

**Приложение 2 к РПД Теоретические основы электротехники  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Направленность (профиль) – Высоковольтные  
электроэнергетика и электротехника  
Форма обучения – заочная  
Год набора - 2016**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

1.	Кафедра	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
3.	Направленность (профиль)	Высоковольтные электроэнергетика и электротехника
4.	Дисциплина (модуль)	Теоретические основы электротехники
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2016

**2. Перечень компетенций**

- способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3);

- готовностью определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности (ПК-5).

## 1. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
Введение					-
Основные понятия и законы теории электромагнитного поля	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей	использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		-
Основные понятия и законы теории электрических и магнитных цепей	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей	использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		Защита лабораторных работ
Основные свойства и эквивалентные параметры электрических цепей при установившихся режимах.	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей	использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		Решение задач
Методы расчета электрических цепей при установившихся синусоидальных и постоянных токах.	ОПК-3 ПК-5	методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режимах			Защита лабораторных работ
Резонансные явления и частотные характеристики	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			-
Трехфазные цепи	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			Защита лабораторных работ
Расчет электрических цепей при несинусоидальных периодических ЭДС, напряжениях и токах	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			-

Переходные процессы в электрических цепях с сосредоточенными параметрами и методы их расчета	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			Защита лабораторных работ
Четырехполюсники	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			Решение задач
Электрические цепи с распределенными параметрами	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			Защита лабораторных работ
Диагностика электрических цепей.	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			-
Синтез электрических цепей	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			Решение задач
Установившиеся процессы в нелинейных цепях и методы их расчета	ОПК-3 ПК-5			методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях	-
Элементы теории колебаний и методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей		методами расчета переходных и установившихся процессов в линейных и нелинейных электрических цепях	Защита лабораторных работ

Уравнения электромагнитного поля	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей	использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		Решение задач
Электростатическое поле	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			-
Электрическое поле постоянных токов	ОПК-3 ПК-5	методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режима			Защита лабораторных работ
Магнитное поле постоянных токов	ОПК-3 ПК-5	методы анализа цепей постоянного и переменного токов в стационарных и переходных режима			-
Аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей			Решение задач
Электромагнитные волны и излучение	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей	использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		Защита лабораторных работ
Переменное электромагнитное поле в диэлектрике	ОПК-3 ПК-5		использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		Решение задач
Переменное электромагнитное поле в проводящей среде	ОПК-3 ПК-5	теоретические основы электротехники: основные понятия и законы электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей	использовать законы и методы расчета электромагнитного поля, электрических, магнитных цепей		-

## Критерии и шкалы оценивания

### 1. Решение задач

12 баллов выставляется, если студент решил все контрольные задания.

8 баллов выставляется, если студент решил не менее 85% контрольных заданий.

4 балла выставляется, если студент решил не менее 65% контрольных заданий.

0 баллов - если студент выполнил менее 50% заданий.

### 2. Защита лабораторных работ

Баллы	Характеристики ответа студента
6	<ul style="list-style-type: none"><li>- в полном объеме выполнено задание;</li><li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- свободно владеет понятиями</li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>- выполнено не менее 85% задания;</li><li>- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;</li><li>- не допускает существенных неточностей;</li><li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;</li><li>- аргументирует научные положения;</li><li>- делает выводы и обобщения;</li><li>- владеет системой основных понятий</li></ul>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>- выполнено не менее 65% задания;</li><li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li><li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний;</li><li>- слабо аргументирует научные положения;</li><li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li><li>- частично владеет системой понятий</li></ul>
0	<ul style="list-style-type: none"><li>- выполнено менее 50% задания;</li><li>- студент не усвоил значительной части проблемы;</li><li>- допускает существенные ошибки и неточности;</li><li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li><li>- не может аргументировать научные положения;</li><li>- не формулирует выводов и обобщений;</li><li>- не владеет понятийным аппаратом</li></ul>

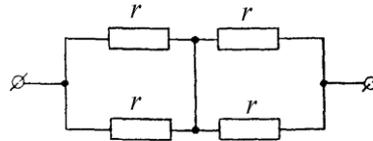
**Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Примеры задач**

**Раздел Основные положения теории электромагнитного поля и их применение к теории электрических цепей. Методы расчёта цепей. Электрические цепи постоянного тока.**

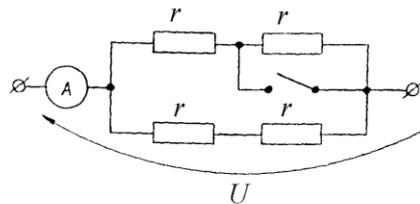
**1-1** Эквивалентное сопротивление цепи, представленной на схеме, равно:

1.  $r$ .    2.  $\frac{r}{2}$ .    3.  $4r$ .  
4.  $\frac{r}{2}$ .    5.  $2r$ .



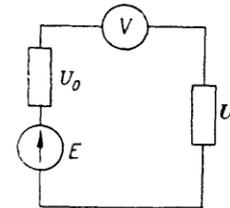
**1-2** Что покажет амперметр после замыкания рубильника, если до замыкания он показывал 9 А?  $U$  — постоянное напряжение.

1. 27 А.    2. 18 А.    3. 13,5 А.  
4. 6 А.    5. 3 А.



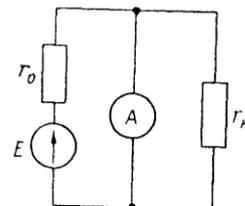
**1-3** Что покажет вольтметр с бесконечно большим внутренним сопротивлением, включенный в цепь, как показано на рисунке?

1. Э. д. с. источника.  
2. Падение напряжения на внутреннем сопротивлении источника.  
3. Нуль.  
4. Напряжение на зажимах нагрузки.  
5. Разность  $(E - U_0)$ .



**1-4** Чему будет равно показание амперметра с нулевым внутренним сопротивлением, включенного в цепь, как показано на рисунке?

1.  $I = \frac{E}{r_0 + r_n}$ .    2.  $I = \frac{E}{r_n}$ .    3.  $I = \frac{E}{r_0}$ .  
4. Нуль. Бесконечность.



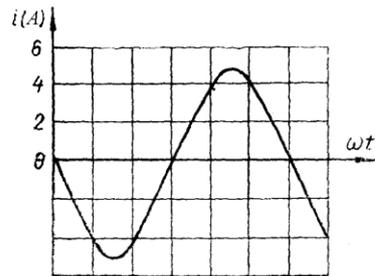
Раздел Электрические цепи однофазного синусоидального тока

2-1 Задано мгновенное значение синусоидально изменяющейся величины:  $a = 50 \cdot \sin\left(628t + \frac{\pi}{6}\right)$ .

Определить фазу и начальную фазу колебаний.

1.  $628t$ ;  $\frac{\pi}{6}$ .    2.  $\left(628t - \frac{\pi}{6}\right)$ ;  $\frac{\pi}{6}$ .    3.  $628$ ;  $\frac{\pi}{6}$ .  
 4.  $628$ ;  $60^\circ$ .    5.  $\left(628t + \frac{\pi}{6}\right)$ ;  $628$ .

