

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

**Н.В. Курикова, С.В. Пустынников, Е.Б. Шандарова**

**РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ИНОСТРАННЫЙ: ЯЗЫК ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

*Рекомендовано в качестве учебного пособия  
Редакционно-издательским советом  
Томского политехнического университета*

Издательство  
Томского политехнического университета  
2010

УДК \_811.161.1:81'276.6:621.31(075.8)  
ББК Ш141.2-96  
К931

**Курикова Н.В., Пустынников С.В., Шандарова Е.Б.** Русский язык как иностранный: язык электротехники: учебное пособие / Н.В. Курикова, С.В. Пустынников, Е.Б. Шандарова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 128 с.

**К931** Данное учебное пособие представляет собой междисциплинарную разработку на материале текстов по электротехнике и предназначено для занятий по дисциплине «Русский язык как иностранный: профессиональная сфера (технический профиль)» в группах иностранных учащихся (3-4 курсы).

*Рецензенты*

Троссель М.В. кандидат филологических наук, доцент Сибирского  
федерального университета  
Ермоленкина Л.И., кандидат филологических наук, доцент  
Томского государственного педагогического университета

© ГОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет», 2010  
© Курикова Н.В., Пустынников С.В., Шандарова Е.Б., 2010  
© Оформление. Издательство Томского  
политехнического университета, 2010

## Содержание

Предисловие	4
Тема 1. Элементы и параметры электрических цепей	6
Оригинальные материалы к теме 1	17
Тема 2. Основные законы электротехники, методы расчета и свойства электрических цепей	21
Оригинальные материалы к теме 2	33
Тема 3. Расчет цепей с синусоидальными напряжениями и токами	42
Оригинальные материалы к теме 3	53
Тема 4. Резонанс в цепях синусоидального тока	63
Оригинальные материалы к теме 4	77
Тема 5. Расчет линейных электрических цепей с взаимной индуктивностью	83
Оригинальные материалы к теме 5	93
Тема 6. Двухобмоточный трансформатор в линейном режиме	99
Оригинальные материалы к теме 6	109
Тема 7. Трехфазные цепи	112
Оригинальные материалы к теме 7	120
Используемая литература	127

## Предисловие

Данное учебное пособие представляет собой междисциплинарную разработку на материале текстов по электротехнике и предназначено для занятий по дисциплине «Русский язык как иностранный: профессиональная сфера (технический профиль)» в группах иностранных учащихся (3-4 курсы).

**Актуальность** и **новизна** разработки междисциплинарного характера обусловлена функционально-когнитивной спецификой языковой коммуникации инженерно-технического профиля, когда преподавателю языка необходимо учитывать

- а) язык в действии, в условиях реальной коммуникации,
- б) когнитивные предпочтения учащихся (часто не совпадающие с основными принципами организации гуманитарного мышления).

Преподавателю языка важно знать, что инженерная деятельность в речевом выражении имеет конкретные логические структуры и пропозиции. Такой подход позволяет наиболее эффективно решать коммуникативно-прагматические задачи в овладении иностранным языком.

Языковой материал отобран в соответствии с учебно-профессиональной деятельностью студентов и характером инженерной коммуникации и систематизирован по метатемному принципу, что позволяет проводить обучение как по всему пособию, так и избирательно, обращаясь только к актуальной для обучаемого теме.

Основная **цель** данного пособия – научить иностранного студента понимать русский язык инженерно-технической коммуникации, в частности язык электротехники, для подготовки к восприятию учебно-научного материала в аутентичных условиях обучения.

В **задачи** работы входит следующее:

1. Обогатить словарный запас иностранных учащихся преимущественно терминологической лексикой, клишированными словосочетаниями по основным учебно-научным темам предмета;
2. Развить устные и письменные коммуникативные навыки выражения интенций и пропозиций, характерных для инженерно-технической коммуникации;
3. Совершенствовать навыки чтения и воспроизведения учебно-научных текстов по электротехнике.

Задачи пособия определяют его **структуру** и **содержание**.

Учебное пособие включает 7 лексических тем в той последовательности, которая определяется программой курса «Общая электротехника» (1 семестр).

В рамках каждой темы ставятся новые задачи и предлагаются тренинговые задания на отработку коммуникативно-речевых умений. Кроме того, для выполнения поставленных задач студенту предлагаются справочные материалы в виде таблиц и краткие теоретические пояснения языковых особенностей.

В пособии при раскрытии темы разработан единый подход, что облегчает усвоение нового материала при переходе от одной темы к другой:

- объявление частных задач (для ориентации в учебном материале),
- введение основного лексико-грамматического комплекта, необходимого для реализации коммуникативных задач по теме,
- предложение тренинговых заданий в соответствии с функционально-прагматическими задачами темы.

Функционально-прагматическая установка концепции работы определила и основу ее речевого содержания — набора пропозиций и интенций, обусловленного характером коммуникации:

- кваликативная характеристика предмета, лица, явления,
- характеристика сущности понятия, явления,
- сравнения и сопоставления объектов,
- характер, свойство предмета, понятия, явления,
- изменение количества, качества, действия, состояния,
- причинно-следственные отношения,
- родо-видовые отношения,
- субъектно-предикатные отношения (активные и пассивные модели).

В пособии также уделено особое внимание и характеристике коммуникативной структуры текста электротехников.

Для проверки коммуникативно-речевых умений после заданий по русскому языку к каждой теме прилагаются тезисы аутентичных (оригинальных) материалов с контрольными вопросами по содержанию текста электротехники, дается список терминов и терминологических сочетаний, объединенных тематически.

Учебное пособие рассчитано как на аудиторную, так и неаудиторную работу.

## ТЕМА 1. ЭЛЕМЕНТЫ И ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

### Задачи:

- ✓ познакомиться с новыми словами темы;
- ✓ научиться понимать значение новых слов без обращения к словарю;
- ✓ вспомнить способы выражения определительных отношений (какой? чей?);
- ✓ научиться квалифицировать предмет, понятие, явление;
- ✓ определить способы выражения значения образа действия (как? каким образом?).

### I. Лексико-грамматическая работа

#### 1. Новые слова и выражения

**Задание 1.** Прочитайте слова и определите их значение по словарю. Составьте все возможные словосочетания со словами левой и правой колонки.

электрический	цепь
индуктивный	ток
магнитный	поле
тепловой	энергия
линейный	элемент

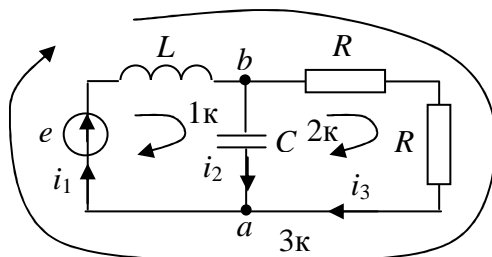
**Задание 2.** Объясните значение слов без помощи словаря. Составьте с ними словосочетания или предложения.

Проводник, проводимый, проводимость, электродвижущий, электромагнит, электроэнергия, электротехнический, электротехника, силовой, потреблять, потребляемый, потребитель, двухполюсник.

**Задание 3.** Определите по словарю значение слов *ветвь*, *узел*, *контур*. Приведите примеры сочетаний с этими словами.

Как вы думаете, почему они используются и в научной речи, например, в электротехнике? Какие еще слова вы можете привести в качестве примера, когда в научной речи используют не прямое (переносное) значение слова?

**Задание 4.** Посмотрите на рисунок и попытайтесь определить на нем ветвь, узел, контур.



## 2. Абстрактные слова и некоторые способы их образования

В научной речи активно используются абстрактные слова/ существительные, обозначающие понятия, термины.

**Задание 5.** Заполните таблицу № 1 «Образование абстрактных существительных» по образцу (первая строка). Значение незнакомых слов смотрите в словаре.

Таблица № 1 «Образование абстрактных существительных»

<b>-ние</b>	<b>глагол</b>	<b>-ость</b>	<b>прилагательн ое</b>
<i>напряжение</i>	<i>напрягать/ напрячь</i>	<i>мощность</i>	<i>мощный</i>
возбуждение		емкость	
применение		проводимость	
распределение		индуктивность	
изображение		совокупность	
преобразование		разность	
соединение		способность	
сопротивление		бесконечность	

**Задание 6.** Познакомьтесь с определениями понятий «индукция» и «индуктивность», используемых в физике. Объясните, в чем принципиальная разница в значениях этих слов? Как соотносятся эти значения?

**Индукция** – это возбуждение (чем? = при помощи чего?) переменным магнитным полем (чего? = какого объекта?) электродвижущей силы (где?) в проводниках.

**Индуктивность** – это физическая величина, которая характеризует магнитные свойства (чего?) электрической цепи.

## II. Грамматическая работа

### 1. Выражение определительных отношений

Чтобы ответить на вопрос «какой предмет?» или «чей предмет?» в русском языке существует несколько грамматических способов. Приведем некоторые из них:

1. Прилагательное, причастие: # **физическая величина, замкнутая цепь.**

2. Причастный оборот = модель со словом «который»: # **путь (какой?), проходящий по ветвям схемы = который проходит по ветвям схемы.**

3. Инфинитив (обычно со словами «способность», «умение», «желание»): # **способность (какая?) принимать энергию.**

4. Существительное в форме родительного падежа (чего?) – часто обозначает принадлежность (чей?): # **применение (чего?) результатов, разность (чего = чья?) потенциалов.**

**Задание 1.** Ответьте на вопрос «какой предмет?» возможными грамматическими способами, используя материал справа.

1. Ветвь (какая?). Не входить в другие контуры

---

2. Часть схемы (какая?). Иметь два выходных зажима

---

3. Физическая величина (какая?). Характеризовать магнитные свойства цепи

---



4. Наука (какая?). Изучать практическое применение электромагнитных явлений

---

5. Процессы (какие?). Происходить в электрической цепи

---

6. Заряд (какой?). Поместить в точку «а»

---

7. Эта физическая величина обладает способностью (какой?). Накапливать электрический заряд в электрическом поле

---

8. Разность (какая?). Электрические потенциалы

---

9. Внутреннее сопротивление (какое? чье?). Идеальный источник (какой? чей?). ЭДС

---

10. Мощность (какая? чья?). Источники (какие? чьи?). Электроэнергия.

---

11. Графическое изображение (какое? чье?). Цепь

---

12. Соединение (какое? чье?). Элементы (какие? чьи?). цепь

---

13. Цепь (какая?). Реальный электрический

---

## **2. Квалификация предмета, понятия, явления**

Чтобы назвать (квалифицировать) предмет, явление, понятие, в русском языке используют разные грамматические модели. Познакомьтесь с некоторыми из них:

1. Объективная квалификация предмета (явления, понятия):

Что – это что  
Что является чем\*

**Обратите внимание!** В модели «*что является чем*» форма «что» – узкое понятие, форма «чем» – более широкое понятие:

# *Интернет – это глобальная сеть / Интернет является глобальной сетью* \*.

2. Объективная квалификация предмета (явления, понятия) + факт использования предмета:

Что служит чем / чем служит что\*

# *Интернет служит источником информации / Источником информации служит интернет.*

3. Общепринятая квалификация предмета (явления, понятия). Люди, ученые дают определение чему-либо, т.е. понимают предмет речи определенным образом = дают название:

Что (в.п.) называют чем / чем называют что (в.п.)\*

# *Электронную машину называют компьютером. / Компьютером называют электронную машину.*

Форма «что» – это объект, который нужно определить (обычно широкое понятие), форма «чем» – его понимание, название.

Аналогичное значение имеет и следующая модель. Но важно учитывать, что это пассивная конструкция, поэтому форма «что» – это реальный объект в именительном падеже, форма «чем» – это название:

Что (и.п.) называется чем / чем называется что (и.п.)\*

# *Электронная машина называется компьютером. / Компьютером называется электронная машина.*

4. Субъективная квалификация предмета (явления, понятия):

Что (в.п.) считают чем / чем считают что (в.п.)  
Что (и.п.) считается чем / чем считается что (и.п.)

---

\* Эти формы могут меняться местами в зависимости от логического ударения в тексте.

# *Энергию (люди) считают важнейшей потребностью производства. / Важнейшей потребностью производства считают энергию.*

# *Энергия считается важнейшей потребностью производства. / Важнейшей потребностью производства считается энергия.*

**Обратите внимание!** что (в.п.) считают чем = что (и.п.) считается чем = что – это что

# *Солнце считают источником энергии = солнце считается источником энергии = солнце – это источник энергии.*

**Задание 1.** Запишите определения понятий, используя модели: **что называют чем, что называется чем, что является чем.**

1. **Электротехника** – наука, изучающая практическое применение электромагнитных явлений в технике.

2. Направленное движение электрических зарядов (электронов, ионов) – это **электрический ток**.

3. Физическая величина, характеризующая магнитные свойства электрической цепи – это **индуктивность**.

4. **Ёмкость** – физическая величина, характеризующая способность накапливать электрический заряд в электрическом поле конденсатора.

5. **Ветвь** – такое соединение элементов цепи, при котором по ним протекает одинаковый ток.

6. Точка соединения не менее трех ветвей – это **узел**.

7. Замкнутый путь, проходящий по ветвям схемы, - это **контур**.

**Задание 2.** Сформулируйте вопросы к каждому определению и задайте их в группе. При ответе на вопрос используйте разные модели квалификации предмета.

**Обратите внимание!** Вопрос задается к смысловой части (к реме), которая располагается во второй части предложения.

К форме «чей» возможен вопрос «как?». К форме «что» – «что такое?».

**Образец:**

**Как называют величину, обратную сопротивлению?**

- Величину, обратную сопротивлению, называют **проводимостью**.

- Величина, обратная сопротивлению, называется **проводимостью**.

**Что такое величина, обратная сопротивлению?**

- Величина, обратная сопротивлению – это **проводимость**.

**Что такое** схема замещения?

- Схема замещения - это графическое **изображение** реальной электрической цепи.

**Как называют** схему замещения?

- Схему замещения называют графическим **изображением** реальной электрической цепи.

- Схема замещения называется графическим **изображением** реальной электрической цепи.

**Задание 3.** Прочитайте текст. Дайте определение понятиям «электрическая цепь», «электрическая схема», используя все возможные модели.

**Задание 4.** В каком предложении (-ях) имеется информация о функции предмета? Постройте грамматическую модель, которая выражает эту информацию.

#### Текст

Электрической цепью называется совокупность соединенных проводниками источников и потребителей электроэнергии. Электрическая цепь служит для передачи, распределения и преобразования электроэнергии. Графическое изображение электрической цепи называется электрической схемой. Схема отображает физические процессы, происходящие в электрической цепи, и служит расчетной моделью реальной цепи. Источники электроэнергии изображаются на схеме в виде источников ЭДС (электродвижущая сила) и источников тока. Потребители электроэнергии представлены на схеме в совокупности резистивных, индуктивных и емкостных элементов.

**Задание 5.** Определите различие в моделях «что служит для чего» и «что служит чем». Какое предложение в тексте можно трансформировать (изменить) по модели «что служит чем»?

**Задание 6.** Составьте предложения по моделям «что служит для чего» и «что служит чем», используя материалы таблицы:

Растения и животные	потребление в пищу человека
Пища человека	растения и животные
Сталь	основа машиностроения и

	строительства
Исходным материалом	чугун
Чугун	выплавка стали
Свинец	хороший материал для многих ценных сплавов
Свинец	многие ценные сплавы

**Задание 7.** Перескажите текст по плану:

1. Электрическая цепь и ее функции.
2. Графическое изображение электрической цепи и ее использование (назначение).
3. Способы изображения на схеме источников электроэнергии и ее потребителей.

### 3. Выражение значения образа действия

**Задание 1.** Прочитайте предложения и подчеркните грамматические конструкции, обозначающие образ действия (отвечает на вопрос «как? каким образом?»).

1. Мощность  $p$  (Вт–Ватт), потребляемая резистором, определяется по закону Джоуля-Ленца:  $p = u \cdot i = i^2 R$ .

2. Электрическое поле проявляет свойства по силовому воздействию на неподвижные заряженные тела.

3. Магнитное поле проявляет свойства по силовому воздействию на незаряженные проводники с токами.

4. Связь между током и напряжением описывается законом электромагнитной индукции  $u = L \frac{di}{dt}$  или  $i = \frac{1}{L} \int u dt$ .

5. Связь между током и напряжением описывается законом Ома  $u = i \cdot R$ .

6. Активное сопротивление (резистор)  $R$  (Ом) необратимо преобразует электрическую энергию в тепловую.

7. Источники электроэнергии изображаются на схеме в виде источников ЭДС.

8. Потребители электроэнергии представлены на схеме в совокупности (...) элементов.

**Обратите внимание!** Наиболее частые способы для выражения значения «*совершать/ совершить действие как? каким образом?*»:

– наречие: # *сильно сопротивляться, законно работать*;

– существительное в творительном падеже (чем?) с предлогом или без него: # *воздействовать силой, выпустить под действием силы* (имеется дополнительное значение условия: выпустить как? при каком условии?);

– существительное в форме дательного падежа с предлогом: # *проявиться по действию, работать по закону;*

– существительное в форме предложного падежа с предлогом (в чём?): # *представлены в совокупности элементов;*

– предлог **в виде** (чего?): # *изображаются в виде источников.*

**Проверьте себя:** *определяется (как? = по чему?) по закону, проявляет свойства (как? = по чему?) по силовому воздействию, описывается (как = чем?) законом, преобразует (как?) необратимо, изображаются (как?) в виде источников, представлены (как?) в совокупности.*

### Тест к теме 1

**Задание:** проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив 1 правильный вариант.

1.	Электрическое поле ..... свойства по силовому воздействию на неподвижные заряженные тела	1. определяет 2. проявляет 3. выявляет
2.	На основании этого закона ... баланс мощности в электрической цепи	1. имеется 2. составляется 3. есть
3.	Ветвь не ... в другие контуры	1. проходит 2. входит 3. заходит 4. уходит
4.	Замкнутый путь ... по ветвям схемы	1. проходит 2. входит 3. заходит 4. уходит
5.	Ветвь – такое соединение элементов цепи, при котором по ним ... одинаковый ток.	1. протекает 2. утекает 3. вытекает

6.	Физическая величина ... магнитные свойства электрической цепи.	1. имеет 2. описывает 3. характеризует
7.	Электрическая цепь ... для передачи, распределения и преобразования электроэнергии.	1. служит 2. является 3. считается
8.	Связь между током и напряжением ... законом электромагнитной индукции.	1. считается 2. является 3. служит 4. описывается
9.	Активное сопротивление ... электрическую энергию в тепловую.	1. преобразует 2. переходит
10.	Процессы ... в электрической цепи	1. происходят 2. проходят 3. являются
11.	Единичный заряд, который ... потенциальной энергией	1. обладает 2. является 3. считается
12.	Единичный заряд, который ... в точку «а»	1. поместили 2. поставили 3. положили

### Лексика к теме 1

Основные понятия по теме	Глаголы
активное сопротивление (резистор) активный двухполюсник ветвь внутреннее сопротивление двухполюсник ёмкость закон Джоуля-Ленца закон электромагнитной индукции замкнутая цепь замкнутый путь идеальный независимый источник тока идеальный независимый источник ЭДС индуктивность (индуктивный,	возбуждать зависеть запасать записывать изображать изучать иметь накапливать называть описывать обладать определять описывать отображать помещать

<p>индукция)</p> <p>источники электроэнергии</p> <p>конденсатор</p> <p>контур (независимый контур)</p> <p>линейная цепь</p> <p>линейный</p> <p>магнитный</p> <p>мощность</p> <p>напряжение</p> <p>параллельное соединение резисторов</p> <p>пассивный двухполюсник</p> <p>поле (электрическое поле)</p> <p>постоянное напряжение (ток)</p> <p>потребители электроэнергии</p> <p>потребитель</p> <p>потребляемый</p> <p>преобразование</p> <p>применение</p> <p>проводимость (проводник)</p> <p>резистивные, индуктивные и емкостные элементы</p> <p>силовое воздействие</p> <p>силовой</p> <p>соединение</p> <p>сопротивление</p> <p>схема замещения</p> <p>тепловой</p> <p>ток (электрический ток)</p> <p>узел</p> <p>цепь (электрическая цепь)</p> <p>ЭДС</p> <p>электрический потенциал</p> <p>электрический заряд</p> <p>электродвижущий</p> <p>электромагнит</p> <p>электромагнитная индукция</p> <p>электромагнитное явление</p> <p>электротехника</p> <p>электротехнический</p> <p>электроэнергия</p> <p>энергия</p>	<p>потреблять</p> <p>преобразовывать</p> <p>применять</p> <p>проводить</p> <p>протекать</p> <p>происходить</p> <p>проходить</p> <p>проявлять</p> <p>соединять</p> <p>содержать</p> <p>составлять</p> <p>характеризовать</p>
---	---



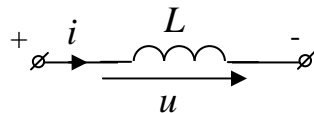
## Оригинальные материалы к теме 1

<p>1. <b>Электротехника</b> – наука, изучающая практическое применение электромагнитных явлений в технике.</p>
<p>2. <b>Электрическое поле</b> проявляет свойства по силовому воздействию на неподвижные заряженные тела.</p>
<p>3. <b>Магнитное поле</b> проявляет свойства по силовому воздействию на незаряженные проводники с токами</p>
<p>4. <b>Электрический ток</b> <math>i, I</math> (А – Ампер) – направленное движение электрических зарядов (электронов, ионов)</p>
<p>5. <b>Потенциал</b> <math>\varphi</math> (В – Вольт) электрического поля в точке «а» – это потенциальная энергия, которой обладает единичный заряд, помещенный в точку «а»</p>
<p>6. <b>Напряжение</b> равно разности электрических потенциалов в точках «а» и «b» <math>U = \varphi_a - \varphi_b</math> (В)</p>
<p>7. <b>Идеальный независимый источник ЭДС</b> <math>e</math> (В) – это источник, разность потенциалов на зажимах которого не зависит от тока в нём <math>u = e</math>. Внутреннее сопротивление идеального источника ЭДС равно нулю. <b>В цепи постоянного тока:</b> <math>e = E = const, u = U</math>.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div>
<p>8. <b>Идеальный независимый источник тока</b> <math>J</math> (А) – это источник, величина тока которого не зависит от напряжения на его зажимах <math>i = J</math>. Внутреннее сопротивление идеального источника тока равно бесконечности. <b>В цепи постоянного тока:</b> <math>J = const, u_J = U_J</math>.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div>
<p>9. <b>Активное сопротивление (резистор)</b> <math>R</math> (Ом) необратимо преобразует электрическую энергию в тепловую. Связь между током и напряжением описывается <b>законом Ома</b> <math>u = i \cdot R</math>.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div>

Мощность  $p$  (Вт – Ватт), потребляемая резистором, определяется по **закону Джоуля-Ленца**:  $p = u \cdot i = i^2 R$ . На основании этого закона составляется баланс мощности в электрической цепи: **мощность источников электроэнергии равна мощности потребляемой**  $P_{\text{и}} = P_{\text{п}}$ .

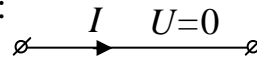
10. **Индуктивность**  $L$  (Гн – Генри) – физическая величина, характеризующая магнитные свойства электрической цепи.

Индуктивность запасает энергию в магнитном поле  $W_{\text{м}} = \frac{L \cdot i^2}{2}$  (Дж-Джоуль)



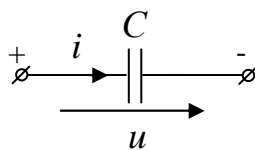
Связь между током и напряжением описывается **законом электромагнитной индукции**  $u = L \frac{di}{dt}$  или  $i = \frac{1}{L} \int u dt$ .

**При постоянном токе**  $i = I = \text{const}$  индуктивность имеет нулевое сопротивление и является «закороткой»:



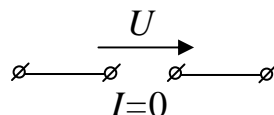
11. **Ёмкость**  $C$  (Ф – Фарада) – физическая величина, характеризующая способность накапливать электрический заряд в электрическом поле конденсатора. Величина запасаемой энергии равна

$$W_{\text{эл}} = \frac{C \cdot u^2}{2} \text{ (Дж)}$$



Связь между током и напряжением:  $i = C \frac{du}{dt}$  или  $u = \frac{1}{C} \int i dt$ .

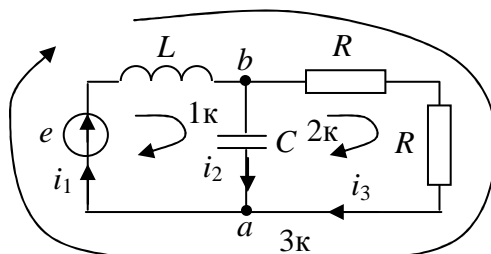
**При постоянном напряжении**  $u = U = \text{const}$  ёмкость имеет бесконечно большое сопротивление и является «разрывом цепи»:



12. **Проводимость** – величина, обратная сопротивлению

$$g = \frac{1}{R} \text{ (См – Сименс)}$$

13. **Схема замещения** – это графическое изображение реальной электрической цепи.



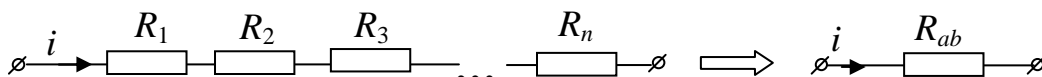
**Ветвь** – такое соединение элементов цепи, при котором по ним протекает одинаковый ток. В схеме на рисунке три ветви с токами  $i_1, i_2, i_3$ .

**Узел** – точка соединения не менее трех ветвей. В схеме два узла **a** и **b**.

**Контур** – замкнутый путь, проходящий по ветвям схемы. На рисунке схема имеет три контура (направление обхода контуров указано стрелками).

**Независимый контур** содержит хотя бы одну ветвь, не входящую в другие контуры. На рисунке схема имеет два независимых контура.

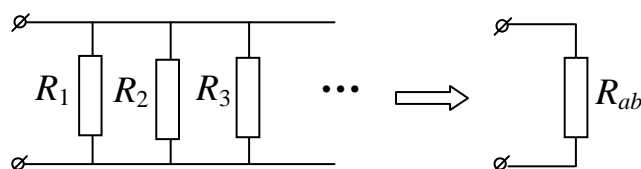
14. **Последовательное соединение резисторов** – это соединение резисторов в одной ветви:  $R_{ab} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$



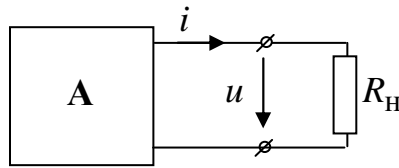
15. **Параллельное соединение резисторов** – это соединение резисторов между двумя узлами:

$$\frac{1}{R_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

или  $g_{ab} = g_1 + g_2 + g_3 + \dots$



16. **Двухполюсник** – это часть схемы, имеющая два выходных зажима **a**, **b**, к которым подключается сопротивление нагрузки  $R_H$ .



**Активный двухполюсник** содержит источники электроэнергии и обозначается буквой **А**, **пассивный двухполюсник** не содержит источники электроэнергии и обозначается буквой **П**.

17. **Линейная цепь.** В линейных цепях параметры  $R, L, C$  не зависят от приложенных к ним напряжений и протекающих в них токах.

### Контрольные вопросы по электротехнике (тема 1)

1. Что такое электрический ток?
2. В каких единицах измеряется электрический ток?
3. Дайте определение последовательного соединения резисторов.
4. Дайте определение параллельного соединения резисторов.
5. Запишите формулу для определения энергии электрического поля.
6. От каких величин зависит энергия, запасаемая в магнитном поле индуктивности?
7. Чем активный двухполюсник отличается от пассивного?
8. Чем независимый контур отличается от зависимого?
9. Чему равно сопротивление идеального независимого источника ЭДС?
10. Сформулируйте закон Ома.
11. Найдите неправильно записанную формулу

а)  $W_{эл} = \frac{C \cdot u_C^2}{2}$     б)  $u_C = C \int i dt$     в)  $u_L = L \frac{di}{dt}$     г)  $p = u \cdot i = i^2 R$

## ТЕМА 2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ, МЕТОДЫ РАСЧЕТА И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

### Задачи:

- ✓ познакомиться с новыми словами и выражениями темы;
- ✓ развить языковую догадку;
- ✓ развить навыки работы с грамматическими моделями, передающими определительные отношения (какой? чей?), образа действия (как? каким образом?);
- ✓ скорректировать умения понимать придаточные предложения со словом «который»;
- ✓ определить основные способы выражения предиката в текстах по электротехнике.

### I. Лексико-грамматическая работа

#### 1. Новые слова и выражения

**Задание 1.** Познакомьтесь с новыми словосочетаниями темы. Значение каких слов вы можете определить без словаря, основываясь на предыдущих знаниях? Запомните эти словосочетания как устойчивые в текстах по электротехнике.

<b>вспомогательные величины</b>	<b>эквивалентные преобразования</b>
<b>опорный узел</b>	эквивалентный генератор
<b>короткое замыкание</b>	алгебраическая сумма
<b>холостой ход</b>	<b>потребляемая мощность</b>
<b>баланс мощности</b>	мощность источников

**Задание 2.** Приведите свои примеры сочетаний слов, представленных в задании 1.

**Задание 3.** Обратите внимание на значение и употребление глагола движения «ходить» с приставками (и отглагольных существительных): *ходить – входить – выходить – проходить – обходить*. Какими близкими по значению словами/ словосочетаниями вы бы его заменили?

Холостой ход; токи, которые входят в узел; контурный ток, который проходит через источник тока; токи, выходящие из узла; обход контура; проходит только один контурный ток.

