

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Северский технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Электрооборудования и автоматизации технологических процессов»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 6 от 30.08.2024

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Разработка роботизированных систем для атомной промышленности**

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
3	3	108	32	16	16	0	44	Зач.
Итого	3	108	32	16	16	0	44	

## 1 МОДЕЛЬ КОНТРОЛИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ОПК-1	З-ОПК-1	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, ЛР5, ЛР6, ЛР7, Зд6, РГЗ1, Зачет (3 сем.)
ОПК-1	У-ОПК-1	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, ЛР5, ЛР6, ЛР7, Зд6, РГЗ1, Зачет (3 сем.)
ОПК-1	В-ОПК-1	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, ЛР5, ЛР6, ЛР7, Зд6, РГЗ1, Зачет (3 сем.)
УКЕ-1	З-УКЕ-1	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, ЛР5, ЛР6, ЛР7, Зд6, РГЗ1, Зачет (3 сем.)
УКЕ-1	У-УКЕ-1	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, ЛР5, ЛР6, ЛР7, Зд6, РГЗ1, Зачет (3 сем.)
УКЕ-1	В-УКЕ-1	ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, Зд1, Зд2, Зд3, Зд4, Зд5, ЛР5, ЛР6, ЛР7, Зд6, РГЗ1, Зачет (3 сем.)

**Шкалы оценки образовательных достижений.** Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

### Аттестация в 3 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
ЛР1	Лабораторная работа	3	1.8
ЛР2	Лабораторная работа	3	1.8
ЛР3	Лабораторная работа	3	1.8
ЛР4	Лабораторная работа	3	1.8
Зд1	Задание (задача)	4	2.4
Зд2	Задание (задача)	4	2.4
Зд3	Задание (задача)	2	1.2
Зд4	Задание (задача)	2	1.2
Зд5	Задание (задача)	2	1.2
ЛР5	Лабораторная работа	6	3.6
ЛР6	Лабораторная работа	3	1.8
ЛР7	Лабораторная работа	3	1.8

Зд6	Задание (задача)	2	1.2
РГ31	Расчетно-графическое задание	20	12
	<b>Сумма:</b>	<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Зачет		40	24
	<b>Итого:</b>	<b>100</b>	<b>60</b>

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D	E	F	
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)		хорошо (хор.)		удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет			Зачтено				Не зачтено

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

2.1 ЛР1-ЛР7 – Лабораторные работы выполняются согласно методическим указаниям. Первые пять лабораторных работ (№1-3, №6, №9 в методических указаниях) выполняются согласно методическим указаниям: Эськов В.Д., Носов Г.В., Зорин В.А. Руководство к лабораторным работам по теоретическим основам электротехники на учебном лабораторном комплексе. Часть 1. Для студентов ЭЛТИ и ИДО. Установившиеся режимы линейных электрических цепей. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 64 с., ссылка на указание: [https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya\\_rabota/Tab1/Tab/labtoe1.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya_rabota/Tab1/Tab/labtoe1.pdf).

Шестая и седьмая лабораторные работы (№12, №19 в методических указаниях) выполняются согласно методическим указаниям: Эськов В.Д., Носов Г.В., Зорин В.А. Руководство к лабораторным работам по теоретическим основам электротехники на учебном лабораторном комплексе. Часть 2. Для студентов ЭЛТИ и ИДО. Переходные процессы и нелинейные электрические цепи. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 40 с., ссылка на указание: [https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya\\_rabota/Tab1/Tab/labtoe2.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya_rabota/Tab1/Tab/labtoe2.pdf).

### Методика оценки результатов выполнения

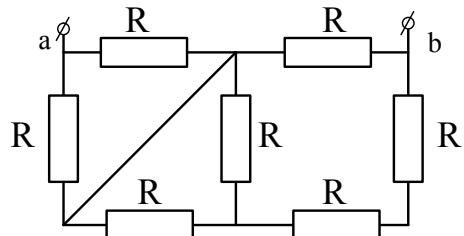
Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,5
Достоверность и полнота решения задачи	1
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,5
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	1

2.2 Зд1 – Практическая работа по расчету линейной электрической цепи постоянного тока (7 задач)

**Задача №1**

Цель работы: Определить эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «*аб*» для схемы.

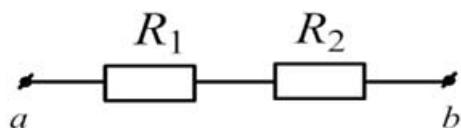
Исходные данные: Схема электрической цепи, все сопротивления  $R = 10 \Omega$ .



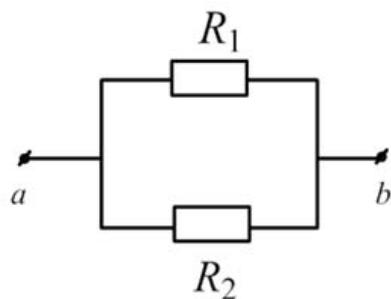
Пример расчета

Сначала сложить сопротивления, которые соединены последовательно, затем посмотреть на закоротки, потом сложить сопротивления, которые соединены параллельно.

Из теории:



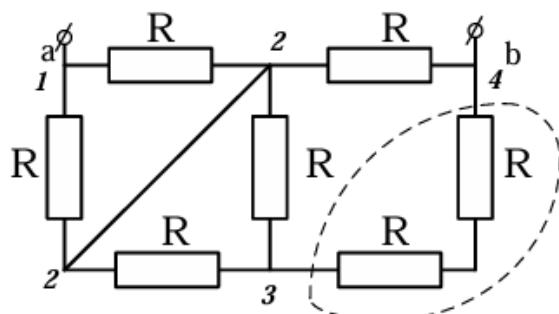
$$R_{ab} = R_1 + R_2$$



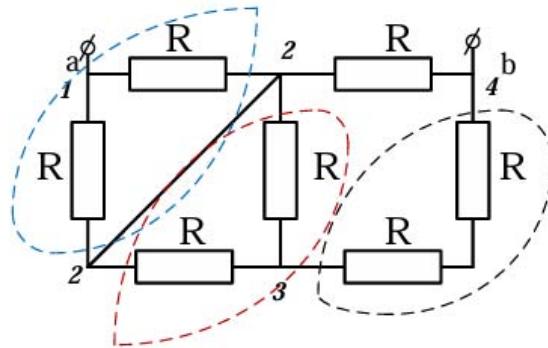
$$R_{ab} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

В данной схеме закороток нет.

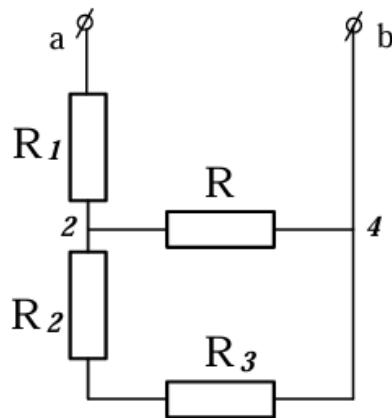
Сначала для удобства обозначить узлы и сложить последовательно два сопротивления  $R$ :



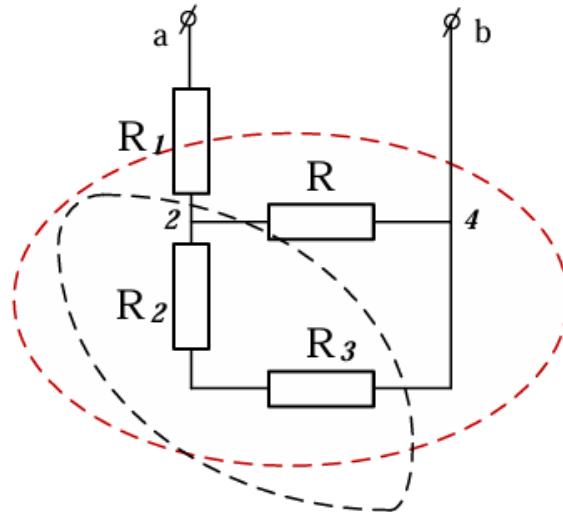
После этого сложить параллельно сопротивления между узлами 1-2 и 2-3:



Получить схему:



Теперь последовательно сложить сопротивления  $R_2$  и  $R_3$ , затем параллельно сложить сопротивления  $R_{23}$  и  $R$ :



Последнее действие:

$$R_{ab} = R_1 + \frac{(R_2 + R_3) \cdot R}{R_2 + R_3 + R}.$$

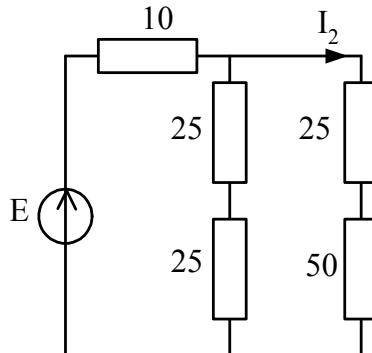
$$\text{Где } R_1 = \frac{R \cdot R}{R + R} = 5 \text{ Ом}, R_2 = \frac{R \cdot R}{R + R} = 5 \text{ Ом}, R_3 = R + R = 20 \text{ Ом}, R_{ab} = 12,1 \text{ Ом}.$$

Ответ:  $R_{ab}=12,1$  Ом.

## Задача №2

Цель работы: Определить мощность, вырабатываемую источником ЭДС для схемы.

Исходные данные: Схема электрической цепи, мощность в ветви с током  $I_2 = P_2 = 75$  Вт. Сопротивления на схеме даны в Омах.



Пример расчета

Зная мощность и сопротивления в ветви с током  $I_2$ , можно определить ток  $I_2$ .

Через формулу мощности:

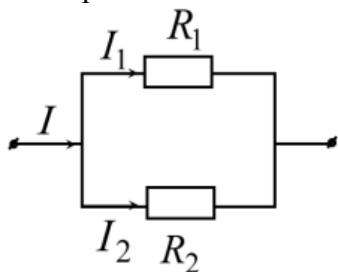
$$P = I^2 \cdot R ,$$

$$I_2 = \sqrt{\frac{P_2}{R_2}} , \text{ где } R_2 = 25 + 50 = 75 \text{ Ом.}$$

В итоге  $I_2 = 1 \text{ А} .$

Теперь по правилу разброса найти то источника ЭДС.

Из теории:



$$I_1 = I \frac{R_2}{R_1 + R_2} ,$$

$$I_2 = I \frac{R_1}{R_1 + R_2} .$$

В итоге ток в параллельной ветви:

$$I_2 = I \cdot \frac{25 + 25}{25 + 25 + 25 + 50} .$$

Полученный ток:

$$I = I_2 \cdot \frac{25 + 25 + 25 + 50}{25 + 25} = 2,5 \text{ А} .$$

Мощность, вырабатываемая источником ЭДС:

$$P = I \cdot E .$$

Чтобы найти значение источника ЭДС воспользоваться законом Ома:

$$E = I \cdot R_{\text{экв}} .$$

Где эквивалентное сопротивление относительно ветви с источником ЭДС:

$$E = I \cdot R_{\text{экв}} = I \cdot \left( 10 + \frac{(25+25) \cdot (25+50)}{(25+25+25+50)} \right) = I \cdot 40 = 100 \text{ В} .$$

Мощность:

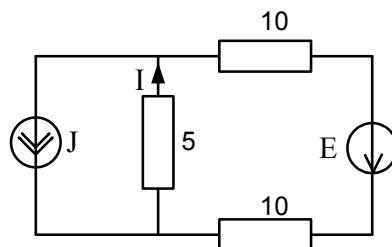
$$P = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $R_{ab}=12,1 \text{ Ом.}$

Задача №3

Цель работы: Определить ток  $I$  методом контурных токов для схемы.

Исходные данные: Схема электрической цепи,  $J=10 \text{ А}$ ,  $E=100 \text{ В}$ , сопротивления на схеме даны в Омах.



Пример расчета

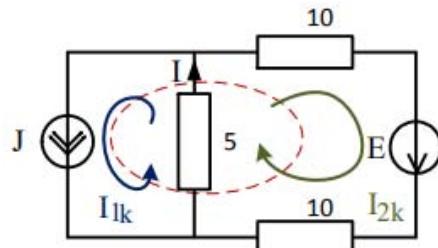
Сначала нужно определить количество контурных токов для решения задачи – правило точно такое же, как и для 2-го закона Кирхгофа.

В данном примере 2 внутренних (независимых замкнутых) контура, значит для решения задачи нужно знать 2 контурных тока.

Если в схеме есть источник тока, нужно направлять контурные токи определенным образом. Из теории: для контура с источником тока контурное уравнение не составляется, т.к. контурный ток этого контура известен и равен току источника тока, причем через источник тока может проходить только один контурный ток.

Теперь для данной схемы выбрать 2 контурных тока таким образом, чтобы через источник тока  $J$  проходил только один контурный ток.

Полученная схема:



Контурный ток  $I_{1k}=J$ , т.к. он проходит через источник тока и направление совпадает.

Составить уравнение для контурного тока  $I_{2k}$ :

$$I_{2k} \cdot (5 + 10 + 10) + I_{1k} \cdot 5 = E .$$

Ток ветви равен алгебраической сумме контурных токов, которые протекают относительно искомого тока  $I$  с учетом их направления.

В данном случае формула для тока ветви  $I$ :

$$I = I_{1k} + I_{2k} .$$

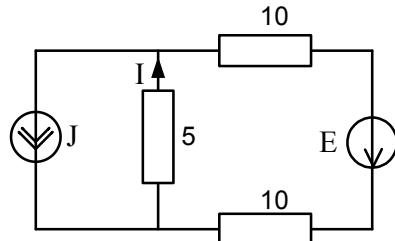
Далее подставить числовые значения в формулы и получить ответ.

Ответ:  $I=12 \text{ А.}$

#### Задача №4

Цель работы: Определить ток I методом преобразований для схемы.

Исходные данные: Схема электрической цепи,  $J=10$  А,  $E=100$  В, сопротивления на схеме даны в Омах.



Пример расчета

Метод преобразований заключается в преобразовании схемы таким образом, чтобы остался один контур и искомый ток можно было бы найти с помощью закона Ома.

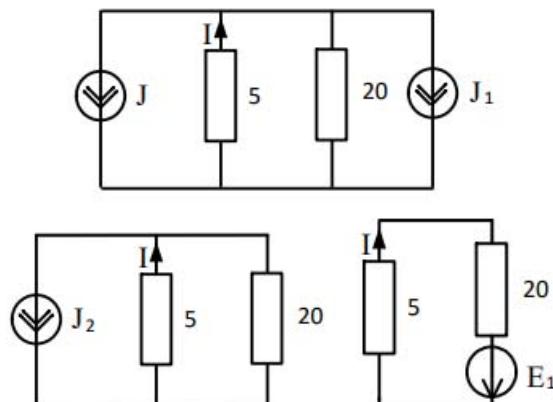
Можно использовать любые преобразования из теории.

! Важно помнить правило – нельзя преобразовывать ветвь, где течет искомый ток – иначе он изменится.

В данной схеме нужно использовать три преобразования:

1. Замена источника ЭДС на источник тока.
2. Параллельное соединение источников тока.
3. Замена источника тока на источник ЭДС.

Получившиеся схемы:



По закону Ома определить исходный ток:

$$I = \frac{E_1}{5+20} \text{, где } E_1 = J_2 \cdot 20, J_2 = J + J_1, J_1 = \frac{E}{20}.$$

Подставить числовые значения:

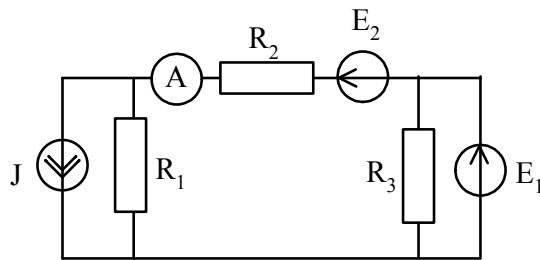
$$I = \frac{E_1}{5+20} = \frac{300}{25} = 12 \text{ A , где } E_1 = J_2 \cdot 20 = 300 \text{ В, } J_2 = J + J_1 = 15 \text{ А, } J_1 = \frac{100}{20} = 5 \text{ А .}$$

Ответ:  $I=12$  А.

#### Задача №5

Цель работы: Определить ток I амперметра методом узловых потенциалов.

Исходные данные: Схема электрической цепи,  $E_1=6$  В,  $E_2=2$  В,  $J=0,2$  А,  $R_1=R_2=20$  Ом,  $R_3=40$  Ом.



Пример расчета

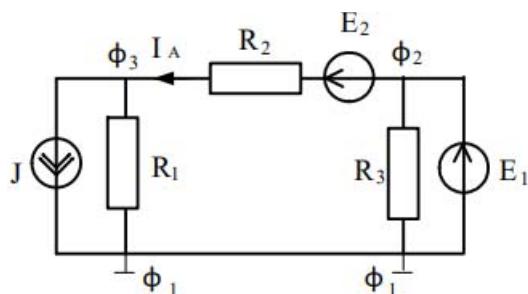
Для схемы с  $n_u$  узлами по методу узловых потенциалов составляется система, содержащая не более  $n_u = n_u - 1$  уравнений, из решения которых определяются потенциалы узлов, а затем по обобщенному закону Ома рассчитываются токи и напряжения в ветвях схемы.

Сначала посмотреть, есть ли в схеме особые ветви – это ветви с нулевым сопротивлением и ЭДС (в данном случае это крайняя правая ветвь с ЭДС  $E_1$ ).

! При наличии особой ветви обязательно нужно заземлить один из узлов этой ветви, причем потенциал этого узла будет равен 0, а потенциал соседнего узла особой ветви так же будет известен и равен  $+E_1$ , если источник направлен в узел – ставим знак «+», если источник направлен от узла – ставим знак «-». Ток в особой ветви определяется по первому закону Кирхгофа.

Сначала направить ток амперметра в любую сторону (в ответе представить только модуль).

Получившаяся схема:



По обобщенному закону Ома определить ток амперметра:

$$I_A = \frac{\varphi_2 - \varphi_3 + E_2}{R_2}.$$

Такие знаки в формуле у потенциалов, т.к. ток течет из потенциала узла 2 в потенциал узла 3 – откуда ток вытекает – оттуда вычитаем, знак «+» у  $E_2$  – т.к. направление ЭДС и тока амперметра совпадает.

Потенциал узла 1 равен 0, т.к. узел 1 заземлен, т.е.  $\varphi_1 = 0$  В.

Потенциал узла 2 известен и равен  $E_1$ , т.к. это особая ветвь, знак «+» перед  $E_1$ , т.к. источник ЭДС направлен в узел 2, т.е.  $\varphi_2 = E_1 = 6$  В.

Необходимо найти потенциал узла 3 и найти ток амперметра:

$$\varphi_3 \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \varphi_2 \cdot \frac{1}{R_2} = -J + \frac{E_2}{R_2}.$$

Такие знаки в формуле, потому что:

1. Перед искомым потенциалом всегда ставится знак «+».
2. В скобках всегда сумма проводимостей ветвей, связанных с искомым потенциалом.
- ! Важно не учитывать проводимости ветвей, содержащих источник тока.
3. Перед соседним потенциалом всегда ставится знак «-».
4. В узловом токе (часть после знака =) ставится знак «+», если источник направлен в искомый узел, ставится знак «-», если направлен от узла.

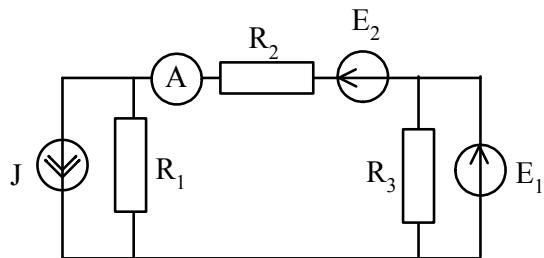
Подставить числовые значения и найти ток.

Ответ:  $I=0,3$  А.

Задача №6

Цель работы: Определить ток I амперметра методом наложения.

Исходные данные: Схема электрической цепи,  $E_1=6$  В,  $E_2=2$  В,  $J=0,2$  А,  $R_1=R_2=20$  Ом,  $R_3=40$  Ом.



Пример расчета

Принцип наложения заключается в том, что ток (напряжение) в любой ветви можно рассматривать как алгебраическую сумму составляющих от действия каждого источника в отдельности.

При этом со знаком "+" пишутся те составляющие, направления которых совпадает с направлением результирующих величин.

! При этом для расчета составляющих токов и напряжений исходная схема разбивается на подсхемы, в каждой из которых действует один источник ЭДС или тока, причем остальные источники ЭДС закорочены, а ветви с остальными источниками тока разорваны.

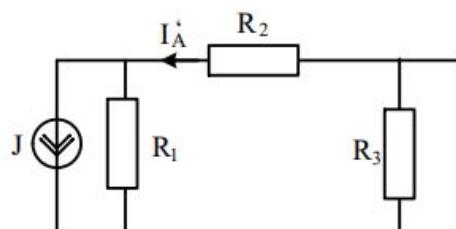
Ток в каждой частичной схеме определяется любым удобным способом.

В данной схеме три источника (два источника ЭДС и один источник тока), значит будет три частичные схемы и соответственно три частичных тока.

Искомый ток – есть алгебраическая сумма всех трех частичных токов (если направление частичного тока не меняется по отношению к искомому току, значит все частичные токи будут со знаком «+»).

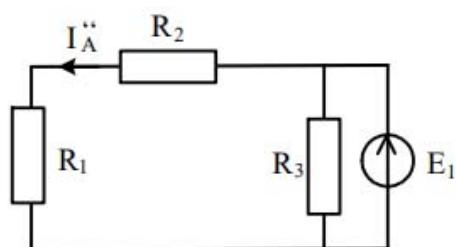
Сначала направить ток амперметра в любую сторону (в ответе представить только модуль).

Получившиеся схемы:



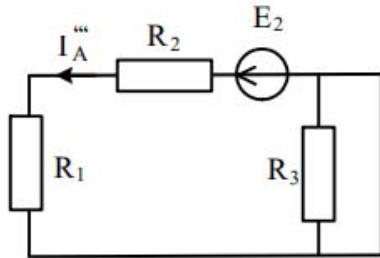
По правилу разброса определить первый частичный ток:

$$I_A' = J \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0,2 \cdot \frac{20}{20+20} = 0,1 \text{ А.}$$



По закону Ома определить второй частичный ток:

$$I_A'' = \frac{E_1}{R_1 + R_2} = \frac{6}{20 + 20} = 0,15 \text{ A.}$$



По закону Ома определить третий частичный ток:

$$I_A''' = \frac{E_2}{R_1 + R_2} = \frac{2}{20 + 20} = 0,05 \text{ A.}$$

Определить искомый ток, как алгебраическую сумму:

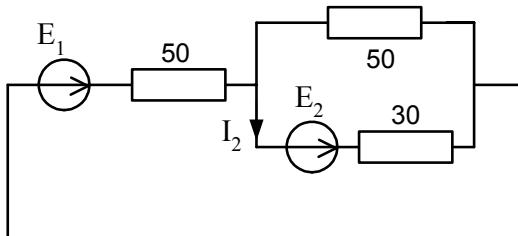
$$I_A = I_A' + I_A'' + I_A''' = 0,1 + 0,15 + 0,05 = 0,3 \text{ A.}$$

Ответ:  $I=0,3 \text{ A.}$

Задача №7

Цель работы: Определить ток  $I_2$  методом эквивалентного генератора.

Исходные данные: Схема электрической цепи,  $E_1=100 \text{ В}$ ,  $E_2=60 \text{ В}$ , сопротивления на схеме даны в Омах.



Пример расчета

Сначала записать общую формулу для тока:

$$I_2 = \frac{U_{xx}}{R_F + R_H} .$$

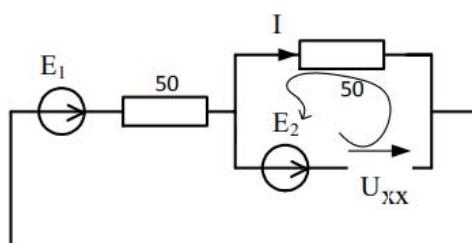
Перерисовать схему – ставить разрыв там, где течет искомый ток – убрать сопротивление нагрузки.

Сопротивление нагрузки – это то сопротивление, через которое течет искомый ток, если его нет – например, нужно найти показание амперметра – то оно равно 0.

Сопротивление нагрузки в данной схеме:

$$R_H = 30 \text{ Ом} .$$

Получившаяся схема:



В схеме направить напряжение холостого хода – направление по току – это напряжение пассивное – пишется до знака равно в уравнении по 2 закону Кирхгофа.

Напряжение  $U_{xx}$  определяется всегда по 2 закону Кирхгофа:

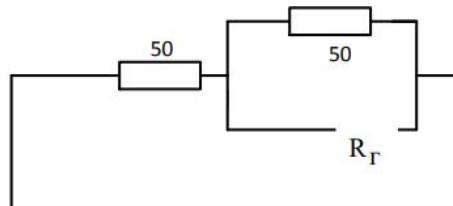
$$U_{xx} - I \cdot 50 = E_2 .$$

Ток  $I$  найти по закону Ома:

$$I = \frac{E_1}{50 + 50} .$$

Теперь нужно определить сопротивление генератора – для этого перерисовать схему – источник ЭДС заменим на закоротку, источник тока – на разрыв (если есть сопротивление в ветви с источником тока – оно не учитывается, его так же убрать).

Получившая схема:



Сопротивление генератора – это эквивалентное сопротивление цепи относительно разрыва (иногда оно может быть равно 0, но тогда в этом случае сопротивление нагрузки точно не будет равно 0).

В данном случае:

$$R_G = \frac{50 \cdot 50}{50 + 50} = 25 \text{ Ом} .$$

Далее подставить числовые значения в формулы и получить ответ.

Ответ:  $I=2 \text{ А}$ .

### ***Методика оценки результатов выполнения***

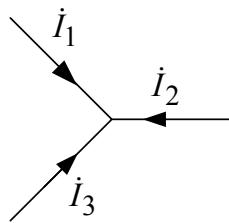
Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,5
Достоверность и полнота решения задачи	2
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,5
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	1

2.3 Зд2 – Практическая работа по расчету линейной электрической цепи синусоидального тока (4 задачи)

Задача №1

Цель работы: Определить ток ветви  $i_3(t)$  для схемы.

Исходные данные: Схема электрической цепи, комплексы действующих значений  $\dot{I}_1 = 3e^{j15^\circ} \text{ А}$ ;  $\dot{I}_2 = 4e^{j-75^\circ} \text{ А}$ .



Пример расчета

По первому закону Кирхгофа написать уравнение в форме комплексов действующих значений:

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$I_3 = -I_2 - I_1$$

Действия с комплексными числами:

1. Переход от алгебраической формы записи к показательной форме

$$a + jb \Rightarrow Fe^{j\alpha}, \text{ где } F = \sqrt{a^2 + b^2}, \alpha = (180^\circ) + \arctg \frac{b}{a}. \text{ При этом}$$

180 градусов учитывается при  $a < 0$ .

2. Переход от показательной формы записи к алгебраической форме

$$Fe^{j\alpha} \Rightarrow a + jb, \text{ где } a = F \cos \alpha, b = F \sin \alpha.$$

Определить ток ветви в алгебраической форме:

$$\begin{aligned} I_3 &= -4e^{j(-75^\circ)} - 3e^{j15^\circ} = -4 \cos(-75^\circ) - j4 \sin(-75^\circ) - 3 \cos(15^\circ) - j3 \sin(15^\circ) = \\ &= -4 \cdot (0,259) - j4 \cdot (-0,966) - 3 \cdot (0,966) - j3 \cdot (0,259) = \\ &= -1,036 + j3,864 - 2,898 - j0,777 = -3,934 + j3,087 \text{ А} \end{aligned}$$

Определить ток ветви в показательной форме:

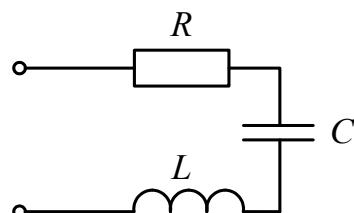
$$\begin{aligned} I_3 &= Ie^{j\varphi} = \sqrt{(-3,934)^2 + (3,087)^2} e^{j(\arctg \frac{3,087}{-3,934}) + 180^\circ} = \\ &= \sqrt{15,476 + 9,529} e^{j(\arctg(-0,785)) + 180^\circ} = \sqrt{25} e^{j(-38^\circ) + 180^\circ} = 5e^{j142^\circ} \text{ А} \end{aligned}$$

Ответ:  $i_3(t) = \sqrt{2} \cdot 5 \cdot \sin(\omega \cdot t + 142^\circ)$  А

Задача №2

Цель работы: Определить полное сопротивление и угол сдвига фаз в цепи с известными параметрами для схемы.

Исходные данные: Схема электрической цепи, параметры  $L = 318,47 \text{ мГн}$ ,  $C = 31,8 \text{ мкФ}$ ,  $R = 100 \Omega$ ,  $f = 50 \text{ Гц}$ .



Пример расчета

Полное сопротивление цепи определить, как сумму всех сопротивлений, сначала посчитать индуктивное и емкостное сопротивления:

$$X_L = 2\pi f L = 100 \Omega, X_C = 2\pi f C = 100 \Omega.$$

Полное сопротивление в показательной форме:

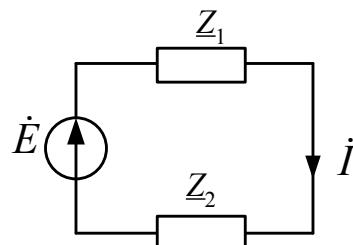
$$Z = R + jX_L - jX_C = 100 \cdot e^{j0^\circ} \Omega.$$

Ответ:  $\underline{Z}=100 \cdot e^{j0^\circ}$  Ом.

Задача №3

Цель работы: Определить в показательной форме действующую в цепи ЭДС  $\dot{E}$ .

Исходные данные: Схема электрической цепи, сопротивления  $\underline{Z}_1 = 10e^{j30^\circ}$  Ом,  $\underline{Z}_2 = 10e^{-j120^\circ}$  Ом, ток  $\dot{I} = 1e^{j10^\circ}$  А.



Пример расчета

Используя теорию выше, пишем закон Ома и считаем:

$$\underline{E} = \underline{I} \cdot (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2).$$

С использованием программы MathCAD.

Источник ЭДС в алгебраической форме:

$$\underline{E} = 4,24 - j2,969 \text{ В.}$$

Источник ЭДС в показательной форме:

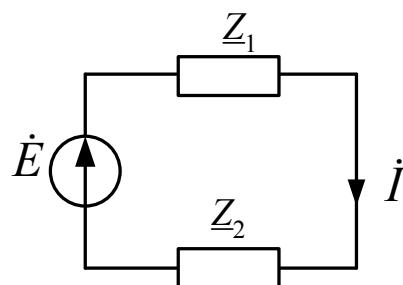
$$\underline{E} = 5,176e^{-j35^\circ} \text{ В.}$$

Ответ:  $\underline{E} = 5,176e^{-j35^\circ}$  В.

Задача №4

Цель работы: Определить активную ( $P$ ), реактивную ( $Q$ ) и полную ( $S$ ) мощности для схемы.

Исходные данные: Схема электрической цепи, сопротивления  $\underline{Z}_1 = 10e^{j30^\circ}$  Ом,  $\underline{Z}_2 = 10e^{-j120^\circ}$  Ом, ток  $\dot{I} = 1e^{j10^\circ}$  А, источник ЭДС  $\underline{E} = 5,176e^{-j35^\circ}$  В.



Пример расчета

Формула полной мощности:

$$S = \underline{E} \cdot \underline{I}^* = P + jQ, \text{ где } \underline{I}^* \text{ – сопряженное значение тока.}$$

С использованием программы MathCAD:

Полная мощность в алгебраической форме:

$$S = 3,66 - j3,66 \text{ ВА.}$$

Активная вырабатываемая мощность:

$$P = \text{Re}(S) = 3,66 \text{ Вт.}$$

Реактивная вырабатываемая мощность:

$$Q = \text{Im}(S) = -3,66 \text{ Вар.}$$

Ответ:  $P = 3,66$  Вт,  $Q = -3,66$  Вар,  $S = 3,66 - j3,66$  ВА.

### *Методика оценки результатов выполнения*

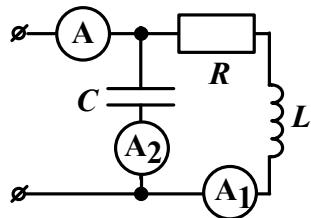
Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,5
Достоверность и полнота решения задачи	2
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,5
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	1

2.4 Зд3 – Практическая работа по расчету резонансной линейной электрической цепи (2 задачи)

#### Задача №1

Цель работы: Определить при помощи векторной диаграммы показание амперметра  $I_{A1}$ .

Исходные данные: Схема электрической цепи, показания амперметров  $I_A=4$  (А),  $I_{A2}=3$  (А).



#### Пример расчета

Во всех задачах нужно построить диаграмму таким образом, чтобы получился прямоугольный треугольник, где стороны треугольника будут показания амперметров (или вольтметров). Чтобы найти показание амперметра (или вольтметра) нужно использовать теорему Пифагора: сумма квадратов длин катетов равна квадрату длины гипотенузы.

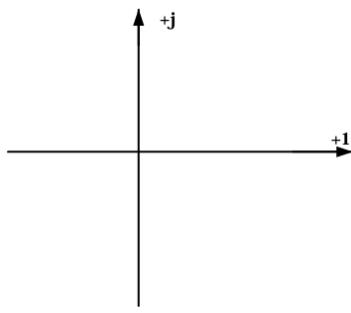
Сначала нужно определить, какой это вид резонанса – в данном случае – резонанс токов, т.к.  $L$  и  $C$  соединены параллельно.

Из определения резонанса:

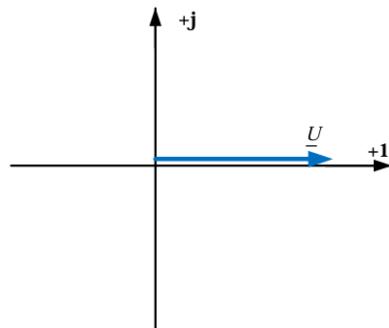
Резонанс – это такой режим пассивной цепи, содержащей емкости и индуктивности, при котором входные ток и напряжение совпадают по фазе. Здесь нужно использовать именно это условие (для любого резонанса и любой схемы). Так же необходимо вспомнить «Символический метод», а именно, как ведут себя вектора напряжений и токов для различных пассивных элементов на комплексной плоскости:

- На комплексной плоскости вектор напряжения резистивного элемента совпадает по направлению с вектором своего тока.
- На комплексной плоскости вектор напряжения индуктивного элемента опережает по направлению вектора своего тока на 90 градусов.
- На комплексной плоскости вектор напряжения емкостного элемента отстает по направлению от вектора своего тока на 90 градусов.

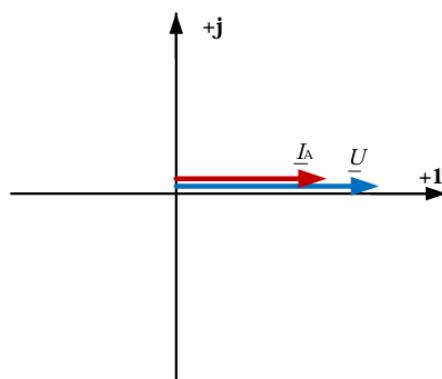
Построим комплексную плоскость:



Далее, принять фазу входного напряжения 0 градусов, построить произвольно вектор входного напряжения:



Из определения резонанса построить вектор входного тока, в данном случае модуль входного тока показывает амперметр «А»,  $I_A=4$  (А):

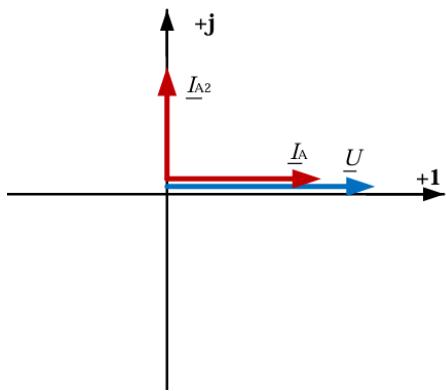


Далее записать 1 закон Кирхгофа для заданной схемы:

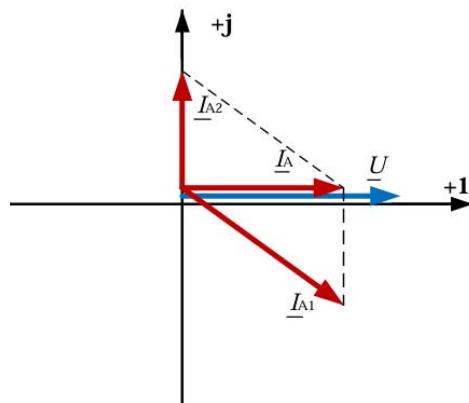
$$I_A = I_{A1} + I_{A2}.$$

Направления токов на схеме не задано, но по правилу разброса, если в узле три ветви, один ток входит в узел – два других выходят.

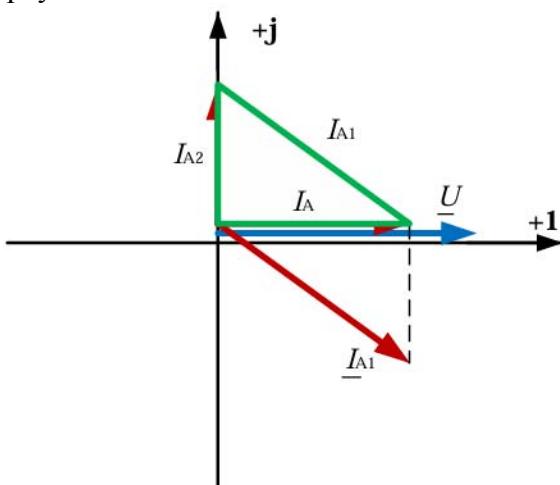
Далее нужно построить известный ток  $I_{A2}$ , т.к. напряжения в параллельных ветвях одинаковы, значит входное напряжение будет равно напряжению на емкости и на катушке, поэтому ток  $I_{A2}$  будет опережать напряжение на 90 градусов, в данном случае модуль тока через емкость показывает амперметр «А2»,  $I_{A2}=3$  (А):



Осталось построить последний вектор – ток  $I_{A1}$ , т.к. у задана катушка, а не индуктивность, значит ток  $I_{A1}$  будет отставать на угол, отличный от 90 градусов, модуль тока через катушку показывает амперметр «A1». По 1 закону Кирхгофа и правилу параллелограмма – уже построенный вектор тока  $I_A$  будет являться диагональю параллелограмма, т.о. получится:



Получен прямоугольный треугольник:



Две стороны треугольника известны, найти третью сторону – в данном случае гипотенузу, записать формулу по теореме Пифагора:

$$I_{A1}^2 = I_{A2}^2 + I_A^2.$$

Найти показание амперметра «A1», т.е. модуль тока  $I_{A1}$ :

$$I_{A1} = \sqrt{I_{A2}^2 + I_A^2}.$$

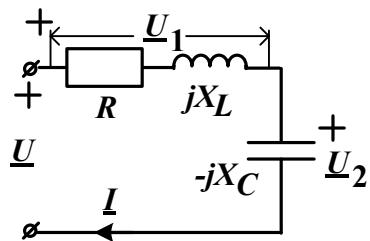
Подставить значения в формулу, записать окончательный ответ.

Ответ:  $I_{A1} = 5 \text{ A}$ .

Задача №2

Цель работы: Определить в показательной форме комплексный коэффициент  $K = \frac{U_1}{U}$ .

Исходные данные: Схема электрической цепи, добротность контура  $q = \sqrt{3}$ .



Пример расчета

Сначала нужно определить вид резонанса, в данном случае – это резонанс напряжений. Далее по виду резонанса определить условие резонанса, в данном случае – это  $X_L = X_C$ .

Из условия, что задана добротность контура, определить  $X_L = \sqrt{3} R$ , т.к.  $q = X_L/R$ .

Далее написать формулы для  $U_1$  и  $U$  в общем виде:

$$U_1 = I \cdot (R + jX_L); \quad U = I \cdot R.$$

! Смысл задачи в каждом варианте в том, чтобы все неизвестные сократились и остались только коэффициенты.

С использованием программы MathCAD:

$$K = \frac{U_1}{U} = \frac{I \cdot (R + i \cdot XL)}{I \cdot R} = \frac{R + i \cdot XL}{R} = \frac{R + i \cdot \sqrt{3} \cdot R}{R} = \frac{R \cdot (1 + i \cdot \sqrt{3})}{R \cdot 1} = \frac{1 + i \cdot \sqrt{3}}{1}$$

Найти модуль:

$$|1 + i \cdot \sqrt{3}| = 2$$

Найти фазу:

$$\frac{\arg(1 + i \cdot \sqrt{3})}{\text{deg}} = 60$$

Ответ:  $K = 2e^{j60}$ .

### Методика оценки результатов выполнения

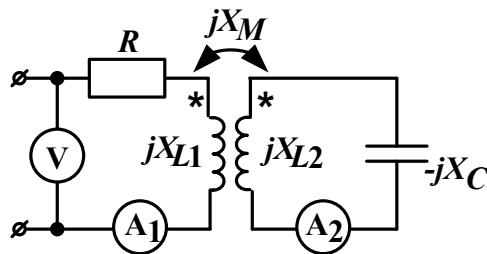
Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,25
Достоверность и полнота решения задачи	1
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,25
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	0,5

2.5 Зд4 – Практическая работа по расчету линейной электрической цепи с индуктивно-связанными катушками (2 задачи)

Задача 1

Цель работы: Определить показание амперметра  $I_{A2}$ .

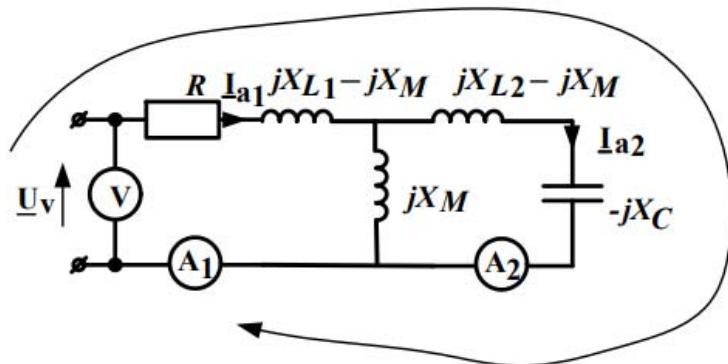
Исходные данные: Схема электрической цепи, показания приборов  $I_{A1}=0$  (А);  $U_V=100$  (В), параметры  $R=X_{L1}=X_{L2}=X_M=10$  (Ом).



Пример расчета

! Сначала нужно сделать развязку индуктивной связи.

Схема после развязки:



! Смысл задачи в том, что здесь резонанс будет проявляться иначе – входное сопротивление схемы может быть равно бесконечности, а входной ток может быть равен 0. Условие резонанса здесь никак не пригодится.

Написать второй закон Кирхгофа для внешнего контура:

$$U_V = I_{A1} \cdot (R + jX_{L1} - jX_m) + I_{A2} \cdot (jX_{L2} - jX_m - jX_C)$$

Чтобы найти показание амперметра  $I_{A2}$ , нужно определить  $X_C$ .

Т.к. входной ток равен 0, значит входное сопротивление схемы равно бесконечности. Чтобы сопротивление было равно бесконечности, знаменатель должен быть равен 0, из этого условия найдем  $X_C$ .

С использованием программы MathCAD:

$$Z = R + i \cdot X_{L1} - i \cdot X_m + \frac{i \cdot X_m (i \cdot X_{L2} - i \cdot X_m - i \cdot X_c)}{i \cdot X_m + i \cdot X_{L2} - i \cdot X_m - i \cdot X_c}$$

Приравнять знаменатель к 0:

$$i \cdot X_m + i \cdot X_{L2} - i \cdot X_m - i \cdot X_c = 0$$

Выразить сопротивление  $X_C$ :

$$X_c = X_m + X_{L2} - X_m = X_{L2}$$

Показание амперметра:

$$I_{A2} = \frac{U_V}{|i \cdot X_{L2} - i \cdot X_m - i \cdot X_c|} = \frac{U_V}{|-i \cdot X_m|} = \frac{U_V}{X_m} = \frac{100}{10} = 10$$

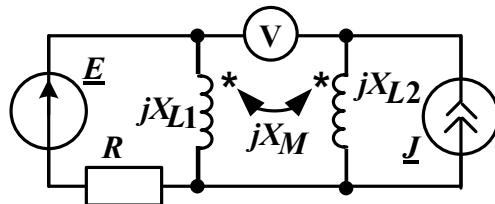
Ответ:  $I_{A2}=10$  А.

Задача 2

Цель работы: Определить показание вольтметра  $U_V$  не исключая индуктивной связи.

Исходные данные: Схема электрической цепи, параметры  $E = 50e^{-j90}$  (В);  $J = 3e^{j90}$  (А);

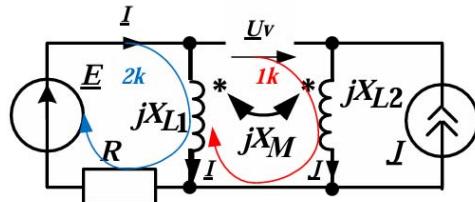
$$R = X_{L1} = 20 \text{ (Ом)}; X_{L2} = X_M = 10 \text{ (Ом)}.$$



Пример расчета

Сделать разрыв, где вольтметр, направить напряжение  $\underline{U}_V$  в любую сторону – вольтметр показывает модуль действующего значения, сначала найти комплексное напряжение в показательной форме  $\underline{U}_V = U_V \cdot e^{j\varphi}$ , затем в ответе написать только модуль.

Направить токи в новой схеме с разрывом, ток через источник ЭДС направить по направлению с ЭДС – в схеме всего два тока  $\underline{J}$  и  $\underline{I}$  (через источник ЭДС).



Перед тем, как написать уравнение – определить включение – в данном случае – включение согласное, т.к. оба тока входят в зажимы (\*), т.е. оба тока ориентированы одинаковым образом относительно одноименных зажимов, поэтому напряжение  $\underline{U}_M$  будет со знаком «+». По второму закону Кирхгофа для контура  $1k$  записать уравнение для  $\underline{U}_V$ :

$$\underline{U}_V + \underline{J} \cdot jX_{L2} + \underline{I} \cdot jX_M - (\underline{I} \cdot jX_{L1} + \underline{J} \cdot jX_M) = 0$$

По второму закону Кирхгофа для контура  $2k$  записать уравнение для  $\underline{I}$ :

$$\underline{I} \cdot (R + jX_{L1}) + \underline{J} \cdot jX_M = \underline{E}$$

Подставить численные значения, получить окончательный результат.

Ответ:  $U_V = 20$  В.

### Методика оценки результатов выполнения

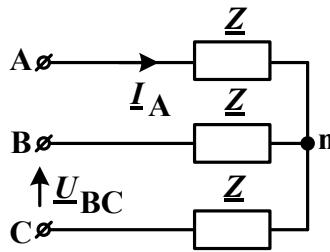
Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,25
Достоверность и полнота решения задачи	1
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,25
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	0,5

2.6 Зд5 – Практическая работа по расчету трехфазной линейной электрической цепи (2 задачи)

Задача №1

Цель работы: Определить в показательной форме напряжение  $\underline{U}_{BC}$  симметричного трехфазного источника.

Исходные данные: Схема электрической цепи, сопротивление  $Z = 300$  (Ом), ток  $\underline{I}_A = 0,733e^{j90}$  (А).



Пример расчета

Для решения задачи в каждом варианте независимо от типа соединения нагрузки («звезда» / треугольник) необходимо три действия (нужно выбрать правильные три формулы).

При оформлении обязательно писать пояснения (тип соединения нагрузки, закон/метод для нахождения токов и напряжений и т.д.), указывать комплексы и единицы измерения.

В данном случае соединение нагрузки «звезда». Т.к. известен линейный ток, который равен фазному току, сначала по закону Ома найти фазное напряжение фазы А, т.к. известен ток для фазы А:

$$U_A = I_A \cdot Z.$$

Далее используя связь между фазным и линейным напряжением для симметричного режима, найти линейное напряжение между фазами А и В:

$$U_{AB} = \sqrt{3} \cdot U_A \cdot e^{j30^\circ}.$$

Далее через фазовый оператор (т.к. задан симметричный режим) найти необходимое линейное напряжение между фазами В и С:

$$U_{BC} = a^2 \cdot U_{AB}, \text{ где } a^2 = e^{j(-120^\circ)}.$$

Здесь  $a$  – фазовый оператор, равный:

$$a = e^{j120^\circ}, a^2 = e^{j(-120^\circ)}.$$

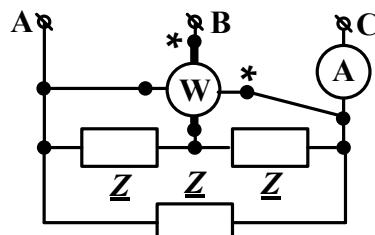
Ответ представить в показательной форме.

Ответ:  $U_{BC} = 380e^{j0}$  В.

Задача №2

Цель работы: Определить показание ваттметра  $P_w$ .

Исходные данные: Схема электрической цепи, сопротивление  $Z = j200$  (Ом) и показание амперметра  $I = 1,9$  (А). Трехфазный источник симметричен.



Пример расчета

Для решения задачи сначала нужно правильно написать формулу для  $P_w$ .

В данном случае формула будет:

$$P_w = U_{CA} \cdot I_B \cdot \cos(\varphi_{U_{CA}} - \varphi_{I_B}), \text{ где } U_{CA}, I_B \text{ – модули.}$$

На какой фазе находится ваттметр, тот ток и будет, чтобы определить, какое будет напряжение, нужно смотреть на звездочку (\*), к какой фазе она привязана – мысленно

опустить ее на провод, к какой фазе она ушла, та и будет первая буква в индексе у напряжения.

Важно: т.к. в данной задаче (и во всех вариантах) задано только показание амперметра (или вольтметра), не известна фаза, поэтому обязательно самим принять фазу тока (напряжения) фазы А за 0 градусов, так же и для тока (напряжения) между фазами АВ.

Остальные токи (напряжения) найти через фазовый оператор по известным формулам, т.к. симметричный режим.

$$\underline{I}_A = I_A \cdot e^{j0^\circ}; \underline{I}_{AB} = I_{AB} \cdot e^{j0^\circ}; \underline{U}_A = U_A \cdot e^{j0^\circ}; \underline{U}_{AB} = U_{AB} \cdot e^{j0^\circ}.$$

При оформлении обязательно писать пояснения (тип соединения нагрузки, закон/метод для нахождения токов и напряжений и т.д.), указывать комплексы и единицы измерения.

В данном случае соединение нагрузки «треугольник». Т.к. известно показание амперметра линейного тока в фазе С и задан симметричный режим, значит известен модуль тока в каждой фазе, найти фазу для необходимого тока фазы В:

$$\underline{I}_A = I_A \cdot e^{j0^\circ}; I_A = I; \underline{I}_B = a^2 \cdot \underline{I}_A.$$

Теперь нужно найти линейное напряжение  $\underline{U}_{CA}$ , которое равно фазному, т.к. соединение нагрузки – «треугольник», для этого сначала найти линейный ток  $\underline{I}_C$  через фазовый оператор, затем через известную формулу связи между линейным и фазным током – найти фазный ток  $\underline{I}_{CA}$ , далее по закону Ома найти необходимое напряжение  $\underline{U}_{CA}$ .

Необходимые формулы:

$$\underline{I}_C = a \cdot \underline{I}_A; \underline{I}_C = \sqrt{3} \cdot \underline{I}_{CA} \cdot e^{j(-30^\circ)}; \underline{U}_{CA} = \underline{I}_{CA} \cdot \underline{Z}.$$

Показание ваттметра может быть, как положительным, так и отрицательным числом.

Подставить численные значения.

Ответ:  $P_w = 418$  Вт.

### **Методика оценки результатов выполнения**

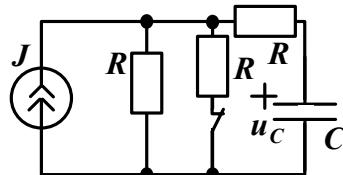
Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,25
Достоверность и полнота решения задачи	1
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,25
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	0,5

2.7 Зд6 – Практическая работа по расчету переходных процессов в линейной электрической цепи (1 задача)

Задача №1

Цель работы: Определить классическим методом напряжение  $u_C(t)$ .

Исходные данные: Схема электрической цепи, параметры  $J=2$  (А);  $C=50$  (мкФ);  $R=50$  (Ом).

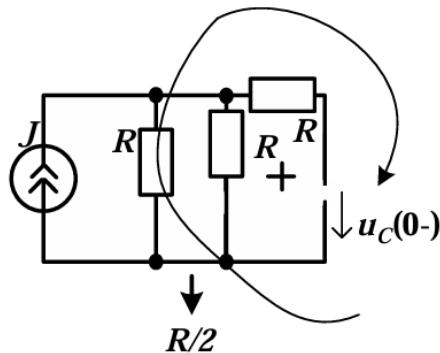


Пример расчета

Общее решение записывается в виде:  $u_C(t) = B \cdot e^{pt} + u_{C\text{спр}}$ .

Использовать алгоритм:

а) Определить ННУ, схема до коммутации, емкость – разрыв.

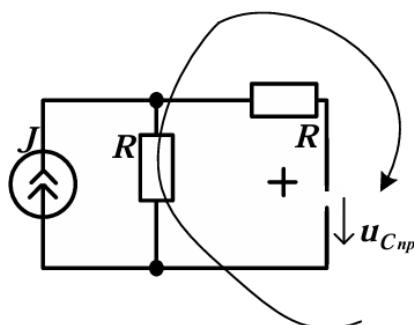


Используя 2 закон Кирхгофа для напряжения:

$$u_C(0-) = J \cdot \frac{R}{2}.$$

б) Определить ЗНУ, схема после коммутации, емкость – источник ЭДС, направлен ЕДС, равный  $u_C(0-)$ , направлен навстречу току. По 2 закону коммутации:  $u_C(0-) = u_C(0+)$ .

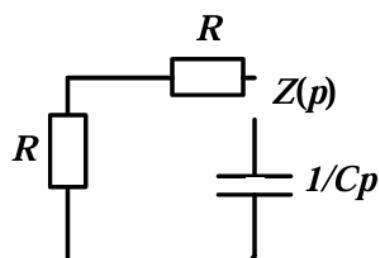
в) Принужденные составляющие, схема после коммутации, емкость – разрыв.



Используя 2 закон Кирхгофа для напряжения:

$$u_{Cnp} = J \cdot R.$$

г) Корень  $p$ , схема после коммутации, емкость –  $1/Cp$ , источник тока – разрыв.



Корень характеристического уравнения найти, как эквивалентное сопротивление относительно разрыва:

$$Z(p) = \frac{1}{Cp} + 2R = 0.$$

д) Постоянная интегрирования,  $B = u_C(0+) - u_{Cnp}$ .

Подставить численный ответы в общую формулу и записать окончательный результат.

Ответ:  $u_C(t) = -50 \cdot e^{-200t} + 100$  В.

#### *Методика оценки результатов выполнения*

Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	0,25
Достоверность и полнота решения задачи	1
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	0,25
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	0,5

2.8 РГЗ1 – Расчетно-графическое задание состоит из трех частей.

Первые две части «Линейные электрические цепи с постоянными напряжениями и токами» и «Линейные электрические цепи с гармоническими напряжениями и токами» выполняются согласно учебному пособию: Носов Г.В., Кулешова Е.О., Колчанова В.А. Теоретические основы электротехники. Часть 1: учебное пособие, Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 216 с., ссылка на пособие: [https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya\\_rabota/Tab1/Tab/TOE1.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya_rabota/Tab1/Tab/TOE1.pdf) (стр. 154 и 177 соответственно).

Третья часть «Расчет переходных процессов в линейных электрических цепях» выполняется согласно учебному пособию: Носов Г.В., Колчанова В.А., Кулешова Е.О. Теоретические основы электротехники. Часть 2: учебное пособие, Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 202 с., ссылка на пособие: [https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya\\_rabota/Tab1/Tab/TOE2.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VOV/uchebnaya_rabota/Tab1/Tab/TOE2.pdf) (стр. 130).

#### *Методика оценки результатов выполнения*

Критерии	Оценка, балл
Умение применять известные формулы	3
Достоверность и полнота решения задачи	10
Грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	4
Своевременность выполнения домашних заданий в течение семестра	3

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА АТТЕСТАЦИИ РАЗДЕЛА (РУБЕЖНЫЙ КОНТРОЛЬ)**

Не предусмотрено рабочей программой.

### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

4.1 Комплект материалов для оценивания зачета по дисциплине «Теоретические основы электротехники»

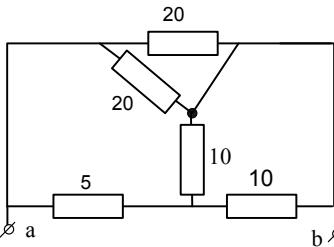
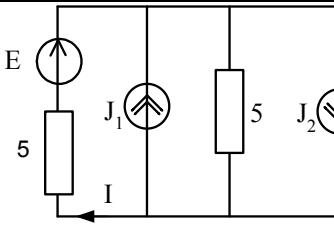
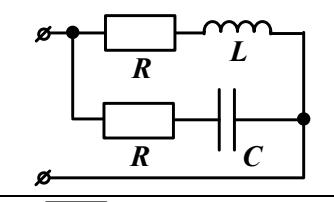
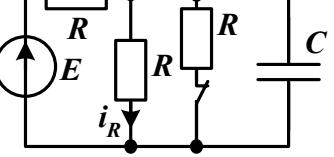
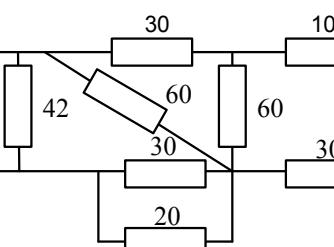
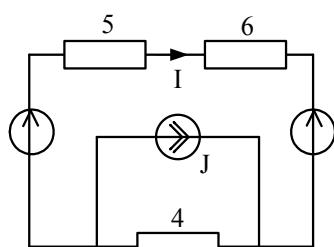
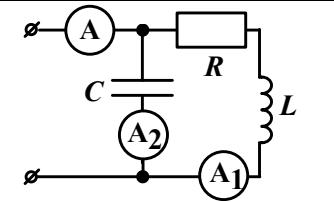
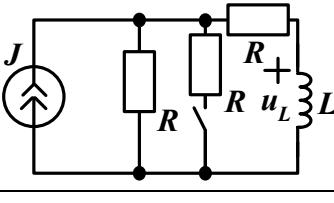
Зачет проводится в письменной форме в виде решения задач с последующим собеседованием со студентом.

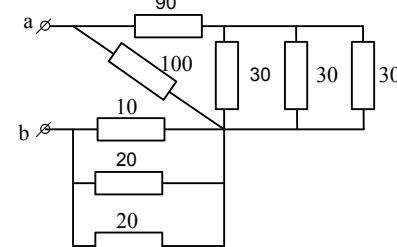
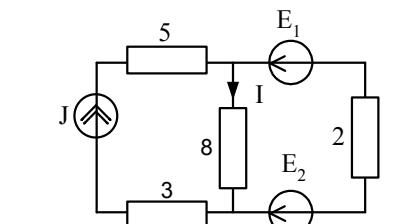
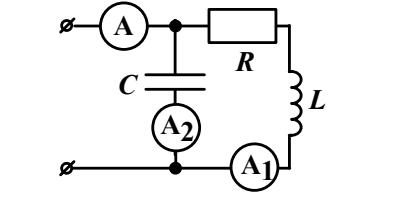
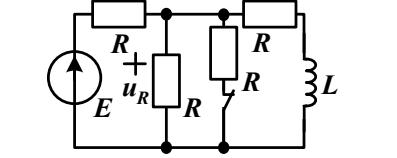
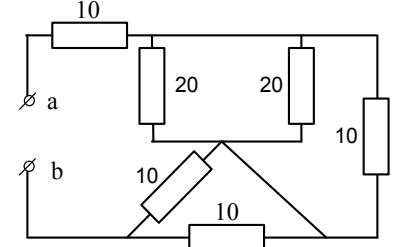
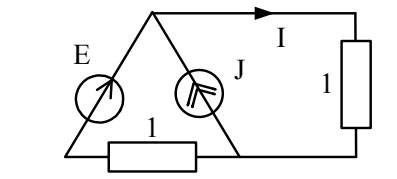
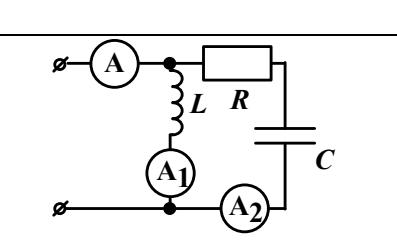
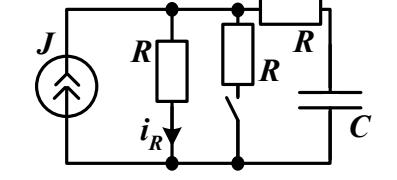
**Перечень задач, выносимых на зачет**

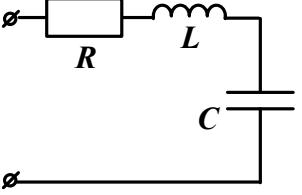
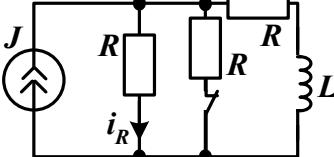
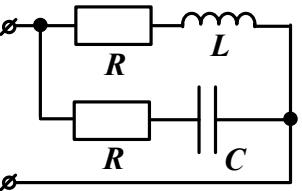
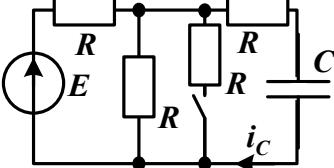
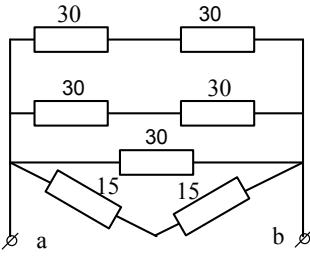
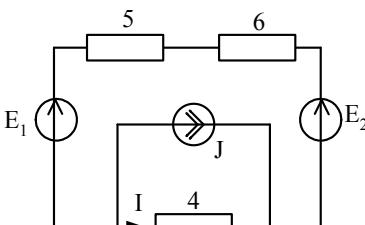
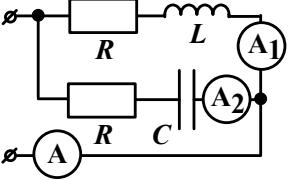
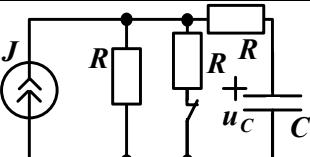
№	Задача	
1	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если $R = 10 \text{ Ом}$ .	
2	Определить ток I методом контурных токов, если $J=10 \text{ A}$ , $E=100 \text{ В}$ , сопротивления на схеме даны в Омах.	
3	Известны показания амперметров: $I_A=4 \text{ (A)}$ ; $I_{A2}=3 \text{ (A)}$ . При помощи векторной диаграммы определить показание амперметра $I_{A1}$ .	
4	Дано: $J=1 \text{ (A)}$ ; $C=200 \text{ (мкФ)}$ ; $R=100 \text{ (Ом)}$ . Определить $i_C(t)$ классическим методом.	
5	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
6	Определить ток I методом контурных токов, если $J_1=100 \text{ mA}$ , $J_2=50 \text{ mA}$ , сопротивления на схеме даны в Омах.	
7	Известны показания вольтметров: $U_{V1}=50 \text{ (В)}$ ; $U_{V2}=40 \text{ (В)}$ . При помощи векторной диаграммы определить показание вольтметра $U_V$ .	

8	Дано: $J=1$ (А); $L=200$ (мГн); $R=200$ (Ом). Определить $i_L(t)$ классическим методом.	
9	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
10	Определить показание идеального вольтметра методом контурных токов, если $J=10$ А, $E=300$ В, $R_1=20$ Ом, $R_2=30$ Ом.	
11	Определить величину индуктивности $L$ (мГн), если $C=100$ (мкФ), $R=5$ (Ом), $\omega=1000$ (п/с).	
12	Дано: $E=200$ (В); $C=200$ (мкФ); $R=100$ (Ом). Определить $u_C(t)$ классическим методом.	
13	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
14	Определить ток $I$ методом контурных токов, если $J=10$ А, $E=10$ В, $R=10$ Ом.	
15	Определить угловую частоту $\omega$ (п/с), если $C=10$ (мкФ), $R=10$ (Ом), $L=5$ (мГн).	
16	Дано: $J=4$ (А); $C=100$ (мкФ); $R=200$ (Ом). Определить $i_R(t)$ классическим методом.	

17	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
18	Определить ток $I_1$ методом контурных токов, если $J_1=100$ мА, $J_2=50$ мА, $R_1=20$ Ом, $R_2=50$ Ом, $R_3=30$ Ом.	
19	Определить величину индуктивности $L$ (мГн), если известны характеристическое сопротивление $\rho=10$ (Ом) и $\omega=1000$ (рад/с).	
20	Дано: $E=100$ (В); $C=200$ ( $\mu$ Ф); $R=100$ (Ом). Определить $u_C(t)$ классическим методом.	
21	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
22	Определить ток $I$ методом контурных токов, если $J=2$ А, $E_1=4$ В, $E_2=6$ В.	
23	Определить угловую частоту $\omega$ (рад/с), если $C=2,5$ ( $\mu$ Ф), $L=4$ (мГн).	
24	Дано: $J=2$ (А); $C=100$ ( $\mu$ Ф); $R=200$ (Ом). Определить $i_R(t)$ классическим методом.	

25	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
26	Определить ток I методом контурных токов, если $J_1=20 \text{ A}$ , $J_2=10 \text{ A}$ , $E=10 \text{ В}$ .	
27	Определить величину сопротивления $R$ (Ом), если $L=10 \text{ (мГн)}$ , $C=1 \text{ (мкФ)}$ , $\omega=1000 \text{ (п/с)}$ .	
28	Дано: $E=100 \text{ (В)}$ ; $C=300 \text{ (мкФ)}$ ; $R=50 \text{ (Ом)}$ . Определить $i_R(t)$ классическим методом.	
29	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
30	Определить ток I методом контурных токов, если $J = 10 \text{ A}$ , $E_1 = 120 \text{ В}$ , $E_2 = 20 \text{ В}$ .	
31	Известны показания амперметров: $I_{A1}=10 \text{ (А)}$ ; $I_{A2}=8 \text{ (А)}$ . При помощи векторной диаграммы определить показание амперметра $I_A$ .	
32	Дано: $J=1 \text{ (А)}$ ; $L=100 \text{ (мГн)}$ ; $R=200 \text{ (Ом)}$ . Определить $u_L(t)$ классическим методом.	

33	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
34	Определить ток I методом контурных токов, если $J = 1\text{ A}$ , $E_1 = 70\text{ V}$ , $E_2 = 22\text{ V}$ .	
35	Известны показания амперметров: $I_{A1}=15\text{ (A)}$ ; $I_A=12\text{ (A)}$ . При помощи векторной диаграммы определить показание амперметра $I_{A2}$ .	
36	Дано: $E=100\text{ (B)}$ ; $L=300\text{ (мГн)}$ ; $R=100\text{ (Ом)}$ . Определить $u_R(t)$ классическим методом.	
37	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
38	Определить ток I методом контурных токов, если $J = 6\text{ A}$ , $E = 12\text{ V}$ , сопротивления на схеме заданы в Омах.	
39	Известны показания амперметров: $I_{A1}=6\text{ (A)}$ ; $I_A=8\text{ (A)}$ . При помощи векторной диаграммы определить показание амперметра $I_{A2}$ .	
40	Дано: $J=3\text{ (A)}$ ; $C=400\text{ (мкФ)}$ ; $R=100\text{ (Ом)}$ . Определить $i_R(t)$ классическим методом.	

42	Определить угловую частоту $\omega$ (п/с), если известны $L = 5$ (мГн), $R = 10$ (Ом) и добротность контура $q = 2$ .	
43	Дано: $J = 2$ (А); $L = 300$ (мГн); $R = 100$ (Ом). Определить $i_R(t)$ классическим методом.	
45	Определить величину индуктивности $L$ (мГн), если $R = 50$ (Ом), $C = 10$ (мкФ), $\omega = 2000$ (п/с).	
46	Дано: $E = 200$ (В); $C = 300$ (мкФ); $R = 50$ (Ом). Определить $i_C(t)$ классическим методом.	
47	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.	
48	Определить ток $I$ методом контурных токов, если $J = 10$ А, $E_1 = 120$ В, $E_2 = 20$ В.	
49	Определить при помощи векторной диаграммы показание амперметра $I_A$ , если известны показания амперметров: $I_{A1} = 2$ (А); $I_{A2} = 2$ (А).	
50	Дано: $J = 2$ (А); $C = 50$ (мкФ); $R = 50$ (Ом). Определить $u_C(t)$ классическим методом.	

## **Список дополнительных вопросов, выносимых на зачет**

- 1 Параметры и элементы схем замещения электрических цепей.
- 2 Основные законы электрических цепей.
- 3 Законы Кирхгофа и их применение для расчета установившегося режима линейных резистивных электрических цепей.
- 4 Символический метод расчета установившегося режима линейных электрических цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами.
- 5 Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.
- 6 Активная, реактивная и полная мощности при гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах. Коэффициент мощности.
- 7 Сущность и применение метода контурных токов при постоянных и гармонических (синусоидальных) токах.
- 8 Сущность и применение метода узловых потенциалов (напряжений) при постоянных и гармонических (синусоидальных) токах.
- 9 Сущность и применение метода наложения при постоянных и гармонических (синусоидальных) токах.
- 10 Сущность и применение метода эквивалентного генератора (источника, активного двухполюсника) при постоянных и гармонических (синусоидальных) токах.
- 11 Согласное и встречное включение индуктивно связанных элементов.
- 12 Развязка индуктивной связи.
- 13 Расчет схем замещения линейных электрических цепей с индуктивно связанными элементами и гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами.
- 14 Основные параметры и уравнения двухобмоточного трансформатора в линейном режиме (воздушного трансформатора).
- 15 Закон сохранения энергии для электрической цепи. Балансы мощностей при постоянных и гармонических (синусоидальных) напряжениях и токах.
- 16 Потенциальная диаграмма при постоянных токах. Лучевые и топографические векторные диаграммы при гармонических (синусоидальных) токах и напряжениях.
- 17 Резонансные явления в линейных электрических цепях.
- 18 Расчет симметричного режима линейных трехфазных цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами.
- 19 Расчет несимметричного режима линейных трехфазных цепей с гармоническими (синусоидальными) напряжениями и токами.
- 20 Измерение мощности в трехфазных цепях.
- 21 Круговое вращающееся магнитное поле трехфазного тока и принцип действия асинхронного двигателя.
- 22 Сущность и применение метода симметричных составляющих для расчета динамических трехфазных цепей с местной несимметрией.
- 23 Особенности существования в трехфазных цепях составляющих напряжений и токов нулевой последовательности.
- 24 Представление периодических негармонических (несинусоидальных) напряжений и токов тригонометрическим рядом Фурье. Действующие значения периодических напряжений и токов.
- 25 Активная, реактивная и полная мощности при периодических негармонических (несинусоидальных) напряжениях и токах.
- 26 Особенности расчета линейных цепей с периодическими негармоническими (несинусоидальными) напряжениями и токами.
- 27 Резонансные явления в линейных цепях при периодических негармонических (несинусоидальных) напряжениях и токах.
- 28 Высшие гармоники в трехфазных цепях.
- 29 Основные уравнения и параметры четырехполюсников в линейном режиме.

**Пример билета для зачета**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
Северский технологический институт – филиал НИЯУ МИФИ  
(СТИ НИЯУ МИФИ)

Утверждаю

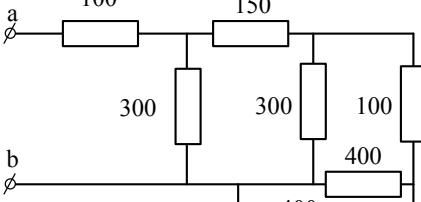
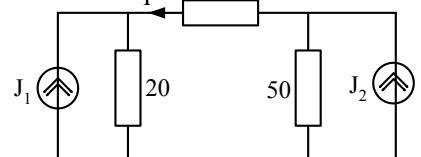
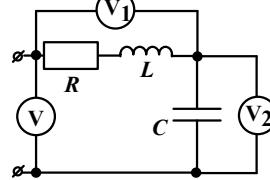
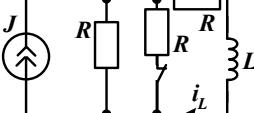
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

«\_\_\_\_\_» 20\_\_ г.

**БИЛЕТ № 1**

По дисциплине Теоретические основы электротехники

Специальность Разработка роботизированных систем для атомной промышленности  
Курс II Группа \_\_\_\_\_

№	Задача		Балл
1	Найти эквивалентное сопротивление цепи относительно зажимов «ab», если значения сопротивлений на схеме даны в Омах.		8
2	Определить ток I методом контурных токов, если $J_1=100$ мА, $J_2=50$ мА, сопротивления на схеме даны в Омах.		8
3	Известны показания вольтметров: $U_{V1}=50$ (В); $U_{V2}=40$ (В). При помощи векторной диаграммы определить показание вольтметра $U_V$ .		8
4	Дано: $J=1$ (А); $L=200$ (мГн); $R=200$ (Ом). Определить $i_L(t)$ классическим методом.		16

Составил \_\_\_\_\_ О.В. Сапугольцева

**Методика оценки результатов собеседования на зачете**

Критерии	Оценка, балл
умение применять известные формулы	10
достоверность и полнота решения задачи	20
техническая грамотность и аккуратность при оформлении решений задач	10

## 5 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ (ЧАСТИ КОМПЕТЕНЦИИ)

5.1 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции (части компетенции) по дисциплине «Теоретические основы электротехники».

5.1.1 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции **ОПК-1** «Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности».

1. В каких единицах измеряется полная мощность?

- 1) Ампер.
- 2) Ватт.
- 3) ВАр.
- 4) ВА.

2. Как изменится ток в цепи, если увеличится напряжение, при неизменном сопротивлении?

- 1) Уменьшится.
- 2) Увеличится.
- 3) Не изменится.
- 4) Будет колебаться.

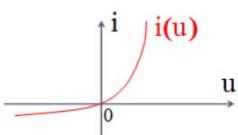
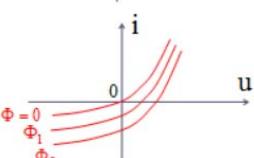
3. Определите эквивалентную ёмкость параллельно соединенных конденсаторов, если  $C_1 = C_2 = 50 \text{ мкФ}$ :

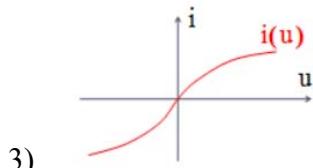
- 1) 50 мкФ.
- 2) 100 мкФ.
- 3) 25 мкФ.
- 4) 75 мкФ.

4. Установите соответствие между характеристикой и выражением:

- |                                    |                             |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1) $\frac{1}{L} \cdot \int U(t)dt$ | a) ток емкости              |
| 2) $C \cdot \frac{du(t)}{dt}$      | b) напряжение индуктивности |
| 3) $\frac{u(t)}{R}$                | c) ток индуктивности        |
| 4) $L \cdot \frac{di(t)}{dt}$      | d) ток резистора            |

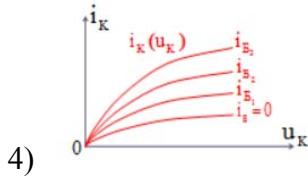
5. Установите правильное соответствие:

- 1)  a) несимметричная ВАХ
- 2)  б) симметричная ВАХ



3)

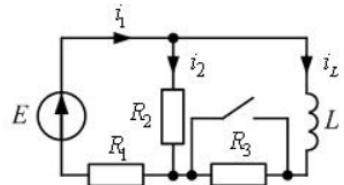
в) семейство ВАХ



4)

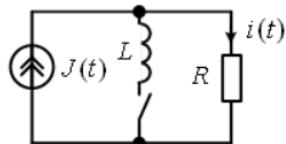
6. Как изменится сопротивление резистора, если увеличить протекающий через него ток?
  7. Как называется место соединения трёх ветвей и более?
  8. Как вычисляется общее сопротивление электрической цепи, состоящее из трёх резисторов, соединенных параллельно?
  9. Как называется разность потенциалов между двумя точками цепи?
  10. Определите мощность, потребляемую резистором с сопротивлением  $R=4 \text{ Ом}$ , если входное напряжение  $U=12 \text{ В}$  для схемы:
- 
11. Определите энергию, запасаемую индуктивным элементом, если величина  $L=5 \text{ мГн}$ , ток  $i_L=2 \text{ А}$ .
12. При каких условиях в линейной пассивной цепи, содержащей индуктивные и емкостные элементы, наступает резонанс токов?
- 
13. Укажите условие резонанса в заданной цепи:
14. Как измерить линейные напряжения трехфазного генератора?
  15. Наличием каких элементов обусловлены переходные процессы?
  16. Какой закон коммутации гласит, что ток индуктивности не может изменяться скачком?
  17. Как называется режим переходного процесса, если корни характеристического уравнения вещественные, отрицательные и неравные?
- 34

18. Определить принужденную составляющую для тока  $i_1(t)$  (в амперах), если  $E=100$  В,  $L=1$



Гн,  $R_1=R_3=100$  Ом,  $R_2=25$  Ом для схемы:

19. Определить независимые начальные условия (ННУ), если  $J=3$  А,  $R=50$  Ом,  $L=0.5$  Гн для



схемы:

20. Продолжите формулировку второго закона Кирхгофа для магнитной цепи «Для любого контура магнитной цепи алгебраическая сумма...».

5.1.2 Комплект материалов для оценивания сформированности компетенции УКЕ-1 «Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах».

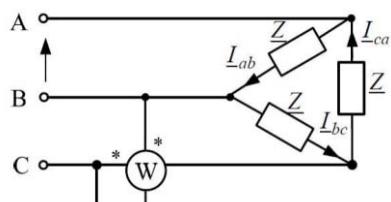
1. Чему равно сопротивление вольтметра?

- 1) Нулю.
- 2) Бесконечности.
- 3) Зависит от параметров схемы.
- 4) Зависит от тока.

2. Определите эквивалентную ёмкость последовательно соединенных конденсаторов, если  $C_1 = C_2 = 100$  мкФ:

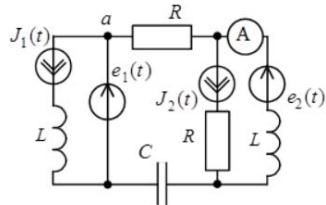
- 1) 50 мкФ.
- 2) 200 мкФ.
- 3) 25 мкФ.
- 4) 75 мкФ.

3. Выберете правильную формулу для показания ваттметра для схемы:



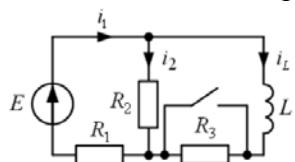
- 1)  $P_w = U_{BC} \cdot I_C \cdot \cos\phi$ .
- 2)  $P_w = U_{CB} \cdot I_C \cdot \cos\phi$ .
- 3)  $P_w = \underline{U}_{CB} \cdot \underline{I}_B \cdot \cos\phi$ .
- 4)  $P_w = \underline{U}_{BC} \cdot \underline{I}_C \cdot \cos\phi$ .

4. Для схемы установите соответствие:



- |                         |      |
|-------------------------|------|
| 1) элементарные контуры | a) 4 |
| 2) контуры              | б) 6 |
| 3) ветви                | в) 3 |
| 4) узлы                 |      |

5. Соотнесите различные условия и составляющие решения переходного процесса с их численным ответом представленной схемы, если  $E=100$  В,  $L=1$  Гн,  $R_1=R_3=100$  Ом,  $R_2=25$  Ом:



- |                         |           |
|-------------------------|-----------|
| 1) $i_L(0_-)$ , А       | а) 1      |
| 2) $A$ , А              | б) 0,167  |
| 3) $i_{\text{ПР}1}$ , А | в) -0,167 |
| 4) $i_1(0_+)$ , А       | г) 0,833  |

6. Как называется закон «Для любого узла цепи алгебраическая сумма токов равна нулю»?

7. Каким соотношением определяется индуктивное сопротивление?

8. Как ведет себя на комплексной плоскости вектор напряжения емкостного элемента по отношению к вектору своего тока?

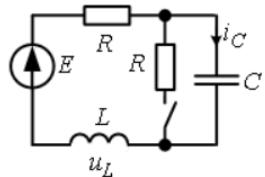
9. Как изменить фазные напряжения трехфазного генератора?

10. Какой закон коммутации гласит, что напряжение на ёмкости не может изменяться скачком?

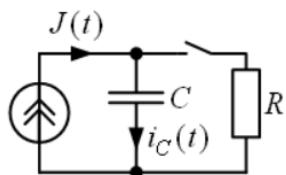
11. Как называется общее решение однородного дифференциального уравнения?

12. Как называется метод расчета переходных процессов, сущность которого в применении принципа наложения?

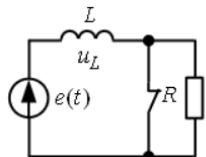
13. Определить значение тока  $i_C(0+)$  после замыкания ключа (в амперах), если  $E=100$  В,  $R=100$  Ом, для схемы:



14. Определить корень характеристического уравнения  $p$  (в  $1/c$ ), если  $J(t)=1\sin 100t$  А,  $C=100$  мкФ,  $R=50$  Ом, для схемы:

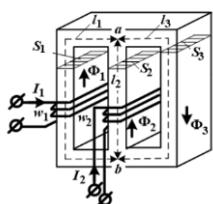


15. Определить значение напряжения на индуктивности  $U_L(0+)$  после размыкания ключа (в вольтах), если  $e(t)=100\sin 100t$  В,  $L=0.5$  Гн,  $R=50$  Ом, для схемы:

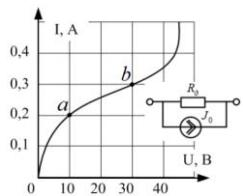


16. Какой вид корней при критическом переходном процессе?

17. Сколько узлов и ветвей в представленной схеме магнитной цепи:



18. Определите параметры линейной схемы замещения  $R_d$  и  $J_0$  нелинейного элемента (НЭ1) для участка цепи  $ab$  его вольтамперной характеристики (ВАХ) для схемы:



19. Дополните суждение «Намагничивающая сила равна произведению тока катушки на её...».

20. Дополните суждение «В витке при изменении сцепленного с ним магнитного потока наводится ЭДС, равная...».

## 5.2 Критерии оценки сформированности компетенции (части компетенции) студентов

Количество правильных ответов	Менее 70%	70% и более
оценка	компетенции не сформированы	компетенции сформированы

Автор(ы):

Фамилия Имя Отчество	Должность, уч. степень
Сапугольцева Ольга Владимировна	доцент, к.т.н

## Приложение 1 – Оценочные средства сформированности компетенции (части компетенции)

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции **ОПК-1** «Способен применять естественнонаучные и общесинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности».

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	4	11	0,01 Дж
2	2	12	При равенстве реактивных проводимостей
3	2	13	$\omega L = 1/\omega C$
4	1-в, 2-а, 3-г, 4-б	14	Между фазами
5	1-а, 2-в, 3-б, 4-в	15	Реактивных
6	Не изменится	16	Первый
7	Узел	17	Апериодический
8	$1/R_{\text{общ}} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$	18	1
9	Напряжение	19	0
10	36 Вт	20	намагничающих сил равна алгебраической сумме магнитных напряжений

Ответы на задания комплекта материалов для оценивания сформированности компетенции **УКЕ-1** «Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах».

№ вопроса	Правильный ответ	№ вопроса	Правильный ответ
1	2	11	Свободная составляющая
2	1	12	Комбинированный
3	1	13	-1
4	1-в, 2-б, 3-б, 4-а	14	-200
5	1-б, 2-в, 3-а, 4-г	15	100
6	Первый закон Кирхгофа	16	Вещественные равные
7	$X_L = \omega L$	17	2 узла и 3 ветви
8	Отстает на 90 градусов	18	$R_d = 200 \text{ Ом}$ $J_0 = 150 \text{ мА}$
9	Между фазой и нейтралью	19	число витков
10	Второй	20	скорости изменения магнитного потока с обратным знаком