

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

№ 1: "Расчет и анализ электрической цепи постоянного тока",  
№ 2: "Расчет и анализ однофазной и трехфазной электрических  
цепей переменного тока".

по дисциплине «Электротехника»

Для студентов специальностей Т-100.100, Т-100.300

Брест 2000

УДК 621.317

Методические указания и задания для студентов спец. Т-100.100, Т-100.300 по дисциплине "Электротехника" составлены в соответствии с учебным планом и рабочей программой, предназначены для студентов спец. Т-100.100, Т-100.300

Составители: Н.И. Кирилук, доцент  
И.М.Панасюк, ст. преподаватель

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

Рецензент: Н.В. Василевский, начальник энергоинспекции Брестского предприятия "Энергонадзор"

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом института  
Протокол № 3, от 24.05.2000 г.

## Оглавление

Введение.....	4.
Общие указания и требования к выполнению расчетно-графических работ.....	4.
1.1.Задания к задаче 1.....	5.
1.2.Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 1.....	5.
2.1.Задания к задаче 2.....	8.
2.2.Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 2.....	9.
3.1.Задания к задаче 3.....	11.
3.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 3.....	11.
4.Приложения.Буквенные обозначения основных электротехнических величин (ГОСТ 1494-77).....	13.
Список рекомендуемой литературы.....	14.

## **ВВЕДЕНИЕ.**

В данном пособии приведены задания и методические указания к выполнению двух расчетно-графических работ(РГР) включающих три задачи:

1. Расчет и анализ электрической цепи постоянного тока(РГР № 1).
2. Расчет и анализ однофазной цепи переменного тока(РГР № 2).
3. Расчет и анализ трехфазной цепи переменного тока(РГР № 2).

Предлагаемые задачи выполняется студентами после изучения следующих разделов "Электротехники":

- Электрические цепи постоянного тока и методы их расчета(задача 1).
- Электрические цепи однофазного переменного тока(задача 2).
- Трехфазные электрические цепи(задача 3).

В пособии даны рекомендации и указана литература для самостоятельной подготовки к выполнению РГР.

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ.

При выполнении РГР рекомендуется руководствоваться следующими положениями:

- РГР выполняются на отдельных листах формата А4(210 на 297мм).
- Титульный лист оформляется в соответствии с требованиями стандарта предъявляемыми к подобного рода работам.
- Текст разборчиво записывается на пронумерованных сторонах листов, обратные стороны которых предназначены для внесения студентом дополнений и исправлений допущенных ошибок.
- В начале каждой задачи приводятся исходные данные варианта задания, записанные из задания-распечатки (студент получает у преподавателя), подготовленной на ПЭВМ. Задание-распечатка вклеивается в отчет. В задаче 3 приводится таблица исходных данных, составленная по распечатке задания к задаче 2.
- Каждый метод расчета сопровождается схемой с указанными на ней направлениями обхода контуров, контурных токов, напряжений и т.д.
- В решениях, где это требуется, приводятся на отдельных листах чертежи, графики, диаграммы и схемы выполненные чертежным инструментом в соответствующих масштабах и соблюдением ГОСТов. Графики и диаграммы рекомендуется выполнять на миллиметровой бумаге формата А4.
- Решения сопровождать подробными пояснениями и ссылками на используемую литературу.
- Все результаты вычислений записывать с тремя значащими цифрами, указывая единицы измерения расчетных величин.
- При записи формул пользоваться буквенными обозначениями величин и единиц измерения, в соответствии с ГОСТ 1494-77 (см. приложения ).
- В конце решения задачи приводится таблица результатов расчетов задания. В таблице результатов расчетов задачи 1 привести значения: токов в ветвях; напряжения  $U_{nk}$ (n,k-номера точек заданной схемы); суммарную мощность источников из баланса мощностей; ЭДС эквивалентного генератора  $E_{Г}$  и сопротивление эквивалентного генератора  $R_{Г}$  из расчета методом эквивалентного генератора(МЭГ).  
В таблице результатов расчетов задачи 2 привести значения: токов в ветвях(в показательной форме записи комплексных чисел); потенциалов узлов(в алгебраической форме записи комплексных чисел); активной мощности цепи; реактивной мощности цепи; показаний ваттметра.  
В таблице результатов расчетов задачи 3 привести значения: линейных напряжений и токов; фазных напряжений и токов нагрузки; активных мощностей каждой фазы нагрузки; ток в нулевом(нейтральном) проводе(в случае соединения нагрузки по схеме "звезда с нулевым проводом"; напряжение смещения нейтрали(в случае соединения нагрузки по схеме "звезда без нулевого провода").