**Задание 4.** Прочитайте выражения и выделите слова с одним корнем.

**Образец:** входной – ход, протекать – ток, сопротивление – против, делить – распределить.

1) Замыкается по ветвям своего контура, 2) в первой подсхеме размыкаем источник тока короткого замыкания, 3) напряжение холостого хода, 4) жать/ зажать руку, 5) на разомкнутых зажимах нагрузки сопротивление  $R_2$  замкнуто накоротко, 6) при постоянном токе индуктивность имеет нулевое сопротивление и является «закороткой», 7) входящие в узел, 8) зажим нагрузки.

**Задание 5.** Вы уже знаете, что в научных текстах могут быть термины, образованные от не прямых (переносных) значений слов, например, в электротехнике слова «ветвь», «узел» и др.

Познакомьтесь со значениями слов «холостой», «короткий», используемых в образовании терминов электротехники – «**холостой ход**», «**короткое замыкание**». Какая связь между основными и непрямыми значениями этих общеупотребительных слов и терминов?

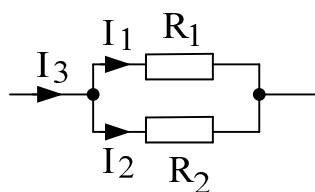
**Холостой** – 1) неженатый мужчина, 2) не дающий полезной работы, не используемый для такой работы. *На холостом ходу, холостой патрон* (не боевой), *холостая стрельба, холостой прогон машин*

**Короткий** – 1) небольшой в длину. *Короткое расстояние, короткое платье, короткие волны* (радиоволны длиной от 10 до 100 м), 2) непродолжительный, небольшой по времени. *Короткий срок, короткий удар* (быстрый и сильный).

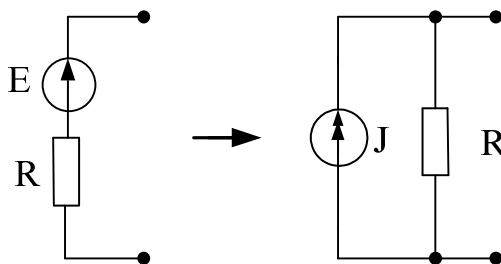
**Задание 6.** Изучите некоторые виды **эквивалентного преобразования электрических схем**, представленных ниже.

Как вы думаете, почему эти виды имеют такие названия: *правило распределения токов (правило разброса), эквивалентная замена, преобразование звезды в треугольник*? Что значит «звезда» в этом тексте?

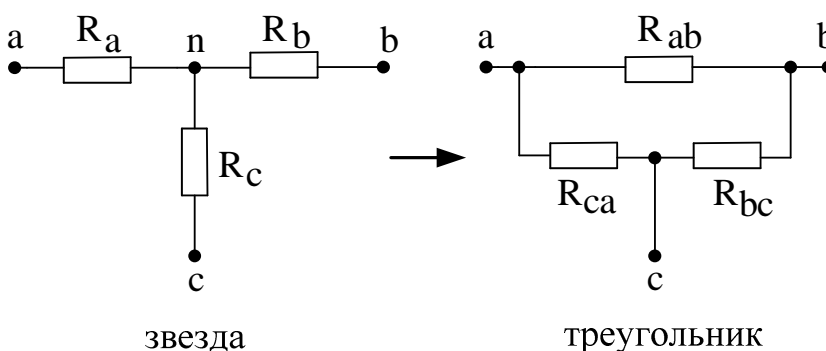
а) *Правило распределения токов в параллельных ветвях («правило разброса»):*



б) Эквивалентная замена источника ЭДС на источник тока и наоборот:



в) Преобразование звезды в треугольник и наоборот:



**Задание 7.** От каких глаголов образованы абстрактные существительные? Заполните таблицу № 2.

Таблица № 2. «Образование абстрактных существительных»

без суффикса	глагол	-ние	глагол
расчет		определение	
обход		преобразование	
разброс		облегчение	
перенос		направление	
замена		наложение	
зажим		замыкание	
выбор		соотношение	
сдвиг		распределение	

**Задание 8.** Составьте словосочетания или предложения, используя предложенные конструкции:

Методы основаны (на чем?)

---

Выбор зависит (от чего?)

---

Определить ток (где? = в чем?)

---

Равный (по чему?)

---

Схема содержит (что?)

---

Замена (чего на что?)

---

Преобразование (чего во что?)

---

## **2. Выражение определительных отношений и образа действия**

**Задание 9.** Преобразуйте конструкции со словом «который» в причастные.

**Образец:** Токи, которые входят в узел - токи, входящие в узел (активная конструкция). Уравнения, которые решают (субъект неважен) – решаемые уравнения (пассивная конструкция)

1. Токи, которые протекают по ветвям

---

2. Контурные токи, которые протекают совместно

---

3. Контурный ток, который проходит через источник тока

---

4. Схема, которая содержит несколько источников ЭДС

---

5. Источник тока, который имеет бесконечное внутреннее сопротивление

---

6. Схема, которая содержит источники электрической энергии

---



7. Уравнения, которые не зависят

---

8. Потенциал, который приняли за опорный узел

---

9. Токи, которые выразили через потенциалы узлов

---

10. Ток  $I_{cd}$  в ветви  $cd$ , который создаёт ЭДС

---

11. ЭДС  $E$ , которая расположена в ветви  $ab$

---

**Задание 10.** Выпишите из фрагментов текстов все конструкции, выражающие определительные отношения (какой? чей?).

1. Алгебраическая сумма токов напряжения и ЭДС.
2. Совпадают с направлением обхода контура.
3. Неизвестные токи ветвей и напряжений контурных токов, протекающих по тем же ветвям.
4. Один контурный ток, равный по величине и направлению.
5. Контурный ток, проходящий через источник тока, равен:  $J_{1k} = J$ .
6. Принцип взаимности.

**Задание 11.** Подчеркните в текстах конструкции, выражающие образ действия (как? каким образом?). Задайте вопросы друг другу по текстам.

1. Задаем контурные токи так, чтобы через каждую ветвь схемы проходил хотя бы один контурный ток.
2. Контурные токи, протекающие совместно в ветви с сопротивлениями  $R_1, R_3$ , совпадают по направлению.
3. Токи в ветвях схемы выражаются с помощью закона Ома через потенциалы узлов.
4. Ток в нагрузке определяется по формуле Тевенена-Гельмгольца.
5. Параметры ЭГ можно определить тремя методами.
6. Сопротивление  $R_2$  замкнуто накоротко.

### 3. Определительные придаточные со словом «который»

**Задание 12.** Определите, каким словом заменяется слово «который» в предложениях:

**Образец:** Со знаком «плюс» берутся те напряжения и ЭДС, положительные направления которых совпадают с направлением обхода контура – положительные направления напряжения и ЭДС совпадают с направлением обхода контура.

1. В расчет вводятся вспомогательные величины – контурные токи, каждый из которых замыкается по ветвям своего контура.

2. Если схема содержит ветвь с источником ЭДС без сопротивления, то за опорный узел берется любой из узлов, к которым подключена эта ветвь.

3. Составляется система уравнений по 2 закону Кирхгофа, после решения которой получаем [...].

4. Рисуем схему опыта холостого хода, в котором  $R_H = \infty$ .

5. Для определения  $R_T$  рисуем вспомогательную схему, в которой источники ЭДС замкнуты, а источники тока разомкнуты.

#### 4. Способы выражения предиката в текстах по электротехнике

Известно, что в русской грамматике информационная основа предложения – это предикат (далее – **P**). Субъект предложения (лицо или не-лицо) (далее – **S**) может быть выражен открыто, скрыто или отсутствовать, например:

1	2	3	4*
<b>S</b> выражен открыто <b>S (act.) – P</b>	<b>S</b> выражен скрыто, т.к. неважен <b>(S –act.) – P</b>	<b>S</b> пассивен <b>S (pass.) – P</b>	<b>S</b> отсутствует <b>P – модальный</b> можно/ нужно/ необходимо и т.д. + инфинитив
<b>(S) Ток (P) идет.</b>	<b>(P) Решаем задачу (обычно,</b>	<b>(S) Задача (P)</b>	<b>Схему (P) можно заменить.</b>

\* Существуют и другие конструкции, не рассматриваемые в этой работе.

(S) Человек (P) идет. (S) Контурный ток (P) равен $J_{1k} = J$ . (S) Токи в ветвях – (P) суммы контурных токов.	всегда, все). (P) Решают задачу (неважно кто – обычно, всегда, все).	решается (неважно кем).	
---	---	-------------------------------	--

В научной русской речи традиционно избегают конструкций с глаголом 1 лица единственного лица (= **я**), выражающих активных лиц-деятелей, т.е. не используют такие модели, как **я изучаю/ заменяю** и т.п. Это обусловлено стремлением к передаче более **объективной информации**, исключающей личное, субъективное видение проблемы/ вопроса/ явления и т.д. Употребление же формы 1 лица множественного числа (= **мы**) определено **принципом вежливости**.

**Задание 13.** Прочитайте примеры и определите, какие наиболее частые модели используются в языке электротехники как науки (отметьте цифрой от 1 до 4). Запомните предикаты в сочетании с существительными:

?	?	?	?	?
задаем контурные токи	сумма равна (чему?)  напряжение на источнике тока равно (чему?)	методы основаны (на чем?)  ветвь подключена (к чему?)  величины связаны (с чем?)  источники ЭДС	берутся токи, напряжения и ЭДС  составляется число, уравнение, система вводятся вспомогател ьные величины	схему можно заменить активным двухполюсником  двухполюсник можно преобразовать  параметры ЭГ можно определить  в расчетной

определяем напряжение холостого хода		замкнуты	определяется ток в нагрузке	схеме необходимо определить ток
размыкаем источник тока		источники тока разомкнуты	измеряются напряжения	
рисуем схему опыта			замыкается опорный узел	

**Задание 14.** Прочитайте тексты и определите субъект (S) и предикат (P).

**Текст 1.** Основные законы электротехники позволяют **произвести расчет** токов и напряжений в схемах замещения реальных электротехнических устройств. Методы расчета электрических цепей основаны на законах Ома и Кирхгофа. Выбор конкретного метода расчета заданной схемы зависит от её структуры и поставленной задачи – определения тока во всех ветвях или в одной ветви схемы. Для облегчения расчета и уменьшения числа решаемых уравнений применяются **эквивалентные преобразования** схем и свойства электрических цепей.

**Текст 2.** Первый закон Кирхгофа: алгебраическая сумма токов в узле равна нулю, причем со знаком плюс берутся токи, входящие в узел, а со знаком минус – выходящие из узла.

**Текст 3.** Метод законов Кирхгофа: если цепь содержит число ветвей  $N_B$  и число узлов  $N_Y$ , то для расчета неизвестных токов ветвей и напряжений на источниках тока составляется  $N_Y - 1$  независимых уравнений по 1 закону Кирхгофа и  $N_B - N_Y + 1$  независимых уравнений по 2 закону Кирхгофа.

**Текст 4.** В расчет вводятся **вспомогательные величины** – **контурные токи**, каждый из которых замыкается по ветвям своего контура. Токи в ветвях представляют собой алгебраические суммы контурных токов, **протекающих** по тем же ветвям.

**Текст 5.** Если схема содержит источник тока, то через него должен проходить только один контурный ток, равный по величине и направлению току источника тока.

**Текст 6.** Задаем контурные токи так, чтобы через каждую ветвь схемы проходил хотя бы один контурный ток.

**Текст 7.** Для определения неизвестного контурного тока  $J_{2k}$  составляем уравнение.

**Текст 8.** Знак «+» в уравнении берется потому, что контурные токи, протекающие совместно в ветви с сопротивлениями  $R_1, R_3$ , совпадают по направлению.

**Текст 9.** Если схема содержит ветвь с источником ЭДС без сопротивления, то за опорный узел берется любой из узлов, к которым подключена эта ветвь.

10. Напряжение на источнике тока равно:  $U_J = \varphi_a - \varphi_b$ .

**Задание 15.** Объясните значение выделенных выражений в текстах предыдущего задания при помощи синонимов (близких по значению слов и выражений).

**Задание 16.** Составьте короткие предложения, заменяя абстрактные существительные на глаголы-предикаты. Какой тип предиката вы использовали?

**Образец:** Суммирование чисел – числа суммируются (S (pass.) – P)

1. **Распределение** токов в параллельных ветвях («правило разброса»)

---

2. Параллельное **соединение** источников тока

---

3. Эквивалентная **замена** источника ЭДС на источник тока

---

4. **Перенос** источника тока

---

5. **Расчет** числа неизвестных токов ветвей и напряжений на источниках тока

---

6. **Определение** неизвестного контурного тока

---

7. Сдвиг фазы между входным напряжением и током (угол нагрузки)

**Задание 17.** Прочитайте тексты и определите, с какими словами слово «ток» может образовать предикаты? Выпишите все полученные сочетания.

**Образец:** В расчет вводятся вспомогательные величины – контурные токи, каждый из которых замыкается по ветвям своего контура – *контурные токи замыкаются*. Существует правило распределения токов в параллельных ветвях – *ток распределяется*.

1. Токи в ветвях представляют собой алгебраические суммы контурных токов, протекающих по тем же ветвям.
2. Токи в ветвях схемы выражаются с помощью закона Ома через потенциалы узлов.
3. Для остальных узлов составляются уравнения по 1 закону Кирхгофа для токов, выраженных через потенциалы узлов.
4. Определяем токи ветвей.
5. Ток в любой ветви равен алгебраической сумме.
6. Любые две величины (токи или напряжения) связаны линейным соотношением.
7. Контурные токи, протекающие совместно в ветви с сопротивлениями  $R_1, R_3$ , совпадают по направлению.

### Тест к теме 2

**Задание:** Проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив 1 правильный вариант.

1.	Токи, которые ... в узел.	1. входят 2. проходя Т 3. выходят
2.	Контурный ток, который ... через источник тока.	1. входит 2. проходи Т 3. выходит

3.	Токи, которые ... из узла.	1. входят 2. проходят 3. выходят
4.	Схема ... источник тока.	1. содержит 2. обладает 3. есть
5.	Токи, которые ... по ветвям.	1. ходят 2. протекают
6.	Звезда ... в треугольник.	1. становится 2. преобразуется 3. приходит
7.	Потенциал, который ... за опорный узел.	1. приняли 2. сделали 3. определили
8.	Токи в ветвях схемы ... с помощью закона Ома через потенциалы узлов.	1. выражаются 2. становятся 3. проверяются
9.	Токи, каждый из которых ... по ветвям своего контура.	1. промыкается 2. замыкается 3. смыкается
10.	Токи в параллельных ветвях ...	1. замыкаются 2. распределяются
11.	Фаза между входным напряжением и током (угол нагрузки) ...	1. сдвигается 2. продвигается 3. передвигается
12.	Контурные токи ... по направлению.	1. проходят 2. ходят 3. совпадают

### Лексика к теме 2

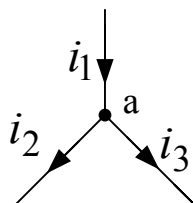
Основные понятия по теме	Глаголы
алгебраическая сумма	брать
баланс мощности	входить
вспомогательная схема	втекать
второй закон Кирхгофа	выходить
входящие в узел	вытекать
выбор	выражать
закоротка	задавать
зажим нагрузки	закорачивать

замена замыкание источники тока разомкнуты: источники ЭДС замкнуты контурный ток короткое замыкание метод двух нагрузок метод законов Кирхгофа метод контурных токов метод наложения метод узловых потенциалов метод эквивалентного генератора (ЭГ) мощность источников наложение направление обход (контура) опорный узел определение перенос потребляемая мощность правило распределения токов (правило разброса) преобразование звезды в треугольник принцип взаимности принцип линейности распределение расчет расчетный метод сдвиг соотношение сопротивление генератора сопротивления лучей звезды: сопротивления сторон треугольника токи ветвей схемы токи, выходящие из узла токи, которые входят в узел; формула Нортон-Поливанова формула Тевенена-Гельмгольца холостой ход эквивалентная замена, эквивалентные преобразования	заменять замыкать переносить получать представлять принимать размыкать распределять решать совпадать
---	---

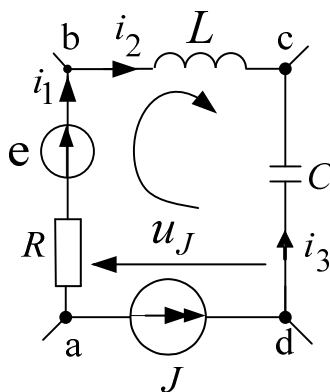


## Оригинальные материалы к теме 2

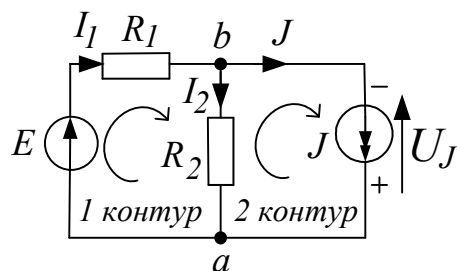
1. **Первый закон Кирхгофа** – алгебраическая сумма токов в узле равна нулю, причем со знаком плюс берутся токи, входящие в узел, а со знаком минус – выходящие из узла.  $\sum i_k = 0$ . Для узла **a**:  
 $i_1 - i_2 - i_3 = 0$



2. **Второй закон Кирхгофа** – алгебраическая сумма напряжений на элементах цепи и источниках тока равна алгебраической сумме ЭДС контура, причем со знаком плюс берутся те напряжения и ЭДС, положительные направления которых совпадают с направлением обхода контура.  $\sum u_k = \sum e_k$ . Для контура **abcd**:  $u_R + u_L - u_C + u_J = e$   
 или  $i_1 \cdot R + L \frac{di_2}{dt} - \frac{1}{C} \int i_3 dt + U_J = e$



3. **Метод законов Кирхгофа**: если цепь содержит число ветвей  $N_B$  и число узлов  $N_Y$ , то для расчета числа  $N_B$  неизвестных токов ветвей и напряжений на источниках тока составляется число  $N_Y - 1$  независимых уравнений по 1 закону Кирхгофа и число  $N_B - N_Y + 1$  независимых уравнений по 2 закону Кирхгофа.



Число ветвей  $N_B = 3$ , число узлов  $N_Y = 2$ . **Заданы:**  $E, J, R_1, R_2$ .  
**Определить:**  $I_1, I_2, U_J$ . Система уравнений по законам Кирхгофа:

$$\text{узел } a : I_1 - I_2 = J$$

$$1 \text{ контур} : I_1 R_1 + I_2 R_2 = E$$

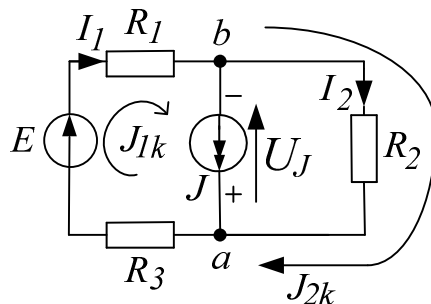
$$2 \text{ контур} : -U_J - I_2 R_2 = 0$$

**Баланс мощности.** Мощность источников:  $p_{\text{ист.}} = E \cdot I_1 + U_J \cdot J$

$$\text{Потребляемая мощность: } p_{\text{потр.}} = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2$$

4. **Метод контурных токов.** В расчет вводятся вспомогательные величины - **контурные токи**, каждый из которых замыкается по ветвям своего контура. Токи в ветвях представляют собой алгебраические суммы контурных токов, протекающих по тем же ветвям.

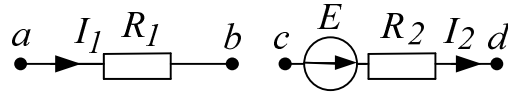
Если схема содержит источник тока, то через него должен проходить только один контурный ток, равный по величине и направлению току источника тока.



Задаем контурные токи так, чтобы через каждую ветвь схемы проходил хотя бы один контурный ток. Контурный ток, проходящий через источник тока, равен:  $J_{1k} = J$ . Для определения неизвестного контурного тока  $J_{2k}$  составляем уравнение:  $J_{2k} \cdot (R_1 + R_2 + R_3) + J_{1k} \cdot (R_1 + R_3) = E$  Знак «+» в уравнении берется потому, что контурные токи, протекающие совместно в ветви с сопротивлениями  $R_1, R_3$ , совпадают по направлению. Ток  $J_{2k}$  и ЭДС  $E$  также совпадают по направлению.

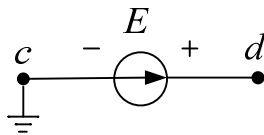
**Токи ветвей схемы:**  $I_1 = J_{1k} + J_{2k}; I_2 = J_{2k}$

5. **Метод узловых потенциалов.** Токи в ветвях схемы выражаются с помощью закона Ома через потенциалы узлов:

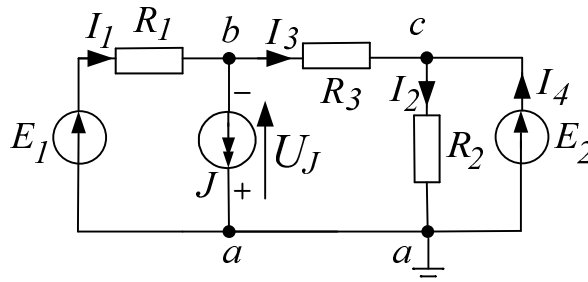


$$I_1 = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{R_1} = (\varphi_a - \varphi_b) \cdot g_1; I_2 = \frac{\varphi_c - \varphi_d + E}{R_2} = (\varphi_c - \varphi_d + E) \cdot g_2$$

Потенциал одного из узлов, принятого за **опорный узел**, принимается равным нулю. Если схема содержит ветвь с источником ЭДС без сопротивления, то за **опорный** узел берется любой из узлов, к которым подключена эта ветвь.  $\varphi_c = 0, \varphi_d = E$ .



Для остальных узлов составляются уравнения по 1 закону Кирхгофа для токов, выраженных через потенциалы узлов.



Потенциал опорного узла:  $\varphi_a = 0$ , тогда  $\varphi_c = E_2$ . Для узла **b** составляем уравнение:  $\varphi_b \cdot (g_1 + g_3) - \varphi_c \cdot g_3 - \varphi_a \cdot g_1 = E_1 \cdot g_1 - J$ .

Определяем токи ветвей:

$$I_1 = (\varphi_a - \varphi_b + E_1) \cdot g_1, I_2 = (\varphi_c - \varphi_a) \cdot g_2, I_3 = (\varphi_b - \varphi_c) \cdot g_3.$$

По 1 закону Кирхгофа определяем ток:  $I_4 = I_2 - I_3$ . Напряжение на источнике тока равно:  $U_J = \varphi_a - \varphi_b$ .

6. **Метод наложения.** В схеме, содержащей несколько источников ЭДС и источников тока, ток в любой ветви равен алгебраической сумме частичных токов от действия каждого источника в отдельности:

$$I_k = I'_k + I''_k + \dots + I^n_k. \text{ Для схемы: } I_2 = I'_2 + I''_2$$

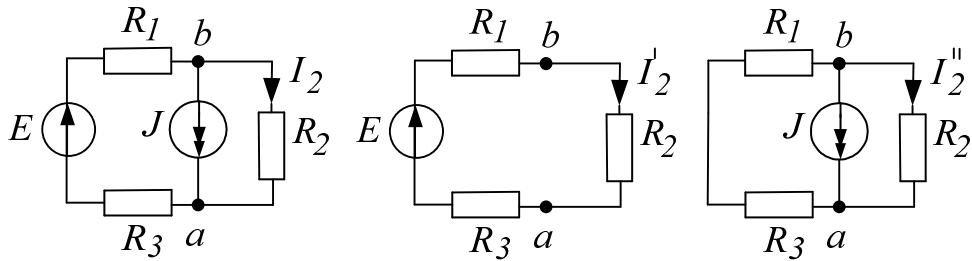


схема = 1 подсхема + 2 подсхема

**В первой подсхеме** размыкаем источник тока, имеющий бесконечное внутреннее сопротивление, и определяем:

$$I'_2 = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3}.$$

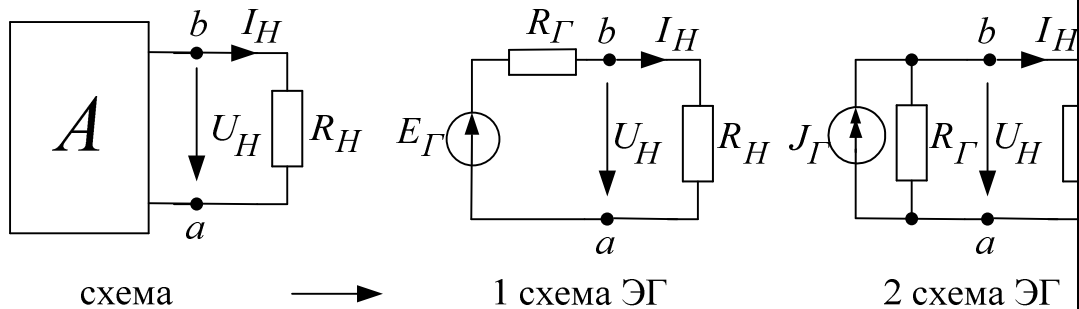
**Во второй подсхеме** замыкаем источник ЭДС, имеющий нулевое внутреннее сопротивление, и определяем:  $I''_2 = -J \frac{R_1 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$

7. **Метод эквивалентного генератора (ЭГ).** Любую сложную схему, содержащую источники электрической энергии, относительно ветви с нагрузкой можно заменить активным двухполюсником. Этот двухполюсник можно преобразовать до двух эквивалентных параметров:

$E_\Gamma$  - ЭДС генератора и  $R_\Gamma$  - сопротивление генератора или

$J_\Gamma = \frac{E_\Gamma}{R_\Gamma}$  - источник тока генератора и  $R_\Gamma$  - сопротивление

генератора.



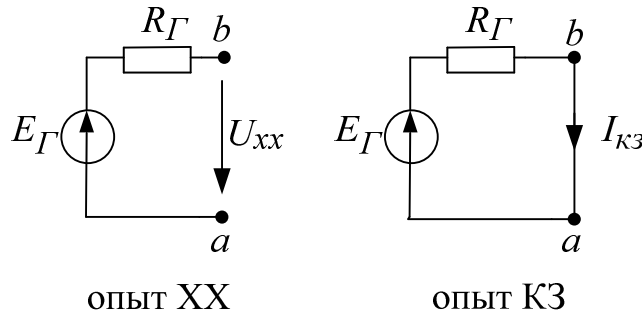
Ток в нагрузке определяется по **формуле Тевенена-Гельмгольца**

для 1 схемы ЭГ:  $I_H = \frac{E_\Gamma}{R_\Gamma + R_H}$  и **формуле Нортон-Поливанова** для

$$2 \text{ схемы ЭГ: } I_H = \frac{J_\Gamma}{1 + \frac{R_H}{R_\Gamma}}$$

Параметры ЭГ можно определить тремя методами:

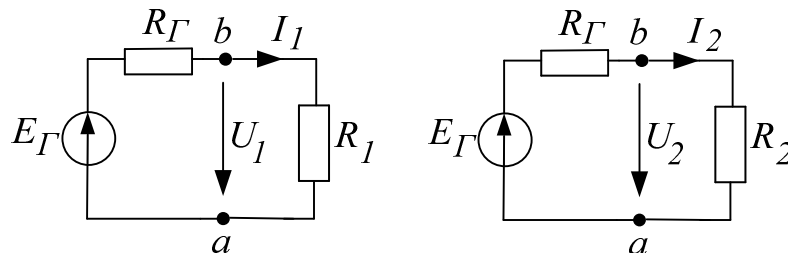
1) *из опытов холостого хода (ХХ) и короткого замыкания (КЗ):*



**В опыте ХХ:**  $R_H = \infty, I = 0, U_{XX} = E_\Gamma$ ;

**В опыте КЗ:**  $R_H = 0, U_H = 0, R_\Gamma = \frac{U_{XX}}{I_{KЗ}}$ .

2) *метод двух нагрузок:*



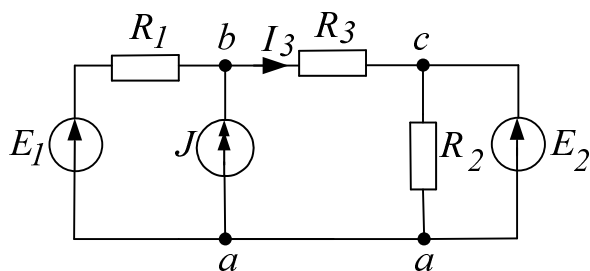
Задаются два разных сопротивления нагрузки  $R_1$  и  $R_2$ , измеряются напряжения  $U_1, U_2$  и токи  $I_1, I_2$ . Составляется система уравнений по 2

закону Кирхгофа: 
$$\begin{cases} E_\Gamma = U_1 + I_1 \cdot R_\Gamma \\ E_\Gamma = U_2 + I_2 \cdot R_\Gamma \end{cases}$$
, после решения которой,

получаем:

$$E_\Gamma = \frac{U_2 \cdot I_1 - U_1 \cdot I_2}{I_1 - I_2}, R_\Gamma = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}.$$

3) *расчетный метод:*



расчетная схема

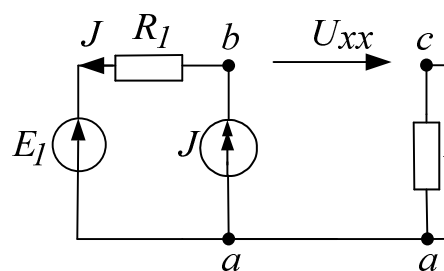
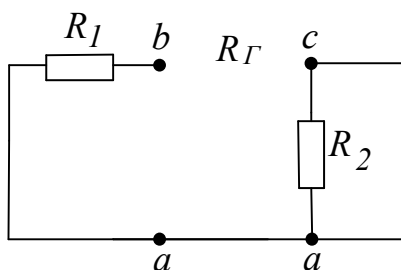


схема опыта XX

В расчетной схеме необходимо определить ток  $I_3$ . Рисуем схему опыта XX, в котором  $R_H = \infty$ , и определяем по 2 закону Кирхгофа напряжение холостого хода на разомкнутых зажимах нагрузки:

$$E_{\Gamma} = U_{xx} = E_1 - E_2 + J \cdot R_1.$$

Для определения  $R_{\Gamma}$  рисуем вспомогательную схему, в которой источники ЭДС замкнуты, а источники тока разомкнуты:

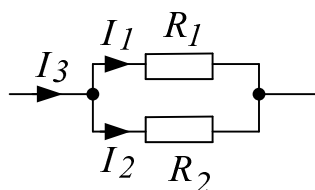


Так как сопротивление  $R_2$  замкнуто накоротко, получаем:  $R_{\Gamma} = R_1$ .

