

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Макушев Андрей Викторович
Должность: Ректор
Дата подписания: 01.03.2023 11:04:51
Уникальный программный ключ:
4c46f2d9dda3fafb9e57683d11e5a4257b6ddfe

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Чувашский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ)

ИНЖЕНЕРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра «Механизация, электрификация и автоматизация
сельскохозяйственного производства»**

Григорьев В.Г., Белов Е.Л., Мардарьев С.Н.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Методические указания по выполнению курсовой работы
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
35.03.06 – Агроинженерия профиль Электрооборудование и электротехнологии

Чебоксары 2020

УДК 621.3.013(075.8)
ББК 31.21я73

Составители: Григорьев В.Г., Белов Е.Л., Мардарьев С.Н.

Рецензенты:

Доцент кафедры «Теоретические основы электротехники и релейной защиты и автоматики» ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н.Ульянова», к.т.н., доцент Козлов В.Н.

Доцент кафедры «Технический сервис» ФГБОУ ВО «Чувашский ГАУ», к.т.н., доцент Новиков А.М.

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Теоретические основы электротехники» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия профиль Электрооборудование и электротехнологии /В.Г. Григорьев, Е.Л. Белов, С.Н. Мардарьев, - Чебоксары: Чувашский ГАУ, 2020. – 18 с.

Рассмотрено и одобрено методической комиссией инженерного факультета ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ (протокол №1 от 01.09.2020 г.)

© Григорьев В.Г., Белов Е.Л., Мардарьев С.Н., 2020
© ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Общие требования к выполнению курсовой работы.....	4
2. Примеры выполнения расчетных заданий.....	5
3. Варианты заданий на курсовую работу.....	13
4. Правила оформления расчетно-пояснительной записки.....	16
Список рекомендуемой литературы.....	17

Введение

Итоговым этапом изучения дисциплины «Теоретические основы электротехники» является выполнение курсовой работы.

Курсовая работа ставит своей целью:

- закрепить и систематизировать знания по теории электрических цепей;
- привить студентам навыки самостоятельного решения инженерных задач по анализу режимов работы электрических цепей;
- подготовить студентов к решению более сложных задач, которые предстоит решать при подготовке выпускной квалификационной работы.

Поставленная цель достигается на основе выполнения расчетов параметров режимов работы электрических цепей переменного тока, включающее решение следующих задач:

- 1) определение активных и реактивных параметров элементов электрической цепи;
- 2) выбор метода расчета работы электрической цепи;
- 3) составление уравнений Кирхгофа в комплексной форме;
- 4) определение параметров режима работы электрической цепи;
- 5) представление результатов расчета в виде векторных диаграмм токов и напряжений;

Важной задачей курсовой работы является приобщение студентов к изучению учебной литературы и овладению современными компьютерными программами по приобретению навыков работы с ними, что должно быть продемонстрировано в выполненной студентами работе.

1. Общие требования к выполнению курсовой работы

Для выполнения курсовой работы студент должен знать теории цепей переменного тока. В расчётно-пояснительной записке выделяются разделы, главы, пункты. Все таблицы и рисунки пояснительной записке нумеруются, на них делаются ссылки в тексте записки.

Расчетные формулы необходимо приводить с разъяснением всех величин, входящих в формулу. Размерности физических величин должны соответствовать системе СИ. Формулы необходимо нумеровать, по тексту должны быть приведены ссылки на литературные источники.

Структура расчётно-пояснительной записки:

1. Титульный лист.
2. Задание на курсовую работу.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Расчёт однофазной электрической цепи переменного тока.
6. Расчет трехфазной электрической цепи переменного тока.
7. Список использованной литературы.

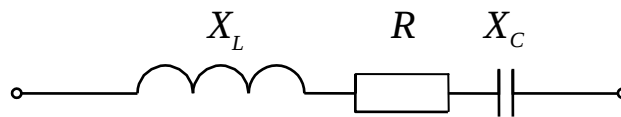
2. Примеры выполнения расчетных заданий

Задача 1

В цепь переменного тока напряжением $U = 300$ В и частотой 50 Гц включена последовательно катушка с индуктивным сопротивлением $X_L = 40$ Ом и активным сопротивлением $R = 30$ Ом и конденсатор емкостью $C = 400$ мкФ.

Определить ток, напряжение на катушке и конденсаторе, активную и реактивную мощности катушки, конденсатора и всей цепи. Определить, при какой частоте наступит резонанс в цепи, и каковы при этом будут ток, напряжение на катушке и конденсаторе, их реактивные мощности и активная мощность цепи. Построить векторные диаграммы для этих режимов работы.

