

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

**сборник учебно-методических материалов**  
для направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Благовещенск, 2017

Печатается по решению  
Редакционно-издательского совета  
Энергетического факультета  
Амурского государственного университета

*Составитель: Усенко В.И.*

Теоретические основы электротехники: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

©Амурский государственный университет, 2017  
©Кафедра автоматизации производственных  
процессов и электротехники, 2017  
©Усенко В.И., составитель

## Содержание

Введение	4
1. Краткий курс лекций	5
2. Методические рекомендации к практическим занятиям	7
3. Методические рекомендации к лабораторным работам	15
4. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов	16
Библиографический список	19

## ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Теоретические основы электротехники» является освоение фундаментальных законов электромагнетизма и явлений, лежащих в основе этих законов, овладение методами анализа и расчета процессов в цепях и полях, приобретение студентами навыков самостоятельного исследования путем изучения теоретического материала и закрепления его на практических занятиях и в ходе выполнения лабораторных работ.

Задачи дисциплины в процессе всех видов занятий по изучению дисциплины студенты должны выполнить следующие задачи:

- осмыслить и понять физическую сторону электромагнитных явлений в электрических и магнитных цепях с целью составления математических моделей процессов в электротехнических установках и оценки достоверности полученных численных результатов в процессе использования этих моделей;

- изучить методы формирования и решения уравнений линейных электрических цепей в установившихся режимах (без применения и с применением ЭВМ) для использования их во многих прикладных отраслях электротехники;

- изучить методы исследования электротехнических устройств в переходных режимах с целью выявления опасных перенапряжений и сверхтоков в электроустановках;

- освоить и научиться применять графические и аналитические методы анализа нелинейных цепей к расчету выпрямителей, стабилизаторов напряжения, умножителей частоты и автоколебательных систем;

- изучить фундаментальные в природе уравнения электромагнитного поля (уравнения Максвелла), связывающие электрическое и магнитное поля, с целью применения этих уравнений для расчета параметров цепей и освоения вопросов распространения электромагнитных волн в различных средах.

В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

**Знать:** основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методы анализа цепей постоянного и переменного токов.

**Уметь:** применять понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей для составления и расчета схем замещения электротехнических устройств и расчета электромагнитных полей электротехнических устройств.

**Владеть:** методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях в пакетах математических программ (Mathcad).

## 1. КРАТКИЙ КУРС ЛЕКЦИЙ

### **Тема 1. Электрические цепи постоянного тока**

#### **Содержание темы:**

Закон Ома и законы Кирхгофа. Баланс мощностей. Эквивалентные преобразования схем. Метод уравнений Кирхгофа. Метод контурных токов. Метод наложения. Метод узловых напряжений. Метод эквивалентного генератора.

### **Тема 2. Электрические цепи однофазного тока**

#### **Содержание темы:**

Представление синусоидальных величин вращающимися векторами. Векторная диаграмма. Представление синусоидальных величин с помощью комплексных величин. Комплексные сопротивление и проводимости. Закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме. Цепи синусоидального тока с последовательным соединением элементов  $R$ ,  $L$  и  $C$ . Мощность в цепи синусоидального тока. Обобщение методов расчета ЦПТ на цепи синусоидального тока.

### **Тема 3. Электрические цепи трехфазного тока**

#### **Содержание темы:**

Понятие о многофазных цепях и системах. Соотношения между фазными и линейными величинами в трехфазных цепях. Мощность трехфазной цепи. Расчет трехфазных цепей. Симметричные составляющие несимметричных трехфазных систем. Вращающееся магнитное поле (круговое и эллиптическое). Принцип действия асинхронного и синхронного двигателей.

### **Тема 4. Переходные процессы в электрических цепях**

#### **Содержание темы:**

Порядок расчета переходных процессов классическим методом. Переходные процессы в последовательных  $RL$  и  $RC$  – цепях. Включение последовательного колебательного контура на постоянное напряжение. Преобразование Лапласа, его основные свойства и схема применения к решению дифференциальных уравнений. Законы электрических цепей в операторной форме. Расчет переходных процессов по операторным схемам замещения. Операторные характеристики линейных цепей.

### **Тема 5. Расчет нелинейных резистивных цепей**

#### **Содержание темы:**

Нелинейные резистивные цепи. Графические методы анализа. Аппроксимация характеристик нелинейных элементов.

### **Тема 6. Цепи с взаимной индуктивностью**

#### **Содержание темы:**

Одноименные зажимы и их разметка. Определение взаимной индуктивности опытным путем. Коэффициент связи. Последовательное соединение двух индуктивных связанных катушек. Векторная диаграмма при встречном включении.

### **Тема 7. Цепи несинусоидального тока**

#### **Содержание темы:**

Разложение периодических функций в ряд Фурье. Две формы ряда. Расчет цепей несинусоидального тока. Мощность несинусоидального тока. Высшие гармоники в трехфазных цепях.

### **Тема 8. Четырехполюсники**

#### **Содержание темы:**

Основные уравнения четырехполюсников. Опытное определение параметров. Фильтры, АЧХ идеальных фильтров, ФНЧ. Активные RC - фильтры. Устойчивость цепей с ОУ. Синтез фильтров.