- На последней странице указывается список использованной в работе литературы, ставится дата окончания работы и подпись.
- РГР выполненная в полном объеме и правильно, допускается к защите.
- На повторную рецензию не допущенные к защите РГР принимаются только при наличии предыдущей рецензии и первоначального варианта работы(с замечаниями рецензента).

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

### **1.1. Задания к задаче №1**

#### **"Расчет и анализ электрической цепи постоянного тока".**

- 1.1.1. Расшифровать задание-распечатку и начертить исходную электрическую схему рассчитываемой цепи.
- 1.1.2. Составить и записать систему уравнений для расчета токов применяя метод контурных токов(МКТ). Определить значения контурных токов и токов в ветвях цепи.
- 1.1.3. Составить систему уравнений для расчета токов применяя непосредственно законы Кирхгофа. Сделать проверку правильности составленной системы уравнений, для чего, подставить значения токов в ветвях, полученные в п.1.1.2, в записанную систему уравнений.
- 1.1.4. Записать уравнения для расчета заданной цепи методом узловых потенциалов. Определить потенциалы узлов и токи действующие в ветвях цепи.
- 1.1.5. Определить напряжение между точками, указанными в задании.
- 1.1.6. Составить баланс мощностей заданной цепи.
- 1.1.7. Методом эквивалентного генератора(МЭГ) определить ток в заданном резисторе.
- 1.1.7. Построить потенциальную диаграмму для контура содержащего оба источника ЭДС.

### **1.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи №1.**

- 1.2.1. Расшифровка исходных данных задачи.

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

Вид задания-распечатки:

Шифр студента 20401 - 22

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

7	53	450	0	0
8	46	520	200	0

Определить токи и напряжение  $U_4$ . Составить баланс мощностей.  
 МЭГ определить ток в сопротивлении  $R_6$ .

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

Расшифровку задания-распечатки рекомендуется производить в следующем порядке;

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

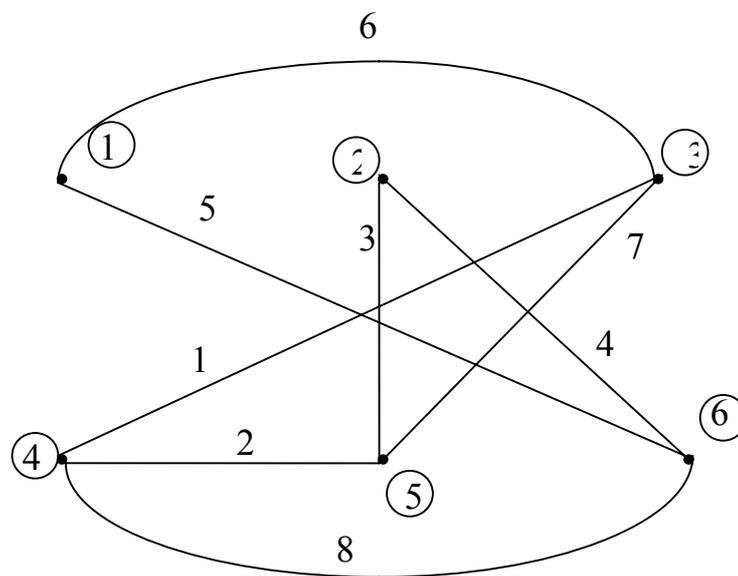


Рис.1.