Определяем ток в нагрузке:  $I_3 = \frac{E_{\Gamma}}{R_{\Gamma} + R_3}$ .

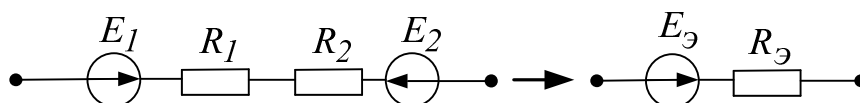
## 8. Эквивалентные преобразования электрических схем.

а) Правило распределения токов в параллельных ветвях («правило разброса»):



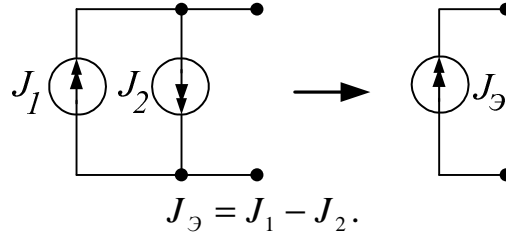
$$I_1 = I_3 \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad I_2 = I_3 \frac{R_1}{R_1 + R_2}.$$

б) Последовательное соединение ЭДС и сопротивлений:



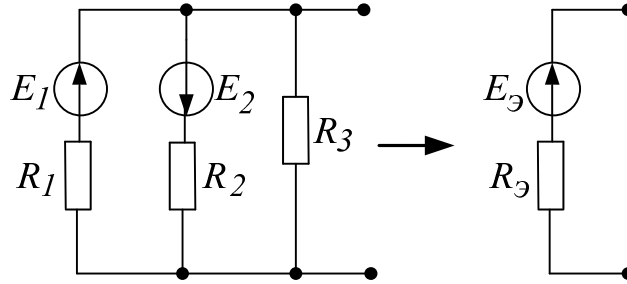
$$E_{\text{э}} = E_1 - E_2, R_{\text{э}} = R_1 + R_2.$$

в) Параллельное соединение источников тока:



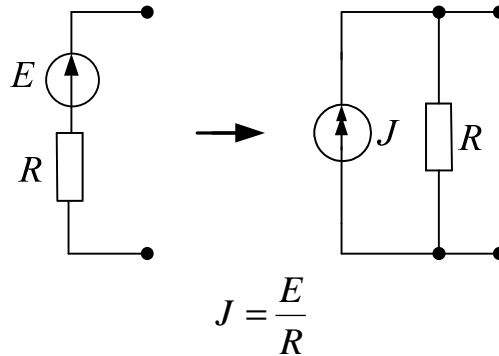
$$J_{\text{э}} = J_1 - J_2.$$

г) Параллельное соединение ветвей с ЭДС и сопротивлениями:



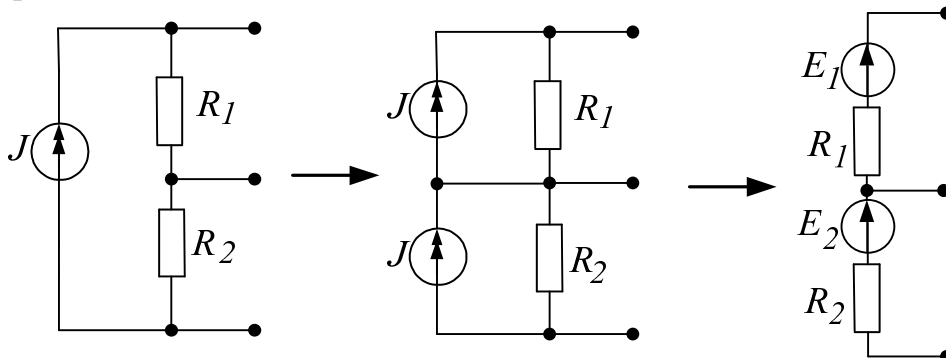
$$\frac{1}{R_{\text{э}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, E_{\text{э}} = \left( \frac{E_1}{R_1} - \frac{E_2}{R_2} \right) \cdot R_{\text{э}}.$$

д) Эквивалентная замена источника ЭДС на источник тока и наоборот:



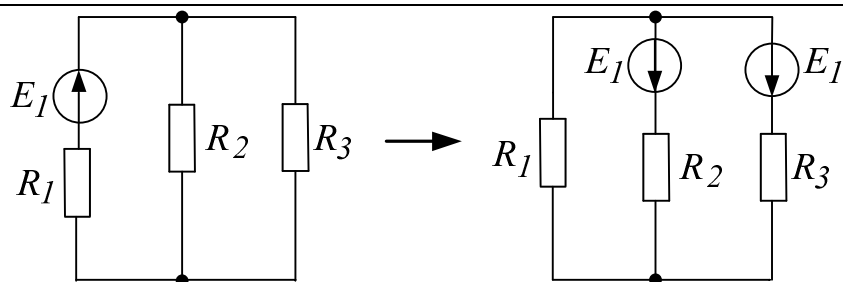
$$J = \frac{E}{R}$$

е) Перенос источника тока:

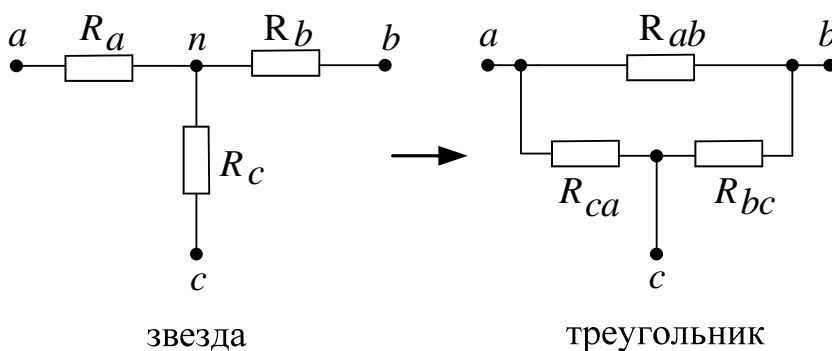


где  $E_1 = J_1 \cdot R_1, E_2 = J_2 \cdot R_2$

ж) Перенос источника ЭДС через узел:



з) Преобразование звезды в треугольник и наоборот:



Сопротивления сторон треугольника:  $R_{ab} = R_a + R_b + \frac{R_a \cdot R_b}{R_c}$ ,

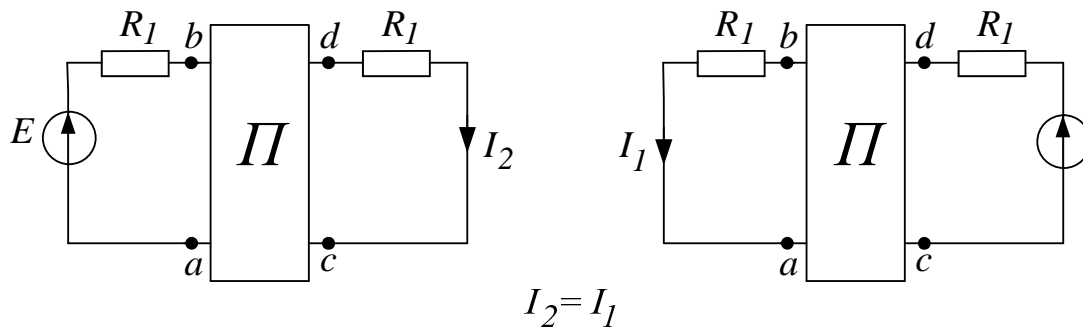
$R_{bc} = R_b + R_c + \frac{R_b \cdot R_c}{R_a}$ ,  $R_{ca} = R_c + R_a + \frac{R_c \cdot R_a}{R_b}$ .

Сопротивления лучей звезды:

$R_a = \frac{R_{ab} \cdot R_{ca}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$ ,  $R_b = \frac{R_{bc} \cdot R_{ab}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$ ,  $R_c = \frac{R_{ca} \cdot R_{bc}}{R_{ab} + R_{bc} + R_{ca}}$ .

### 9) Свойства линейных цепей.

а) Принцип взаимности. Применяется для цепи с одним источником ЭДС. Ток  $I_{cd}$  в ветви **cd**, создаваемый ЭДС  $E$ , расположенной в ветви **ab**, равен току  $I_{ab}$  в ветви **ab**, если в ветвь **cd** переместить ту же ЭДС  $E$ .





б) *Принцип линейности.* В линейной цепи при изменении какого-либо из параметров (источника ЭДС, источника тока или сопротивления), любые две величины (токи или напряжения) связаны линейным соотношением вида:

$$y = a \cdot x + b$$

### **Контрольные вопросы по электротехнике (тема 2)**

1. Можно ли записать уравнение по второму закону Кирхгофа для контура, одна из ветвей которого содержит только идеальный источник тока?
2. Возможно ли применение метода контурных токов для расчета токов в цепи, содержащей ветвь с нулевым сопротивлением?
3. Может ли через источник тока проходить два контурных тока?
4. Можно ли записать уравнение по методу узловых потенциалов для узла, сопротивление одной из ветвей которого равно нулю?
5. Чему равна проводимость ветви с источником тока?
6. Как определяется число подсхем в методе наложения?
7. В каждой подсхеме оставляют один источник, а что делают с остальными?
8. Какой суммой частичных токов (арифметической или алгебраической) определяются токи ветвей в методе наложения?
9. От чего зависит сопротивление эквивалентного генератора?

### ТЕМА 3. РАСЧЕТ ЦЕПЕЙ С СИНУСОИДАЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ И ТОКАМИ

#### Задачи:

- ✓ познакомиться с новыми словами по теме;
- ✓ повторить ранее изученные грамматические вопросы: «способы сочетаний слов – управление, согласование, примыкание – и их значение», «образование абстрактных существительных», «образ действия» и др.;
- ✓ научиться читать и понимать толкование сложных определений;
- ✓ узнать способ речевого описания технических расчетов;
- ✓ читать и воспроизводить учебно-научные тексты по электротехнике.

#### I. Лексико-грамматическая работа

##### 1. Новые слова и выражения

**Задание 1.** Соедините слова левой и правой колонок, противоположные по значению. Составьте с ними словосочетания.

действительный		отстать/ отставать от кого/ от чего
опередить/ кого/что	опережать	постоянный
переменный		волновой
векторный		мнимый

**Задание 2.** Соедините слова левой и правой колонок, близкие по значению. Составьте с ними словосочетания.

мгновенный	совокупный
комплексный	соединение, связывание
прибор	краткий, недолгий
график	изображение
операция	установка, аппарат
коэффициент	действие, акт
сопряжение	множитель, фактор

**Задание 3.** Определите значение слов, построенных по моделям *нагрева-тель* и *нагрева-тель-н-ый*, при помощи глагола. Составьте сочетания с этими словами.

-тель	глагол	прилагательное (-н-)	сочетание со словами
<i>нагреватель</i>	<i>нагревать</i>	<i>нагревательный</i>	<i>нагревательный прибор</i>
осветитель			
показатель			
двигатель			

**Задание 4.** Образуйте существительные и прилагательные по образцу (первая строчка)

глагол	абстрактно е существительно е	абстрактное существительное	прилагательное
<i>сопротивля ться</i>	<i>сопротивл ение</i>	<i>индуктивнос ть</i>	<i>индуктивн ый</i>
извлекать		погрешность	
интегрирова ть		плоскость	
питать		емкость	
соединять		совокупност ь	
делить		проводимос ть	

## II. Научная дефиниция (определение). Техника ее прочтения и воспроизведения

**Задание 1.** Чтобы прочесть определение понятия «синусоида» и понять его, ответьте на вопросы-шаги. Ответы запишите. Устно повторите определение, опираясь только на вопросы-шаги.

*Синусоида – волнообразная кривая линия, графически изображающая изменения синуса в зависимости от изменения угла.*

1. Что (понятие) – это что (предмет)?

---

2. Какое действие совершает предмет?

---

3. Как, каким образом совершает действие?

---

4. Имеется ли условие совершения действия?

---

**Задание 2.** Запишите вопросы-шаги для определения понятия «синусоидальный ток», «абсцисса», «векторная диаграмма», «волновая диаграмма».

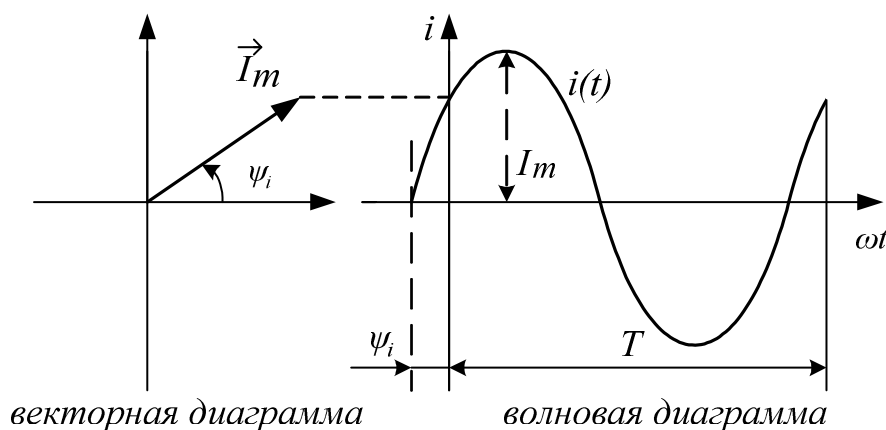
Синусоидальный ток – это величина, мгновенное значение которой меняется по синусоидальному закону.

Абсцисса – одна из прямоугольных координат, определяющих положение точки на плоскости или в пространстве.

Векторная диаграмма – это изображение синусоиды в виде вращающегося вектора в прямоугольной системе координат.

Волновая диаграмма – это график зависимости синусоидального тока от времени.

**Задание 3.** Устно повторите определения понятий «векторная диаграмма», «волновая диаграмма», указывая на графики.



### III. Чтение учебно-научного текста

#### 1. Текст описательного характера

Предтекстовая работа

**Задание 1.** Прочитайте словосочетания в каждой колонке. Обратите внимание на способ связи слов. Как вы думаете, по какому принципу разделены словосочетания? Запишите смысловые вопросы в нижней графе таблицы.

1	2	3	4
переменный ток	расчет цепей тока	применяются для питания	расчет производится методом
промышленные и бытовые потребители	значение тока и напряжения	изображать для преобразования (чтобы преобразовать)	измеряется приборами
электромагнитная и электродинамическая системы	уравнения состояния цепи		производится с помощью чисел
символический метод	изображение токов и напряжений		изображение в комплексной форме
	приборы системы		позволяет преобразовать в уравнения
	питание потребителей системы		

**Задание 2.** Для понимания терминологического словосочетания «действующее значение» ответьте на вопросы-шаги.

*Действующее значение переменного тока численно равно такому постоянному току, который за время, равное периоду переменного тока, выделяет в проводнике такое же количество тепла, что и переменный ток.*

1. Чему равно действующее значение переменного тока?

2. Какое действие совершает (который) постоянный ток за определенное время?

---

3. Чему равно время выделения в проводнике тепла?

---

4. Чему равно количество тепла, который выделяет постоянный ток?

---

**Обратите внимание** на парные сочетания-усилители смысла: *такой, который ..., такое же, что и...*

**Задание 3.** Прочитайте текст и выполните послетекстовую работу.

Синусоидальные токи и напряжения широко применяются для питания промышленных и бытовых потребителей – электродвигателей, нагревателей, осветительных приборов и т.д. Расчет таких цепей производится символическим методом с помощью комплексных чисел. Изображение синусоидальных токов и напряжений в комплексной форме позволяет преобразовать интегро-дифференциальные уравнения состояния цепи в алгебраические уравнения, решать которые значительно легче.

Расчет цепей переменного тока ведется для действующих значений токов и напряжений, которые измеряются приборами (амперметрами и вольтметрами) электромагнитной и электродинамической систем. Действующее значение переменного тока численно равно такому постоянному току, который за время, равное периоду переменного тока, выделяет в проводнике такое же количество тепла, что и переменный ток.

#### Послетекстовая работа

**Задание 4.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое синусоидальные токи и где они применяются?
2. Как производится расчет цепей с синусоидальным напряжением?
3. С какой целью изображают синусоидальные токи и напряжения в комплексной форме?
4. Для каких значений ведется расчет цепей переменного тока?
5. Как измеряется действующее значение переменного тока?

6. Чему равно действующее значение переменного тока?

## 2. Описание графического изображения

Предтекстовая работа

**Задание 1.** Прочитайте словосочетания. Какой общий смысловый вопрос можно задать в словосочетаниях от главного слова к зависимому?

синусоидальная функция	функция времени
комплексное число	время напряжения или тока
комплексная плоскость	изображение в виде числа
изображение на комплексной плоскости	

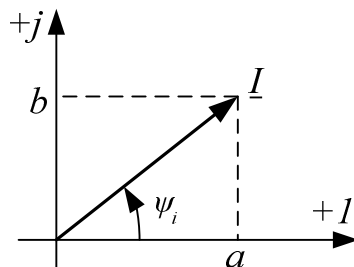
**Задание 2.** Прочитайте текст и выполните послетекстовую работу.

Изображение синусоидальных токов и напряжений  
комплексными числами

Синусоидальной функции времени напряжения или тока соответствует изображение в виде комплексного числа (КЧ) на комплексной плоскости:

$$i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_i) \leftrightarrow \dot{I} = I \cdot e^{j\psi_i} = a + jb,$$

где  $j = \sqrt{-1}$  – мнимая единица;  $\dot{I}$  – комплекс действующего значения тока;  $I \cdot e^{j\psi_i}$  – показательная форма записи КЧ;  $a + jb$  – алгебраическая форма записи КЧ;  $a = \operatorname{Re}(I \cdot e^{j\psi_i})$  – действительная часть КЧ;  $b = \operatorname{Im}(I \cdot e^{j\psi_i})$  – мнимая часть КЧ.



Система координат  $(+j, +1)$  называется комплексной плоскостью, где  $(+1)$  – действительная ось,  $(+j)$  – мнимая ось.

### Послетекстовая работа.

**Задание 3.** Представьте ситуацию, что вы объясняете студентам младших курсов, как изображаются синусоидальные токи и напряжения комплексными числами. Вам необходимо передать эту информацию на доске, используя математические формулы, графики.

Используйте «вопросы-подсказки»:

1. Что соответствует синусоидальной функции времени напряжения или тока? Дополните свой ответ математической формулой.

2. Что значит в формуле обозначения:

$$j, I, I \cdot e^{j\psi_i}, a + jb, a = \operatorname{Re}(I \cdot e^{j\psi_i}), b = \operatorname{Im}(I \cdot e^{j\psi_i})?$$

3. Как называется система координат  $+j, +1$ ?

4. Что значит мнимая и действительная оси? Покажите их на графике.

### **3. Текст-модель для описания технического расчета**

Для описания технического расчета используют типовую модель текста: Рассмотрим, например, **модель описания** последовательного соединения  $R, L, C$ :

1. Утверждается факт, основанный на чем-либо (например, законе).

При ....

2. На основании этого факта выполняется действие (для описания действия используется глагол 1 лица мн.ч. настоящего времени = мы).

Построим ...

3. В результате действия определяется результат и его детализация.

Получим (получаем) ..., где ...

4. Выявляются новые возможности или детали.

На основании получаем ...

5. Подводится итог расчета.

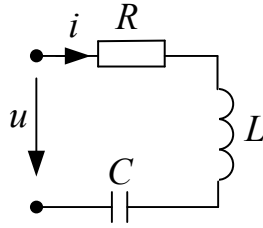
На основании (...) составляется ...

#### **Обратите внимание:**

- ✓ пункты №№ 4–5 могут быть объединены.
- ✓ в некоторых случаях возможно сокращение этой модели.

**Текст.** «Последовательное соединение  $R, L, C$ »





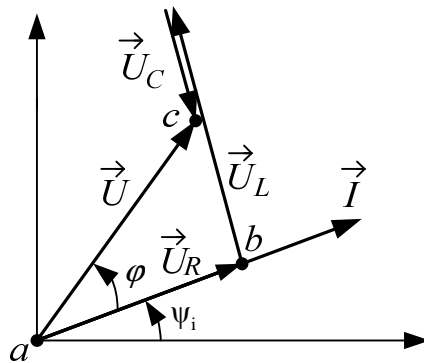
1. При токе  $i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$  по 2 закону Кирхгофа входное напряжение равно:  $u = u_R + u_L + u_C$ .

2. Построим векторную диаграмму для действующих значений тока и напряжений.

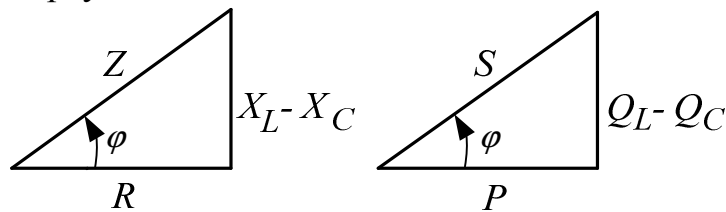
3. Получим треугольник напряжений abc,

где  $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$  – действующее значение входного напряжения;  $\varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R}$  – сдвиг фазы между входным напряжением и током (угол нагрузки).

$u = \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + \psi_i + \varphi)$  – мгновенное значение входного напряжения.



4. На основании треугольника напряжений получаем треугольник сопротивлений и треугольник мощностей:

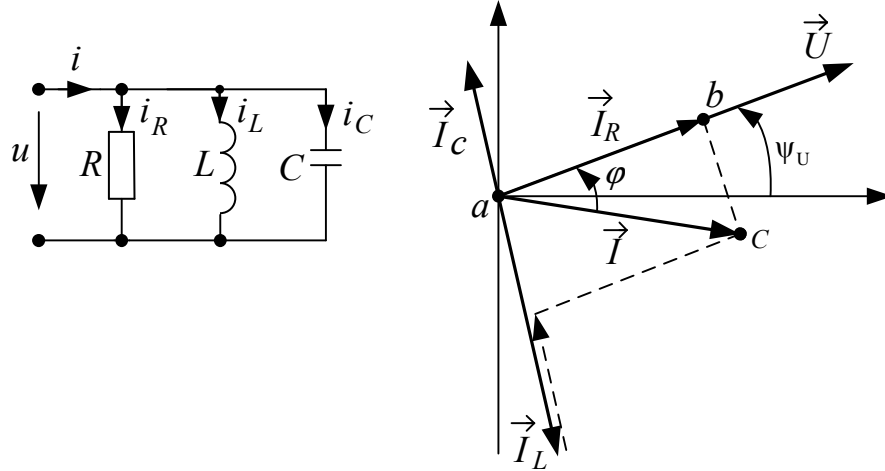


5. На основании треугольника мощностей составляется баланс мощности электрической цепи.

**Задание 1.** Заполните пропуски в тексте-описании расчета параллельного соединения  $R, L, C$ , используя материал для справок.

Материал для справок: 1 закон Кирхгофа, получить/получать, где, основание, построить векторную диаграмму, напряжение.

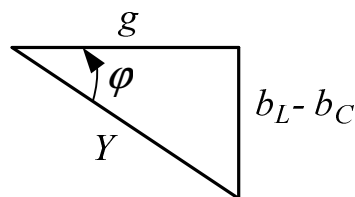
Текст «Параллельное соединение  $R, L, C$ »



\_\_\_\_\_  $u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$  \_\_\_\_\_ входной ток равен:  $i = i_R + i_L + i_C$ . \_\_\_\_\_ для действующих значений напряжения токов, \_\_\_\_\_ треугольник токов abc, \_\_\_\_\_  $I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$  – действующее значение входного тока,  $\varphi = \arctg \frac{I_L - I_C}{I_R}$  – сдвиг фазы между входным напряжением и током (угол нагрузки).

$i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_u - \varphi)$  – мгновенное значение входного тока.

\_\_\_\_\_ треугольника токов \_\_\_\_\_ треугольник проводимостей.



### Тест к теме 3

**Задание:** Проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов и глагольных форм с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив все возможные варианты.

1.	Синусоидальные токи и напряжения широко ... для питания промышленных и бытовых потребителей.	1. считаются 2. применяются 3. потребляются
2.	Расчет таких цепей ... символическим методом.	1. производится 2. проводится 3. осуществляется
3.	Изображение синусоидальных токов и напряжений в комплексной форме ... интегро-дифференциальные уравнения состояния цепи в алгебраические уравнения.	1. позволяет преобразовать 2. позволяет показать
4.	Расчет цепей переменного тока ... для действующих значений токов и напряжений.	1. ведется 2. проводится 3. осуществляется 4. рассчитывается
5.	На основании треугольника мощностей ... баланс мощности электрической цепи.	1. составляется 2. определяется 3. имеется
6.	Синусоидальной функции времени напряжения ... изображение в виде комплексного числа.	1. соответствует 2. называется 3. является
7.	Ток ... в проводнике определенное количество тепла.	<b>1.</b> проявляет <b>2.</b> выделяет
8.	Абсцисса – одна из прямоугольных координат, ... положение точки на плоскости или в пространстве.	1. определяющих 2. показывающих 3. проявляющих
9.	Векторная диаграмма ... синусоиду в виде вращающегося вектора в прямоугольной системе координат	1. показывается 2. изображает 3. демонстрирует 4. осуществляет
10.	Синусоида – волнообразная кривая линия, графически ... изменения синуса в зависимости от изменения угла.	1. изображающая 2. показывающая 3. демонстрирующая 4. осуществляющая

### Лексика к теме 3

Основные понятия по теме	Глаголы
алгебраическая форма записи	изменяться

<p>         комплексного числа          амплитуда          баланс мощности в комплексной форме          векторная диаграмма          волновая диаграмма          действительная ось          действительная часть комплексного числа          действующее значение          ёмкостная реактивная проводимость          ёмкостное реактивное сопротивление          законы электротехники в комплексной          форме          индуктивная реактивная проводимость          индуктивное реактивное сопротивление          комплексная плоскость          комплексное число          мгновенная активная мощность          мнимая единица          мнимая ось          мнимая часть комплексного числа          начальная фаза          период синусоиды          показательная форма записи комплексного          числа          полная мощность          полная проводимость          полное сопротивление          синусоидальный ток          треугольник напряжений (сопротивлений)          (мощностей) (проводимостей)          угловая частота          угол сдвига фаз          частота       </p>	<p>         использовать          опережать          отставать          совпадать          соответствовать          строить       </p>
--	--

### Оригинальные материалы к теме 3

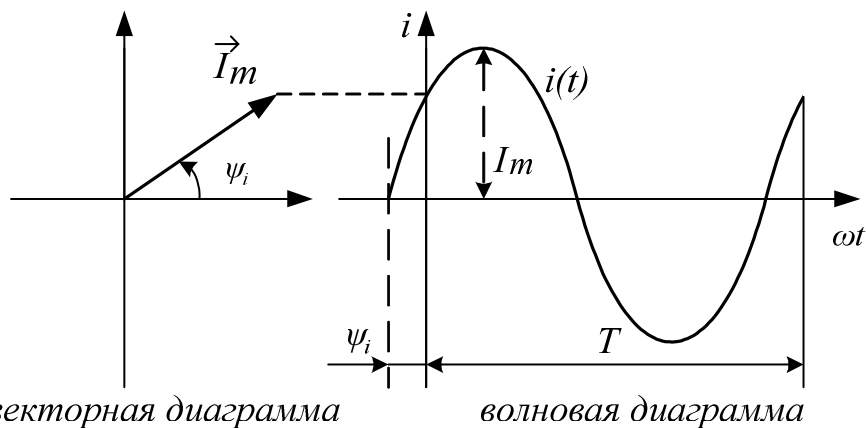
1. **Синусоидальный ток** (напряжение) – это величина, мгновенное значение которой меняется по синусоидальному закону. Например, для тока  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ , где  $I_m$  – амплитудное (максимальное)

значение тока;  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$  (рад/с, радиан/секунду) – угловая частота;

$f = \frac{1}{T}$  (Гц, Герц) – частота;  $T$  (с, секунда) – период синусоиды;

$\psi_i$  (рад), (градус) – начальная фаза.

**Векторная диаграмма** – это изображение синусоиды в виде вращающегося вектора в прямоугольной системе координат. Длина вектора равна амплитуде синусоиды. Угол поворота вектора равен начальной фазе и отсчитывается от оси абсцисс против часовой стрелки. **Волновая диаграмма** – это график зависимости синусоидального тока от времени.



Действующее значение тока (напряжения):

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} = I_m / \sqrt{2}, \quad U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt} = U_m / \sqrt{2}.$$

## 2. Резистор в цепи синусоидального тока

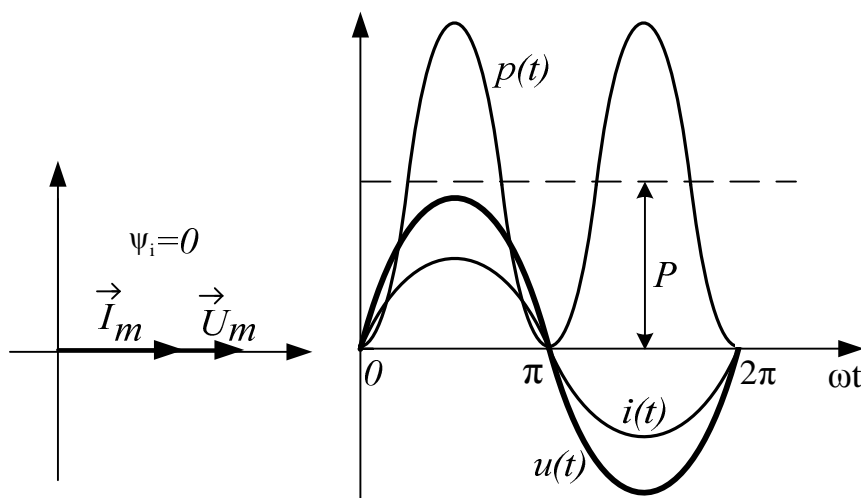
При токе  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ ,

по закону Ома  $u = i \cdot R = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \psi_i)$ .