### **Тема 9. Цепи с распределенными параметрами**

#### **Содержание темы:**

Схема замещения, дифференциальные уравнения и установившийся синусоидальный режим в длинной линии. Уравнения длинных линий в гиперболических функциях. Согласованная нагрузка линии. Неискажающая линия. Уравнение линии без потерь. Применения. Стоячие волны в линии без потерь. Переходные процессы в длинных линиях.

### **Тема 10. Стационарные электрическое и магнитное поля**

#### **Содержание темы:**

Электростатическое поле. Основные величины и соотношения: напряженность, потенциал, электрическое смещение, градиент потенциала, уравнения Пуассона и Лапласа. Граничные условия в электростатике. Потенциальные и емкостные коэффициенты и частичные емкости линий. Электрическое поле постоянных токов. Законы Ома, Кирхгофа и Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Заземлители. Магнитное поле постоянных токов. Граничные условия. Скалярный и векторный потенциалы. Уравнения Пуассона и Лапласа. Расчет магнитных цепей постоянного тока. Применение векторного магнитного потенциала для расчета магнитных цепей.

### **Тема 11. Электромагнитное поле**

#### **Содержание темы:**

Переменное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Теорема Умова-Пойнтинга. Распространение плоской электромагнитной волны в проводящей среде. Электрический и магнитный поверхностные эффекты. Распространение плоской электромагнитной волны в диэлектрике.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо использовать учебно-методические материалы:

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. учебник/Л.А.Бессонов. 11-е изд. – М.: Юрайт, 2013. – 702с.
2. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. – учеб. пособие/Г.И.Атабеков и др.- СПб.: Лань, 2010. -432с.
3. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: уч. пос./Г.И.Атабеков -7 –е изд.стер.- СПб.: Лань, 2009 г.
- 4.Аполлонский, С.М. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учеб. пособие / С.М.Аполлонский. – СПб.:Лань,2012. – 592 с.
5. Справочник по основам теоретической электротехники/ под ред. Ю.А. Бычкова.- СПб.: Лань,2012.-368с.
6. Кузовкин, В.А. Теоретическая электротехника: Учебник.–М.: Логос, 2002.
7. Теоретические основы электротехники: Метод. указ. / Л. А. Бессонов и др/ – 2-е изд., перераб. –М.: Высш. шк., 2001. – 160 с.
9. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. – 4-е изд./ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин, – СПб.: Питер

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

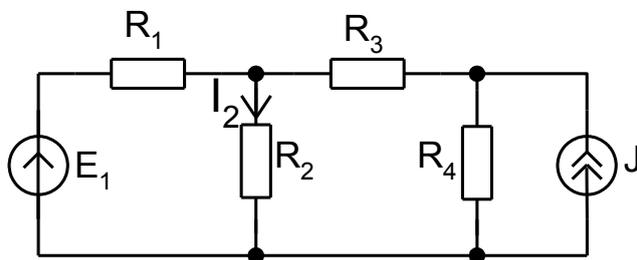
Задачей практических занятий является закрепление знаний, полученных на лекциях, выработка практических навыков применения информации, необходимой инженеру в процессе его деятельности. При решении задач обращается внимание на логику решения, на правильность используемых методов. После этого проводится анализ полученного решения, результат сопоставляется с реальными объектами, что вырабатывает у студентов инженерную интуицию.

К выполнению заданий следует приступать после прочтения теоретического материала, изложенного на лекциях и в рекомендуемой литературе. При возникновении затруднений с выполнением заданий необходимо проконсультироваться у преподавателя. Далее по каждой теме приводится по одному примеру или одной задаче для демонстрации разделов дисциплины «Теоретические основы электротехники».

### Тема 1. Электрические цепи постоянного тока.

**Задача.** Определить ток в сопротивлении  $R_2$  и проверить с помощью баланса мощностей.

Сопротивления заданы в омах.



Параметры элементов:

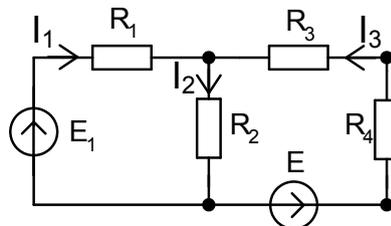
$$E_1 := 24 \text{ В} \quad J := 1.2 \text{ А}$$

$$R_1 := 2 \quad R_2 := 3$$

$$R_3 := 8 \quad R_4 := 10$$

**Решение.** Заменяем источник тока источником ЭДС:

$$E = R_4 J = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ А}$$



Запишем уравнения по 2-му закону Кирхгофа с использованием 1-го закона Кирхгофа:

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_2 (I_1 + I_3) = E_1; \\ (R_3 + R_4) I_3 + R_2 (I_1 + I_3) = E. \end{cases}$$

После преобразований получим:

$$\begin{cases} 5I_1 + 3I_3 = 24; \\ 3I_1 + 21I_3 = 12. \end{cases}$$

В результате решения системы получим значения токов:

$$I_1 = 4,875 \text{ А}; \quad I_2 = 4,75 \text{ А}; \quad I_3 = -1,125 \text{ А}.$$