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

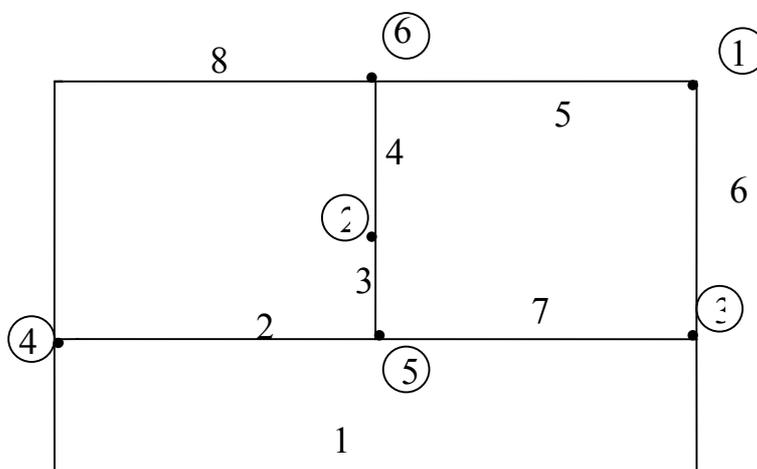


Рис.2.

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

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

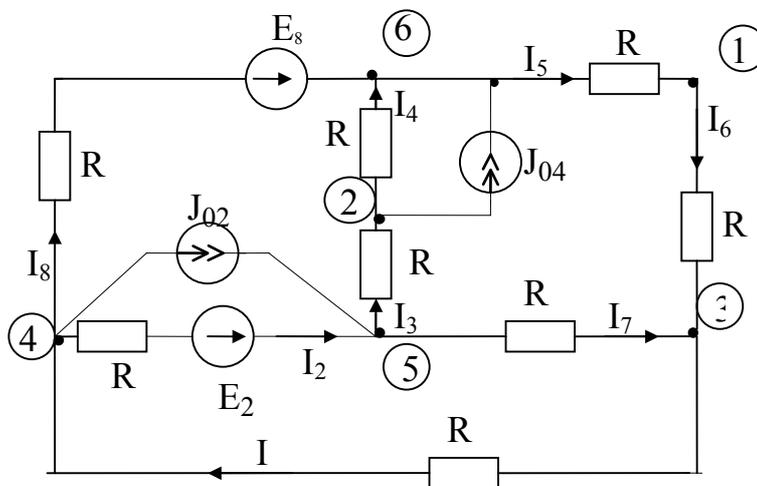


Рис.3.

### 1.2.2. Запись системы уравнений МКТ.

На исходной схеме заданной электрической цепи указать направление контурных токов.

Пример расчета сложной электрической цепи методом контурных токов приведен в [2,с.18-22; 3,с.42-43; 4,с.47-48; 6,с.29-32; 7,с.38-45].

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

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

Пример использования I и II законов Кирхгофа для составления системы уравнений, при расчете сложной электрической цепи, приведен в [2,с.15-16; 3,с.41-42; 4,с.44-47; 6,с.23-25; 7,с.25-30].

### 1.2.4. Запись уравнений используя метод узловых потенциалов.

При записи уравнений за нулевой принять потенциал любого из узлов цепи(отметив его на расчетной схеме).

Пример расчета методом узловых потенциалов приведен в [2,с.33-37].

### 1.2.4. Определение напряжения между точками электрической цепи.

На исходной схеме заданной электрической цепи указать направление определяемого напряжения.

Пример расчета напряжения между точками электрической цепи приведен в [2,с.11-13; 3,с.21; 4,с.28-29; 6,с.19; 7,с.19].

#### 1.2.5. Составление баланса мощностей.

Пример составления уравнения баланса мощностей для электрической цепи приведен в [2,с.17-18; 3,с.40-41; 4,с.26; 6,с.23; 7,с.10-11].

