



Н.П. Местников

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплинам «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОНИКА  
И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ», «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»,  
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

**Часть 2**

Якутск

2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова  
Физико-технический институт

**Н.П. Местников**

# **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**Учебное пособие**

**по дисциплинам «Электротехника, электроника  
и электрооборудование», «Электротехника»,  
«Электротехника и электроника»**

**Часть 2**

Якутск  
2023

УДК 621.31  
ББК 31.2  
М53

Утверждено учебно-методическим советом СВФУ

**Рецензенты:**

*Н.С. Бурянина*, д.т.н., профессор каф. ЭС ФТИ СВФУ, г. Якутск  
*Л.Р. Гайнуллина*, к.т.н., доцент каф. ВИЭ КГЭУ, г. Казань

Местников, Н.П.

**Электротехника** [Электронный ресурс] : учебное пособие по дисциплинам «Электротехника, электроника и электрооборудование», «Электротехника» и «Электротехника и электроника» : в 3 ч. / Н.П. Местников. – Якутск : Издательский дом СВФУ, 2023.

ISBN 978-5-7513-3499-4

Ч. 2. – 1 электрон. опт. диск

ISBN 978-5-7513-3501-4

Учебное пособие содержит теоретический материал и описание по выполнению практических заданий по дисциплинам «Электротехника, электроника и электрооборудование», «Электротехника» и «Электротехника и электроника» с ориентацией на освоение ключевых закономерностей в области электротехники и электроники с учетом климатических особенностей Севера. При разработке учебного пособия применялись стандарты и нормы ГОСТ Р 52002-2003 и ГОСТ 24291-90.

Предназначено для студентов бакалавриата и специалитета технических направлений.

УДК 621.31  
ББК 31.2

ISBN 978-5-7513-3499-4

ISBN 978-5-7513-3501-4 (Ч. 2)

© Местников Н.П., 2023

© Северо-Восточный федеральный университет, 2023

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>6</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>8</b>
<b>УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ.....</b>	<b>10</b>
<b>ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.....</b>	<b>14</b>
1.1. Понятие электротехники и электрического тока.....	14
1.2. Основные понятия теории и законы электрических цепей синусоидального тока.....	15
1.2.1. Синусоидальные ЭДС, токи и напряжения.....	15
1.2.2. Получение синусоидальной ЭДС .....	18
1.2.3. Изображение синусоидальных функций векторами .....	19
1.2.4. Основные элементы и параметры электрической цепи.....	24
1.2.5. Закон Ома. Пассивный двухполюсник.....	32
1.2.6. Законы Кирхгофа .....	42
1.3. Анализ электрических цепей синусоидального тока .....	45
1.3.1. Последовательное соединение ветвей.....	45
1.3.2. Параллельное соединение ветвей .....	50
<b>ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ.....</b>	<b>56</b>
2.1. Задачи по расчету последовательного соединения элементов в электрической цепи переменного тока.....	56
2.2. Задачи по расчету параллельного соединения элементов в электрической цепи переменного тока.....	74
2.3. Задачи по расчету смешанного соединения элементов в электрической цепи переменного тока.....	92

<b>2.4. Задачи по расчету .....</b>	<b>111</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>119</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>120</b>

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплин «Электротехника, электроника и электрооборудование», «Электротехника» и «Электротехника и электроника» и адресовано студентам 1-2 курсов технических специальностей очного и заочного форм обучения в соответствии с требованиями и условиями ФГОС 3++.

Учебное пособие может быть применено в курсе изучения основ электротехники с учетом климатических особенностей Севера. В пособии соблюдены нормы и стандарты высшего образования к электротехнике, реализовано требование профессионально ориентированного обучения в области электротехники.

Одним из задач данного курса является повышение исходного уровня владения основами функционирования объектов электроэнергетики, а также овладение ими необходимым и достаточным уровнем теоретических и практических компетенций для решения специализированных задач в области электротехники с применением определенных закономерностей и методов.

При составлении учебного пособия автор исходил из концепции взаимосвязанного обучения основным видам технологических и инновационных проектов. Данный подход предопределил структуру и содержание пособия.

Учебное пособие направлено на формирование у студентов навыков и компетенций по разработке, оформлению технологических проектов в сфере электротехники с учетом климатических особенностей Севера.

Специализированное оформление пособия, разнообразие иллюстративного материала и обозримое построение дисциплины способствуют повышению мотивации студентов. Некоторые графические интерпретации в пособии играют роль стимула в рамках изучения данной дисциплины. В пособие включен терминологический словарь в области электротехники.

**Цель дисциплины** – формирование у студента навыков и компетенций в области электротехники и электроники.

**Задачами дисциплины являются:**

- формирование представления у обучающихся о теоретических основах электротехники и электроники.
- формирование представления у обучающихся о структуре электротехники и электроники.
- развитие у обучающихся практических умений и навыков в области электротехники и электроники.
- формирование у обучающихся профессиональной готовности к овладению технологиями электротехники и электроники.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать: понятийный аппарат в области электротехники и электроники; знания в целом; структуру и этапы развития электротехники и электроники; жизненный цикл работы объектов электроэнергетики; структуру функционирования объектов электроэнергетики.

2) Уметь: проводить сбор и анализ информации в области электротехники и электроники, в том числе, с использованием Интернет-ресурсов; осуществлять планирование проекта в области электротехники и электроники; осуществлять электроэнергетическую и технико-экономическую оценку работы объектов электроэнергетики.

3) Владеть: современными средствами сбора информации; технологиями электротехники и электроники; методами оценки проектов области электроэнергетики.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В рамках реализации требований и условий Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС 3++) и Федерального закона "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ высшими учебными заведениями (далее – ВУЗ) активно производятся процедуры обучения студентов по различным направлениям бакалавриата, магистратуры, аспирантуры и специалитета.

В условиях увеличения степени декарбонизации энергетики и ее цифровой трансформации в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и постоянной актуализации Федерального закона от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 11.06.2021) "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", Федерального закона "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35-ФЗ и Распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 года №1523-р «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» внутри предприятий в сфере энергетики и коммунального комплекса необходимо обеспечение взаимной интеграции ВУЗов и энергетических компаний в целях получения специалистов высокой квалификации, владеющие навыками в области декарбонизации энергетики, являющимися актуальными в наши дни.

В большинстве высших учебных заведений РФ фактически отсутствуют учебные факультативы, направленные обучение студентов к компетенциям и навыкам основ электротехники и электроники в климатических условиях Севера.

В случае несоответствия компетенций, полученные студентом во время обучения в высшем учебном заведении, потенциальные работодатели вынуждены обеспечить переобучение молодого специалиста к новым



компетенциям в сфере электротехники и электроники, где потребуется не менее полугода в зависимости от интеллектуального уровня специалиста, что и является катализатором замедления развития предприятия. Вследствие данной тенденции потенциальные работодатели вынуждены нанимать на рабочую деятельность специалистов со стажем работы от двух лет.

Решением данной проблемной тенденции является разработка учебного пособия на основании требований и условий рабочих программ дисциплин «Электротехника, электроника и электрооборудование», «Электротехника» и «Электротехника и электроника», которое разработано в соответствии с условиями и требованиями существующего уровня развития технологий в сфере электротехники и электроники.


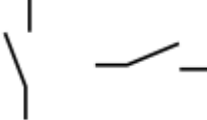
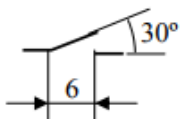
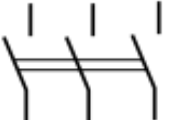
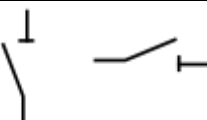
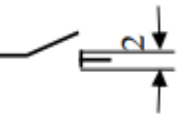
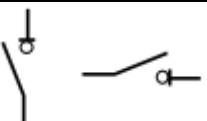
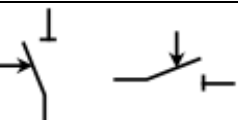
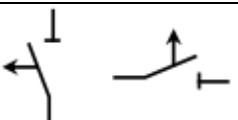
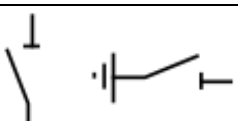

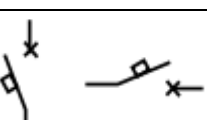
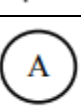
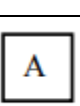
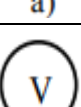
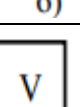
Автор учебного пособия выражает свою благодарность за ценные замечания и советы своим научным руководителям и наставникам:





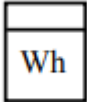
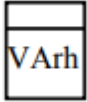



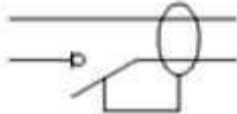
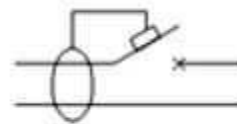




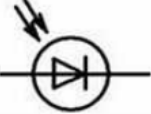

- Буряниной Н.С., доктору технических наук, профессору кафедры «Электроснабжение» ФТИ СВФУ имени М.К. Аммосова.

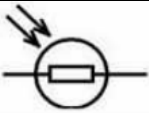
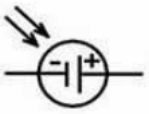

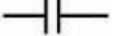
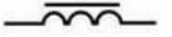





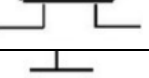
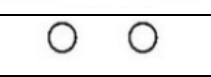

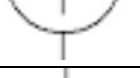




- Нуруллину Э.Г., доктору технических наук, профессору кафедры «Машины и оборудования в агробизнесе» Института механизации и технического сервиса Казанского государственного аграрного университета.






- Гайнуллиной Л.Р., кандидату технических наук, доценту, заведующему кафедрой «Возобновляемые источники энергии» Института электроэнергетики Казанского государственного энергетического университета.

# УСЛОВНО-ГРАФИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМАХ

Наименование	Обозначение		Размеры в мм / Примечание
	Графическое	Буквенное	
Плавкий предохранитель		FU	-
Рубильник		QS или SA	
Рубильник, выключатель низковольтный трехполюсный		-	-
Разъединитель		QS	
Выключатель нагрузки		QW	-
Короткозамыкатель		QN	-
Отделитель одностороннего действия		QR	-
Заземляющий нож		QSG	-
Заземление		-	-
Автоматический выключатель		QF	-
Амперметр: А – показывающий Б – регистрирующий	 а)  б)	PA	Диаметр – 10; квадрат 10×10
Вольтметр: А – показывающий Б – регистрирующий	 а)  б)	PV	Диаметр – 10; квадрат 10×10

Ваттметр: А – показывающий Б – регистрирующий	  а)      б)	PW	-
Варметр: А – показывающий Б – регистрирующий	  а)      б)	PVA	-
Счетчик активной энергии		PI	-
Счетчик реактивной энергии		PK	-
Линия проводки		Л	-
Рубильник (выключатель нагрузки)		P	-
Тепловое реле (защита от перегрева)		PT	-
Устройство защитного отключения		УЗО	-
Дифференциальный автомат		-	-
Выключатель (рубильник) с предохранителем		-	-
Диод		Д	-
Стабилитрон		-	-
Тиристор		T	-
Фотодиод		-	-
Светодиод		-	-

Фоторезистор		-	-
Фотоэлемент		ФЭ	-
Транзистор		Т	-
Конденсатор		С	-
Дроссель		-	-
Резистор		R	-
Резистор		-	-
Аккумулятор (источник питания)		АКБ	-
Электрическая лампа		Л	-
Пересечение проводов без взаимного контакта		-	-
Звонок		З	-
Кнопка		К	-
Клеммы		-	-
Источник ЭДС		Е	-
Источник тока		J	-
Машина постоянного тока		МПТ	-
Машина переменного тока		МПТ	-
Электродвигатель		ЭД	-

Стартер		С	-
Обогреватель стекла		-	-
Прикуриватель		Пр	-
Электромагнитный клапан		-	-
Переменный резистор		R	-

В ходе формирования базы условно-графического обозначения элементов электрической цепи переменного и постоянного тока применены источники [1–6].

## ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Понятие *синусоидальный ток* относится ко всем периодическим токам, изменяющимся во времени по синусоидальному закону. Этот вид тока имеет по сравнению с постоянный целый ряд преимуществ, обусловивших его широкое распространение в технике. Производство, передача и преобразование электрической энергии наиболее удобно и экономично на переменном токе. *Синусоидальные токи* широко используются в радиоэлектронике, электротехнологии. Всё бытовое электроснабжение также производится на переменном токе. В связи с этим, изучение явлений, закономерностей и свойств электрических цепей синусоидального переменного тока имеет особое значение, как для последующих разделов курса, так и для применения полученных знаний на практике.

*Понятийно-категориальный аппарат:* переменный ток, синусоидальный ток, мгновенное значение, амплитудное значение, начальная фаза, действующее значение, среднеквадратичное значение, комплексные числа, формула Эйлера, оператор поворота, комплексная амплитуда, векторная диаграмма, резистивный элемент, индуктивный элемент, индуктивное сопротивление, емкостной элемент, емкостная проводимость, входное напряжение, входной ток, комплексное сопротивление, полное сопротивление, реактивное сопротивление, треугольник сопротивления, сдвиг фаз, полная проводимость, треугольник проводимостей, треугольник токов, активная мощность, реактивная мощность, полная мощность, треугольник мощностей, коэффициент мощности, баланс мощностей, добротность катушки, угол потерь, комплексный метод, резонанс напряжений, резонанс токов,

### 1.1. Понятие электротехники и электрического тока

*Электротехника* – область науки и техники, изучающая электрические и магнитные явления и их использование в практических целях получения, преобразования, передачи и потребления электроэнергии [7].

*Электроника* – область науки и техники, изучающая электрические и магнитные явления и их использование в практических целях получения, преобразования, передачи и потребления информации [7].

*Постоянный ток (DC)* – это упорядоченное движение заряженных частиц в одном направлении. Величины характеризующие электрический ток, такие как напряжение или сила тока, постоянны как по значению, так и по направлению [8].