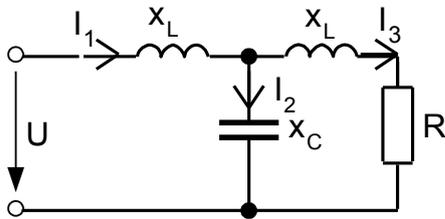
Мощность источников и мощность приемников:

$$P_{\text{енд}} = E_1 I_1 + E I_3 = 24 \cdot 4,875 + 12(-1,125) = 115,5 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{ид}} = R_1 I_1^2 + R_2 I_2^2 + (R_3 + R_1) I_3^2 = 115,5 \text{ Вт}.$$

## Тема 2. Электрические цепи однофазного тока.

**Задача.** Определить комплекс тока на входе и комплексную мощность схемы.



Исходные данные:

$$I_2 := 10 \text{ А} \quad x_C := 10 \text{ Ом}$$

$$x_L := 10 \text{ Ом} \quad R := 10 \text{ Ом}$$

**Решение.** Комплексные сопротивления ветвей:

$$Z_1 := j \cdot x_L \quad Z_2 := -j \cdot x_C \quad Z_3 := R + j \cdot x_L$$

Комплексы токов ветвей и комплексная мощность:

$$I_1 := I_2 \cdot \frac{Z_2 + Z_3}{Z_3}$$

$$I_3 := I_1 \cdot \frac{Z_2}{Z_2 + Z_3}$$

$$I_1 = -10i$$

$$I_3 = -10 - 10i$$

$$U := Z_1 \cdot I_1 + Z_2 \cdot I_2$$

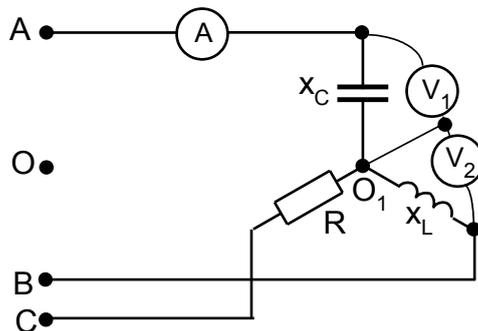
$$U = 100 - 200i$$

$$S := U \cdot \bar{I}_1$$

$$S = 2 \times 10^3 + i \times 10^3$$

## Тема 3. Электрические цепи трехфазного тока.

**Задача.** Задано фазное напряжение генератора и сопротивления элементов схемы. Определить показания приборов.



Исходные данные:

$$U_{\text{фр}} := 660 \text{ В}$$

$$x_C := 100 \text{ Ом}$$

$$x_L := x_C \quad R := x_C$$

**Решение.** Комплексные сопротивления фаз, Ом:

$$Z_A := -j \cdot x_C \quad Z_B := j \cdot x_L \quad Z_C := R$$

Комплексы напряжений генератора и смещение нейтрали, В:

$$U_A := 660 \quad U_B := 660 \cdot e^{-j \cdot 120 \text{ deg}} \quad U_C := 660 \cdot e^{j \cdot 120 \text{ deg}}$$

$$U_N := \frac{Z_A^{-1} \cdot U_A + Z_B^{-1} \cdot U_B + Z_C^{-1} \cdot U_C}{Z_A^{-1} + Z_B^{-1} + Z_C^{-1}}$$

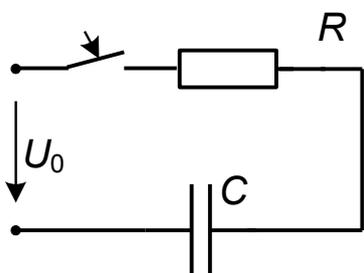
Показания приборов, В:

$$U_1 := |U_A - U_N| \quad U_2 := |U_B - U_N|$$

$$U_1 = 1.16 \times 10^3 \quad U_2 = 994$$

#### Тема 4. Переходные процессы в электрических цепях.

**Задача 1** . Найти ток в схеме классическим методом. Схема включается на постоянное напряжение  $U_0 = 100$  В в момент времени  $t_0 = 0$ .



$$U_0 = 80 \text{ В};$$

$$C = 500 \text{ мкФ}$$

$$R = 20 \text{ Ом}$$

**Решение.** Так как схема включается под напряжение, то напряжение на емкости в момент коммутации равно нулю, а ток изменяется скачком:

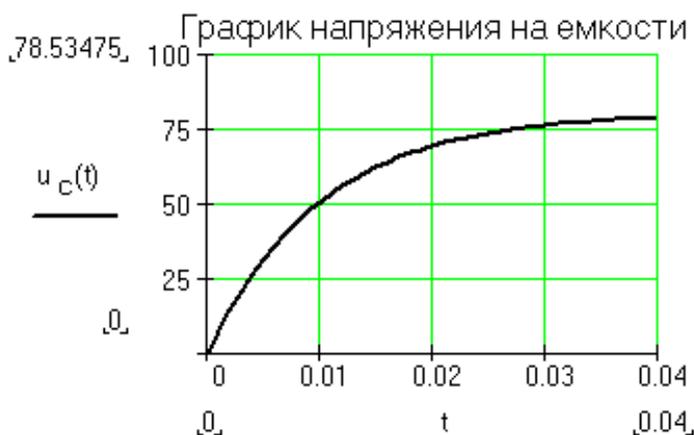
$$u_C(0) = 0; \quad i(0) = U_0 / R = 80 / 20 = 4 \text{ А}$$