2-2 Временной график синусоидального тока изображен на рисунке. Мгновенное значение тока выразится функцией:



1.  $i = 5 \cdot \sin \omega t$ .  
 2.  $i = 3,53 \cdot \sin \omega t$ .  
 3.  $i = 5 \cdot \sin(\omega t - 180^\circ)$ .  
 4.  $i = 3,53 \cdot \sin(\omega t - 180^\circ)$ .  
 5.  $i = 5 \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$ .

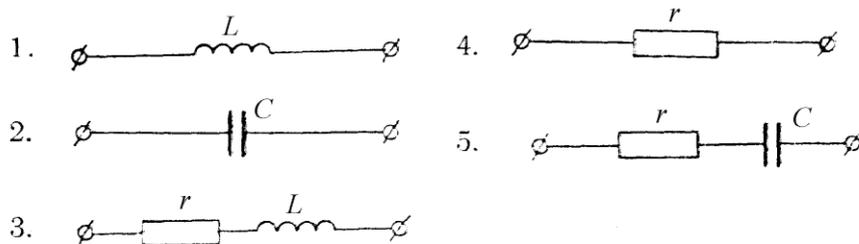
2-3 Индуктивность катушки  $L = 16 \text{ мГн}$ . Чему равно индуктивное сопротивление при частоте  $f = 50 \text{ Гц}$ ?

1.  $x_L = 5,024 \text{ Ом}$ .    2.  $x_L = 502,4 \text{ Ом}$ .    3.  $x_L = 0,8 \text{ Ом}$ .  
 4.  $x_L = 800 \text{ Ом}$ .    5.  $x_L = 0,005024 \text{ Ом}$ .

2-4 Емкость конденсатора  $C = 100 \text{ мкФ}$ . Чему равно емкостное сопротивление  $x_c$  при частоте  $f = 50 \text{ Гц}$ ?

1.  $x_c = 0,0002 \text{ Ом}$ .    2.  $x_c = 5000 \text{ Ом}$ .    3.  $x_c = 31,85 \text{ Ом}$ .  
 4.  $x_c = 31400 \text{ Ом}$ .    5.  $x_c = 3,185 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}$ .

2-5 Изобразить эквивалентную схему потребителя переменного тока, если напряжение и ток этого потребителя выражаются функциями:  $u = U_m \cdot \sin(\omega t - 15^\circ)$ ;  $i = I_m \cdot \sin(\omega t + 75^\circ)$ .



2-6 Комплекс сопротивления потребителя переменного тока  $Z = 15 \cdot e^{-j90^\circ}$ , действующее значение тока  $I = 2,83 \text{ А}$ . Написать выражение  $u$  (мгновенное значение), если начальную фазу тока принять равной  $+18^\circ$ .

1.  $u = 42,5 \cdot \sin \omega t$ .    2.  $u = 60 \cdot \sin(\omega t - 108^\circ)$ .  
 3.  $u = 60 \cdot \sin(\omega t - 72^\circ)$ .    4.  $u = 42,5 \cdot \sin(\omega t - 72^\circ)$ .  
 5.  $u = 60 \cdot \sin(\omega t - 108^\circ)$ .

3-1 Трехфазный приемник симметричен, если его сопротивления, выраженные в омах, равны:

1.  $Z_1=5$ ;  $Z_2=3+j4$ ;  $Z_3=3-j4$ .
2.  $Z_1=5$ ;  $Z_2=5 e^{-j\frac{2\pi}{3}}$ ;  $Z_3=5 e^{+j\frac{2\pi}{3}}$ .
3.  $Z_3=5$ ;  $Z_2=-j5$ ;  $Z_3=j5$ .
4.  $Z_1=5 e^{j10^\circ}$ ;  $Z_2=10 e^{j10^\circ}$ ;  $Z_3=15 e^{j10^\circ}$ .
5.  $Z_1=5-j2$ ;  $Z_2=5-j2$ ;  $Z_3=5-j2$ .

3-2 Симметричный трехфазный потребитель, соединенный в звезду, питается от трехфазной сети с линейным напряжением  $U$  вольт.

Определить линейный ток, если сопротивление фазы потребителя равно  $z$  Ом.

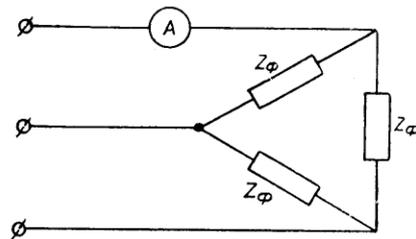
1.  $I = \frac{U}{z}$ .
2.  $I = \frac{\sqrt{3}U}{z}$ .
3.  $I = \frac{U}{\sqrt{3}z}$ .
4.  $I = 0$ .
5. Другой ответ.

3-3 Симметричный трехфазный потребитель, соединенный в звезду, подключен к четырехпроводной трехфазной сети напряжением 380 В.

Определить ток нулевого провода, если сопротивление фазы приемника равно 9,5 Ом.

1.  $I_0=40$  А.
2.  $I_0=120$  А.
3.  $I_0=13,33$  А.
4.  $I_0=0$ .
5. Другой ответ.

3-4 Система синусоидальных линейных напряжений, питающая цепь, симметрична. Определить показание электромагнитного амперметра, если известно, что  $U_{л}=100$  В;  $z_{\phi}=10$  Ом.

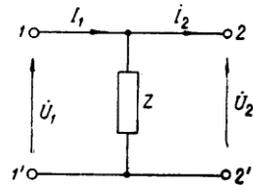


1. 17,32 А.
2. 10 А.
3. 14,1 А.
4. 5 А.
5.  $\frac{10}{\sqrt{3}}$  А.

3-5 Определить коэффициент мощности симметричного потребителя, соединенного звездой, если известно его фазное напряжение  $U_{\phi}=380$  В, линейный ток  $I_1=10$  А и потребляемая мощность  $P=9,12$  кВт.

1.  $\cos \varphi=0,8$ .
2.  $\cos \varphi=0,6$ .
3.  $\cos \varphi=0,0024$ .
4.  $\cos \varphi=0,722$ .
5. Задачу решить нельзя.

4-1 Определить коэффициенты четырехполюсника, если комплекс  $Z$  задан.



1.  $A=1, B=\frac{1}{Z}, C=0, D=0.$
2.  $A=0, B=Z, C=0, D=1.$
3.  $A=1, B=0, C=\frac{1}{Z}, D=1.$
4.  $A=\frac{1}{Z}, B=Z, C=1, D=1.$
5.  $A=0, B=0, C=\frac{1}{Z}, D=0.$

4-2 Постоянные четырехполюсника равны:  $A=-0,5; B=e^{j90^\circ} \text{ Ом}; C=0,5e^{-j90^\circ} \text{ 1/Ом}; D=-1.$  На выходе четырехполюсника включена чисто активная нагрузка  $Z_{\text{пр}}=2 \text{ Ом}.$  Определить мгновенное значение  $u_1$ , если  $i_2=1e^{j90^\circ} \text{ А}.$

1.  $u_1=\sin(\omega t-45^\circ) \text{ В}.$
2.  $u_1=\sqrt{2}\sin(\omega t-45^\circ) \text{ В}.$
3.  $u_1=\sin(\omega t+45^\circ) \text{ В}.$
4.  $u_1=\sqrt{2}\sin(\omega t+225^\circ) \text{ В}.$
5.  $u_1=\sqrt{2}\sin(\omega t+315^\circ) \text{ В}.$

4-3 Как изменится напряжение на нагрузке, если, поменять местами источник питания и нагрузку, подключенные к симметричному четырехполюснику (см. рис. 1 и рис. 2)?