Решение



1. Реактивное сопротивление конденсатора, Ом,

$$X_C = \frac{1}{\pi f C} = \frac{10^6}{2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot 50} = 8.$$

2. Комплексное сопротивление катушки, Ом,

$$Z_k = R + jX_L = z_k e^{j\varphi} = 30 + j40 = 50e^{j53},$$

где z_k — модуль комплексного сопротивления катушки; φ — аргумент, равный

$$\varphi = \arctg \frac{X_L}{R}.$$

3. Комплексное сопротивление катушки, Ом

$$Z = R + jX_L - jX_C = 30 + j40 - j8 = 30 + j32 = 44e^{j47},$$

где модуль комплексного сопротивления цепи и его аргумент равны

$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R}, \quad X = X_L - X_C$$

4. Ток цепи определяется по закону Ома

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{300}{44} = 6,8 \text{ А},$$

5. Напряжение на участках цепи, В:

$$\text{на катушке: } U_K = IZ_K = 6,8e^{-j47} \cdot 50e^{j53} = 340e^{j6},$$

$$\text{на катушке: } U_C = IX_C e^{-j90} = 6,8e^{-j47} \cdot 8e^{-j90} = 54,4e^{-j137}.$$

6. Мощности цепи:

- реактивные, Вар:

$$\text{на катушке } Q_L = I^2 X_L = 6,8^2 \cdot 40 = 1850$$

$$\text{на конденсаторе } Q_C = I^2 X_C = 6,8^2 \cdot 8 = 370$$

- активная мощность цепи, Вт

$$P = I^2 R = 6,8^2 \cdot 30 = 1387$$

- полная мощность цепи, ВА

S=

7. Резонансная частота определяется из условия резонанса напряжений:

$$X_L = X_C,$$

откуда частота резонанса

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 22,3 \text{ Гц},$$

где индуктивность

$$L = \frac{1}{C f_o^2} = \frac{1}{8 \cdot 22,3^2} = 0,0025 \text{ Гн}$$

8. Комплексное сопротивление цепи при резонансе, Ом

$$Z = R = 30.$$

Реактивные сопротивления равны

$$X_L = X_C = 2\pi f_o L = 17,85 \text{ Ом}$$

9. Напряжения на участках цепи в режиме резонанса, В:

на катушке:

$$U_k = I Z_k = 10(30j + 17,84) = 300j + 178,4 \text{ В}$$

на конденсаторе:

$$U_C = IX_C e^{-j90} = 10 \cdot 17,85 e^{-j90} = 178,5 e^{-j90} \text{ В.}$$

10. Мощности при резонансе:

реактивные, Вар:

$$|Q_L| = |Q_C| = I^2 X = 10^2 \cdot 17,84 = 1784$$

активная, Вт

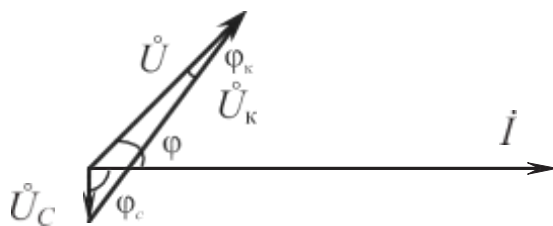
$$P = I^2 R = 10^2 \cdot 30 = 3000;$$

полная мощность цепи —

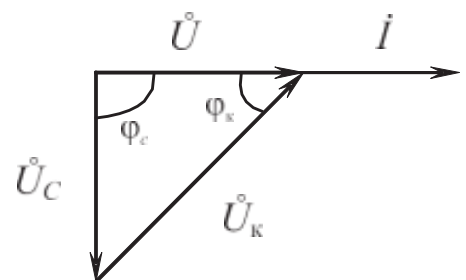
$$S = P.$$

11. Векторные диаграммы цепи:

До резонанса		При резонансе	
Масштаб тока	1 см — 1 А	Масштаб тока	1 см — 2 А
Масштаб напряжений	1 см — 100 В	Масштаб напряжений	1 см — 100 В



До резонанса



При резонансе

Задача 2

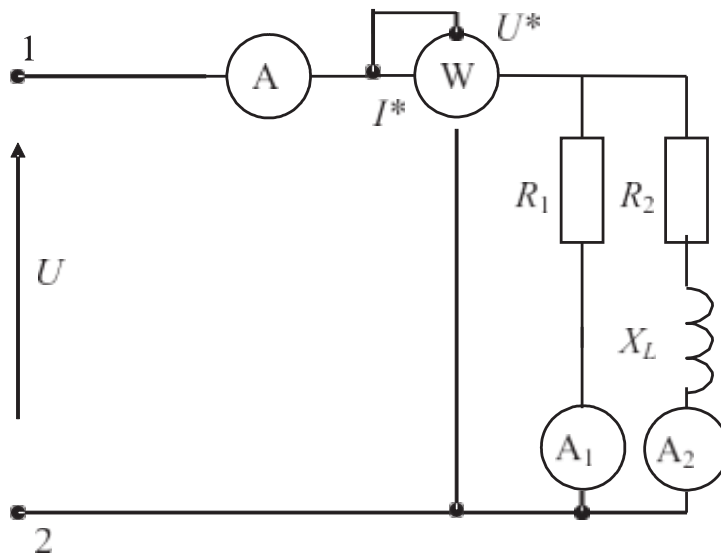
В сеть переменного тока напряжением $U = 250 \text{ В}$ включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с сопротивлениями $R_1 = 25 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$ и $X_L = 7 \text{ Ом}$.