Постоянная времени цепи, с:

$$\tau = RC = 20 \cdot 500 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ с}$$

Напряжение на емкости и ток в схеме изменяются по закону:

$$u_C(t) = U_0(1 - e^{-t/\tau}) = 80(1 - e^{-100t}) \text{ В}; \quad i(t) = i(0)e^{-t/\tau} = 4e^{-100t} \text{ А}$$



#### Тема 5. Расчет нелинейных резистивных цепей.

**Задача.** Цепь состоит из последовательно соединенных линейного резистора с сопротивлением  $R=10$  Ом и нелинейного резистора с источником ЭДС  $E=18$  В. ВАХ нелинейного ре-

зистора при положительных значениях тока и напряжения может быть аппроксимирована зависимостью:

а)  $U = aI + bI^2$ , где  $a = 6 \text{ В/А}$ ;  $b = 2 \text{ В/А}^2$ ;

б)  $I = \alpha U + \beta U^2$ , где  $\alpha = 0,05 \text{ А/В}$ ;  $\beta = 0,003 \text{ А/В}^2$ .

Определить ток в цепи.

**Решение.** Запишем уравнение цепи по второму закону кирхгофа:

$$RI + U(I) = E.$$

После подстановки зависимости  $U(I)$  получим квадратное уравнение

$$bI^2 + (R+a)I - E = 0$$

или при заданных числовых значениях  $2I^2 + 16I - 18 = 0$ , откуда находим ток  $I = 1 \text{ А}$ .

Решение  $I = -9 \text{ А}$  не удовлетворяет условиям аппроксимации и поэтому не имеет смысла.

## Тема 6. Цепи с взаимной индуктивностью.

**Задача.** Для двух последовательно соединенных индуктивно связанных катушек получено:

1) при встречном включении ток  $I_g = 1 \text{ А}$ , мощность  $P_g = 30 \text{ Вт}$ ; 2) при согласном включении ток  $I_c = 0,6 \text{ А}$ . Напряжение питания  $U = 100 \text{ В}$ . В обоих случаях частота  $f = 400 \text{ Гц}$ . Определить взаимную индуктивность.

## Тема 7. Цепи несинусоидального тока.

**Задача.** Определить мгновенное значение тока в катушке с сопротивлением  $R = 100 \text{ Ом}$  и индуктивностью  $L = 0,1 \text{ Гн}$ . Катушка подключена к источнику энергии, ЭДС которого состоит из первой и второй гармоник ( $\omega = 1000 \text{ рад/с}$ ):

$$e = 100\sin\omega t + 100\sin 2\omega t \text{ В}$$

**Решение.** Комплексные сопротивления для первой и второй гармоник, Ом:

$$Z_1 = R + j\omega L = 100 + j100 = 141e^{j45^\circ}$$

$$Z_2 = R + j2\omega L = 100 + j200 = 224e^{j63,43^\circ}$$

Комплексные амплитуды токов первой и второй гармоник, А:

$$\dot{I}_{1m} = E_{1m} / Z_1 = 0,707e^{-j45^\circ}$$

$$\dot{I}_{2m} = E_{2m} / Z_2 = 0,446e^{-j63,43^\circ}$$

Мгновенное значение тока, А:

$$i = 0,707 \sin(\omega t - 45^\circ) + 0,446 \sin(2\omega t - 63,43^\circ).$$

## Тема 8. Четырехполюсники.

**Задача.** В продольных ветвях Т-образного симметричного четырехполюсника находятся сопротивления  $Z_1/2$  и  $Z_2$  в поперечной ветви. При этом  $Z_1 = Z_2 = 5 \text{ Ом}$ . Определить: 1) характеристические параметры; 2) ток и мощность приемника в режиме согласованной нагрузки, мощность источника питания, если напряжение источника питания равно  $10 \text{ В}$ .

**Решение.**

1). Характеристические параметры:

$$Z_{\dot{O}} = \sqrt{Z_1 Z_2 (1 + Z_1 / 4Z_2)} = 5,58 \hat{I} \text{ ;}$$

$$ch\Gamma = ch(A + jB) = 1 + Z_1 / 2Z_2 = 1,5.$$

Так как схема состоит из активных сопротивлений, то постоянная фазы  $B = 0$  и при  $chA = 1,5$  постоянная ослабления  $A = 0,96 \text{ Нп}$ . Второе решение  $A = -0,96 \text{ Нп}$  нужно отбросить, так

как у четырехполюсника, состоящего из активных сопротивлений, напряжение на выходе должно быть меньше, чем на входе.

2). При согласованной нагрузке симметричного четырехполюсника напряжение приемника и ток приемника при активном характеристическом сопротивлении составляют:

$$U_2 = U_1 / e^A = 10 \cdot 0,383 = 3,83 \text{ \AA};$$

$$I_2 = U_2 / R_i = 0,686 \text{ \AA}.$$

Мощности приемника и источника:

$$P_2 = U_2^2 / R_i = 2,62 \text{ \AA\AA}; \quad P_1 = U_1^2 / R_{\hat{a}\hat{o}} = 17,9 \text{ \AA\AA}.$$

### Тема 9. Цепи с распределенными параметрами.

**Задача.** Для трехфазной длинной линии сечением 400 мм<sup>2</sup> и длиной 900 км известны первичные параметры. Найти фазное напряжение, ток и активную мощность в конце линии, если на приемном конце линейное напряжение 330 кВ, активная мощность всех приемников 300 МВт и коэффициент мощности нагрузки равен 1.