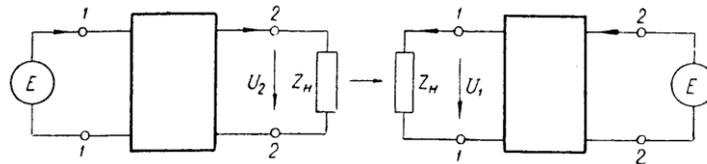


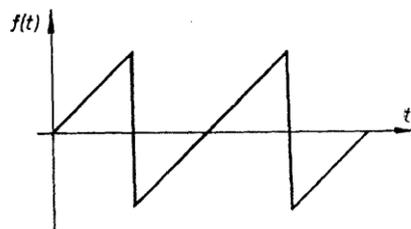
Рис. 1.

Рис. 2.

1.  $U_1=U_2.$
2.  $U_1>U_2.$
3.  $U_1<U_2.$
4. На вопрос ответить нельзя.

### Раздел Периодические несинусоидальные токи в электрических цепях

5-1 Какие гармоники входят в состав кривой  $f(t)$ , изображенной на графике?



1. Постоянная составляющая, четные и нечетные гармоники.
2. Только четные гармоники.
3. Только нечетные гармоники.
4. Четные и нечетные гармоники.
5. Постоянная составляющая и нечетные гармоники.

**5-2** Мгновенное значение напряжения на участке электрической цепи равно  $u = 15 + 10 \sin \omega t + 5 \sin 3 \omega t$ .

Определить показание вольтметра магнитоэлектрической системы, подключенного к этому участку цепи.

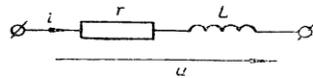
1.  $\frac{15}{\sqrt{2}}$  В.
2. 15 В.
3.  $\sqrt{15^2 + \left(\frac{10}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{5}{\sqrt{2}}\right)^2}$  В.
4.  $\frac{\sqrt{15^2 + 10^2 + 5^2}}{2}$  В.
5. 30 В.

**5-3** Мгновенное значение напряжения на участке электрической цепи равно  $u = 40 + 30\sqrt{2} \cdot \sin(\omega t + 30^\circ)$  В.

Определить показание вольтметра электродинамической системы, подключенного к этому участку цепи.

1. 40 В.
2. 70 В.
3.  $\sqrt{\left(\frac{40}{\sqrt{2}}\right)^2 + 30^2}$  В.
4. 50 В.
5.  $\sqrt{\left(\frac{40}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{30}{\sqrt{2}}\right)^2}$  В.

**5-4** Определить действующее значение напряжения  $U$ , если  $i = [5 + 5\sqrt{2} \cdot \sin \omega t - 5\sqrt{2} \cdot \sin(2\omega t + 45^\circ)]$  А,  $r = 10$  Ом,  $L \omega = 10$  Ом.

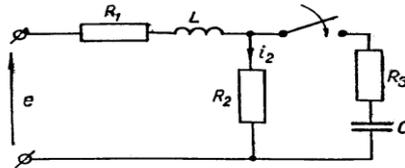


1.  $100\sqrt{2}$  В.
2. 100 В.
3. 120 В.
4. 125 В.
5.  $120\sqrt{2}$  В.

### Раздел Переходные процессы в линейных электрических цепях

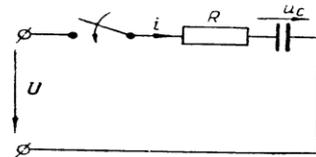
**6-1** В цепи, представленной на схеме, определить значение тока  $i_2(0)$  в момент коммутации (при  $t=0$ ), если  $e = 141 \cdot \sin(314t + 45^\circ)$  В;  $R_1 = 2$  Ом;  $R_2 = 4$  Ом;  $R_3 = 2$  Ом;  $L = 19,1$  мГн;  $C = 300$  мкФ.

1.  $i_2(0) = 0$ .
2.  $i_2(0) = 5$  А.
3.  $i_2(0) = 1,25$  А.
4.  $i_2(0) = 2,5$  А.
5.  $i_2(0) = 3,75$  А.

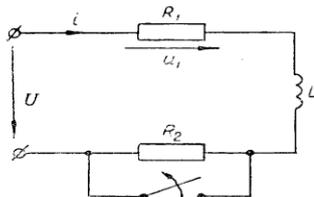


**6-2** В цепи постоянного тока, представленной на схеме, определить переходное напряжение на емкости  $u_c$ .

1.  $u_c = U \left(1 - e^{-\frac{1}{RC}t}\right)$ .
2.  $u_c = U \cdot e^{-\frac{1}{RC}t}$ .
3.  $u_c = U \left(1 + e^{-\frac{1}{RC}t}\right)$ .
4.  $u_c = U \cdot e^{\frac{1}{RC}t}$ .
5.  $u_c = U (1 - e^{-RCt})$ .



**6-3** В цепи постоянного тока, представленной на схеме, определить переходное напряжение  $u_1(t)$ , если  $U = 120$  В;  $R_1 = 10$  Ом;  $R_2 = 30$  Ом;  $L = 0,1$  Гн.



1.  $u_1 = 30 - 90 \cdot e^{-400t}$  В.
2.  $u_1 = 30 + 90 \cdot e^{-100t}$  В.
3.  $u_1 = -360 \cdot e^{-100t}$  В.
4.  $u_1 = -30 + 90 \cdot e^{-400t}$  В.
5.  $u_1 = 30 + 90 \cdot e^{-400t}$  В.

### Раздел Нелинейные электрические цепи постоянного тока

7-1 Линейное сопротивление  $r=300 \text{ Ом}$  и два нелинейных элемента (1 и 2) соединены параллельно (рис. 1). Заданы вольтамперные характеристики нелинейных элементов (рис. 2), и ток первого элемента  $I_1=0,6 \text{ А}$ .

Чему равно напряжение на линейном сопротивлении?

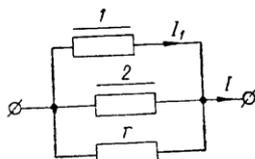


Рис. 1.

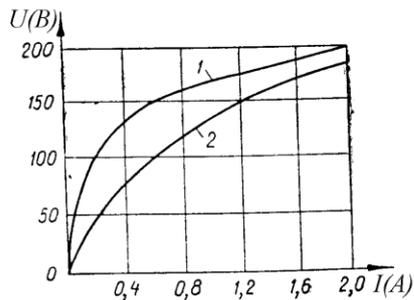


Рис. 2.

1.  $\approx 100 \text{ В}$ . 2.  $\approx 250 \text{ В}$ . 3.  $\approx 430 \text{ В}$ .  
4.  $\approx 150 \text{ В}$ . 5. Другой ответ.