*Переменный ток*, в отличие от тока постоянного, непрерывно изменяется как по величине, так и по направлению, причем изменения эти происходят периодически, т. е. точно повторяются через равные промежутки времени [9].

## **1.2. Основные понятия теории и законы электрических цепей синусоидального тока**

### **1.2.1. Синусоидальные ЭДС, токи и напряжения**

Синусоидальные или гармонические величины математически описываются функциями вида (рис. 1.1) [10]:

$$e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_e); i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i); u(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \quad (1.1)$$

где  $\omega = 2\pi/T$  – угловая частота функции с периодом  $T$ . В правой части выражений (2.1) только одна величина является переменной – время  $t$ . Все остальные величины – константы. Значение функции в данный момент времени называется *мгновенным значением* и по соглашению обозначается строчной буквой. Кроме времени  $t$ , оно однозначно определяется тремя параметрами: амплитудой, угловой частотой или периодом и начальной фазой. Максимальное значение функции называется *амплитудой* или *амплитудным значением* и обозначается прописной буквой с индексом  $m$  ( $E_m, U_m, I_m$ ). Аргумент синуса называется фазой, т.е. состоянием функции, а его значение в момент начала отсчёта времени (при  $t=0$ ) – *начальной фазой* ( $\psi_e, \psi_i, \psi_u$ ). Величину  $f = 1/T$ , обратную периоду, называют *частотой*. Она связана с угловой частотой отношением  $\omega = 2\pi f$ . Промышленная сеть в России имеет частоту 50 Гц.

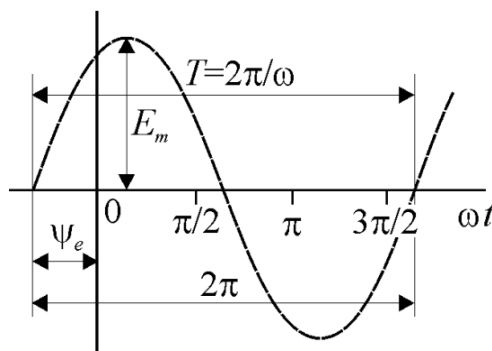


Рисунок 1.1 – График ЭДС переменного тока

Амплитуды функций (1.1) измеряются в единицах, соответствующих величин, т.е. в вольтах и амперах. Период измеряется единицами измерения времени, а частота в герцах ( $1 \text{ Гц} = 1/\text{с}$ ).

Мгновенные значения величин и их параметры по отдельности не дают представления об энергетических параметрах цепи, т.е. не позволяют судить о работе, совершаемой источниками электрической энергии или о мощности, рассеиваемой или преобразуемой в её элементах. Для этого требуются величины, включающие в оценку фактор времени. В цепях постоянного тока введение таких величин не требовалось, т.к. ЭДС, напряжения и токи были временными константами. На переменном токе вводится понятие действующего значения, как эквивалента теплового действия тока. По закону Джоуля-Ленца на участке электрической цепи с сопротивлением  $r$ , по которому протекает ток  $i$ , в течение элементарного промежутка времени  $dt$  выделится  $i^2 r dt$  джоулей тепла, а за период  $T - \int_0^T i^2 r dt$  джоулей. Обозначим через  $I$  постоянный ток, при котором за тот же промежуток времени  $T$  в сопротивлении  $r$  выделится столько же тепла. Тогда:

$$I^2 r T = \int_0^T i^2 r dt \Rightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 r dt}, \quad (1.2)$$



Величина  $I$  называется действующим, эффективным или среднеквадратичным значением переменного тока  $i$ . Подставляя выражение для синусоидального тока (1.1) и интегрируя, получим:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 r dt} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 I_m, \quad (1.3)$$

По аналогии определяются действующие значения напряжения и ЭДС:

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 U_m; \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \approx 0,707 E_m, \quad (1.4)$$

Понятие действующего значения очень широко используется в цепях переменного тока. Большинство измерительных приборов градуируются в действующих значениях. Технические данные электротехнических устройств указываются в действующих значениях. В записи для действующих значений по соглашению используют прописные буквы без индекса, подчёркивая тем самым сходство этих понятий с аналогами на постоянном токе.

Другой интегральной величиной, используемой в цепях переменного тока, является среднее значение  $\frac{1}{T} \int_0^T i dt$ , т.е. площадь, ограниченная линией функции и осью времени на протяжении периода. Но для синусоидальных функций эта величина тождественно равна нулю, т.к. площади положительной и отрицательной полуволн равны по величине и противоположны по знаку. Поэтому условились под средним значением понимать среднее значение функции за положительный полупериод, т.е.:

$$I_{cp} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} i dt = \frac{2}{\pi} I_m = 0,637 I_m, \quad (1.5)$$

и аналогично для напряжения и ЭДС:

$$U_{cp} = \frac{2U_m}{\pi} \approx 0,637 U_m; \quad E_{cp} = \frac{2E_m}{\pi} \approx 0,637 E_m, \quad (1.6)$$

*Вопросы для самостоятельной проработки:*

1. Какими параметрами определяются синусоидальные функции времени?
2. Какое явление положено в основу понятия действующего значения переменного тока?
3. Поясните названия: действующее, эффективное, среднеквадратичное значение.
4. Как связаны между собой амплитудное и действующее значение синусоидальной величины?
5. Как определяется среднее значение синусоидальной величины?

### **1.2.2. Получение синусоидальной ЭДС**

Основными источниками энергии на переменном токе являются электромеханические генераторы, преобразующие энергию вращательного движения в электрическую. Простейшей реализацией такого источника является проводник в форме прямоугольной рамки, равномерно вращающийся с угловой скоростью  $\omega$  в постоянном однородном магнитном поле (рис. 2.2). При вращении рамки изменяется величина магнитного потока, проходящего через её плоскость. В положении, когда плоскость рамки перпендикулярна к магнитным линиям поля поток  $\Phi$  максимален –  $\Phi = \Phi_m$ . По мере поворота рамки из этого положения он уменьшается и становится нулевым, когда плоскость рамки располагается вдоль линий поля. Затем направление потока меняет свой знак, и он начинает увеличиваться. Таким образом, магнитный поток, пронизывающий рамку, изменяется в зависимости от угла её поворота по закону:

$$\Phi = \Phi_m \cos \alpha, \quad (1.7)$$

где  $\alpha$  – угол между направлением линий магнитного поля и нормалью к плоскости рамки. Если рамка вращается равномерно с угловой скоростью  $\omega$  и в момент времени, принятый за начало отсчёта, она находилась в угловом положении  $\psi_e$ , то  $\alpha = \omega t + \psi_e$  и магнитный поток изменяется во времени в соответствии с выражением:

$$\Phi = \Phi_m \cos(\omega t + \psi_e), \quad (1.8)$$

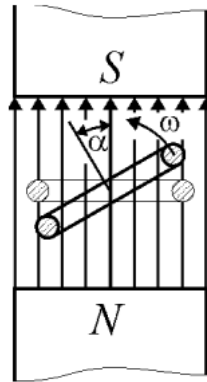


Рисунок 1.2 – Внешний вид прямоугольной рамки с магнитным полем

По закону электромагнитной индукции, в рамке наводится ЭДС, равная скорости изменения магнитного потока, т.е.:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\Phi_m \cos(\omega t + \psi_e)}{dt} = \omega \Phi_m \sin(\omega t + \psi_e) = E_m \sin(\omega t + \psi_e), \quad (1.9)$$

Отсюда следует, что угловая частота ЭДС равна угловой скорости вращения рамки, а начальная фаза – начальному угловому положению. Амплитуда ЭДС пропорциональна максимальному значению магнитного потока и скорости вращения рамки. Амплитудное значение ЭДС по времени соответствует положению рамки, когда пронизывающий её поток нулевой, а скорость пересечения магнитных линий максимальна.

По принципу действия промышленные генераторы переменного тока ничем не отличаются от рассмотренного элементарного устройства, кроме того, что рамка, в которой индуцируется ЭДС, в них неподвижна, а магнитное поле вращается вокруг неё.

### 1.2.3. Изображение синусоидальных функций векторами

Аналитическое представление синусоидальных функций неудобно при расчётах, т.к. приводит к громоздким тригонометрическим выражениям, из которых часто бывает невозможно определить интересующий нас параметр в

общем виде. Поэтому при анализе цепей переменного тока эти функции представляют в виде векторов, что позволяет перейти от тригонометрических к алгебраическим выражениям и, кроме того, получить наглядное представление о количественных и фазовых соотношениях величин.

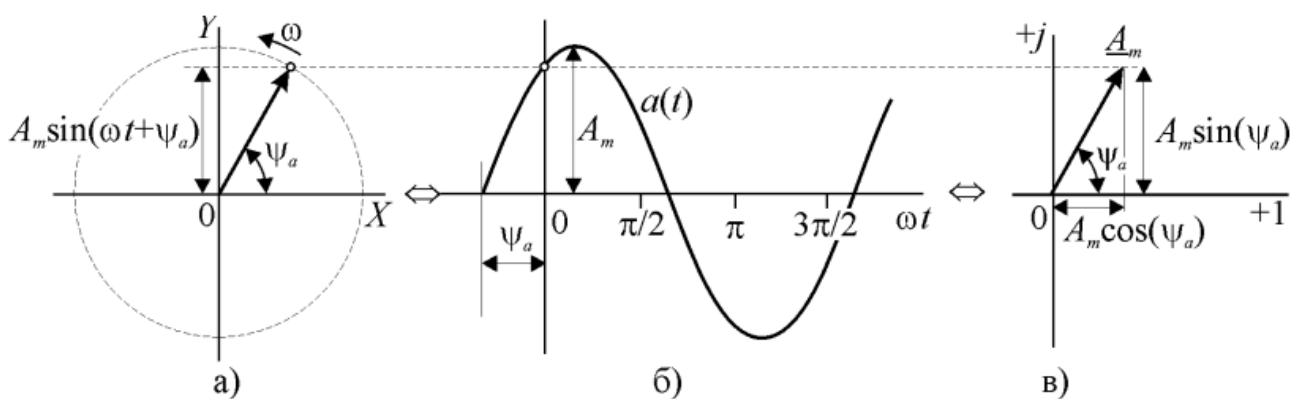


Рисунок 1.3 – Графические отображения синусоидальной функции

Произвольная синусоидальная функция времени  $a(t) = A_m \sin(\omega t + \psi_a)$  (рис. 1.3, б) соответствует проекции на ось  $OY$  вектора с модулем равным  $A_m$ , вращающегося на плоскости  $XOY$  с постоянной угловой скоростью  $\omega$  из начального положения, составляющего угол  $\psi_a$  с осью  $OX$  (рис. 1.3, а). Если таким же образом на плоскости изобразить несколько векторов, соответствующих разным синусоидальным функциям, имеющих одинаковую частоту, то они будут вращаться совместно, не меняя взаимного положения, которое определяется только начальной фазой этих функций. Поэтому при анализе цепей, в которых все функции имеют одинаковую частоту, её можно исключить из параметров, ограничившись только амплитудой и начальной фазой. В этом случае векторы, изображающие синусоидальные функции будут неподвижными (рис. 2.3, в).

В то же время, любой вектор на плоскости можно представить совокупностью двух координат: либо двумя проекциями на оси декартовой системы координат, либо в полярной системе координат в виде модуля (длины) и угла с осью принятой за начало отсчёта (аргумента). Обе координаты в обоих случаях можно объединить в форме комплексного числа или, иначе говоря,

построить вектор, изображающий синусоидальную функцию на плоскости комплексных чисел. Любая точка на комплексной плоскости или вектор, проведённый из начала координат в эту точку, соответствуют комплексному числу  $\underline{A}_m = p + jq^*$  где  $p$  – координата вектора по оси вещественных чисел, а  $q$  – по оси мнимых чисел. Такая форма записи комплексного числа называется алгебраической формой. Представив вещественную и мнимую часть вектора через его длину и угол с осью вещественных чисел, мы получим новую запись:  $\underline{A}_m = A_m \cos \psi_a + jA_m \sin \psi_a$ , которая называется *тригонометрической формой* комплексного числа. Пользуясь формулой Эйлера  $e^{j\psi_a} = \cos \psi_a + j \sin \psi_a$ , можно перейти от тригонометрической к показательной форме:  $\underline{A}_m = A_m (\cos \psi_a + j \sin \psi_a) = A_m e^{j\psi_a}$ . Здесь амплитуда синусоидальной функции является модулем комплексного числа, а начальная фаза аргументом.

Алгебраическая и показательная формы записи комплексных чисел используются в расчётах. Первая для выполнения операций суммирования, а вторая – для умножения, деления и возведения в степень. Тригонометрическая форма является просто развёрнутой записью перехода от показательной формы к алгебраической. Переход от алгебраической формы к показательной осуществляется с помощью очевидных геометрических соотношений:

$$A_m = \sqrt{p^2 + q^2}; \quad \psi_a = \arctg\left(\frac{q}{p}\right), \quad (1.10)$$

Множитель вида  $e^{j\phi} = \cos \phi + j \sin \phi$  играет исключительно важную роль в анализе цепей переменного тока. Он называется *оператором поворота* и представляет собой единичный вектор, развёрнутый относительно вещественной оси на угол  $\phi$ . Название оператора связано с тем, что умножение на него любого вектора приводит к развороту последнего на угол  $\phi$ . Вещественные и мнимые числа  $1, j, -1, -j$  можно рассматривать как операторы поворота  $1 = e^{j0}; j = e^{j\pi/2}; -1 = e^{j\pi}; -j = e^{-j\pi/2}$ , что облегчает восприятие преобразований векторов, связанных с операциями умножения на эти числа.

Комплексное число  $A_m$ , модуль которого равен амплитуде синусоидальной функции, называется *комплексной амплитудой*. Но амплитуда и действующее значение синусоидальной функции связаны между собой константой 0,707, поэтому расчёт можно вести сразу для действующих значений, если использовать комплексные числа с соответствующим модулем  $\underline{A} = A_m / \sqrt{2}$ . Число  $A$  называется *комплексным действующим значением* или просто *комплексным значением*. Применительно к ЭДС, напряжению и току такие комплексные величины ( $\underline{E}, \underline{U}, \underline{I}$ ) называют просто комплексной ЭДС, комплексным напряжением и комплексным током.