#### 1.2.6. Расчет МЭГ тока в заданном сопротивлении.

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

Пример использования МЭГ для определения значения тока в заданной ветви электрической цепи приведен в [2,с.41-44; 3,с.46-48; 4,с.52-54; 6,с.35-37; 7,с.56-63].

#### 1.2.7. Построение потенциальной диаграммы.

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

Пример построения потенциальной диаграммы для замкнутого контура электрической цепи приведен в [2,с.16-17; 3,с.29-30; 6,с.19-20; 7,с.30-33].

## **2.1. Задания к задаче 2**

### ***"Расчет и анализ однофазной цепи переменного тока".***

- 2.1.1. Расшифровать задание-распечатку и начертить исходную электрическую схему рассчитываемой цепи.
- 2.1.2. Записать комплексные значения сопротивлений ветвей, источников ЭДС и источников токов.
- 2.1.3. Записать системы уравнений применяя непосредственно законы Кирхгофа для мгновенных значений, а затем для комплексных действующих значений.
- 2.1.4. Определить комплексные действующие значения токов в ветвях методом контурных токов.
- 2.1.5. Определить потенциалы узлов цепи, приняв за нулевой- потенциал узла указанного в задании.
- 2.1.6. Определить показания ваттметра.
- 2.1.7. Определить активную, реактивную и полную мощности цепи.
- 2.1.8. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для заданной цепи.

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

### 2.2.1. Расшифровка исходных данных.

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

Вид задания-распечатки:

Номер р Ветви	Начало Конец	Сопротивления			Источник ЭДС		Источник тока		
		R	$X_L$	$X_C$	Мод.	Фаза	Мод.	Фаза	
1	3-2	0	65	20	$\underline{A}$	0	0	0	0
2	2-1	50	0	0		180	50	0	0
3	1-3	10	0	0	$\underline{B}$	$\underline{E_A}$ 0	0	0	0
4	2-3	20	0	30	$\underline{C}$	0	0	2	-10

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

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

Расшифровку задания-распечатки рекомендуется производить в следующем порядке;

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

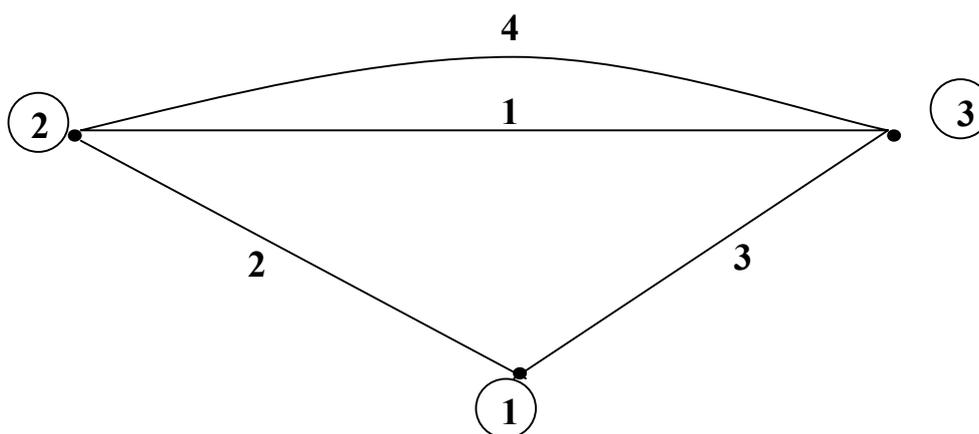
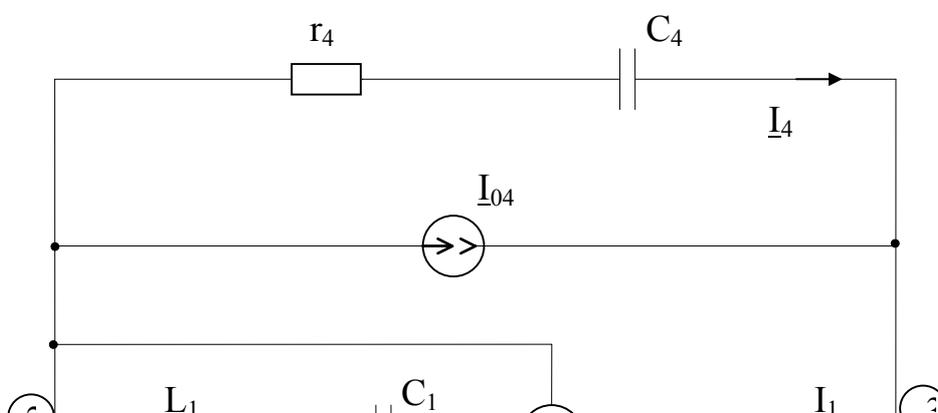