**Решение.**

#### Исходные данные

$l := 900$	$R_0 := 0.08$	$X_0 := 0.42$
$G_0 := 3.75 \cdot 10^{-8}$	$B_0 := 2.7 \cdot 10^{-6}$	$j := \sqrt{-1}$
$U_2 := 330 \cdot 10^3$	$S_2 := 300 \cdot 10^6$	$f := 50$

Сопротивления и проводимости схемы замещения:

$R_{\tilde{e}} := R_0 \cdot l$	$R_{\tilde{e}} = 72$
$X_{\tilde{e}} := X_0 \cdot l$	$X_{\tilde{e}} = 378$
$Z_{\tilde{e}} := R_{\tilde{e}} + j \cdot X_{\tilde{e}}$	$Z_{\tilde{e}} = 72 + 378i$
$B_{\tilde{e}} := \frac{B_0 \cdot l}{2}$	$B_{\tilde{e}} = 1.2 \times 10^{-3}$
$Y_{\tilde{e}} := j \cdot B_{\tilde{e}}$	$Y_{\tilde{e}} = 1.2i \times 10^{-3}$

Индуктивность и емкость элементов схемы замещения:

$\omega := 2 \cdot \pi \cdot f$	$\omega = 314.2$
$L_{\tilde{e}} := \frac{X_{\tilde{e}}}{\omega}$	$L_{\tilde{e}} = 1.203$
$C_{\tilde{e}} := \frac{B_{\tilde{e}}}{\omega}$	$C_{\tilde{e}} = 3.87 \times 10^{-6}$

Фазные напряжение, ток и сопротивление нагрузки:

$$U_{2\delta} := \frac{U_2}{\sqrt{3}} \quad U_{2\delta} = 190.5 \times 10^3$$

$$I_2 := \frac{S_2}{\sqrt{3} \cdot U_2} \quad I_2 = 524.9$$

$$Z_1 := \frac{U_{2\delta}}{I_2} \quad Z_1 = 363$$

Фазные комплексная и активная мощности на входе линии:

$$S_{1\delta} := U_{1\delta} \cdot \bar{I}_1 \quad S_{1\delta} = 123.7 \times 10^6 - 5.5i \times 10^3$$

$$P_{1\delta} := \operatorname{Re}(S_{1\delta}) \quad P_{1\delta} = 123.7 \times 10^6$$

## Тема 10. Стационарные электрическое и магнитное поля.

### Задача.

Дан плоский конденсатор, расстояние между обкладками которого  $d$ . Относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика  $\epsilon_r$ . Между обкладками распределен объемный заряд, абсолютное значение объемной плотности которого  $\rho$ . В четных вариантах знак объемного заряда отрицательный, в нечетных - положительный. Левая обкладка заземлена, на правую подан потенциал 220 В. Требуется построить график распределения потенциала и напряженности поля в диэлектрике конденсатора в зависимости от координаты  $x$  при условиях, приведенных в таблице 2.

Исходные данные:

$$\rho := 6 \cdot 10^{-5} \quad \frac{\text{Кл}}{\text{м}^3} \quad \epsilon_r := 5 \quad d := 12 \cdot 10^{-3} \quad \text{м} \quad U := 220 \quad \text{В}$$

$$\epsilon_0 := 8.85 \cdot 10^{-12} \quad \text{Ф/м}$$

Решение.

Поле в диэлектрике описывается диф. уравнением

$$\frac{d^2 \phi}{dx^2} := \frac{-\rho_i}{\epsilon_r \cdot \epsilon_0}$$

В результате двойного интегрирования получаем:

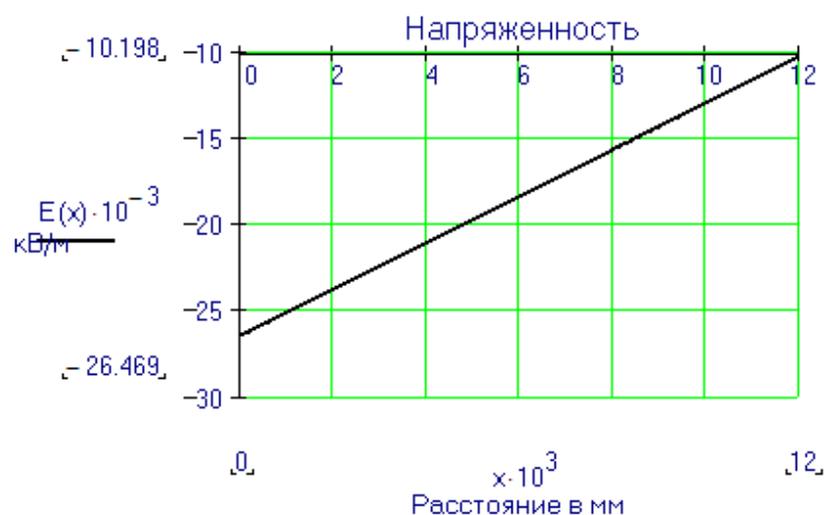
$$\phi := \frac{-\rho_i \cdot x^2}{2 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0} + C1 \cdot x + C2$$