Применение законов Ома и Кирхгофа предполагает использование понятия направление: направление протекания тока, направление действия ЭДС, направление по отношению к узлу и др. Но в цепях переменного тока все величины (ЭДС, напряжения и токи) дважды за период меняют свои направления. Поэтому для них используют понятие *положительное направление*, т.е. направление, соответствующее положительным мгновенным значениям определяемой величины. При изменении выбора направления начальная фаза синусоидальной величины изменяется на  $\pi$ , следовательно, комплексные значения величин могут быть определены только с учётом выбора положительного направления. Для пассивного элемента положительное направление можно выбрать произвольно только для одной из величин – тока или напряжения. Направление второй величины должно совпадать с направлением первой, иначе будут нарушены фазовые соотношения между ними, вытекающие из физических процессов преобразования энергии. Положительное направление действия ЭДС считается заданным. Оно указывается стрелкой в условном обозначении и относительно этого направления определяется её начальная фаза.

Для анализа количественных и фазовых соотношений величин на переменном токе на комплексной плоскости строят векторы, соответствующие

режиму работы электрической цепи. Такая совокупность векторов называется *векторной диаграммой*.

*Вопросы для самостоятельной проработки:*

1. Почему ЭДС рамки, вращающейся в однородном магнитном поле, изменяется по синусоидальному закону?
2. Чем определяется амплитуда ЭДС, наводимой в рамке, вращающейся в однородном магнитном поле?
3. Какие параметры синусоидальной функции времени отражаются изображающим её вектором?
4. Какие формы представления комплексных чисел используют для изображения синусоидальных функций?
5. Для каких математических операций используют алгебраическую и показательную форму комплексных чисел?
6. Что такое оператор поворота?
7. Что такое комплексная амплитуда (комплексное значение)?
8. Что такое векторная диаграмма?

#### **1.2.4. Основные элементы и параметры электрической цепи**

Ранее в первой части учебного пособия рассмотрены основные элементы электрических цепей и их параметры. Приведённые там соотношения справедливы и на переменном токе, если в них в качестве ЭДС, напряжений и токов подставить соответствующие синусоидальные функции времени.

*Резистивный элемент.* При протекании синусоидального тока  $i_R = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$  по резистивному элементу на нём по закону Ома возникает падение напряжения:

$$u_R = Ri = RI_m \sin(\omega t + \psi_i) = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \quad (1.11)$$

Отсюда следует, что напряжение на резистивном элементе изменяется по синусоидальному закону с амплитудой  $U_m = RI_m$  и начальной фазой равной начальной фазе тока  $\psi_u = \psi_i$ . Разделив обе части выражения для амплитуды на  $\sqrt{2}$ , получим соотношение для действующих значений тока и напряжения:



$$U = RI, \quad (1.12)$$

Представим ток и напряжение комплексными значениями:

$$\underline{I}_R = I e^{i\psi_i}; \quad \underline{U}_R = U e^{i\psi_u}, \quad (1.13)$$

Умножив комплексный ток  $\underline{I}_R$  на  $R$ , получим закон Ома для резистивного элемента в комплексной форме:

$$R \underline{I}_R = R I e^{i\psi_i} = U e^{i\psi_i} = \underline{U}_R, \quad (1.14)$$

Отсюда ток в резистивном элементе в комплексной форме равен:

$$\underline{I}_R = \underline{U}_R / R, \quad (1.15)$$

График мгновенных значений тока и напряжения, а также векторная диаграмма для резистивного элемента показаны на рис. 1.4, а и б.

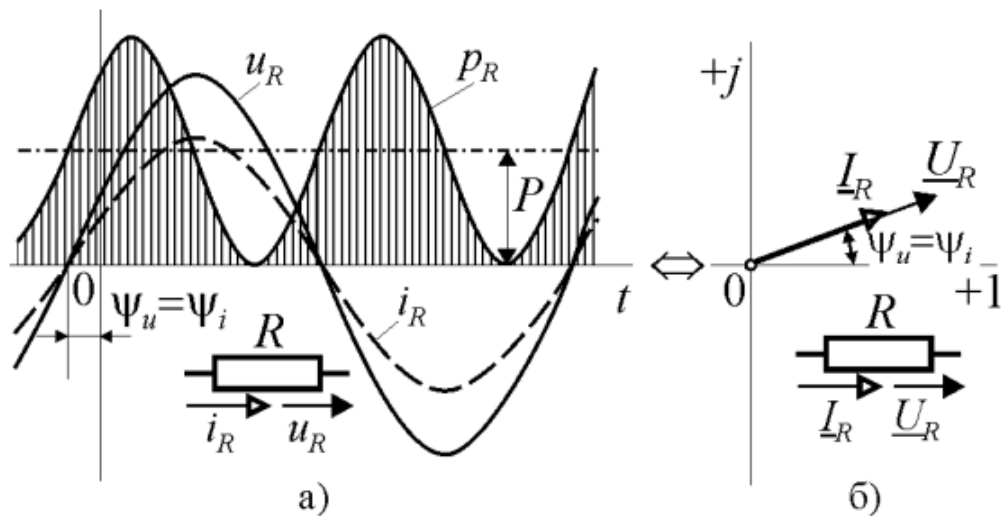


Рисунок 1.4 – График мгновенных значений тока и напряжения

Мгновенная мощность, рассеиваемая на резистивном элементе равна:

$$p_R = u_R i_R = U_m \sin(\omega t + \psi_u) \cdot I_m \sin(\omega t + \psi_i) = UI(1 - \cos 2\omega t), \quad (1.16)$$

т.е. она изменяется во времени с двойной частотой и колеблется в пределах от нуля до  $2UI$ . В любой момент времени значения тока и напряжения имеют

одинаковый знак, поэтому  $p \geq 0$ . Кривая изменения мощности показана на рис. 2.4, а. Среднее за период значение мощности называется активной мощностью:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_R dt = UI = RI^2, \quad (1.17)$$

Заштрихованная площадь на рис. 1.4, а соответствует *электрической энергии, необратимо преобразуемой резистивным элементом в неэлектрические виды энергии.*

*Индуктивный элемент.* Пусть через индуктивный элемент протекает ток  $i_L = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ . Тогда его потокосцепление равно:

$$\Psi = Li_L = LI_m \sin(\omega t + \psi_i) = \Psi_m \sin(\omega t + \psi_i), \quad (1.18)$$

ЭДС самоиндукции:

$$e_L = -\frac{d\Psi}{dt} = -LI_m \frac{d \sin(\omega t + \psi_i)}{dt} = -\omega LI_m \cos(\omega t + \psi_i), \quad (1.19)$$

Отсюда напряжение на индуктивном элементе:

$$u_L = -e_L = \omega LI_m \cos(\omega t + \psi_i) = U_m \sin(\omega t + \psi_i - \pi/2) = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \quad (1.20)$$

Следовательно, амплитуда и начальная фаза напряжения равны:

$$U_m = \omega LI_m; \quad \psi_u = \psi_i + \pi/2, \quad (1.21)$$

Разделив выражение для амплитуды на  $\sqrt{2}$ , получим соотношение действующих значений напряжения и тока для индуктивного элемента:

$$U = \omega LI = X_L I, \quad (1.22)$$

где  $X_L = \omega L$  - величина, имеющая размерность сопротивления и называемая индуктивным сопротивлением. Обратная величина  $B_L = 1/X_L = 1/\omega L$  называется индуктивной проводимостью. Величина индуктивного сопротивления пропорциональна частоте тока, протекающего через индуктивный элемент и

физически обусловлена ЭДС самоиндукции, возникающей при его изменении. При увеличении частоты её значение стремится к бесконечности, а на постоянном токе ( $\omega=0$ ) индуктивное сопротивление равно нулю. Индуктивное сопротивление и индуктивная проводимость являются параметрами индуктивного элемента.

Начальная фаза напряжения отличается от фазы тока на  $+\pi/2$ , т.е. ток в индуктивном элементе отстаёт по фазе от напряжения на  $90^\circ$ .

Представим ток и напряжение комплексными значениями:

$$\underline{I}_L = I e^{j\psi_i}; \quad \underline{U}_L = U e^{j\psi_u}, \quad (1.23)$$

Отсюда, пользуясь выражениями (1.20-1.22), получим закон Ома в комплексной форме для индуктивного элемента:

$$\underline{U}_L = \omega L I e^{j(\psi_i + \pi/2)} = \omega L I e^{j\psi_i} e^{j\pi/2} = j\omega L \underline{I}_L = jX_L \underline{I}_L, \quad (1.24)$$

Ток в индуктивном элементе в комплексной форме равен:

$$\underline{I}_L = \underline{U}_L / (jX_L) = -jB_L \underline{U}_L, \quad (1.25)$$

Величины  $jX_L$  и  $-jB_L$ , входящие в выражение (1.24-1.25), называются *комплексным индуктивным сопротивлением и комплексной индуктивной проводимостью*.

Пользуясь выражениями (1.18-1.19) комплексное напряжение на индуктивном элементе можно выразить также через комплексное потокоцепление:

$$\underline{U}_L = -\underline{E}_L = \omega \Psi e^{j(\psi_i + \pi/2)} = \omega \Psi e^{j\psi_i} e^{j\pi/2} = j\omega \underline{\Psi}, \quad (1.26)$$

График мгновенных значений тока и напряжения, а также векторная диаграмма для индуктивного элемента показаны на рис. 1.5, а и б.

Определим мгновенную мощность, поступающую в индуктивный элемент из внешней цепи:

$$\begin{aligned}
 p_L &= u_L i_L = U_m \sin(\omega t + \psi_i + \pi/2) \cdot I_m \sin(\omega t + \psi_i) = \\
 &= \frac{U_m I_m}{2} \left[ \cos \frac{\pi}{2} - \cos(2\omega t + \pi/2) \right] = UI \sin 2\omega t,
 \end{aligned}
 \quad (1.27)$$

т.е. мгновенная мощность изменяется синусоидально с двойной частотой, поэтому её среднее значение за период равно нулю.

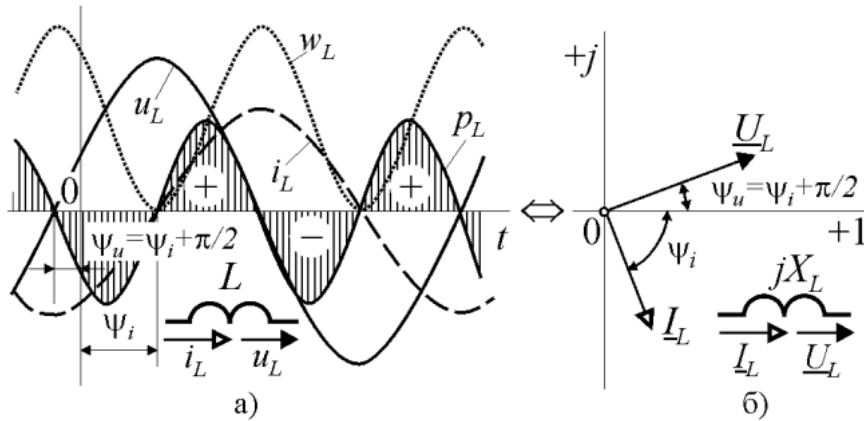


Рисунок 1.5 – Векторная диаграмма индуктивного элемента

Энергия магнитного поля, соответствующая индуктивному элементу, равна:

$$w_L = \frac{Li_L^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2} \sin^2(\omega t + \psi_i) = \frac{LI^2}{2} (1 - \cos 2\omega t), \quad (1.28)$$

Она изменяется по синусоидальному закону с двойной частотой от нуля до  $LI^2$  (рис. 1.5, а). В течение четверти периода, когда значения тока и напряжения имеют одинаковые знаки, мощность, соответствующая индуктивному элементу, положительна и энергия накапливается в магнитном поле (положительная заштрихованная площадь на рис. 1.5, а). В следующую четверть периода значения тока и напряжения имеют разные знаки и мощность отрицательна. Это означает, что энергия, накопленная в магнитном поле, возвращается во внешнюю цепь. Причём во внешнюю цепь возвращается в точности то количество энергии, которое было накоплено, и баланс энергии за половину периода нулевой. Таким образом, в индуктивном элементе происходят

непрерывные периодические колебания энергии, соответствующие её обмену между магнитным полем и внешней цепью без каких-либо потерь.

*Ёмкостный элемент.* Если напряжение на выводах ёмкостного элемента изменяется синусоидально  $u_c = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$ , то ток в нём:

$$\begin{aligned} i_c &= C \frac{du_c}{dt} = CU_m \frac{d \sin(\omega t + \psi_u)}{dt} = \omega CU_m \cos(\omega t + \psi_u) =, \\ &= \omega CU_m \sin(\omega t + \psi_u + \pi / 2) = I_m \sin(\omega t + \psi_i) \end{aligned} \quad (1.29)$$

т.е. ток в ёмкостном элементе изменяется по синусоидальному закону с амплитудой и начальной фазой:

$$I_m = \omega CU_m; \quad \psi_i = \psi_u + \pi / 2, \quad (1.30)$$

Разделив выражение для амплитуды на  $\sqrt{2}$ , получим соотношение действующих значений напряжения и тока для ёмкостного элемента:

$$I = \omega CU = B_c U, \quad (1.31)$$

Величина  $B_c = \omega C$ , имеющая размерность проводимости, называется *ёмкостной проводимостью*. Обратная величина  $X_C = 1/B_c = 1/\omega C$  называется *ёмкостным сопротивлением*. Физически наличие ёмкостного сопротивления означает ограничение величины тока зарядаразряда ёмкостного элемента. Ёмкостное сопротивление, также как индуктивное, зависит от частоты приложенного напряжения, но, в отличие от индуктивного, его значение равно бесконечности на постоянном токе и нулю при бесконечном значении частоты. Ёмкостное сопротивление и ёмкостная проводимость являются параметрами ёмкостного элемента.