Определить показания измерительных приборов, полную и реактивную мощности цепи, построить векторную диаграмму, треугольники токов и мощностей.

Решение

1. Комплексное сопротивление второй ветви, Ом,

$$Z_2 = R_2 + jX_L = 10 + j7 = 12,2 e^{j35}.$$



2. Комплексное сопротивление всей цепи, Ом,

$$Z = \frac{R_1 Z_2}{R_1 + Z_2} = \frac{25 \cdot 12,2e^{j35}}{35e^{j11}} = 9e^{j24}.$$

3. Общий ток цепи, А,

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{250}{9e^{j24}} = 28e^{-j24}.$$

4. Ток первичной ветви, А,

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{250}{25} = 10.$$

1. Ток вторичной ветви, А,

$$I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{250}{12,2e^{j35}} = 21e^{-j35}.$$

Амперметр в общей ветви покажет 28 А, в первой ветви показание равно 10 А, а во второй - 21 А.

6. Ваттметр показывает суммарную активную мощность цепи, Вт

$$P = P_1 + P_2 = 6 \cdot 910$$

$$\text{где } P_1 = I_1^2 R_1 = 10^2 \cdot 25 = 2500; \quad P_2 = I_2^2 R_2 = 21^2 \cdot 10 = 4410.$$

7. Реактивная мощность, ВАр

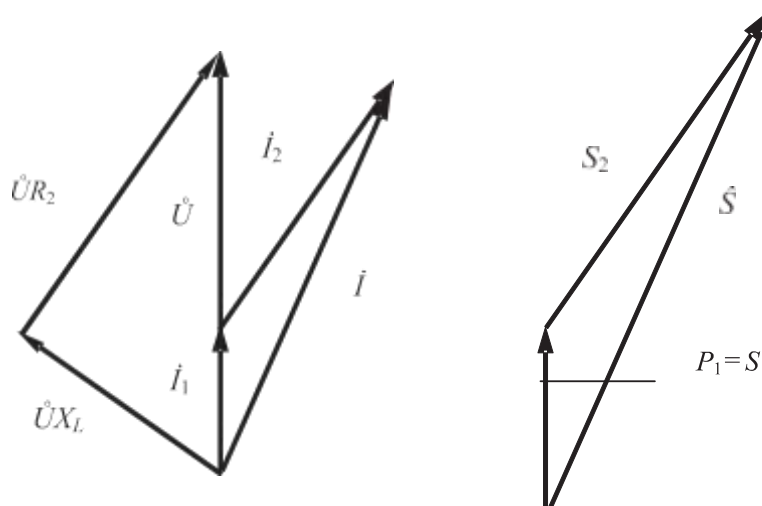
$$Q_L = I_2^2 X_L = 21^2 \cdot 7 = 3087.$$

8. Полная мощность цепи, ВА:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{6910^2 + 3087^2} = 7568.$$

8. Векторная диаграмма цепи.

Для построения векторной диаграммы выбираем масштабы по току и напряжению. Масштаб тока: в 1 см — 5 А, масштаб мощностей: в 1 см — 10^3 В·А.
10. Из треугольника токов I_1 , I_2 , I можно получить треугольник мощностей, если умножить векторы токов на общее напряжение U .