С учетом граничных условий: при  $x=0$   $\phi=0$  и при  $x=d$   $\phi=U=220$  В получаем формулу для потенциала:

$$V(x) := \frac{-\rho \cdot x^2}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} + \left( \frac{U}{d} + \frac{\rho \cdot d}{2 \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \right) \cdot x \quad V(9.0 \cdot 10^{-3}) = 183.305$$

Напряженность электрического поля:

$$E(x) := -\left( \frac{d}{dx} V(x) \right) \quad E(x) \text{ float } , 3 \rightarrow 1.36 \cdot 10^6 \cdot x - 2.65 \cdot 10^4$$



## Тема 11. Электромагнитное поле.

### Задача.

В прямоугольном пазу машины, открытом сверху, заложена медная шина. Ширина шины  $b$ , высота  $h = 40$  мм. Можно считать, что ширина шины практически равна ширине паза. Ток в шине  $I$ , его частота  $f$ .

Требуется построить распределение по высоте шины действующего значения величины, указанной в таблице.

### Исходные данные:

$$f := 40$$

$$b := 5 \cdot 10^{-3}$$

$$h := 40 \cdot 10^{-3}$$

$$I := 300$$

$$\gamma := 5.68 \cdot 10^7$$

$$\mu_0 := 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$$

$$j := \sqrt{-1}$$

### Решение.

$$p := \sqrt{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \mu_0 \cdot \gamma}$$

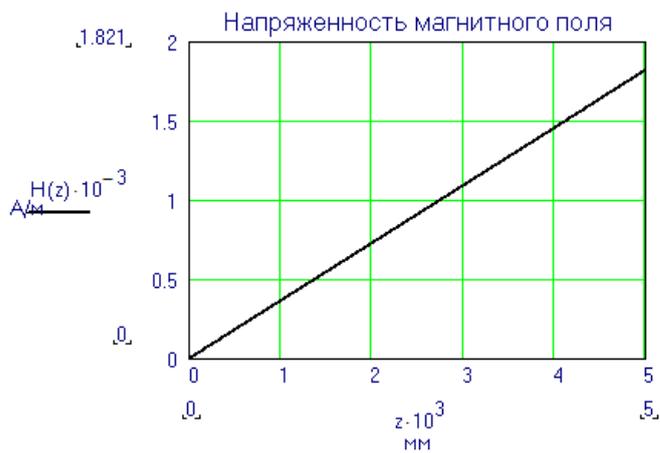
$$p = 94.71 + 94.71i$$

$$\sinh(p \cdot h) = -17.621 - 13.318i$$

$$|\sinh(p \cdot h)| = 22.087$$

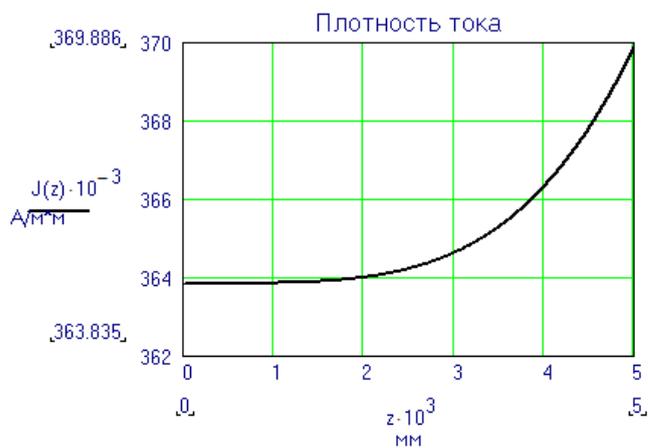
$$H(z) := \frac{I}{b \cdot |\sinh(p \cdot h)|} \cdot |\sinh(p \cdot z)|$$

$$z := 0, 0.001 \cdot b \dots b$$



Плотность тока:

$$J(z) := \frac{I \cdot |p|}{b \cdot |\sinh(p \cdot h)|} \cdot |\cosh(p \cdot z)|$$



Цель практических занятий, краткие теоретические сведения, порядок проведения работы, обработка и анализ эксперимента, контрольные вопросы приведены в учебных пособиях:

1 Коровкин Н.В. 2. Теоретические основы электротехники: Сборник задач. Учебное пособие – СПб.: Питер, 2004. – 512 с.

2 Сборник задач по теоретическим основам электротехники.:Учеб. пособие / Под ред. Л.А Бессонова. – 4-е изд.,перераб. – М.: Высш. шк., 2000.

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия.

Задачей преподавателя при проведении лабораторных работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение студентов к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего специалиста.

Цель лабораторной работы – научить студентов самостоятельно производить необходимые действия для достижения желаемого результата.

Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, соответствующим данной теме.

В ходе подготовки к лабораторным занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы.

Начиная подготовку к лабораторному занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Выполнение лабораторной работы целесообразно разделить на несколько этапов:

- формулировка и обоснование цели работы;
- определение теоретического аппарата, применительно к данной теме;
- выполнение заданий;
- анализ результата;
- выводы.