Начальная фаза тока отличается от фазы напряжения на  $+\pi/2$ , т.е. ток в ёмкостном элементе опережает по фазе напряжение на  $90^\circ$ .

Представим ток и напряжение комплексными значениями:

$$\underline{I}_c = I e^{j\psi_i}; \quad \underline{U}_c = U e^{j\psi_u}, \quad (1.32)$$

Отсюда, пользуясь выражениями (1.29-1.31), получим закон Ома в комплексной форме для ёмкостного элемента:

$$\underline{I}_C = wCUe^{j(\psi_u + \pi/2)} = wCUe^{j\psi_u}e^{j\pi/2} = jwCU\underline{U}_C = jB_C\underline{U}_C, \quad (1.33)$$

Падение напряжения на ёмкостном элементе:

$$\underline{U}_C = -jX_C\underline{I}_C = \underline{I}_C / (jB_C), \quad (1.34)$$

Величины  $-jX_C$  и  $jB_C$ , входящие в выражение (1.34), называются комплексным ёмкостным сопротивлением и комплексной ёмкостной проводимостью.

График мгновенных значений тока и напряжения, а также векторная диаграмма для ёмкостного элемента показаны на рис. 1.6, а и б.

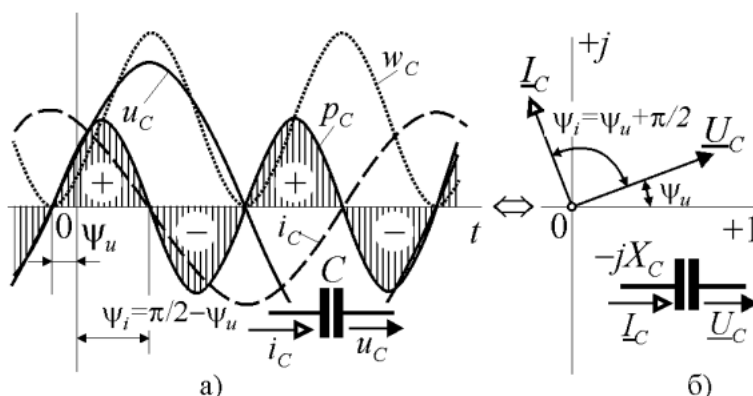


Рисунок 1.6 – Векторная диаграмма ёмкостного элемента

Определим мгновенную мощность, поступающую в ёмкостный элемент из внешней цепи:

$$\begin{aligned} p_C &= u_C i_C = U_m \sin(wt + \psi_u) \cdot I_m \sin(wt + \psi_u + \pi/2) = \\ &= \frac{U_m I_m}{2} \left[ \cos \frac{\pi}{2} - \cos(2wt + \pi/2) \right] = UI \sin 2wt, \end{aligned} \quad (1.35)$$

т.е. мгновенная мощность изменяется синусоидально с двойной частотой, поэтому её среднее значение за период равно нулю.

Энергия электрического поля, соответствующая ёмкостному элементу, равна:

$$w_c = \frac{Cu_c^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2} \sin^2(\omega t + \varphi_u) = \frac{CU^2}{2} (1 - \cos 2\omega t), \quad (1.36)$$

Она изменяется по синусоидальному закону с двойной частотой от нуля до  $CU^2$  (рис. 1.6, а). В течение четверти периода, когда значения тока и напряжения имеют одинаковые знаки, мощность, поступающая в ёмкостный элемент, положительна и энергия накапливается в электрическом поле (положительная заштрихованная площадь на рис. 1.6, а). В следующую четверть периода значения тока и напряжения имеют разные знаки и мощность отрицательна. Это означает, что энергия, накопленная в электрическом поле, возвращается во внешнюю цепь. Причём во внешнюю цепь возвращается в точности такое количество энергии, какое было накоплено, и баланс энергии за половину периода нулевой. Таким образом, *в ёмкостном элементе происходят непрерывные периодические колебания энергии, соответствующие её обмену электрическим полем и внешней цепью без каких-либо потерь.*

*Вопросы для самостоятельной проработки:*

1. Что такое идеальные элементы электрической цепи?
2. Как соотносятся по фазе ток и напряжение резистивного (индуктивного, ёмкостного) элемента?
3. Как изменяется во времени энергия, соответствующая резистивному (индуктивному, ёмкостному) элементу?
4. Что такое активная мощность и чему равно её значение для резистивного (индуктивного, ёмкостного) элемента?
5. Какие энергетические процессы связаны с протеканием переменного тока через резистивный (индуктивный, ёмкостный) элемент?
6. Чему равно индуктивное (ёмкостное) сопротивление при постоянном токе (при очень высокой частоте)?

7. Какой знак имеет комплексное индуктивное (ёмкостное) сопротивление (проводимость)?

8. Чему равно среднее значение мощности индуктивного (ёмкостного) элемента и почему?

9. В чём принципиальное отличие резистивного элемента от индуктивного и ёмкостного?

10. Во что преобразуется электрическая энергия, соответствующая резистивному элементу электрической цепи?

### 1.2.5. Закон Ома. Пассивный двухполюсник

Закон Ома устанавливает соотношение между током, протекающим по участку электрической цепи и падением напряжения на нём. Рассмотрим некоторый произвольный участок, подключённый к остальной цепи в двух точках и не содержащий источников электрической энергии. Такой участок цепи называется *пассивным двухполюсником*. Напряжение и ток в точках подключения двухполюсника называются *входным напряжением* и *входным током*. Если эти величины представить в комплексной форме  $\underline{U} = Ue^{j\psi_u}$ ,  $\underline{I} = Ie^{j\psi_i}$ , то их отношение будет комплексным числом, имеющим размерность сопротивления и называемым *комплексным сопротивлением*:

$$\frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{Ue^{j\psi_u}}{Ie^{j\psi_i}} = \frac{U}{I} e^{j(\psi_u - \psi_i)} = Ze^{j\phi} = \underline{Z}, \quad (1.37)$$

Модуль комплексного сопротивления  $Z=U/I$  определяет соотношение между действующими (амплитудными) значениями напряжения и тока и называется *полным сопротивлением*.

Аргумент комплексного сопротивления  $\phi = \psi_u - \psi_i$  определяет фазовое соотношение между напряжением и током, т.е. сдвиг фаз между ними. Причём, для обеспечения правильного соотношения между начальными фазами угол  $\phi$  должен отсчитываться от вектора тока (рис. 2.7, а). Тогда при опережающем напряжении сдвиг фаз будет  $\phi > 0$ , а при опережающем токе –  $\phi < 0$ .



Комплексное сопротивление можно представить также в алгебраической форме:

$$\underline{Z} = R + jX, \quad (1.38)$$

Вещественная часть комплексного сопротивления называется *активным сопротивлением*, а мнимая – *реактивным сопротивлением*. Активное сопротивление всегда положительно, а реактивное может иметь любой знак. Если составляющие комплексного сопротивления изобразить векторами на плоскости, то активное, реактивное и полное сопротивления образуют прямоугольный треугольник, называемый *треугольником сопротивлений* (рис. 1.7, б). Для компонентов этого треугольника справедливы соотношения:

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{X}{R}, \quad (1.39)$$

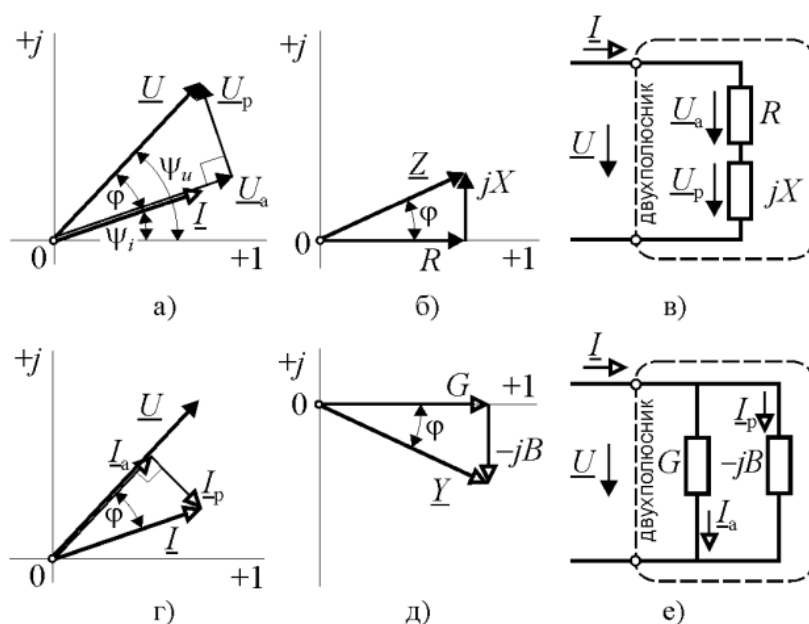


Рисунок 1.7 – Векторные диаграммы и треугольники сопротивлений

Таким образом, сдвиг фаз между током и напряжением на участке цепи определяется соотношением реактивного и активного сопротивлений. При отсутствии активной составляющей фазовый сдвиг, как следует из закона Ома для рассмотренных выше идеальных элементов цепи, составляет  $+90^\circ$  при индуктивном характере реактивного сопротивления и  $-90^\circ$  при ёмкостном

характере. Наличие активной составляющей определяет для фазового смещения секторы:  $0 < \phi < 90^\circ$  при активно-индуктивном характере комплексного сопротивления и  $0 > \phi > -90^\circ$  при активно-ёмкостном характере. При отсутствии реактивной составляющей комплексного сопротивления сдвиг фаз между током и напряжением отсутствует, т.е.  $\phi = 0$ .

Если в выражении (1.37) представить комплексное сопротивление в алгебраической форме:

$$\underline{U} = \underline{I}\underline{Z} = \underline{I}(R + jX) = \underline{I}R + j\underline{I}X = \underline{U}_a + \underline{U}_p, \quad (1.40)$$

то комплексное напряжение на входе двухполюсника можно разделить на две составляющие. Одна из них  $\underline{U}_a = \underline{I}R$  совпадает по направлению с вектором тока и называется *комплексным активным напряжением*. Вторая  $\underline{U}_p = j\underline{I}X$  - перпендикулярна току и называется *комплексным реактивным напряжением* (рис. 1.7, а). Соотношение тока и напряжения в выражении (1.40) соответствует схеме, приведённой на рис. 1.7, в. На ней составляющие комплексного сопротивления представлены в виде последовательного соединения, называемого *последовательной схемой замещения*. Активное напряжение в этой схеме соответствует напряжению на активном сопротивлении, а реактивное – на реактивном сопротивлении.

Для составляющих комплексного напряжения очевидны соотношения:

$$\begin{aligned} U_a &= U \cos \phi; \quad U_p = U \sin \phi \\ U &= \sqrt{U_a^2 + U_p^2}; \quad \phi = \arctg \frac{U_p}{U_a}, \end{aligned} \quad (1.41)$$

причём активное напряжение может быть только положительным, а знак реактивного напряжения определяется знаком фазового сдвига  $\phi$ .

Вектор напряжения вместе с активной и реактивной составляющими образуют прямоугольный треугольник, называемый *треугольником напряжений*.

Так же как в цепи постоянного тока, соотношение между током и напряжением на входе двухполюсника можно определить с помощью понятия проводимости:

$$\frac{\underline{I}}{\underline{U}} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{Ie^{j\psi_i}}{Ue^{j\psi_u}} = \frac{I}{U} e^{j(\psi_i - \psi_u)} = Ye^{-j\varphi} = \underline{Y}, \quad (1.42)$$

где  $\underline{Y} = 1/\underline{Z}$  – комплексная проводимость;  $Y = 1/Z = I/U$  – модуль комплексной проводимости, называемый *полной проводимостью*;  $\varphi = \psi_u - \psi_i$  – аргумент комплексной проводимости.

Если в выражении (1.42) представить комплексное сопротивление в алгебраической форме:

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{R + jX} = \frac{R}{R^2 + X^2} - j \frac{X}{R^2 + X^2} = G - jB, \quad (1.43)$$

то мы получим выражения для вещественной и мнимой части комплексной проводимости. Вещественная часть комплексной проводимости  $G = \frac{R}{R^2 + X^2} = \frac{R}{Z^2}$

называется *активной проводимостью*, а мнимая  $B = \frac{X}{R^2 + X^2} = \frac{X}{Z^2}$  – *реактивной*.

Следует заметить, что активная и реактивная проводимости, в отличие от комплексной и полной проводимости, *не являются обратными величинами активного и реактивного сопротивлений*. Каждая из составляющих комплексной проводимости зависит от обеих составляющих комплексного сопротивления.

Комплексная проводимость и её составляющие образуют на комплексной плоскости прямоугольный треугольник, называемый *треугольником проводимостей* (рис. 1.7, д). Для компонентов этого треугольника справедливы соотношения:

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{B}{G}, \quad (1.44)$$

Из выражения (1.43) можно определить составляющие комплексного сопротивления через составляющие комплексной проводимости:

$$R = \frac{G}{G^2 + B^2} = \frac{G}{Y^2}; \quad X = \frac{B}{G^2 + B^2} = \frac{B}{Y^2}, \quad (1.45)$$

Пользуясь понятием комплексной проводимости, можно разделить комплексный ток на входе двухполюсника на две составляющие, аналогично выполненному ранее разделению комплексного напряжения:

$$\underline{I} = \underline{U}\underline{Y} = \underline{U}(G - jB) = \underline{I}_a + \underline{I}_p, \quad (1.46)$$

где  $\underline{I}_a = \underline{U}G$  – вектор комплексного активного тока, совпадающий по направлению с вектором напряжения;  $\underline{I}_p = -j\underline{U}B$  – вектор комплексного реактивного тока, перпендикулярный вектору напряжения (рис. 1.7, з). Соотношение тока и напряжения в выражении (1.46) соответствует схеме, приведённой на рис. 1.7, е. На ней составляющие комплексной проводимости представлены в виде параллельного соединения, называемого *параллельной схемой замещения*. Активный ток в этой схеме соответствует току, протекающему через элемент с активной проводимостью, а реактивный – с реактивной проводимостью.