Для действующих значений:  $U = I \cdot R$ . Ток и напряжение в резисторе совпадают по фазе, т.е. угол сдвига фаз  $\varphi = 0$ .

Мгновенная активная мощность:

$$p = u \cdot i = 2 \cdot I^2 \cdot R \cdot \sin^2(\omega t + \psi_i) = I^2 R \cdot (1 - \cos 2(\omega t + \psi_i)).$$



Средняя за период  $T$  активная мощность:  $P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = I^2 R$ , Вт

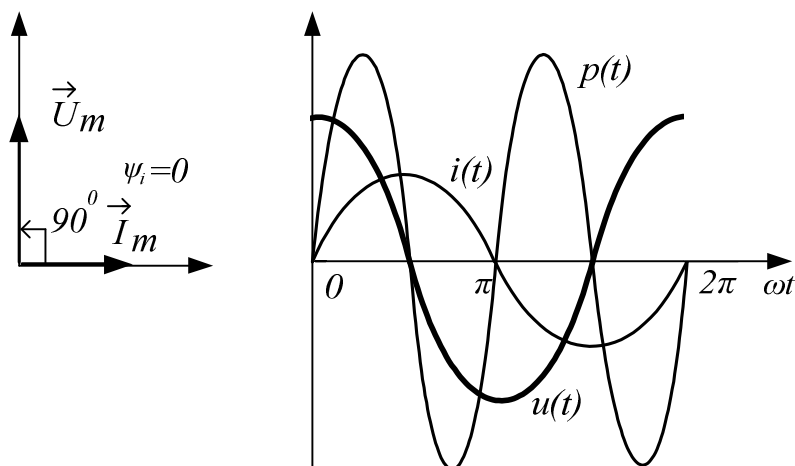
$P$  – называется активной мощностью и используется в балансе активных мощностей.

### 3. Индуктивность в цепи синусоидального тока

При токе  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ , по закону электромагнитной индукции:  $u = L \frac{di}{dt} = \sqrt{2} \cdot I \omega L \cdot \cos(\omega t + \psi_i) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t + \psi_i + 90^\circ)$

Для действующих значений:  $U = I \cdot \omega \cdot L = I \cdot X_L$ , где  $X_L$  (Ом) – индуктивное реактивное сопротивление.

Напряжение на индуктивности опережает ток на  $90^\circ$ , т.е. угол сдвига фаз  $\varphi = 90^\circ$ .



Мгновенная активная мощность:

$$p = u \cdot i = 2 \cdot I^2 \cdot X_L \cdot \sin(\omega t + \psi_i) \cdot \cos(\omega t + \psi_i) = Q_L \cdot \sin 2(\omega t + \psi_i),$$

где  $Q_L = I^2 \cdot X_L$  (вар) – индуктивная реактивная мощность, применяется в балансе реактивных мощностей.

Средняя за период  $T$  активная мощность:  $P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = 0$ .

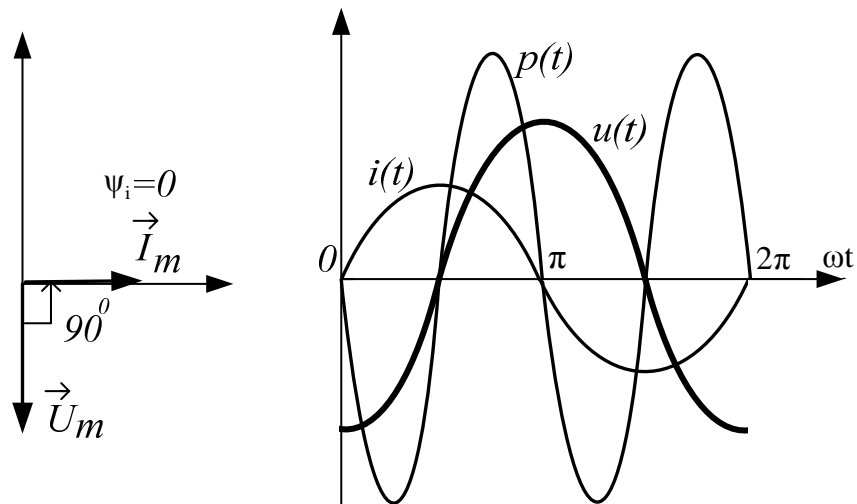
Когда  $p \geq 0$  индуктивность запасает энергию в магнитном поле, тогда  $p \leq 0$ , запасенная энергия возвращается в сеть.

#### 4. Ёмкость в цепи синусоидального тока

При токе  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$  для напряжения получим:  

$$u = \frac{1}{C} \int i(t) \cdot dt = -\sqrt{2} \cdot \frac{I}{\omega \cdot C} \cdot \cos(\omega t + \psi_i) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ).$$

Для действующих значений:  $U = \frac{I}{\omega \cdot C} = I \cdot X_C$ , где  $X_C$  (Ом) – емкостное реактивное сопротивление. Напряжение на ёмкости отстает от тока на  $90^\circ$ , т.е. угол сдвига фаз  $\varphi = -90^\circ$ .



Мгновенная активная мощность:

$$p = u \cdot i = -2 \cdot I^2 X_C \cdot \sin(\omega t + \psi_i) \cdot \cos(\omega t + \psi_i) = Q_C \cdot \sin 2(\omega t + \psi_i)$$

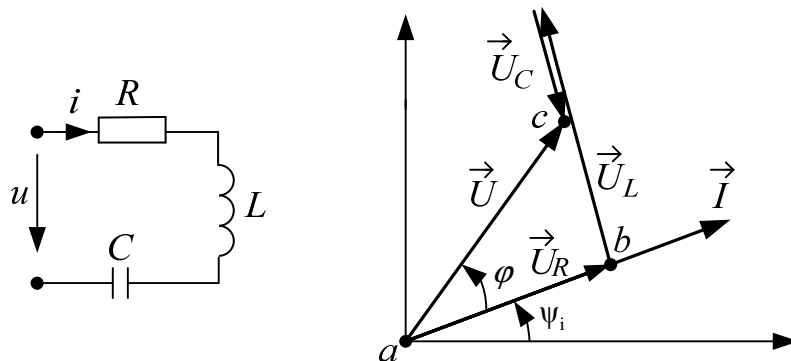
где  $Q_C = -I^2 \cdot X_C$  (вар) – емкостная реактивная мощность, применяется в балансе реактивных мощностей.

Средняя за период  $T$  активная мощность:  $P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt = 0$ .

Когда  $p \geq 0$  ёмкость запасает энергию в электрическом поле,

$p \leq 0$ , запасенная энергия возвращается в сеть.

### 5. Последовательное соединение $R, L, C$



При токе  $i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$ , по 2 закону Кирхгофа входное напряжение равно:  $u = u_R + u_L + u_C$ .

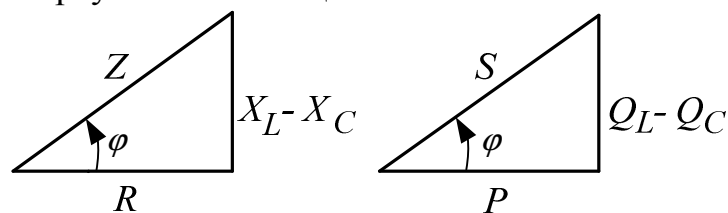
Построим векторную диаграмму для действующих значений тока и напряжений.

Получим треугольник напряжений abc, где  $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$  – действующее значение входного напряжения,

$\varphi = \arctg \frac{U_L - U_C}{U_R}$  – сдвиг фазы между входным напряжением и током (угол нагрузки).

$u = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \psi_i + \varphi)$  – мгновенное значение входного напряжения.

На основании треугольника напряжений получаем треугольник сопротивлений и треугольник мощностей:



Из треугольника сопротивлений:

$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \quad \varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R},$$

где  $Z$  (Ом) – полное сопротивление цепи.

Из треугольника мощностей:

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}, \quad \varphi = \arctg \frac{Q_L - Q_C}{P},$$



где  $S$  (ВА) – полная мощность цепи;

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \text{ – коэффициент мощности.}$$

На основании треугольника мощностей составляется баланс мощности электрической цепи.

а) мощность источников:  $S_{\text{и}} = U \cdot I$ ,  $P_{\text{и}} = S \cdot \cos \varphi$ ,  $Q_{\text{и}} = S \cdot \sin \varphi$ .

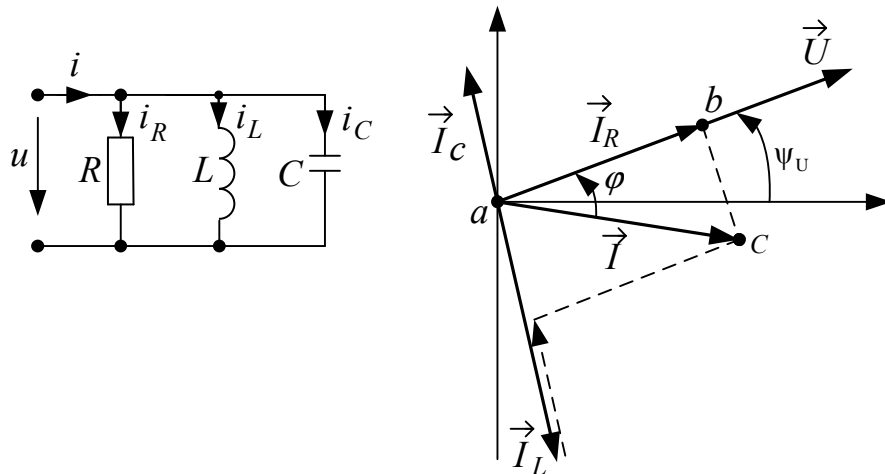
б) потребляемая мощность:

$$P_{\text{п}} = I^2 \cdot R, \quad Q_{\text{п}} = I^2 \cdot X_L - I^2 \cdot X_C, \quad S_{\text{п}} = \sqrt{P^2 + Q^2}.$$

Погрешность расчета (небаланс):

$$\delta_P = \frac{|P_{\text{и}} - P_{\text{п}}|}{P_{\text{и}}} \cdot 100\% \leq 3\%, \quad \delta_Q = \frac{|Q_{\text{и}} - Q_{\text{п}}|}{Q_{\text{и}}} \cdot 100\% \leq 3\%$$

### 6. Параллельное соединение $R, L, C$ .

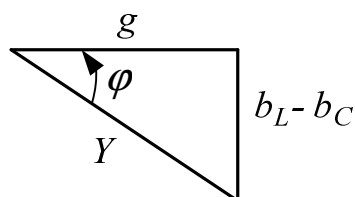


При напряжении  $u = \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$ , по 1 закону Кирхгофа входной ток равен:  $i = i_R + i_L + i_C$ . Построим векторную диаграмму для действующих значений напряжения токов. Получим треугольник токов abc, где  $I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$  – действующее значение входного тока,

$$\varphi = \arctg \frac{I_L - I_C}{I_R} \text{ – сдвиг фазы между входным напряжением и током (угол нагрузки).}$$

$$i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_u - \varphi) \text{ – мгновенное значение входного тока.}$$

На основании треугольника токов получаем треугольник проводимостей.



Из треугольника проводимостей:

$$Y = \frac{I}{U} = \sqrt{g^2 + (b_L - b_C)^2}, \varphi = \arctg \frac{b_L - b_C}{g},$$

где  $Y$  (См) – полная проводимость цепи;

$g = \frac{1}{R}$  (См) – активная проводимость;

$b_L = \frac{1}{X_L}$  (См) – индуктивная реактивная проводимость;

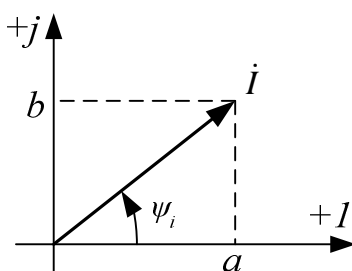
$b_C = \frac{1}{X_C}$  (См) – емкостная реактивная проводимость.

### 7. Изображение синусоидальных токов и напряжений комплексными числами.

Синусоидальной функции времени напряжения или тока соответствует изображение в виде комплексного числа (КЧ) на комплексной плоскости.

$$i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_i) \leftrightarrow \dot{I} = I \cdot e^{j\psi_i} = a + jb,$$

где  $j = \sqrt{-1}$  – мнимая единица;  $\dot{I}$  – комплекс действующего значения тока;  $I \cdot e^{j\psi_i}$  – показательная форма записи КЧ;  $a + jb$  – алгебраическая форма записи КЧ;  $a = \text{Re}(I \cdot e^{j\psi_i})$  – действительная часть КЧ;  $b = \text{Im}(I \cdot e^{j\psi_i})$  – мнимая часть КЧ.



Система координат  $(+j, +1)$  называется комплексной плоскостью.

$(+1)$  – действительная ось,  $(+j)$  – мнимая ось.

Обе формы КЧ связаны тригонометрическими соотношениями:

$$a = I \cdot \cos \psi_i, \quad b = I \cdot \sin \psi_i, \quad I = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \psi_i = \arctg \frac{b}{a} \pm 180^\circ,$$

причем ( $\pm 180^\circ$ ) учитывается, когда  $a \leq 0$ .

### **Операции с комплексными числами**

1) сложение и вычитание:

$$\dot{A}_1 \pm \dot{A}_2 = (a_1 + jb_1) \pm (a_2 + jb_2) = (a_1 \pm a_2) + (b_1 \pm b_2)j = a_3 + jb_3 = \dot{A}_3$$

2) умножение:

$$\dot{A}_1 \cdot \dot{A}_2 = A_1 \cdot e^{j\psi_1} \cdot A_2 \cdot e^{j\psi_2} = A_1 \cdot A_2 \cdot e^{j(\psi_1 + \psi_2)} = A_3 \cdot e^{j\psi_3} = \dot{A}_3$$

$$3) \text{ деление: } \frac{\dot{A}_1}{\dot{A}_2} = \frac{A_1 \cdot e^{j\psi_1}}{A_2 \cdot e^{j\psi_2}} = \frac{A_1}{A_2} \cdot e^{j(\psi_1 - \psi_2)} = A_3 \cdot e^{j\psi_3} = \dot{A}_3$$

$$4) \text{ возведение в степень: } (A \cdot e^{j\psi})^n = A^n \cdot e^{j\psi \cdot n}$$

$$5) \text{ извлечение корня: } \sqrt[n]{A \cdot e^{j\psi}} = \sqrt[n]{A} \cdot e^{j \frac{\psi}{n}}$$

6) комплексно-сопряжённое число  $\dot{A}^*$ : если  $\dot{A} = A \cdot e^{j\psi} = a + jb$ ,

то

$$\dot{A}^* = A \cdot e^{-j\psi} = a - jb$$

7) некоторые соотношения:

$$j = e^{j90^\circ}; \quad (-j) = e^{-j90^\circ}; \quad 1 = e^{j0^\circ}; \quad (-1) = e^{j180^\circ}; \quad \frac{1}{j} = -j; \quad j^2 = -1$$

8) дифференцирование:

т.к.  $(\sqrt{2} \cdot A \cdot \sin(\omega t + \psi))' = (\sqrt{2} \cdot \omega \cdot A \cdot \sin(\omega t + \psi + 90^\circ))$ , то

$$(A \cdot e^{j\psi})' = \omega \cdot A \cdot e^{j(\psi + 90^\circ)} = j \cdot \omega \cdot \dot{A}$$

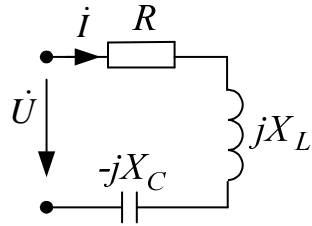
9) интегрирование:

т.к.  $\int \sqrt{2} \cdot A \cdot \sin(\omega t + \psi_i) \cdot dt = \sqrt{2} \cdot \frac{A}{\omega} \cdot \sin(\omega t + \psi_i - 90^\circ)$ , то

$$\int A \cdot e^{j\psi} dt = \frac{A}{\omega} \cdot e^{j(\psi - 90^\circ)} = \frac{\dot{A}}{j \cdot \omega} = -j \cdot \frac{\dot{A}}{\omega}$$

### **8. Законы электротехники в комплексной форме:**

а) закон Ома. При токе  $i = \sqrt{2} \cdot I \cdot \sin(\omega t + \psi_i)$ , в комплексной форме получим изображения действующих значений тока и напряжений на элементах:  $\dot{I} = I \cdot e^{j\psi_i}$ ,  $\dot{U}_R = \dot{I} \cdot R$ ,  $\dot{U}_L = \dot{I} \cdot jX_L$ ,  $\dot{U}_C = \dot{I} \cdot (-jX_C)$ .

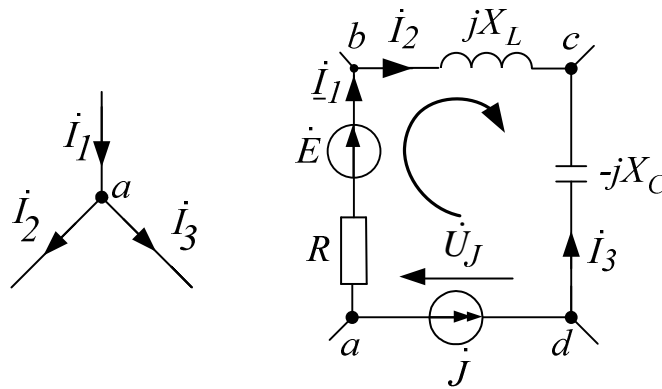


Полное комплексное сопротивление цепи:

$$\underline{Z} = R + jX_L - jX_C = Z \cdot e^{j\varphi}$$

Входное напряжение:  $\dot{U} = \dot{I} \cdot \underline{Z} = U \cdot e^{j(\psi_i + \varphi)} = U \cdot e^{j\psi_u}$ .

б) первый закон Кирхгофа:  $\dot{I}_1 - \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0$ .



г) второй закон Кирхгофа:  $\dot{U}_R + \dot{U}_L - \dot{U}_C + \dot{U}_J = \dot{E}$  или

$$\dot{I}_1 \cdot R + \dot{I}_2 \cdot jX_L - \dot{I}_3 \cdot (-jX_C) + \dot{U}_J = \dot{E}.$$

### 8. Баланс мощности в комплексной форме

мощность источников:

$$\dot{S}_{\text{и}} = \sum \dot{E} \cdot \dot{I}^* + \sum \dot{U}_J \cdot \dot{J}^* = S \cdot e^{j\varphi} = S \cdot \cos \varphi + j \cdot S \cdot \sin \varphi = P_{\text{и}} + jQ_{\text{и}}$$

активная потребляемая мощность:  $P_{\text{п}} = \sum I^2 \cdot R$

реактивная потребляемая мощность:  $Q_{\text{п}} = \sum I^2 \cdot X_L - \sum I^2 \cdot X_C$

погрешность расчета (небаланс):

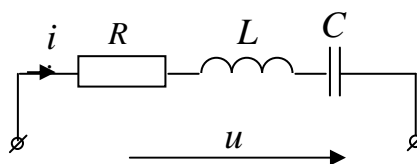
$$\delta_P = \frac{|P_{\text{и}} - P_{\text{п}}|}{P_{\text{и}}} \cdot 100\% \leq 3\%, \quad \delta_Q = \frac{|Q_{\text{и}} - Q_{\text{п}}|}{Q_{\text{и}}} \cdot 100\% \leq 3\%$$

### Контрольные вопросы по теме 3

1. Какое из выражений для цепи синусоидального тока, состоящей из последовательно соединенных  $R$ ,  $L$  и  $C$ , содержит ошибку?

а)  $x_C = 2\pi fC$ ; б)  $x_L = 2\pi fL$ ; в)  $Z = \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$ ; г)  $\cos\varphi = R/Z$ .

2. Ток в цепи изменяется по закону  $i(t) = I_m \sin \omega t$ . Какое из



выражений несправедливо, если  $U_L > U_C$ ?

а)  $u = U_m \sin(\omega t + \varphi)$ ,  $\varphi > 0$ ;

б)  $u_L = U_{mL} \sin(\omega t + 90^\circ)$ ; в)  $u_R = U_{mR} \sin \omega t$ ;

г)  $u_C = U_{mC} \sin(\omega t + 90^\circ)$ .

3. Какое из выражений для цепи синусоидального тока, состоящей из последовательно соединенных  $R$ ,  $L$  и  $C$ , содержит ошибку? Ток в цепи

$i(t) = I_m \sin \omega t$ .

а)  $u = u_R + u_L + u_C$ ; б)  $U = U_R + U_L + U_C$ ; в);

$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2$ ;

г)  $u = I_m R \sin \omega t + I_m x_L \sin(\omega t + 90^\circ) + I_m x_C \sin(\omega t - 90^\circ)$ ;

д)  $Z^2 = R^2 + (x_L - x_C)^2$ ;  $I = U / \sqrt{R^2 + (x_L - x_C)^2}$ .

4. В цепи переменного тока напряжение и ток изменяются по законам  $u(t) = 141 \sin(314t + 80^\circ)$  и  $i(t) = 14.15 \sin(314t + 20^\circ)$ . Определить активную мощность цепи. Указать правильный ответ.

а) 308 Вт; б) 616 Вт; в) 1000 Вт; г) 500 Вт; д) 1236 Вт.

5. В цепи переменного тока напряжение и ток изменяются по законам  $u(t) = 28.2 \sin(618t + 80^\circ)$  и  $i(t) = 2.82 \sin(618t + 50^\circ)$ . Определить реактивную мощность цепи. Указать правильный ответ.

а) 40 Вар; б) 79.5 Вар; в) 68 Вар; г) 49.75 Вар; д) 20 Вар.

Ответы: 1-а; 2-г; 3-б; 4-г; 5-д.

## ТЕМА 4. РЕЗОНАНС В ЦЕПЯХ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

### Задачи:

- ✓ повторить ранее изученные грамматические вопросы (выражение образа действия, определительных отношений, построение дефиниции);
- ✓ выявить лексическую сочетаемость слов по данной теме;
- ✓ выявить специфику предикатов в текстах, где говорится об условиях протекания процесса и его характере в этих условиях;
- ✓ познакомиться со структурой и способами обоснования условий и характера физических явлений, процессов, а именно: обоснования такого явления, как резонанс в цепях синусоидального тока.

### I. Лексико-грамматическая работа (повторение)

**Задание 1.** Замените конструкции со словом «который» на причастные модели.

1. Режим электрической цепи (какой?), (которая содержит емкости и индуктивности).
2. Колебания энергии (какой?), которая запасается попеременно в электрическом поле;
3. Обменивается с источником (каким?), который питает цепь.
4. Напряжение (какое?), которое повысилось.

**Задание 2.** Откройте скобки, запишите формы слов в соответствии со смыслом.

1. Вектор входного тока совпадет **как?** (*направление*) с вектором входного напряжения.
2. Соединение участков цепи **какой характер цепи?** (*индуктивный и емкостный*).
3. Резонанс напряжений может быть достигнут **каким образом?** (*изменение частоты, напряжения, емкости или индуктивности*).
4. Энергия полей переходит из конденсатора в катушку и обратно **каким образом? при каком условии?** (*не обмениваться с источником*).
5. В ветви **какой?** (*проводимость  $g$* ) происходит потеря энергии.

6. Токи в параллельных ветвях определяются **как?** (закон Ома).

**Задание 3.** Прочитайте предложения и выполните следующую работу:

а) выделите в их структуре субъект (**S**) и предикат (**P**) и дайте им характеристику (активный, пассивный);

б) активные модели замените на пассивные и наоборот;

в) грамматическую основу (**S + P**) запишите в виде номинативной модели, например: (**S**) *источники тока* (**P**) *соединяются - соединение источников тока*;

д) объясните, как вы понимаете выражение «покрывать потери»?

1. В радиотехнике, телефонии резонанс напряжений применяется для настройки цепей на заданную частоту.

2. Токи в параллельных ветвях определяются по закону Ома.

3. При резонансе токов происходят колебания энергии в цепи.

4. На вход цепи подано напряжение  $\dot{U}$ .

5. Резонансные величины определяются по формулам:

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}; C_0 = 1/\omega^2 L; L_0 = 1/\omega^2 C.$$

6. Реактивные проводимости в режиме резонанса компенсируют друг друга.

7. Векторная диаграмма при резонансе в рассматриваемой цепи приведена на рисунке.

8. Источник энергии только покрывает потери энергии в ветви с проводимостью  $g$ .

**Задание 4.** Составьте и запишите все возможные словосочетания по модели «прилагательное + существительное».

прилагательное		существительное	
1	активный	1	мощность
2	вещественный	2	напряжение
3	входной	3	проводимость
4	ёмкостный	4	соединение
5	индуктивный	5	сопротивление
6	параллельный	6	ток
7	последовательный	7	характер
8	реактивный	8	число

9	результатирующий	9	элемент
---	------------------	---	---------

**Задание 5.** Проверьте свои результаты в задании № 3 (первая цифра – прилагательное, вторая цифра – существительное):

11	25	32	49	59	64	74	81	
15		36	47	57			83	93
18		35					85	
							89	

**Задание 6.** Заполните смысловые пропуски существительных и прилагательных в текстах (см. предыдущее задание):

1. Общее входное сопротивление цепи будет ..... числом.
2. В этом режиме цепь потребляет только ..... мощность.
3. Вектор входного ..... совпадет по направлению с вектором входного .....
4. Резонанс при последовательном ..... участков цепи с индуктивным и ..... характером.
5. В этом режиме входное сопротивление цепи будет .....
6. Реактивная ..... цепи  $Q = UI \sin \varphi = 0$  и цепь в режиме резонанса потребляет только ..... мощность  $P = UI \cos \varphi$ .
7. Напряжения на реактивных .....  $\dot{U}_L = jX_L \dot{I}$ ,  $\dot{U}_C = -jX_C \dot{I}$ , будут равны по модулю ( $U_L = U_C$ ).
8. Реактивные ..... в режиме резонанса компенсируют друг друга.
9. Результирующая .....  $\underline{Y} = 1/R$  будет минимальна.

**Задание 7.** Проверьте свои результаты в задании № 5.

1. Общее входное сопротивление цепи будет **вещественным** числом.
2. В этом режиме цепь потребляет только **активную** мощность.
3. Вектор входного **тока** совпадет по направлению с вектором входного **напряжения**.
4. Резонанс при последовательном **соединении** участков цепи с индуктивным и **емкостным** характером.



5. В этом режиме входное сопротивление цепи будет **вещественным**.

6. Реактивная **мощность** цепи  $Q = UI \sin \varphi = 0$  и цепь в режиме резонанса потребляет только **активную** мощность  $P = UI \cos \varphi$ .

глаголами НСВ	отглагольными существительным и	причастными активными и пассивными формами	деепричастным и формами (выражают дополнительные действия)
<p>1. цепь <b>потребляет</b> активную мощность</p> <p>2. реактивные проводимости <b>компенсируют</b> друг друга</p> <p>3. <b>происходят</b> колебания</p> <p>4. энергия полей <b>переходит</b> из конденсатора в катушку</p>	<p>1. <b>изменение</b> частоты</p> <p>2. <b>возникновение</b> напряжений</p> <p>3. <b>колебание</b> энергии</p> <p>4. <b>потеря</b> энергии</p> <p>5. <b>уменьшение</b> потерь</p>	<p>1. <b>запасаемая</b> энергия</p> <p>2. <b>питающий</b> источник</p>	<p>1. <b>обмениваясь</b> с источником</p> <p>2. <b>изменяя</b> частоту</p>

7. Напряжения на реактивных элементах  $\dot{U}_L = jX_L \dot{I}$ ,  $\dot{U}_C = -jX_C \dot{I}$ , будут равны по модулю ( $U_L = U_C$ ).

8. Реактивные **проводимости** в режиме резонанса компенсируют друг друга.

9. Результирующая **проводимость**  $\underline{Y} = 1/R$  будет минимальна.

## II. Выражение условия и характера протекания процесса в языке электротехники

Значение процесса в языке электротехники может быть выражено разными грамматическими способами:

**Задание 8.** Изучите примеры выражения процесса (см. таблицу выше) и замените, где возможно, глаголы и глагольные формы

существительными, а существительные – глаголами. Используйте полученные формы в тех же контекстах.

Оценка протекания/ состояния процесса выражается

при помощи	глаголов	прилагательных	сравнительной степени прилагательного (редко):
	<i>превосходить, превышать</i>	<i>наименьший, наибольший, максимальный, минимальный</i>	<i>больше, меньше, выше, ниже</i>
примеры	# напряжения установок <b>могут превышать</b> их рабочие напряжения; # при резонансе токи $I_L$ и $I_C$ могут значительно превосходить общий ток.	# входное сопротивление цепи будет вещественным $\underline{Z} = R$ и <b>наименьшим</b> ; # ток станет <b>максимальным</b> ; # результирующая проводимость $\underline{Y} = 1/R$ будет <b>минимальна</b> .	# реактивные сопротивления <b>больше</b> активного сопротивления

Известно, что процессы происходят в определенных ситуациях (условиях). Для описания ситуаций (условий) в языке электротехники часто используется такая грамматическая модель:

<p>при + существительное П.п. (при чем?) = «при каком условии происходит процесс?» <i>при соединении</i> <i>при резонансе</i></p>
---

Эту модель можно заменить по смыслу другой моделью со словами «когда», «если»\*

\* Отметим, что в языке электротехники модель «когда/ если + глагол» не встречается

когда/ если + глагол  
*при соединении - когда соединяется/ если соединяется*  
*при напряжении - когда происходит резонанс/*  
*если происходит резонанс*

**Задание 9.** Прочитайте фрагменты текстов и назовите ситуации/ условия протекания процессов.

**Образец:** *при последовательном соединении участков цепи*

1 вариант: *когда происходит последовательное соединение участков цепи;*

2 вариант: *если происходит последовательное соединение участков цепи.*

1. При резонансе общее входное сопротивление цепи будет вещественным числом.