Рис.4.

- включают в каждую ветвь активные, индуктивные и емкостные сопротивления, а также источники ЭДС и тока в соответствии с заданием-распечаткой. Направление источников и действующих токов в ветвях считают условно положительным - от начала к концу соответствующей в задании ветви, причем всем элементам схемы присваиваются индексы соответствующие номерам ветвей в которых они находятся(рис.5).;



### Рис.5.

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

Перед выполнением данного пункта задания рекомендуется изучить [1,с.46-48,76-84; 2,с.130; 3,с.111,118; 4,с.75-77,106-107; 6,с.67-72; 7,с.138-139].

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

В исходной электрической схеме заданной цепи необходимо указать направление контурных токов. Пример использования метода контурных токов приведен в [1,с.158-163; 2,с.139-140; 4,с.107; 7,с.139].

2.2.4. Определение потенциалов узлов электрической цепи.

При выполнении данного задания за нулевой потенциал принять потенциал узла указанного в задании. Пример нахождения потенциалов узлов электрической цепи приведен в [2,с.136-138; 4,с.105].

2.2.5. Определение показаний ваттметра.

В исходной схеме заданной электрической цепи изобразить подключение ваттметра в соответствии с заданием. Пример определения показаний ваттметра приведен в [2,с.143-144; 3,с.87; 7,с.124-125].

2.2.6. Определение активной, реактивной и полной мощностей цепи.

Пример расчета мощностей однофазной цепи переменного тока приведен в [1,с.70-73,89-91; 2,с.140-143; 3,с.86; 4,с.109-115; 6,с.87-88; 7,с.134-136].

2.2.7. Построение совмещенных векторной диаграммы токов и топографической диаграммы напряжений.

Диаграммы необходимо строить на отдельном листе, подписывая все вектора и показав потенциалы узлов. Пример построения диаграмм приведен в [1,с.83,86,95-97; 2,с.134-138; 3,с.66-69,115-116; 4,с.103-106; 6,с.89-90; 7,с.133-134].

### **3.1. Задания к задаче 3.**

3.1.1. В соответствии с заданием-распечаткой(см. п..2.2.1) для задач 2 и 3 составить и начертить схему трехфазной электрической цепи с трехфазным симметричным источником ЭДС(обмотки генератора соединены по схеме «звезда») и присоединенной к нему нагрузкой, включенной по схеме соответствующей варианту задания, указав на ней направления токов, ЭДС и

напряжений.

- 3.1.2. Определить комплексные действующие фазные и линейные напряжения источника(генератора) и приемника(нагрузки), а также напряжение смещения нейтрали для трехпроводной цепи при соединении нагрузки по схеме "звезда".
- 3.1.3. Определить фазные и линейные токи, а также ток в нейтральном(нулевом) проводе для четырехпроводной схемы.
- 3.1.4. Определить активную мощность всей цепи и каждой фазы отдельно.
- 3.1.5. Построить векторную диаграмму токов и напряжений.
- 3.1.6. Составить электрическую схему данной трехфазной цепи, показав на ней измерительные приборы, необходимые для измерения значений величин определенных в задаче.