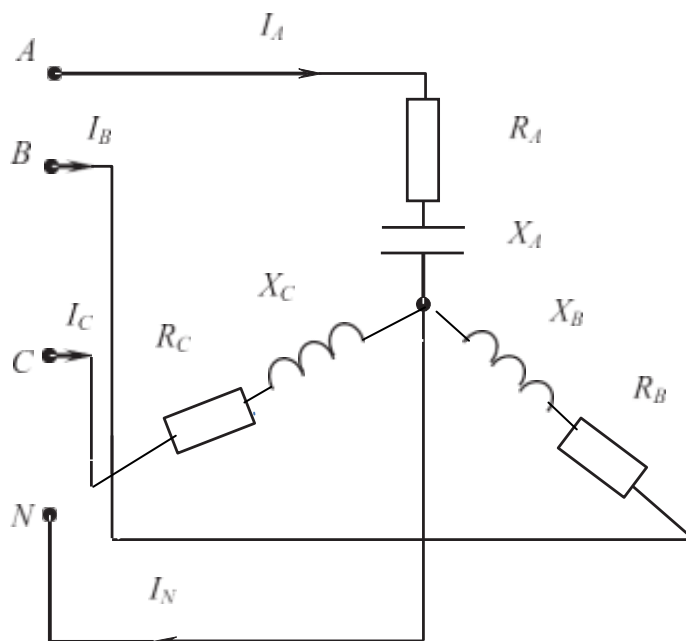
Задача 3

В трехфазную четырехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}} = 220$ В включены звездой сопротивления $R_A = 6$ Ом, $R_B = 7$ Ом, $R_C = 9$ Ом, $X_A = 7$ Ом, $X_B = 6$ Ом, $X_C = 11$ Ом.

Определить фазные и линейные токи, ток нейтрального провода, мощности всей цепи и каждой фазы в отдельности.

Построить векторную диаграмму цепи. Задачу решить комплексным методом.

Решение



1. Комплексные сопротивления фаз, Ом:

$$Z_A = R_A - jX_A = 6 - j7 = 9e^{-j49};$$

$$Z_B = R_B + jX_B = 7 + j6 = 9e^{j41};$$

$$Z_C = R_C + jX_C = 9 + j11 = 14e^{j51}.$$

2. Фазные напряжения, В:

$$U_\phi = \frac{U_n}{\sqrt{3}} = \frac{220}{\sqrt{3}} = 127;$$

$$U_A = 127; \quad U_B = 127e^{-j120}; \quad U_C = 127e^{j120}.$$

3. Фазные токи, А:

$$I_A = \text{---} \quad \text{---} \quad ;$$

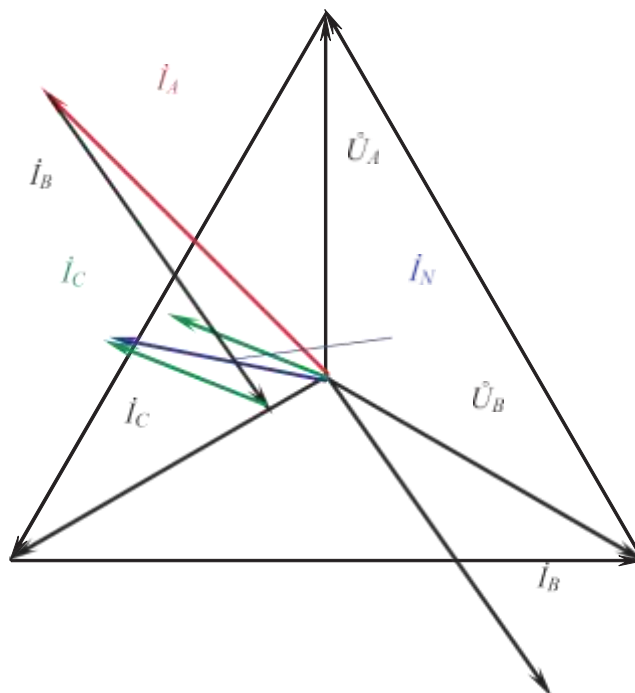
$$I_B = \text{---} \quad \text{---} \quad ;$$

$$I_C = \text{---} \quad \text{---} \quad ;$$

4. Ток нейтрального провода может быть найден графически из векторной диаграммы с учетом, что $I_N = I_A + I_B + I_C$.

Масштаб токов: в 1 см — 5 А.

Масштаб напряжений: в 1 см — 25 В.



$$U_{\text{л}} = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 220 \text{ В.}$$

Ток I_N в масштабе имеет длину 23 мм = 2,3 см. $I_N = 2,3 \cdot 5 = 11,5 \text{ А.}$

1. Мощности фаз и всей цепи:

активные мощности, Вт

$$P_A = I_A^2 R_A = 14^2 \cdot 6 = 1176;$$

$$P_B = I_B^2 R_B = 14^2 \cdot 7 = 1372;$$

$$P_C = I_C^2 R_C = 9^2 \cdot 9 = 729;$$

реактивные мощности, ВАр

$$Q_A = I_A^2 X_A = 14^2 \cdot 7 = 1372;$$

$$Q_B = I_B^2 X_B = 14^2 \cdot 6 = 1176;$$

$$Q_C = I_C^2 X_C = 9^2 \cdot 11 = 891;$$

Активная мощность всей цепи, Вт

$$P = P_A + P_B + P_C = 3277.$$

Реактивная мощность всей цепи, ВАр

$$Q = -Q_A + Q_B + Q_C = 695.$$

Полная мощность цепи, В·А,

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3277^2 + 695^2} = 3350.$$

Полная мощность фаз, В·А,

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = \sqrt{1176^2 + 1372^2} = 1807 \text{ — активно-емкостного характера;}$$

$$S_B = \sqrt{P_B^2 + Q_B^2} = \sqrt{1372^2 + 1176^2} = 1807 \text{ — активно-индуктивного характера;}$$

$$S_C = \sqrt{P_C^2 + Q_C^2} = \sqrt{729^2 + 891^2} = 1151 \text{ — активно-индуктивного характера.}$$