7-2 Три лампы с одинаковыми вольтамперными характеристиками соединены смешанно. Определить ток в неразветвленной части цепи, если приложенное напряжение  $U=80 \text{ В}$ . Вольтамперная характеристика одной лампы приведена на графике.

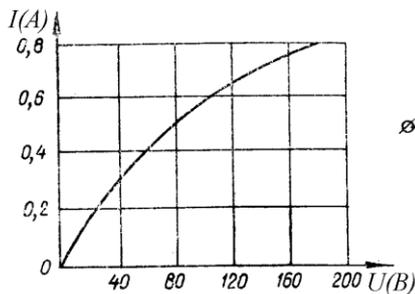


Рис. 1.

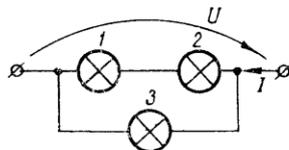


Рис. 2.

1.  $I \cong 0,80 \text{ А}$ . 2.  $I \cong 0,30 \text{ А}$ . 3.  $I \cong 1,60 \text{ А}$ .  
4.  $I \cong 0,20 \text{ А}$ . 5.  $I \cong 0,50 \text{ А}$ .

7-3 Вольтамперная характеристика нелинейного элемента задана. Пользуясь методом эквивалентного генератора, определить ток, проходящий через нелинейный элемент, если  $E_1=24 \text{ В}$ ,  $E_2=60 \text{ В}$ ,  $r_1=4 \text{ Ом}$ ,  $r_2=20 \text{ Ом}$ .

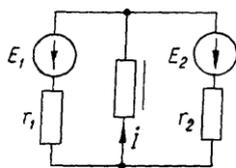


Рис. 1.

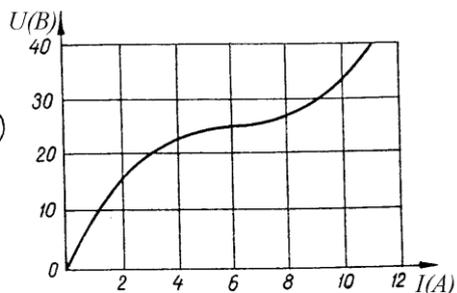


Рис. 2.

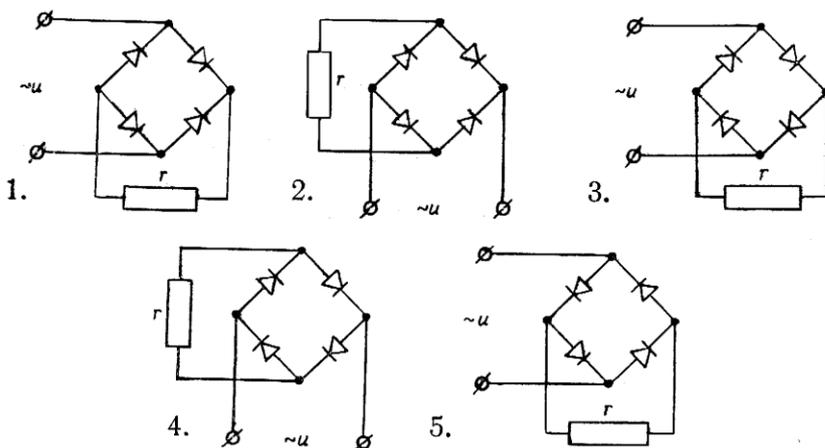
1.  $I \cong 30 \text{ А}$ . 2.  $I \cong 4,0 \text{ А}$ . 3.  $I \cong 2,0 \text{ А}$ .  
4.  $I \cong 6,0 \text{ А}$ . 5.  $I \cong 1,0 \text{ А}$ .

8-1 Чему равна постоянная составляющая  $I_0$  при двухполупериодном выпрямлении однофазного синусоидального тока с амплитудой  $I_m$ ?

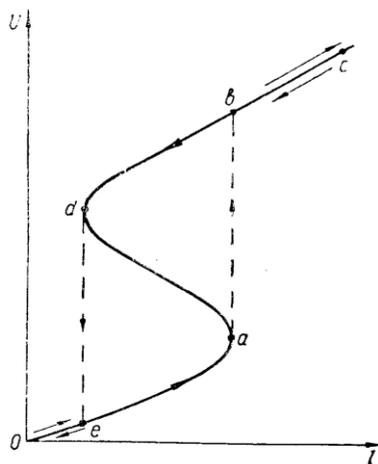
1.  $I_0 = \frac{1}{2} I_m$ .    2.  $I_0 = \frac{2}{\pi} I_m$ .    3.  $I_0 = \frac{1}{\pi} I_m$ .

4.  $I_0 = \frac{3\sqrt{3}}{2\pi} I_m$ .    5.  $I_0 = 0$ .

8-2 Указать правильную мостовую схему двухполупериодного выпрямителя.



8-3 Указать на кривой феррорезонанса точку резонанса токов ( $\varphi=0$ ).



1. a.    2. b.    3. c.  
4. d.    5. e.

8-4 Две обмотки намотаны на общий ферромагнитный сердечник, и через одну из них пропускается синусоидальный ток. Что нужно сделать со второй обмоткой, чтобы в напряжении на первой обмотке появилась постоянная составляющая?

1. Замкнуть вторую обмотку накоротко.
2. Разомкнуть контур второй обмотки.
3. Пропустить через вторую обмотку постоянный ток.
4. Условие невыполнимо.
5. Другой ответ.

9-1 Магнитопровод (рис. 1) с одинаковым сечением всех ветвей  $S=1\text{ см}^2$ ; имеет размеры:  $l_1=l_2=125,2\text{ см}$ ;  $l_3=62,5\text{ см}$ ;  $\mu_1=200\mu_0$ ;  $\mu_2=100\mu_0$ ;  $\mu_3=100\mu_0$ .

Такой магнитопровод можно заменить эквивалентной схемой (рис. 2). Определить эквивалентное магнитное сопротивление.

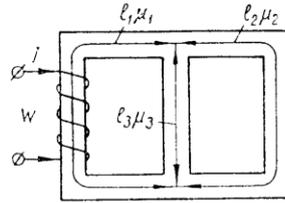


Рис. 1.

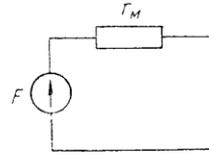


Рис. 2.

1.  $r_m = 5 \cdot 10^7 \text{ 1/Гн.}$
2.  $r_m = 8,33 \cdot 10^7 \text{ 1/Гн.}$
3.  $r_m = 12,5 \cdot 10^7 \text{ 1/Гн.}$
4.  $r_m = 20 \cdot 10^7 \text{ 1/Гн.}$
5.  $r_m = 3,33 \cdot 10^7 \text{ 1/Гн.}$

9-2 На стальное кольцо, средняя длина которого  $l=120\text{ см}$ , намотаны две обмотки:  $w_1=100$  витков и  $w_2=500$  витков. Известен ток второй обмотки  $I_2=2\text{ А}$  и кривая намагничивания сердечника. Пренебрегая рассеянием, определить ток первой обмотки, который обеспечил бы в сердечнике индукцию  $B_0=1,2\text{ Вб/м}^2$ . Направления токов указаны стрелками.

