

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

**Ожерельевский ж.д. колледж - филиал ПГУПС**

СОГЛАСОВАНО

Методист

\_\_\_\_\_ Л.А. Елина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

\_\_\_\_\_ Н.Н. Иванова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**по дисциплине ОП.02 Электротехника и электроника**

специальность 08.02.10 Строительство железных дорог, путь и путевое  
хозяйство

## СОДЕРЖАНИЕ

	1. Пояснительная записка	4
	2. Перечень практических работ	6
7	3. Требования к выполнению и оформлению практических работ	
	4 Практические работы	8
8	4.1 Практическое занятие 1 Расчёт электростатической цепи	
	4.2 Практическая работа 2 Расчёт цепей постоянного тока	
	4.3 Практическое занятие 9 Расчёт трёхфазной цепи переменного тока	
	5 Библиографический список	

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «**ОП.02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**» составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников СПО по специальности 08.02.10 «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» и на основе рабочей программы дисциплины. Данная дисциплина относится к блоку общепрофессиональных дисциплин, устанавливающих базовые знания и иметь практический опыт для освоения ПМ.

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

– методы преобразования электрической энергии, сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях, порядок расчёта их параметров;

– основы электроники, электронные приборы и усилители.

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

– производить расчёт параметров электрических цепей;

– собирать электрические схемы и проверять их работу.

*Процесс изучения дисциплины направлен на формирование общих компетенций, включающих в себя способность:*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*Содержание дисциплины ориентировано на подготовку студентов к освоению профессиональных модулей по специальности и овладению профессиональными компетенциями, соответствующими основным видам профессиональной деятельности:*

ПК 2.2. Производить ремонт и строительство железнодорожного пути с использованием средств механизации.

ПК 2.3. Контролировать качество текущего содержания пути, ремонтных и строительных работ, организовывать их приемку.

ПК 3.1. Обеспечивать выполнение требований к основным элементам и конструкции земляного полотна, переездов, путевых и сигнальных знаков, верхнего строения пути.

ПК 3.2. Обеспечивать выполнение требований к искусственным сооружениям на железнодорожном транспорте.

ПК 4.4. Обеспечивать соблюдение техники безопасности и охраны труда на производственном участке, проводить профилактические мероприятия и обучение персонала.

Рабочая программа учебной дисциплины предусматривает 10 часов практических работ.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Название работы (занятия)	Объем часов
1	Расчёт электростатической цепи	1
2	Расчёт цепей постоянного тока	2
3	Расчёт трёхфазной цепи переменного тока	1
ИТОГО		4

### **3 ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Практические работы проводятся в кабинете Электротехники (помещение П-2-17). При выполнении работ учащиеся должны иметь конспект лекций, справочные таблицы, чистые листы бумаги формата А4, миллиметровку, авторучки, карандаши, в т.ч. и цветные, транспортиры, оцифрованные линейки и калькуляторы.

Формой контроля качества выполнения практических работ является их оценка как «зачёт/незачёт». Работа учащегося считается невыполненной в том случае, если значение полученного числового результата не совпадает с действительным ответом, неверно указаны параметры вычисленных электромагнитных величин, а также если заданная схема электрической цепи представлена с ошибками.

## 4 ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### 4.1 Практическое занятие 1

**Тема:** расчёт электростатической цепи

**Цель работы:** научиться рассчитывать электростатическую цепь, содержащую конденсаторы

**Оборудование и приборы:** в данной работе не используются

**Исходные данные:** уникальная схема, содержащая различные схемы соединения конденсаторов с различными диэлектриками выдаётся каждому учащемуся персонально.

#### Краткие теоретические сведения (примеры решения задач):

1. Емкость эквивалентного конденсатора, образованного двумя последовательно включенными конденсаторами, 100 пФ, а заряд 20 нКл. Определите емкость второго конденсатора, а также разность потенциалов на обкладках каждого из них, если  $C_1 = 200$  пФ.

Вспользуемся  $C_{\Sigma} = \frac{C_1 \times C_2}{(C_1 + C_2)}$ . Тогда  $100 = \frac{200 \times C_2}{(200 + C_2)}$  (считаем в пикофарадах)

Отсюда  $100(200 + C_2) = 200 \times C_2$ ,  $20000 = 100 \times C_2$ ,  $C_2 = 200$  пФ.