### 3.2. Методические указания и рекомендации по выполнению задачи 3.

- 2.1. Составление расчетной схемы трехфазной электрической цепи.

Исходные данные для выполнения этого пункта задания следует взять из распечатки для задач 2 и 3. В распечатке указаны; схема соединения ( $\Delta$  - "треугольник,  $Y$  - "трехпроводная звезда",  $Yo$  - "четырёхпроводная звезда") нагрузки; фазные сопротивления нагрузки(в строках помечены- A, B, C (AB,BC,CA)-заданы сопротивления нагрузки фаз A, B, C (AB,BC,CA)соответственно); модуль и аргумент действующего значения ЭДС фазы A источника(строка помечена -E<sub>A</sub>). Расшифровка задания и составление расчетной схемы показано на следующем примере:

а). Записываем ЭДС фаз источника в показательной комплексной форме:

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

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

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

в). Записываем полные сопротивления фаз нагрузки в комплексном виде:

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

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

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

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

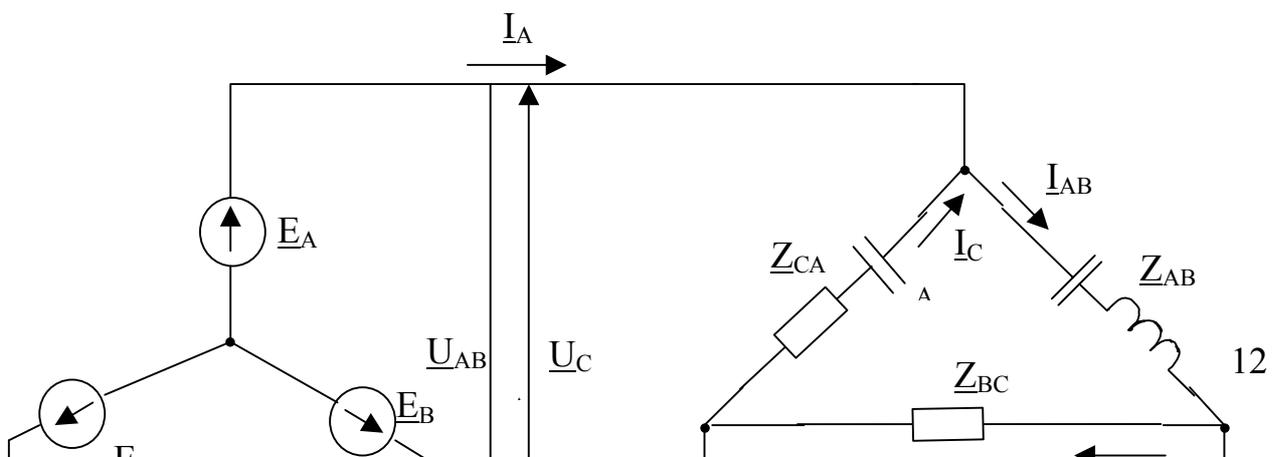


Рис.6.

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

Перед выполнением данного пункта задания рекомендуется изучить [1,с.372-276; 2,с.189-193; 3,с.137,142-143; 4,с.134-135,139-140].

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

Пример приведен в [6,с.120-123; 7,с.221-225].

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

Пример определения активной мощности трехфазной цепи приведен в [1,с.376-378; 2,с.194-196; 3,с.140,143; 4,с.148-150; 7,с.224-225].

3.1.5. Построение векторной диаграммы токов и напряжений.

Диаграмму токов и напряжений трехфазной цепи необходимо строить на отдельном листе. На диаграмме изобразить векторы линейных напряжений и токов, фазных напряжений и токов, а так же вектор тока в нулевом проводе(в случае четырехпроводной цепи) и вектор напряжения смещения нейтрали(в случае трехпроводной цепи при соединении приемников по схеме "звезда").

Примеры построения векторных диаграмм трехфазных цепей приведены в [2,с.191-192; 3,с.136,139,142; 4,с.133-136,138,141,147].