Задача 4

В трехфазную трехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}} = 120 \text{ В}$ включены по схеме треугольник активные сопротивления $R_{AB} = 5 \text{ Ом}$, $R_{BC} = 9 \text{ Ом}$, $R_{CA} = 12 \text{ Ом}$.

Определить фазные и линейные токи, активную мощность всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму цепи.

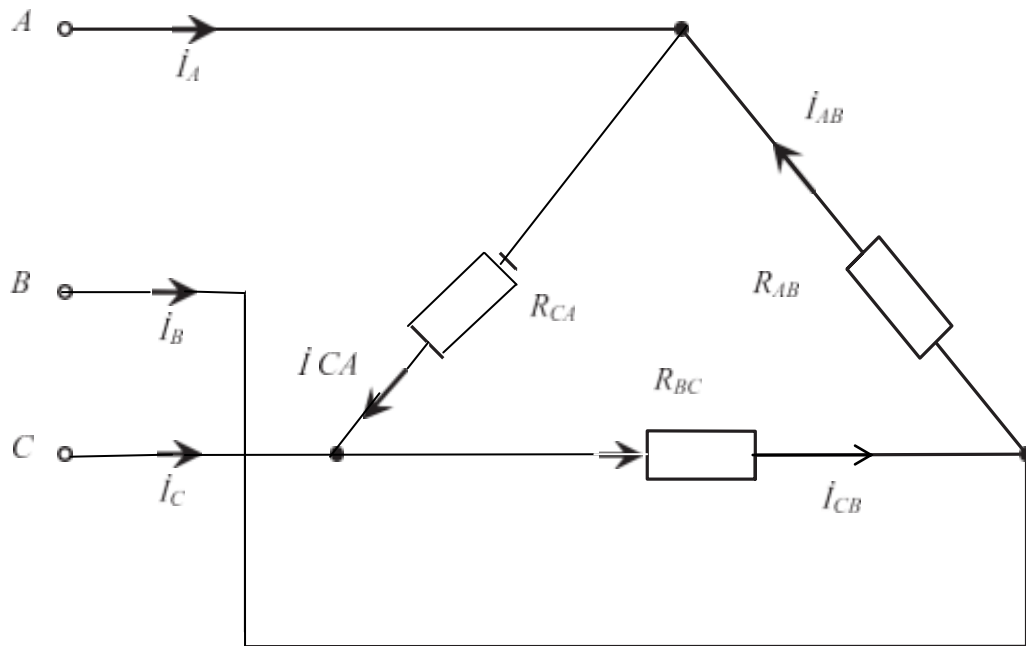
Решение

1. Токи отдельных фаз нагрузки:

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} = \frac{120}{5} = 24;$$

$$I_{BC} = \frac{U_{BC}}{R_{BC}} = \frac{120}{9} = 13,333;$$

$$I_{CA} = \frac{U_{CA}}{R_{CA}} = \frac{120}{12} = 10.$$



2. Мощность в отдельных фазах и всей цепи, Вт:

$$P_{AB} = I_{AB}^2 R_{AB} = 24^2 \cdot 5 = 2880;$$

$$P_{BC} = I_{BC}^2 R_{BC} = 13,3^2 \cdot 9 = 1599,2;$$

$$P_{CA} = I_{CA}^2 R_{CA} = 10^2 \cdot 12 = 1200;$$

$$S = P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = 5679,2.$$

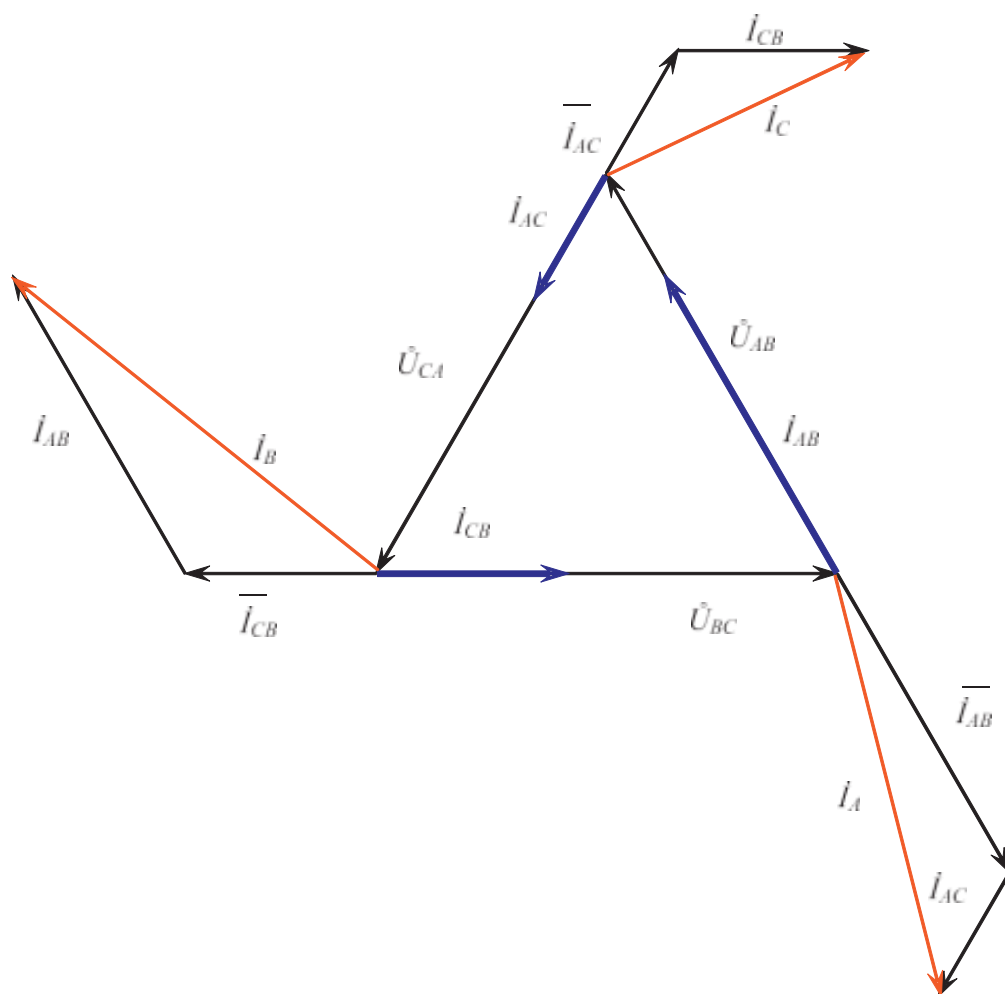
3. Линейные токи определяются из векторной диаграммы цепи в соответствии с 1-ым законом Кирхгофа для узлов A, B, C:

$$I_A = I_{CA} - I_{AB} = 56 \text{ A};$$

$$I_B = I_{AB} - I_{BC} = 61 \text{ A};$$

$$I_C = I_{BC} - I_{CA} = 36 \text{ A}.$$

Масштаб токов: в 1 см — 2,5 А.
Масштаб напряжений: в 1 см — 10 В.



3. Варианты заданий на курсовую работу

Задание 1

В цепь переменного тока напряжением U и частотой 50 Гц включена последовательно катушка с индуктивным сопротивлением X_L и активным сопротивлением R и конденсатор емкостью C .

Определить ток, напряжение на катушке и конденсаторе, активную и реактивную мощности катушки, конденсатора и всей цепи. Определить частоту резонанса цепи и ток, напряжение на катушке и конденсаторе, их реактивные мощности и активную мощность цепи. Построить векторные диаграммы для этих режимов работы.

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U , В	110	150	220	240	280	300	350	380	400	450
X_L , Ом	25	20	30	35	40	45	50	55	60	65
R , Ом	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
C , мкФ	250	200	300	350	400	450	500	550	600	650

Задание 2

В сеть переменного тока напряжением U включена цепь, состоящая из двух параллельных ветвей с сопротивлениями R_1 , R_2 и X_L .

Определить показания измерительных приборов, полную и реактивную мощности цепи, построить векторную диаграмму, треугольники токов и мощностей.