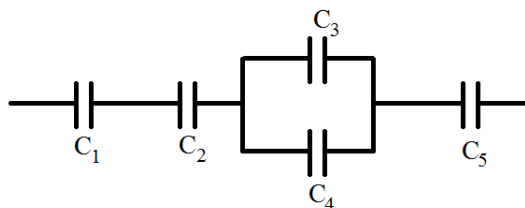
При последовательном соединении заряд на конденсаторах равный:  $q_1 = 20$ ,  $q_2 = 20$  нКл.

Напряжения также получатся одинаковыми:

$$U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{20 \times 10^{-9}}{200 \times 10^{-12}} = 100 \text{ В}, \quad U_2 = U_1 = 100 \text{ В}.$$

Ответ:  $U_1 = U_2 = 100$  В,  $q_1 = q_2 = 20$  нКл.

2. Определите емкость батареи конденсаторов, изображенной на рисунке. Емкость каждого конденсатора  $C = 1$  мкФ.



Емкости  $C_3$  и  $C_4$ , поскольку они соединены параллельно, необходимо сложить:  $C_{34} = C_3 + C_4 = 2$  мкФ. Тогда получим последовательное соединение

трех одинаковых емкостей и  $C_{34}$ , емкость которой вдвое больше. При последовательном соединении емкостей их эквивалентная емкость

$$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

вычисляется по формуле: . Тогда

получим:  $\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1} = 3,5$ ,  $C_{\Sigma} = \frac{1}{3,5} = 0,286$  мкФ.

Ответ: 286 нФ

**3.** Наибольшая емкость конденсатора 60 мкФ. Какой заряд он накопит при подключении источника постоянного напряжения 60В?

Так как  $q = C \times U$ , то  $q = 60 \times 10^{-6} \times 60 = 0,36$  мКл.

Ответ: 0,36 мКл

**4.** При введении в пространство между пластинами воздушного конденсатора твердого диэлектрика напряжение на конденсаторе уменьшилось с 400 до 100 В. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

Рассмотрим сначала конденсатор до введения диэлектрика:  $q = C_1 \times U$ ,  $q_1 = 400 C_1$ . Заряд остался тем же при введении диэлектрика, а напряжение изменилось:  $q_2 = q_1 = 100 C_2$ .

Тогда  $400 C_1 = 100 C_2$ , или  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{4}$

Емкость конденсатора, как известно, зависит от площади пластин и расстояния между ними, а также от диэлектрика:

$$C = \frac{\varepsilon \times \varepsilon_0 \times S}{d}$$

В первом случае, без диэлектрика:  $C_1 = \frac{\varepsilon_0 \times S}{d}$ , а во втором  $C_2 = \frac{\varepsilon \times \varepsilon_0 \times S}{d}$

Найдем и в этом случае отношение емкостей:  $\frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{\varepsilon}$ , или  $\varepsilon = \frac{C_2}{C_1} = 4$

Ответ:  $\varepsilon = 4$  Кл\*Кл/Н\*м\*м

**5.** Площадь пластин конденсатора равна 520 см кв. На каком расстоянии нужно разместить пластины в воздухе, чтобы емкость конденсатора была равна 50 пФ?

Емкость конденсатора без диэлектрика:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \times S}{d}$$

Площадь нужно выразить в кв. метрах:  $S = 520 \times 10^{-4} = 0,052$

Диэлектрическая проницаемость воздуха  $\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12}$ .



Выразим из первого выражения нужную нам

$$d = \frac{\epsilon_0 \times S}{C} = \frac{8,85 \times 10^{-12} \times 0,052}{50 \times 10^{-12}} = 0,0092$$

величину: м, или 9,2 мм.

Ответ: 9,2 мм

6. Конденсатору емкостью 20 мкФ сообщили заряд 5 мкКл. Какова энергия заряженного конденсатора?

Энергию электрического поля, накопленную конденсатором, можно вычислить по формуле:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$$

– и в этой задаче как раз хорошо будет воспользоваться второй записью.

$$W = \frac{q^2}{2C} = \frac{(5 \times 10^{-6})^2}{2 \times 20 \times 10^{-6}} = \frac{25}{40} = 0,625 \times 10^{-6}$$

Тогда: мкДж

7. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из бумаги, пропитанной парафином, равно 2 мм, а напряжение 200 В. Найти плотность энергии поля.