3.2.6. Составление электрической схемы трехфазной цепи.

Перед выполнением данного пункта задания рекомендуется изучить [2,с.195; 3,с.127-128; 6,с.109-114,116-118].

#### ***4.Приложения.***

*Буквенные обозначения основных электротехнических величин (ГОСТ1494-77).*

Величина и ее часть

1

Способы обозначений

2

Мгновенные значения изменяющихся во времени величин:

Тока	$I$
Напряжения	$U$
ЭДС	$E$
Мощности	$P$

Действующие значения для периодически изменяющихся величин:

Тока	$I$
Напряжения	$U$
ЭДС	$E$

Комплексные амплитудные значения величин, являющиеся синусоидальными функциями времени:

Тока	$\underline{I}_m$ или $I_m$
Напряжения	$\underline{U}_m$ или $U_m$
ЭДС	$\underline{E}_m$ или $E_m$

Комплексные действующие значения величин, являющиеся синусоидальными функциями времени:

Тока	$\underline{I}$ или $I$
Напряжения	$\underline{U}$ или $U$
ЭДС	$\underline{E}$ или $E$

Емкость электрическая

$C$

Индуктивность собственная

$L$

Коэффициент мощности при синусоидальных напряжениях и тока

$\cos \varphi$

Коэффициент трансформации

$n$

Коэффициент трансформации трансформатора напряжения

$K_u$

Коэффициент трансформации трансформатора тока

$K_I$

Мощность, мощность активная

$P$

Мощность полная

$S$

Мощность реактивная

$Q$

Отношение чисел витков

$n$

Потенциал электрический

$V$

Поток магнитный

$\Phi$

1

2

Индукция магнитная

$B$

Потокосцепление

$\phi$

Проводимость электрическая активная

$G$

Проводимость электрическая полная

$Y$

Проводимость комплексная полная

$\underline{Y}$

Проводимость реактивная	$B$
Проводимость электрическая удельная	$\gamma$ или $\sigma$
Сдвиг фаз между напряжением и током	$\varphi$
Сопротивление электрическое активное	R или r
Сопротивление электрическое полное	Z
Сопротивление электрическое реактивное	X или x
Сопротивление комплексное	$\underline{Z}$
Сопротивление электрическое удельное	$\rho$
Угол потерь	$\delta$
Частота колебаний электрической или магнитной величины	f
Частота колебаний угловой электрической или магнитной величины	$\omega$ или $\Omega$
Число витков	w
Число пар полюсов	p
Число фаз многофазной системы цепей	m
Энергия электромагнитная	W
Энергия электромагнитная удельная	w

#### ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Атабеков Г.И.. Теоретические основы электротехники. М.: "Энергия", 1978.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. М.: "Высш. школа", 1964.
3. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Волынский В.А., Зейн Е.И. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Иванов И.И., Равдоник В.С. Электротехника. М.: Высш.шк., 1984.
6. Касаткин А.С., Немцов Н.В. Электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач по электротехнике и основам электроники: учебное пособие для неэлектротехн. спец. вузов.- М.: Высш.шк., 1991.
8. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. М.Ю. Анвельт, В.Г. Герасимов, В.П. Данильченко и др.; Под ред. В.С. Пантюшина, -М.: Высш. шк., 1979.
9. Справочное пособие по электротехнике и основам электроники/ Под ред. Нетушила А.В. М.: Высш.школа, 1986.  
Электротехника/ Под ред. В.Г. Герасимова. М.: Высш.шк., 1985.

## УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители: Николай Иванович Кирилюк,  
Игорь Михайлович Панасюк

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И ЗАДАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

Ответственный за выпуск Кирилюк Н.И.  
Редактор Строкач Т.В.

---

Подписано к печати .05.2000г. Формат 60x84/16. Усл.п.л. . Уч.изд.л. . Заказ  
№ . Тираж 150 экз. Отпечатано на резографе Брестского политехнического  
института. 224017, г. Брест, ул. Московская, 267