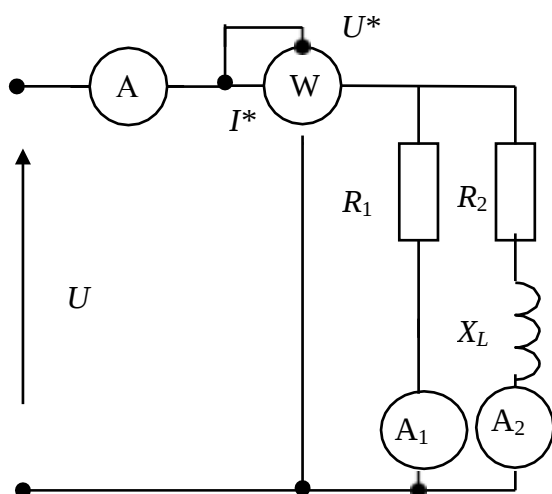


Рис. 2.1

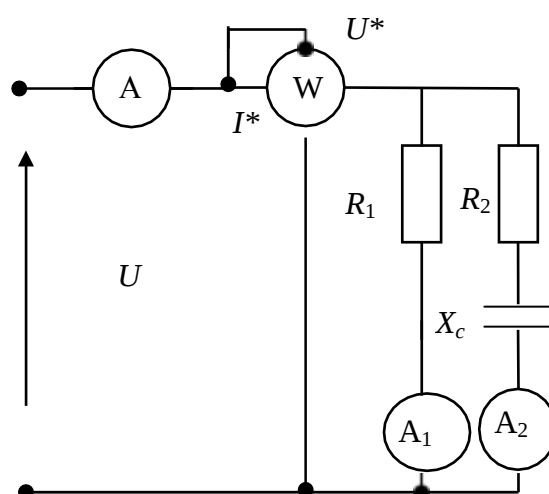


Рис. 2.2

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U , В	110	150	220	240	280	300	350	380	400	450
R_1 , Ом	10	25	20	25	30	35	40	45	50	55
R_2 , Ом	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
X_L , Ом	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
X_C , Ом	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рисунок	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2

Задание 3

В трехфазную четырехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением U_L включены звездой сопротивления R_A , R_B , R_C , X_A , X_B , X_C .

Определить фазные и линейные токи, ток нейтрального провода, мощности всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму цепи. Задачу решить комплексным методом.

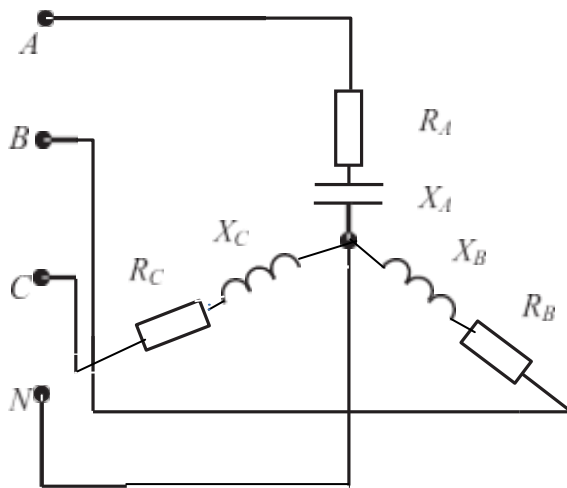


Рис. 3.1

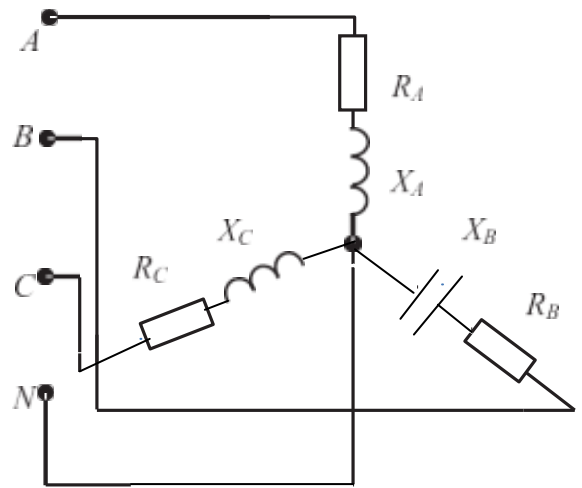


Рис. 3.2

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{В}$	127	380	220	127	380	220	127	380	220	127
$R_A, \text{Ом}$	3	1,5	1	5	4	2,5	7	6	3	4
$R_B, \text{Ом}$	4	2	15	6	5	3,5	8	7	3,5	6
$R_C, \text{Ом}$	6	3	15	8	7	5,5	1	9	3,5	8
$X_A, \text{Ом}$	4	2	1	6	5	3,5	8	7	4	12
$X_B, \text{Ом}$	3	1,5	1	5	4	2,5	7	6	6	6
$X_C, \text{Ом}$	8	4	2	10	9	7,5	12	11	8	3
	Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рисунок	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2

Задание 4

В трехфазную трехпроводную цепь с симметричным линейным напряжением $U_{\text{л}}$ включены треугольником активные сопротивления R_{AB} , R_{BC} , R_{CA} и реактивные сопротивления X_{AB} , X_{BC} , X_{CA} .

Определить фазные и линейные токи, активную мощность всей цепи и каждой фазы в отдельности. Построить векторную диаграмму цепи. Задачу решить комплексным методом.