2. Резонанс напряжений – это резонанс при последовательном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером условие резонанса напряжений:  $X_L = X_C$  или  $\omega L = 1/\omega C$ .

3. Резонанс при последовательном соединении называют резонансом напряжений.

4. При параллельном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером происходит резонанс токов.

5. В режиме резонанса мнимая часть входной проводимости должна быть равна нулю.

6. При неизменном приложенном напряжении входной ток будет минимальным.

7. При резонансе токи  $I_L$  и  $I_C$  могут значительно превосходить общий ток.

8. При резонансе токов так же, как и при резонансе напряжений, происходят колебания энергии в цепи.

**Задание 10.** Прочитайте тексты и замените выделенные фрагменты грамматической моделью со словом «при». Чтобы избежать повторов и громоздких конструкций, используйте местоимения «который», «этот».

Текст 1. Резонанс – это такой режим электрической цепи, содержащей емкости и индуктивности, если имеется такой режим, общее входное сопротивление цепи будет вещественным числом.

Текст 2. Резонанс напряжений может быть достигнут изменением частоты, емкости или индуктивности. Когда резонанс напряжений

может быть достигнут изменением частоты, емкости или индуктивности, резонансные величины определяются по формулам:

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}; C_0 = 1/\omega^2 L; L_0 = 1/\omega^2 C.$$

Текст 3. Если имеется резонанс, токи  $I_L$  и  $I_C$  могут значительно превосходить общий ток.

Текст 4. Резонанс, если происходит параллельное соединение, называют резонансом токов.

Текст 5. Векторная диаграмма, которая показывает резонанс в рассматриваемой цепи, приведена на схеме.

Текст 6. Если будет неизменное приложенное напряжение, то и входной ток будет минимальным.

**Задание 11.** Прочитайте определение понятия «резонанс». Запишите вопросы-шаги для его определения.

Резонанс – это такой режим электрической цепи, содержащей емкости и индуктивности, при котором общее входное сопротивление цепи будет вещественным числом. В этом режиме цепь потребляет только активную мощность, и вектор входного тока совпадет по направлению с вектором входного напряжения.

**Задание 12.** Проверьте, есть ли в ваших вопросах-шагах вопросы

- 1) о фактических условиях (технических условиях);
- 2) о характере протекания процесса?

**Например:**

Вопрос: *каковы фактические условия общего входного сопротивления цепи?*

Ответ: *при резонансе (= когда имеется явление резонанса).*

Вопрос: *чем характеризуется процесс входного сопротивления цепи при резонансе?*

Ответ: *а) при резонансе общее входное сопротивление цепи будет вещественным числом,*

*б) при резонансе (= в режиме резонанса) цепь потребляет только активную мощность,*

*в) при резонансе вектор входного тока совпадет по направлению с вектором входного напряжения.*

**Задание 13.** Вам известны фактические условия и характер протекания процесса/ величин процесса. Запишите информацию по модели: *при (каком?) условии → (какой?) характер процесса.*

**Помните!**

После слова «при» должно следовать существительное, поэтому глагол меняйте на отглагольное существительное, например:

*достигать - достижение,  
сопротивляться - сопротивление.*

фактическое условие	характер процесса/ величин процесса
наличие резонанса	токи $I_L$ и $I_C$ могут значительно превосходить общий ток
полное сопротивление цепи $\underline{Z} = R + j(x_L - x_C)$	условие резонанса напряжений: $X_L = X_C$ или $\omega L = 1/\omega C$
достигать резонанса напряжения путем изменения частоты, емкости или индуктивности напряжений	резонансные величины определяются по формулам: $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ; $C_0 = 1/\omega^2 L$ ; $L_0 = 1/\omega^2 C$
реактивные проводимости в режиме резонанса компенсируют друг друга	результатирующая проводимость $\underline{Y} = 1/R$ будет минимальна
неизменное приложенное напряжение	входной ток будет минимальным

**Обратите внимание** на особенности форм предикатов в текстах, где говорится об условиях протекания процесса и его характера в этих условиях: основное значение этих предикатов, выраженных разными формами, – это значение «условности».

Для выражения значения «условности» используются такие формы:

**1. Форма глагола будущего времени**

# *При резонансе общее входное сопротивление цепи будет вещественным числом.*

## 2. Модальные глаголы с глаголами СВ и НСВ

# Резонанс напряжений может быть достигнут изменением частоты, емкости или индуктивности.

Эти формы предикатов используются скорее по традиции, чтобы выделить общую ситуацию-тему «Условие процесса», и легко меняются на нейтральные формы, сравните:

# При резонансе общее входное сопротивление цепи будет вещественным числом. – При резонансе общее входное сопротивление цепи – это вещественное число.

# Резонанс напряжений может быть достигнут изменением частоты, емкости или индуктивности. – Резонанс напряжений достигается изменением частоты, емкости или индуктивности.

**Задание 14.** Прочитайте предложения из текста «Резонанс напряжений и токов», выделите предикаты «условности». Какими формами выражается значение «условности»?

1. При неизменном приложенном напряжении входной ток будет минимальным.

2. Ток станет максимальным:  $\dot{I} = I_{\max} = \dot{U} / R$ .

3. Напряжения на реактивных элементах  $\dot{U}_L = jX_L \dot{I}$ ,  $\dot{U}_C = -jX_C \dot{I}$  будут равны по модулю ( $U_L = U_C$ ).

4. Можно построить частотные характеристики.

5. При резонансе токи  $I_L$  и  $I_C$  могут значительно превосходить общий ток.

**Задание 15.** Прочитайте предложения и определите условия протекания процесса. Как выражаются эти условия (выделите эти фрагменты)? Подчеркните предикаты и замените их предикатами «условности».

1. Так как реактивные проводимости в режиме резонанса компенсируют друг друга, то результирующая проводимость  $\underline{Y} = 1/R$  – минимальна.

2. Если реактивные сопротивления  $X_L = X_C$  при резонансе больше активного сопротивления  $R$ , то напряжения на реактивных

элементах значительно превосходят по величине приложенное напряжение.

3. В этом режиме входное сопротивление цепи вещественное  $\underline{Z} = R$  и наименьшее.

4. В режиме резонанса напряжения установок в несколько раз превышают их рабочие напряжения.

5. В режиме резонанса мнимая часть входной проводимости равна нулю.

### **Ш. Обоснование тезиса посредством описания условий и характера протекания процессов**

Чтобы обосновать (объяснить/ доказать) существование и характер какого-либо физического явления, процесса в определенной ситуации, можно использовать следующую схему текста-рассуждения:

#### **Тезис**

*(главная мысль, которая утверждается, обосновывается)*

**Описание фактических условий** (технических условий)

*(если, так как, допустим, пусть)*

**Вывод о характере протекания процесса в этих условиях**

*(следовательно, тогда, поэтому, то)*

**Задание 16.** Прочитайте текст-рассуждение о таком явлении, как *резонанс напряжений*. Наблюдайте, как выражаются фактическое описание условий и вывод о характере протекания процесса в этих условиях и его величин.

Текст «Резонанс напряжений»

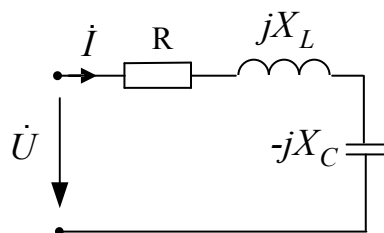


Рис. 4.1

**(тезис) Резонанс напряжений** – это резонанс при последовательном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером (рис. 4.1).

**(Фактическое условие)** Полное сопротивление цепи  $Z = R + j(X_L - X_C)$ , **(Вывод)** следовательно, условие резонанса напряжений:  $X_L = X_C$  или  $\omega L = 1/\omega C$ .

**(Фактическое условие)** В этом режиме входное сопротивление цепи будет вещественным  $Z = R$  и наименьшим, **(Вывод)** следовательно, ток станет максимальным:  $\dot{I} = \dot{I}_{\max} = \dot{U}/R$  (рис. 4.2).

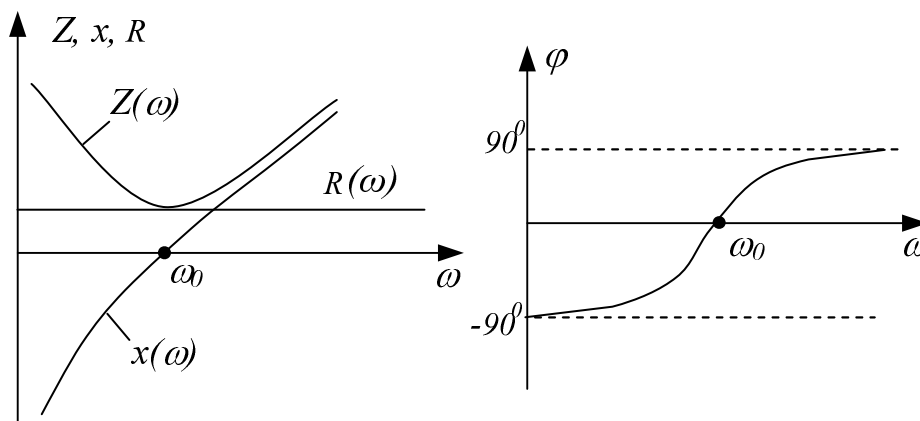


Рис. 4.2

Резонанс напряжений может быть достигнут изменением частоты, емкости или индуктивности. **(Фактическое условие)** При этом резонансные величины определяются по формулам:  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ;

$$C_0 = 1/\omega^2 L; L_0 = 1/\omega^2 C.$$

Угол между входным напряжением и током в режиме резонанса  $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = 0$  (рис. 4.2). **(Вывод)** Следовательно, реактивная мощность цепи  $Q = UI \sin \varphi = 0$ , и цепь в режиме резонанса потребляет только активную мощность  $P = UI \cos \varphi$ .

**(Фактическое условие)** Если реактивные сопротивления  $X_L = X_C$  при резонансе больше активного сопротивления  $R$ , **(Вывод)** то напряжения на реактивных элементах  $\dot{U}_L = jX_L \dot{I}$ ,  $\dot{U}_C = -jX_C \dot{I}$  будут равны по модулю ( $U_L = U_C$ ) и могут значительно превосходить по величине приложенное напряжение.

**(Итоговый вывод)** Поэтому резонанс при последовательном соединении называют резонансом напряжений.



**Задание 17.** Прочитайте текст-рассуждение о таком явлении, как *резонанс токов*. Выявите структуру текста и способы грамматического выражения фактических условий и характера процесса и его величин.

Текст «Резонанс токов»

**Резонанс токов** – это резонанс при параллельном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером.

Пусть на вход цепи подано напряжение  $\dot{U}$  (рис. 4.3), тогда токи в параллельных ветвях определяются по закону Ома:

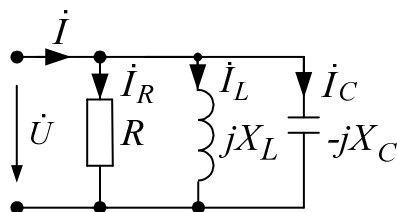


Рис. 4.3

$$i_R = \frac{\dot{U}}{R} = g\dot{U}; \quad i_L = \frac{\dot{U}}{jX_L} = -\dot{U} \cdot jb_L; \quad i_C = \frac{\dot{U}}{-jX_C} = \dot{U} \cdot jb_C,$$

где  $g = \frac{1}{R}$ ;  $b_L = \frac{1}{X_L}$ ;  $b_C = \frac{1}{X_C}$  – проводимости ветвей.

Общий ток по первому закону Кирхгофа:

$$\dot{i} = \dot{i}_R + \dot{i}_C + \dot{i}_L = \dot{U}(g + j(b_C - b_L)) = \dot{U} \cdot \underline{Y},$$

где  $\underline{Y} = g + j(b_C - b_L)$  – комплекс полной проводимости цепи.

В режиме резонанса мнимая часть входной проводимости должна быть равна нулю. Следовательно, условие резонанса токов:

$$b_L = b_C \quad \text{или} \quad \frac{1}{\omega L} = \omega C.$$

Резонанс токов, как и резонанс напряжений, может быть достигнут изменением частоты, емкости или индуктивности. При этом резонансные величины определяются по формулам:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad C_0 = \frac{1}{\omega^2 L}; \quad L_0 = \frac{1}{\omega^2 C}.$$

Так как реактивные проводимости в режиме резонанса компенсируют друг друга, то результирующая проводимость  $\underline{Y} = \frac{1}{R}$  будет минимальна. Тогда *при неизменном приложенном напряжении входной ток будет минимальным* (рис.4.4)

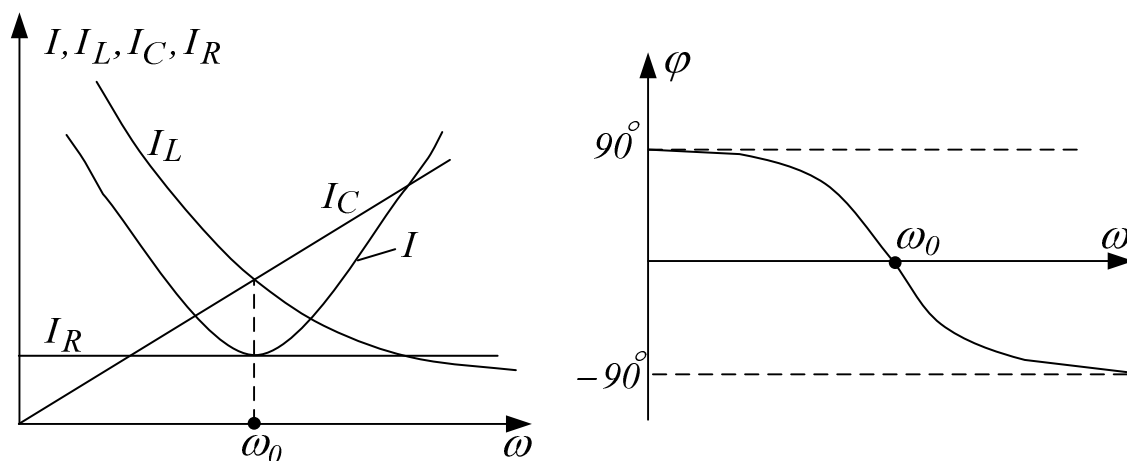


Рис. 4.4

Угол между входным током  $\dot{I}$  и приложенным напряжением  $\dot{U}$  равен  $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{b_C - b_L}{g} = 0$ , значит, реактивная мощность в режиме

резонанса токов  $Q = UI \sin \varphi$  равна нулю, а активная  $P = UI \cos \varphi = U^2/R$ .

При резонансе токи  $I_L$  и  $I_C$  могут значительно превосходить общий ток. Поэтому резонанс при параллельном соединении называют резонансом токов.

**Задание 18.** Письменно ответьте на вопросы по тексту «Резонанс токов». В ответе используйте конструкцию со словом «при».

1. Когда токи в параллельных ветвях определяются по закону Ома?
2. При каких условиях резонансные величины определяются по формулам:

$$\omega_0 = 1/\sqrt{LC}; \quad C_0 = 1/\omega^2 L; \quad L_0 = 1/\omega^2 C?$$

3. При каком условии результирующая проводимость  $\underline{Y} = 1/R$  будет минимальна?

4. Когда токи  $I_L$  и  $I_C$  могут значительно превосходить общий ток?

**Задание 19.** Публично обоснуйте тезис (на выбор), используя формулы и схемы:

1. Резонанс напряжений – это резонанс при последовательном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером.

2. Резонанс токов – это резонанс при параллельном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером.

### Тест к теме 4

**Задание:** Проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов и глагольных форм с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив все возможные варианты.

1.	Режим электрической цепи, которая ... емкость и индуктивность.	1. содержит 2. имеет
2.	В этом режиме цепь ... только активную мощность.	1. потребляет 2. имеет
3.	По условию резонанса мнимая часть полной проводимости цепи ... нулю.	1. должна равняться 2. должна равнять 3. должна равна 4. должна быть равна
4.	При резонансе токи $I_L$ и $I_C$ могут значительно ... общий ток.	1. превосходить 2. превышать 3. повышать
5.	Резонанс токов ... изменением частоты, емкости или индуктивности	1. может быть достигнут 2. может достигнут
6.	Резонансные величины ... по формулам.	1. определяются 2. определяют

### Лексика к теме 4

Основные понятия по теме	Глаголы
векторная диаграмма резонанса напряжений векторная диаграмма резонанса токов волновая проводимость контура волновое (характеристическое) сопротивление добротность контура комплекс полного сопротивления цепи комплекс полной проводимости цепи мнимая часть полной проводимости	отличаться потреблять приравнивать становиться

<p>цепи</p> <p>полоса пропускания</p> <p>резонансные величины</p> <p>резонанс напряжений</p> <p>резонанс токов</p> <p>резонанс токов в параллельном контуре с потерями</p> <p>условие резонанса</p> <p>условие резонанса напряжений</p>	
---	--

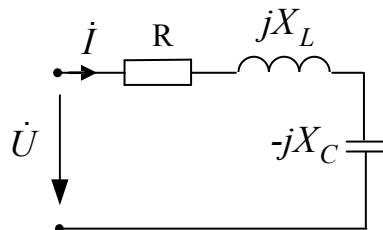
### Оригинальные материалы к теме 4

**1. Резонанс** – это такой режим электрической цепи, содержащей емкости и индуктивности, при котором общее входное сопротивление или входная проводимость цепи будут вещественными числами. В этом режиме цепь потребляет только активную мощность и входные ток и напряжение совпадают по фазе.

**Резонанс напряжений** – это резонанс при последовательном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером

$$\underline{Z} = R + j(X_L - X_C).$$

**Условие резонанса:**  $X_L = X_C$  или  $\omega L = 1/\omega C$ .

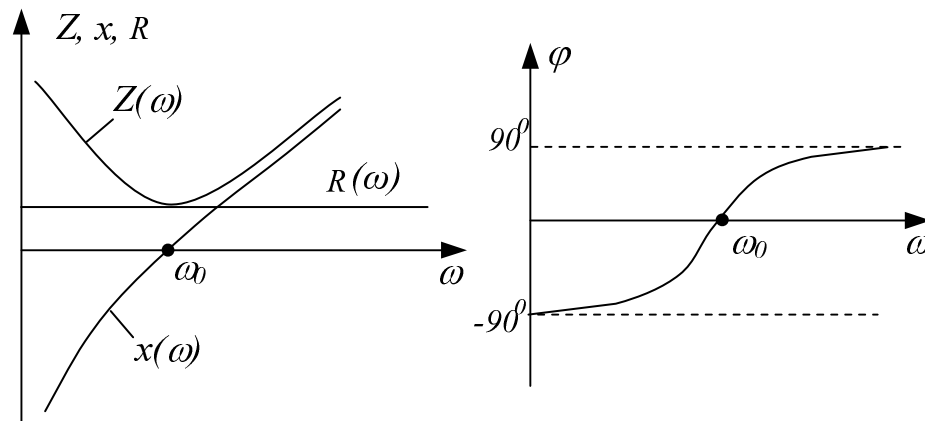


Резонансные величины:  $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ ;  $C_0 = 1/\omega^2 L$ ;  $L_0 = 1/\omega^2 C$ .

В режиме резонанса  $\underline{Z} = R$ ;  $\dot{i} = \dot{i}_{\max} = \dot{U}/R$ ;  $\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = 0$ ;

$Q = UI \sin \varphi = 0$ ;  $S = P = UI \cos \varphi$ .

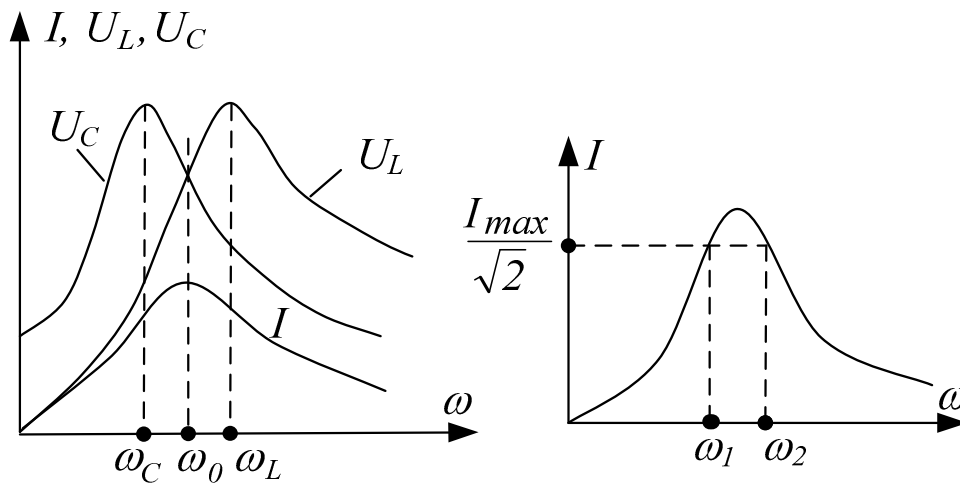
Зависимости  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ ,  $X = \omega L - 1/\omega C$  и  $\varphi = \arctg \frac{X}{R}$  от  $\omega$



Если  $X_L = X_C > R$ , то  $\dot{U}_L = jX_L \dot{I}$ ,  $\dot{U}_C = -jX_C \dot{I}$  будут равны по модулю и превзойдут входное напряжение  $U_L = U_C > U$ .

$$\rho = \sqrt{\frac{L}{C}} = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} [\text{Ом}] - \text{волновое} \quad (\text{характеристическое})$$

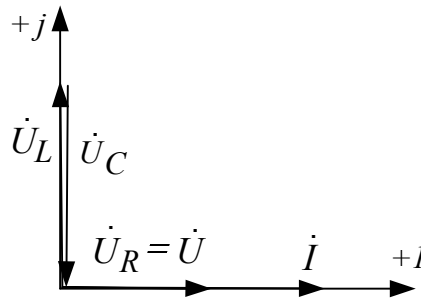
сопротивление контура;  $Q = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{\rho}{R}$  — **добротность** контура, которая определяет резонансные свойства контура. Чем больше добротность  $Q$ , тем меньше отличаются  $\omega_L$  и  $\omega_C$  от резонансной частоты и тем острее становятся все три резонансные кривые  $I(\omega)$ ,  $U_C(\omega)$ ,  $U_L(\omega)$ .



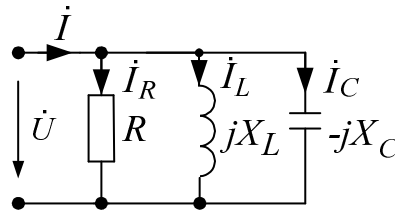
**Полоса пропускания**  $\Pi_\omega = |\omega_1 - \omega_2| = \frac{\omega_0}{Q}$  определяется по уровню

$\frac{I_{\max}}{\sqrt{2}}$  резонансной кривой тока  $I(\omega)$ .

### Векторная диаграмма резонанса напряжений



3. **Резонанс токов** – это резонанс при параллельном соединении участков цепи с индуктивным и емкостным характером.



$$\dot{I}_R = \frac{\dot{U}}{R} = g\dot{U}; \quad \dot{I}_L = \frac{\dot{U}}{jX_L} = -\dot{U} \cdot jb_L; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}}{-jX_C} = \dot{U} \cdot jb_C,$$

где  $g = \frac{1}{R}$ ;  $b_L = \frac{1}{X_L}$ ;  $b_C = \frac{1}{X_C}$ .

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C + \dot{I}_L = \dot{U}(g + j(b_C - b_L)) = \dot{U} \cdot \underline{Y},$$

где  $\underline{Y} = g + j(b_C - b_L)$  – комплекс полной проводимости цепи.

**Условие резонанса токов:**  $b_L = b_C$  или  $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ .

Резонансные величины:  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ;  $C_0 = \frac{1}{\omega^2 L}$ ;  $L_0 = \frac{1}{\omega^2 C}$ .

В режиме резонанса токов проводимость  $\underline{Y} = \frac{1}{R}$  и входной ток

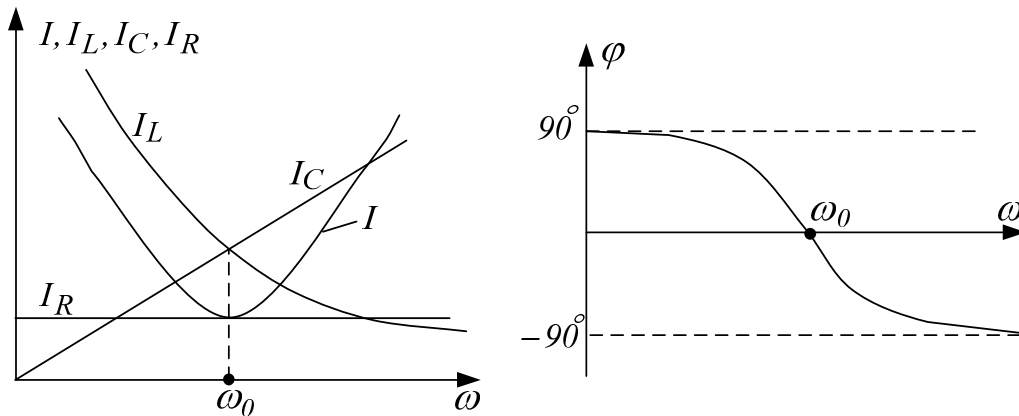
будут минимальны;  $\varphi = \arctg \frac{b_C - b_L}{g} = 0$ ;  $Q = UI \sin \varphi = 0$ ;

$$S = P = UI \cos \varphi.$$

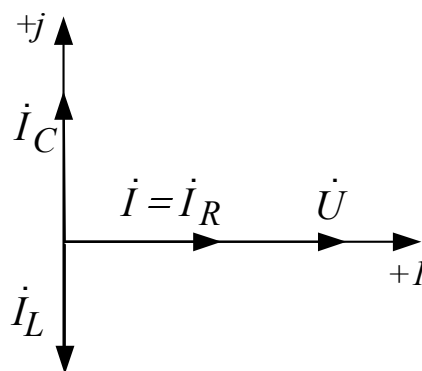
Если  $g < \omega_0 C = \frac{1}{\omega_0 L}$ , то  $I_L = I_C > I$ ;  $\gamma = \sqrt{\frac{C}{L}}$  – волновая

проводимость контура;  $Q = \frac{I_L}{I} = \frac{I_C}{I} = \frac{\gamma}{g}$  – добротность контура.

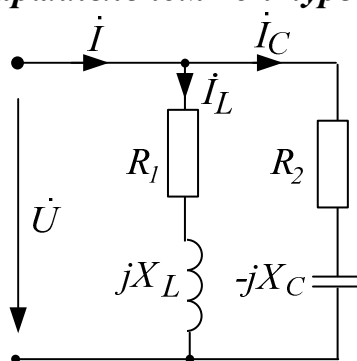
Частотные характеристики



Векторная диаграмма при резонансе токов



### 3. Резонанс токов в параллельном контуре с потерями



$$\underline{Y}_1 = \frac{1}{R_1 + jX_L}; \quad \underline{Y}_2 = \frac{1}{R_2 - jX_C};$$

$$\underline{Y} = \underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 = \frac{1}{R_1 + jX_L} + \frac{1}{R_2 - jX_C}$$

По условию резонанса мнимая часть полной проводимости цепи должна равняться нулю. Чтобы выделить мнимую часть умножим числитель и знаменатель на комплексно сопряженные числа:

$$\frac{R_1 - jX_L}{R_1^2 + X_L^2} + \frac{R_2 + jX_C}{R_2^2 + X_C^2} = \left( \frac{R_1}{R_1^2 + X_L^2} + \frac{R_2}{R_2^2 + X_C^2} \right) + j \left( \frac{X_C}{R_2^2 + X_C^2} - \frac{X_L}{R_1^2 + X_L^2} \right).$$

Приравняв к нулю мнимую часть, находим условие резонанса в параллельном контуре с потерями:

$$\frac{X_C}{R_2^2 + X_C^2} = \frac{X_L}{R_1^2 + X_L^2}.$$

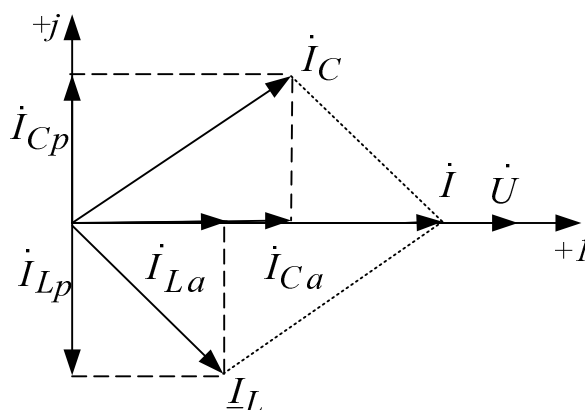
Из этого выражения находим резонансную частоту:

$$\omega_p = \omega_0 \sqrt{\frac{\rho^2 - R_1^2}{\rho^2 - R_2^2}}, \text{ где } \omega_0 = 1/\sqrt{LC}; \quad \rho = \sqrt{L/C}.$$

При  $\dot{U} = Ue^{j0}$ , токи в параллельных ветвях

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{U}}{R_1 + jX_L} = I_{La} - jI_{Lp}; \quad \dot{I}_C = \frac{\dot{U}}{R_2 - jX_C} = I_{Ca} + jI_{Cp}.$$

Векторная диаграмма



#### Контрольные вопросы по электротехнике (тема 4)

1. Что такое резонанс в электрической цепи и при каких условиях он достигается?
2. Назовите виды резонансов в электрической цепи.