Чтобы найти плотность энергии, нужно сначала определить энергию поля, а потом посчитать, в каком объеме она сосредоточена.

$$W = \frac{CU^2}{2}, \text{ с другой стороны, емкость } C = \frac{\epsilon \times \epsilon_0 \times S}{d}, \text{ тогда } W = \frac{\epsilon \times \epsilon_0 \times S U^2}{2d}$$

Объем пространства между пластинами конденсатора – это произведение площади пластин на расстояние между ними:  $V = Sd$ . Тогда плотность

$$\frac{W}{V} = \frac{\epsilon \times \epsilon_0 U^2}{2d^2}$$

энергии поля равна

Посмотрим в справочнике, какова диэлектрическая проницаемость бумаги с парафином, выразим расстояние между пластинами в метрах, и подставим цифры:

$$\frac{W}{V} = \frac{2,2 \times 8,85 \times 10^{-12} \times 200^2}{2(0,002)^2} = 9,7$$

мДж

### Порядок выполнения работы:

1. Вычерчивается заданная преподавателем электрическая схема.
2. Выполняются расчёты.
3. Проверяются полученные данные.

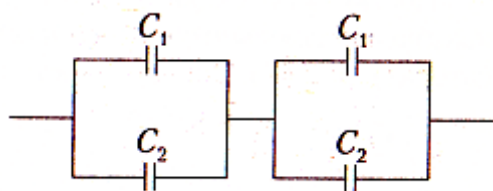
### Содержание отчёта:

1. В верхнем правом углу учащийся указывает учебную группу, ФИО, уникальный номер задания, полученного от преподавателя.
2. Приводится электрическая схема задания.

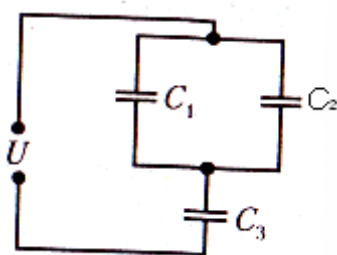
3. Указывается последовательность арифметических действий в соответствии с формулами, определяющими соотношения заданных параметров и искомых величин.
4. В ответе приводятся требуемые значения вычисленных в результате решения поставленной задачи соответствующих искомых величин.

**Контрольные вопросы:** учащийся в зависимости от правильности определения искомых величин отвечает на вопросы преподавателя по существу решения поставленной задачи.

1. Модуль напряженности электрического поля в пространстве между пластинами плоского конденсатора в вакууме  $60 \text{ В/м}$ , расстояние между пластинами  $4 \text{ см}$ . Определите напряжение на пластинах конденсатора.
2. Определите емкость батареи (нФ) конденсаторов, если  $C_1=5 \text{ нФ}$ ,  $C_2=15 \text{ нФ}$ .



3. Определите площадь ( $\text{см}^2$ ) каждой из обкладок плоского конденсатора с воздушным промежутком  $3 \text{ мм}$ , если его емкость  $5 \text{ пФ}$ .
4. Емкости конденсаторов  $C_1 = 12 \text{ нФ}$  и  $C_2 = 24 \text{ нФ}$ ,  $C_3 = 36 \text{ нФ}$ . Определите емкость батареи (нФ) конденсаторов.



## 4.2 Практическая работа 2

**Тема:** Расчёт цепей постоянного тока

**Цель работы:** научиться рассчитывать цепи постоянного тока

**Оборудование и приборы:** в данной работе не используются

**Исходные данные:** уникальная схема цепи с соответствующими параметрами выдаётся каждому учащемуся персонально.

Цепь постоянного тока содержит шесть резисторов, соединенных смешанно. Схема цепи указана на рис. 1, величина резисторов в таблице 2.

Определить эквивалентное сопротивление цепи относительно вводов АВ, токи и напряжения на каждом резисторе, составить баланс мощностей.