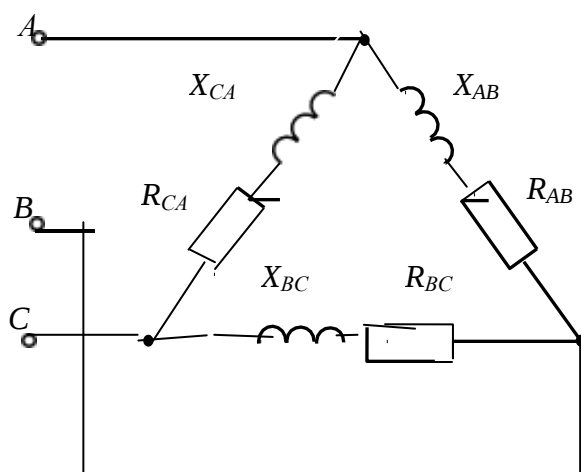


Рис. 4.1

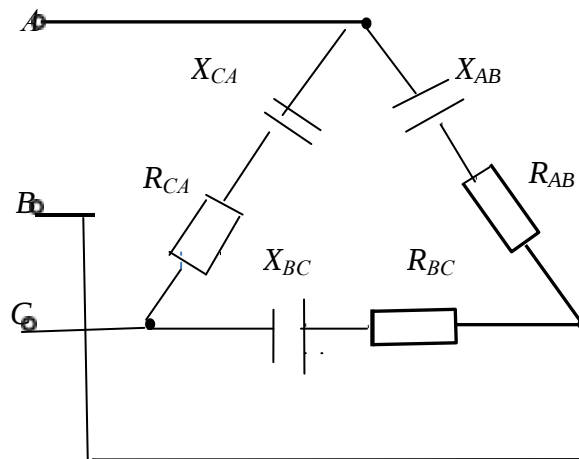


Рис. 4.2

Величина	Варианты числовых значений (последняя цифра в шифре)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{л}}, \text{В}$	127	380	220	127	380	220	127	380	220	127
$R_{AB}, \text{Ом}$	2	4	6	3	5	8	5	7	10	9
$R_{BC}, \text{Ом}$	4	8	12	5	9	14	7	11	15	13
$R_{CA}, \text{Ом}$	6	10	16	7	12	18	9	14	20	16
$X_{AB}, \text{Ом}$	1,5	3	6	5	5	8	7	1,5	10	3,5
$X_{BC}, \text{Ом}$	2	4	8	6	6	10	8	3,5	12	3,5
$X_{CA}, \text{Ом}$	4	8	16	10	10	18	12	7	20	9
	Варианты расчетных схем (предпоследняя цифра учебного шифра)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рисунок	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2	4.1	4.2

4. Правила оформления расчетно-пояснительной записки

Расчётно-пояснительная записка должна быть напечатана на бумаге формата A4. Титульный и заглавный листы записки оформляют в соответствии со стандартом ЕСКД ГОСТ 2.105-79, а каждую страницу – на основании требований стандартов ГОСТ 2.104-68, ГОСТ 2.108-68. На листах бумаги формата A4 наносят рамку, отстоящую от края листа на 20 мм слева и на 5 мм справа снизу и сверху. Текст от рамки должен отстоять на 5 мм слева, на 3...5 мм справа и на 10 мм сверху и снизу. На заглавном листе вдоль нижней стороны рамки располагают основную надпись.

Все справочные и нормативные материалы должны иметь ссылку на литературные источники. Для этого в тексте в квадратных скобках указывают порядковый номер источника по списку литературы.

Все расчёты в пояснительной записке приводят так: дают расчётную формулу с пояснениями входящих в неё величин, затем подставляют их численные значения и получают результат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. – М.: Юрайт, 2019.
2. Рекус Г.Г., Белоусов А.И. Сборник задач и упражнений по электротехнике и основам электроники. – М.: Высшая школа, 2001.
3. Кудашев А.С., Злобин В.Н., Першина М.А. Общая электротехника и электроника. Методические рекомендации к изучению дисциплины. – Волгоград, 2013.
4. Макенова Н.А. Решебник по электротехнике: учебное пособие / Н.А. Макенова, Т.Е. Хохлова, Томской политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 165 с.

Учебное издание

Григорьев Валентин Григорьевич
Белов Евгений Леонидович
Мардарьев Сергей Николаевич

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия профиль
подготовки Электрооборудование и электротехнологии

Компьютерный набор, верстка *В.Г. Григорьев*
Формат 210×297/16. Гарнитура *Times New Roman*
Усл. п.л. 1,1. Тираж 30 экз. Заказ __

Отпечатано на участке оперативной полиграфии
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный аграрный университет»
428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 29