3. Что происходит с величиной входного тока при резонансе напряжений?

4. Что происходит с величиной входного тока при резонансе токов?

5. Напишите формулы добротности при резонансе токов и напряжений.

6. Какое из приведенных соотношений несправедливо при резонансе напряжений?

а)  $I^2 X_L = I^2 X_C$ ; б)  $IR < U$ ; в)  $\dot{U}_L + \dot{U}_C = 0$ ; г)  $P = S$ ; д)  $Z = R$ .

7. Определите напряжения  $U_R$ ,  $U_L$ ,  $U_C$  и ток  $I$  при резонансе напряжений, если  $U = 220\text{В}$ ,  $R = 22\text{Ом}$ ,  $X_L = 200\text{Ом}$ . Укажите неправильный ответ.

8. Какое из приведенных соотношений несправедливо при резонансе токов в цепи?

а)  $I = I_R$ ; б)  $I_L = I_C$ ; в)  $\cos\varphi = 1$ ; г)  $S = I_R^2 \cdot R$ ; д)  $b_C > b_L$ .

## ТЕМА 5. РАСЧЕТ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТЬЮ

### Задачи:

- ✓ познакомиться с новыми словами по теме (в том числе с их синонимичными, антонимичными, паронимичными эквивалентами) и определить их терминологическую сочетаемость;
- ✓ совершенствовать навыки чтения;
- ✓ познакомиться с основными понятиями, используемыми при расчетах линейных электрических цепей с взаимной индуктивностью;
- ✓ повторить ранее изученные темы: логико-грамматические особенности описания условий и характера протекания процессов, выражение определительных, обстоятельственных значений.

### I. Лексико-грамматическая работа (подготовка к чтению)

#### 1. Новые слова и выражения

**Задание 1.** Заполните таблицу по образцу. Какие слова левой колонки имеют общий компонент в значении?

существительное	глагол	пример употребления
ПОТОК	течь (направляться)	магнитный поток
ВИТОК		
СВЯЗЬ		
ЗАЖИМ		
наведение		
сцепление		
падение		
обмотка		
развязка		

**Задание 2.** Познакомьтесь с возможными словосочетаниями со словом «магнитный» и примерами их употребления.

Магнитный + (что?)

связь	поток	поле
-------	-------	------

1. магнитные потоки  $\Phi_{21}$  и  $\Phi_{12}$  **совпадают по направлению**;
2. **явление электромагнитной индукции наблюдается в магнитном поле**;
3. степень **магнитной связи** двух катушек характеризуется коэффициентом связи

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}.$$

**Задание 3.** Какие действия может создавать поток как физическое явление?

1. Поток  $\Phi_1$  создается током  $i_1$ .
2.  $\Phi_{11}$  (часть потока  $\Phi_1$ ) замыкается вокруг витков первого контура и называется потоком рассеяния.
3. Поток  $\Phi_{21}$  (часть потока  $\Phi_1$ ) частично проходит через витки второго контура и называется потоком взаимной индукции:  $\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{21}$ .
4. Поток пронизывает какой-либо контур.
5. Поток сцепляется со всеми витками катушки.

**Задание 4.** Познакомьтесь с возможными словосочетаниями со словом «пронизывать» и примерами их употребления.

Пронизывать (что?)

<b>контур</b>	<b>витки обмотки (катушки)</b>
---------------	--------------------------------

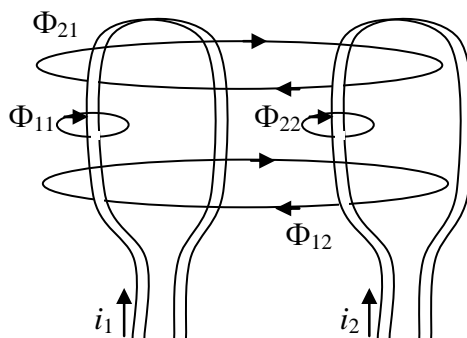
1. магнитный поток, **пронизывающий какой-либо контур**;
2. потоки, **пронизывающие отдельные витки обмотки (катушки)**;
3. **витки катушки пронизываются магнитным потоком.**

**Общий магнитный поток** сцепляется со всеми витками катушки  
 ↓  
 это образует один контур – **потокосцепление.**

**Задание 5.** Посмотрите на рисунок 5.1. Укажите на нем схематичное изображение

1. контуров;
2. направления токов;

3. магнитных потоков рассеяния;
4. магнитных потоков взаимной индукции.



**Рис. 5.1**

**Задание 6.** Прочитайте текст и запишите формулу потокосцепления, если  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  – это обозначение магнитных потоков,  $n$  – число магнитных потоков,  $w$  – число витков катушки.

Потокосцепление контура  $\psi$  равно алгебраической сумме потоков, пронизывающих отдельные витки обмотки (катушки):  $\psi = \Phi \cdot w$ .

**Задание 7.** На рисунке 5.2. показан разрез витков катушки и ее магнитное поле. Укажите число ее потокосцеплений.

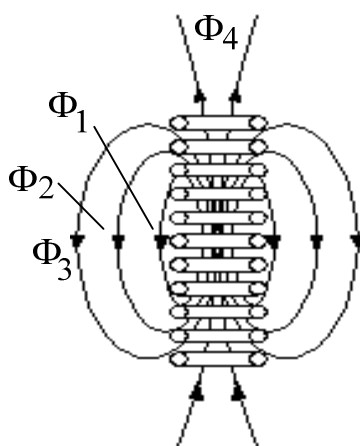


рис. 5.2.

**Задание 8.** Познакомьтесь с возможными словосочетаниями со словами «индукция», «индуктивность» и примерами их употребления.

индуктивная связь	индуктивно связанная цепь	цепь с взаимной индуктивностью	явление взаимоиндукции	индуктивный характер
----------------------	---------------------------------	--------------------------------------	---------------------------	-------------------------

**Задание 9.** Прочитайте примеры текстов, в которых используются слова «индуктивность» и «индукция». Проведите разграничение понятий через родовую принадлежность (например: стол – это мебель, компьютер – это машина, проводимость – это свойство, характер и т.п.)

1.  $\dot{U}_{M1} = jX_M \dot{I}_2$ ,  $\dot{U}_{M2} = jX_M \dot{I}_1$  – комплексные напряжения взаимной индукции.

2. Единицей магнитной индукции является Тесла.

3. При этом каждый контур характеризуется собственной индуктивностью.

4. Индуктивная связь характеризуется взаимной индуктивностью.

**Задание 10.** Как вы понимаете выражения «индуктивный характер», «индуктивная связь», «индуктивно связанный»?

**II. Аналитическое чтение текстов по типу рассуждения, описания** (физическое явление взаимоиндукции, условия его протекания, правила расчетов при заданных условиях)

**Задание 11.** Прочитайте текст. Назовите условие, когда цепь называют индуктивно связанной или цепью с взаимной индуктивностью. Опишите физические условия, позволяющие говорить о взаимоиндукции. Как вы объясните смысл части слова «взаимо-» в названии этого явления?

Текст

При наличии в цепи катушек, взаимодействующих своими магнитными потоками, цепь называют *индуктивно связанной* или *цепью с взаимной индуктивностью*.

Явление возникновения ЭДС в каком-либо контуре при изменении тока в другом контуре называется *явлением взаимоиндукции*.

**Задание 12.** Читайте текст и выписывайте всю информацию, обозначающую «субъект и его действие/ состояние». Выписанную информацию озвучьте и наглядно продемонстрируйте на рис. 5.1 или на собственной схеме.

Текст

Пусть есть два витка (контура), удаленных на расстоянии друг от друга. По первому витку протекает ток  $i_1$ , по второму –  $i_2$ . Число витков первого контура равно  $w_1$ , а второго –  $w_2$ .

Магнитный поток  $\Phi_1$  первого контура (создается током  $i_1$ ) частично замыкается вокруг витков первого контура, создавая поток рассеяния  $\Phi_{11}$ , и частично проходит через витки второго контура, создавая поток взаимной индукции  $\Phi_{21}$ :  $\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{21}$ .

Магнитный поток  $\Phi_2$  второго контура (создается током  $i_2$ ) частично замыкается вокруг витков второго контура, создавая поток рассеяния  $\Phi_{22}$ , и частично проходит через витки первого контура, создавая поток взаимной индукции  $\Phi_{12}$ :  $\Phi_2 = \Phi_{22} + \Phi_{12}$ .

Тогда потокосцепление первого контура равно

$$\psi_1 = w_1(\Phi_1 \pm \Phi_{12}),$$

а потокосцепление второго контура

$$\psi_2 = w_2(\Phi_2 \pm \Phi_{21}).$$

**Задание 13.** Еще раз прочитайте фрагмент описания явления взаимной индукции и обратите внимание на структуру текста. Назовите языковые способы, используемые в тексте для обозначения заданных условий и результата ситуации.

#### Виды включения

<b>согласное</b>	<b>встречное</b>
------------------	------------------

**Задание 14.** Прочитайте текст о согласном и встречном включении.

#### Текст

При **согласном включении** взаимные магнитные потоки  $\Phi_{21}$  и  $\Phi_{12}$  совпадают по направлению. При этом токи ориентированы одинаковым образом относительно одноименных зажимов.

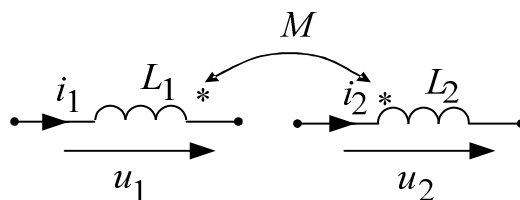


Рис. 5.2

При **встречном включении** взаимные магнитные потоки  $\Phi_{21}$  и  $\Phi_{12}$  направлены навстречу друг другу. При этом токи ориентированы различным образом относительно одноименных зажимов (рис.5.2).

Мгновенное значение напряжения на индуктивно связанных катушках составляет:

$$u_1 = w_1 \frac{d(\Phi_{11} \pm \Phi_{12})}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt} = u_{L1} \pm u_{M1};$$

$$u_2 = w_2 \frac{d(\Phi_{22} \pm \Phi_{21})}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt} = u_{L2} \pm u_{M2},$$

Знак «+» берется при согласном включении катушек, а «-» – при встречном включении.

При синусоидальных токах комплексы действующих значений напряжений на катушках

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_{L1} \pm \dot{U}_{M1} = jX_{L1}\dot{I}_1 \pm jX_M\dot{I}_2;$$

$$\dot{U}_2 = \dot{U}_{L2} \pm \dot{U}_{M2} = jX_{L2}\dot{I}_2 \pm jX_M\dot{I}_1,$$

где  $X_{L1} = \omega L_1$ ;  $X_{L2} = \omega L_2$ ;  $X_M = \omega M$  [Ом] – реактивное сопротивление индуктивной связи;  $\dot{U}_{M1} = jX_M\dot{I}_2$ ,  $\dot{U}_{M2} = jX_M\dot{I}_1$  – комплексные напряжения взаимной индукции.

При согласном включении берется знак «+» и вектора  $\dot{U}_{M1}$  и  $\dot{U}_{M2}$  опережают свои токи  $\dot{I}_2$  и  $\dot{I}_1$  на  $90^\circ$  (индуктивный характер), а при встречном включении берется знак «-», и вектора  $\dot{U}_{M1}$  и  $\dot{U}_{M2}$  отстают от своих токов на  $90^\circ$  (емкостной характер).

При расчете цепи по уравнениям Кирхгофа напряжение  $\dot{U}_M = \pm j\omega M\dot{I}$  учитывается наравне с другими падениями напряжения с учетом вида включения (согласное или встречное).

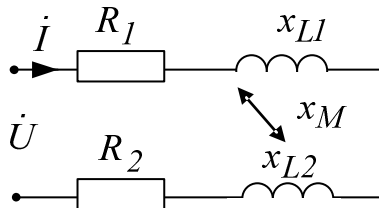
**Задание 15.** Запишите в таблицу антонимичные понятия из текста о видах включения.

согласное включение	
совпадают по направлению	
ориентирован одинаково относительно (чего?)	
опережать (кого? что?)	

**Задание 16.** Запишите информацию текста о видах включения в таблицу. Используя полученный конспект в качестве опоры, охарактеризуйте согласное и встречное включение.

	согласное включение	встречное включение
взаимные магнитные потоки		
ориентация токов относительно одноименных зажимов		
знак «+» вектора $\dot{U}_{M1}$ и $\dot{U}_{M2}$ опережают свои токи $\dot{I}_2$ и $\dot{I}_1$ на $90^\circ$		
знак «-» вектора $\dot{U}_{M1}$ и $\dot{U}_{M2}$ отстают от своих токов на $90^\circ$		
характер включения		

**Задание 17.** Прочитайте фрагмент о последовательном соединении катушек. Выявите схему рассуждения при описании условий и характера протекания процессов (см. тему 4). Обратите внимание на использование глагольной формы будущего времени для обозначения условности протекания процесса.



Пусть на вход цепи подано напряжение  $\dot{U} = Ue^{j\psi}$ , тогда комплексы действующих значений напряжений на отдельных элементах запишутся в виде:  $\dot{U}_{R1} = \dot{I}R_1$ ;  $\dot{U}_{R2} = \dot{I}R_2$  ;  
 $\dot{U}_1 = jX_{L1}\dot{I} \pm jX_M\dot{I} = \dot{U}_{L1} \pm \dot{U}_M$  ;  
 $\dot{U}_2 = jX_{L2}\dot{I} \pm jX_M\dot{I} = \dot{U}_{L2} \pm \dot{U}_M$  .

Входное сопротивление цепи



$$\underline{Z} = R_1 + R_2 + j(X_{L1} + X_{L2} \pm 2X_M).$$

Общий ток  $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{\dot{U}}{R_1 + R_2 + j(X_{L1} + X_{L2} \pm 2X_M)}$ , при этом знак

«+» берется при согласном включении катушек, а «-» – при встречном.

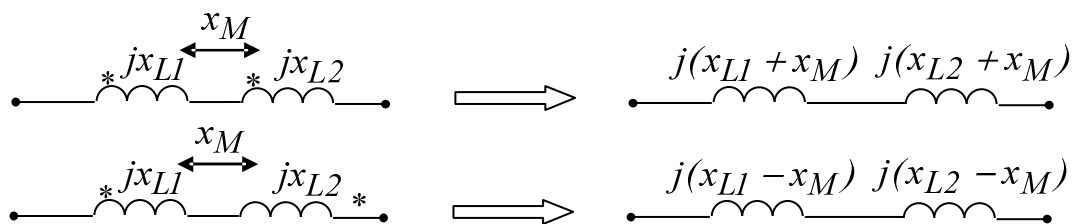
Так как полное сопротивление цепи при согласном включении больше, то *при неизменном действующем значении входного напряжения больший по величине ток будет соответствовать встречному включению.*

**Задание 18.** Прочитайте текст о развязке индуктивной связи и правилах развязки и выполните задания 19-22.

#### Текст

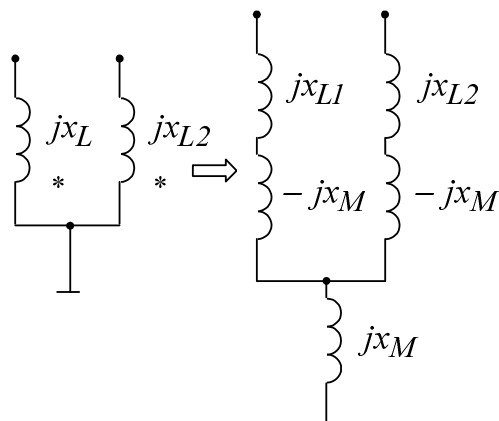
Развязка индуктивной связи используется с целью упрощения расчетов. Без развязки схема может быть рассчитана только по законам Кирхгофа и методом контурных токов. После развязки схема может быть рассчитана любым методом.

Последовательно соединенные индуктивно связанные катушки могут быть заменены эквивалентными схемами без индуктивных связей, как показано на рисунке:

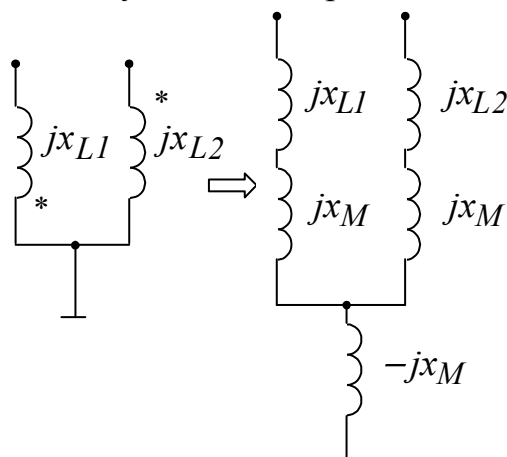


При развязке индуктивных связей катушек, имеющих общий узел ориентируются только на положение зажимов относительно общего узла.

**Правило развязки:** если индуктивно связанные элементы подключены к общему узлу одноименными зажимами, то в эквивалентной схеме без индуктивной связи последовательно к каждому из них подключается сопротивление  $-jX_M$ , а в общую ветвь сопротивление  $jX_M$ :



Если индуктивно связанные элементы подключены к общему узлу разноименными зажимами, то в эквивалентной схеме без индуктивной связи последовательно к каждому элементу подключается сопротивление  $jX_M$ , а в общую ветвь сопротивление  $-jX_M$ :



**Задание 19.** Закончите предложения в соответствии с содержанием текста.

1. Используется развязка индуктивной связи, чтобы ...
2. Развязка позволяет ....
3. После развязки последовательно соединенные индуктивно связанные катушки можно ...
4. При развязке индуктивных связей катушек обращают внимание ...

**Задание 20.** Откройте скобки, определяя образ действия.

1. Схема может быть рассчитана (как?) (законы Кирхгофа и метод контурных токов).
2. Схема может быть рассчитана (как?) (любой метод).
3. Катушки, соединенные (как?) (последовательный) и связанные (как?) (индуктивный).

**Задание 21.** В чем заключается разница между подключением индуктивно связанных элементов и элементов без индуктивной связи?

**Задание 22.** Найдите в тексте цепочки родительного падежа, свойственные языку науки. «Расшифруйте» цепочки (соедините их смысловыми вопросами).

### Тест к теме 5

**Задание:** Проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов и глагольных форм с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив все возможные варианты

1.	Явление электромагнитной индукции ... в магнитном поле.	1. наблюдается 2. наблюдает
2.	Поток ... какой-либо контур.	1. проходит 2. пронизывает 3. пронизывается
3.	Поток ... со всеми витками катушки.	1. сцепляется 2. сцепляет
4.	Каждый контур ... собственной индуктивностью.	1. характеризуется 2. характеризует
5.	Индуктивная связь ... взаимной индуктивностью.	1. характеризуется 2. характеризует
6.	Магнитный поток второго контура частично ... вокруг витков второго контура.	1. замыкается 2. замыкается
7.	Токи ... одинаковым образом относительно одноименных зажимов.	1. ориентированы 2. ориентируют
8.	При встречном включении взаимные магнитные потоки ... навстречу друг другу.	1. направлены 2. направляются 3. направляют
9.	На вход цепи ... напряжение.	1. подано 2. подали 3. подало
10.	Индуктивно связанные элементы ... к общему узлу разноименными зажимами.	1. подключены 2. подключили

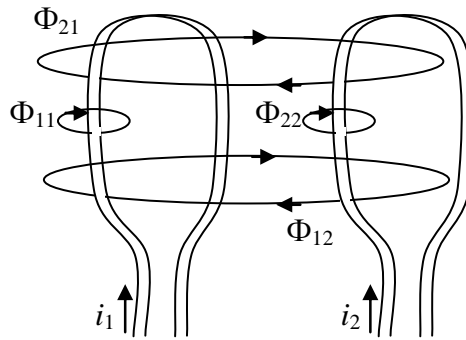
### Лексика к теме 5

Основные понятия по теме	Глаголы
--------------------------	---------

<p>взаимная индуктивность  встречное включение  комплексы действующих значений напряжений на катушках  коэффициент связи  магнитный поток взаимной индукции  магнитный поток рассеяния  мгновенное значение напряжения на индуктивно связанных катушках  одноимённые зажимы  потокосцепление  развязка индуктивной связи  развязка индуктивных связей катушек, имеющих общий узел  развязка последовательно соединенных катушек  реактивная мощность индуктивной связи  собственная индуктивность  согласное включение  цепи с взаимной индуктивностью  число витков контура  явление взаимоиндукции  явление самоиндукции</p>	<p>возникать  замыкаться  изменяться  направлять  проходить  помечать  создавать  характеризовать</p>
--	---

### Оригинальные материалы к теме 5

<p>1. При наличии в цепи катушек, взаимодействующих своими магнитными потоками, цепь называют <b>индуктивно связанной</b> или <b>цепью с взаимной индуктивностью</b>.</p>
<p>2. <b>Явление взаимоиндукции</b> – это возникновение ЭДС в каком-либо контуре при изменении тока в другом контуре.  Магнитный поток <math>\Phi_1</math> первого контура (создается <math>i_1</math>) частично замыкается вокруг витков первого контура, создавая поток рассеяния <math>\Phi_{11}</math>, и частично проходит через витки второго контура, создавая поток (взаимной индукции) <math>\Phi_{21}</math>: <math>\Phi_1 = \Phi_{11} + \Phi_{21}</math>.</p>



Магнитный поток  $\Phi_2$  второго контура (создается  $i_2$ ) частично замыкается вокруг витков второго контура, создавая поток рассеяния  $\Phi_{22}$ , и частично проходит через витки первого контура, создавая поток взаимной индукции  $\Phi_{12}$ :  $\Phi_2 = \Phi_{22} + \Phi_{12}$ .

Потокосцепление первого контура

$$\psi_1 = w_1(\Phi_1 \pm \Phi_{12}),$$

потокосцепление второго контура

$$\psi_2 = w_2(\Phi_2 \pm \Phi_{21}), \text{ где}$$

$w_1, w_2$  – число витков первого и второго контуров.

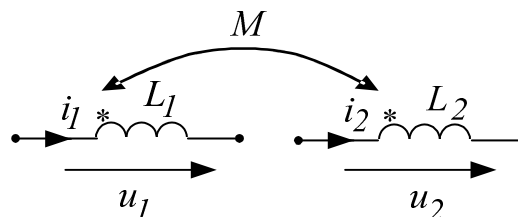
$$L_1 = \frac{w_1 \cdot \Phi_{11}}{i_1}; \quad L_2 = \frac{w_2 \cdot \Phi_{22}}{i_2} \quad [\text{Гн}] \text{ – собственные индуктивности}$$

контуров;  $M_{12} = \frac{w_1 \cdot \Phi_{12}}{i_2}; \quad M_{21} = \frac{w_2 \cdot \Phi_{21}}{i_1} [\text{Гн}]$  – взаимные индуктивности.

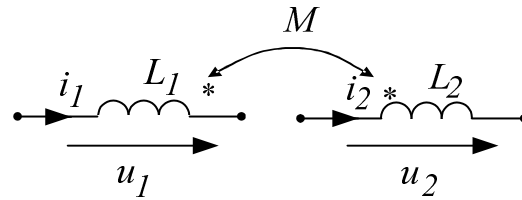
Для линейных цепей  $\Phi_{21} = \Phi_{12}; M_{12} = M_{21} = M [\text{Гн}]$ .

3. Степень магнитной связи двух катушек характеризуется коэффициентом связи  $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$ .

4. Индуктивно связанные катушки помечают стрелками и указывают их одноименные зажимы. При **согласном включении** потоки взаимной индукции  $\Phi_{21}$  и  $\Phi_{12}$  совпадают по направлению. При этом токи направлены одинаковым образом относительно одноименных зажимов:



При **встречном включении** взаимные магнитные потоки  $\Phi_{21}$  и  $\Phi_{12}$  направлены навстречу друг другу. При этом токи направлены различным образом относительно одноименных зажимов:



5. Мгновенное значение напряжения на индуктивно связанных катушках:

$$u_1 = w_1 \frac{d(\Phi_{11} \pm \Phi_{12})}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} \pm M \frac{di_2}{dt};$$

$$u_2 = w_2 \frac{d(\Phi_{22} \pm \Phi_{21})}{dt} = L_2 \frac{di_2}{dt} \pm M \frac{di_1}{dt},$$

знак «+» берется при согласном включении катушек, а «-» – при встречном включении.

6. Комплексы действующих значений напряжений на катушках

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_{L1} \pm \dot{U}_{M1} = jX_{L1}\dot{I}_1 \pm jX_M\dot{I}_2;$$

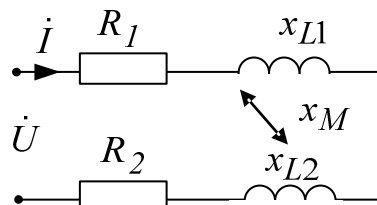
$$\dot{U}_2 = \dot{U}_{L2} \pm \dot{U}_{M2} = jX_{L2}\dot{I}_2 \pm jX_M\dot{I}_1,$$

где  $X_{L1} = \omega L_1$ ;  $X_{L2} = \omega L_2$ ;  $X_M = \omega M$  [Ом] – реактивное сопротивление индуктивной связи;  $\dot{U}_{M1} = jX_M\dot{I}_2$ ,  $\dot{U}_{M2} = jX_M\dot{I}_1$  – комплексные напряжения взаимной индукции.

При согласном включении берется знак «+» и вектора  $\dot{U}_{M1}$  и  $\dot{U}_{M2}$  опережают свои токи  $\dot{I}_2$  и  $\dot{I}_1$  на  $90^\circ$  (индуктивный характер), а при встречном включении берется знак «-», и вектора  $\dot{U}_{M1}$  и  $\dot{U}_{M2}$  отстают от своих токов на  $90^\circ$  (емкостной характер).

При расчете цепи по уравнениям Кирхгофа напряжение  $\dot{U}_M = \pm j\omega M \dot{I}$  учитывается наравне с другими падениями напряжения с учетом вида включения (согласное или встречное).

7. **Последовательное соединение катушек**



$$\dot{U}_{R1} = iR_1; \dot{U}_{R2} = iR_2; \dot{U}_1 = jX_{L1}i \pm jX_M i = \dot{U}_{L1} \pm \dot{U}_M;$$

$$\dot{U}_2 = jX_{L2}\dot{I} \pm jX_M\dot{I} = \dot{U}_{L2} \pm \dot{U}_M.$$

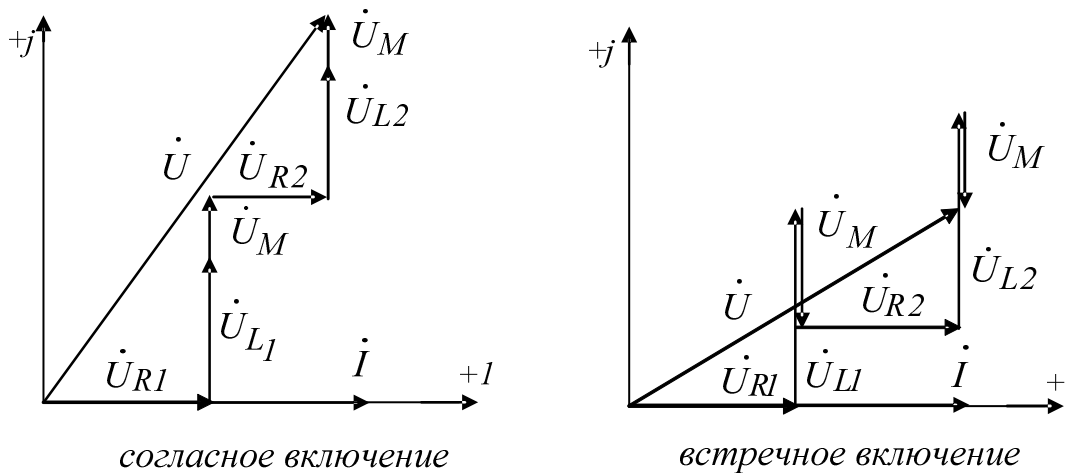
$$\underline{Z} = R_1 + R_2 + j(X_{L1} + X_{L2} \pm 2X_M).$$

Общий ток  $\dot{I} = \frac{\dot{U}}{\underline{Z}} = \frac{\dot{U}}{R_1 + R_2 + j(X_{L1} + X_{L2} \pm 2X_M)},$

«+» – при согласном включении; «-» – при встречном.

При неизменном действующем значении входного напряжения больший по величине ток будет при встречном включении.

### Векторные диаграммы



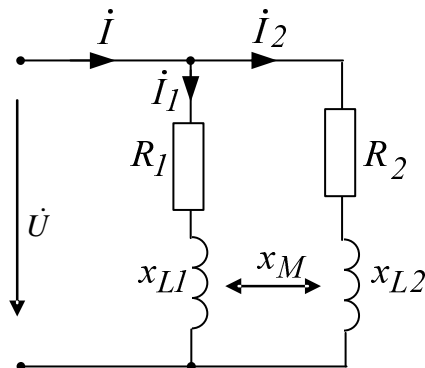
### 8. Параллельное соединение катушек

Уравнения по законам Кирхгофа в комплексной форме с учетом влияния индуктивной связи:

$$\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2;$$

$$\dot{U} = \dot{I}_1 R_1 + jX_{L1}\dot{I}_1 \pm jX_M\dot{I}_2;$$

$$\dot{U} = \dot{I}_2 R_2 + jX_{L2}\dot{I}_2 \pm jX_M\dot{I}_1.$$



Совместное решение уравнений позволяет определить ток:

$$i = \dot{U} \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2 - 2(\pm jX_M)}{\underline{Z}_1 \underline{Z}_2 + X_M^2},$$

где  $\underline{Z}_1 = R_1 + jX_{L1}$ ;  $\underline{Z}_2 = R_2 + jX_{L2}$ , при этом знак «+» берется при согласном включении катушек, а «-» – при встречном.

