель

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	стр. 4
1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	5
2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	6
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ	7
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	34

ВВЕДЕНИЕ

Требования работодателей к современному специалисту, а также Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования ориентированы, не только на знания, но и на формирование у обучающегося практических навыков и умений. Практическая работа - это одна из форм учебной работы, которая ориентирована на закрепление изученного теоретического материала, его более глубокое усвоение и формирование умения применять теоретические знания в практических, прикладных целях.

В данных методических рекомендациях приведена методика по организации аудиторной практической работе по дисциплине ОП.03.Основы электротехники для студентов специальности 08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений (базовая подготовка), а также указан перечень практических работ по темам раздела, формы контроля практической работы и рекомендуемая литература.

Перед выполнением обучающимися практической работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержания, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает обучающихся о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. Инструктаж проводится преподавателем за счет объема времени, отведенного на изучение дисциплины. Во время выполнения обучающимися практической работы и при необходимости преподаватель может проводить консультации.

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

При выполнении практических работ надо придерживаться следующих правил:

1. При подготовке к выполнению практической работы необходимо проработать лекционный материал по соответствующей теме и теоретический материал, содержащийся в настоящем пособии.
2. Практическую работу следует выполнять в специальной тетради для практических работ.
3. На обложке тетради должны быть ясно написаны фамилия студента, его инициалы, номер специальности и группы, название дисциплины.
4. В заголовке каждой практической работы должны быть указаны номер практической работы, тема практической работы.
5. Материал по практической работе излагать подробно и аккуратно, объясняя и мотивируя все действия по ходу работы.
6. Каждая практическая работа должна быть защищена. Контрольные вопросы даны после каждой практической работы.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Тема программы	Тема практической работы	Формы контроля	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Основы электротехники	№1. Расчет сложной цепи постоянного тока	обсуждение результатов выполненной работы на занятии; просмотр и проверка выполнения практической работы, защита практической работы	2
		№2. Расчет неразветвленной цепи переменного тока		2
		№3. Изучение схемы трёхфазной цепи при соединении потребителей «звездой».		2
	Раздел 2. Электрические машины.	№4. Расчет параметров трансформатора		2
		2.		Раздел 5. Электроснабжение строительной площадки.
№6. Временное электроснабжение строительной площадки.	2			
№7. Оказание первой помощи при поражении электрическим током.	2			
Итого:				14 ч

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практическая работа №1 (2 часа)

Тема: Расчёт сложной цепи постоянного тока.

Цель работы: Определить токи в ветвях при смешанном соединении приемников электрической энергии и источников электрической энергии, используя четыре метода расчета сложных электрических цепей.

Пояснения к работе.

Электрической схемой называется графическое изображение электрической цепи, содержащие условные обозначения её элементов и показывающие их соединение. Элементами электрической схемы являются ветвь, узел, контур.

Место соединения трех и большего числа ветвей называется узлом электрической цепи.

Участок, вдоль которого ток имеет одно и то же значение, называется ветвью электрической цепи или участок электрической цепи, заключенный между двумя узлами, называется ветвью.

Любой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям, называется контуром электрической цепи.

Ветви, содержащие источники электрической энергии, называются активными, а не содержащие – пассивными.

Первый закон Кирхгофа - сумма токов притекающих к узлу равна сумме токов вытекающих из узла или алгебраическая сумма токов в узле равна нулю.

Второй закон Кирхгофа - алгебраическая сумма ЭДС, действующих в замкнутом контуре электрической цепи, равна алгебраической сумме падений напряжений на всех участках этого контура.

Для того чтобы составить уравнение по второму закону Кирхгофа необходимо проделать следующее:

1. Задаться во всех ветвях цепи предполагаемыми направлениями токов. Если после расчета предполагаемые токи окажутся отрицательными, то действительное направление этих токов будет противоположным (изображается пунктирной линией).
2. Выбрать направление обходов в каждом контуре, либо по часовой стрелке, либо против часовой стрелки.
3. Записать алгебраическую сумму ЭДС в контуре, при этом все ЭДС контура, направление которых совпадают с направлением обходов в данном контуре, берутся со знаком плюс, а все ЭДС, направление которых противоположны направлению обхода, со знаком минус.
4. Записать алгебраическую сумму падений напряжений на всех элементах контура.

При этом падения напряжений, вызванные токами, направление которых совпадают с направлением обхода, пишутся со знаком плюс, а не совпадают - со знаком минус.

Расчет сложной электрической цепи постоянного тока можно осуществить, применяя следующие методы:

1. *Метод расчета с применением законов Кирхгофа.*

1. Определить количество ветвей в заданной цепи.

2. Задаться предполагаемыми направлениями токов во всех ветвях и направлениями обходов в контурах (указать на схеме).
3. По первому закону Кирхгофа составить $(n-1)$ уравнений, где n – количество узлов в цепи.
4. Определить количество элементарных контуров цепи m . Составить по второму закону Кирхгофа m уравнений.
5. Сумма $(n-1) + m$ уравнений равна количеству ветвей цепи, для которой данные уравнения составляются и, следовательно, количеству токов, которые подлежат расчету.
6. В получившуюся систему уравнений подставить числовые значения и определить токи в ветвях.

2. Метод контурных токов.

1. Произвольно выбрать направление контурных токов, обозначить их на схеме и считать таким же направлением обходов в контурах.
2. Составить уравнения по второму закону Кирхгофа с контурными токами. Если на участке цепи, входящем в рассматриваемый контур действуют два контурных тока, то падение напряжения на этом участке равно алгебраической сумме падений напряжений, созданных каждым контурным током.
3. Определить величину и направление реальных токов, применяя правило:
 - если на участке цепи действует один контурный ток, то действительный ток равен контурному току и имеет такое же направление;
 - если на участке цепи действуют два контурных тока в противоположных направлениях, то действительный ток равен их разности и имеет направление в сторону большего;
 - если на участке цепи действуют два контурных тока одинаковых направлений, то действительный ток равен их сумме и совпадает по направлению с ними.

3. Метод узлового напряжения.

1. Выбрать направление токов в ветвях произвольно, но одинаково во всех ветвях.
2. Определить проводимости ветвей по формуле $G=1/R$, где R общее сопротивление каждой ветви.
3. Определить узловое напряжение по формуле $U = \sum EG / \sum G$. Знак ЭДС в алгебраической сумме определяется в соответствии с направлением токов в ветвях, если направление тока и ЭДС совпадают, берут знак «плюс», а не совпадают – знак «минус».
4. Определить токи в ветвях по формуле $I = (E - U) \cdot G$. Если направление ЭДС не совпадает с направлением тока ветви, то знак «минус» переносится в данную формулу перед ЭДС.

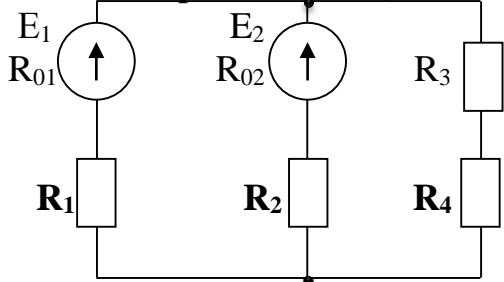
4. Метод наложения.

1. Исключить из электрической цепи все источники кроме одного, учитывая при этом внутренние сопротивления исключенных источников.
2. Указать направления частичных токов на схеме.
3. Определить величину частичных токов в ветвях методом «свертывания».
4. Таким способом определить поочередно частичные токи, созданные каждым источником ЭДС отдельно.
5. Определить величину и направление действительных токов в ветвях как алгебраическую сумму соответствующих частичных токов.

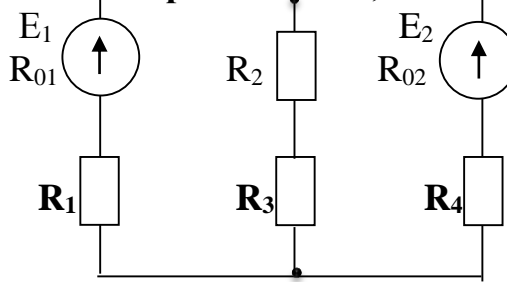
Задание:

1. Необходимо определить токи в ветвях, применяя четыре метода расчета цепей.
2. Начертить принципиальную схему своего варианта.

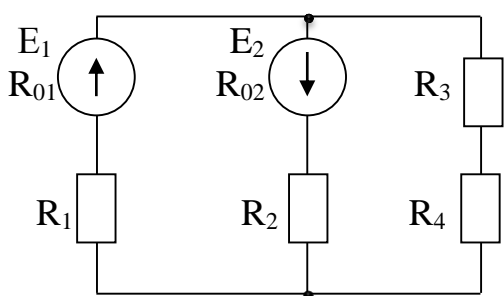
варианты № 1, 3



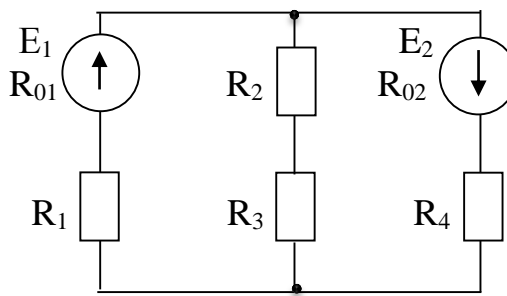
варианты № 2, 4



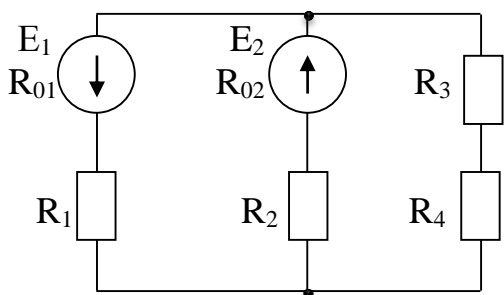
варианты № 5, 7



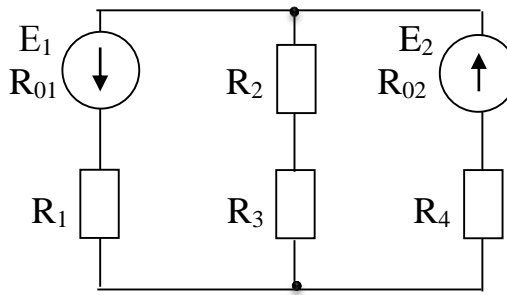
варианты № 6, 8



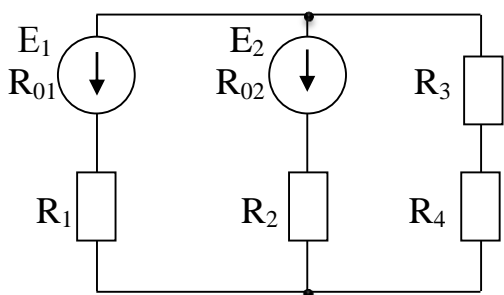
варианты № 9, 11



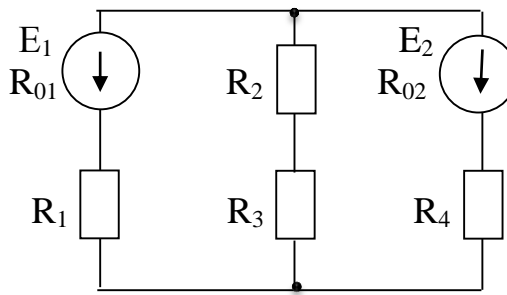
варианты № 10, 12



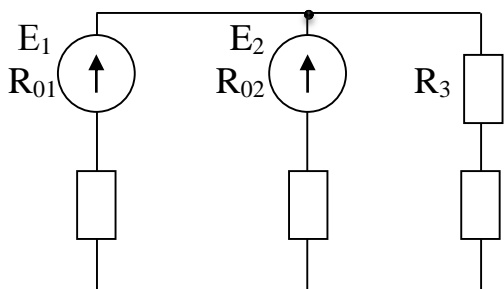
варианты № 13, 15



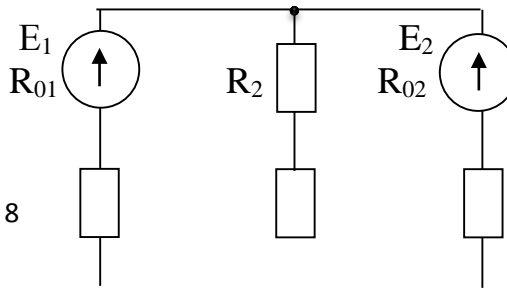
варианты № 14, 16



варианты № 17, 19

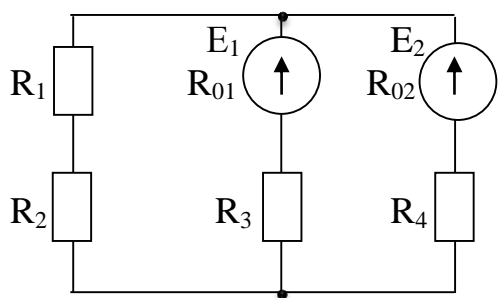


варианты № 18, 20

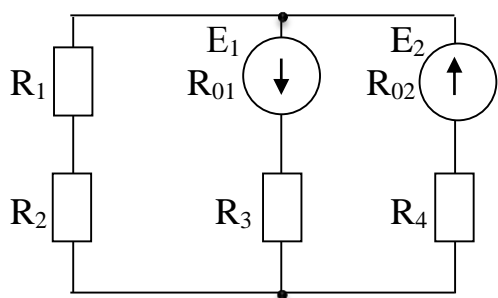


R_1 R_2 R_4

варианты № 21, 23

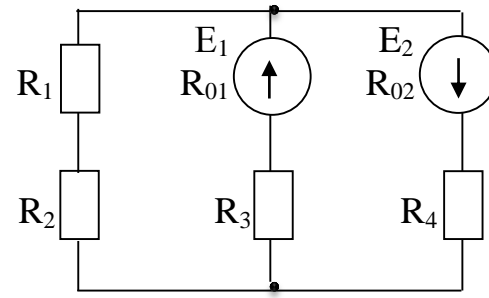


варианты № 25, 27

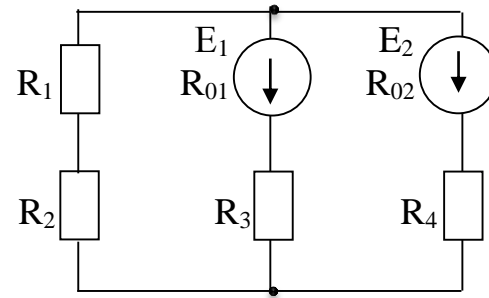


R_1 R_3 R_4

варианты № 22, 24



варианты № 26, 28



№ варианта	E_1	E_2	R_1	R_2	R_3	R_4	R_{01}	R_{02}
	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1, 2	52	27	30	10	20	15	1	2
3, 4	46	47	25	15	30	40	2	3
5, 6	35	40	26	28	20	18	3	2
7, 8	50	36	24	32	28	16	4	2
9, 10	48	37	23	26	30	35	2	3
11, 12	36	47	15	20	25	30	3	4
13, 14	40	38	30	18	20	40	3	5
15, 16	28	32	30	19	22	30	4	3
17, 18	30	40	38	28	32	40	5	2
19, 20	25	41	35	25	42	50	1	3
21, 22	39	48	28	30	41	49	1	2
23, 24	50	36	37	29	32	25	5	6
25, 26	48	45	32	28	31	29	6	5
27, 28	36	43	30	41	25	35	2	3

1. Выполнить расчет, применяя четыре метода. При этом значения токов и их направления должны получиться одинаковыми, независимо от применяемого метода расчета.

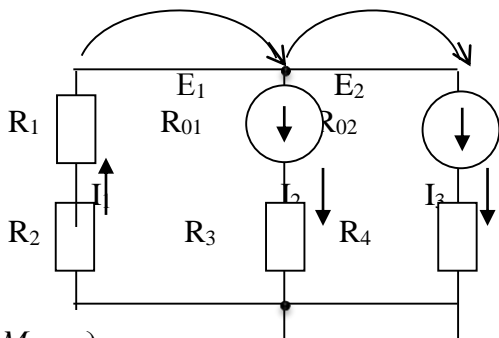
При расчете применить следующие формулы:

последовательное соединение - $R_{12} = R_1 + R_2$;

параллельное соединение - $R_{12} = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$; $G = 1/R$; $G_{12} = G_1 + G_2$; $I = U/R$; $U = I \cdot R$; $R = U/I$.

При решении методом узлового напряжения – $U = \sum EG / \sum G$;
 $I = (E - U) \cdot G$.

Образец решения задачи .



Дано: $E_1 = 36\text{В}$, $E_2 = 43\text{В}$,
 $R_1 = 30\text{Ом}$, $R_2 = 41\text{Ом}$, $R_3 = 25\text{Ом}$, $R_4 = 35\text{Ом}$,
 $R_{01} = 2\text{Ом}$, $R_{02} = 3\text{Ом}$

$I_1 - ?$ $I_2 - ?$ $I_3 - ?$

1. Метод расчета с применением законов Кирхгофа

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ E_1 = I_1(R_1 + R_2) + I_2(R_{01} + R_3) \\ -E_1 + E_2 = -I_2(R_{01} + R_3) + I_3(R_{02} + R_4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ 36 = I_1(30 + 41) + I_2(2 + 25) \\ -36 + 43 = -I_2(2 + 25) + I_3(3 + 35) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ 36 = 71(I_2 + I_3) + 27I_2 \\ 7 = -27I_2 + 38I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 36 = 71(I_2 + I_3) + 27I_2 \\ 7 = -27I_2 + 38I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 36 = 71I_2 + 71I_3 + 27I_2 \\ 7 = -27I_2 + 38I_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 36 = 98I_2 + 71I_3 \\ 7 = -27I_2 + 38I_3 \end{cases}$$

$$36 = 98I_2 + 71I_3 \quad I_3 = (36 - 98I_2) / 71$$

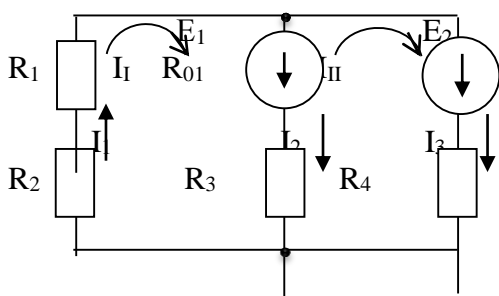
$$7 = -27I_2 + 38I_3 \quad 7 = -27I_2 + 38(36 - 98I_2) / 71 \quad \cdot 71 \quad 7 \cdot 71 = -27 \cdot 71I_2 + 38(36 - 98I_2)$$

$$497 = -1917I_2 + 1368 - 3724I_2 \quad 5641I_2 = 871 \quad I_2 = 871 / 5641 = 0,15\text{А} \quad I_2 = \mathbf{0,15\text{А}}$$

$$I_3 = (36 - 98I_2) / 71 = (36 - 98 \cdot 0,15) / 71 = (36 - 14,7) / 71 = 0,3\text{А} \quad I_3 = \mathbf{0,3\text{А}}$$

$$I_1 = I_2 + I_3 = 0,15 + 0,3 = 0,45\text{А} \quad I_1 = \mathbf{0,45\text{А}}$$

2. Метод расчета с применением контурных токов.



$$E_1 = I_I(R_1 + R_2 + R_{01} + R_3) - I_{II}(R_{01} + R_3)$$

$$-E_1 + E_2 = I_{II}(R_{01} + R_3 + R_{02} + R_4) - I_I(R_{01} + R_3)$$

$$36 = I_I(30 + 41 + 2 + 25) - I_{II}(2 + 25)$$

$$-36 + 43 = I_{II}(2 + 25 + 3 + 35) - I_I(2 + 25)$$

$$36 = 98I_I - 27I_{II} \quad \cdot 27$$

$$7 = 65I_{II} - 27I_I \quad \cdot 98$$

$$\begin{cases} 972 = 2646 I_{II} - 729 I_{III} \\ 686 = -2646 I_{II} + 6370 I_{III} \end{cases} \quad I_{III} = 1658 / 5641 = 0,3A$$

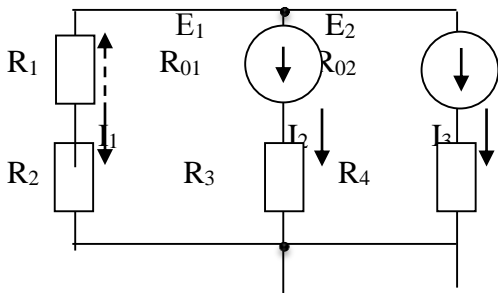
$$1658 = 5641 I_{II}$$

$$36 = 98 I_{II} - 27 I_{III} \quad I_{II} = (36 + 27 I_{III}) / 98 = (36 + 27 \cdot 0,3) / 98 = 0,45A$$

$$I_1 = I_{II} = \mathbf{0,45A} \quad I_3 = I_{III} = \mathbf{0,3A} \quad I_2 = I_{II} - I_{III} = 0,45 - 0,3 = \mathbf{0,15A}$$

3. Метод расчета с применением узлового напряжения.

Направления токов во всех ветвях выбираются к одному узлу.



$$G_1 = 1/(R_1 + R_2) = 1/(30+41) = 0,014 \text{ См}$$

$$G_2 = 1/(R_{01} + R_3) = 1/(2 + 25) = 0,037 \text{ См}$$

$$G_3 = 1/(R_{02} + R_4) = 1/(3 + 35) = 0,026 \text{ См}$$

$$U = (E_1 \cdot G_2 + E_2 \cdot G_3) / (G_1 + G_2 + G_3)$$

$$U = (36 \cdot 0,037 + 43 \cdot 0,026) / (0,014 + 0,037 + 0,026) = 2,45 / 0,077 = 31,8 \text{ В}$$

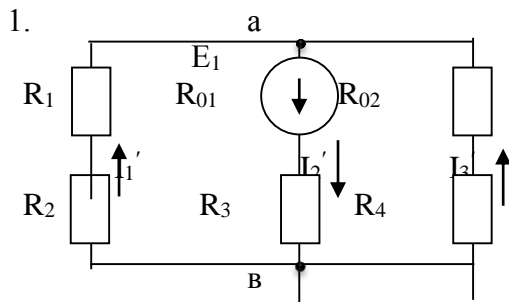
$$I_1 = -U \cdot G_1 = -31,8 \cdot 0,014 = -\mathbf{0,45A}$$

Направление тока I_1 меняем на противоположное, так как ток получился со знаком «минус»

$$I_2 = (E_1 - U) \cdot G_2 = (36 - 31,8) \cdot 0,037 = \mathbf{0,15A}$$

$$I_3 = (E_2 - U) \cdot G_3 = (43 - 31,8) \cdot 0,026 = \mathbf{0,3A}$$

4. Метод расчета с применением принципа наложения.



$$R'_{\text{эКВ}} = (R_{01} + R_3) + (R_1 + R_2) \cdot (R_{02} + R_4) / (R_1 + R_2 + R_{02} + R_4)$$