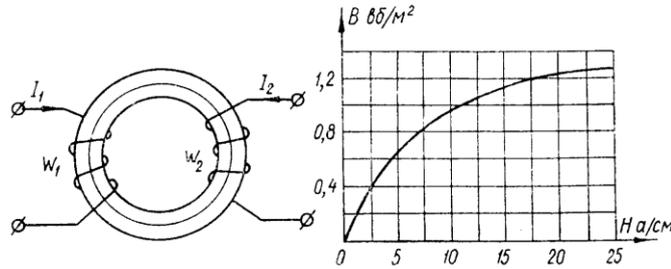


Рис. 1.

Рис. 2.

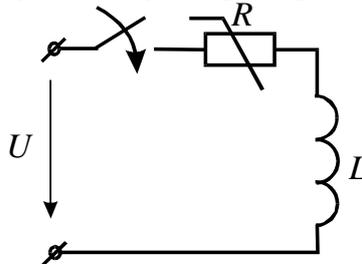
1.  $I_1 \approx 21\text{ А.}$
2.  $I_1 \approx 11\text{ А.}$
3.  $I_1 \approx 31\text{ А.}$
4.  $I_1 \approx 2100\text{ А.}$
5. Другой ответ.

### Раздел – Переходные процессы в нелинейных цепях

10-1 Дано:  $U=10\text{ В}$ ;  
 $L=0,2\text{ Гн.}$

$U, \text{ В}$	3	6	8	8,8	9,3	9,8	10	10,5	10,9	11
$I, \text{ А}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2

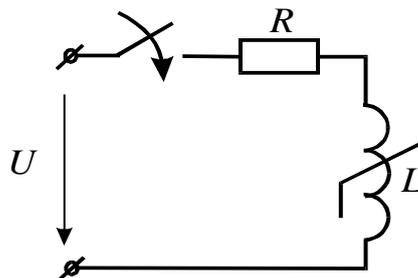
Определить  $i(t)$  и построить уточненную характеристику методом условной линеаризации.



10-2 Дано:  $U=10\text{ В}$ ;  
 $R=10\text{ Ом.}$

$\psi$ , Вб	0,23	0,35	0,38	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,475
$I$ , А	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1

Определить  $i(t)$  методом кусочно-линейной аппроксимации.



### Раздел Электрические цепи с распределёнными параметрами

11-1 Параметры кабельной линии  $r_0=1$  Ом/км;  $g_0=0$ ;  $\omega C_0=4 \cdot 10^{-4}$  1/Ом/км;  $\omega L_0=0$ .  
Определить длину волны.

- $\lambda = \sqrt{2} \pi \cdot 10^2$  км.
- $\lambda = 2\pi \cdot 10^2$  км.
- $\lambda = \sqrt{2} \pi \cdot 10$  км.
- $\lambda = 2\sqrt{\pi} \cdot 10$  км.
- $\lambda = 6000$  км.

11-2 Определить параметры  $L_0$  и  $G_0$  воздушной линии без потерь, если ее волновое сопротивление  $Z_c=300$  Ом, а волновая скорость  $v=3 \cdot 10^8$  км/сек.

- $L_0=1 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;  $C_0=11,1 \cdot 10^{-3}$  мкФ/км.
- $L_0=0,6 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;  $C_0=6,35 \cdot 10^{-3}$  мкФ/км.
- $L_0=2 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;  $C_0=11,1 \cdot 10^{-3}$  мкФ/км.
- $L_0=0,3 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;  $C_0=52 \cdot 10^{-3}$  мкФ/км.
- $L_0=1 \cdot 10^{-3}$  Гн/км;  $C_0=15 \cdot 10^{-3}$  мкФ/км.

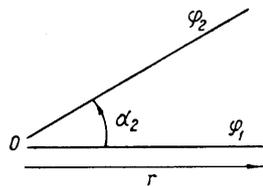
11-3 Определить коэффициент отражения волны напряжения  $q_u$  в конце линии с волновым сопротивлением  $Z_c$ . В конце линии включено сопротивление  $Z_2=Z_c$ .

- $q_u=1$ .
- $q_u=-1$ .
- $q_u=\frac{1}{2}$ .
- $q_u=-\frac{1}{2}$ .
- $q_u=0$ .

### Раздел Электростатическое поле

12-1 Две металлические пластинки (теоретически бесконечной протяженности) находятся в воздухе, образуя, не соприкасаясь, двугранный угол  $\alpha_2=30^\circ$ . Потенциал первой пластины  $\varphi_1$ , второй  $\varphi_2$ .

Определить потенциал электрического поля  $\varphi$  в любой точке внутри двугранного угла.



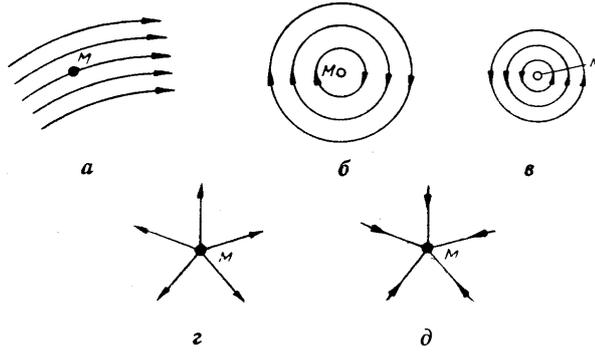
$$1. \varphi = \frac{1}{\pi} \sqrt{36(\varphi_2 - \varphi_1)^2 \alpha^2 + \pi^2 \varphi_1^2}$$

$$2. \varphi = \frac{6}{\pi} (\varphi_2 - \varphi_1) \alpha + \varphi_1$$

$$3. \varphi = \varphi_2 \sin 3\alpha + \varphi_1 \cos 3\alpha$$

$$4. \varphi = \varphi_1 \cos 3\alpha + \varphi_2 \operatorname{tg} 1,5\alpha \quad 5. \varphi = \varphi_2 \ln(1 + \alpha) + \varphi_1$$

12-2 Поле некоторого вектора  $\vec{A}$  в окрестностях точки  $M$  изображено на рисунках.



Указать, для какого поля в точке  $M$   $\operatorname{div} \vec{A} > 0$ .

1. Для поля а.
2. Для поля б.
3. Для поля в.
4. Для поля г.
5. Для поля д.

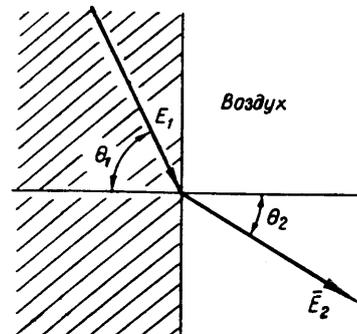
12-3 Потенциал точек электростатического поля в вакууме определяется уравнением  $\varphi = ax^3 + by + cz^2$ , где  $a = 3 \text{ кВ/м}^3$ ;  $b = 6 \text{ кВ/м}$ ;  $c = -5 \text{ кВ/м}^2$ .