При неизменном входном напряжении больший ток будет при встречном включении.

9. При составлении уравнений по законам Кирхгофа необходимо помнить следующее правило: если в схеме согласное включение катушек, то напряжение самоиндукции ( $\dot{U}_L$ ) и напряжение взаимоиндукции ( $\dot{U}_M$ ) одной катушки будут иметь одинаковые знаки, а при встречном – разные.

При расчете цепи методом контурных токов:

- желательно выбирать контурные токи так, чтобы через каждую индуктивно связанную катушку проходил только один контурный ток;
- при таком выборе контурных токов при составлении уравнений в общее сопротивление контура нужно добавить  $jX_M$  при согласном включении и  $-jX_M$  при встречном.

Вид включения определяется по ориентации контурных токов относительно одноименных зажимов катушек.

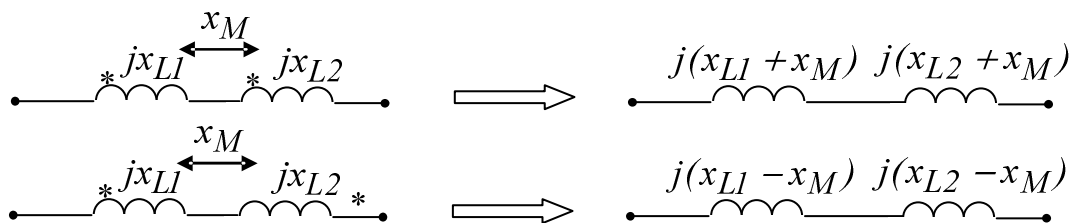
10. Потребляемая реактивная мощность с учетом индуктивной связи катушек определяется по формуле

$$Q_{\Pi} = \sum_i I_i^2 X_{Li} - \sum_k I_k^2 X_{Ck} \pm 2X_M I_d I_r \cos(\psi_d - \psi_r), \text{ где}$$

слагаемое  $\pm 2X_M I_d I_r \cos(\psi_d - \psi_r)$  учитывает индуктивную связь; знак «+» ставится при согласном включении катушек и «-» при встречном;  $I_d, I_r$  – действующие значения токов индуктивно связанных катушек;  $\psi_d, \psi_r$  – их начальные фазы.

11. **Развязка индуктивной связи** используется с целью упрощения расчетов. После развязки схема может быть рассчитана любым методом.

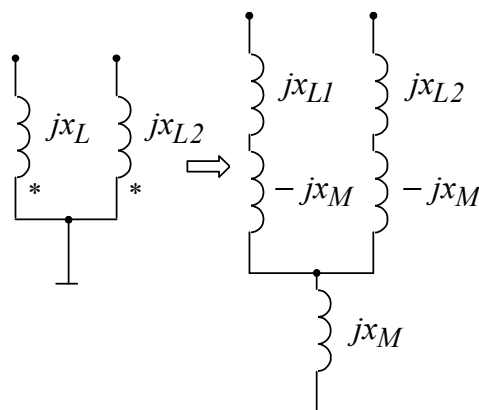
12. Развязка последовательно соединенных катушек:



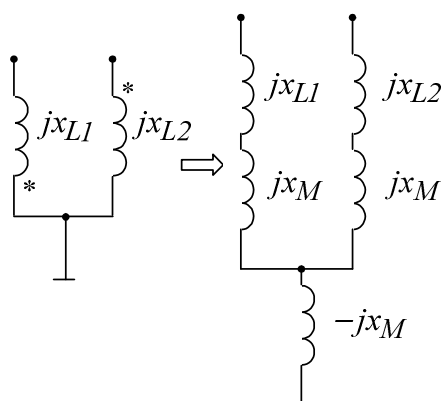


### 13. Развязка индуктивных связей катушек, имеющих общий узел:

• если катушки подключены к общему узлу одноименными зажимами, то в эквивалентной схеме без индуктивной связи последовательно к каждому из них подключается сопротивление  $-jX_M$ , а в общую ветвь сопротивление  $jX_M$ :



• если катушки подключены к общему узлу разноименными зажимами, то в эквивалентной схеме без индуктивной связи последовательно к каждому элементу подключается сопротивление  $jX_M$ , а в общую ветвь сопротивление  $-jX_M$ :



### Контрольные вопросы по электротехнике (тема 5)

1. Какая цепь называется цепью с взаимной индукцией?
2. Сформулируйте понятие явления самоиндукции.
3. Какие магнитные потоки возникают в индуктивно связанных контурах?
4. Какие виды включений индуктивно связанных контуров вы знаете?
5. При каком включении возникает максимальный входной ток?

6. Какие виды развязки индуктивной связи вы знаете?

## ТЕМА 6. ДВУХОБМОТОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР В ЛИНЕЙНОМ РЕЖИМЕ

### Задачи:

- ✓ расширить лексический запас за счет знакомства с новыми словами по теме, в том числе с их синонимичными, антонимичными эквивалентами;
- ✓ познакомиться с понятиями «грамматическая точка отсчета» и «коммуникативный фокус» для освоения навыков быстрого чтения, грамотной подачи информации о предмете мысли в тексте;
- ✓ познакомиться с понятием «трансформатор».

### I. Лексико-грамматическая работа (подготовка к чтению)

#### 1. Новые слова и выражения

**Задание 1.** Составьте и запишите сложные слова.

один	фаза		однофазны
два			й
три			
два	обмотка		
й	электрически		станция
			технический
			передача
коэффициент	полезный	действи	
		е	
линия	электрически	передач	
	й	а	

**Задание 2.** Запишите антонимы к словам и составьте примеры употребления слов.

статический	
разомкнутый	
удаленный	
повышающий	

**Задание 3.** Запишите синонимы к словам и составьте примеры употребления слов.

трансформировать	
	преобразование
трансформатор	

**Задание 4.** Закончите предложение по модели: преобразовать/ трансформировать что? во что?

Преобразовать  
электрическую энергию  
переменного тока  
одного напряжения  
...

## **II. Чтение текстов о трансформаторе описательно-повествовательного характера**

**Задание 5.** Сравните два текста-определения трансформатора. Какая ключевая информация сообщается в одном тексте и отсутствует в другом?

1. Трансформатором называется статическое (без движущихся частей) электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии переменного тока одного напряжения в электрическую энергию переменного тока другого напряжения при неизменной частоте.

2. Трансформатор – статическое (не имеющее подвижных частей) электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции системы переменного тока одного напряжения в систему переменного тока обычно другого напряжения при неизменной частоте и без существенных потерь мощности.

**Задание 6.** Составьте вопросы-шаги для любого определения трансформатора.

**Задание 7.** Прочитайте фрагменты текстов о трансформаторе и выполните задания 7.1–7.6.

**7.1.** В тексте к выделенным словам и выражениям подберите синонимичные.

Первые трансформаторы с разомкнутым магнитопроводом предложил в 1876г. П.Н. Яблочков, который применил их для питания электрической «свечи». В 1885г. венгерские ученые М. Дери, О. Блати, К. Циперовский разработали однофазные трансформаторы с замкнутым магнитопроводом. В 1889–1891г. исследователь М.О. Доливо-Добровольский предложил трехфазный трансформатор.

Трансформаторы широко применяются в различных областях электротехники, радиотехники, в устройствах измерения, автоматического регулирования и управления. Наибольшее применение получили силовые трансформаторы, которые являются элементом электрической сети.

**7.2.** Заполните пропуски глаголов в тексте, используя слова для справок: повышать, понижать, превышать, превысить, составлять, передавать.

Электростанции обычно удалены от потребителей на сотни километров. Мощность одной современной электростанции может \_\_\_\_\_ 25 млн. кВт и более. Если \_\_\_\_\_ ее энергию при напряжении генераторов, которое в настоящее время не \_\_\_\_\_ 24 кВ, то токи в трехфазной линии электропередачи \_\_\_\_\_ бы 48–120 кА. Это не экономично из-за огромных потерь энергии в линии и её большой стоимости. Поэтому с помощью трансформаторов напряжение в ЛЭП (линия электропередачи) \_\_\_\_\_ до 500, 750 или 1150 кВ. В конце линии напряжение \_\_\_\_\_ с помощью трансформаторов распределительных подстанций до 35, 10 или 6 кВ и, наконец, на подстанциях цехов и жилых районов – до 380 и 220 В. Трансформация напряжений и токов необходима для экономичной передачи и распределения энергии, поэтому основное требование к силовому трансформатору – это высокий КПД (коэффициент полезного действия).

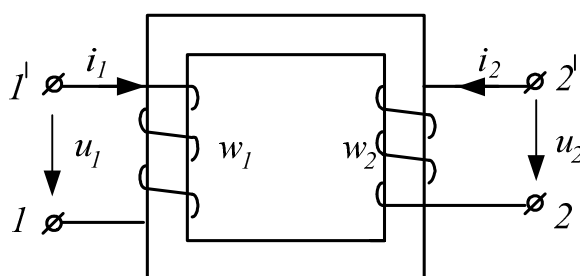
**7.3.** Сформулируйте вопросы по основному содержанию фрагмента – о преимуществах трансформатора перед генератором, об основном предназначении трансформатора и требований к нему. Запишите краткие ответы на вопросы.

**7.4.** Откройте скобки, образуя отглагольные существительные и пассивные формы глагола.

Трансформатор имеет не менее двух обмоток с общим магнитным потоком, которые электрически (изолировать) друг от друга.

Для (усилить) индуктивной связи и (снизить) влияния вихревых токов обмотки (размещать) на магнитопроводе.

Для (отвести) тепла и (улучшить) изоляции магнитопровод с обмотками трансформаторов мощностью до 50 кВА и выше погружают в бак с минеральным трансформаторным маслом, которое служит для (отвести) теплоты от нагревающихся обмоток и магнитопровода. Одновременно масло является дополнительной изоляцией между обмотками и заземленными частями трансформатора.



Обмотка трансформатора, к которой подводится питание, называется первичной ( $u_1, i_1, w_1$ ), другая обмотка, к которой подсоединяется нагрузка (рис. ), называется вторичной ( $u_2, i_2, w_2$ ). (Передать) энергии из первичной во вторичную обмотку происходит благодаря явлению взаимной индукции.

### 7.5. Запишите ответы на вопрос «какой?»

1. Обмотки (какие?) (общий магнитный поток) .....
2. Бак (какой?) (минеральное трансформаторное масло) ...
3. Обмотки, которые нагреваются (какие?) ...
4. Части трансформатора, которые заземляют (какие?) ...
5. Явление (какое?) (взаимная индукция) ...

### 7.6. Запишите ответы на вопросы:

1. Почему обмотки размещают на магнитопроводе?
2. Зачем магнитопровод погружают в бак с минеральным трансформаторным маслом?
3. Какую роль выполняет минеральное трансформаторное масло в эксплуатации трансформатора?
4. Какую обмотку называют первичной, какую – вторичной?

5. За счет чего передается энергия из первичной обмотки во вторичную?

### **III. Грамматическая точка отсчета и коммуникативный фокус.**

#### **Способы выражения информации о предмете мысли в языке электротехники**

Вы уже знаете, что в русской грамматике информационная основа предложения – это предикат (далее – **P**) (см. тему 2), сообщающий информацию о субъекте мысли/ речи.

Субъект предложения (лицо или не-лицо) (далее – **S**) может быть выражен

- ✓ открыто – (**S**) Ток (**P**) идет;
- ✓ скрыто – (**P**) Решаем задачу(**S**);
- ✓ пассивно – Задача (**P**) решается;
- ✓ отсутствовать – Схему (**P**) можно заменить.

Обратите внимание: в речи говорящий/ пишущий не случайно выбирает способ выражения субъекта. Выбор зависит от намерения автора представить грамматическую «точку отсчета» или коммуникативный «фокус» при наблюдении ситуации.

Рассмотрим пример грамматической точки отсчета.

Сравните предложения:

1. Трансформатором называется (**S**) статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока.

2. (**S**) Трансформатор – статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока.

3. (**S**) Статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока называется трансформатором.

В первом и третьем предложении грамматической «точкой отсчета» – центром – является субъект «статическое электромагнитное устройство». Это значит, что автор текста, выражая мысль о предмете, «ведет отсчет» от этого субъекта к другим объектам, действиям и т.д., т.е. грамматическая модель: «что называется чем» = «что это что».

Во втором предложении субъект – «трансформатор». Это значит, что пишущий/ говорящий желает обратить внимание читателя/ слушателя на трансформатор как на центр мысли, вокруг которого располагается поясняющая информация.

Грамматическая точка отсчета выражена в предложении обычно без связи с контекстом, и отражает способ выражения мысли.

Коммуникативная точка отсчета выражает связь с контекстом, отражает не столько способ выражения мысли, сколько способ подачи мысли в «ткани» текста, линию разворачивания информации о предмете: понятие субъекта уходит на второй план, а на первый выходит понятие «известная точка отсчета» (Point) и «новая» информация, коммуникативный фокус (New) – то, что необходимо передать читателю.

В этом случае важна не только грамматическая модель, но и порядок слов, сравните:

1. Трансформатором называется статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока (в фокусе – «устройство»).

2. Статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока называется трансформатором (в фокусе – «трансформатор»).

В приведенных выше предложениях грамматическая модель одинакова – «что называется чем», однако смысл разный.

Рассмотрим коммуникативную структуру разворачивания, движения мысли в тексте: **P N – P1 (N) N1 – P2 (N1) – N2** и т.д.

Примеры:

1. «**(P)** Сегодня мы поговорим **(N)** о трансформаторах. **(P)** Трансформатором называется **(N)** статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока./ **(P)** Трансформатор – **(N)** статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока».

2. «**(P)** Перед Вами **(N)** статическое электромагнитное устройство. **(P)** Статическое электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока называется **(N)** трансформатором».

Коммуникативная структура «статической» мысли, которая не разворачивается в тексте, выглядит так: **P N – P N1 – P N2** и т.д.

«Статическая» мысль описывает картину, место, без изменения точки отсчета, изменяется только фокус наблюдения.

Пример:

«В 1885г. венгерские ученые М. Дери, О. Блати, К. Циперовский разработали однофазные трансформаторы. В 1889–1891г. исследователь М.О. Доливо-Добровольский предложил трехфазный трансформатор» – неважно, кто предложил трансформатор, а важно, какой вид



трансформатора. В этой ситуации перемещается лишь фокус наблюдения, позиция предметов же не меняется.

Зачем нужно знать, что такое грамматическая точка отсчета и коммуникативный фокус?

✓ **Грамматическая точка отсчета поможет понять и грамотно построить предложение.**

✓ **Коммуникативный фокус поможет понять ситуацию/картину и грамотно построить текст для передачи информации о ситуации/картине.**

**Задание 8.** Прочитайте предложения и определите способ выражения грамматического субъекта (**S**) (активный/ пассивный, открытый/ скрытый) в группе А и в группе Б. Как можно объяснить частотность выбора именно таких субъектов в языке технической науки?

#### **группа А**

1. Устройство предназначено для преобразования электрической энергии переменного тока.
2. Электростанции обычно удалены от потребителей.
3. Трансформатор рассчитан на нормальную работу обмотки.
4. В расчет вводятся вспомогательные величины.
5. К обмотке трансформатора подводится питание.
6. Все витки катушки пронизываются одним и тем же магнитным потоком.
7. Развязка индуктивной связи используется с целью упрощения расчетов.

#### **группа Б**

1. Магнитопровод с обмотками трансформаторов мощностью до 50 кВА и выше погружают в бак с минеральным трансформаторным маслом.
2. Индуктивно связанные катушки помечают стрелками и указывают их одноименные зажимы.
3. На вход цепи подают напряжение  $\dot{U} = Ue^{j\psi}$ .
4. Обмотки размещают на магнитопроводе.
5. Применяют эквивалентные преобразования схем и свойства электрических цепей.

**Задание 9.** В каких предложениях возможна замена грамматической модели группы А грамматической моделью группы Б (см. предыдущее задание)?

**Задание 10.** Прочитайте фрагменты текстов и определите способ выражения грамматического субъекта (S) (активный/ пассивный, открытый/ скрытый) и коммуникативный фокус (New).

1. Трансформаторы широко применяют в различных областях электротехники. – Трансформаторы широко применяют в различных областях электротехники. – В различных областях электротехники широко применяют трансформаторы.

2. Наибольшее применение получили силовые трансформаторы. – На предприятии применяют силовые трансформаторы. – Силовые трансформаторы применяют на предприятии.

**Задание 11.** Прочитайте текстовые фрагменты. Постройте схему коммуникативной структуры текстов. Как разворачивается мысль автора: в динамике (последовательно) или в статике (параллельно)? Почему?

1. Трансформатор рассчитан на нормальную работу только при определенных значениях частоты, мощности, токов и напряжений, называемых номинальными. Номинальная мощность трансформаторов различна. В радиоэлектронных устройствах имеются трансформаторы, мощность которых составляет десятки вольт-ампер. Мощность же одного трехфазного трансформатора для ЛЭП составляет 1 млн. кВА.

2. «Трансформатор имеет не менее двух обмоток с общим магнитным потоком. В большинстве трансформаторов обмотки размещаются на магнитопроводе. Магнитопровод отсутствует лишь в воздушных трансформаторах».

3. Трансформатором называется статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии переменного тока одного напряжения в электрическую энергию переменного тока другого напряжения при неизменной частоте.

4. Первые трансформаторы с разомкнутым магнитопроводом предложил в 1876г. П.Н. Яблочков, который применил их для питания электрической «свечи». Трансформаторы широко применяются в различных областях электротехники, радиотехники, в устройствах измерения, автоматического регулирования и управления.

5. Наибольшее применение получили силовые трансформаторы, которые являются элементом электрической сети. Трансформатор рассчитан на нормальную работу только при определенных значениях частоты, мощности, токов и напряжений, называемых номинальными. Трансформатор имеет не менее двух обмоток с общим магнитным потоком, которые электрически изолированы друг от друга.

**Обратите внимание:** в названиях, в пунктах назывного плана коммуникативный фокус располагается в начале: в названии текста «Сфера применения трансформатора» фокус «сфера применения». Значит, основная мысль в предложении будет выражена так: Трансформатор применяют (где?) в 1)..., 2) .., 3) ... (в сфере электротехники, радиотехники, в устройствах измерения, автоматического регулирования и управления).

**Задание 12.** Запишите соответствия названий основным мыслям (тезисам) и наоборот.

<b>Название</b>	<b>Основная мысль</b>
Трансформатор как электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока	Электромагнитное устройство для преобразования электрической энергии переменного тока называется трансформатором
Понятие трансформатора	
	Первые трансформаторы с разомкнутым магнитопроводом предложил в 1876г. П.Н. Яблочков
Время появления первого трансформатора с разомкнутым магнитопроводом	
Трансформаторы как устройство экономичной передачи и распределения энергии	
	Для улучшения изоляции магнитопровод с обмотками трансформаторов мощностью до 50 кВА и выше погружают в бак с минеральным трансформаторным маслом

**Задание 13.** Расскажите о трансформаторе по плану:

1. Понятие трансформатора.
2. История появления трансформатора.
3. Сфера применения трансформатора.
4. Преимущество трансформатора перед генератором.
5. Предназначение трансформатора.
6. Обмотки трансформатора. Первичная и вторичная обмотка.

### Тест к теме 6

**Задание:** Проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов и глагольных форм с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив все возможные варианты.

1.	Электромагнитное устройство ... для преобразования электрической энергии.	1. применяется 2. используют 3. предназначено
2.	П.Н. Яблочков ... их для питания электрической «свечи».	1. применил 2. использовал
3.	Венгерские ученые ... однофазные трансформаторы.	1. разработали 2. выработали 3. отработали
4.	Наибольшее применение ... силовые трансформаторы.	1. нашли 2. взяли 3. получили
5.	Электростанции обычно ... от потребителей на сотни километров.	1. уходят 2. оторваны 3. удалены
6.	Обмотки ... на магнитопроводе.	1. размещают 2. размещаются 3. находятся 4. существуют
7.	Чтобы ... тепло, магнитопровод погружают в бак с маслом.	1. провести 2. вывести 3. отвести
8.	К обмотке трансформатора ... питание.	1. подводится 2. подходит 3. проходит

9.	Трансформатор ... на нормальную работу только при определенных значениях частоты, мощности, токов и напряжений.	1. высчитан 2. рассчитан 3. предназначен
10.	Обмотки электрически ... друг от друга.	1. изолированы 2. изолируются

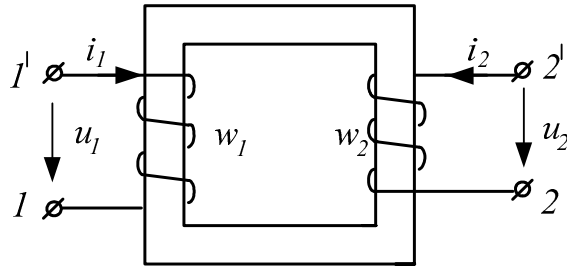
### Лексика к теме 6

Основные понятия по теме	Глаголы
воздушный трансформатор вторичная обмотка двухобмоточный трансформатор коэффициент трансформации магнитопровод первичная обмотка передача энергии повышающий трансформатор понижающий трансформатор схема замещения линейного трансформатора трансформатор уравнения трансформатора в линейном режиме ферромагнитный материал эквивалентная схема трансформатора без индуктивной связи	передавать преобразовывать понижать повышать трансформировать

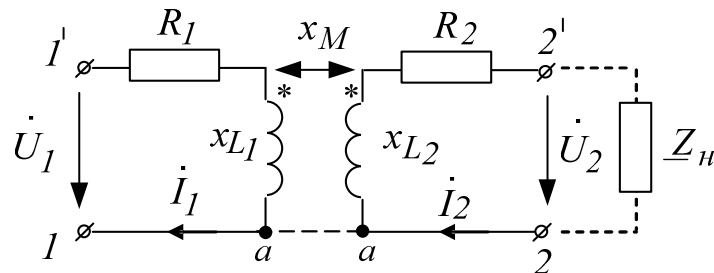
### Оригинальные материалы к теме 6

**1. Трансформатор** предназначен для преобразования величин переменных токов и напряжений при неизменной частоте. В простейшем случае он представляет собой две обмотки на замкнутом сердечнике из ферромагнитного материала.

Передача энергии из первичной во вторичную обмотку происходит благодаря явлению взаимной индукции. Обмотка 1-1<sup>1</sup> называется первичной и подключается к источнику электроэнергии с напряжением  $u_1$ , обмотка 2-2<sup>1</sup> называется вторичной и подключается к нагрузке с напряжением  $u_2$ .



**2. Схема замещения линейного трансформатора:**



Уравнения трансформатора в линейном режиме:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 R_1 + jX_{L1} \dot{I}_1 - jX_M \dot{I}_2 &= \dot{U}_1; \\ \dot{I}_2 R_2 + jX_{L2} \dot{I}_2 + \dot{U}_2 - jX_M \dot{I}_1 &= 0, \end{aligned}$$

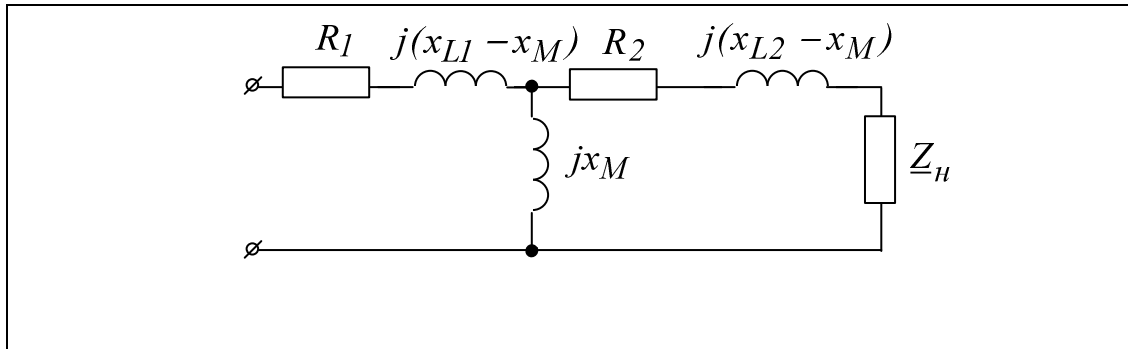
где  $\dot{U}_2 = \dot{I}_2 \underline{Z}_H = \dot{I}_2 (R_H + jX_H)$ .

**3. Коэффициент трансформации** – это отношение напряжения на зажимах обмотки высшего напряжения к напряжению на зажимах обмотки низшего напряжения в режиме холостого хода:  $k_{\text{тр}} = \frac{U_{\text{ВН}}^x}{U_{\text{НН}}^x}$ .

Если  $U_1 > U_2$  и  $R_1 \ll X_{L1}$ , то  $k_{\text{тр}} = \frac{w_1}{w_2}$ , где  $w_1, w_2$  – числа витков первичной и вторичной обмоток. Если в режиме холостого хода ( $\underline{Z}_H = \infty, \dot{I}_2 = 0$ )  $U_1 > U_2$ ,  $k_{\text{тр}} > 1$  то трансформатор называют понижающим, если  $U_1 < U_2$ ,  $k_{\text{тр}} < 1$  – повышающим.

**4. Эквивалентная схема трансформатора без индуктивной связи**

(за общий узел принимается точка а в схеме замещения с индуктивной связью)



### Контрольные вопросы по электротехнике (тема 6)

1. Для чего предназначены трансформаторы?
2. На каком явлении основана передача энергии между обмотками трансформатора?
3. Какое включение имеют обмотки трансформатора?
4. Запишите формулу для определения коэффициента трансформации.

## ТЕМА 7. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

**Задача** – повторение изученных тем:

- ✓ Образование отглагольных слов;
- ✓ выражение характеристики предмета через действие (причастные формы);
- ✓ активные и пассивные грамматические модели;
- ✓ выражение квалификации предмета, образа действия, фактического условия и результата заданного условия (в текстах-расчетах).

### I. Лексико-грамматический материал

**Задание 1.** Заполните таблицу.

глагол	существительное
<i>нагрузить/ нагружать</i>	<i>нагрузка</i>
обмотать/ обматывать	
разработать/ разрабатывать	
<i>возбудить/ возбуждать</i>	<i>возбуждение</i>
упростить/ упрощать	
напрячь/ напрягать	
сопротивляться	
соединить/ соединять	
сместить/ смещать	
накалить/ накалять	
преобразовать/ преобразовывать	
передать/ передавать	
рассчитать/ рассчитывать	

**Задание 2.** Раскройте скобки, заменив глаголы на существительные.

1. При (соединить) нагрузки звездой фазные токи равны линейным.
2. Трехфазная цепь называется симметричной, если комплексные (сопротивляться) фаз одинаковы.
3. Проведем (рассчитать) методом узловых потенциалов.



4. Векторная диаграмма ЭДС и линейных (напрягать) при соединении фаз генератора звездой.

5. Величина, которая применяется при расчете трехфазных цепей для (упростить) записи.

6. К однофазным приемникам относятся электрические лампы (накаливать), однофазные двигатели и т.д.

7. Трансформация напряжений и токов необходима для экономичной (передать) и (распределить) энергии.

**Задание 3.** Известно, что причастные формы глагола выражают характеристику предмета через действие: *явление магнитного поля, которое вращается – явление вращающегося поля.*

Дайте характеристику предметам, используя причастные формы. Следите за падежными формами определяемого слова.

1. На статоре размещается обмотка, которая состоит из трех частей;

2. Электромагнит, который возбуждается постоянным током обмотки возбуждения;

3. Обмотка возбуждения, которая располагается на роторе;

4. Начальные фазы, которые отличаются друг от друга на  $120^\circ$ ;

5. ЭДС (напряжений, токов), которые сдвинулись относительно друг друга на  $120^\circ$ ;

6. Провода, которые соединяют генератор с приемниками;

7. Провода, которые соединяют нейтральные точки источника и приемника.

**Задание 4.** Запишите информацию двух предложений в одно по модели: *что это что, + характеристика (которое .../ причастие ...).*

1. Нейтральный провод – это провод. Этот провод соединяет нейтральную точку источников N и нейтральную точку приемников n.

2. Линейные провода – это провода. Эти провода соединяют источники с приемниками.

3. Фазный множитель  $a$  – это комплексная величина

$a = e^{j120^\circ}$ . Эта величина применяется при расчете трехфазных цепей.

4. Фазные токи – это токи. Эти токи текут в нагрузке.

**Задание 5.** Прочитайте предложения и соедините их информацию в одно сложное, и вы получите определение понятия «трехфазные цепи» (квалификацию предмета)\*.

1. Трехфазная цепь – это частный случай многофазных электрических систем.
2. Многофазные электрические системы – это совокупность электрических цепей.
3. В электрических цепях действуют ЭДС одинаковой частоты.
4. ЭДС одинаковой частоты сдвинуты относительно друг друга на  $120^\circ$ .