На лабораторных занятиях закрепляются теоретические знания студентов, полученные на лекциях. Предлагается список лабораторных работ. Преподаватель составляет график выполнения работ для каждой бригады (3 человека).

#### **Тематика лабораторных работ:**

1. Электрические цепи постоянного тока.
2. Гармонические ЭДС, напряжения и токи. Метод векторных диаграмм. Резонансные явления.
3. Комплексный метод расчета электрических цепей. Преобразования электрических цепей.
4. Электрические цепи трехфазного тока.
5. Переходные процессы в электрических цепях. Классический и операторный методы расчета переходных процессов
6. Нелинейные резистивные цепи.
7. Цепи с взаимной индуктивностью.
8. Электрические цепи несинусоидального тока.
9. Четырехполюсники. Частотные фильтры.
10. Цепи с распределенными параметрами
11. Стационарные электрическое и магнитное поля.
12. Электромагнитное поле.

Цель лабораторных работ, применяемое оборудование, краткие теоретические сведения, правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ, порядок проведения работы, обработка и анализ эксперимента, план составления отчета, контрольные вопросы приведены в учебном пособии:

1. Вилесова, Л.А. Электрические цепи : учеб.пособие / Л.А.Вилесова, О.В.Зотова. – 2-е изд.перераб. – Благовещенск: Изд-во Амур.гос.ун-та , 2009. – 46с. - [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3104.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3104.pdf)

### 3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Самостоятельная работа представляет собой особую, высшую степень учебной деятельности. Она обусловлена индивидуальными психологическими различиями обучающегося и личностными особенностями и требует высокого уровня самосознания, рефлексивности. Самостоятельная работа может осуществляться как во внеаудиторное время (дома, в лаборатории), так и на аудиторных занятиях в письменной или устной форме.

Самостоятельная работа обучающихся является составной частью учебной работы и имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, поиск и приобретение новых знаний, в том числе с использованием автоматизированных обучающих систем, а также выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, зачетам и экзаменам. Организуется, обеспечивается и контролируется данный вид деятельности студентов соответствующими кафедрами.

Самостоятельная работа предназначена не только для овладения каждой дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т. д. Значимость самостоятельной работы выходит далеко за рамки отдельного предмета, в связи с чем выпускающие кафедры должны разрабатывать стратегию формирования системы умений и навыков самостоятельной работы. При этом следует исходить из уровня самостоятельности абитуриентов и требований к уровню самостоятельности выпускников, с тем, чтобы за весь период обучения достаточный уровень был достигнут.

При проведении самостоятельной работы, связанной с проработкой теоретического материала, студентам предлагается конспектировать рассматриваемый вопрос, в случае необходимости задать возникшие вопросы на практическом занятии или на консультации.

При изучении дисциплины «Теоретические основы электротехники» практикуются следующие виды и формы самостоятельной работы студентов:

- выполнение практических работ
- подготовка к устному опросу
- подготовка к тестированию
- подготовка к письменной контрольной работе, тестированию, контрольной точке.

Самостоятельная работа тесно связана с контролем (контроль также рассматривается как завершающий этап выполнения самостоятельной работы), при выборе вида и формы самостоятельной работы следует учитывать форму контроля.

Формы контроля при изучении дисциплины «Теоретические основы электротехники»:

- устный опрос;
- контрольная работа;
- контрольная точка;
- письменная работа;
- тестирование.

Самостоятельная работа проводится в виде подготовительных упражнений для усвоения нового, упражнений при изучении нового материала, упражнений в процессе закрепления и повторения, упражнений проверочных и контрольных работ, а также для самоконтроля.

Для организации самостоятельной работы необходимы следующие условия:  
- готовность студентов к самостоятельному труду;

- наличие и доступность необходимого учебно-методического и справочного материала;
- консультационная помощь.

Самостоятельная работа может проходить в лекционном кабинете, лаборатории, компьютерном зале, библиотеке, дома. Самостоятельная работа тренирует волю, воспитывает работоспособность, внимание, дисциплину и т.д.

### **Рекомендации по организации аудиторной самостоятельной работы**

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Основными видами аудиторной самостоятельной работы являются:

- выполнение практических работ по инструкциям; работа с литературой и другими источниками информации, в том числе электронными;
- само- и взаимопроверка выполненных заданий;

Выполнение практических работ осуществляется на практических занятиях в соответствии с графиком учебного процесса. Работа с литературой, другими источниками информации, в т.ч. электронными может реализовываться на лекционных и практических занятиях. Данные источники информации могут быть представлены на бумажном и/или электронном носителях, в том числе, в сети Internet. Преподаватель формулирует цель работы с данным источником информации, определяет время на проработку документа и форму отчетности.

Само- и взаимопроверка выполненных заданий чаще используется на лекционном, практическом занятии и имеет своей целью приобретение таких навыков как наблюдение, анализ ответов сокурсников, сверка собственных результатов с эталонами.

### **Рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы**

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

При предъявлении видов заданий на внеаудиторную самостоятельную работу рекомендуется использовать дифференцированный подход к уровню подготовленности обучающегося. Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит консультацию с определением цели задания, его содержания, сроков выполнения, ориентировочного объема работы, основных требований к результатам работы, критериев оценки, форм контроля и перечня литературы. В процессе консультации преподаватель предупреждает о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня подготовленности обучающихся.