Для составляющих комплексного тока очевидны соотношения:

$$\begin{aligned} I_a &= I \cos \varphi; \quad I_p = I \sin \varphi \\ I &= \sqrt{I_a^2 + I_p^2}; \quad \varphi = \arctg \frac{I_p}{I_a}, \end{aligned} \quad (1.47)$$

причём активный ток может быть только положительным, а знак реактивного тока определяется знаком фазового сдвига  $\phi$ .

Вектор тока вместе с активной и реактивной составляющими образуют прямоугольный треугольник, называемый *треугольником токов*. Треугольники сопротивлений, напряжений, проводимостей и токов подобны друг другу, т.к. являются различными формами представления соотношения между током и

напряжением на участке цепи, выражаемого законом Ома. Отличие треугольников сопротивлений и проводимостей от других треугольников заключается в том, что они строятся всегда в правой полуплоскости, т.к. активное сопротивление и проводимость всегда вещественны и положительны.

Активное и реактивное сопротивление, а также активная и реактивная проводимость являются *параметрами двухполюсника*. Последовательная и параллельная схемы замещения (рис. 1.7, в и е) полностью эквивалентны друг другу и используются при анализе электрических цепей в соответствии с конкретными условиями задачи.

В общем случае ток и напряжение на входе двухполюсника смещены по фазе друг относительно друга на некоторый угол  $\phi$ . Пусть  $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$  и  $i = I_m \sin(\omega t + \psi_u - \phi)$  (рис. 1.8). Скорость поступления энергии в двухполюсник в каждый момент времени или, что-то же самое, мгновенное значение мощности равно:

$$\begin{aligned} p = ui &= U_m I_m \sin(\omega t + \psi_u) \sin(\omega t + \psi_u - \phi) = \\ &= \frac{U_m I_m}{2} [\cos \phi - \cos(2\omega t - \phi)] = UI \cos \phi - UI \cos(2\omega t - \phi), \end{aligned} \quad (1.48)$$

Из выражения (1.48) следует, что мощность имеет постоянную составляющую  $UI \cos \phi$  и переменную, изменяющуюся с двойной частотой. Положительная мощность соответствует поступлению энергии из внешней цепи в двухполюсник, а отрицательная – возврату энергии во внешнюю цепь. Так как мощность определяется произведением тока и напряжения, то потребление энергии двухполюсником происходит в интервалы времени, когда обе величины имеют одинаковый знак (рис. 1.8, а). Баланс поступающей и возвращаемой энергии соответствует среднему за период значению мощности или *активной мощности*:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = UI \cos \phi = UI_a = U_a I = RI^2 = GU^2, \quad (1.49)$$

Активная мощность – это мощность, которая преобразуется в двухполюснике в тепловую или другие виды неэлектрической энергии, т.е. в большинстве случаев это полезная мощность. Выражение (1.49) поясняет физический смысл понятий активный ток и активное напряжение. Они соответствуют той части тока или напряжения, которая расходуется на преобразование энергии в двухполюснике. Выражения для активной мощности позволяют также определить активное сопротивление и проводимость, как параметры интенсивности преобразования энергии двухполюсником. Активная мощность измеряется в ваттах [Вт].

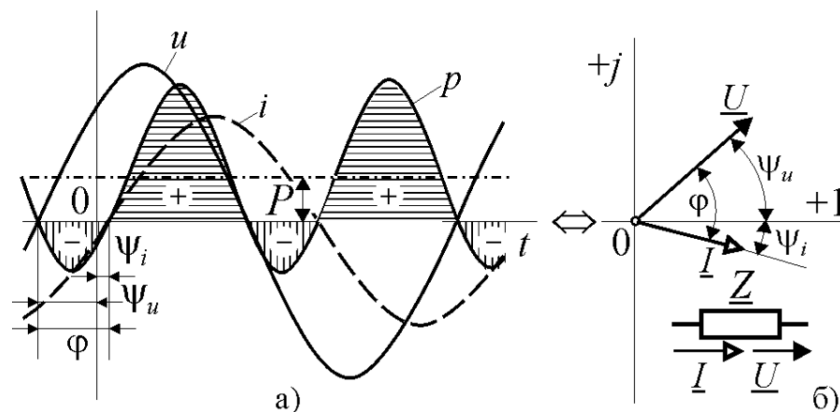


Рисунок 1.8 – График напряжения и тока в двухполюснике

Все технические устройства рассчитываются на работу в определённом (номинальном) режиме. Проводники рассчитываются на определённый ток, изоляция на определённое напряжение. Поэтому мощность, приводимая в технических данных и определяющая массогабаритные показатели, и стоимость изделия, соответствует произведению действующих значений тока и напряжения и называется полной или кажущейся мощностью:

$$S = UI, \quad (1.50)$$

Полная мощность не имеет физического смысла, но её можно определить, как максимально возможную активную мощность, т.е. активную мощность при  $\cos\phi=1$ . Размерность полной мощности такая же, как и активной мощности, но для отличия единиц измерения полной мощности выбран вольт-ампер [ВА].

Отношение активной мощности к полной называют коэффициентом мощности:

$$\frac{P}{S} = \frac{UI \cos \varphi}{UI} = \cos \varphi, \quad (1.51)$$

Он равен косинусу угла сдвига фаз между током и напряжением на входе двухполюсника. Для лучшего использования оборудование должно работать с возможно более высоким коэффициентом мощности. Разработчики электроустановок стремятся обеспечить его максимальное значение. Но коэффициент мощности многих устройств, таких как трансформаторы, электродвигатели и др., сильно зависит от величины нагрузки. При снижении нагрузки он снижается, поэтому при эксплуатации оборудования нужно обеспечивать нагрузку близкую к номинальной. Кроме того, коэффициент мощности потребителей электрической энергии можно улучшить установкой конденсаторов и компенсаторов реактивной мощности.

Высокий коэффициент мощности нагрузки нужен также для снижения потерь при передаче энергии. Ток в линии передачи определяется нагрузкой и равен:

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}, \quad (1.52)$$

Отсюда потери энергии в линии с сопротивлением проводников  $R_{\text{л}}$ :

$$\Delta P = R_{\text{л}} I^2 = \frac{R_{\text{л}} P^2}{U^2 \cos^2 \varphi}, \quad (1.53)$$

т.е. потери в линии передачи очень сильно зависят от  $\cos \varphi$ , т.к. они обратно пропорциональны квадрату его значения.

Помимо преобразования электрической энергии двухполюсник постоянно обменивается ей с внешней цепью. Интенсивность этого обмена характеризуют понятием *реактивной мощности*:

$$Q = UI \sin \varphi = UI_p = U_p I = XI^2 = BU^2, \quad (1.54)$$

Выражения (1.54) поясняют смысл понятий реактивный ток и напряжение, а также реактивное сопротивление и проводимость. Первая пара величин определяет долю тока или напряжения, расходуемых в двухполюснике на формирование магнитных или электрических полей, а вторая пара является параметрами, определяющими интенсивность обмена энергией.

Размерность реактивной мощности такая же, как у активной и полной мощности, но для отличия её измеряют в вольт-амперах реактивных [ВАр].

Из выражений (1.49-1.54) следует взаимосвязь активной, полной и реактивной мощности.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}, \quad (1.55)$$

Они соответствуют сторонам прямоугольного треугольника, называемого *треугольником мощностей* и подобного треугольникам сопротивлений, проводимостей, токов и напряжений.

Этот треугольник можно представить также комплексным числом:

$$\underline{S} = P + jQ = UI \cos \varphi + jUI \sin \varphi = UI e^{j\varphi} = \underline{UI}^*, \quad (1.56)$$

где  $\underline{S}$  – комплексная мощность или комплекс мощности двухполюсника;  $I^*$  – комплексное сопряжённое значение тока. Модуль комплекса мощности равен полной мощности  $|\underline{S}| = UI$ . Активная мощность является вещественной составляющей комплекса мощности, а реактивная – мнимой.

В соответствии с законом сохранения энергии активная мощность, создаваемая источниками в электрической цепи, должна полностью преобразовываться в приёмниках:

$$\sum_{p=1}^m E_p I_p \cos \varphi_p = \sum_{q=1}^n R_q I_q^2, \quad (1.57)$$



где  $I_p, I_q$  – действующие значения токов, протекающих в  $p$ -м источнике и  $q$ -м резистивном элементе. Можно показать, что для реактивной мощности справедливо аналогичное равенство:

$$\sum_{s=1}^m E_s I_s \cos \varphi_s = \sum_{p=1}^k X_{L_p} I_p^2 - \sum_{q=1}^{n-k} X_{C_q} I_q^2, \quad (1.58)$$

где  $X_{L_p}, X_{C_q}$  – индуктивное и ёмкостное сопротивление  $p$ -го и  $q$ -го элементов. Но тогда справедливо и равенство полных мощностей источников и приёмников электрической цепи:

$$\sum_{p=1}^m S_p = \sum_{q=1}^n S_q, \quad (1.59)$$

Выражения (1.57-1.59) называются *балансом мощностей*.

*Вопросы для самостоятельной проработки:*

1. Что такое пассивный двухполюсник?
2. Что такое полное, активное и реактивное сопротивление?
3. Какой параметр электрической цепи определяет сдвиг фаз между током и напряжением?
4. В каких пределах может находиться сдвиг фаз между током и напряжением в пассивной электрической цепи?
5. В каких пределах может находиться сдвиг фаз между током и напряжением в электрической цепи с активно-индуктивным (активно-ёмкостным) характером комплексного сопротивления?
6. От какого вектора должен отсчитываться сдвиг фаз?
7. Что такое активное (реактивное) напряжение?
8. Какие параметры комплексной проводимости являются обратными величинами по отношению к параметрам комплексного сопротивления?
9. Влияет ли величина активного (реактивного) сопротивления на величину реактивной (активной) проводимости двухполюсника?

10. Что такое активный (реактивный) ток?
11. Как соотносятся между собой положительные направления тока и напряжения в пассивных элементах?
12. Что такое активная (реактивная, полная) мощность?
13. Что такое коэффициент мощности?
14. Что такое треугольник напряжений (токов, сопротивлений, проводимостей, мощностей)?
15. Сформулируйте условие баланса мощностей электрической цепи.

### 1.2.6. Законы Кирхгофа

Как уже отмечалось при рассмотрении цепей постоянного тока, законы Кирхгофа являются формой представления фундаментальных физических законов и, следовательно, должны соблюдаться в цепях переменного тока.

Получаемый как следствие принципа непрерывности электрического тока первый закон Кирхгофа, справедлив для мгновенных значений токов в узлах, и формулируется как: *алгебраическая сумма мгновенных значений токов в узлах цепи равна нулю*:

$$\sum_{k=1}^n \pm i_k = 0, \quad (1.60)$$

Токи, положительные направления которых выбраны к узлу, включаются в сумму с положительным знаком, а от узла – с отрицательным.

Представляя токи в комплексной форме, получим:

$$\sum_{k=1}^n \pm I_k = 0, \quad (1.61)$$

На рис. 2.9 в качестве примера показаны токи одного из узлов. При выбранных положительных направлениях уравнение Кирхгофа для узла имеет вид:  $i_2 + i_3 - i_1 = 0 \Leftrightarrow i_2 + i_3 = i_1$ . Проверить справедливость этого выражения можно в любой точке временной диаграммы рис. 1.9, а, если сложить ординаты

токов  $i_2$  и  $i_3$ . Это же уравнение можно записать для комплексных токов и изобразить графически в виде векторных диаграмм (рис. 1.9, б и в). Векторы на диаграммах можно строить из начала координат (рис. 1.9, б), но для взаимосвязанных величин, таких как токи в узлах или падения напряжения в контурах, их можно строить последовательно, принимая за начальную точку следующего вектора конец предыдущего (рис. 1.9, в). В этом случае на векторной диаграмме лучше прослеживается взаимосвязь изображаемых величин.

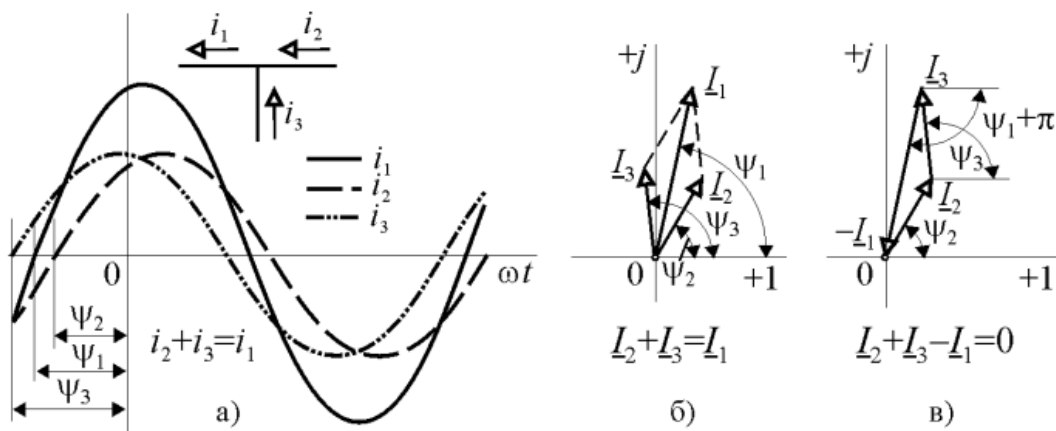


Рисунок 1.9 – Синусоидальные и векторные диаграммы токов

Второй закон Кирхгофа, как одна из форм закона сохранения энергии, справедлив для любого момента времени, т.е. *алгебраическая сумма напряжений на всех элементах замкнутого контура электрической цепи в любой момент времени равна алгебраической сумме ЭДС источников, действующих в контуре:*

$$\sum_{p=1}^m \pm u_p = \sum_{q=1}^n \pm e_q, \quad (1.62)$$

или в комплексной форме:

$$\sum_{p=1}^m \pm U_p = \sum_{q=1}^n \pm E_q, \quad (1.63)$$

Знаки в выражениях (1.62-1.63) выбирают положительными, если положительное направление напряжения или ЭДС совпадает с направлением обхода контура, и отрицательными в случае несовпадения.