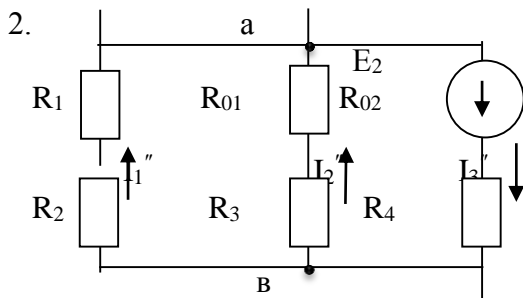
$$R'_{\text{эКВ}} = (2 + 25) + (30 + 41) \cdot (3 + 35) / (30 + 41 + 3 + 35) = 27 + 24,75 = 51,75 \text{ Ом} \quad R'_{\text{аб}} = 24,75 \text{ Ом}$$

$$I_2' = E_1 / R'_{\text{эКВ}} = 36 / 51,75 = 0,696 \text{ А}$$

$$U_{\text{аб}}' = I_2' \cdot R'_{\text{аб}} = 0,696 \cdot 24,75 = 17,2 \text{ В}$$

$$I_1' = U_{\text{аб}}' / (R_1 + R_2) = 17,2 / (30 + 41) = 0,242 \text{ А}$$

$$I_3' = U_{\text{аб}}' / (R_{02} + R_4) = 17,2 / (3 + 35) = 0,453 \text{ А}$$



$$R''_{\text{эКВ}} = (R_{02} + R_4) + (R_1 + R_2) \cdot (R_{01} + R_3) / (R_1 + R_2 + R_{01} + R_3)$$

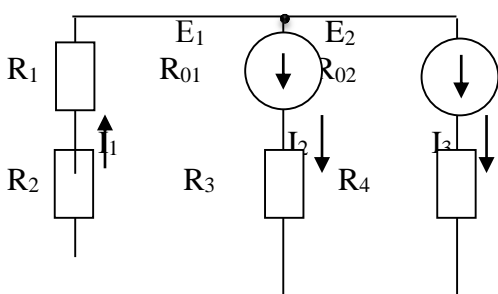
$$R''_{\text{эКВ}} = (3 + 35) + (30 + 41) \cdot (2 + 25) / (30 + 41 + 2 + 25) = 38 + 19,56 = 57,56 \text{ Ом} \quad R''_{\text{аб}} = 19,56 \text{ Ом}$$

$$I_3'' = E_2 / R''_{\text{эКВ}} = 43 / 57,56 = 0,747 \text{ А}$$

$$U_{\text{аб}}'' = I_3'' \cdot R''_{\text{аб}} = 0,747 \cdot 19,56 = 14,6 \text{ В}$$

$$I_1'' = U_{\text{аб}}'' / (R_1 + R_2) = 14,6 / (30 + 41) = 0,206 \text{ А}$$

$$I_2'' = U_{\text{аб}}'' / (R_{01} + R_3) = 14,6 / (2 + 25) = 0,541 \text{ А}$$



$$I_1 = I_1' + I_1'' = 0,243 + 0,206 = \mathbf{0,45 \text{ А}}$$

$$I_2 = I_2' - I_2'' = 0,696 - 0,541 = \mathbf{0,15 \text{ А}}$$

$$I_3 = I_3'' - I_3' = 0,747 - 0,453 = \mathbf{0,3 \text{ А}}$$

Работа на занятии.

1. В соответствии с принципиальной схемой своего варианта, используя исходные данные, произвести расчет токов во всех ветвях цепи, применяя четыре метода расчета. Независимо от применяемого метода решения, ответы должны получиться одинаковыми.
2. При решении применить предлагаемые формулы и образец решения подобной задачи.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема.
3. Исходные данные
4. Формулы, необходимые для расчета.
5. Решение задачи, с применением четырех методов расчета.
6. Вывод по работе.

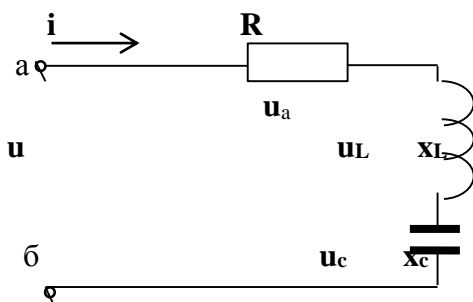
Практическая работа № 2 (2 часа)

Тема: Расчет неразветвленной цепи переменного тока.

Цель работы: Произвести расчет неразветвленной RLC цепи переменного тока. Построить векторные и временные диаграммы напряжений.

Пояснения к работе. В цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью напряжение на зажимах цепи распределяется на трех участках.

В цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью напряжение на зажимах цепи распределяется на трех участках.



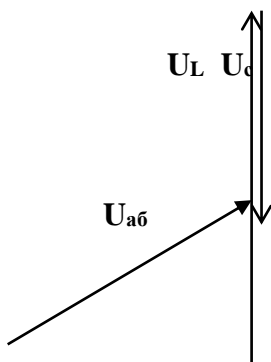
$$u = iR + iX_L + iX_C = u_a + u_L + u_c$$

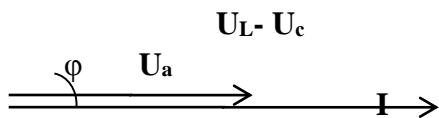
u_c - реактивное емкостное напряжение

u_a - активное напряжение

u_L - реактивное индуктивное напряжение

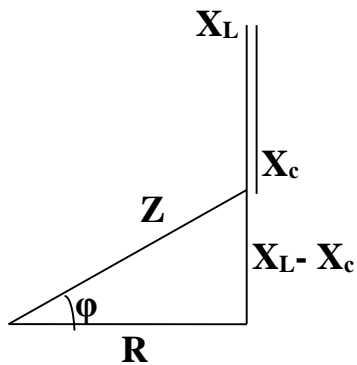
Рассмотрим векторную диаграмму цепи для условия $X_L > X_C$, $U_L > U_c$



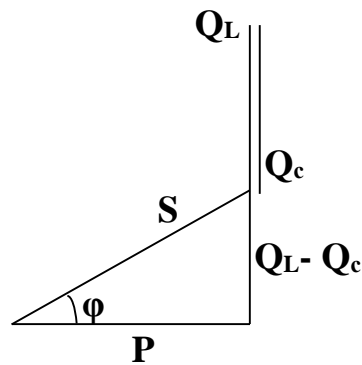


Из векторной диаграммы видно:

1. В цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью при $U_L > U_C$ напряжение на зажимах цепи опережает ток на угол φ меньше 90° . Следовательно, характер цепи активно-индуктивный, и уравнение мгновенного значения напряжения на зажимах цепи имеет вид: $u_{ab} = U_{abm} \sin(\omega t + \varphi)$
2. Общее напряжение равно геометрической сумме: $U_{ab} = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_C)^2}$
3. Подобные треугольники сопротивлений и мощностей имеют вид:

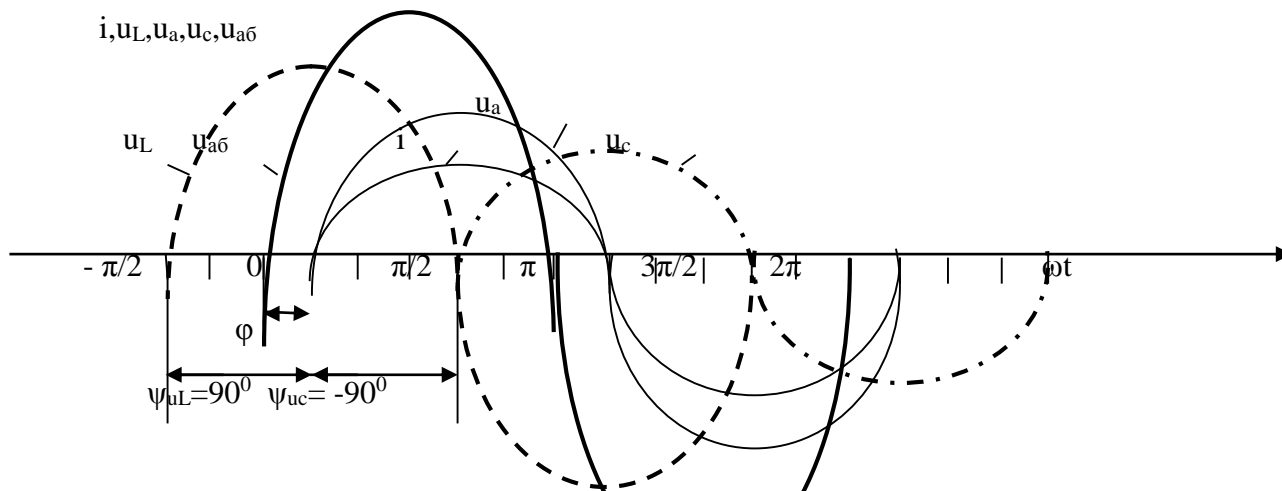


$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

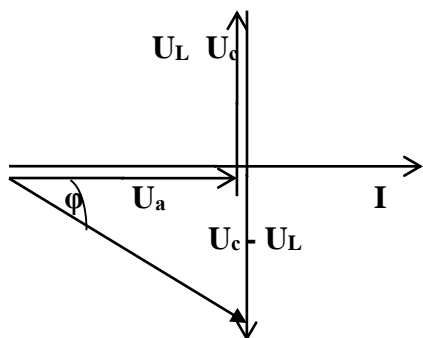


$$S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

Временные диаграммы напряжений для рассматриваемого режима работы цепи имеют вид:



Рассмотрим векторную диаграмму цепи для условия $X_L < X_C, U_L < U_C$

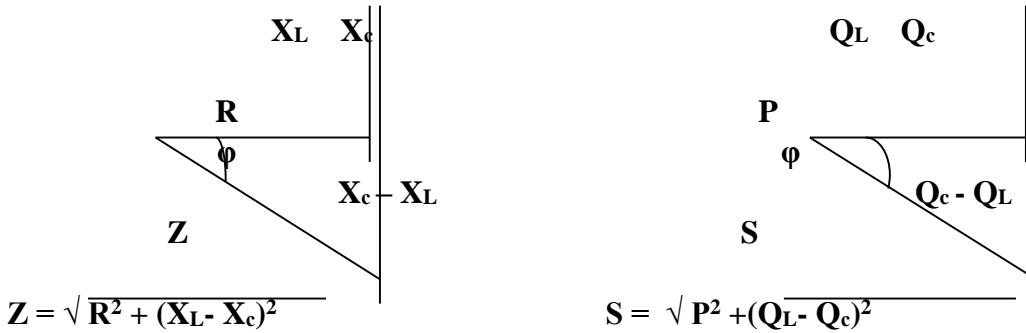


U_{a6}

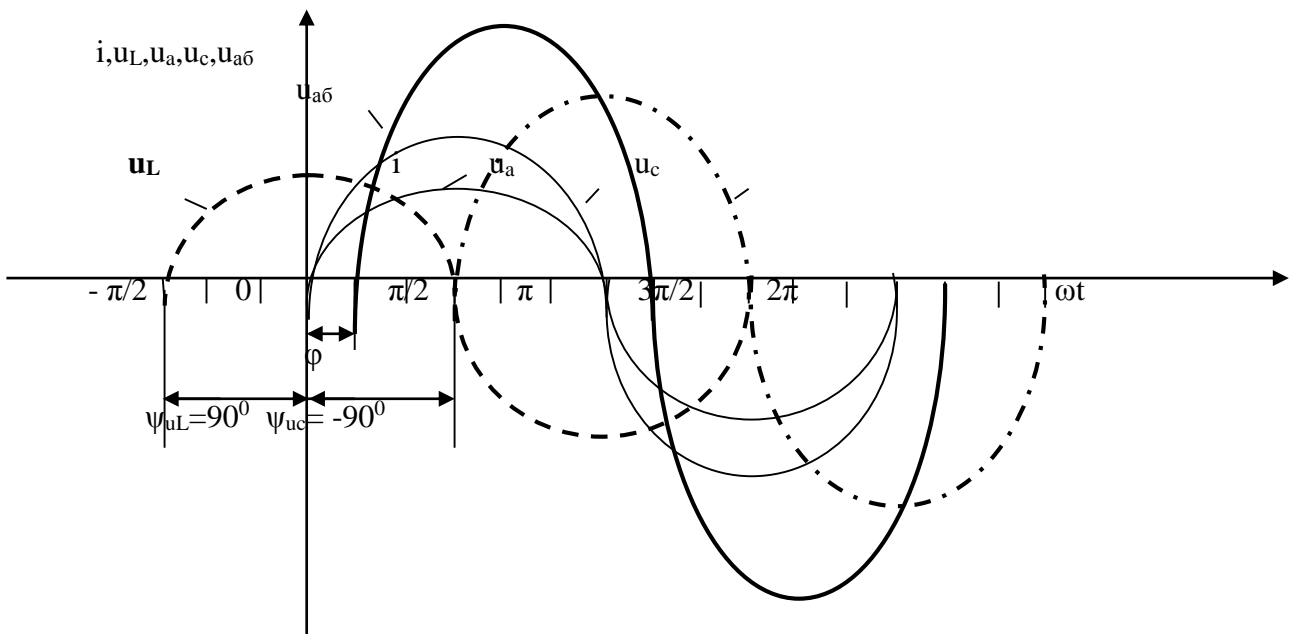
1. В цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью при $U_L < U_C$ напряжение на зажимах цепи отстает от тока на угол φ меньше 90° . Следовательно, характер цепи активно-емкостной, и уравнение мгновенного значения напряжения на зажимах цепи имеет вид: $u_{a6} = U_{a6m} \sin(\omega t - \varphi)$

2. Общее напряжение равно геометрической сумме: $U_{a6} = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_C)^2}$

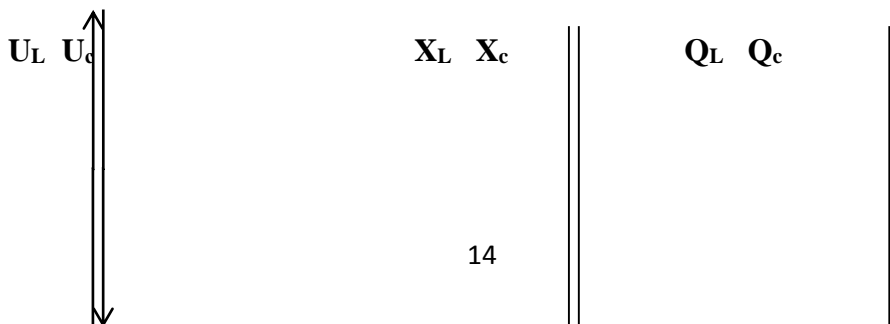
3. Подобные треугольники сопротивлений и мощностей имеют вид:

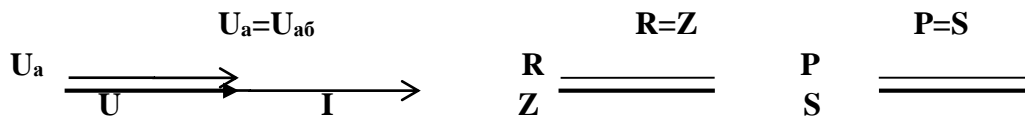


Временные диаграммы напряжений для рассматриваемого режима работы цепи имеют вид:



Рассмотрим векторную диаграмму цепи для условия $X_L = X_C, U_L = U_C$



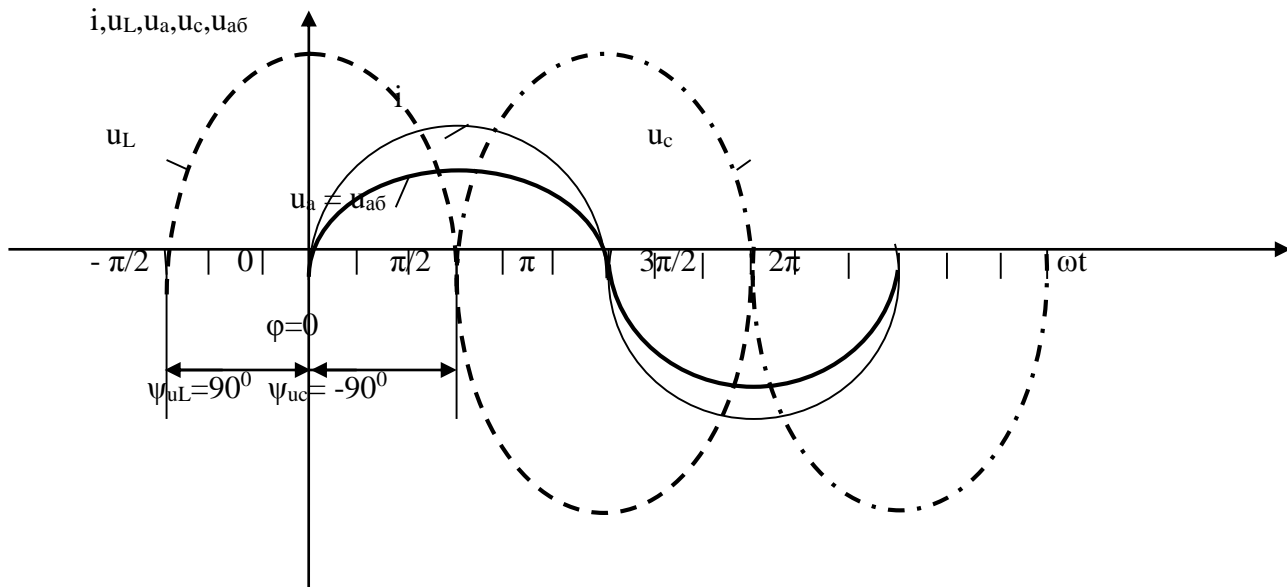


1. В цепи с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью при $U_L = U_C$ напряжение на зажимах цепи и ток совпадают по фазе. Следовательно, характер цепи активный и уравнение мгновенного значения напряжения на зажимах цепи имеет вид: $u_{a6} = U_{a6m} \sin \omega t$.

2. Общее напряжение равно геометрической сумме: $U_{a6} = \sqrt{U_a^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{U_a^2} = U_a$

3. Напряжение на участках L и C могут быть велики, как правило, превосходят напряжение на зажимах цепи.

Временные диаграммы напряжений для рассматриваемого режима работы цепи имеют вид:



Задание:

1. В практической работе необходимо для цепи переменного тока, закон изменения которого $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$, определить:

- напряжение на каждом участке цепи;
- начальный фазовый угол напряжения на зажимах цепи;
- активную, реактивную и полную мощности.

2. Записать уравнение мгновенного значения напряжения на зажимах цепи.

3. Переписать из таблицы данные своего варианта.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ										
№ варианта	1/21	2/22	3/23	4/24	5/25	6/26	7/27	8/28	9/29	10/30
параметры										
I_m, A	28,2	14,1	35,3	28,2	14,1	7,05	21,1	14,1	28,2	31,0
$R, \text{ Ом}$	6	8	6	3	40	100	10	8	6	10
$L, \text{ мГн}$	31,9	12,7	15,9	9,56	25,5	12,7	1,91	31,8	38,2	5,42
$C, \text{ мкФ}$	17,7	53,2	39,8	45,5	0,318	0,637	26,6	79,5	17,7	35,5
$\psi_i, \text{ градус}$	-30	+60	-45	+45	-60	-30	+30	+60	+45	+90
$\omega_{1-10}, \text{ с}^{-1}$	10^3	10^3	10^3	10^3	10^4	10^4	10^4	10^3	10^4	10^4
$\omega_{21-30}, \text{ с}^{-1}$	$2 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ										
№ варианта параметры	11/31	12/32	13/33	14/34	15/35	16/36	17/37	18/38	19/39	20/40
I_m , А	28,2	7,05	35,3	14,1	28,2	21,1	25,3	12,8	8,09	31,4
R , Ом	6	8	8	30	30	4	12	7	40	11
L , мГн	31,9	25,5	12,7	31,9	3,19	1,27	2,15	11,5	10,5	14,2
C , мкФ	17,7	2,45	3,18	7,92	0,631	5,44	20,5	63,4	0,315	32,4
ψ_i , градус	-30	-45	-60	-90	+30	+45	+60	+90	-30	+45
ω_{11-20} , с ⁻¹	10^4	$1,5 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	10^3	10^3	10^4
ω_{31-40} , с ⁻¹	$2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	10^4	$4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$

- Выбрав масштаб построить векторную диаграмму напряжений для случая, когда $\psi_i = 0$.
- Выбрав масштаб построить векторную диаграмму напряжений при $\psi_i = 0$.
- Построить в масштабе треугольники сопротивлений и мощностей.
- Представить ток, общее напряжение и напряжения на участках цепи временными диаграммами.
- Расчет выполнять применяя следующие формулы:
 $X_L = \omega L$; $X_C = 1 / \omega C$; $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$; $I = I_m / 1,41$; $U = I Z$; $U_a = I R$; $U_L = I X_L$; $U_C = I X_C$; $\varphi = \psi_1 - \psi_2$; $P = U_a I$; $Q_L = U_L I$; $Q_C = U_C I$; $S = U I$; $P = I^2 R$; $Q_L = I^2 X_L$; $Q_C = I^2 X_C$; $S = I^2 Z$; $\cos \varphi = R / Z$; $\cos \varphi = U_a / U$; $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$

Образец решения задачи (40 вариант).

Дано: $I_m = 31,4$ А
 $R = 11$ Ом
 $L = 14,2$ мГн
 $C = 32,4$ мкФ
 $\psi_i = +45^\circ$
 $\omega = 2 \cdot 10^3$ с⁻¹

Определить: U_a , U_L , U_C , P , Q_L ; Q_C ; S ; ψ_u ; u .

- Определяем индуктивное и емкостное сопротивления на реактивных участках цепи:

$$X_L = \omega L, \quad X_L = 2 \cdot 10^3 \cdot 14,2 \cdot 10^{-3} = 28,4 \text{ Ом};$$

$$X_C = 1 / \omega C, \quad X_C = 1 / (2 \cdot 10^3 \cdot 32,4 \cdot 10^{-6}) = 15,4 \text{ Ом}$$

- Определяем полное сопротивление цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \quad Z = \sqrt{11^2 + (28,4 - 15,4)^2} = 17 \text{ Ом}$$

- Определяем действующее значение тока:

$$I = I_m / 1,41, \quad I = 31,4 / 1,41 = 22,3 \text{ А}$$

- Определяем действующее значение напряжения:

$$U = I Z, \quad U = 22,3 \cdot 17 = 379,1 \text{ В}$$

5. Определяем действующие значения напряжений на участках цепи:

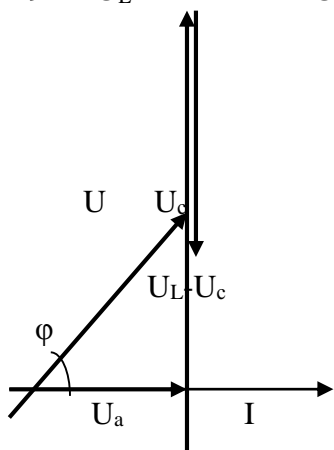
$$U_a = I R, \quad U_L = I X_L, \quad U_c = I X_c.$$

$$U_a = 22,3 \cdot 11 = 245,3 \text{ В}, \quad U_L = 22,3 \cdot 28,4 = 633,3 \text{ В}, \quad U_c = 22,3 \cdot 15,4 = 343,4 \text{ В}.$$

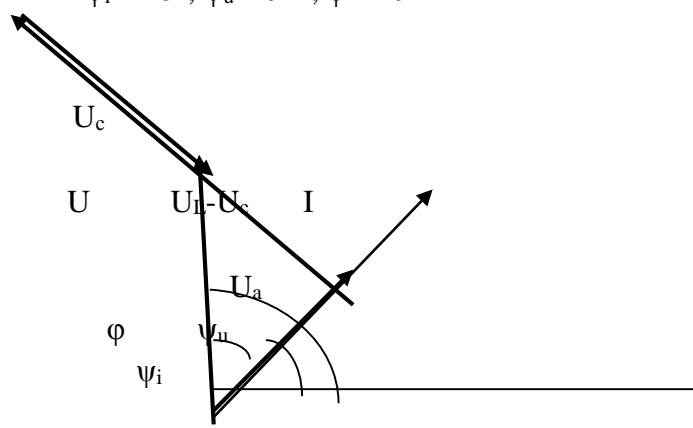
6. В масштабе строим векторную диаграмму напряжений: $M_I = 5 \text{ А/см}$, $M_U = 100 \text{ В/см}$

$$U_a = 245,3 \text{ В} / 100 = 2,5 \text{ см}; \quad U_L = 633,3 \text{ В} / 100 = 6,3 \text{ см}; \quad U_c = 343,4 \text{ В} / 100 = 3,4 \text{ см}.$$

Строим векторную диаграмму напряжений для случая, когда $\psi_i = 0$
 $\psi_i = 0, \quad \psi_u = \varphi = 49^\circ \quad U_L \quad U_c$



Строим векторную диаграмму напряжений для случая, когда $\psi_i = +45^\circ$
 $\psi_i = 45^\circ, \quad \psi_u = 94^\circ, \quad \varphi = 49^\circ$



7. Определяем угол сдвига фаз между током и напряжением:

$$\cos \varphi = U_a / U, \quad \cos \varphi = 245,3 / 379,1 = 0,647, \quad \varphi = 49^\circ$$

8. Определяем начальный фазовый угол напряжения на зажимах цепи. Так как напряжение опережает ток на угол φ , то $\varphi = \psi_u - \psi_i$, отсюда $\psi_u = \varphi + \psi_i, \quad \psi_u = 49^\circ + 45^\circ = 94^\circ$

9. Записываем уравнение мгновенного значения напряжения на зажимах цепи учитывая, что характер цепи активно-индуктивный и напряжение опережает ток на угол $\varphi = 49^\circ$. $u = U_m \sin(\omega t + \varphi), \quad U_m = U \cdot 1,41, \quad U_m = 379,1 \cdot 1,41 = 534,5 \text{ В}$

$$u = 534,5 \sin(2 \cdot 10^3 t + 49^\circ) \text{ В при } \psi_i = 0,$$

$$\text{с учетом начальной фазы тока } u = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \quad u = 534,5 \sin(2 \cdot 10^3 t + 94^\circ) \text{ В}$$

10. Определяем активную, реактивные и полную мощности цепи:

$$P = I^2 R; \quad Q_L = I^2 X_L; \quad Q_c = I^2 X_c; \quad S = I^2 Z;$$

$$P = 22,3^2 \cdot 11 = 5470,2 \text{ Вт}, \quad Q_L = 22,3^2 \cdot 28,4 = 14123 \text{ вар}, \quad Q_c = 22,3^2 \cdot 15,4 = 7568,3 \text{ вар},$$

$$S = 22,3^2 \cdot 17 = 8453,9 \text{ ВА}.$$

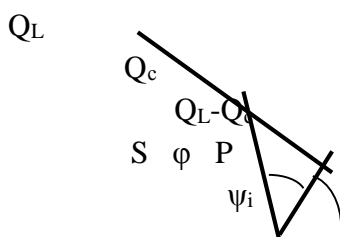
11. Выбрав масштаб мощности, строим треугольник мощностей с учетом начального фазового угла тока, подобный треугольнику напряжений: $M_{S,P,Q} = 4000 \text{ ВА/см}$

$$P = 5470,2 \text{ Вт} / 4000 = 1,4 \text{ см}$$

$$Q_L = 14123 \text{ вар} / 4000 = 3,5 \text{ см}$$

$$Q_c = 7568,3 \text{ вар} / 4000 = 1,9 \text{ см}$$

$$S = 8453,9 \text{ ВА} / 4000 = 2,1 \text{ см}$$



12. Выбрав масштаб сопротивлений, строим треугольник сопротивлений с учетом начального фазового угла тока, подобный треугольнику напряжений: $M_{Z,X,R} = 5 \text{ Ом/см}$

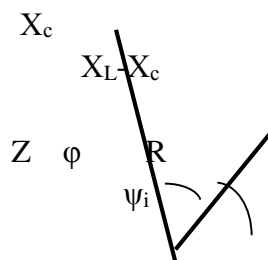
$$R = 11 \text{ Ом} / 5 = 2,2 \text{ см}$$

$$X_L$$

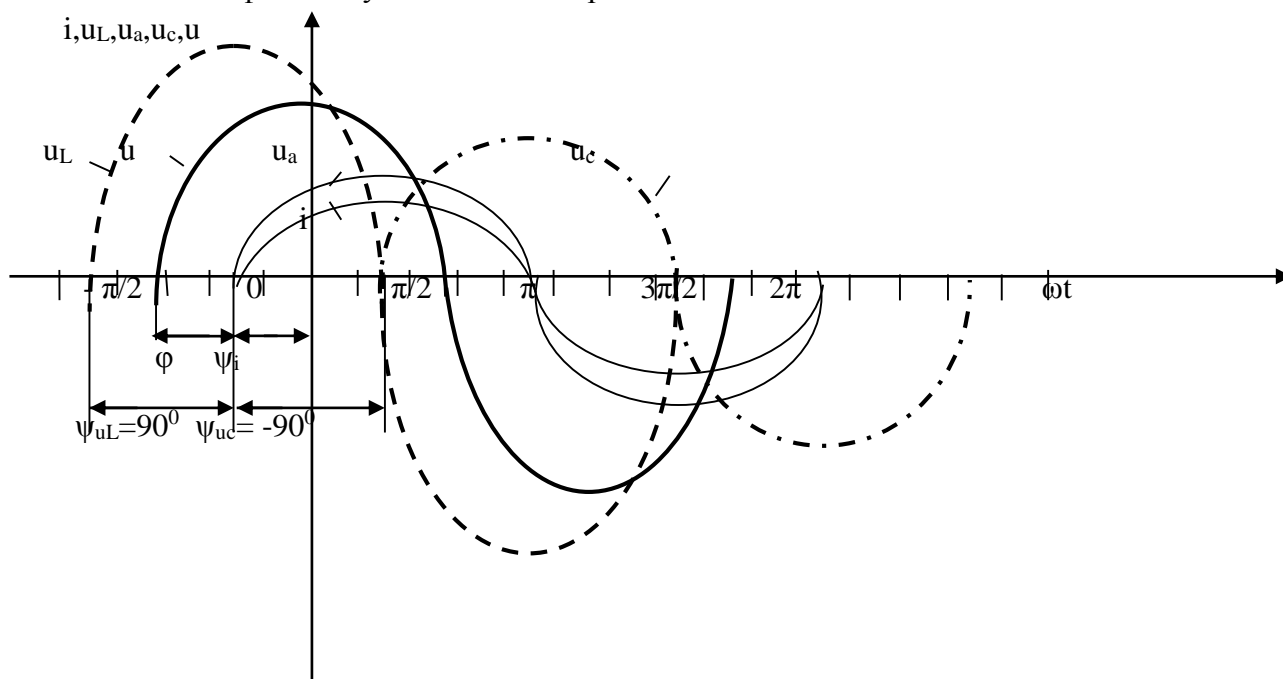
$$X_L = 28,4 \text{ Ом} / 5 = 5,7 \text{ см}$$

$$X_C = 15,4 \text{ Ом} / 5 = 3,1 \text{ см}$$

$$Z = 17 \text{ Ом} / 5 = 3,4 \text{ см}$$



13. Представляем ток, общее напряжение и напряжения на участках цепи временными диаграммами с учетом начальных фазовых углов тока и напряжения.



Работа на занятии.

1. Используя исходные данные произвести расчет в соответствии с заданием, применяя предлагаемые формулы и образец решения подобной задачи.
2. Записать уравнение мгновенного значения напряжения на зажимах цепи.
3. Выбрав масштаб построить векторную диаграмму напряжений для случая, когда $\psi_i = 0$.
4. Выбрав масштаб построить векторную диаграмму напряжений для случая, когда $\psi_i = 0$.
5. Построить в масштабе треугольники сопротивлений и мощностей.
6. Представить ток, общее напряжение и напряжения на участках цепи временными диаграммами, построенными в одной системе координат.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Векторная диаграмма напряжений.

5. Построенные в масштабе треугольники сопротивлений и мощностей.
6. Временные диаграммы напряжений и тока, построенные в одной системе координат
7. Вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Что можно сказать о токе и напряжении в цепи RLC при активном режиме работы?
2. Что можно сказать о токе и напряжении в цепи RLC при активно-индуктивном режиме работы?
3. Что можно сказать о токе и напряжении в цепи RLC при активно-емкостном режиме работы?

Практическая работа №3 (2 часа)

Тема: Изучение схемы трёхфазной цепи при соединении потребителей «звездой».

Цель работы: Ознакомиться с трехфазными системами, измерением фазных и линейных токов и напряжений. Проверить основные соотношения между токами и напряжениями симметричного и несимметричного трехфазного потребителя. Выяснить роль нейтрального провода в четырехпроводной трехфазной системе. Научиться строить векторные диаграммы напряжений и токов.

Пояснения к работе.

1. Ознакомиться с виртуальной лабораторной установкой (модуль питания, модуль мультиметров, набор минимодулей).
2. Включить модуль питания стенда (выключатель QF). Установить на одном из мультиметров **режим измерения переменного напряжения**. Включить источник постоянного и трехфазного напряжений и измерить линейные и фазные напряжения трехфазного источника на холостом ходу. Результаты измерений занести в табл. 1. Выключить источники трехфазного и постоянного напряжений.

Таблица 1

Измерено на клеммах источника питания						Вычислено		
Линейные напряжения			Фазные напряжения					
$U_{AB}, В$	$U_{BC}, В$	$U_{CA}, В$	$U_A, В$	$U_B, В$	$U_C, В$	$U_L, В$	$U_\Phi, В$	U_L/U_Φ

- 2.1. Собрать симметричную трехфазную электрическую цепь. Замкнуть тумблеры SA1 и SA2. Предъявить схему для проверки преподавателю.
- 2.2. Включить источник постоянного и трехфазного напряжения. Измерить токи, фазные и линейные напряжения при включенном нейтральном проводе (тумблер SA2 замкнут). Результаты занести в табл. 2. Проверить соотношение между линейными и фазными напряжениями потребителей.
- 2.3. Разомкнуть тумблер SA2. Повторить те же измерения при отключенном нейтральном проводе. Результаты занести в табл. 2. Выключить источник трехфазного и постоянного напряжений.
- 2.4. Исследовать влияние обрыва линейного провода на режим работы цепи при наличии нейтрального провода. Для этого разомкнуть тумблер SA1 и замкнуть тумблер SA2. Включить источники постоянного и трехфазного напряжений. Измерить токи и напряжения. Результаты занести в табл. 2. Выключить источники постоянного и трехфазного напряжений.

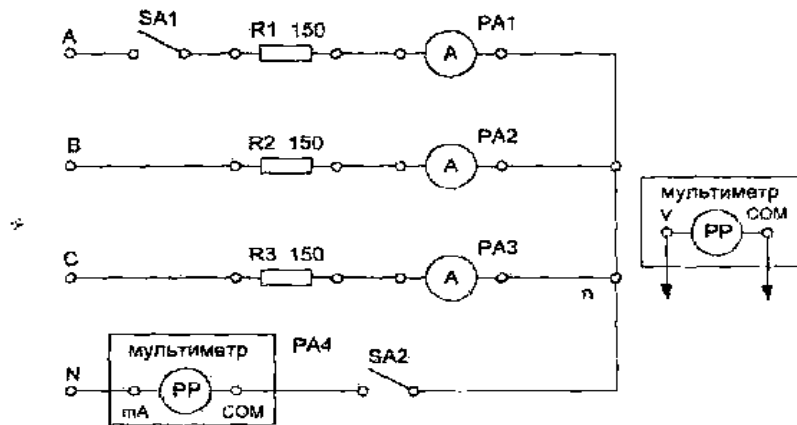


Рис. 1

- 2.5. Исследовать несимметричную трехфазную цепь. Для этого собрать схему по рис. 2. Предъявить схему для проверки преподавателю. Измерить токи, линейные и фазные напряжения в каждой фазе потребителя при наличии нейтрального провода, Результаты записать в табл. 2.
- 2.6. Разомкнуть цепь нейтрального провода с помощью тумблера SA2 и вновь измерить токи и напряжения. Результаты записать в табл.2.

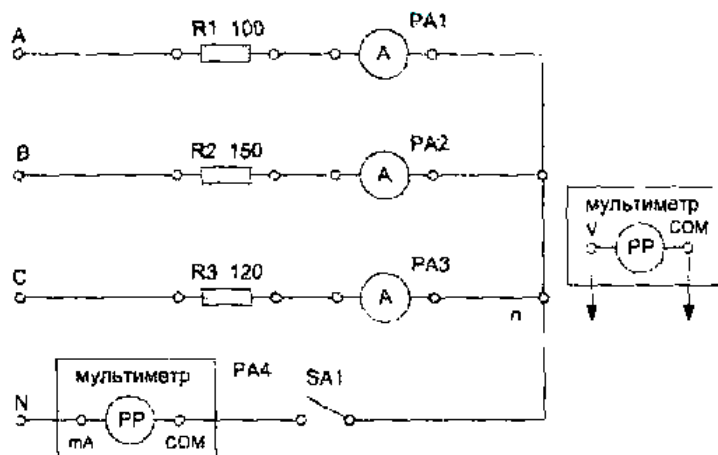


Рис. 2

- 2.7. По результатам измерений вычислить:
- среднее значение линейных напряжений U_L источника питания;
 - среднее значение фазных напряжений U_F источника питания;
 - отношение U_L / U_F ;
 - среднее значение тока при симметричной нагрузке,
- 2.10. Для всех проведенных опытов методом засечек построить в масштабе векторные диаграммы.
- 2.11. Сравнить влияние нейтрального провода на работу трехфазной системы при симметричной и несимметричной нагрузке.

Таблица № 2

Режим нагрузки	Токи, мА				Напряжения, В						
	I_A	I_B	I_C	I_0	Фазные			Линейные			
					$U_{АП}$	$U_{ВП}$	$U_{СП}$	U_{AB}	U_{BC}	U_{CA}	U_{nN}
Нейтральный провод включен, нагрузка симметричная											
Нейтральный провод											

выключен, нагрузка симметричная											
Нейтральный провод включен, обрыв линейного провода											
Нейтральный провод включен, нагрузка несимметричная											
Нейтральный провод выключен, нагрузка несимметричная											

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Заполненные таблицы 1 и 2.
4. Построить в масштабе векторные диаграммы.
5. Вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Как выполнить соединение потребителей по схеме звезда?
2. Какая сеть считается трехпроводной, четырехпроводной?
3. Какая нагрузка считается симметричной, равномерной, однородной?
4. Объяснить назначение нейтрального провода.
5. Как рассчитать ток в нейтральном проводе?
6. Написать формулы, связывающие линейные и фазные напряжения и токи в четырехпроводной системе.
7. Написать формулы для расчета активной, реактивной и полной мощности приемника.

Практическая работа № 4 (2 часа)

Тема: Расчет параметров трансформатора

Цель работы: Рассчитать основные параметры трансформатора.

Пояснения к работе. Однофазный трансформатор включен в сеть с частотой тока 50 Гц. Номинальное вторичное напряжение $U_{2н}$. коэффициент трансформации k . Определить число витков в обмотках w_1 и w_2 , если в стержне магнитопровода трансформатора сечением $Q_{ст}$ максимальное значение магнитной индукции B_{max} . Коэффициент заполнения стержня сталью $k_c = 0,95$. Все необходимые параметры для расчетов даны в исходных данных.

Исходные данные

Параметр	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{2н}, В$	230	400	680	230	230	400	400	680	230	230
k	15	10	12	8	10	6	8	12	14	8
$Q_{ст}, м^2$	0,049	0,08	0,12	0,18	0,065	0,08	0,12	0,076	0,06	0,085
$B_{max}, Тл$	1,3	1,6	1,8	1,3	1,4	1,5	1,2	1,3	1,5	1,2

Задание.

1. Максимальное значение основного магнитного потока $\Phi_{\text{шах}} = V_{\text{шах}} Q_{\text{СТ}} k_c$
2. Число витков во вторичной обмотке трансформатора $w_2 = U_{2\text{н}} / (4,44f \Phi_{\text{шах}})$
3. Количество витков в первичной обмотке $w_1 = w_2 k$

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Решение задачи.
4. Вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Что такое трансформатор и его назначение?
2. Какие виды трансформаторов вы знаете?
3. Из чего состоит трансформатор?
4. Назовите основные параметры трансформатора.

Практическая работа № 5 (2 часа)

Тема: Расчет освещения стройплощадки

Цель работы: научиться выполнять светотехнический расчет прожекторного освещения строительной площадки, рабочих мест и охранного освещения.

Пояснения к работе.

Расчет общего освещения строительной площадки

Для освещения строительной площадки целесообразно применять прожекторное освещение. Светотехническим расчетом прожекторного освещения определяем количество прожекторов, необходимое их количество, высоту и место установки, угол наклона в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Расчет освещения производится по мощности прожекторной установки.

Выбор типа прожектора зависит от площади освещаемых территорий и технологических процессов, выполняемых на них. Светотехнические характеристики прожекторов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Светотехнические характеристики прожекторов

Типы осветительного прибора	№ для исходных данных	Тип лампы	Максимальная сила света, кд	Коэффициент усиления
		горизонтальной		
ПЗС-45	1	Г-220-1000	130 000	15,2
	2	ДРЛ-700	30 000	
ПЗС-35	3	Г-220-500	50 000	
	4	ДРИ-500	286 000	
ПЗС-25	5	Г-220-200	16 000	
	6	ДРЛ-125	16 000	
ПСМ-50-1	7	Г-220-1000	120 000	19,7
	8	ДРЛ-700	52 000	

Расчет количества прожекторов производим исходя из нормативной освещенности и мощности машины.

Количество прожекторов находим по следующей формуле:

$$N = \frac{m \times E_n \times k \times A}{P_{\text{л}}} \quad \text{шт.},$$

где: $m = 0.25$ – коэффициент, учитывающий световую отдачу источника света;
 $E_n = 2$ лк – нормируемая освещенность горизонтальной поверхности;
 $k = 1.5$ – коэффициент запаса;
 A – освещаемая площадь строительной площадки, м^2 ;
 $P_{\text{л}}$ – мощность лампы, Вт.

Минимальная высота установки прожекторов над освещенной поверхностью:

$$h_{\text{min}} = \sqrt{\frac{I_{\text{max}}}{300}} \quad \text{м},$$

где: I_{max} – максимальная сила света, кд.

Прожекторы расставляем по углам ограждения строительной площадки. Угол наклона прожекторов $\theta = 15^\circ$ и угол между оптическими осями прожекторов $\tau = 15^\circ$. При этом коэффициент неравномерности равен

$$z = \frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{ср.}}} = 0.6,$$

а удельная мощность 0.8 Вт/м^3 .

Расчет освещения рабочих мест

Для освещения рабочих мест при производстве работ принимается тип прожектора.

Тогда количество прожекторов находим по следующей формуле:

$$N = \frac{m \times E_n \times k \times A}{P_{\text{л}}} = \frac{0.12 \times 30 \times 1.5 \times 756}{500} = 9 \quad \text{шт.},$$

где: $m = 0.12$ – коэффициент, учитывающий световую отдачу источника света;
 $E_n = 30$ лк – нормируемая освещенность горизонтальной поверхности;
 $k = 1.5$ – коэффициент запаса;
 A – освещаемая площадь рабочих мест, м^2 ;
 $P_{\text{л}}$ – мощность лампы, Вт.

Минимальная высота установки прожекторов над освещенной поверхностью:

$$h_{\text{min}} = \sqrt{\frac{I_{\text{max}}}{300}} \quad \text{м},$$

где: I_{max} – максимальная сила света, кд.

Расчет охранного освещения

Для охранного освещения обычно используют установки для общего освещения, включенные на четверть своей мощности, чтобы данное освещение соответствовало требованиям, в соответствии с которыми мощность охранного освещения должна была не ниже 0.5 лк.

Задание.

1. Используя данные своего варианта произвести расчет общего освещения строительной площадки.
2. Используя данные своего варианта произвести расчет освещения рабочих мест.
3. Используя данные своего варианта произвести расчет охранного освещения.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

№ варианта	Освещаемая площадь строительной площадки, м ²	Освещаемая площадь рабочих мест, м ²	Тип осветительного прибора и лампы (принимается по табл.1)
1	972,8	680,96	3
2	546,7	382,69	5
3	1250,4	875,28	2
4	1800,2	1260,14	1
5	852,2	596,54	3
6	657,2	460,04	5
7	1564,4	1095,08	8
8	2015,2	1410,64	8
9	861,3	602,91	3
10	932,5	652,75	3
11	1120,7	784,49	2
12	2030,0	1421	8
13	2468,5	1727,95	8
14	3505,4	2435,78	4
15	975,3	682,71	3
16	423,5	296,45	6
17	932,7	652,89	3
18	1379,1	965,37	8
19	625,5	437,85	5
20	1720,5	1204,35	1
21	700,5	490,35	2
22	1462,5	1023,75	8
23	1894,5	1326,15	3
24	423,4	296,38	7
25	1358,4	950,88	3
26	1504,7	1053,29	8

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные.
3. Расчеты.
4. Вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Что определяют при светотехническом расчете прожекторного освещения?
2. Исходя из чего производится расчет количества прожекторов?
3. Как производится расчет охранного освещения?

Практическая работа № 6 (2 часа)

Тема: Временное электроснабжение строительной площадки

Цель работы: Изучить временное электроснабжение строительной площадки: назначение, потребители, способы расчета максимальной нагрузки и подбор источников, схемы прокладки.

Пояснения к работе.

На строительной площадке электрическая энергия необходима для различных нужд. Примерный перечень потребителей электрической энергии на строительной площадке в процессе строительства объекта приведен в таблице 1.

Всех потребителей электрической энергии можно объединить в четыре группы:

- силовые потребители (P_c);
- технологические нужды (P_T);
- внутреннее освещение ($P_{o.в.}$);
- наружное освещение ($P_{o.н.}$).

Таблица 1-Примерный перечень потребителей электрической энергии на строительной площадке

№ п/п	Наименование потребителей
I	Силовые потребители: Экскаваторы с электроприводом, растворные узлы, башенные, козловые, мостовые краны, лебедки, подъемники и др. мелкие механизмы, механизмы непрерывного транспорта, компрессоры, насосы, вентиляторы, сварочные трансформаторы и др.
II	Технологические нужды: Электропрогрев бетона, отопление грунта, кирпичной кладки и т.д.
III	Наружное освещение: Освещение строительной площадки в районе производства работ, освещение главных и второстепенных проходов и проездов, освещение мест производства работ: механизированных, земляных; бетонных; монтажа строительных конструкций, каменной кладки, такелажных, кровельных работ и др., освещение открытых складов, аварийное освещение, охранное освещение.
IV	Внутреннее освещение: Освещение контор, санитарно-бытовых и общественных помещений, освещение мест производства работ: отделочных, стекольных, столярно-плотничных и др., освещение закрытых складов, аварийное освещение.

В качестве источников электрической энергии, используемой в процессе строительства для выполнения строительно-монтажных работ применяют:

- стационарные источники электрической энергии;
- передвижные трансформаторные подстанции;
- временные электростанции.

Стационарные источники используются для приема электроэнергии, понижения напряжения и распределения электроэнергии. Для этого применяются трансформаторные подстанции (ТП). Главные понизительные подстанции (ГПП) принимают электроэнергию от ЛЭП, понижают напряжение и распределяют ее по территории строительства. ГПП имеют на входе 220, 110, 35 кВ, на выходе – 35, 10, 6 кВ.

Обычные трансформаторные подстанции (ТП) или распределительные ТП преобразуют электроэнергию напряжением 35, 10, 6 кВ в 380/220 В или 220/127 В для питания большинства потребителей.

Передвижные трансформаторные подстанции представляют собой комплектные трансформаторные подстанции (КТП), которые посредством кабеля или воздушной линии подключаются к источнику высокого напряжения энергосистемы.

Временные передвижные электростанции применяют при отсутствии или недостаточности постоянных источников и сетей, обеспечивающих стройку электроэнергией. Это, как правило, передвижные электростанции различной мощности: малой и средней мощности – до 100кВт с бензиновыми двигателями, и большой мощности до 1000 кВт с дизельными двигателями.

Общая потребность в электроэнергии для любой строительной площадки (т.е. величина необходимой для нее электрической мощности) исчисляется на период «пик» – период максимального ее расхода потребителями.

Порядок проектирования временного электроснабжения строительной площадки следующий:

- подготовка исходных данных;
- расчет электрических нагрузок для отдельных потребителей;
- построение графика потребления электрической энергии каждым потребителем и суммарной диаграммы электропотребления;
- расчет мощности трансформатора;
- организация электрического освещения и расчет числа прожекторов;
- привязка сетей временного электроснабжения и условия размещения потребителей электрической энергии.

Методы расчета электрических нагрузок

Расчетную величину электрической нагрузки можно определить четырьмя способами. Первые три способа дают приближенный результат и могут использоваться при разработке ПОС. Четвертый способ дает наиболее точные результаты и используются при разработке ППР.

1. Расчет нагрузок по удельной электрической мощности;
2. Расчет нагрузок по удельному расходу электроэнергии (кВт*час);
3. Расчет нагрузок по установленной мощности электроприемников и коэффициенту спроса без дифференциации по видам потребителей;
4. Расчет нагрузок по установленной мощности электроприемников и коэффициентам спроса с дифференциацией по видам потребителей.

1. Расчет нагрузок по удельной электрической мощности

Такой способ основан на обобщении статистических данных о фактической величине электрической энергии (кВ·А), расходуемой в процессе строительства различных объектов на укрупненную единицу сметной стоимости годового объема работ соответствующего вида строительства. Такой способ обычно применяется при разработке ПОС. Таким образом, расчетная мощность трансформатора (P^p) может быть определена по формуле:

$$P^p = p * C * k$$

Где: p – удельная мощность, кВ·А/млн.руб;

C – годовой объем СМР в млн.руб;

k – коэффициент, учитывающий район строительства и принимаемый по расчетным нормативам.

*2. Расчет нагрузок по удельному расходу электроэнергии (кВт*час)*

на укрупненный измеритель соответствующего вида работ осуществляется по следующей формуле:

$$P^p = \sum p * V / T^{\max} * \cos \varphi$$

Где: p – удельный расход электрической энергии на укрупненную единицу измерения соответствующего вида работ (принимается по справочникам);

V – объем работ за год в натуральных измерителях;

T^{\max} – принятое годовое число часов в зависимости от намеченной интенсивности работ, при ведении работ в одну или две смены принимают равным 2500.....5000 часов в год;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, зависящий от количества и загрузки силовых потребителей (принимается по справочникам).

3. Расчет нагрузок по установленной мощности электроприемников и коэффициенту спроса без дифференциации по видам потребителей

Производят по формуле:

$$P_p = \sum \frac{P_{уст} \times K_c}{\cos \varphi}$$

Где : $P_{уст}$ - установленная мощность потребителей электрической энергии, кВт;

K_c - коэффициент спроса, принимаемый по справочникам;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, зависящий от количества и загрузки силовых потребителей (принимается по справочникам).

4. Расчет нагрузок по установленной мощности электроприемников и коэффициентам спроса с дифференциацией по видам потребителей.

Такой метод расчета нагрузок является наиболее точным методом определения нагрузок рекомендуется применять при разработке ППР и, соответственно, при разработке дипломного проекта.

Расчет нагрузок выполняется в следующей последовательности:

- определение основных потребителей электроэнергии;
- для каждого потребителя устанавливаются нормативные коэффициенты спроса и $\cos j_T$;
- устанавливается величина нормативной потребляемой мощности каждым потребителем;
- выполняется расчет электропотребления по каждому потребителю;
- строится график электропотребления каждым из них и затем суммарная диаграмма потребления электрической энергии .

В каждый момент времени общая потребность в электроэнергии будет определяться суммой потребностей одновременно работающих потребителей по следующей формуле:

$$P_p = \alpha \left(\sum \frac{P_{yc} \times K_1}{\cos \varphi_c} + \sum \frac{P_{yT} \times K_2}{\cos \varphi_T} + \sum P_{yOB} \times K_3 + \sum P_{yOH} \times K_4 \right)$$

где: α – коэффициент, учитывающий потери в сети в зависимости от протяженности сечения провода и т.д. (принимается равным - 1,1);

K_1, K_2, K_3, K_4 – коэффициенты спроса, зависящие от числа потребителей и учитывающие неодновременность их работы, неполную загрузку электропотребителей (принимают по справочникам);

$\cos j_c, \cos j_T$ – коэффициенты мощности;

P_{yc} – установленная мощность силовых токоприемников (кВт);

P_{yT} – установленная мощность технологических потребителей (кВт);

P_{yOB} – установленная мощность (удельная) осветительных приборов внутреннего освещения;

P_{yOH} – установленная мощность (удельная) осветительных приборов наружного освещения .

График электропотребления строится для выявления динамики потребления электроэнергии на строительной площадке и установления периода и величины «пиковой» нагрузки. По значению этой нагрузки и производится расчет мощности трансформатора или передвижной электростанции.

По каждому потребителю вычерчивается линия электропотребления с указанием (над чертой) величины потребляемой мощности. Суммарное, итоговое электропотребление строится в виде диаграммы, вершина которой и является «пиковой» нагрузкой, т.е. показывает значение суммарной максимальной электрической нагрузки строительной площадки ($P_{p \max}$).

Потребная мощность трансформатора (кВ·А) определяется по значению рассчитанной суммарной нагрузки строительной площадки.

$$P_{тр} = P_{p \max} \times K_{м.н.}$$

где: $P_{p \max}$ – величина максимальной электрической нагрузки, принимается по нормативным диаграммам;

$K_{м.н.}$ – коэффициент совпадения нагрузок (для строек его величина принимается 0.75-0.85).

Выбор типа и количества трансформаторов выполняется по справочникам.

Электрическое освещение строительной площадки подразделяется на рабочее и охранное. Рабочее освещение должно обеспечивать нормальную работу в темное время суток на ее территории, в местах производства работ. Нормируется по соответствующим нормативным документам.

Охранное освещение территории строительной площадки или ее границ в темное время суток должно обеспечивать, в соответствии со строительными нормами, освещенность не менее 2 Лк на уровне земли.

Некоторые требования к прокладке временных электрических сетей

Для временного электроснабжения применяются кольцевая, тупиковая или смешанная схемы прокладки электрических сетей.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Расчеты.
4. Вывод по работе.

Контрольные вопросы.

1. Кто является потребителями электрической энергии на строительной площадке?
2. Что применяют в качестве источников электрической энергии, используемой в процессе строительства для выполнения строительного-монтажных работ?
3. Каков порядок проектирования временного электроснабжения строительной площадки?
4. Какие методы расчета электрических нагрузок вы знаете?

Практическая работа № 7 (2 часа)

Тема: Оказание первой помощи при поражении электрическим током.

Цель работы: изучить инструкцию по оказанию первой помощи пострадавшим при поражении электрическим током

Пояснения к работе.

Электротравма считается одним из самых опасных повреждений для человека, и получить ее можно в самых неожиданных местах. Источником опасности для человека могут стать оголенные электрические провода, неисправные электроприборы, поражение может наступить на производстве или при воздействии сильного разряда молнии. Первая помощь при ударе током должна быть оказана незамедлительно, главное сделать ее грамотно и при этом не навредить себе.

Признаки поражения электрическим током

Опасность воздействия электрического тока заключается в его негативном влиянии на работу внутренних органов. Ток вызывает нагрев тканей и беспорядочное сокращение всех групп мышц. В местах входа электрической дуги на коже человека определяются места входа и выхода, они могут быть незначительными снаружи, а в глубоких подкожных слоях вызывать сильнейшие поражения вплоть до некроза тканей. Отмечается негативное влияние электрического тока на сердце, в нем появляются неритмичные сокращения, в тяжелых случаях приводящие к полной остановке сердечной деятельности.

Заподозрить получение электротравмы у постороннего человека в том случае, если момент воздействия тока не был замечен, можно по следующим признакам:

- Недалеко от пострадавшего находятся оголенные провода, открытая трансформаторная будка.
- У пострадавшего нет сознания или оно спутанное.
- Входное отверстие от тока в виде ожога располагается на конечностях.
- Прерывистое дыхание, бледность кожных покровов, синева губ.
- Фиксируется аритмичный пульс.

Даже кратковременное воздействие тока может вызвать остановку дыхания, потерю сознания и прекращение сердечной деятельности, поэтому первая помощь при ударе электрическим током должна быть оказана на месте.

ИНСТРУКЦИЯ

по оказанию первой помощи пострадавшим при поражении электрическим током

1. Общие требования по оказанию первой помощи

1.1. Первая помощь представляет собой комплекс срочных мероприятий, проводимых при несчастных случаях и внезапных заболеваниях, направленных на прекращение действия повреждающего фактора, на устранение явлений, угрожающих жизни, на облегчение страданий и подготовку пострадавшего к отправке в лечебное учреждение.

Первая помощь — это простейшие медицинские действия, выполняемые непосредственно на месте происшествия в кратчайшие сроки после травмы. Она оказывается, как правило, не медиками, а работниками, находящимися в момент происшествия непосредственно на месте происшествия или вблизи от него. Считается оптимальным сроком оказания первой помощи — 30 минут после травмы.

1.2. Оказывающему первую помощь необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- освободить пострадавшего от дальнейшего воздействия на него опасного производственного фактора (электрического тока), оценить состояние пострадавшего, при необходимости вынести на свежий воздух, освободить от стесняющей дыхание одежды;
- определить характер и степень повреждения, для чего обнажить поврежденную часть тела или снять с пострадавшего всю одежду. Раздевание и одевание пострадавшего должны производиться осторожно, не вызывая болезненных ощущений или повторного повреждения;
- выполнить необходимые мероприятия по спасению пострадавшего в порядке срочности (восстановить проходимость дыхательных путей, в случае необходимости провести искусственное дыхание, наружный массаж сердца, остановить кровотечение, иммобилизовать место перелома, наложить повязку и т. п.);

- поддержать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия медицинского работника;
- вызвать медицинских работников либо принять меры для транспортировки пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

2. Освобождение от действия электрического тока (общие рекомендации)

2.1. При поражении электрическим током необходимо как можно скорее освободить пострадавшего от действия тока, так как от продолжительности этого действия зависит тяжесть электротравмы.

2.2. Прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением, вызывает в большинстве случаев непроизвольное судорожное сокращение мышц и общее возбуждение, которое может привести к нарушению и даже к полному прекращению деятельности органов дыхания и кровообращения.

Если пострадавший держит провод руками, его пальцы так сильно сжимаются, что высвободить провод из его рук становится невозможным. Поэтому первым действием оказывающего помощь должно быть немедленное отключение той части электроустановки, которой касается пострадавший. Отключение производится с помощью выключателей, рубильника или другого отключающего аппарата, а также путем снятия или вывертывания предохранителей (пробок), разъема штепсельного соединения.

2.3. Если пострадавший находится на высоте, то отключение установки и тем самым освобождение от тока может вызвать его падение. В этом случае необходимо принять меры, предупреждающие падение пострадавшего или обеспечивающие его безопасность.

2.4. При отключении электроустановки может одновременно погаснуть электрический свет. В связи с этим при отсутствии дневного освещения необходимо заботиться об освещении от другого источника (включить аварийное освещение, аккумуляторные фонари и т. п.) с учетом взрывоопасности и пожароопасности помещения, не задерживая отключения электроустановки и оказания помощи пострадавшему.

2.5. Если отключить установку достаточно быстро нельзя, необходимо принять иные меры к освобождению пострадавшего от действия тока. Во всех случаях оказывающий помощь не должен прикасаться к пострадавшему без надлежащих мер предосторожности, так как это опасно для жизни. Он должен следить и за тем, чтобы самому не оказаться в контакте с токоведущей частью и под напряжением шага.

3. Освобождение от действия электрического тока напряжением до 1000 В

3.1. Для отделения пострадавшего от токоведущих частей или провода напряжением до 1000 В следует воспользоваться канатом, палкой, доской или каким-либо другим сухим предметом, не проводящим электрический ток, можно также оттянуть его за одежду (если она сухая и отступает от тела), например, за полы пиджака или пальто, за воротник, избегая при этом соприкосновения с окружающими металлическими предметами и частями тела пострадавшего, не прикрытыми одеждой.

3.2. Оттаскивая пострадавшего за ноги, оказывающий помощь не должен касаться его обуви или одежды без хорошей изоляции своих рук, так как обувь и одежда могут быть сырыми и являться проводниками электрического тока.

3.3. Для изоляции рук оказывающий помощь, должен одеть диэлектрические перчатки или обмотать руку шарфом, надеть на нее сукожную фуражку, натянуть на руку рукав, пиджака или пальто, накинуть на пострадавшего резиновый коврик, прорезиненную материю (плащ) или просто сухую материю. Можно также изолировать себя, встав на резиновый коврик, сухую доску или какую-либо не проводящую электрический ток подстилку, сверток одежды и т. п. При отделении пострадавшего от токоведущих частей рекомендуется действовать одной рукой, держа вторую в кармане или за спиной.

3.4. Если электрический ток проходит в землю через пострадавшего и он судорожно сжимает в руке один токоведущий элемент (например, провод), проще прервать ток, отделив пострадавшего от земли (подсунуть под него сухую доску, либо оттянуть ноги от земли веревкой, либо оттащить за одежду), соблюдая при этом указанные выше меры предосторожности как по отношению к самому себе, так и по отношению к пострадавшему.

Можно также перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой или перекусить их инструментом с изолированными рукоятками (кусачками, пассатижами и т. п.).

Перерубать и перекусывать провода необходимо пофазно, т. е. каждый провод в отдельности, при этом рекомендуется стоять по возможности на сухих досках, деревянной лестнице и т. п. Можно воспользоваться и неизолированным инструментом, обернув его рукоятку сухой материей.

4. Освобождение от действия электрического тока напряжением выше 1000 В

4.1. Для отделения пострадавшего от токоведущей части, находящейся под напряжением выше 1000В, следует надеть диэлектрические перчатки и боты и действовать штангой или изолирующими клещами, рассчитанными на соответствующее напряжение; при этом надо помнить об опасности напряжения шага, если токоведущая часть (провод и т. п.) лежит на земле, и после освобождения пострадавшего от действия тока необходимо вынести его из опасной зоны.

4.2. На линиях электропередачи, когда нельзя быстро отключить их от пунктов питания, для освобождения пострадавшего, если он касается проводов, следует произвести замыкание проводов накоротко, набросив на них гибкий неизолированный провод. Провод должен иметь достаточное сечение, чтобы он не перегорел при прохождении через него тока короткого замыкания.

Перед тем как произвести наброс, один конец провода надо заземлить (присоединить его к заземленной металлической опоре и др.).

Для удобства наброса на свободный конец проводника желательно прикрепить груз. Набрасывать проводник надо так, чтобы он не коснулся людей, в том числе, оказывающего помощь и пострадавшего. Если пострадавший касается одного провода, то достаточно заземлить только этот провод.

5. Первая помощь пострадавшему от электрического тока

5.1. После освобождения пострадавшего от действия электрического тока необходимо оценить его состояние. Признаки, по которым можно быстро определить состояние пострадавшего, следующие:

сознание: ясное, отсутствует, нарушено (пострадавший заторможен, возбужден);

цвет кожных покровов и видимых слизистых (губ, глаз): розовые, синюшные, бледные;

дыхание: нормальное, отсутствует, нарушено (неправильное, поверхностное, хрипящее);

пульс на сонной артерии: хорошо определяется (ритм правильный или неправильный), плохо определяется, отсутствует;

зрачки: узкие, широкие.

5.2. При определенных навыках, владея собой, оказывающий помощь в течение одной минуты способен оценить состояние пострадавшего и решить, в каком объеме и порядке следует оказывать ему помощь.

5.3. Цвет кожных покровов и наличие дыхания (по подъему и опусканию грудной клетки) оценивают визуально. Нельзя тратить драгоценное время на прикладывание ко рту и носу зеркала, блестящих металлических предметов. Об утрате сознания также, как правило, судят визуально, и, чтобы окончательно убедиться в его отсутствии, можно обратиться к пострадавшему с вопросом о самочувствии.

5.4. Пульс на сонной артерии прощупывают подушечками второго, третьего и четвертого пальцев руки, располагая их вдоль шеи между кадыком (адамово яблоко) и кивательной мышцей и слегка прижимая к позвоночнику. Приемы определения пульса на сонной артерии очень легко отработать на себе или на своих близких.

5.5. Ширину зрачков при закрытых глазах определяют следующим образом: подушечки указательных пальцев кладут на верхние веки обоих глаз и, слегка придавливая их к главному яблоку, поднимают вверх. При этом глазная щель открывается и на белом фоне видна округлая радужка, а в центре ее округлой формы черные зрачки, состояние которых (узкие или широкие) оценивают по тому, какую площадь радужки они занимают.

5.6. Как правило, степень нарушения сознания, цвет кожных покровов и состояние дыхания можно оценить одновременно с прощупыванием пульса, что отнимает не более 1 минуты. Осмотр зрачков удается провести за несколько секунд.

5.7. Если у пострадавшего отсутствуют сознание, дыхание, пульс, кожный покров синюшный, а зрачки широкие (5 миллиметров в диаметре), можно считать, что он находится в состоянии клинической смерти и немедленно приступить к оживлению организма с помощью искусственного дыхания по способу «изо рта в рот» или «изо рта в нос» и наружного массажа сердца. Не следует раздевать пострадавшего, теряя драгоценные секунды.

5.8. Если пострадавший дышит очень редко и судорожно, но у него прощупывается пульс, необходимо сразу начать делать искусственное дыхание. Не обязательно, чтобы при проведении искусственного дыхания пострадавший находился в горизонтальном положении.

5.9. Приступив к оживлению, нужно позаботиться о вызове врача или скорой медицинской помощи. Это должен сделать не оказывающий помощь, который не может прервать ее оказание, а кто-то другой.

5.10. Если пострадавший в сознании, но до этого был в обмороке или находился в бессознательном состоянии, но с сохранившимися устойчивыми дыханием и пульсом, его следует уложить на подстилку, например, из одежды; расстегнуть одежду, стесняющую дыхание; создать приток свежего воздуха; согреть тело, если холодно; обеспечить прохладу, если жарко; создать полный покой, непрерывно наблюдая за пульсом и дыханием; удалить лишних людей.

5.11. Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, необходимо наблюдать за его дыханием и в случае нарушения дыхания из-за западания языка выдвинуть нижнюю челюсть вперед, взявшись пальцами за ее углы, и поддержать ее в таком положении, пока не прекратится западание языка.

5.12. При возникновении у пострадавшего рвоты необходимо повернуть его голову и плечи налево для удаления рвотных масс.

5.13. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться, а тем более продолжать работу, так как отсутствие видимых тяжелых повреждений от электрического тока или других причин (падение и т. п.) еще не исключает возможности последующего ухудшения его состояния.

5.14. Переносить пострадавшего в другое место следует только в тех случаях, когда ему или лицу, оказывающему помощь, продолжает угрожать опасность или когда оказание помощи на месте невозможно (например, на опоре).

5.15. Ни в коем случае нельзя зарывать пострадавшего в землю, так как это принесет только вред и приведет к потере дорогих для его спасения минут.

При поражении молнией оказывается та же помощь, что при поражении электрическим током.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Составить конспект.

Контрольные вопросы.

1. Что такое заземление и какого его назначение?
2. Каковы общие рекомендации по освобождению человека от действия электрического тока?
3. Каковы рекомендации по освобождению человека от действия электрического тока напряжением до 1000 В?
4. Каковы рекомендации по освобождению человека от действия электрического тока напряжением выше 1000 В?
5. Первая помощь пострадавшему от электрического тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Бутырин П. А. Толчеев О. В. Шакирзянов Ф. Н. Электротехника Академия, 2013
2. Электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК), сетевая версия, издательство: корпорация «Диполь», г. Саратов - ЭУМК «Электротехника и электроника» сетевая 2017

Дополнительные источники:

1. Прошин В.М., Электротехника, Академия, 2015
2. Синдеев Ю.Г. Электротехника с основами электроники, Феникс, 2013
3. Бутырин П.А. Основы электротехники [Электронный ресурс]: учебник для студентов средних и высших учебных заведений профессионального образования по направлениям электротехники и электроэнергетики/ Бутырин П.А., Толчеев О.В., Шакирзянов Ф.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Издательский дом МЭИ, 2014.— 360 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/33220.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Алиев И.И. Электротехника и электрооборудование [Электронный ресурс]: справочник. Учебное пособие для вузов/ Алиев И.И.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2014.— 1199 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9654.html>.— ЭБС «IPRbooks»

Интернет-ресурсы:

Официальный сайт компании "КонсультантПлюс" <http://www.consultant.ru>