Определить  $\operatorname{div} \vec{D}$  в точке с координатами  $x = 0,5 \text{ м}$ ;  $y = 1 \text{ м}$ ;  $z = -2 \text{ м}$ .

1.  $\operatorname{div} \vec{D} = 8,86 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$
2.  $\operatorname{div} \vec{D} = 44,3 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$
3.  $\operatorname{div} \vec{D} = 88,6 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$
4.  $\operatorname{div} \vec{D} = -135 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$
5.  $\operatorname{div} \vec{D} = -270 \cdot 10^{-12} \text{ Кл/м}^2$

12-4 Найти угол  $\Theta_2$ , под которым силовые линии электрического поля выходят в воздух из среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_1 = 10 \epsilon_0$ , если  $\Theta_1 = 60^\circ$ .

1.  $\Theta_2 = 44^\circ 30'$ .
2.  $\Theta_2 = 36^\circ 40'$ .
3.  $\Theta_2 = 15^\circ 20'$ .
4.  $\Theta_2 = 9^\circ 50'$ .
5.  $\Theta_2 = 6^\circ 0'$ .



Раздел Электрическое поле постоянного тока

13.1 Определить напряженность электрического поля  $E$  в медной шине при протекании постоянного тока плотностью  $\delta = 2 \text{ А/мм}^2$ . Удельная проводимость меди  $\gamma = 57 \cdot 10^6 \text{ Сим/м}$ .

1.  $E = 35 \cdot 10^{-15} \text{ В/м}$ .
2.  $E = 35 \cdot 10^{-9} \text{ В/м}$ .
3.  $E = 35 \cdot 10^{-3} \text{ В/м}$ .
4.  $E = 114 \cdot 10^6 \text{ В/м}$ .
5.  $E = 114 \cdot 10^{12} \text{ В/м}$ .

13.2 В каких случаях справедливо соотношение  $\operatorname{div} \delta = 0$ ?

1. Только для диэлектрических сред.
2. Только для проводящих сред.
3. Только в случае электростатического поля.
4. Только в случае поля постоянных токов.

5. Справедливо для всех случаев.

13.3 Полусферический заземлитель радиуса  $a$  находится в почве с удельной проводимостью  $\gamma$ . Определить максимально допустимое значение тока  $I_m$ , подводимого к заземлителю, чтобы наибольшее шаговое напряжение вблизи заземлителя не превышало величины  $U$ . Длина шага равна  $\lambda$ .

1.  $I_m = 2\pi\gamma U(a + \lambda)$ .

2.  $I_m = \frac{2\pi\gamma U a \lambda}{a + \lambda}$ .

3.  $I_m = \frac{4\pi\gamma U a \lambda}{a + \lambda}$ .

4.  $I_m = \frac{4\pi\gamma U a(a + \lambda)}{\lambda}$ .

13.5 Полусферический металлический заземлитель погружен в почву с удельной проводимостью  $\gamma = 5 \cdot 10^{-4}$  1/Ом·см. Через заземлитель протекает постоянный ток 314 А. На какое расстояние  $r$  к заземлителю может приблизиться животное, если допустимое безопасное напряжение для него равно 21 В, а длина шага 100 См.

1.  $r = 642$  См.

2.  $r = 692$  См.

3.  $r = 742$  См.

4.  $r = 792$  См.

5. Задачу решить нельзя.

Раздел 14 – Магнитное поле постоянного тока

**14-3** Плита состоит из двух частей — стальной и чугунной, плотно прилегающих друг к другу под углом  $20^\circ$ . Магнитные проницаемости чугуна и стали соответственно равны  $\mu_1 = 167 \cdot 10^{-8}$  Гн/см и  $\mu_2 = 1250 \cdot 10^{-8}$  Гн/см. Плита помещена в постоянное магнитное поле перпендикулярно к магнитным линиям.

Индукция в воздухе под плитой  $B_0 = 10^{-5}$  Вб/см<sup>2</sup>. Найти значение индукции магнитного поля в стали  $B_{ст}$ .

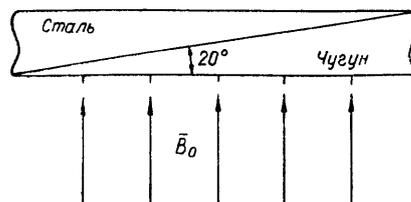
1.  $B_{ст} = 1,26 \cdot 10^{-5}$  Вб/см<sup>2</sup>.

2.  $B_{ст} = 21,6 \cdot 10^{-5}$  Вб/см<sup>2</sup>.

3.  $B_{ст} = 20,5 \cdot 10^{-5}$  Вб/см<sup>2</sup>.

4.  $B_{ст} = 2,72 \cdot 10^{-5}$  Вб/см<sup>2</sup>.

5.  $B_{ст} = 52,7 \cdot 10^{-5}$  Вб/см<sup>2</sup>.



**14-4** Определить значение векторного потенциала магнитного поля  $A$  в точке  $M$ , находящейся на расстоянии  $h = 1$  см от конца прямолинейного отрезка тонкого проводника длиной  $l = 10$  см, по которому протекает постоянный ток  $I = 1$  А.

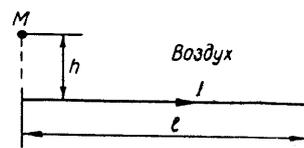
1.  $A = 1 \cdot 10^{-6}$  В·сек/м.

2.  $A = 6,9 \cdot 10^{-7}$  В·сек/м.

3.  $A = 3 \cdot 10^{-7}$  В·сек/м.

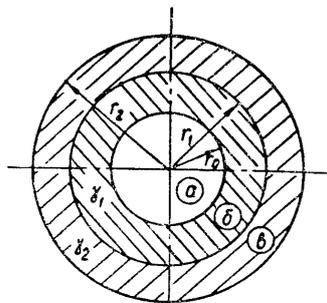
4.  $A = 1,3 \cdot 10^{-7}$  В·сек/м.

5. Задача решения не имеет.



**14-5** Вдоль прямолинейного цилиндрического полого биметаллического провода протекает постоянный ток  $I$ . Удельная проводимость внутреннего слоя провода  $\gamma_1$ , наружного слоя —  $\gamma_2$ . Радиус внутренней полости  $r_0$ , радиус цилиндрической поверхности, разделяющей оба слоя провода  $r_1$ , внешний радиус  $r_2$ .

Найти зависимость напряженности магнитного поля от расстояния от оси провода  $H=f(r)$  для внешнего слоя  $v$  провода.



1.  $H=0$ .

2. 
$$H = \frac{I(r^2 - r_0^2)}{2\pi r_1^2 \left[ r_1^2 - r_0^2 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1}(r_2^2 - r_1^2) \right]}$$

3. 
$$H = \frac{I(r^2 - r_1^2)}{2\pi r \left[ \frac{\gamma_1}{\gamma_2}(r_1^2 - r_0^2) + r_2^2 - r_1^2 \right]}$$

4. 
$$H = \frac{I}{2\pi r} \left[ \frac{r_1^2 - r_0^2}{r_1^2 - r_0^2 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1}(r_2^2 - r_1^2)} + \frac{r^2 - r_0^2}{\frac{\gamma_1}{\gamma_2}(r_1^2 - r_0^2) + r_2^2 - r_1^2} \right]$$

5. 
$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

*Раздел 15 – Электромагнитное поле*

**15-1** Физический смысл каких уравнений электромагнитного поля заключается в утверждении, что вихревое магнитное поле возбуждается изменяющимся во времени электрическим полем?

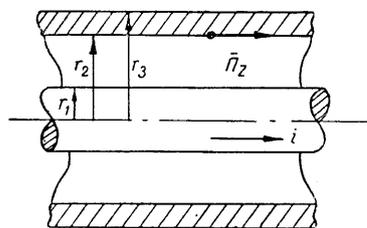
1.  $\text{rot } \vec{H} = \vec{j}, \vec{j} = \gamma \vec{E} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \rho \vec{v}$ .      2.  $\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ .

3.  $\text{div } \vec{D} = \rho$ .

4.  $\text{div } \vec{B} = 0$ .

5.  $\vec{B} = \mu \vec{H}, \vec{D} = \epsilon \vec{E}$ .

**15-2** Энергия от генератора к приемнику передается с помощью коаксиального кабеля. Радиус внутренней жилы  $r_1$ . Радиусы оболочки  $r_2$  и  $r_3$ . Удельная проводимость материала жилы и оболочки —  $\gamma$ . Определить осевую составляющую (направленную вдоль оси кабеля) вектора Пойнтинга  $\Pi_z$  в точке, лежащей у внутренней поверхности оболочки, в момент, когда напряжение между жилой и оболочкой у рассматриваемой точки равно  $u$ , а ток в кабеле равен  $i$ .



$$1. \Pi_z = \frac{ui}{2\pi r_1^2 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

$$2. \Pi_z = \frac{i^2}{2\pi^2 \gamma r_1^2}$$

$$3. \Pi_z = \frac{ui}{2\pi r_2^2 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

$$4. \Pi_z = \frac{i^2}{2\pi \gamma r_2 (r_3 - r_2)^2} \quad 5. \Pi_z = \frac{i^2}{2\pi^2 \gamma r_2^2}$$

**15-3** По одиночному цилиндрическому проводнику радиусом  $R$ , находящемуся в воздухе, проходит постоянный ток  $I$ . Разность потенциалов на концах проводника длиной  $l$  равна  $U$ . На поверхности проводника находится заряд  $q$ . Определить величину вектора Пойнтинга  $\Pi$  вне проводника в точке, находящейся на расстоянии  $r$  от оси проводника.

$$1. \Pi = \frac{qI}{2\pi \epsilon_0 l r^2} \quad 2. \Pi = \frac{UI}{2\pi l r} \quad 3. \Pi = \frac{UIr}{2\pi l R^2}$$

$$4. \Pi = \frac{qI}{4\pi^2 \epsilon_0 l r^2} \quad 5. \Pi = \frac{qI}{4\pi^2 \epsilon_0 R^2}$$

### Пример решения задачи

Определить вектор дипольного момента дискретной системы трех точечных зарядов:  $q_1 = -5 \cdot 10^{-10}$  Кл;  $q_2 = 3 \cdot 10^{-10}$  Кл;  $q_3 = 2 \cdot 10^{-10}$  Кл. Заряды имеют следующие координаты: заряд  $q_1$  —  $x_1 = 0, y_1 = -2$  м,  $z_1 = 0$ ; заряд  $q_2$  —  $x_2 = 0, y_2 = 1$  м,  $z_2 = 0$ ; заряд  $q_3$  —  $x_3 = 3$  м,  $y_3 = 0, z_3 = 2$  м.

*Решение.* По формуле (1.18) рассчитываем вектор дипольного момента:

$$\begin{aligned} \vec{p} &= \sum_k (q_k \cdot x_k) \cdot \vec{1}_x + \sum_k (q_k \cdot y_k) \cdot \vec{1}_y + \sum_k (q_k \cdot z_k) \cdot \vec{1}_z = \\ &= (q_1 \cdot x_1 + q_2 \cdot x_2 + q_3 \cdot x_3) \cdot \vec{1}_x + (q_1 \cdot y_1 + q_2 \cdot y_2 + q_3 \cdot y_3) \cdot \vec{1}_y + \\ &\quad + (q_1 \cdot z_1 + q_2 \cdot z_2 + q_3 \cdot z_3) \cdot \vec{1}_z = \\ &= (2 \cdot 10^{-10} \cdot 3) \cdot \vec{1}_x + (5 \cdot 10^{-10} \cdot 2 + 3 \cdot 10^{-10} \cdot 1) \cdot \vec{1}_y + (2 \cdot 10^{-10} \cdot 2) \cdot \vec{1}_z = \\ &= [6 \cdot \vec{1}_x + 13 \cdot \vec{1}_y + 4 \cdot \vec{1}_z] \cdot 10^{-10} \text{ Кл}\cdot\text{м}. \end{aligned}$$

По формуле (1.16) находим модуль этого вектора

$$p = \sqrt{p_x^2 + p_y^2 + p_z^2} = 10^{-10} \cdot \sqrt{6^2 + 13^2 + 4^2} = 14,87 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}\cdot\text{м}.$$

## Вопросы промежуточной аттестации

### 1. Четвертый семестр

1. Основные физические представления и законы электромагнитного поля (электрическое поле).
2. Основные физические представления и законы электромагнитного поля (магнитное поле).
3. Энергия и механические проявления электрических и магнитных полей.
4. Связь между напряжением и током в электрической цепи. Источники э.д.с. и источники тока.
5. Цепи постоянного тока. Баланс мощностей. Преобразование последовательного и параллельного соединения элементов.
6. Преобразование соединения звездой в треугольник и обратное преобразование.
7. Метод наложения.
8. Метод эквивалентного генератора.
9. Метод контурных токов.
10. Метод узловых напряжений.
11. Магнитные цепи. Законы и параметры.
12. Расчет магнитной цепи. Разветвленные цепи.
13. Действующие и средние значения при синусоидальном токе.
14. Синусоидальные напряжения и токи на основных элементах цепей. 1.15. Векторные диаграммы.
15. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением  $r$ ,  $L$ ,  $C$ .
16. Синусоидальный ток в цепи с параллельным соединением  $r$ ,  $L$ ,  $C$ .
17. Активная, реактивная и полная мощности.
18. Комплексный метод расчета цепей на синусоидальном токе. Оригиналы и изображения.
19. Изображения производной и интеграла. Расчет процесса комплексным методом в последовательной  $r$ ,  $L$ ,  $C$  – цепи.
20. Расчет процесса комплексным методом в параллельной  $r$ ,  $L$ ,  $C$  – цепи.
21. Комплексные сопротивления и проводимость. Закон Ома и законы Кирхгофа в комплексной форме.
22. Баланс мощностей в сложной цепи на переменном токе.
23. Резонанс при последовательном соединении  $r$ ,  $L$ ,  $C$ .
24. Резонанс при параллельном соединении  $r$ ,  $L$ ,  $C$ .
25. Вращающееся магнитное поле.
26. Разложение несимметричных трехфазных систем на симметричные составляющие.
27. Расчет установившихся процессов при периодических несинусоидальных э.д.с.
28. Действующие значения периодических несинусоидальных токов и напряжений.
29. Активная мощность при периодических несинусоидальных токах и напряжениях.
30. Высшие гармоники в трехфазных цепях.
31. Представление ряда Фурье в комплексной форме.
32. Биения колебаний и модулирование колебаний.
33. Различные виды уравнений четырехполюсника.
34. Эквивалентные схемы четырехполюсника.
35. Экспериментальное определение параметров четырехполюсника.
36. Соединения четырехполюсников и матричная запись уравнений четырехполюсника.
37. Передаточные функции четырехполюсников.
38. Дифференцирующие и интегрирующие цепи.
39. Синтез электрических цепей. Свойства входных функций.
40. Представление входных функций в виде простых дробей.
41. Диагностика электрических цепей методом узловых напряжений.

42. Нелинейные цепи с безынерционными нелинейными элементами. Метод эквивалентных синусоид.
43. Явление феррорезонанса при последовательном включении соединения катушки и конденсатора.
44. Явление феррорезонанса при параллельном включении соединения катушки и конденсатора.
45. Конденсаторы с нелинейными характеристиками в цепи переменного тока.
46. Переходные процессы в цепи с последовательно соединенными участками  $r$  и  $L$ .
47. Переходные процессы в цепи с последовательно соединенными участками  $r$  и  $C$ .
48. Переходные процессы в цепи с последовательно соединенными участками  $r$ ,  $L$  и  $C$ .
49. Разряд конденсатора на цепь  $r$ ,  $L$ .
50. Включение цепи  $r$ ,  $L$ ,  $C$  под постоянное напряжение.
51. Включение цепи  $r$ ,  $L$ ,  $C$  под синусоидальное напряжение.
52. Переходные процессы при мгновенном изменении параметров участков цепи.
53. Расчет переходных процессов в сложной цепи.
54. Операторное изображение функций, их производных и интегралов.
55. Примеры изображений функций.
56. Законы Кирхгофа и Ома в операторной форме.
57. Расчет переходных процессов в электрических цепях операторным методом.
58. Переход от изображений к оригиналу. Теорема разложения.
59. Свойства корней характеристического уравнения.
60. Представление непериодических функций времени с помощью интеграла Фурье.
61. Частотные характеристики.
62. Получение частотных характеристик заданной функции времени.
63. Расчет переходных процессов при помощи частотных характеристик.
64. Связь преобразования Фурье с преобразованием Лапласа. Понятие о комплексной частоте.

## 2. Пятый семестр

1. Понятие об импульсных ЭДС и импульсных системах.
2. Переходные и импульсные характеристики электрической цепи и расчет цепи при воздействии импульсной ЭДС.
3. Расчет цепи при воздействии ЭДС произвольной формы – интеграл Дюамеля.
4. Электрические цепи с распределенными параметрами. Уравнения линии с распределенными параметрами
5. Решение уравнений однородной линии при установившемся синусоидальном режиме.
6. О моделировании однородной линии цепной схемой.
7. Бегущие волны.
8. Характеристики однородной линии. Условия для неискажающей линии.
9. Однородная линия при различных режимах работы. Линии без потерь.
10. Решение уравнений однородной неискажающей линии при переходном процессе классическим методом.
11. Волны в неискажающей линии.
12. О происхождении и характере волн в линиях.
13. Преломление и отражение волн в месте сопряжения двух однородных линий.
14. Отражение волн от конца линии.
15. Прохождение волн при наличии реактивного сопротивления в месте сопряжения однородных линий.
16. Происхождение волн при наличии активного сопротивления в месте сопряжения однородных линий.
17. Уравнения электромагнитного поля в интегральной форме.
18. Первое уравнение Максвелла в дифференциальной форме.

19. Второе уравнение Максвелла в дифференциальной форме.
20. Теорема Гаусса и постулат Максвелла в дифференциальной форме.
21. Принципы непрерывности магнитного потока и электрического тока в дифференциальной форме.
22. Теоремы Остроградского и Стокса.
23. Граничные условия на поверхности раздела двух сред.
24. Полная система уравнений электромагнитного поля. Электростатическое поле и поле постоянных токов как частные случаи электромагнитного поля.
25. Градиент электрического потенциала.
26. Убывание электростатического поля на больших расстояниях от заряженных тел.
27. Определение электрического потенциала по распределению зарядов.
28. Уравнения Пуассона и Лапласа.
29. Электростатика. Граничные условия на поверхностях проводников и границах раздела диэлектриков. Основная задача электростатики.
30. Плоскопараллельное поле электростатическое поле.
31. Применение функций комплексного переменного для расчета электростатических полей.
32. Электростатическое поле провода круглого сечения и плоскостей, сходящихся под углом.
33. Поле двухпроводной линии передач.
34. Поле параллельных несоосных цилиндров.
35. Емкость между круглыми цилиндрами. Общие положения.
36. Емкость круглого цилиндра относительно плоскости.
37. Емкость между несоосными, не охватывающими друг друга круглыми цилиндрами.
38. Емкость между тонкими проводниками. Емкость двухпроводной линии передачи.
39. Емкость между охватывающими друг друга круглыми цилиндрами.
40. Потенциальные коэффициенты, коэффициенты электростатической индукции и частичные емкости в системе тел.
41. Метод средних потенциалов.
42. Уравнения поля постоянных токов.
43. Электрическое поле в диэлектрике, окружающем проводники с постоянным током.
44. Электрическое поле постоянных токов в проводящей среде.
45. Граничные условия на поверхности раздела проводящих сред с постоянным током. Аналогия с электростатическим полем.
46. Утечки и сопротивление изоляции кабелей.
47. Сопротивления заземления на постоянном токе.
48. Вихревой характер магнитного поля постоянных токов. Скалярный потенциал.
49. Векторный потенциал магнитного поля постоянных токов.
50. Выражение магнитного потока через векторный потенциал. Общая задача расчета магнитного поля постоянных токов.
51. Плоскопараллельное поле постоянных токов. Применение функций комплексного переменного.
52. Магнитное поле линейных проводов. Принцип соответствия плоскопараллельных электрических и магнитных полей.
53. Плоская электромагнитная волна в диэлектрике. Скорость распространения волн.
54. Вектор Пойнтинга.
55. Излучение волн антенной.
56. Электродинамические потенциалы переменного поля.
57. Передача энергии вдоль проводов линии.
58. Переменное поле в проводнике. Плоская электромагнитная волна в проводнике.
59. Длина волны и затухание волны в проводнике. Явление поверхностного эффекта.

60. Внутреннее сопротивление проводов. Сопротивление провода при резком проявлении поверхностного эффекта.
61. Неравномерное распределение переменного потока в плоском листе.
62. Неравномерное распределение переменного тока в круглых цилиндрических проводах. Внутреннее сопротивление цилиндрических проводов.
63. Эффект близости. Поверхностная закалка. Электромагнитное экранирование.
64. Экспериментальное исследование и моделирование полей. Критерии разграничения задач теории цепей и теории поля.