Видами заданий для внеаудиторной самостоятельной работы могут быть:

- для овладения знаниями: чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы); составление плана текста; графическое изображение структуры текста; конспектирование текста; выписки из текста; работа со словарями и справочниками; учебно-исследовательская работа; использование аудио- и видеозаписей, компьютерной техники и Интернет-ресурсов и др.;
- для закрепления и систематизации знаний: работа с конспектом лекции (обработка текста); повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, аудио- и видеозаписей); составление плана и тезисов ответа; составление таблиц, глоссария для систематизации учебного материала; изучение словарей, справочников; ответы на контрольные вопросы; аналитическая обработка текста (аннотирование, рецензирование, реферирование, контент-анализ и др.); подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции; подготовка рефератов, докладов; составление библиографии, заданий в тестовой форме и др.;
- для формирования умений: решение задач и упражнений по образцу; решение вариативных задач и упражнений; составление схем; проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности и др.

Для обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы по дисциплине преподавателем разрабатывается перечень заданий для самостоятельной работы, который необходим для эффективного управления данным видом учебной деятельности обучающихся.

Преподаватель осуществляет управление самостоятельной работой, регулирует ее объем на одно учебное занятие и осуществляет контроль выполнения всеми обучающимися группы. Для удобства преподаватель может вести ведомость учета выполнения самостоятельной работы, что позволяет отслеживать выполнение минимума заданий, необходимых для допуска к итоговой аттестации по дисциплине.

В процессе самостоятельной работы студент приобретает навыки самоорганизации, самоконтроля, самоуправления и становится активным самостоятельным субъектом учебной деятельности.

Обучающийся самостоятельно определяет режим своей внеаудиторной работы и меру труда, затрачиваемого на овладение знаниями и умениями по каждой дисциплине, выполняет внеаудиторную работу по индивидуальному плану, в зависимости от собственной подготовки, бюджета времени и других условий.

Ежедневно обучающийся должен уделять выполнению внеаудиторной самостоятельной работы в среднем не менее 3 часов.

При выполнении внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся имеет право обращаться к преподавателю за консультацией с целью уточнения задания, формы контроля выполненного задания.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проводиться в письменной, устной или смешанной форме с представлением продукта деятельности обучающегося. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы могут быть использованы зачеты, тестирование, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и др.

#### **Методические рекомендации по изучению теоретических основ дисциплин**

Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время.

Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;

- знакомство с Интернет-источниками;

- подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы);

- подготовку и написание рефератов;

- выполнение контрольных работ;

- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены.

Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы. При написании контрольной работы ответ следует иллюстрировать схемами.

При выполнении самостоятельной работы по написанию реферата студенту необходимо: прочитать теоретический материал в рекомендованной литературе, периодических изданиях, на

Интернет-сайтах; творчески переработать изученный материал и представить его для отчета в форме реферата, проиллюстрировав схемами, диаграммами, фотографиями и рисунками.

Тексты контрольных работ и рефератов должны быть изложены внятно, простым и ясным языком.

При ответе на экзамене необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

#### **Методические рекомендации к выполнению контрольной работы**

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями в области теоретических основ электротехники. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Контрольные выполняются студентами в аудитории, под наблюдением преподавателя. Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, четко и логично излагать свои мысли. Подготовка контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. учебник/Л.А.Бессонов. 11-е изд. – М.: Юрайт, 2013. – 702с.
2. Теоретические основы электротехники. Нелинейные электрические цепи. Электромагнитное поле. – учеб. пособие/Г.И.Атабеков и др.- СПб.: Лань, 2010. -432с.
3. Атабеков, Г.И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи: уч. пос./Г.И.Атабеков -7 –е изд.стер.- СПб.: Лань, 2009 г.
- 4.Аполлонский, С.М. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учеб. пособие / С.М.Аполлонский. – СПб.:Лань,2012. – 592 с.
5. Справочник по основам теоретической электротехники/ под ред. Ю.А. Бычкова.- СПб.: Лань,2012.-368с.
6. Кузовкин, В.А. Теоретическая электротехника: Учебник.–М.: Логос, 2002.
7. Теоретические основы электротехники: Метод. указ. / Л. А. Бессонов и др/ – 2-е изд., перераб. –М.: Высш. шк., 2001. – 160 с.
9. Теоретические основы электротехники: В 3-х т. Учебник для вузов. – 4-е изд./ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин, – СПб.: Питер.
10. Коровкин Н.В. 2. Теоретические основы электротехники: Сборник задач. Учебное пособие – СПб.: Питер, 2004. – 512 с.
11. Сборник задач по теоретическим основам электротехники.:Учеб. пособие / Под ред. Л.А Бессонова. – 4-е изд.,перераб. – М.: Высш. шк., 2000.
12. Вилесова, Л.А. Электрические цепи : учеб.пособие / Л.А.Вилесова, О.В.Зотова. – 2-е изд.перераб. – Благовещенск: Изд-во Амур.гос.ун-та , 2009. – 46с. - [http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU\\_Edition/3104.pdf](http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/3104.pdf)