Составим уравнения Кирхгофа для контура электрической цепи, показанного на рис. 1.10. Направление обхода контура выбираем произвольно. В данном случае по часовой стрелке. Тогда:

$$\begin{aligned}
 u_L + u_{R_2} - u_c - u_{R_1} &= -e_1 + e_4 \\
 \Downarrow \\
 L \frac{di_1}{dt} + R_2 i_2 - \frac{1}{C} \int i_3 dt - R_1 i_3 &= -e_1 + e_4
 \end{aligned}
 \quad , \quad (1.64)$$

или в комплексной форме:

$$\begin{aligned}
 U_L + U_{R_2} - U_c - U_{R_1} &= -E_1 + E_4 \\
 \Downarrow \\
 jX_L \underline{I}_1 + R_2 \underline{I}_2 + jX_C \underline{I}_3 - R_1 \underline{I}_3 &= -E_1 + E_4
 \end{aligned}
 \quad , \quad (1.65)$$

Комплексное напряжение на ёмкостном элементе в развёрнутой записи уравнения поменяло знак, т.к. комплексное ёмкостное сопротивление отрицательно.

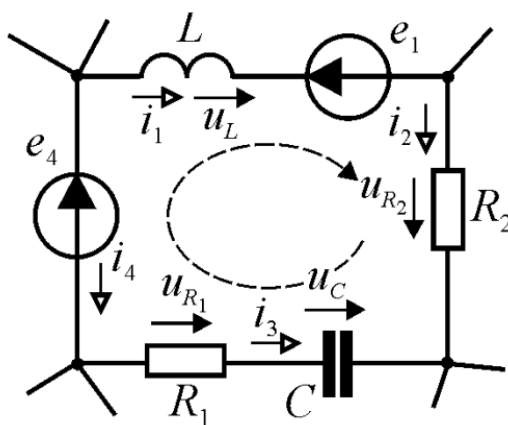


Рисунок 1.10 – Контур электрической цепи переменного тока

### 1.3. Анализ электрических цепей синусоидального тока

#### 1.3.1. Последовательное соединение ветвей

Пусть к участку электрической цепи с последовательным соединением резистивного, индуктивного и ёмкостного элементов (рис. 1.11) приложено напряжение  $u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$  и по нему протекает ток  $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ . Сумма падений напряжения на элементах цепи  $u_R, u_L, u_C$  в каждый момент времени будет равна:

$$u = u_R + u_L + u_C, \quad (1.66)$$

или для комплексных значений:

$$\begin{aligned} \underline{U} &= \underline{U}_R + \underline{U}_L + \underline{U}_C = R\underline{I} + jX_L\underline{I} - jX_C\underline{I} = \\ &= I[R + j(X_L - X_C)] = \underline{I}Z \end{aligned}, \quad (1.67)$$

где  $Z = R + j(X_L - X_C)$  - комплексное сопротивление. Реактивное сопротивление включает обе составляющие: индуктивную и ёмкостную. Если  $X_L > X_C \Rightarrow X > 0$ , то фазовый сдвиг напряжения и тока составляет  $0 < \varphi < 90^\circ$  и участок электрической цепи имеет активно-индуктивный характер. Если  $X_L < X_C \Rightarrow X < 0$ , то  $0 > \varphi > -90^\circ$  и характер участка цепи активно-ёмкостный. Изменение реактивного сопротивления в пределах  $-\infty < X < +\infty$  приводит к изменению фазового сдвига от  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$ . При равенстве индуктивного и ёмкостного сопротивлений они компенсируют друг друга и сопротивление цепи число активное. В случае отсутствия в цепи резистивного элемента ( $R=0$ ), комплексное сопротивление цепи будет чисто реактивным, а угол сдвига фаз  $\varphi = 90^\circ \Big|_{X_L > X_C}$ ;  $\varphi = -90^\circ \Big|_{X_L < X_C}$ .

На рис. 1.12 приведены временные и векторные диаграммы напряжений и тока для случаев активно-индуктивного и активно-ёмкостного характера цепи, а также треугольники сопротивлений.

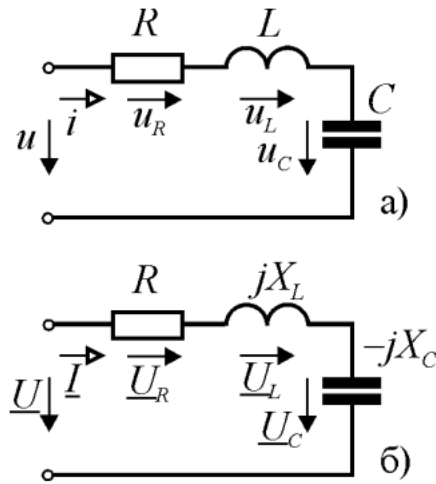


Рисунок 1.11 – Последовательное соединение элементов

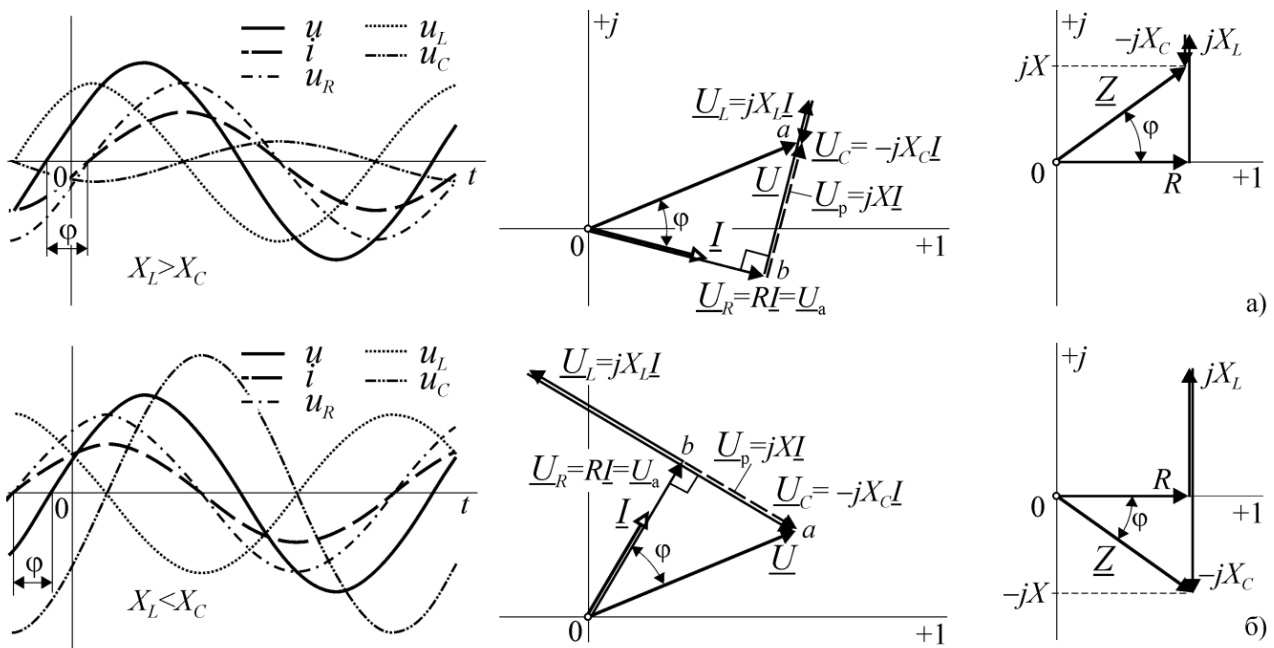


Рисунок 1.12 – Временные и векторные диаграммы напряжений и тока для случаев активно-индуктивного и активно-ёмкостного характера цепи

Начальная фаза входного напряжения выбрана произвольно. При условии  $X_L > X_C$  (рис. 1.12 а) ток отстаёт от напряжения на некоторый угол  $\varphi$ , определяемый соотношением реактивной  $X$  и активной  $R$  составляющих комплексного сопротивления  $\underline{Z}$ . Напряжение на резистивном элементе совпадает по фазе с током, поэтому вектор  $\underline{U}_R$  совпадает по направлению с вектором  $\underline{I}$ . Напряжение на индуктивном элементе опережает ток на  $90^\circ$ , а на ёмкостном отстаёт от него на такой же угол. Поэтому векторы  $\underline{U}_L$  и  $\underline{U}_C$

перпендикулярны направлению вектора тока и направлены в разные стороны. В результате сложения векторов  $\underline{U}_R$ ,  $\underline{U}_L$  и  $\underline{U}_C$  мы, в соответствии с законом Кирхгофа для контура цепи, приходим в точку конца вектора  $\underline{U}$ .

Построение векторной диаграммы для случая  $X_L < X_C$  (рис. 1.12 б) аналогично, но ток при этом опережает входное напряжение.

Для последовательного соединения  $m$  резистивных,  $n$  индуктивных и  $p$  ёмкостных элементов (рис. 2.13) можно составить уравнение Кирхгофа в комплексной форме аналогично тому, как это было сделано для соединения одиночных элементов, и преобразовать его с помощью закона Ома:

$$\begin{aligned}\underline{U} &= \underline{U}_{R_1} + \underline{U}_{L_1} + \underline{U}_{C_1} + \underline{U}_{R_2} + \dots + \underline{U}_{L_q} + \dots + \underline{U}_{C_s} + \dots + \underline{U}_{R_m} + \underline{U}_{L_n} + \underline{U}_{C_p} = \\ &= R_1 \underline{I} + jX_{L_1} \underline{I} - jX_{C_1} \underline{I} + \dots + R_m \underline{I} + jX_{L_n} \underline{I} - jX_{C_p} \underline{I} = \\ &= \underline{I} [R_1 + R_2 + \dots + R_m + j(X_{L_1} + X_{L_2} + \dots + X_{L_n} - X_{C_1} - X_{C_2} - \dots - X_{C_p})] = , \\ &= \underline{I} [R + j(X_L - X_C)] = \underline{I} (R + jX)\end{aligned}\quad (1.68)$$

Отсюда:

$$R = \sum_{k=1}^m R_k; \quad X_L = \sum_{k=1}^n X_{L_k}; \quad X_C = \sum_{k=1}^p X_{C_k}, \quad (1.69)$$

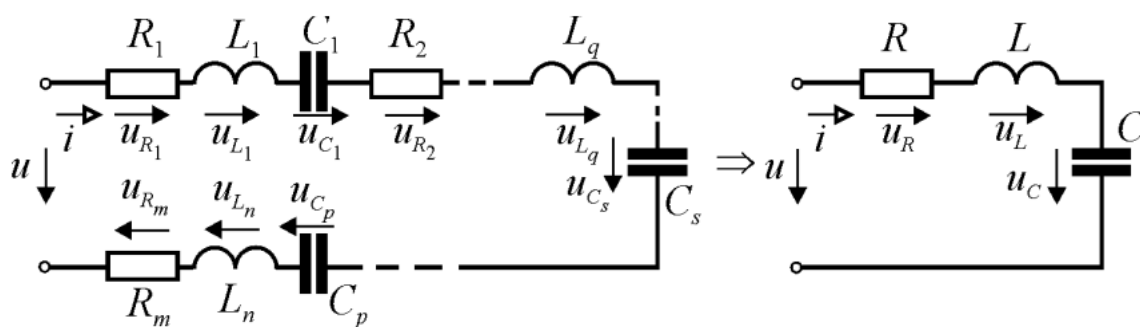


Рисунок 1.13 – Последовательное соединение элементов

Следовательно, участок электрической цепи с произвольным количеством резистивных, индуктивных и ёмкостных элементов можно заменить соединением одиночных элементов с эквивалентными сопротивлениями соответствующего типа, равными сумме сопротивлений элементов, входящих в соединение.

Раскрывая суммы индуктивных и ёмкостных сопротивлений в (1.69), можно получить значения эквивалентных индуктивностей и ёмкостей:

$$\begin{aligned} X_L = \omega L &= \sum_{k=1}^n X_{L_k} = \sum_{k=1}^n \omega L_k \Rightarrow L = \sum_{k=1}^n L_k; \\ X_C = \frac{1}{\omega C} &= \sum_{k=1}^p X_{C_k} = \sum_{k=1}^p \frac{1}{\omega C_k} \Rightarrow C = \frac{1}{\sum_{k=1}^p \frac{1}{C_k}}, \end{aligned} \quad (1.70)$$

В случае последовательного соединения  $n$  элементов с одинаковыми параметрами выражения (1.69-1.70) упрощаются:

$$R = nR_n; \quad L = nL_n; \quad C = C_n / n, \quad (1.71)$$

Последнее равенство в (1.69) соответствует двухполюснику с активной и реактивной составляющими комплексного сопротивления. В случае неравенства ёмкостного и индуктивного сопротивления ( $X_L \neq X_C$ ) одна из реактивных составляющих полностью компенсирует другую и схему двухполюсника можно представить в виде последовательного соединения  $R$  и  $L$  или  $R$  и  $C$ . Тогда векторная диаграмма будет состоять из трёх векторов напряжения (рис. 1.14). При этом вектор входного напряжения и векторы напряжений на резистивном и реактивном элементах, т.е. комплексные активное и реактивное напряжения, образуют прямоугольный треугольник.

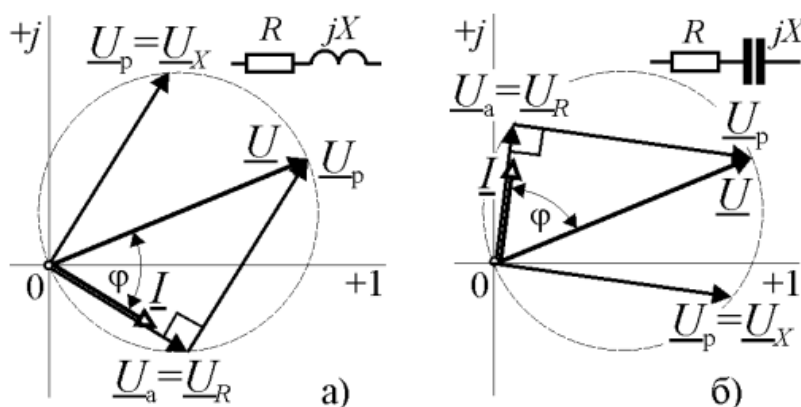


Рисунок 1.14 – Векторная диаграмма в резистивных и реактивных элементах



При постоянном действующем значении напряжения на входе цепи, изменение параметра одного из элементов будет менять соотношение катетов треугольника, но его гипотенуза будет оставаться неизменной. Треугольник векторов, как вообще любой треугольник, можно вписать в окружность и углы треугольника будут равны половинам дуг окружности, на которые они опираются. Следовательно, в прямоугольном треугольнике векторов гипотенуза будет диаметром описанной окружности, а сама окружность – геометрическим местом точек концов двух других векторов при всех возможных вариациях параметров элементов. Такая окружность называется *круговой диаграммой* и её можно определить, как геометрическое место точек концов векторов активного и реактивного напряжений двухполюсника при всех возможных вариациях его параметров и постоянном входном напряжении.

*Вопросы для самостоятельной проработки:*

1. В каком случае участок цепи с резистивным, индуктивным и ёмкостным элементом будет иметь активный (активно-индуктивный, индуктивный, активно-ёмкостный, ёмкостный) характер?
2. В каком случае ток в цепи с резистивным, индуктивным и ёмкостным элементом будет отставать (опережать) входное напряжение?
3. Чему равно эквивалентное сопротивление (индуктивность, ёмкость) нескольких соединённых последовательно резистивных (индуктивных, ёмкостных) элементов?
4. Как изменится эквивалентное сопротивление (индуктивность, ёмкость) последовательного соединения резистивных (индуктивных, ёмкостных) элементов, если в цепь включить ещё один элемент?
5. Как изменится эквивалентное сопротивление (индуктивность, ёмкость) последовательного соединения резистивных (индуктивных, ёмкостных) элементов, если из цепи удалить один элемент?
6. В каком случае геометрическим местом точек концов векторов активного и реактивного напряжения будет окружность?
7. Что такое круговая диаграмма?

### 1.3.2. Параллельное соединение ветвей

Рассмотрим в качестве примера параллельное соединение двух ветвей (рис. 1.15, а). Из первого закона Кирхгофа для узла цепи следует:

$$i = i_1 + i_2 \Leftrightarrow \underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2, \quad (1.72)$$

Каждая ветвь представляет собой последовательное соединение элементов и её параметры определяются комплексным сопротивлением. Поэтому, переходя к комплексным величинам, исходную схему можно преобразовать в параллельное соединение двух комплексных сопротивлений  $\underline{Z}_1 = R_1 + jX_L$  и  $\underline{Z}_2 = R_2 - jX_C$  (рис. 1.15, б) и для каждого тока записать выражение по закону Ома:

$$\underline{I} = \underline{U} / \underline{Z} = \underline{U} \cdot \underline{Y}; \quad \underline{I}_1 = \underline{U} / \underline{Z}_1 = \underline{U} \cdot \underline{Y}_1; \quad \underline{I}_2 = \underline{U} / \underline{Z}_2 = \underline{U} \cdot \underline{Y}_2 \quad (1.73)$$

Подставляя эти величины в уравнение Кирхгофа (1.72), получим:

$$\frac{1}{\underline{Z}} = \frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2} \Leftrightarrow \underline{Y} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2, \quad (1.74)$$

Отсюда эквивалентное комплексное сопротивление соединения:

$$\underline{Z} = \frac{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2}, \quad (1.75)$$

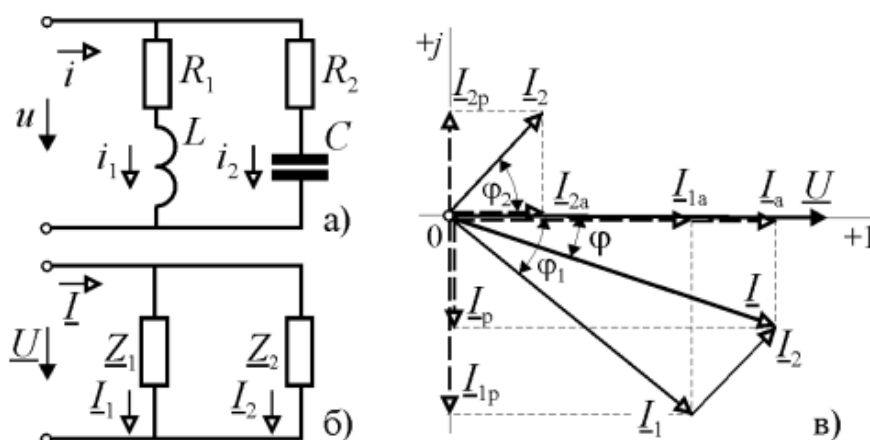


Рисунок 1.15 – Схема и векторная диаграмма параллельного соединения элементов

Выражения (1.74) и (1.75) полностью идентичны аналогичным выражениям для цепи постоянного тока, с той лишь разницей, что все входящие в них параметры являются комплексными числами. Комплексные проводимости ветвей в выражении (1.74) можно представить их комплексными параметрами, тогда параметры комплексной проводимости соединения:

$$\begin{aligned} G - jB &= G_1 - jB_L + G_2 + jB_C = (G_1 + G_2) - j(B_L - B_C) \\ &\Downarrow \\ G &= G_1 + G_2; \quad B = B_L - B_C \end{aligned} \quad (1.76)$$

где  $G_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_L^2}$ ;  $G_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + X_C^2}$ ;  $B_L = \frac{R_1}{R_1^2 + X_L^2}$ ;  $B_C = \frac{X_C}{R_2^2 + X_C^2}$ .

Построим векторную диаграмму для параллельного соединения ветвей на рис 1.15, а. Падение напряжения  $\underline{U}$  на обеих ветвях одинаковое. Чтобы не усложнять диаграмму несущественными элементами положим начальную фазу напряжения равной нулю. Тогда вектор  $\underline{U}$  расположится на вещественной оси плоскости. Комплексное сопротивление первой ветви активно-индуктивное, поэтому ток в ней отстаёт по фазе от напряжения  $\underline{U}$  на некоторый угол  $\phi_1 > 0$  и его вектор  $\underline{I}_1$  располагается в четвёртом квадранте. Во второй ветви комплексное сопротивление активно-ёмкостное, поэтому ток  $\underline{I}_2$  опережает по фазе напряжение  $\underline{U}$  на угол  $\phi_2 > 0$ . Вектор тока на входе цепи равен сумме векторов токов в ветвях и может быть построен по правилу параллелограмма. Но координаты входного тока можно получить также, если представить токи в ветвях их активной и реактивной составляющими:

$$\underline{I}_1 = I_{1a} + jI_{1p}; \quad \underline{I}_2 = I_{2a} + jI_{2p}, \quad (1.77)$$

Отсюда входной ток:

$$\begin{aligned} \underline{I} &= \underline{I}_1 + \underline{I}_2 = (I_{1a} + jI_{1p}) + (I_{2a} - jI_{2p}) = \\ &= (I_{1a} + I_{2a}) + j(I_{1p} - I_{2p}) = I_a + jI_p \end{aligned} \quad (1.78)$$

т.е. активный и реактивный входной ток равен сумме соответствующих составляющих токов в ветвях. При этом реактивный ток в первой ветви отстаёт по фазе от напряжения на  $90^\circ$  и является индуктивным током, а во второй ветви реактивный ток опережает напряжение на  $90^\circ$  и является ёмкостным.

В общем случае параллельного соединения  $n$  ветвей (рис. 1.16, а) входной ток по первому закону Кирхгофа равен:

$$i = i_1 + i_2 + \dots + i_n \Leftrightarrow \underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \dots + \underline{I}_n, \quad (1.79)$$

где  $\underline{I}_k = \underline{U} / \underline{Z}_k$  – комплексный ток в  $k$ -й ветви.

Отсюда:

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{\underline{Z}_k} = \sum_{k=1}^n \underline{Y}_k = \sum_{k=1}^n G_k - j \sum_{k=1}^n B_k = G - jB, \quad (1.80)$$

$$\text{где } G_k = \frac{R_k}{R_k^2 + (X_{L_k} - X_{C_k})^2}; B_k = B_{L_k} - B_{C_k}; B_{L_k} = \frac{X_{L_k}}{R_k^2 + (X_{L_k} - X_{C_k})^2}; B_{C_k} = \frac{X_{C_k}}{R_k^2 + (X_{L_k} - X_{C_k})^2}.$$

Тогда эквивалентные параметры параллельного соединения:

$$G = \sum_{k=1}^n G_k; \quad B = \sum_{k=1}^n B_k = \sum_{k=1}^n B_{L_k} - \sum_{k=1}^n B_{C_k}, \quad (1.81)$$

Отсутствие какого-либо элемента в ветви эквивалентно равенству нулю соответствующего сопротивления в выражениях (1.79-1.81).

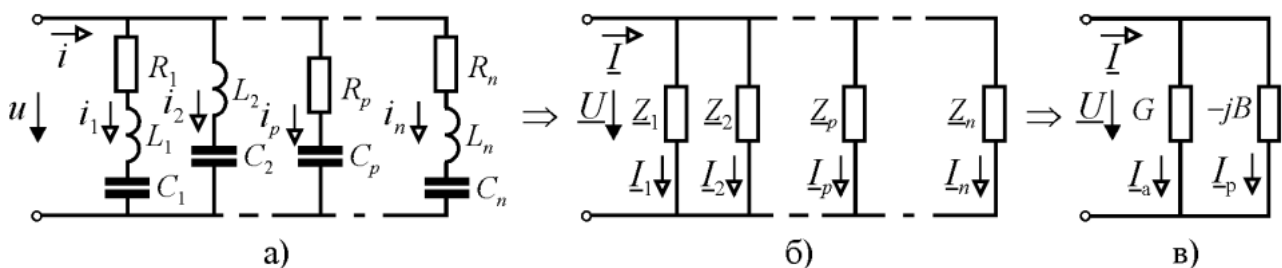


Рисунок 1.16 – Параллельное соединение элементов

В случае параллельного соединения  $n$  одиночных однотипных элементов выражения (1.80) упрощаются, т.к. сопротивления и проводимости становятся взаимнообратными величинами. Это позволяет найти эквивалентные параметры параллельного соединения:

$$G = \frac{1}{R} = \sum_{k=1}^m \frac{1}{R_k} \Rightarrow R = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \frac{1}{R_k}} = \frac{\prod_{k=1}^m R_k}{\sum_{k=1}^m (\prod_{q=1; q \neq k}^m R_q)_p}$$

$$B_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{wL} = \sum_{k=1}^m \frac{1}{wL_k} \Rightarrow L = \frac{1}{\sum_{k=1}^m \frac{1}{L_k}} = \frac{\prod_{k=1}^m L_k}{\sum_{k=1}^m (\prod_{q=1; q \neq k}^m L_q)_p}, \quad (1.82)$$

$$B_C = \frac{1}{X_C} = wC = \sum_{k=1}^m wC_k \Rightarrow C = \sum_{k=1}^m C_k$$

Из выражений (1.82) следует, что эквивалентное сопротивление параллельно соединённых резистивных элементов рассчитывается также как на постоянном токе, как обратная величина от суммы обратных величин (проводимостей) отдельных сопротивлений.

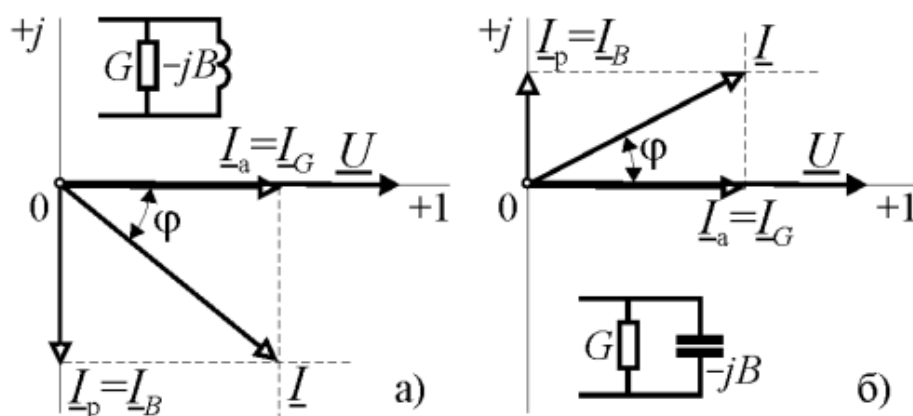


Рисунок 1.17 – Векторная диаграмма параллельного соединения элементов

Аналогично сопротивлению рассчитывается эквивалентная индуктивность, а эквивалентная ёмкость параллельно соединённых идеальных

конденсаторов равна простой сумме ёмкостей. В случае соединения одинаковых элементов выражения (1.82) существенно упрощаются:

$$R = R_n / n; \quad L = L_n / n; \quad C = nC_n, \quad (1.83)$$

Выражение (2.36) соответствует параллельной схеме замещения двухполюсника. В случае  $B_L \neq B_C$  одна из составляющих реактивной проводимости полностью компенсирует другую. Тогда схему замещения можно представить параллельным соединением резистивного и индуктивного элементов или резистивного и ёмкостного элементов с соответствующими проводимостями. Это позволяет проследить влияние эквивалентных параметров на амплитудные и фазовые соотношения в цепи.

На рис. 2.17 приведены векторные диаграммы для таких соединений. Для исключения несущественных деталей начальная фаза входного напряжения принята равной нулю и вектор напряжения имеет только вещественную составляющую. Токи в параллельных ветвях при постоянном напряжении на входе независимы друг от друга. Поэтому изменение одного из параметров приводит к изменению соответствующей составляющей тока (активной или реактивной) и вектор входного тока перемещается при этом по прямой линии. Можно показать, что при питании цепи от источника тока геометрическим местом точек концов векторов активного и реактивного токов будет окружность, т.е. эти векторы образуют круговую диаграмму аналогичную круговой диаграмме напряжений последовательной схемы замещения двухполюсника.

*Вопросы для самостоятельной проработки:*

1. Как связана активная (реактивная) составляющая входного тока с активными (реактивными) токами ветвей?
2. Чему равно эквивалентное сопротивление (индуктивность, ёмкость) нескольких соединённых параллельно резистивных (индуктивных, ёмкостных) элементов?

3. Как изменится эквивалентное сопротивление (индуктивность, ёмкость) параллельного соединения резистивных (индуктивных, ёмкостных) элементов, если в цепь включить ещё один элемент?

4. Как изменится эквивалентное сопротивление (индуктивность, ёмкость) параллельного соединения резистивных (индуктивных, ёмкостных) элементов, если из цепи удалить один элемент?

5. Что представляет собой геометрическое место точек вектора активной (реактивной) составляющей входного тока при изменении активно (реактивной) проводимости цепи?

## ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

### 2.1. Задачи по расчету последовательного соединения элементов в электрической цепи переменного тока

1) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

2) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого



ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

3) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 15 Ом, конденсатор с емкостью 15 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 4 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

4) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением

20 Ом, конденсатор с емкостью 15 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 4 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

5) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 20 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или

MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

6) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 25 Ом, конденсатор с емкостью 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

7) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 7 Ом, конденсатор с емкостью 3 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 4 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого

ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

8) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 8 Ом, конденсатор с емкостью 2 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

9) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением

2 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

10) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 2,5 Ом, конденсатор с емкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или

MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

11) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 2,5 Ом, конденсатор с емкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

12) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 3 Ом, конденсатор с емкостью 3 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого

ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

13) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5,5 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

14) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением

8 Ом, конденсатор с емкостью 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

15) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 2,5 Ом, конденсатор с емкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или



MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

16) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с электроемкостью 3 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

17) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 15 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 10 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого

ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

18) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 9 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 12 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

19) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением

10 Ом, конденсатор с электроемкостью 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

20) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 20 Ом, конденсатор с электроемкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или

MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

21) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 10 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

22) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 20 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого

ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

23) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 30 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

24) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением

10 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 40 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

25) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или

MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

26) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 10 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

27) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 12 Ом, конденсатор с емкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 20 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого

ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

28) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

29) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением



10 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 96 В при частоте 5 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

30) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 60 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или

MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

## **2.2. Задачи по расчету параллельного соединения элементов в электрической цепи переменного тока**

31) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

32) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 15 Ом, конденсатор с емкостью 7 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При

решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

33) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 12 Ом, конденсатор с электроемкостью 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

34) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 7 Ом, конденсатор с емкостью 9 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 60 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

35) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 3 Ом, конденсатор с емкостью 1 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме

переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

36) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 20 Ом, конденсатор с емкостью 11 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 10 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

37) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 25 Ом, конденсатор с емкостью 15 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 12 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока

производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

38) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 16 Ом, конденсатор с электроемкостью 9 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

39) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 7 Ом, конденсатор с емкостью 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

40) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 21 Ом, конденсатор с емкостью 14 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме

переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

41) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 10 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

42) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 15 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 6 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока



производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 30 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

43) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 35 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

44) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 96 В при частоте 40 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

45) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 60 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме

переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

46) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с электроемкостью 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 380 В при частоте 60 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

47) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 9 Ом, конденсатор с электроемкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока

производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

48) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 12 Ом, конденсатор с емкостью 3,5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

49) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 11 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 12 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 60 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

50) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 9 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 96 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме

переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

51) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 10 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

52) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока

производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 15 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

53) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 20 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

54) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

55) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 13 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме



переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

56) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 75 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

57) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока

производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 65 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

58) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 90 В при частоте 67 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

59) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 9 Ом, конденсатор с емкостью 7,5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

60) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 56 В при частоте 10 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме

переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

### **2.3. Задачи по расчету смешанного соединения элементов в электрической цепи переменного тока**

61) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 2, 4 и 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

62) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 7 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 3, 5 и 6 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

63) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 3, 5 и 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в

рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

64) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 7, 9 и 12 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

65) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 5, 5 и 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима

идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

66) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 2, 6 и 7 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

67) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 6 и 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

68) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 10, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в



рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

69) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 8 и 12 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

70) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима

идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

71) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 1, 5 и 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 25 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с

обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

72) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 5, 10 и 15 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

73) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 10, 12 и 30 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого

ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

74) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 6, 12 и 18 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

75) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 2, 6 и 10 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

76) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 3, 6 и 9 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с емкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме

переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

77) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 4, 8 и 12 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

78) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 7, 14 и 28 Ом, три параллельно соединенных

конденсатора с электроемкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 96 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

79) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 13, 15 и 19 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с

применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

80) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: параллельно соединенные резисторы с сопротивлениями 5, 9 и 12 Ом, три параллельно соединенных конденсатора с электроемкостями 4, 10 и 20 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

81) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с электроемкостью 3 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 3 Ф и катушка с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с



напряжением 12 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

82) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 6 Ом, конденсатор с емкостью 4 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 3 Ф и катушка с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 24 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на

персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

83) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением  $7\ \text{Ом}$ , конденсатор с емкостью  $5\ \text{Ф}$ , катушка индуктивности с индуктивностью  $2\ \text{Гн}$  и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью  $3\ \text{Ф}$  и катушка с индуктивностью  $3\ \text{Гн}$ . Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением  $24\ \text{В}$  при частоте  $50\ \text{Гц}$ . При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

84) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением  $10\ \text{Ом}$ , конденсатор с емкостью  $6\ \text{Ф}$ , катушка индуктивности с индуктивностью  $2\ \text{Гн}$  и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью  $3\ \text{Ф}$  и катушка с индуктивностью  $3\ \text{Гн}$ . Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением  $48\ \text{В}$  при частоте  $50\ \text{Гц}$ . При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины

напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

85) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 15 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 2 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 3 Ф и катушка с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 48 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

86) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 5 Ф и катушка с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

87) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 4 Ом, конденсатор с емкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 2 Ф и катушка с индуктивностью 3 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в

рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

88) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 5 Ф и катушка с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 220 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

89) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 7 Ом, конденсатор с емкостью 15 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 3 Гн и в

последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 4 Ф и катушка с индуктивностью 2 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 40 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

90) Дана электрическая схема переменного тока, где в параллельном порядке соединены резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с электроемкостью 5 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 5 Гн и в последовательном порядке имеется колебательный контур, где соединены конденсатор с емкостью 5 Ф и катушка с индуктивностью 10 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 12 В при частоте 50 Гц. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты

по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

#### **2.4. Задачи по расчету параметров электрической цепи переменного тока в условиях экстремальных температур**

Активное сопротивление элементов электрической цепи значительной мере зависит от температуры окружающей среды в соответствии с выражением 2.1:

$$R = R_{20} \cdot [1 + \alpha(t - 20^{\circ}\text{C})], \quad (2.1)$$

где  $R$  – фактическое активное сопротивление элемента, Ом;  $R_{20}$  – активное сопротивление элемента при температуре  $+20^{\circ}\text{C}$ , Ом;  $\alpha$  – температурный коэффициент элемента,  $48 \times 10^{-4} \text{ Ом}/^{\circ}\text{C}$ .

91) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре  $+21^{\circ}\text{C}$ . Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом

выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

92) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +25 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.



93) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +30 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

94) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +35 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима

идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

95) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +40 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется

оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

96) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +45 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

97) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при

температуре  $+50^{\circ}\text{C}$ . Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

98) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с электроемкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре  $+48^{\circ}\text{C}$ . Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в

рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

99) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +28 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня входных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

100) Дана электрическая схема переменного тока, где в последовательном порядке соединены активные и пассивные элементы: резистор с сопротивлением 5 Ом, конденсатор с емкостью 10 Ф, катушка индуктивности с

индуктивностью 1 Гн. Питание данной электрической схемы переменного тока производится от одной фазной сети с напряжением 110 В при частоте 50 Гц. Данная электрическая цепь размещена в условиях окружающей среды при температуре +57 °С. Известно, что при крайне экстремальных температурах величины сопротивления резистора меняется, где по факту установлены необходимые закономерности [11–13]. При решении данной задачи необходима идентификация следующих пунктов: вычислить показатели сопротивления не только внутри цепи, но и для каждого ее элемента; рассчитать величины напряжений и токов для цепи и для каждого ее элемента в комплексном и целом выражении; построить векторные диаграммы напряжений и токов в рассматриваемой электрической схеме переменного тока; провести расчет активной и емкостной проводимости в цепи; провести проверочные расчеты в рамках обоснования достоверности выполненных расчетов. Расчеты по данной задаче должны быть проведены с применением следующих специализированных программ: MathCad 14 или MathCad 15 или PTC MathCad. Рекомендуется оформление окончательного варианта данной задачи в формате DOC или RTF на персональном компьютере с обязательным указанием общей схемы, перечня вводных данных, порядка вычисления параметров цепи и процедуры расчетов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Уважаемый студент, Вы изучили учебное пособие в области электротехники и электроники в условиях Севера с учетом большинства существующих требований и стандартов. В настоящий момент Вы можете выполнить необходимые электротехнические расчеты в объектах, где применяются приемники переменного тока.

При составлении презентации или расчетов показателей технико-экономического обоснования объектов электроэнергетики рекомендуется применение лицензированных программ MS Office Power Point (для презентаций), Splan 7.0 (для составления электрических схем), MS Office Project или Gantt Project (для составления дорожных карт проектов) и др.

Желаю Вам успехов в учебной и рабочей деятельности в сфере электроэнергетики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Местников, Н. П. Общая энергетика : Учебно-методическое пособие: методические указания к выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы студента / Н. П. Местников, А. М. Н. Альзаккар ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Физико-технический институт Кафедра «Электроснабжение». – Якутск : ООО РИЦ "Офсет", 2021. – 80 с. – ISBN 978-5-91441-326-9. – EDN LUVGIK.
2. Местников, Н. П. Системы электроснабжения : Методические указания к выполнению курсовых проектов по дисциплине «Системы электроснабжения» / Н. П. Местников, Е. И. Малеева, П. Ф. Васильев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Физико-технический институт Кафедра «Электроснабжение». – Якутск : ООО РИЦ "Офсет", 2021. – 85 с. – ISBN 978-5-91441-332-0. – EDN NDAYLW.
3. Как читать электрические схемы? [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/392460/>
4. Условные графические обозначения на электрических принципиальных схемах. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://studfile.net/preview/6467648/>
5. Электродвижущая сила (ЭДС) источника энергии. [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://www.sxemotehnika.ru/elektrovdizhushchaia-sila-eds-istochnika-energii.html>
6. Местников, Н. П. Исследование технико-экономической эффективности гибридной электростанции малой мощности в условиях Севера и Арктики / Н. П. Местников, А. М. Н. Альзаккар // МНСК-2021 : Материалы 59-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 12–23 апреля 2021 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный



исследовательский государственный университет, 2021. – С. 83-84. – EDN DCLIAH.

7. Теоретические основы электротехники и электроники. [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://bourabai.ru/toe/chapter01.htm>

8. Постоянный ток. [Электронный ресурс]: режим доступа: <https://electroandi.ru/elektrichestvo-i-magnetizm/postoyannyj-tok.html>

9. Что такое переменный ток и чем он отличается от тока постоянного? [Электронный ресурс]: режим доступа: <http://electricalschool.info/main/osnovy/424-chto-takoe-peremennyyj-tok-i-chem-on-otlichaetsya-ot-toka-postoyannogo.html>

10. Усольцев, А. А. Общая электротехника: Учебное пособие / А. А. Усольцев. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2009. – 302 с. – EDN ZUZEKZ.

11. Дорожко, С. В. Диагностика однофазного силового трансформатора в рабочем режиме / С. В. Дорожко // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2015. – № 1. – С. 49-50. – DOI 10.17213/0136-3360-2015-1-49-52. – EDN TJWGUN.

12. Зависимость сопротивления проводника от температуры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sxemotehnika.ru/zavisimost-soprotivleniia-provodnika-ot-temperature.html#:~:text=%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%20%D0%B2%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B5%20%D0%B2%D1%8B%D0%BB%D0%BE%20%D0%B2%D1%8B%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE,4%25%20%D0%BD%D0%B0%201%C2%B0%D0%A1>.

13. Зависимость электрического сопротивления провода от температуры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.lcard.ru/lexicon/wire\\_tcr](https://www.lcard.ru/lexicon/wire_tcr).

*Учебное издание*

**Местников Николай Петрович**

## **ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

Учебное пособие  
по дисциплинам «Электротехника, электроника  
и электрооборудование», «Электротехника»,  
«Электротехника и электроника»

Часть 2

Учебное пособие

Выпускается в авторской редакции  
Оформление обложки *П.И. Антипин*

Дата подписания к использованию 20.04.2023. Электронное издание.

Объем 2,0 Мб. Тираж 10 дисков. Заказ № 119.

Минимальные системные требования:

процессор с тактовой частотой 1,3 Гц и выше, оперативная память 128 Мб,

операционные системы: Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10,

ОС MAC OS версии 10,8.

Издательский дом Северо-Восточного федерального университета,

677891, г. Якутск, ул. Петровского, 5. E-mail: izdat-svfu@mail.ru

Изготовлено с готового оригинал-макета в Издательском доме СВФУ