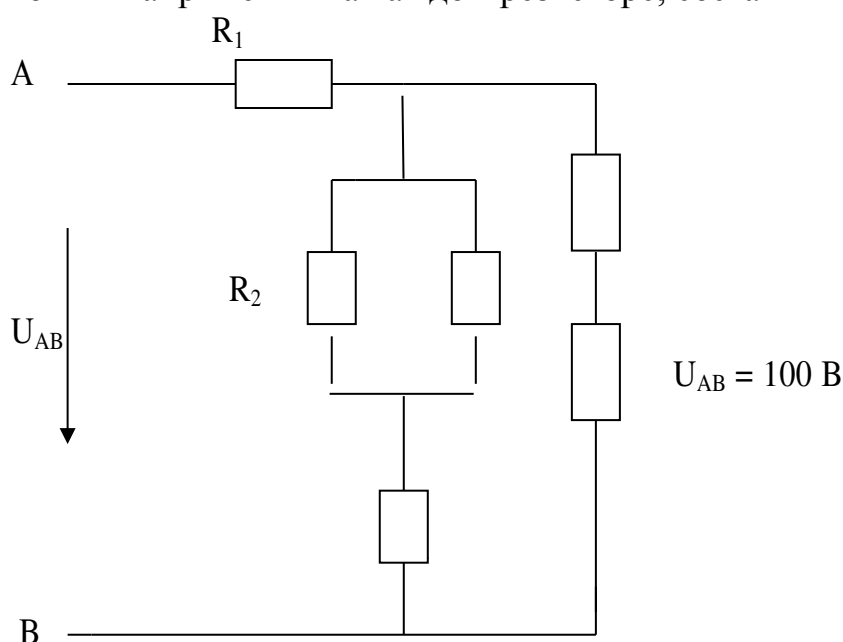
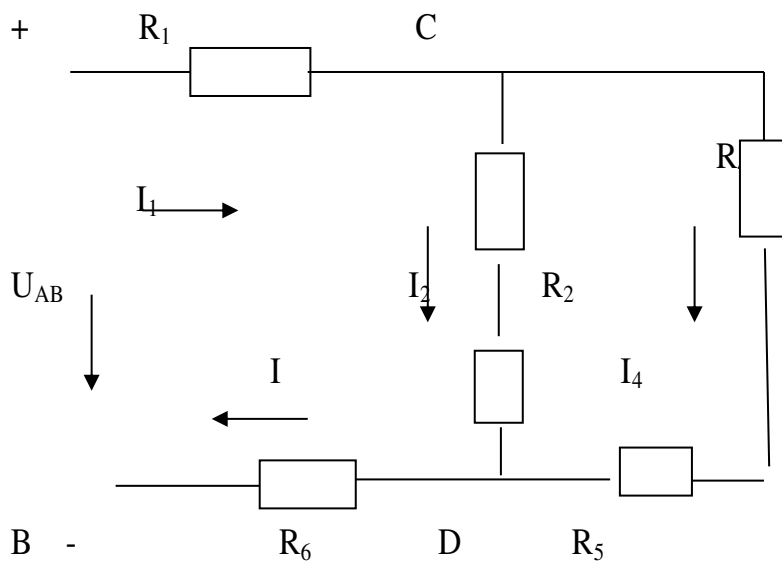


Рис. 1

Таблица 2

№ варианта	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом	$R_4$ , Ом	$R_5$ , Ом	$R_6$ , Ом
1	5	10	15	4	6	4
2	0	10	15	4	6	4
3	5	10	15	0	6	4
4	5	10	15	4	6	0
5	5	0	15	4	6	4
6	5	10	15	4	0	4
7	5	10	0	4	6	4
8	5	$\infty$	15	4	6	4
9	5	10	$\infty$	4	6	4
0	5	10	15	4	6	$\infty$

**Краткие теоретические сведения (примеры решения задач):**



**Рис. 2**

1)  $R_{4,5} = R_4 + R_5$

2)  $R_{2,3} = R_2 + R_3$

3)  $R_{CD} = \frac{R_{4,5} * R_{2,3}}{R_{4,5} + R_{2,3}}$

4)  $R_{A,B} = R_1 + R_{C,D} + R_6$

5)  $I_1 = \frac{U_{A,B}}{R_{A,B}}$

6)  $U_{AC} = I_1 * R_1$

$U_{CD} = I_1 * R_{CD}$

$U_{BD} = I_1 * R_6$

Проверка по II закону Кирхгофа:  $U_{AB} = U_{AC} + U_{CD} + U_{BD}$

7)  $I_2 = U_{CD}/R_{2,3}$        $I_4 = U_{CD}/R_{4,5}$

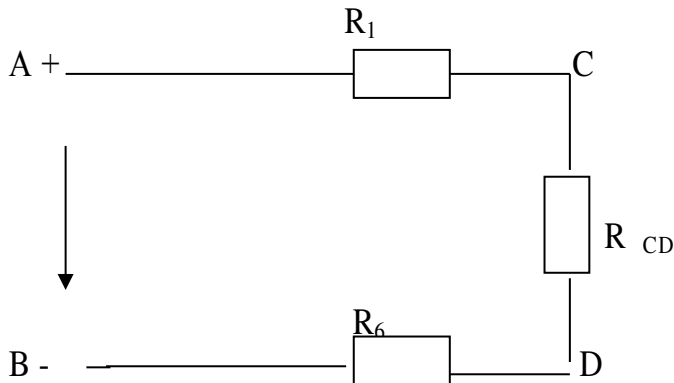
Проверка по I закону Кирхгофа:  $I_1 = I_2 + I_4$

8)  $U_2 = I_2 * R_2$        $U_3 = I_2 * R_3$        $U_{CD} = U_2 + U_3$

9)  $U_4 = I_4 * R_4$        $U_5 = I_4 * R_5$        $U_{CD} = U_4 + U_5$

10) Баланс мощностей

$$U_{AB} * I_1 = I_1^2 * R_1 + I_2^2 * R_2 + I_2^2 * R_3 + I_4^2 * R_4 + I_4^2 * R_5 + I_1^2 * R_6$$



**Рис. 3**

### **Порядок выполнения работы:**

1. Вычерчивается заданная преподавателем электрическая схема.
2. Выполняются расчёты.
3. Проверяются полученные данные.

### **Содержание отчёта:**

1. В верхнем правом углу учащийся указывает учебную группу, ФИО, уникальный номер задания, полученного от преподавателя.
2. Приводится электрическая схема задания. На схеме указать токи, протекающие через каждый резистор. Индекс тока и напряжения должен совпадать с индексом резистора; например, через резистор  $R_5$  проходит ток  $I_5$ .
3. Эквивалентное сопротивление определяется методом свертывания цепи, т.е. преобразования начинаем с резисторов, наиболее удаленных от вводов АВ. После каждого этапа преобразований схему желательно перерисовать, указав на ней токи.
4. Выполнить промежуточные проверки по I и II законам Кирхгофа.
5. Проверка расчета – баланс мощностей. Левая часть выражения должна быть равна правой, ошибка не должна превышать 5%.
6. Указывается последовательность арифметических действий в соответствии с формулами, определяющими соотношения заданных параметров и искомых величин.
7. В ответе приводятся требуемые значения вычисленных в результате решения поставленной задачи соответствующих искомых величин.

### **Контрольные вопросы:**

1. Чем отличается Закон Ома для участка цепи от того же закона для всей цепи?
2. Как определяют количество уравнений, составляемых по законам Кирхгофа?
3. Составьте любую электрическую разветвленную цепь и запишите необходимое количество уравнений по законам Кирхгофа.

### 4.3 Практическое занятие 9

**Тема:** расчёт трёхфазной цепи переменного тока

**Цель работы:** научиться правильно рассчитывать симметричную цепь трёхфазного тока в зависимости от соединения генератора и нагрузки звездой и треугольником

**Оборудование и приборы:** в данной работе не используются

**Исходные данные:** в трехфазную четырехпроводную сеть с линейным напряжением  $U_{\text{ном}}$  включены звездой равные по величине и характеру сопротивления ( $R_{\Phi}$ ,  $X_{L\Phi}$ ,  $X_{C\Phi}$ ).

Изобразить схему цепи, определить фазные и линейные токи, начертить в масштабе векторную диаграмму цепи, на которой графически найти ток в нулевом проводе. Рассчитать активную, реактивную и полную мощность приемника. Данные для своего варианта взять из табл.1. Этот же приемник соединить по схеме  $\Delta$ . Изобразить схему, выполнить расчеты и построение векторной диаграммы.

Табл.1

№ варианта	$R_{\Phi}$ , Ом	$X_{L\Phi}$ , Ом	$X_{C\Phi}$ , Ом	$U_{\text{н}}$ , В
1	30	50	10	380
2	40	80	50	220
3	60	10	90	660
4	8	10	4	127
5	12	20	4	220
6	15	26	6	127
7	24	8	40	380
8	64	60	12	220
9	90	140	20	380
0	16	20	8	127

**Краткие теоретические сведения (примеры решения задач):**

**1 Пример решения задачи на расчет трехфазной цепи соединенной звездой.**

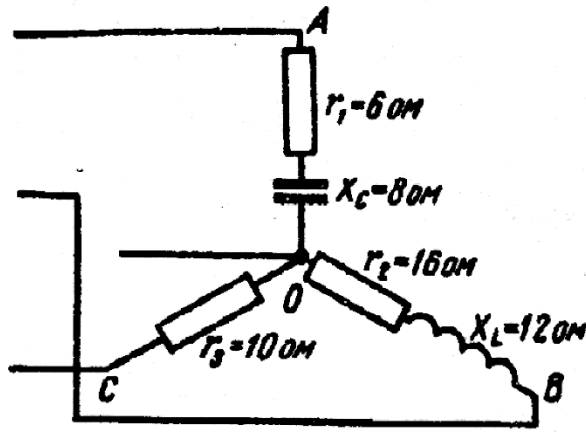


Рис. 1.

**Задача:** В каждую фазу трехфазной четырехпроводной сети включили сопротивления так, как показано на рис. 1. Величины сопротивлений даны на рисунке. Линейное напряжение сети  $U=380В$ . Определить: линейные токи, углы сдвига фаз, ток в нулевом проводе, активную, реактивную и полную мощности трех фаз. Построить в масштабе векторную диаграмму.

Решение. 1. Полные сопротивления фаз:

$$Z_A = \sqrt{r_1^2 + X_C^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \text{ Ом};$$

$$Z_B = \sqrt{r_2^2 + X_L^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = 20 \text{ Ом}; \quad Z_C = r_3 = 10 \text{ Ом}.$$

2. Углы сдвига фаз:

$$\cos \varphi_A = \frac{r_1}{Z_A} = \frac{6}{10} = 0.6; \quad \varphi_A = 53^\circ \text{ (опережающий);}$$

$$\cos \varphi_B = \frac{r_2}{Z_B} = \frac{16}{20} = 0.8; \quad \varphi_B = 37^\circ \text{ (отстающий);}$$

$$\cos \varphi_C = 1.0; \quad \varphi_C = 0.$$

3. Фазное напряжение

$$U_\phi = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1.73} = 220 \text{ В}.$$

4. Линейные (фазные) токи:

$$I_A = \frac{U_\phi}{Z_A} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А};$$

$$I_B = \frac{U_\phi}{Z_B} = \frac{220}{20} = 11 \text{ А};$$

$$I_C = \frac{U_\phi}{Z_C} = \frac{220}{10} = 22 \text{ А};$$

5. Активная мощность потребляется только активными сопротивлениями. Поэтому активная мощность трех фаз

$$P = I_A^2 r_1 + I_B^2 r_2 + I_C^2 r_3 = 22^2 \cdot 6 + 11^2 \cdot 16 + 22^2 \cdot 10 = 9685 \text{ Вт} = 9,685 \text{ кВт}.$$

6. Реактивная мощность потребляется только реактивными сопротивлениями. Поэтому реактивная мощность трех фаз

$$Q = -I_A^2 X_C + I_B^2 X_L = -22^2 \cdot 8 + 11^2 \cdot 12 = -2430 \text{ Вар} = -2,43 \text{ кВар}$$

Знак «минус» показывает, что реактивная мощность системы носит емкостный характер.

7. Полная мощность трех фаз:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{9,685^2 + 2,43^2} = 9,97 \text{ кВА}.$$

8. Построение векторной диаграммы начинаем с векторов фазных напряжений.

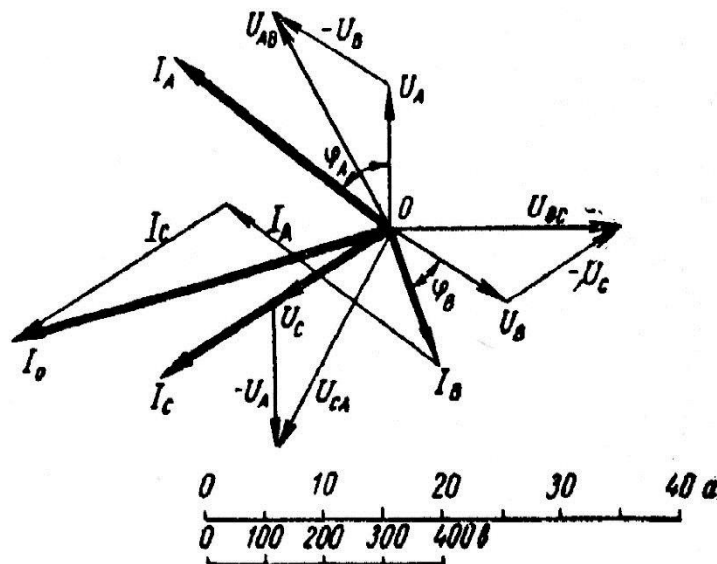


Рис. 2.

Из точки  $O$  (рис. 2) в принятом масштабе напряжений проводим три вектора фазных напряжений  $\vec{U}_A$ ,  $\vec{U}_B$  и  $\vec{U}_C$ , углы между которыми составляют  $120^\circ$ . Затем строим векторы линейных напряжений  $\vec{U}_{AB}$ ,  $\vec{U}_{BC}$  и  $\vec{U}_{CA}$ , согласно уравнениям:

$$\vec{U}_{AB} = \vec{U}_A - \vec{U}_B = \vec{U}_A + (-\vec{U}_B);$$

$$\vec{U}_{BC} = \vec{U}_B - \vec{U}_C = \vec{U}_B + (-\vec{U}_C);$$

$$\vec{U}_{CA} = \vec{U}_C - \vec{U}_A = \vec{U}_C + (-\vec{U}_A)$$

Черточки над буквами показывают, что векторы должны вычитаться и складываться геометрически. Например, для построения линейного напряжения  $\vec{U}_{AB}$  к вектору  $\vec{U}_A$  нужно геометрически прибавить обратный по направлению вектор  $\vec{U}_B$ .



Под углом  $\varphi_A=53^\circ$  в сторону опережения вектора фазного напряжения  $\vec{U}_A$  откладываем в принятом масштабе токов вектор тока  $\vec{I}_A$ ; под углом  $\varphi_B=37^\circ$  в сторону отставания от вектора фазного напряжения  $\vec{U}_B$  откладываем вектор тока  $\vec{I}_B$ .

Вектор тока  $\vec{I}_C$  совпадает по направлению с вектором фазного напряжения  $\vec{U}_C$  так как  $\varphi_C=0$ .

Для определения тока в нулевом проводе  $I_0$  складываем геометрически векторы токов  $\vec{U}_A$ ,  $\vec{U}_B$  и  $\vec{U}_C$ . Из векторной диаграммы, пользуясь масштабом для токов, находим ток  $I_0=34A$ .

**Пример 2:** В каждую фазу трехфазной сети включили сопротивления так, как показано на рис. 3. Величины сопротивлений даны на рисунке 3.

Линейное напряжение сети  $U = 220V$ .

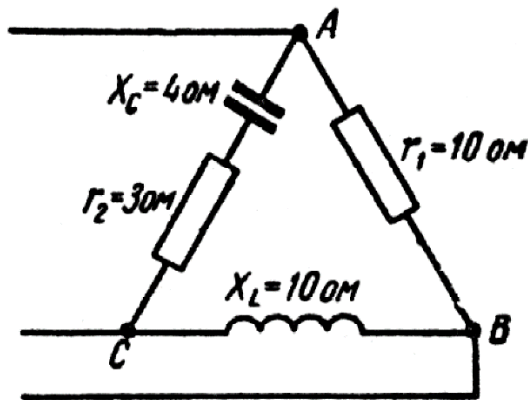


Рис. 3.

Определить: фазные и линейные токи, углы сдвига фаз, активную, реактивную и полную мощности трех фаз. Построить в масштабе векторную диаграмму.

*Решение 1.* Полные сопротивления фаз:

$$Z_{AB} = r_1 = 10 \text{ Ом}; Z_{BC} = X_L = 10 \text{ Ом};$$

$$Z_{CA} = \sqrt{r_2^2 + X_C^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ Ом}.$$

2. Углы сдвига фаз:

$$\cos \varphi_{AB} = 1.0; \varphi_{AB} = 0; \cos \varphi_{BC} = 0; \varphi_{BC} = 90^\circ; \text{ (отстающий);}$$

$$\cos \varphi_{CA} = \frac{r_2}{Z_{CA}} = \frac{3}{5} = 0.6; \varphi_{CA} = 53^\circ; \text{ (опережающий).}$$

3. Фазные токи:

$$I_{AB} = \frac{U}{Z_{AB}} = \frac{220}{10} = 22A;$$

$$I_{BC} = \frac{U}{Z_{BC}} = \frac{220}{10} = 22A;$$

$$I_{CA} = \frac{U}{Z_{CA}} = \frac{220}{5} = 44A.$$

4. Активная мощность потребляется только активными сопротивлениями. Поэтому активная мощность трех фаз

$$P = I_{AB}^2 r_1 + I_{CA}^2 r_2 = 22^2 \cdot 10 + 44^2 \cdot 3 = 10660 \text{ Вт} = 10.66 \text{ кВт}.$$

5. Реактивная мощность потребляется только реактивными сопротивлениями. Поэтому реактивная мощность трех фаз

$$Q = I_{BC}^2 X_L - I_{CA}^2 X_C = 22^2 \cdot 10 - 44^2 \cdot 4 = -2900 \text{ Вар} = -2.9 \text{ кВар}.$$

6. Полная мощность трех фаз

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{10.66^2 + 2.9^2} = 11 \text{ кВА}.$$

7. Для определения линейных токов строим векторную диаграмму (рис. 4). Построение \_ начинаем с векторов фазных (линейных) напряжений  $\vec{U}_{AB}$ ,  $\vec{U}_{BC}$  и  $\vec{U}_{CA}$ .

Вектор тока  $\vec{I}_{AB}$  совпадает с вектором фазного напряжения  $\vec{U}_{AB}$ , так как  $\varphi_{AB}=0$ .

Вектор тока  $\vec{I}_{BC}$  отстает от вектора  $\vec{U}_{BC}$  на угол  $\varphi_{BC}=90^\circ$ , а вектор тока  $\vec{I}_{CA}$  опережает вектор  $\vec{U}_{CA}$  на угол  $\varphi_{BC}=53^\circ$ .

Линейные токи  $\vec{I}_A$ ,  $\vec{I}_B$  и  $\vec{I}_C$  на диаграмме равны геометрической разности соответствующих фазных токов. Например,  $\vec{I}_A = \vec{I}_{AB} - \vec{I}_{CA} = \vec{I}_{AB} + (-\vec{I}_{CA})$ , т.е. ток в линейном проводе А равен геометрической сумме вектора фазного тока  $\vec{I}_{AB}$  и обратного вектора фазного тока  $\vec{I}_{CA}$ .

Из векторной диаграммы графически, пользуясь масштабом, определяем линейные токи:  $I_A=66A$ ;  $I_B=43A$ ;  $I_C=25A$ .

### Порядок выполнения работы:

1. Вычерчивается заданная преподавателем электрическая схема.
2. Выполняются расчёты.
3. Проверяются полученные данные.

### Содержание отчёта:

1. В верхнем правом углу учащийся указывает учебную группу, ФИО, уникальный номер задания, полученного от преподавателя.

2. Приводится электрическая схема задания.
3. Расчет симметричного приемника выполняется для одной фазы. При расчете учитываются соотношения между фазными и линейными величинами:

$$\text{Для } Y \quad U_L = \sqrt{3} U_\phi \quad I_L = I_\phi$$

$$\text{Для } \Delta \quad U_L = U_\phi \quad I_L = \sqrt{3} I_\phi.$$

4. Выражения для тока в нейтрали ( $Y$ ) и линейных токов ( $\Delta$ ) записываются по I закону Кирхгофа. После расчета мощностей для схем  $Y$  и  $\Delta$  сделайте вывод об их соотношении.

5. В ответе приводятся требуемые значения вычисленных в результате решения поставленной задачи соответствующих искомым величин. Выполнение (расчёт и оформление работы) сводится к заполнению соответствующего бланка, согласно заданным преподавателем исходных для расчёта данных согласно представленной схеме

### **Контрольные вопросы:**

1. Несвязанная трехфазная система. Устройство трехфазного генератора. Соединение генератора «звезда с нейтралью», связанная трехфазная система. Соотношение между фазными и линейными величинами.
2. Соединение симметричного приемника по схеме «звезда». Порядок расчета.
3. Включение несимметричного приемника в 4-х проводную сеть по схеме «звезда с нейтралью», порядок расчета.
4. Соединение трехфазного приемника  $\Delta$ . Соотношение между фазными и линейными параметрами.

### **5 Библиографический список**

#### *Основные источники:*

1. Частоедов Л.А. Электротехника. М.:УМК МПС России, 2010.
2. Акимова Г.Н. Электронная техника. Альбом . М.: УМК МПС России, 2003.
3. Мизерная З.А. Электронная техника, М.: УМС МПС России, 2006

#### *Дополнительные источники:*

1. Данилов И.А., Иванов П.М. Общая электротехника с основами электроники. М.: Высшая школа, 2005.
2. Берёзкина Т.Ф., Гусев Н.Г., Масленников В.В. Задачник по общей электротехнике с основами электроники. М.: Высшая школа, 1998.
3. Данилов И.А., Иванов П.М. Дидактический материал по общей электротехнике с основами электроники. М.: Высшая школа, 1986.
4. Дунаев С.Д. Электротехника (постоянный ток) компьютерная обучающая программа, М.: УМК МПС России, 2001