### Грамматические модели, обозначающие квалификацию предмета

что является чем	что представляет собой что	что называется чем
------------------	----------------------------	--------------------

Дополнительную информацию оформите причастными формами глагола и местоимением «который» в нужной падежной форме:

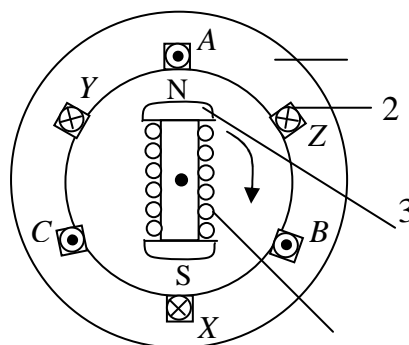
представлять собой – (причастие) \_\_\_\_\_

сдвинуть – (причастие) \_\_\_\_\_

характеризоваться – (причастие) \_\_\_\_\_

**Задание 6.** Заполните пропуски глаголов и глагольных форм в тексте:

Источником трехфазного напряжения \_\_\_\_\_ трехфазный синхронный генератор, на статоре 1 которого \_\_\_\_\_ обмотка 2, \_\_\_\_\_ из трех частей (фаз). Фазы этой обмотки \_\_\_\_\_ на статоре таким образом, чтобы их магнитные оси были \_\_\_\_\_ в пространстве друг \_\_\_\_\_ относительно друга на угол  $120^\circ$ .



\* **Проверьте себя:** Трехфазная цепь является частным случаем многофазных электрических систем, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые друг относительно друга на определенный угол.

Слова для справок: *являться, размещаться, состоять, сдвинуть.*

**Задание 7.** Известно, что в языке электротехники часто используются пассивные конструкции, которые способны передавать информацию максимально объективно. Вспомните грамматические активные и пассивные конструкции в русском языке (см. табл. ниже):

<b>активная конструкция НСВ</b>	<b>активная конструкция СВ</b>
Ученый ( <i>S-act</i> ) <i>разрабатывал/разрабатывает/будет разрабатывать</i> ( <i>P-act</i> ) основные звенья генерирования, передачи электроэнергии трехфазного тока.	Ученый ( <i>S-act</i> ) <i>разработал/разработает</i> ( <i>P-act</i> ) основные звенья генерирования, передачи электроэнергии трехфазного тока.
Пассивная конструкция НСВ (+ -СЯ)	Пассивная конструкция СВ –АТЬ → Н –ИТЬ →ЕН обычно запоминают→ Т
Ученым <i>разрабатывается</i> основные звенья генерирования, передачи, распределения и преобразования электроэнергии трехфазного тока.	Ученым <i>разработаны</i> ( <i>P-pass</i> ) основные звенья генерирования, передачи, распределения и преобразования электроэнергии трехфазного тока).

**Задание 8.** Заполните пропуски формами пассивных предикатов.

1. Их магнитные оси были \_\_\_\_\_ в пространстве друг относительно друга на угол  $120^\circ$  (сдвинуть).
2. Каждая фаза обмотки статора условно \_\_\_\_\_ состоящей из одного витка (показать).
3. Начала фаз \_\_\_\_\_ буквами *A, B, C* (обозначаться).
4. В обмотках фаз статора \_\_\_\_\_ синусоидальные ЭДС одинаковой амплитуды и частоты (индуктироваться).
5. На рисунке \_\_\_\_\_ график мгновенных значений и векторная диаграмма ЭДС трехфазного генератора (показать).
6. На практике \_\_\_\_\_ различные комбинации соединений (применяться).
7. При построении графика мгновенных значений начальная фаза  $e_A$  \_\_\_\_\_ равной нулю  $\psi_A = 0$  (выбрать).

## Текстовая работа

**Задание 9.** Выполните предтекстовую работу.

1. Познакомьтесь с выражениями, характерными для книжной речи. Объясните их значение, заменив синонимичными фразами:

✓ (Что?) получило распространение: *распространение получили трехфазные системы.*

✓ (Кто?) внес вклад (во что?): *большой вклад в разработку трехфазных систем внес русский ученый.*

✓ (Кто?) считается основоположником (чего?): *он считается основоположником трехфазных систем.*

✓ (Что?) явилось предпосылкой (чего?): *важной предпосылкой развития многофазных электрических систем явилось открытие явления вращающегося магнитного поля.*

✓ Ряд преимуществ: *это связано с рядом их преимуществ.*

✓ Выдающийся (ученый, открытие, работа): *М.О. Доливо-Добровольский - выдающийся русский ученый.*

**Задание 10.** Прочитайте текст и составьте его краткий назывной план.

Важной предпосылкой развития многофазных электрических систем явилось открытие явления вращающегося магнитного поля (Г.Феррарис и Н.Тесла) в 1888г. Первые электрические двигатели были двухфазными, но они имели невысокие рабочие характеристики.

В настоящее время наибольшее распространение получили трехфазные системы. На трехфазном токе работают все крупные электростанции и потребители. Это связано с рядом их преимуществ по сравнению, как с однофазными, так и с другими многофазными системами:

- экономичность передачи электроэнергии на большие расстояния;
- возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, необходимого для работы как асинхронного, так и синхронного двигателя;
- возможность получения в одной установке двух эксплуатационных напряжений – фазного и линейного.

Большой вклад в разработку трехфазных систем внес выдающийся русский ученый М.О. Доливо-Добровольский, считающийся основоположником трехфазных систем. Им были разработаны основные звенья генерирования, передачи, распределения и преобразования

электроэнергии трехфазного тока: трехфазный генератор, трансформатор и асинхронный двигатель.

**Задание 11.** Выполните послетекстовую работу.

**11.1.** Замените назывные конструкции тезисными по образцу: *испарение воды – вода испаряется; безопасность атомных станций – атомные станции безопасны.*

1. Экономичность передачи электроэнергии на большие расстояния.

2. Возможность сравнительно простого получения кругового вращающегося магнитного поля, необходимого для работы как асинхронного, так и синхронного двигателя

3. Возможность получения в одной установке двух эксплуатационных напряжений – фазного и линейного.

**11.2.** Перескажите текст по составленному вами плану.

**11.3.** Представьте информацию прочитанного текста публично (в формате р.р.т.), включив в него дополнительную фактическую информацию из других источников.

**Задание 12.** Выполните предтекстовую работу.

**12.1.** Закончите фразы, ответив на вопрос: «каким образом выполняется действие?».

Определяем (как? каким образом?) – закон Ома – .....

Находим линейные токи (как? каким образом?) – второй закон Кирхгофа – ...

Проведем расчет (как? каким образом?) – метод узловых потенциалов – ...

**12.2.** Прочитайте текст «Расчет симметричных цепей. Соединение «звезда – треугольник» и определите, как выражаются по-русски

1. данные задачи;
2. задание;
3. фактическое условие;
4. результат (вывод).

**12.3.** Заполните пропуски в тексте «Расчет несимметричных цепей. Соединение «звезда – звезда», выразив

1. данные задачи;
2. задание;
3. фактическое условие;
4. способ выполнения действия;
5. результат (вывод).

Текст

Расчет симметричных цепей. Соединение «звезда – треугольник»

Известны  $\dot{E}_A$ ,  $\dot{E}_B = a^2 \dot{E}_A$ ;  $\dot{E}_C = a \dot{E}_A$  и

$$\underline{Z}_{AB} = \underline{Z}_{BC} = \underline{Z}_{CA} = \underline{Z} = Ze^{j\varphi}.$$

Найти линейные и фазные токи.

Определим линейное напряжение  $\dot{U}_{AB} = \dot{E}_A - \dot{E}_B$ , тогда по закону

Ома  $\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{\underline{Z}}$  и  $\dot{I}_{BC} = a^2 \dot{I}_{AB}$ ;  $\dot{I}_{CA} = a \dot{I}_{AB}$ .

При симметричной нагрузке  $\dot{I}_л = \sqrt{3} \dot{I}_\phi e^{-j30}$ , следовательно,

$$\dot{I}_A = \sqrt{3} \dot{I}_{AB} e^{-j30}; \dot{I}_B = a^2 \dot{I}_A; \dot{I}_C = a \dot{I}_A.$$

Текст

Расчет несимметричных цепей. Соединение «звезда – звезда»»

\_\_\_\_\_  $\dot{E}_A$ ,  $\dot{E}_B = a^2 \dot{E}_A$ ;  $\dot{E}_C = a \dot{E}_A$  и  $\underline{Z}_A, \underline{Z}_B, \underline{Z}_C$ .

\_\_\_\_\_ все линейные токи:  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$  и ток в нейтральном

проводе.

Если  $\underline{Z}_N = 0$ , \_\_\_\_\_, то  $\dot{U}_N = \dot{I}_N \underline{Z}_N = 0$ ,  $\dot{\phi}_N = \dot{\phi}_n$ ,

\_\_\_\_\_ :  $\dot{U}_A = \dot{E}_A$ ;  $\dot{U}_B = \dot{E}_B$ ;  $\dot{U}_C = \dot{E}_C$ .

$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{\underline{Z}_A}; \dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B}{\underline{Z}_B}; \dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C}{\underline{Z}_C}; \dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C.$$

Если  $\underline{Z}_N = \infty$ , следовательно  $\dot{U}_N \neq 0$ . \_\_\_\_\_ в схеме

имеются только два узла, проведем расчет методом узловых потенциалов.

\_\_\_\_\_  $\dot{\phi}_N = 0$ , тогда напряжение смещения нейтралей

равно:

$$\dot{U}_N = \dot{\phi}_n - \dot{\phi}_N = \frac{\underline{Y}_A \cdot \dot{E}_A + \underline{Y}_B \cdot \dot{E}_B + \underline{Y}_C \cdot \dot{E}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N},$$

где  $\underline{Y}_A = \frac{1}{\underline{Z}_A}$ ;  $\underline{Y}_B = \frac{1}{\underline{Z}_B}$ ;  $\underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C}$ ;  $\underline{Y}_N = \frac{1}{\underline{Z}_N}$  – проводимости

соответствующих ветвей. (как?) \_\_\_\_\_ находим линейные

токи:  $\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_N}{\underline{Z}_A}$ ;  $\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_N}{\underline{Z}_B}$ ;  $\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_N}{\underline{Z}_C}$ . \_\_\_\_\_, ток

нейтрального провода  $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_N}{\underline{Z}_N}$ .

**Задание 13.** Выполните послетекстовую работу: представьте расчеты публично.

### Тест к теме 7

**Задание:** Проверьте, как вы знаете особенности сочетаемости глаголов и глагольных форм с другими словами в языке электротехники. Заполните пропуски, отметив все возможные варианты

1.	Система ЭДС ... из одинаковых по модулю ЭДС.	1. получается 2. содержится 3. состоит
2.	Комплексная величина ... при расчете трехфазных цепей для упрощения записи.	1. применяется 2. применяет 3. используется 4. использует
3.	Линейные токи ... от источника к приемнику.	1. текут 2. идут 3. проходят
4.	Провод ... нейтральную точку источников и нейтральную точку приемников.	1. соединяет 2. присоединяет 3. подсоединяет
5.	Расчет для одной фазы...	1. ведет 2. ведется
6.	... расчет методом узловых потенциалов.	1. Проведем 2. Сделаем 3. Определим
7.	Фазные напряжения ... симметричную систему.	1. образуют 2. образуются 3. делают

### Лексика к теме 7

Основные понятия по теме	Глаголы
--------------------------	---------

<p> линейные напряжения  линейные провода  линейные токи  нейтральный провод  расчет симметричных цепей  симметричная система ЭДС  соединение «звезда – треугольник»  соединение «звезда-звезда»  соединение «треугольник-треугольник»  ток нейтрального провода  трехфазная цепь  фазные напряжения приемника  фазные токи  фазный множитель  векторная диаграмма ЭДС и линейных напряжений  напряжение смещения нейтрали </p>	<p> выравнивать  действовать  применяться  сдвигать  состоять  соединять </p>
---	---

### Оригинальные материалы к теме 7



1. **Трехфазная цепь** – это совокупность трех электрических цепей (фаз), в которых действуют одинаковые ЭДС одной и той же частоты, сдвинутые друг относительно друга на  $120^\circ$ :

$$e_A = E_m \sin \omega t; \quad e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ); \quad e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

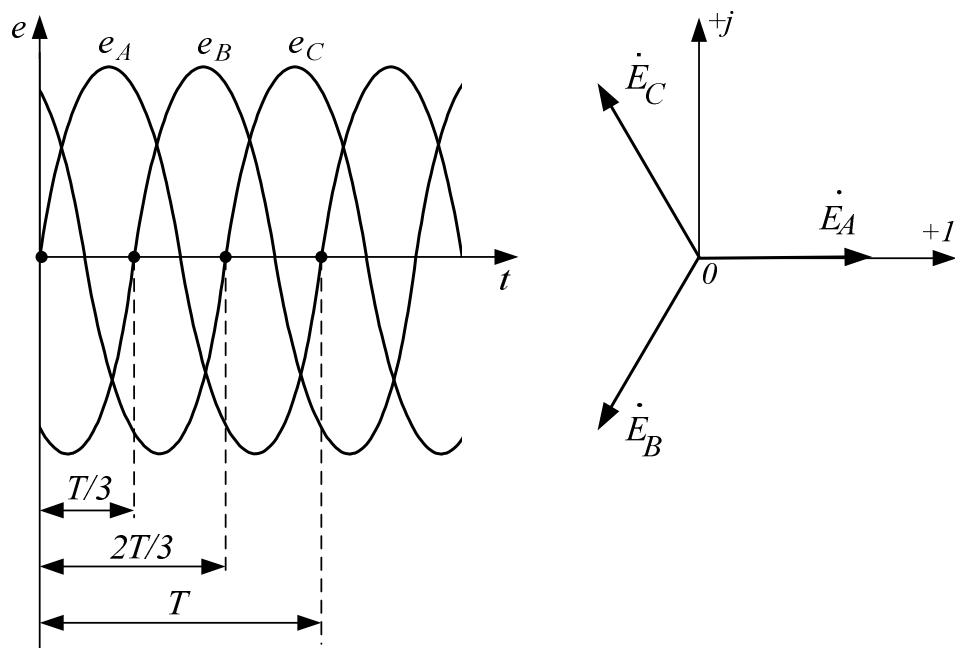
В комплексной форме:  $\dot{E}_A = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = E_\phi$ ;  $\dot{E}_B = E_\phi e^{-j120^\circ}$ ;  $\dot{E}_C = E_\phi e^{j120^\circ}$ .

Алгебраическая сумма симметричной трехфазной системы равна нулю:

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = E_\phi(1 + a^2 + a) = E_\phi(1 - 0.5 - 0.866j - 0.5 + 0.866j) = 0.$$

2. **Фазный множитель  $a$**  – это комплексная величина  $a = e^{j120^\circ}$ , которая применяется при расчете трехфазных цепей для упрощения записи:  $\dot{E}_A = E_\phi$ ;  $\dot{E}_B = E_\phi a^2$ .

3. Система ЭДС (напряжений, токов) называется **симметричной**, если она состоит из одинаковых по модулю ЭДС (напряжений, токов) одной и той же частоты, но сдвинутых относительно друг друга на  $120^\circ$ .



4. **Соединение « звезда – звезда » с нулевым проводом (Y/Y)**

**Линейные провода** – это провода соединяющие источники с приемниками.

**Линейные напряжения** – это напряжения между линейными проводами ( $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ ).

**Линейные токи** ( $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ ) текут от источника к приемнику. **Нейтральный провод** – это провод, соединяющий нейтральную точку источников  $N$  и нейтральную точку приемников  $n$ . **Фазные напряжения приемника** – это напряжения между линией и точкой  $n$  ( $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$ ).  $\dot{U}_N = \dot{I}_N \underline{Z}_N$  – напряжение смещения нейтрали, показывает смещение точки  $n$  по отношению к точке  $N$ .



Векторная диаграмма ЭДС и линейных напряжений при соединении фаз генератора звездой:

1. **Трехфазная цепь** – это совокупность трех электрических цепей (фаз), в которых действуют одинаковые ЭДС одной и той же частоты, сдвинутые друг относительно друга на  $120^\circ$ :

$$e_A = E_m \sin \omega t; \quad e_B = E_m \sin(\omega t - 120^\circ); \quad e_C = E_m \sin(\omega t + 120^\circ).$$

$$\text{В комплексной форме: } \dot{E}_A = \frac{E_m}{\sqrt{2}} = E_\phi; \quad \dot{E}_B = E_\phi e^{-j120^\circ}; \quad \dot{E}_C = E_\phi e^{j120^\circ}.$$

Алгебраическая сумма симметричной трехфазной системы равна нулю:

$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = E_\phi(1 + a^2 + a) = E_\phi(1 - 0.5 - 0.866j - 0.5 + 0.866j) = 0.$$

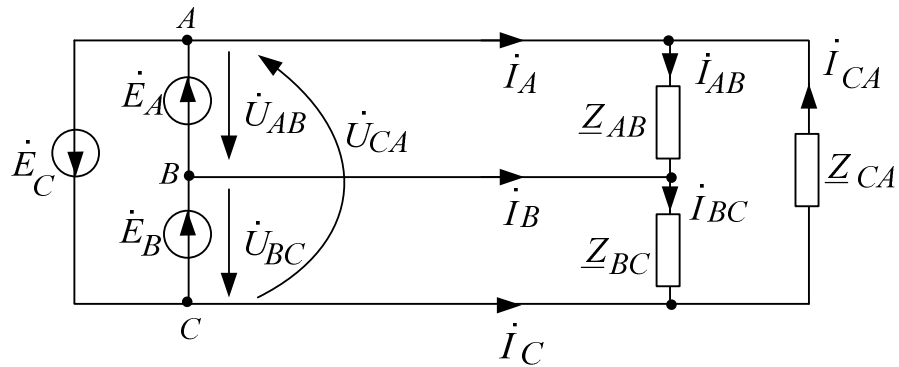
Линейные напряжения больше фазных ЭДС в  $\sqrt{3}$  раз:  $\dot{U}_L = \sqrt{3}\dot{E}_\phi e^{j30^\circ}$ .

### 5. Соединение «треугольник-треугольник» ( $\Delta/\Delta$ )

$$\dot{U}_{AB} = \dot{E}_A; \quad \dot{U}_{BC} = \dot{E}_B; \quad \dot{U}_{CA} = \dot{E}_C.$$

**Фазные токи** – это токи, текущие в нагрузке ( $\dot{I}_{AB}, \dot{I}_{BC}, \dot{I}_{CA}$ ).

При соединении нагрузки звездой фазные токи равны линейным.



### 6. Расчет симметричных цепей

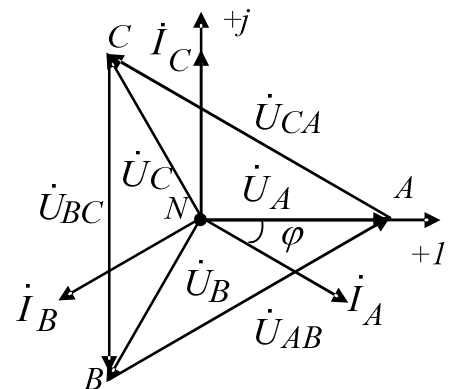
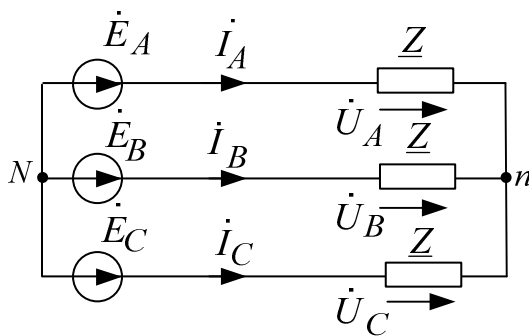
Трёхфазная цепь называется симметричной, если комплексные сопротивления фаз одинаковы. В этом режиме системы токов и напряжений будут также симметричны, поэтому расчет ведется для одной фазы, а токи и напряжения остальных фаз находятся поворотом найденных векторов на угол  $120^\circ$  или  $-120^\circ$ .

#### Соединение «звезда – звезда»

Известны  $\dot{E}_A$ ,  $\dot{E}_B = a^2 \dot{E}_A$ ;  $\dot{E}_C = a \dot{E}_A$  и  $\underline{Z}_A = \underline{Z}_B = \underline{Z}_C = \underline{Z} = Ze^{j\varphi}$ .

Найти все линейные токи:  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$

Нейтральные точки источника и нагрузки в симметричном режиме могут быть соединены, так как они имеют одинаковые потенциалы.



Тогда  $\dot{I}_A = \dot{E}_A / \underline{Z}$ ;  $\dot{I}_B = a^2 \dot{I}_A$ ;  $\dot{I}_C = a \dot{I}_A$ .

Нейтральный провод не нужен, так как

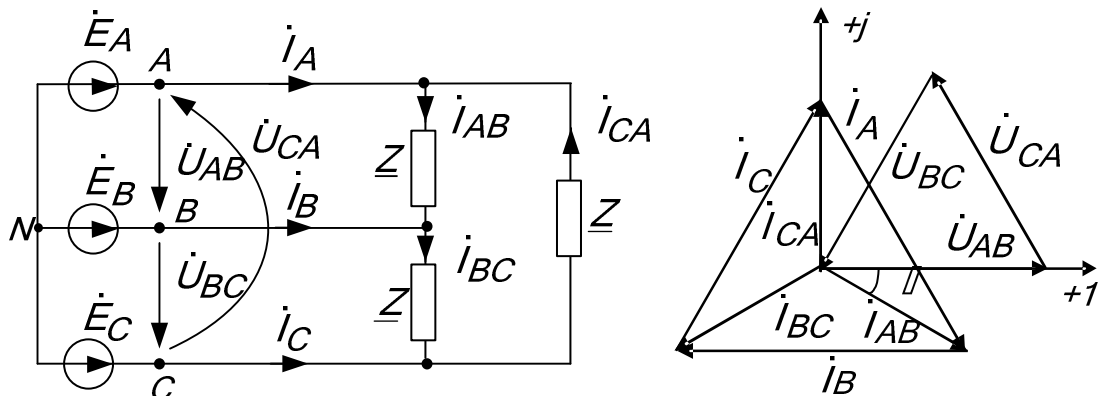
$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = (1 + a^2 + a) \dot{I}_A = 0; \dot{U}_N = \dot{I}_N \underline{Z}_N = 0.$$

Фазные напряжения  $\dot{U}_A = \dot{I}_A \underline{Z}$ ;  $\dot{U}_B = a^2 \dot{U}_A$ ;  $\dot{U}_C = a \dot{U}_A$ .

Линейные напряжения определяются как разности соответствующих фазных напряжений, например:  $\dot{U}_{AB} = \dot{U}_A - \dot{U}_B$ . Также можно рассчитать

как  $\dot{U}_{AB} = \sqrt{3}\dot{U}_A e^{j30}$ , тогда  $\dot{U}_{BC} = a^2\dot{U}_{AB}$ ;  $\dot{U}_{CA} = a\dot{U}_{AB}$ .

**Соединение «звезда – треугольник»**



Известны  $\dot{E}_A$ ,  $\dot{E}_B = a^2\dot{E}_A$ ;  $\dot{E}_C = a\dot{E}_A$  и  $Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA} = Z = Ze^{j\varphi}$ .  
Найти линейные и фазные токи.

Определим линейное напряжение  $\dot{U}_{AB} = \dot{E}_A - \dot{E}_B$ , тогда по закону Ома

$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{U}_{AB}}{Z} \text{ и } \dot{I}_{BC} = a^2\dot{I}_{AB}; \dot{I}_{CA} = a\dot{I}_{AB}.$$

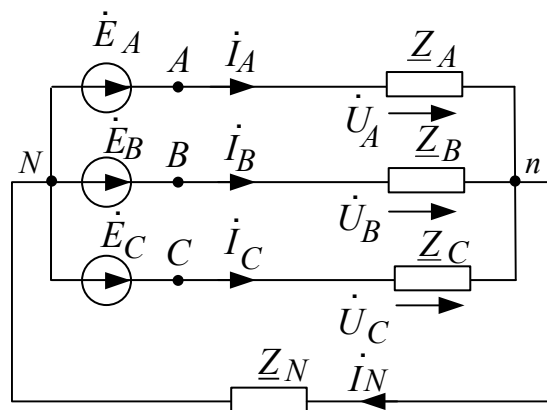
При симметричной нагрузке  $\dot{I}_л = \sqrt{3}\dot{I}_ф e^{-j30}$  (см. векторную диаграмму), следовательно,  $\dot{I}_A = \sqrt{3}\dot{I}_{AB} e^{-j30}$ ;  $\dot{I}_B = a^2\dot{I}_A$ ;  $\dot{I}_C = a\dot{I}_A$ .

**7. Расчет несимметричных цепей**

**Соединение «звезда – звезда»**

Известны  $\dot{E}_A$ ,  $\dot{E}_B = a^2\dot{E}_A$ ;  $\dot{E}_C = a\dot{E}_A$  и  $Z_A, Z_B, Z_C$ .

Найти все линейные токи:  $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$  и ток в нейтральном проводе.



1.  $Z_N = 0$

Так как  $Z_N = 0$ , то  $\dot{U}_N = \dot{I}_N Z_N = 0$ ,  $\phi_N = \phi_n$ , следовательно,

$$\dot{U}_A = \dot{E}_A; \dot{U}_B = \dot{E}_B; \dot{U}_C = \dot{E}_C.$$

Тогда  $\dot{I}_A = \dot{E}_A / \underline{Z}_A$ ;  $\dot{I}_B = \dot{E}_B / \underline{Z}_B$ ;  $\dot{I}_C = \dot{E}_C / \underline{Z}_C$ ;  $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C$ .

2.  $\underline{Z}_N = \infty$ , следовательно  $\dot{U}_N \neq 0$ .

Так как в схеме имеются только два узла, проведем расчет методом узловых потенциалов. Пусть  $\phi_N = 0$ , тогда напряжение смещения нейтралей равно:

$$\dot{U}_N = \phi_n = \frac{\underline{Y}_A \cdot \dot{E}_A + \underline{Y}_B \cdot \dot{E}_B + \underline{Y}_C \cdot \dot{E}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_N},$$

где  $\underline{Y}_A = \frac{1}{\underline{Z}_A}$ ;  $\underline{Y}_B = \frac{1}{\underline{Z}_B}$ ;  $\underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C}$ ;  $\underline{Y}_N = \frac{1}{\underline{Z}_N}$  – проводимости соответствующих ветвей. По второму закону Кирхгофа находим линейные токи:  $\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_N}{\underline{Z}_A}$ ;  $\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_N}{\underline{Z}_B}$ ;  $\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_C - \dot{U}_N}{\underline{Z}_C}$ .

Ток нейтрального провода  $\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \frac{\dot{U}_N}{\underline{Z}_N}$ .

### 8. Вывод:

При различных сопротивлениях фаз и наличии сопротивления в нулевом проводе  $\underline{Z}_N \neq 0$  фазные напряжения различны. Если нулевой провод отсутствует ( $\underline{Z}_N = \infty$  и  $\underline{Y}_N = 0$ ), то все вышеприведенные формулы справедливы, причем  $\dot{I}_N = 0$  и фазные напряжения также будут различны. Если  $\underline{Z}_N = 0$ , то  $\dot{U}_N = 0$  и фазные напряжения образуют симметричную систему:  $\dot{U}_A = \dot{E}_A$ ;  $\dot{U}_B = \dot{E}_B$ ;  $\dot{U}_C = \dot{E}_C$ .

### Контрольные вопросы по электротехнике (тема 7)

1. В каком из приведенных выражений допущена ошибка, если  $\dot{U}_{BC} = 380e^{-j30}$  и система линейных напряжений симметрична?

а)  $\dot{U}_{AB} = 380e^{j90}$ ; б)  $\dot{U}_{CA} = 380e^{j210}$ ; в)  $\dot{U}_B = 220$ ; г)  $\dot{U}_{AB} = 380e^{-j150}$ .

2. Возможно ли смещение нейтральной точки приемника  $n$  на диаграмме напряжений при включенном нейтральном проводе, если его сопротивление равно нулю?

а) нет; б) да; в) не хватает информации

3. Почему обрыв нейтрального провода в четырехпроводной трехфазной системе является аварийным режимом? Указать правильный ответ.

а) увеличится напряжение на всех фазах приемника энергии, соединенного треугольником;

б) на одних фазах приемника энергии, соединенного треугольником, напряжение увеличится, на других уменьшится;

в) на одних фазах приемника энергии, соединенного звездой, напряжение увеличится, на других уменьшится;

г) на всех фазах приемника энергии, соединенного звездой, напряжение возрастет.

## Используемая литература

1. Авдеева И.Б. Инженерная коммуникация как самостоятельная речевая культура: когнитивный, профессиональный и лингвистические аспекты (теория и методика обучения русскому языку как иностранному). – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 368 с.

2. Авдеева И.Б. Лингводидактическая концепция обучения профессиональной коммуникации иностранных учащихся инженерного профиля: диссертация... д-ра пед. Наук. - Москва, 2006. - 339 с.

3. Васильева Т.В. Учет когнитивного уровня при моделировании базового портрета языковой личности специалиста инженерного профиля в целях создания модульных тестов // Проблемы преподавания РКИ в вузах инженерного профиля: Межвузовский сборник научных трудов в рамках городского научно-методического семинара «Русский язык как иностранный в российских технических вузах». – М.: Янус-К, 2003. С. 39-48.

4. Чурляева Н.П. Обеспечение качества подготовки инженеров в рыночных условиях на основе компетентностного подхода. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук. - Красноярск, 2007. – 44 с.

Учебное издание

КУРИКОВА Наталья Владимировна  
ПУСТЫННИКОВ Сергей Владимирович  
ШАНДАРОВА Елена Борисовна

## РУССКИЙ ЯЗЫК КАК ИНОСТРАННЫЙ: ЯЗЫК ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Учебное пособие

Научный редактор зав. кафедрой русского языка как иностранного,  
кандидат филологических наук,  
*доцент Е.В. Михалева*  
Редактор Н.В. Курикова  
Компьютерная верстка *И.О. Фамилия*  
Дизайн обложки *И.О. Фамилия*

Подписано к печати 05.11.2010. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».  
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.  
Заказ . Тираж 50 экз.




---

Национальный исследовательский Томский  
политехнический университет  
Система менеджмента качества  
Томского политехнического университета  
сертифицирована  
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по  
стандарту ISO 9001:2008



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО  ТПУ. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru