

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Институт химии и энергетики

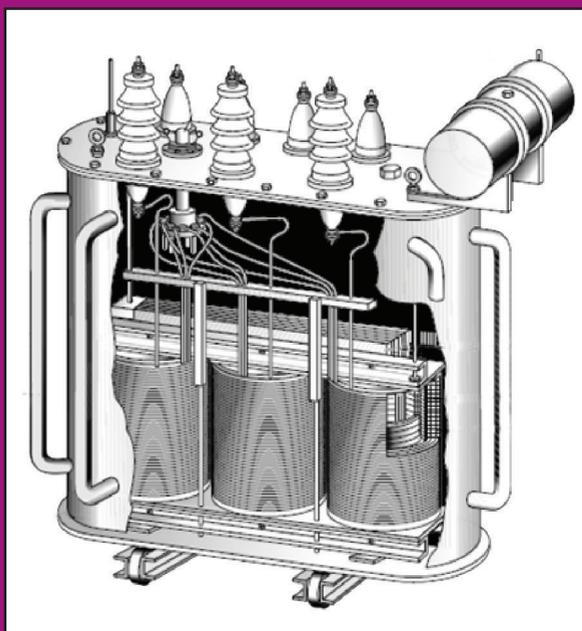
**М.Н. Третьякова**

# ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКИ

**Рабочая тетрадь**

© ФГБОУ ВО  
«Тольяттинский  
государственный  
университет», 2021

ISBN 978-5-8259-1577-7



УДК 621.313/314

ББК 31.26

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой теоретической  
и общей электротехники Самарского государственного

технического университета *В.Н. Козловский*;

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Электроснабжение  
и электротехника» Тольяттинского государственного университета

*В.Н. Кузнецов.*

Третьякова, М.Н. Основы электромеханики : рабочая тетрадь для самостоятельной работы / М.Н. Третьякова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2021. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1577-7.

Представлены практические задания, направленные на развитие компетентности обучающихся по основным понятиям, законам и принципам электромеханического преобразования энергии, устройству и физическим процессам трансформаторов и вращающихся электрических машин.

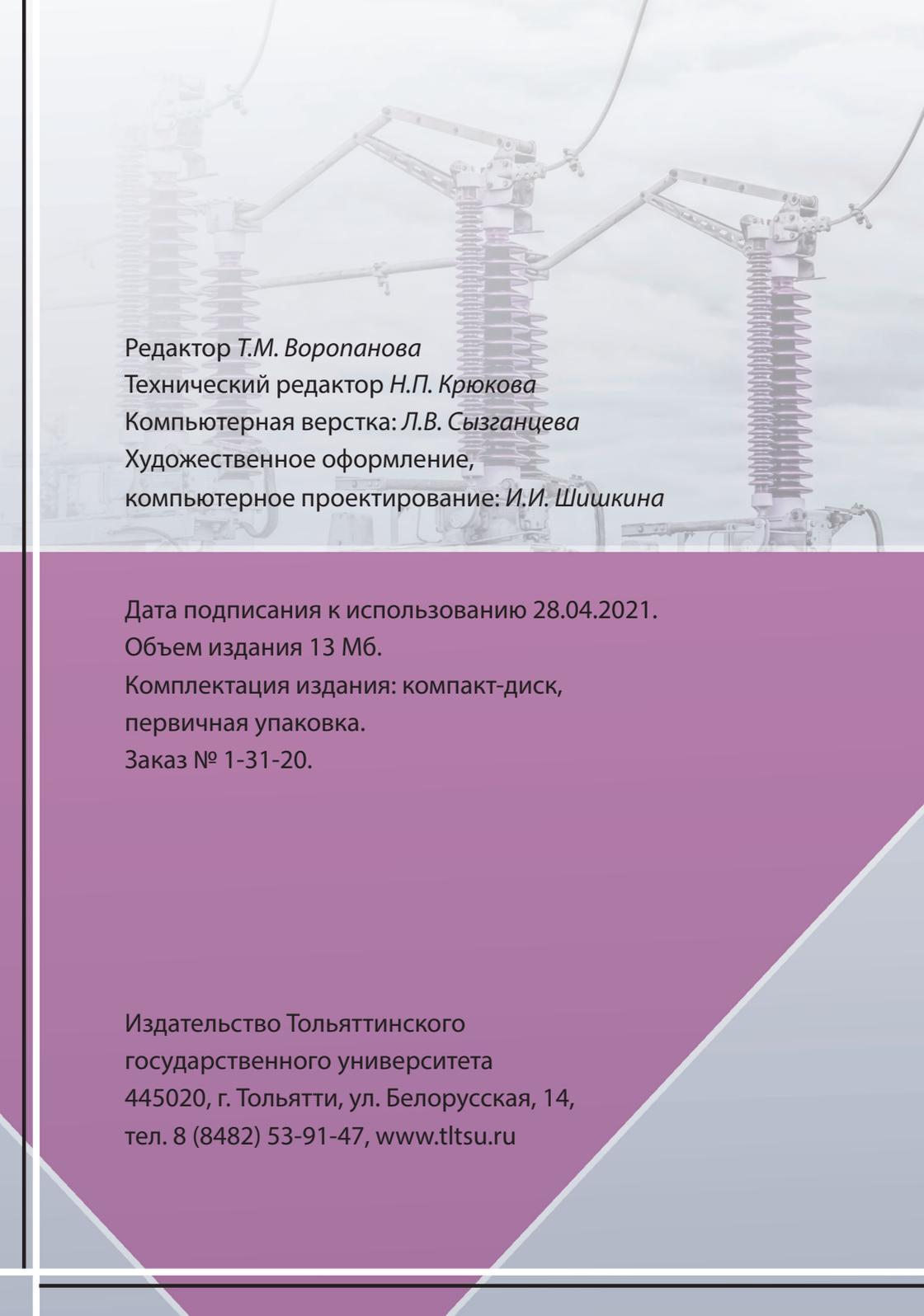
Предназначена для самостоятельной работы обучающихся по направлениям подготовки бакалавров 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 11.04.03 «Электроника и наноэлектроника» в аудиторное и внеаудиторное время.

Рабочая тетрадь разработана в рамках учебного проекта «Дидактическая лаборатория» при участии обучающихся Тольяттинского государственного университета.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.



Редактор *Т.М. Воропанова*  
Технический редактор *Н.П. Крюкова*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 28.04.2021.

Объем издания 13 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск,  
первичная упаковка.

Заказ № 1-31-20.

Издательство Тольяттинского  
государственного университета  
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,  
тел. 8 (8482) 53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	7
Модуль 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ .....	8
Модуль 2. ТРАНСФОРМАТОРЫ .....	39
Модуль 3. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ .....	95
Модуль 4. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА .....	146
Модуль 5. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ .....	247
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	277
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	278
ГЛОССАРИЙ .....	279

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Курс «Основы электромеханики» входит в состав обязательных дисциплин учебного блока основных образовательных программ профессиональной подготовки бакалавров по направлениям 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и 11.04.03 «Электроника и микроэлектроника».

Цель изучения дисциплины: подготовиться к анализу, испытаниям и эксплуатации электромеханических преобразователей энергии.

Задачи:

1. Сформировать представления об электромеханическом преобразовании энергии.
2. Ознакомиться с устройством, принципом действия и применением вращающихся электрических машин.
3. Ознакомиться с устройством, принципом действия и применением трансформаторов.

Упражнения рабочей тетради предназначены для самостоятельной работы обучающихся по направлениям подготовки бакалавров в аудиторное и внеаудиторное время и направлены на формирование общепрофессиональной компетенции (ОПК-3) – «Способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин».

Рабочая тетрадь «Основы электромеханики» может входить в состав учебно-методических материалов по практической части не только курса «Основы электромеханики», но и дисциплины «Электрические машины».

## ВВЕДЕНИЕ

Основным состоянием материи и материальных объектов является движение. В этом проявляется важнейшее свойство материи — её энергия. Все формы движения носят фундаментальный характер электромеханического преобразования энергии, а именно электромагнитной энергии, распространяющейся во вселенной в огромном диапазоне частот. Таким образом, повсюду в окружающем нас мире осуществляется процесс электромеханического преобразования энергии. Для практического применения этих явлений используются электромеханические преобразователи разных видов.

Знакомство с сущностью электромеханического преобразования энергии создает теоретическую базу для понимания большинства современных технологий и способствует формированию общей технической грамотности бакалавров.

Рабочая тетрадь «Основы электромеханики» призвана систематизировать и активизировать учебную деятельность обучающихся по изучению законов и принципов, объясняющих функционирование современных электромеханических преобразователей энергии, а также особенностей реализации этих законов в конкретных видах электрических машин и трансформаторах.

Повышению эффективности самостоятельной работы способствует выполнение заданий из рабочей тетради, входящей в состав учебно-методических материалов таких дисциплин, как «Основы электромеханики» и «Электрические машины».

Выполнение практических заданий, включенных в состав рабочей тетради, может помочь самостоятельно разобраться в процессах, сопровождающих электромеханическое преобразование энергии во вращающихся электрических машинах и трансформаторах.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Теоретический материал дисциплины разбит на пять тематических модулей. По каждому модулю предусматривается выполнение практического задания, состоящего из десяти (модули 1–4) или пяти (модуль 5) упражнений. За каждое правильно сделанное упражнение модулей 1–4 выставляется по одному баллу. Каждое из пяти упражнений последнего модуля оценивается в два балла. Накопительная оценка формируется суммированием баллов, полученных за все выполненные упражнения, входящие в состав пяти практических заданий. Максимальная сумма, которую можно набрать за правильно выполненные практические задания, составляет 50 баллов.

Практические задания выполняются по вариантам.

Вариант задания выбирается по первой букве фамилии обучающегося.

### Выбор варианта

Первая буква фамилии	А–В	Г–Е	Ё–З	И–К	Л–Н	О–Р	С–У	Ф–Ц	Ч–Щ	Э–Я
№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

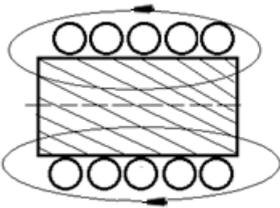
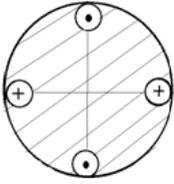
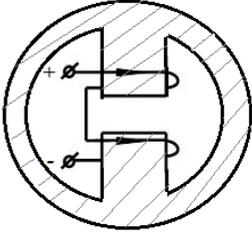
В составе каждого модуля имеются экзаменационные вопросы по теоретическому материалу курса.

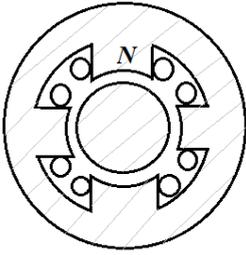
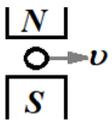
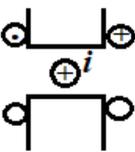
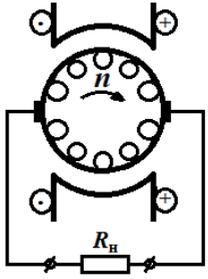
# **Модуль 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И ПРИНЦИПЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ**

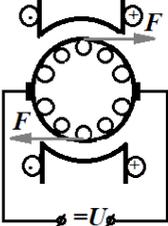
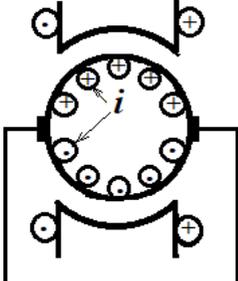
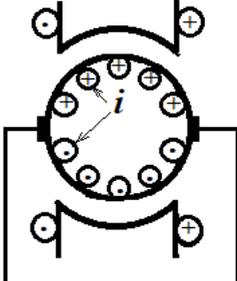
## **Экзаменационные вопросы**

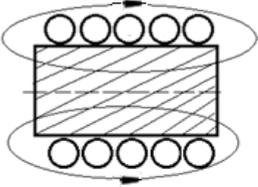
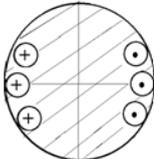
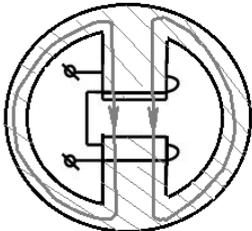
1. Электромеханика как наука.
2. Роль электромеханических преобразователей в технике.
3. Сущность электромеханического преобразования энергии.
4. Применение закона электромагнитной индукции для электромеханического преобразования энергии.
5. Применение закона электромагнитного взаимодействия для электромеханического преобразования энергии.
6. Основные фундаментальные принципы электромеханического преобразования энергии.
7. Принцип обратимости электромеханических преобразователей энергии.
8. Принцип саморегулирования электромеханических преобразователей энергии.
9. Структурные элементы электромеханических преобразователей энергии.
10. Активная часть электромеханических преобразователей энергии.
11. Классификация электрических машин.
12. Назначение и устройство магнитопроводов.
13. Назначение и устройство токопроводов.
14. Механические потери вращающихся электромеханических преобразователей энергии.
15. Магнитные потери электромеханических преобразователей энергии.
16. Электрические потери электромеханических преобразователей энергии.
17. Добавочные потери электромеханических преобразователей энергии.
18. Потери мощности и КПД электрических машин.

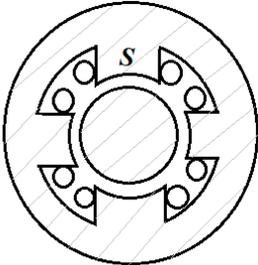
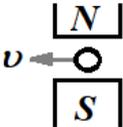
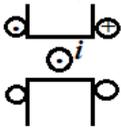
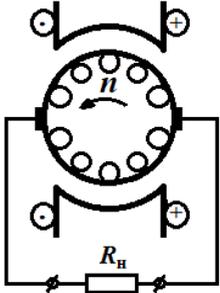
## Практические задания

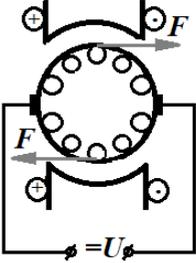
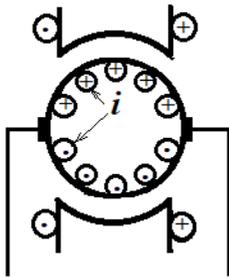
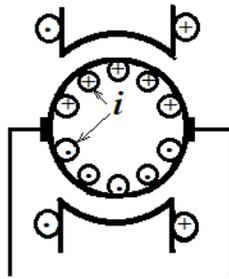
№ п/п	Вариант 1
1	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля, возникающего вокруг проводника при протекании по нему тока, имеющего направление, как показано на рисунке. Покажите стрелками направление линий магнитного поля.</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>
2	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Стрелками показано направление силовых линий магнитного поля, созданного током катушки. Обозначьте на сердечнике буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы электромагнита. Покажите направление тока в витках катушки (<math>\bullet</math> или <math>+</math>), создающее данное магнитное поле.</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>
3	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам. Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> <math>2p =</math>  <math>p =</math> </div> </div>
4	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте полярность полюсов индуктора буквами <math>N</math> и <math>S</math>.</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  </div>

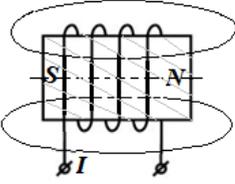
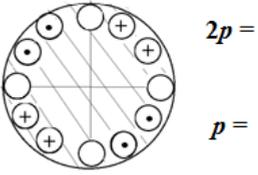
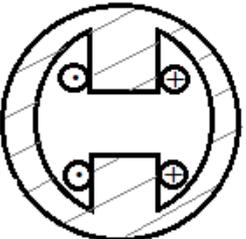
№ п/п	Вариант 1
<p>5</p>	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задана полярность одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность остальных полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p> 
<p>6</p>	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление электродвижущей силы (<math>e</math>), наводимой в проводнике.</p> 
<p>7</p>	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление электромагнитной силы (<math>F</math>), действующей на проводник с током заданного направления.</p> 
<p>8</p>	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p> 

№ п/п	Вариант 1
<p><b>9</b> <b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Стрелками заданы направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якоря. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления тока (<i>i</i>) и ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якоря двигателя. Покажите направление электромагнитного момента (<i>M</i>), приложенного к якорю. Покажите направление вращения якоря двигателя (<i>n</i>).</p>	
<p><b>10</b> <b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления токов в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<i>M</i>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<i>n</i>).</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> </div>

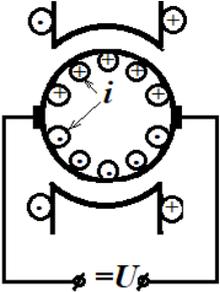
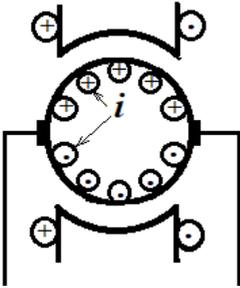
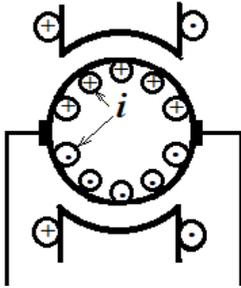
№ п/п	<b>Вариант 2</b>	
1	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля, возникающего вокруг проводника при протекании по нему тока, имеющего направление, как показано на рисунке. Покажите стрелками направление линий магнитного поля.</p>	
2	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Стрелками показано направление силовых линий магнитного поля, созданного током катушки. Обозначьте на сердечнике буквами северный (<i>N</i>) и южный (<i>S</i>) полюсы электромагнита. Покажите направление тока в витках катушки (• или +), создающего данное магнитное поле.</p>	
3	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам. Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<i>N</i>) и южный (<i>S</i>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	 <p style="text-align: right;"><math>2p =</math></p> <p style="text-align: right;"><math>p =</math></p>
4	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>На рисунке изображены силовые линии магнитного поля индуктора. Обозначьте полярность полюсов индуктора буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Отметьте знаком «+» или «-» клеммы источника питания и направление тока в катушках индуктора, создающего магнитное поле заданной полярности.</p>	

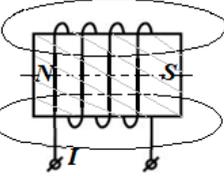
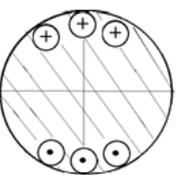
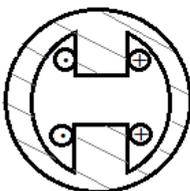
№ п/п	Вариант 2	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задана полярность одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность остальных полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление электродвижущей силы (<math>e</math>), наводимой в проводнике.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление электромагнитной силы (<math>F</math>), действующей на проводник с током заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

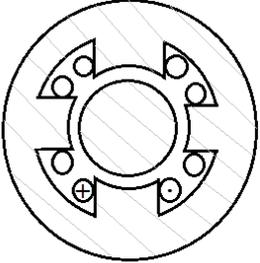
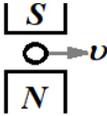
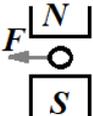
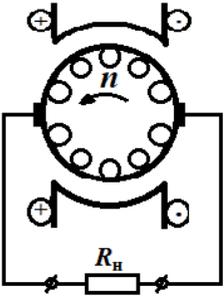
№ п/п	Вариант 2	
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Стрелками заданы направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якоря. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления тока (<i>i</i>) и ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якоря двигателя. Покажите направление электромагнитного момента (<i>M</i>), приложенного к якорю. Покажите направление вращения якоря двигателя (<i>n</i>).</p>	
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления токов в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<i>M</i>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<i>n</i>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> </div>	

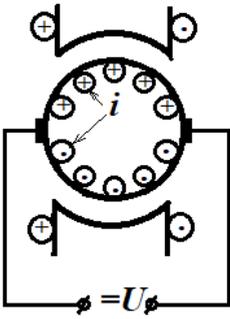
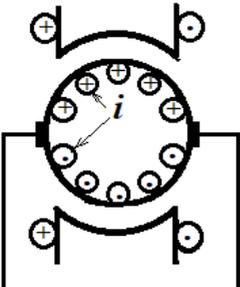
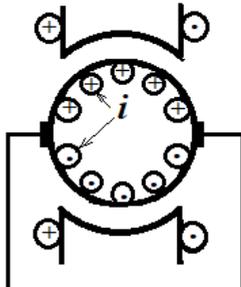
№ п/п	<b>Вариант 3</b>	
<b>1</b>	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Покажите направление тока в проводнике (• или +), создающее магнитное поле, силовые линии которого направлены так, как показано на рисунке.</p>	
<b>2</b>	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного электромагнитом, у которого сердечник имеет полярность, как показано на рисунке. Обозначьте направление тока в витках катушки, создающего данное поле.</p>	
<b>3</b>	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам.</p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<i>N</i>) и южный (<i>S</i>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	
<b>4</b>	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте полярность полюсов индуктора буквами <i>N</i> и <i>S</i>.</p>	

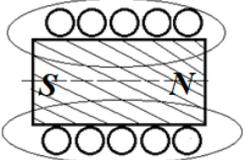
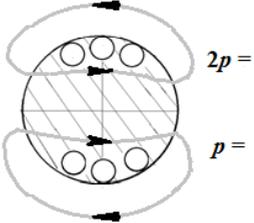
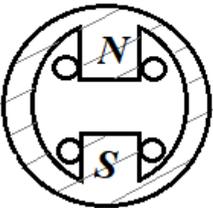
№ п/п	<b>Вариант 3</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задано направление тока в катушке одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность всех полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора.</p> <p>Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление электродвижущей силы (<math>e</math>), наводимой в проводнике.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление тока в проводнике, если на него действует электромагнитная сила <math>F</math> заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

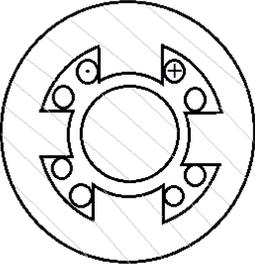
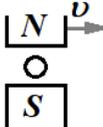
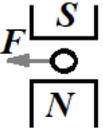
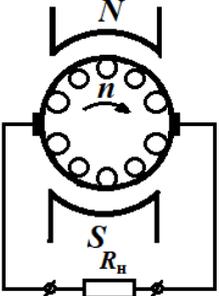
№ п/п	Вариант 3	
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Задано направление тока (<i>i</i>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<i>M</i>), приложенного к якорю. Покажите направление вращения якоря двигателя (<i>n</i>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якоря двигателя.</p>	
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления токов в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<i>M</i>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<i>n</i>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> </div>	

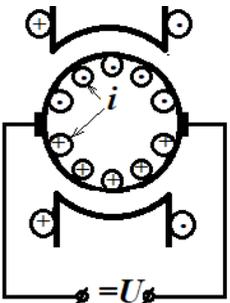
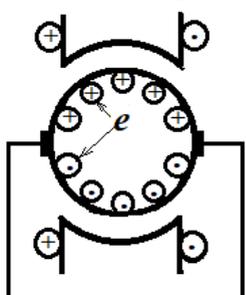
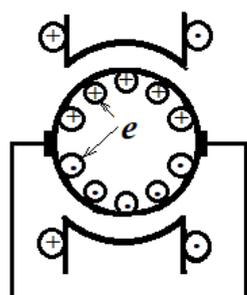
№ п/п	<b>Вариант 4</b>	
<b>1</b>	<p><b>Магнитное поле проводников</b> Покажите направление тока в проводнике (• или +), создающее магнитное поле, силовые линии которого направлены так, как показано на рисунке.</p>	
<b>2</b>	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b> Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного электромагнитом, у которого сердечник имеет полярность, как показано на рисунке. Обозначьте направление тока в витках катушки, создающего данное поле.</p>	
<b>3</b>	<p><b>Магнитное поле якоря</b> На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам. Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<i>N</i>) и южный (<i>S</i>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	 <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-left: 10px;"> <math>2p =</math>   <math>p =</math> </div>
<b>4</b>	<p><b>Магнитное поле индуктора</b> Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте полярность полюсов индуктора буквами <i>N</i> и <i>S</i>.</p>	

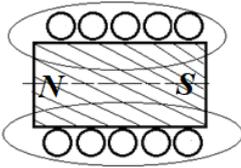
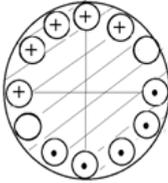
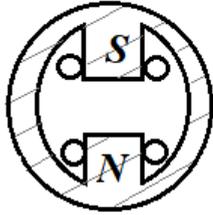
№ п/п	<b>Вариант 4</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задано направление тока в катушке одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность всех полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора.</p> <p>Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление электродвижущей силы (<math>e</math>), наводимой в проводнике.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление тока в проводнике, если на него действует электромагнитная сила <math>F</math> заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

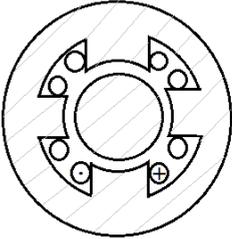
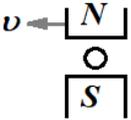
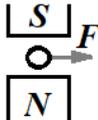
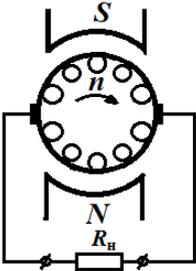
№ п/п	Вариант 4
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Задано направление тока (<i>i</i>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<i>M</i>), приложенного к якорю.</p> <p>Покажите направление вращения якоря двигателя (<i>n</i>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якоря двигателя.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления токов в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<i>M</i>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<i>n</i>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> </div>

№ п/п	<b>Вариант 5</b>	
<b>1</b>	<p><b>Магнитное поле проводников</b> Изобразите силовые линии магнитного поля, возникающего вокруг проводников с токами, направленными так, как показано на рисунках. Покажите стрелками направление линий магнитного поля.</p>	
<b>2</b>	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b> Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного электромагнитом, у которого сердечник имеет полярность, как показано на рисунке. Обозначьте направление тока в витках катушки (<math>\bullet</math> или <math>+</math>), создающего данное поле.</p>	
<b>3</b>	<p><b>Магнитное поле якоря</b> На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Стрелками показано направление силовых линий магнитного поля, индуцированного токами проводников. Отметьте направление тока в проводниках якоря (<math>\bullet</math> или <math>+</math>), создающего данное магнитное поле. Обозначьте буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	
<b>4</b>	<p><b>Магнитное поле индуктора</b> Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Отметьте направление тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) в витках катушек индуктора, создающего магнитное поле заданной полярности.</p>	

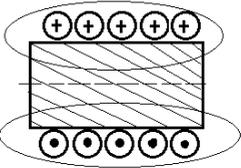
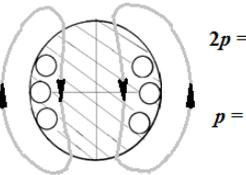
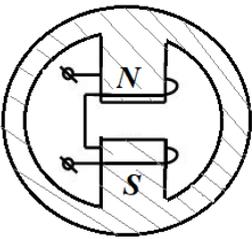
№ п/п	<b>Вариант 5</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b>            Задано направление тока в катушке одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность всех полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>\oplus</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b>            Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>\oplus</math>» направление электродвижущей силы (<math>e</math>), наводимой в проводнике.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b>            Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>\oplus</math>» направление тока в проводнике, если на него действует электромагнитная сила <math>F</math> заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b>            Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>\oplus</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

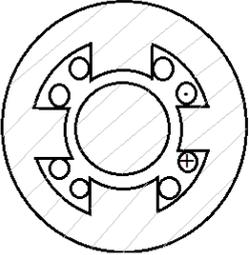
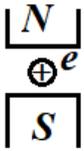
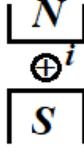
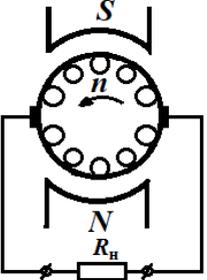
№ п/п	Вариант 5
<p><b>9</b></p>	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Задано направление тока (<i>i</i>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<i>M</i>), приложенного к якорю.</p> <p>Покажите направление вращения якоря двигателя (<i>n</i>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якоря двигателя.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
<p><b>10</b></p>	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления ЭДС в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления токов (<i>i</i>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<i>M</i>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<i>n</i>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> </div>

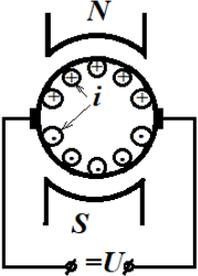
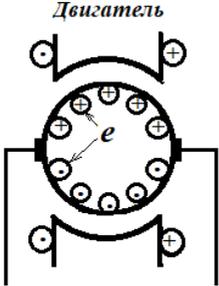
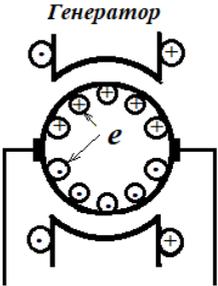
№ п/п	<b>Вариант 6</b>
1	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля, возникающего вокруг проводников с токами, направленными так, как показано на рисунках. Покажите стрелками направление линий магнитного поля.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
2	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного электромагнитом, у которого сердечник имеет полярность, как показано на рисунке. Обозначьте направление тока в витках катушки (<math>\bullet</math> или <math>\oplus</math>), создающего данное поле.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
3	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам. Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p> <div style="text-align: right;">  </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <math>2p =</math>   <math>p =</math> </div>
4	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Отметьте направление тока (<math>\bullet</math> или <math>\oplus</math>) в витках катушек индуктора, создающего магнитное поле заданной полярности.</p> <div style="text-align: right;">  </div>

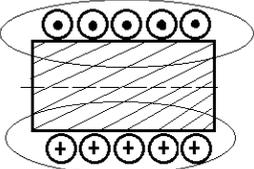
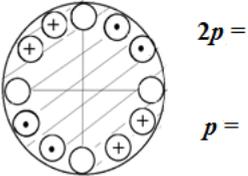
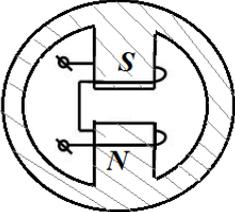
№ п/п	<b>Вариант 6</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b>            Задано направление тока в катушке одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность всех полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b>            Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символом «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление электродвижущей силы (<math>e</math>), наводимой в проводнике.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b>            Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление тока в проводнике, если на него действует электромагнитная сила <math>F</math> заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b>            Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

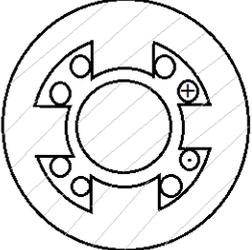
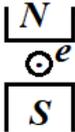
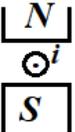
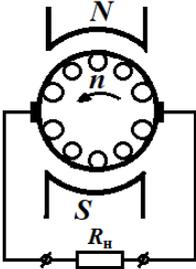
№ п/п	Вариант 6
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Определите полярность полюсов индуктора. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Задано направление тока (<i>i</i>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<i>M</i>), приложенного к якорю.</p> <p>Покажите направление вращения якоря двигателя (<i>n</i>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<i>e</i>) в проводниках якоря двигателя.</p> <div data-bbox="740 236 924 480" style="text-align: right;"> </div>
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления ЭДС в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <i>N</i> и <i>S</i>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления токов (<i>i</i>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<i>F</i>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<i>M</i>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<i>n</i>).</p> <div data-bbox="305 1078 866 1401" style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p> </div> </div> </div>

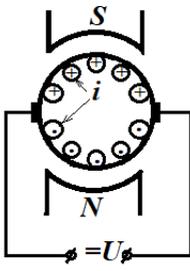
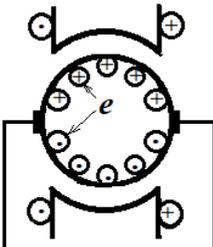
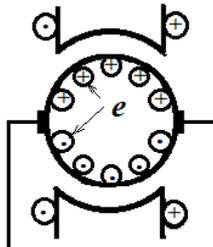
№ п/п	<b>Вариант 7</b>	
1	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля, возникающего вокруг проводников с токами, направленными так, как показано на рисунках. Покажите стрелками направление линий магнитного поля.</p>	
2	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного электромагнитом, ток в витках катушки направленный так, как показано на рисунке. Обозначьте на сердечнике буквами северный (<i>N</i>) и южный (<i>S</i>) полюсы электромагнита.</p>	
3	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Стрелками показано направление силовых линий магнитного поля, индуцированного токами проводников.</p> <p>Отметьте направление тока в проводниках якоря (<math>\bullet</math> или <math>\oplus</math>), создающего данное магнитное поле. Обозначьте буквами северный (<i>N</i>) и южный (<i>S</i>) полюсы, полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	
4	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Отметьте знаком «+» или «-» клеммы источника питания и направление тока в катушках индуктора, создающего магнитное поле заданной полярности.</p>	

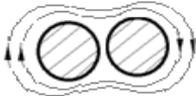
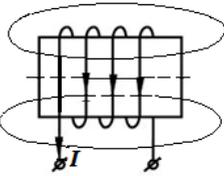
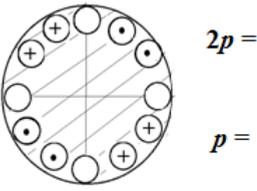
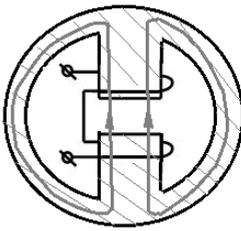
№ п/п	<b>Вариант 7</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задано направление тока в катушке одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность всех полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора.</p> <p>Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление движения проводника, если в нем наводится электродвижущая сила (<math>e</math>) заданного направления.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление электромагнитной силы (<math>F</math>), действующей на проводник с током заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

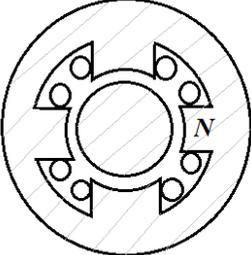
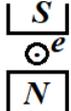
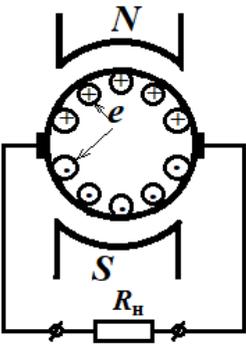
№ п/п	Вариант 7
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i</math>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю. Покажите направление вращения якоря двигателя (<math>n</math>).</p> <p>Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<math>e</math>) в проводниках якоря двигателя.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления ЭДС в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления токов (<math>i</math>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<math>M</math>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<math>n</math>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> </div>

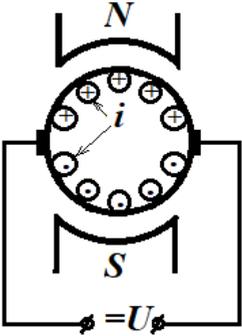
№ п/п	<b>Вариант 8</b>	
1	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля, возникающего вокруг проводников с токами, направленными так, как показано на рисунках. Покажите стрелками направление линий магнитного поля.</p>	
2	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного электромагнитом, ток в витках катушки направлен так, как показано на рисунке. Обозначьте на сердечнике буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы электромагнита.</p>	
3	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам.</p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	
4	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Отметьте знаком «+» или «-» клеммы источника питания и направление тока в катушках индуктора, создающего магнитное поле заданной полярности.</p>	

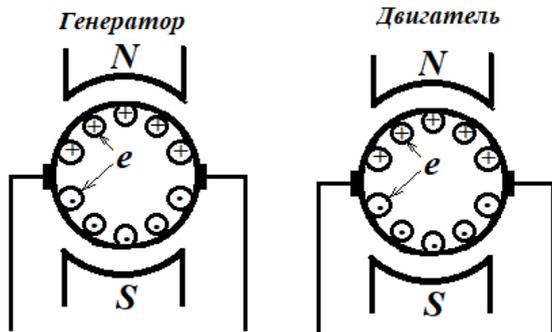
№ п/п	<b>Вариант 8</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задано направление тока в катушке одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность всех полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора.</p> <p>Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора. Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление движения проводника, если в нем наводится электродвижущая сила (<math>e</math>) заданного направления.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление электромагнитной силы (<math>F</math>), действующей на проводник с током заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление ЭДС (<math>e</math>) и тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

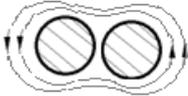
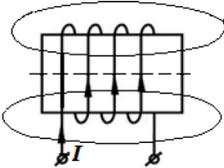
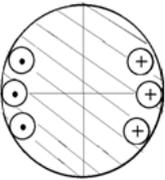
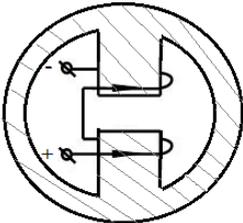
№ п/п	Вариант 8	
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i</math>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p> <p>Покажите направление вращения якоря двигателя (<math>n</math>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<math>e</math>) в проводниках якоря двигателя.</p>	
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления ЭДС в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите полярность полюсов индукторов. Обозначьте полюсы буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления токов (<math>i</math>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<math>M</math>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<math>n</math>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> </div>	

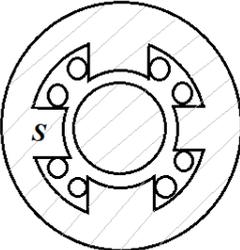
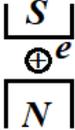
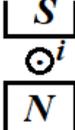
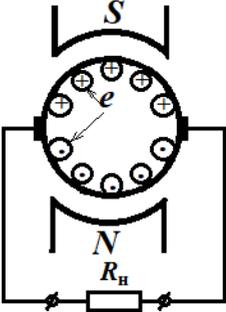
№ п/п	<b>Вариант 9</b>	
<b>1</b>	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Покажите направление тока в проводниках (<math>\bullet</math> или <math>+</math>), создающее магнитное поле, силовые линии которого направлены так, как показано на рисунке.</p>	
<b>2</b>	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного током катушки. Обозначьте на сердечнике электромагнита буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы.</p>	
<b>3</b>	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам. Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	
<b>4</b>	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>На рисунке изображены силовые линии магнитного поля индуктора. Обозначьте полярность полюсов индуктора буквами <math>N</math> и <math>S</math>. Отметьте знаком «+» или «-» клеммы источника питания и направление тока в катушках индуктора, создающего магнитное поле заданной полярности.</p>	

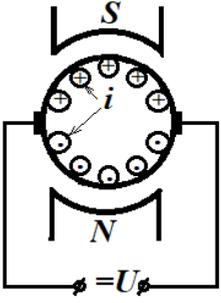
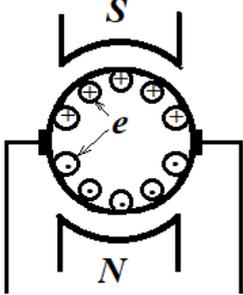
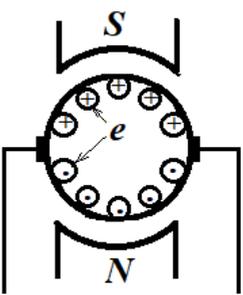
№ п/п	<b>Вариант 9</b>	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задана полярность одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность остальных полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора.</p> <p>Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление движения проводника, если в нем наводится электродвижущая сила (<math>e</math>) заданного направления.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление электромагнитной силы (<math>F</math>), действующей на проводник с током заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Задано направление ЭДС (<math>e</math>) в проводниках якоря генератора. Покажите направление вращения якоря генератора (<math>n</math>). Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

№ п/п	Вариант 9	
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i</math>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю. Покажите направление вращения якоря двигателя (<math>n</math>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<math>e</math>) в проводниках якоря двигателя.</p>	
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления ЭДС в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления токов (<math>i</math>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<math>M</math>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<math>n</math>).</p>	



№ п/п	<b>Вариант 10</b>	
1	<p><b>Магнитное поле проводников</b></p> <p>Покажите направление тока в проводниках (<math>\bullet</math> или <math>+</math>), создающее магнитное поле, силовые линии которого направлены так, как показано на рисунке.</p>	
2	<p><b>Магнитное поле катушки с сердечником</b></p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля, созданного током катушки. Обозначьте на сердечнике электромагнита буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы.</p>	
3	<p><b>Магнитное поле якоря</b></p> <p>На рисунке изображен стальной цилиндр, в пазах которого расположены проводники. Изобразите силовые линии магнитного поля, индуцированного током, протекающим по проводникам.</p> <p>Укажите стрелками направление силовых линий магнитного поля. Обозначьте буквами северный (<math>N</math>) и южный (<math>S</math>) полюсы полученного электромагнита. Определите число полюсов (<math>2p</math>) и число пар полюсов (<math>p</math>) якоря.</p>	 <p style="text-align: right;"><math>2p =</math></p> <p style="text-align: right;"><math>p =</math></p>
4	<p><b>Магнитное поле индуктора</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля индуктора. Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте полярность полюсов индуктора буквами <math>N</math> и <math>S</math>.</p>	

№ п/п	Вариант 10	
5	<p><b>Магнитное поле в электрической машине</b></p> <p>Задана полярность одного полюса индуктора. Определите и обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность остальных полюсов. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление магнитного поля индуктора. Обозначьте направления тока (<math>\bullet</math> или <math>+</math>) во всех катушках индуктора.</p> <p>Обозначьте буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math> полярность образовавшихся полюсов якоря.</p>	
6	<p><b>ЭДС проводника</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление движения проводника, если в нем наводится электродвижущая сила (<math>e</math>) заданного направления.</p>	
7	<p><b>Электромагнитная сила</b></p> <p>Укажите стрелками направление магнитного поля между полюсами. Обозначьте стрелкой направление электромагнитной силы (<math>F</math>), действующей на проводник с током заданного направления.</p>	
8	<p><b>Принцип действия генератора</b></p> <p>Задано направление ЭДС (<math>e</math>) в проводниках якоря генератора. Покажите направление вращения якоря генератора (<math>n</math>). Обозначьте символами «<math>\bullet</math>» или «<math>+</math>» направление тока (<math>i</math>) в проводниках якоря генератора. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю.</p>	

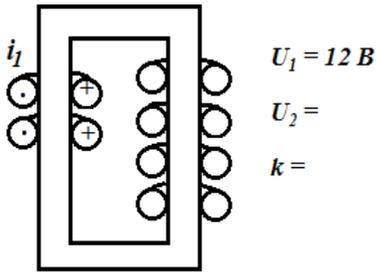
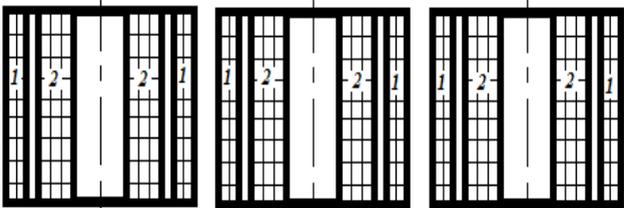
№ п/п	Вариант 10	
9	<p><b>Принцип действия двигателя</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i</math>) в проводниках якоря двигателя. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якоря. Покажите направление электромагнитного момента (<math>M</math>), приложенного к якорю. Покажите направление вращения якоря двигателя (<math>n</math>). Обозначьте символами «•» или «+» направление ЭДС (<math>e</math>) в проводниках якоря двигателя.</p>	
10	<p><b>Принцип обратимости электромеханического преобразования энергии</b></p> <p>Заданы направления ЭДС в обмотках якорей генератора и двигателя. Определите и обозначьте символами «•» или «+» направления токов (<math>i</math>) в проводниках якорей. Определите и укажите стрелками направления электромагнитных сил (<math>F</math>), действующих на проводники якорей. Покажите направления электромагнитных моментов (<math>M</math>), приложенных к якорям. Покажите направления вращения якорей (<math>n</math>).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><i>Генератор</i></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><i>Двигатель</i></p>  </div> </div>	

## **Модуль 2. ТРАНСФОРМАТОРЫ**

### **Экзаменационные вопросы**

1. Назначение и принцип действия трансформатора.
2. Устройство силового трансформатора.
3. Схема замещения трансформатора.
4. Основные уравнения трансформатора (описывающие рабочий процесс).
5. Опыт холостого хода трансформатора.
6. Характеристики холостого хода трансформатора.
7. Опыт короткого замыкания трансформатора.
8. Характеристики короткого замыкания трансформатора.
9. Внешние характеристики трансформатора.
10. Группы соединения обмоток трансформаторов.
11. Классификация трансформаторов.
12. Условия включения трансформаторов на параллельную работу.
13. Явления, возникающие при включении на параллельную работу трансформаторов с разными коэффициентами трансформации.
14. Явления, возникающие при включении на параллельную работу трансформаторов с разными группами соединения обмоток.
15. Явления, возникающие при включении на параллельную работу трансформаторов с разными напряжениями короткого замыкания.

## Практические задания

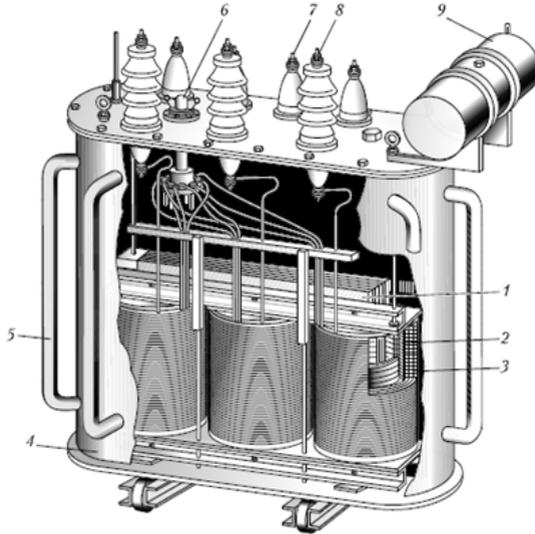
№ п/п	Вариант 1
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока увеличивается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>На рисунке изображены концы катушек трех фаз трансформатора в разрезе. Дорисуйте сердечник так, чтобы получился трехфазный трансформатор со стержневой магнитной системой.</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  </div>

№  
п/п

**Вариант 1**

**3 Устройство силового масляного трансформатора**

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

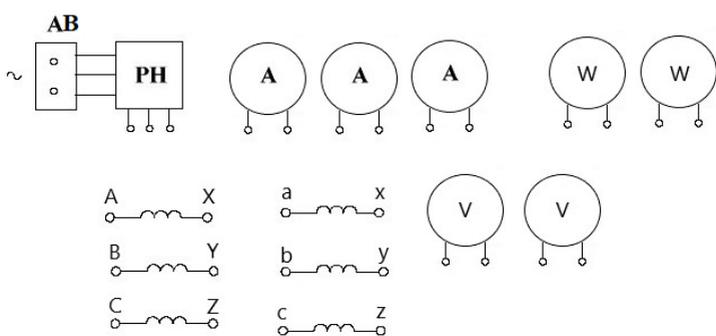
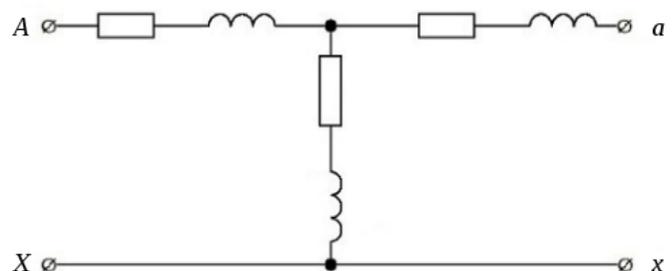


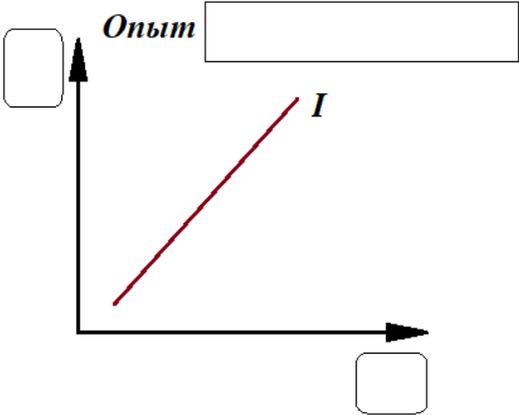
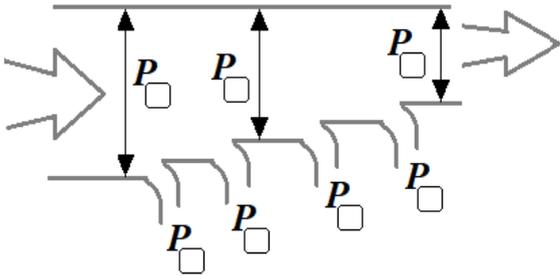
Назначение	Номера элементов на рисунке
Активная часть	
Регулирование напряжения	

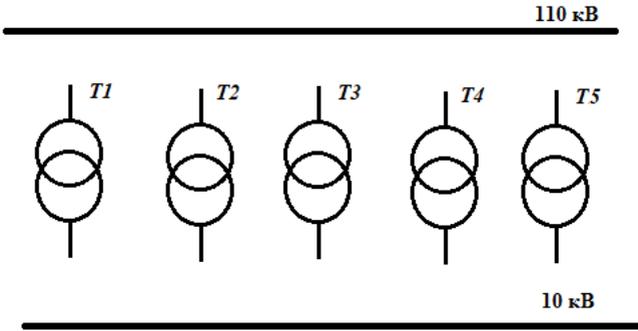
**4 Рабочий процесс**

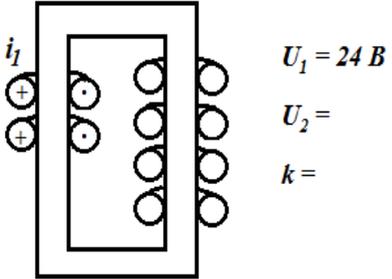
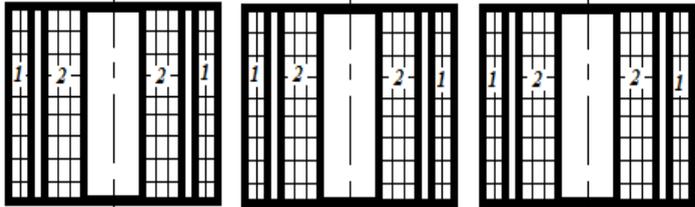
Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или -) и недостающие символы переменных (1, 2,  $\sigma_1$  или  $\sigma_2$ ), чтобы получилось уравнение равновесия напряжений и ЭДС для первичной обмотки трансформатора.

$$\dot{U}_{\square} = \square \dot{E}_{\square} \square \dot{E}_{\square} \square \dot{I}_x r_{\square \square}$$

№ п/п	Вариант 1
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования трехфазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Изобразите соединения между клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения опыта холостого хода.</p> 
6	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы замещения потери мощности в первичной обмотке трансформатора.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-top: 10px;"> <math>P_{31} =</math> </div>

№ п/п	<p style="text-align: center;"><b>Вариант 1</b></p>
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b>          Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика тока, изображенная на рисунке. Обозначьте оси данного графика.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;"> <i>Опыт</i> <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></span> </p> </div>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b>          Укажите с помощью соответствующих индексов основные виды потерь и мощностей в трансформаторе. Обведите потери, не зависящие от величины нагрузки.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№ п/п	<b>Вариант 1</b>																																		
<b>9</b>	<p><b>Параллельная работа</b>  Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 110 кВ и 10 кВ.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="210 715 957 1015"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Трансформатор</th> <th colspan="4">Параметры трансформаторов</th> </tr> <tr> <th>Класс напряжения, кВ</th> <th>Коэффициент трансформации</th> <th>Напряжение КЗ, %</th> <th>Схема обмоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>T1</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>10,5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T2</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>9,4 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T3</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>10,3 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T4</i></td> <td>110/10</td> <td>10,5</td> <td>9,8 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T5</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>10,5 %</td> <td>Y/Y-6</td> </tr> </tbody> </table>	Трансформатор	Параметры трансформаторов				Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток	<i>T1</i>	110/10	11	10,5 %	Y/Δ-11	<i>T2</i>	110/10	11	9,4 %	Y/Δ-11	<i>T3</i>	110/10	11	10,3 %	Y/Δ-11	<i>T4</i>	110/10	10,5	9,8 %	Y/Δ-11	<i>T5</i>	110/10	11	10,5 %	Y/Y-6
Трансформатор	Параметры трансформаторов																																		
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток																															
<i>T1</i>	110/10	11	10,5 %	Y/Δ-11																															
<i>T2</i>	110/10	11	9,4 %	Y/Δ-11																															
<i>T3</i>	110/10	11	10,3 %	Y/Δ-11																															
<i>T4</i>	110/10	10,5	9,8 %	Y/Δ-11																															
<i>T5</i>	110/10	11	10,5 %	Y/Y-6																															
<b>10</b>	<p><b>Маркировка</b>  Расшифруйте марку трансформатора ТД-10000/35 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="210 1185 957 1385"> <thead> <tr> <th>Условное обозначение</th> <th>Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Т</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>35</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	Т		Д		10000		35																									
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения																																		
Т																																			
Д																																			
10000																																			
35																																			

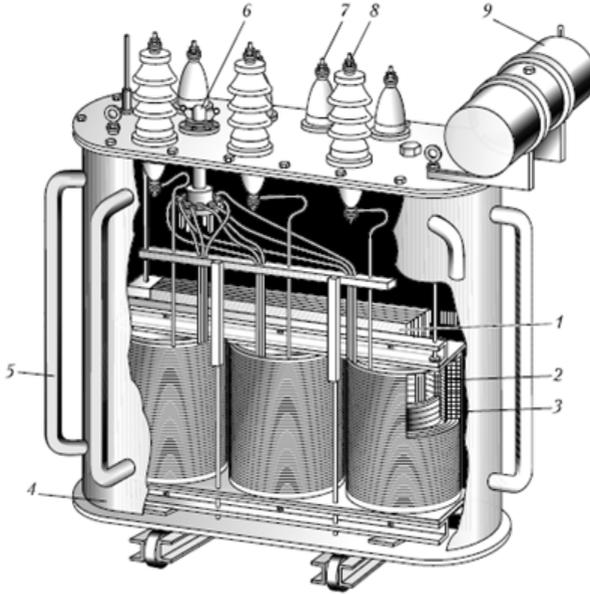
№ п/п	Вариант 2
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока уменьшается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>На рисунке изображены концы катушек трех фаз трансформатора в разрезе. Дорисуйте сердечник так, чтобы получился трехфазный трансформатор с бронестержневой магнитной системой.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№  
п/п

Вариант 2

3 Устройство силового масляного трансформатора

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

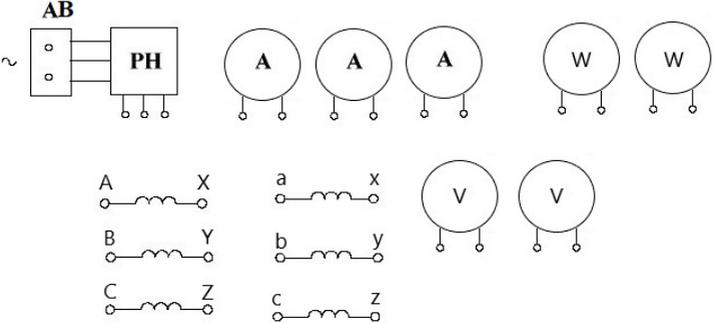
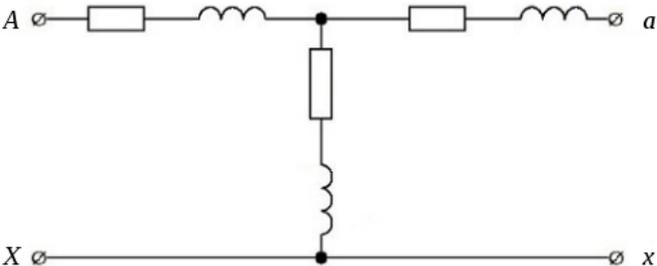


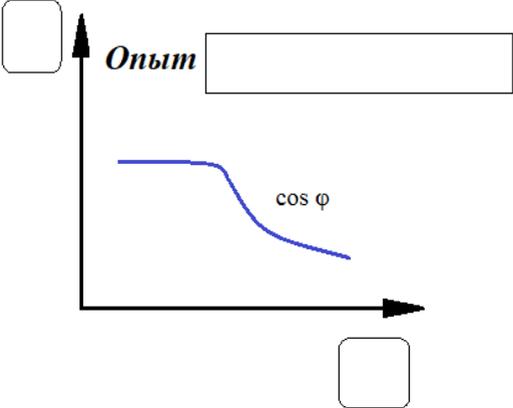
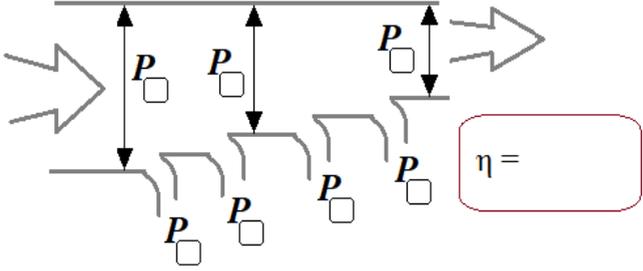
Назначение	Номера элементов на рисунке
Неактивная часть	
Концентрация магнитного потока и усиление магнитной связи между обмотками	

4 Рабочий процесс

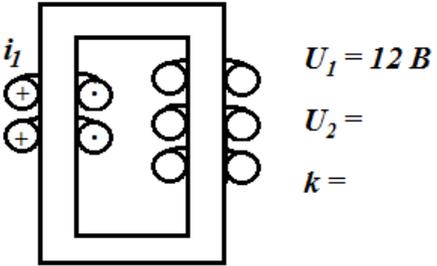
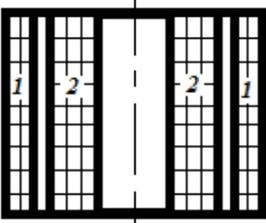
Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или –) и недостающие символы переменных (1, 2,  $\sigma_1$  или  $\sigma_2$ ), чтобы получилось уравнение равновесия напряжений и ЭДС для вторичной обмотки трансформатора.

$$\dot{U}_{\square} = \square \dot{E}_{\square} \square \dot{E}_{\square} \square \dot{I}_{\times} r_{\square}$$

№ п/п	Вариант 2
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования трехфазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Изобразите соединения между клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения опыта короткого замыкания.</p> 
6	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы замещения потери мощности во вторичной обмотке трансформатора.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <math>P_{32} =</math> </div>

№ п/п	Вариант 2
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика коэффициента мощности трансформатора, изображенная на рисунке. Обозначьте оси данного графика.</p> 
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>Укажите с помощью соответствующих индексов основные виды потерь и мощностей в трансформаторе. Запишите, чему равен КПД трансформатора, используя полученные величины.</p> 

№ п/п	<b>Вариант 2</b>																																		
<b>9</b>	<p data-bbox="210 197 460 225"><b>Параллельная работа</b></p> <p data-bbox="210 233 962 331">Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 35 кВ и 10 кВ.</p> <div data-bbox="258 347 904 676" style="text-align: center;"> </div> <table border="1" data-bbox="210 707 956 1003" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: left;">Трансформатор</th> <th colspan="4">Параметры трансформаторов</th> </tr> <tr> <th>Класс напряжения, кВ</th> <th>Коэффициент трансформации</th> <th>Напряжение КЗ, %</th> <th>Схема обмоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>T1</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>4,5 %</td> <td>Y/Y-6</td> </tr> <tr> <td><i>T2</i></td> <td>35/10</td> <td>3,5</td> <td>4,5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T3</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>4,0 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T4</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>4,7 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T5</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>4,5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> </tbody> </table>	Трансформатор	Параметры трансформаторов				Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток	<i>T1</i>	35/10	3,3	4,5 %	Y/Y-6	<i>T2</i>	35/10	3,5	4,5 %	Y/Δ-11	<i>T3</i>	35/10	3,3	4,0 %	Y/Δ-11	<i>T4</i>	35/10	3,3	4,7 %	Y/Δ-11	<i>T5</i>	35/10	3,3	4,5 %	Y/Δ-11
Трансформатор	Параметры трансформаторов																																		
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток																															
<i>T1</i>	35/10	3,3	4,5 %	Y/Y-6																															
<i>T2</i>	35/10	3,5	4,5 %	Y/Δ-11																															
<i>T3</i>	35/10	3,3	4,0 %	Y/Δ-11																															
<i>T4</i>	35/10	3,3	4,7 %	Y/Δ-11																															
<i>T5</i>	35/10	3,3	4,5 %	Y/Δ-11																															
<b>10</b>	<p data-bbox="210 1023 356 1050"><b>Маркировка</b></p> <p data-bbox="210 1058 962 1157">Расшифруйте марку трансформатора ТМН-1600/35 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="210 1174 956 1410" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Условное обозначение</th> <th>Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Т</td> <td></td> </tr> <tr> <td>М</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1600</td> <td></td> </tr> <tr> <td>35</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	Т		М		Н		1600		35																							
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения																																		
Т																																			
М																																			
Н																																			
1600																																			
35																																			

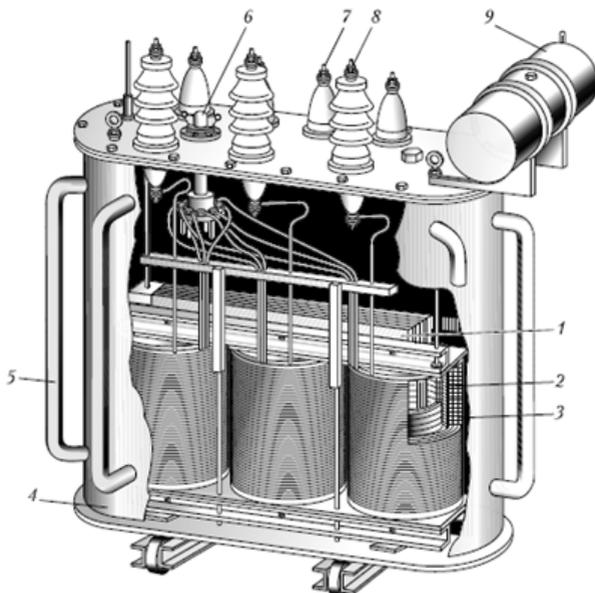
№ п/п	Вариант 3
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока увеличивается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>На рисунке изображены концы катушек одной фазы трансформатора в разрезе. Дорисуйте сердечник так, чтобы получился однофазный трансформатор со стержневой магнитной системой.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№  
п/п

Вариант 3

3 Устройство силового масляного трансформатора

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

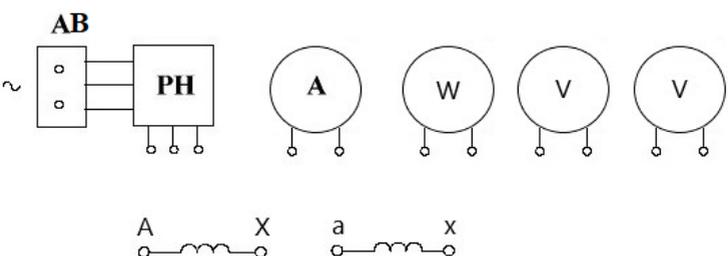
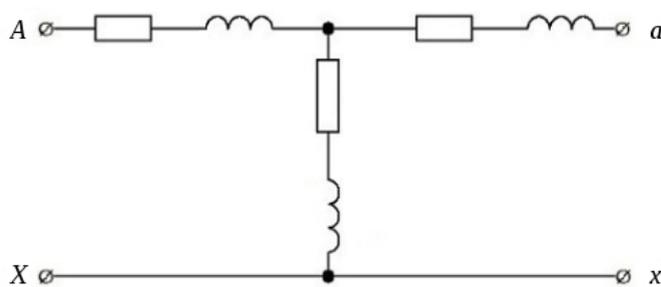


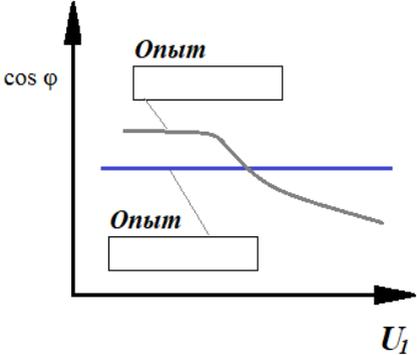
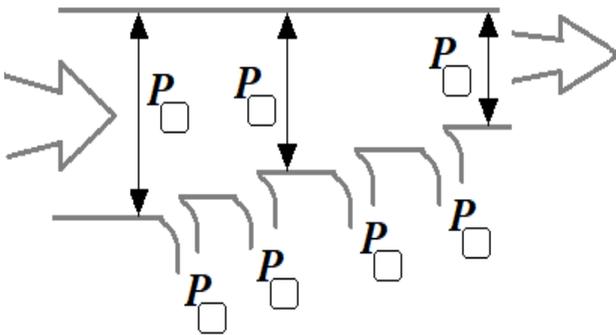
Назначение	Номера элементов на рисунке
Создание переменного магнитного поля	
Подключение к внешней цепи высокого напряжения	

4 Рабочий процесс

Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или -) и недостающие символы переменных (1, 2,  $\sigma_1$  или  $\sigma_2$ ), чтобы получилось уравнение равновесия напряжений и ЭДС для первичной обмотки трансформатора.

$$\dot{U} \quad \square \quad \dot{E} \quad \square \quad \dot{E} = \square \quad \dot{I} \times r$$

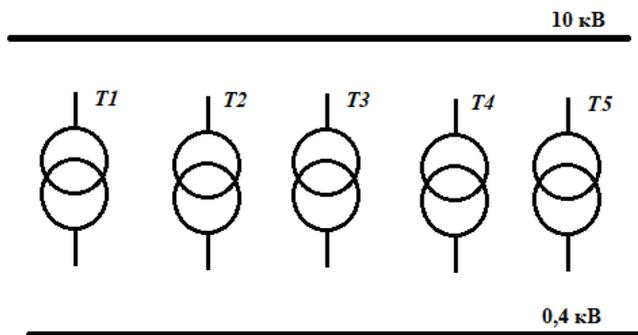
№ п/п	Вариант 3
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования однофазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Изобразите соединения между клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения опыта холостого хода.</p> 
6	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы замещения мощность потерь в стали трансформатора.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-top: 10px;"> <math>P_c =</math> </div>

№ п/п	<b>Вариант 3</b>
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b>          Обозначьте на графике названия опытов, в результате выполнения которых получены зависимости коэффициента мощности трансформатора от напряжения в первичной обмотке, имеющие следующий вид.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b>          Укажите с помощью соответствующих индексов основные виды потерь и мощностей в трансформаторе. Обведите наименьшие из всех потерь.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№ п/п	<b>Вариант 3</b>
----------	------------------

**9 Параллельная работа**

Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 10 кВ и 0,4 кВ.

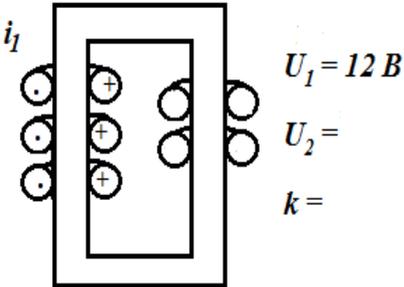
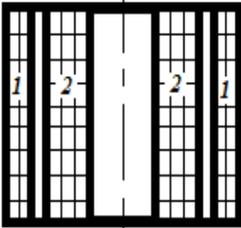


Трансформатор	Параметры трансформаторов			
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток
<i>T1</i>	10/0,4	20	4,7 %	Y/Y-6
<i>T2</i>	10/0,4	25	5 %	Y/Δ-11
<i>T3</i>	10/0,4	25	4,5 %	Y/Y-6
<i>T4</i>	10/0,4	25	4,5 %	Y/Δ-11
<i>T5</i>	10/0,4	25	4,7 %	Y/Δ-11

**10 Маркировка**

Расшифруйте марку трансформатора ТРДЦН-100000/220 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.

Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения
Т	
Р	
ДЦ	
Н	
100000	
110	

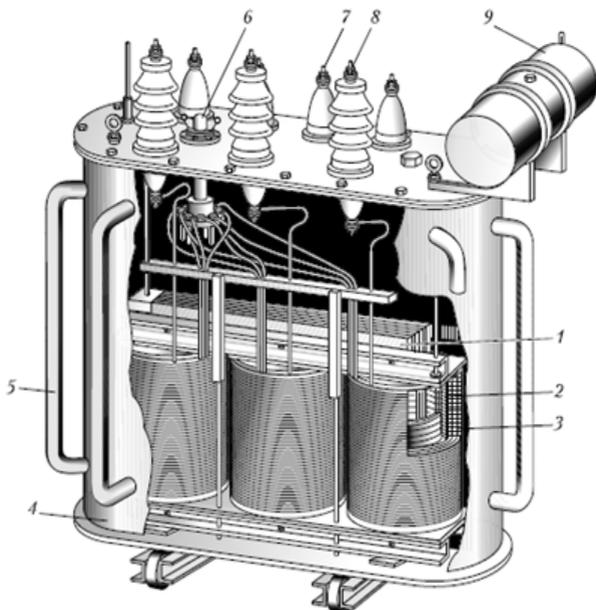
№ п/п	Вариант 4
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока увеличивается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>На рисунке изображены концерны катушек одной фазы трансформатора в разрезе. Дорисуйте сердечник так, чтобы получился однофазный трансформатор с броневого магнитной системой.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№  
п/п

Вариант 4

3 Устройство силового масляного трансформатора

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

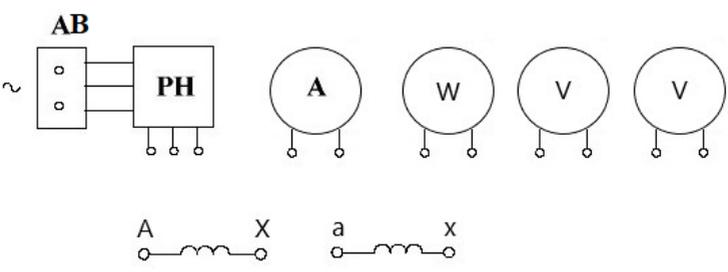
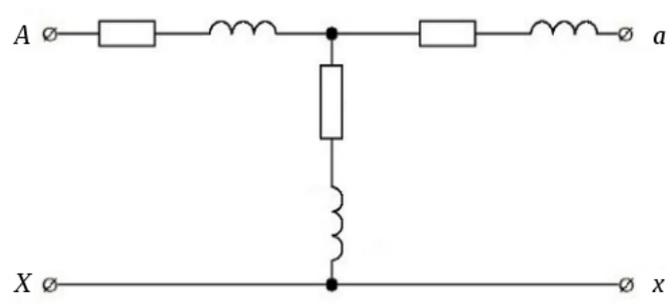


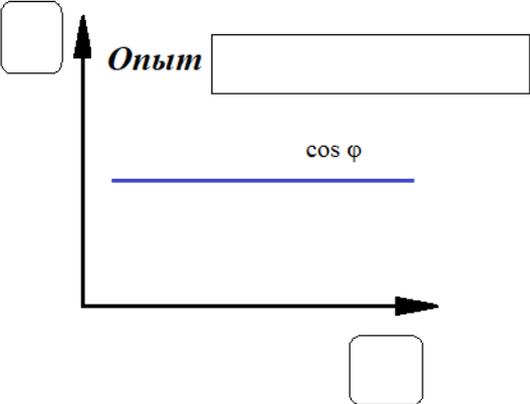
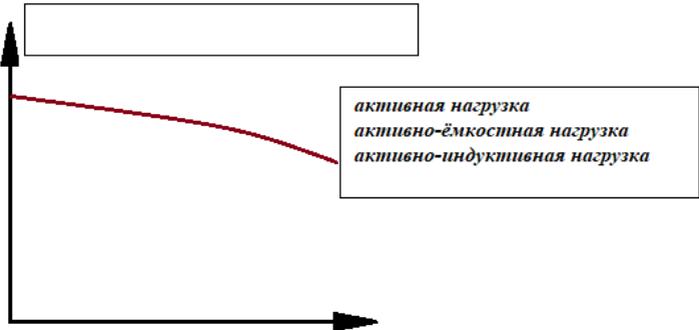
Назначение	Номера элементов на рисунке
Интенсификация охлаждения	
Подключение к внешней цепи низкого напряжения	

4 Рабочий процесс

Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или -) и недостающие символы переменных (1, 2,  $\sigma_1$  или  $\sigma_2$ ), чтобы получилось уравнение равновесия напряжений и ЭДС для вторичной обмотки трансформатора.

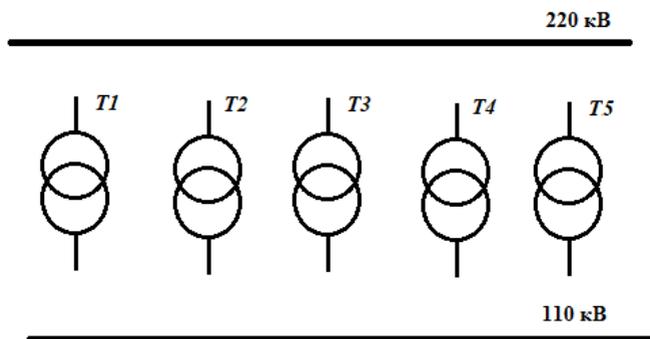
$$\square \dot{E} \square \dot{E} = \square \dot{I} \times r \square \dot{U}$$

№ п/п	Вариант 4
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования однофазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Изобразите соединения между клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения опыта короткого замыкания.</p> 
6	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы замещения электродвижущие силы (ЭДС), наводимые основным магнитным потоком трансформатора.</p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 40px; margin: 10px auto;"></div>

№ п/п	Вариант 4
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b>  Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика коэффициента мощности трансформатора, изображенная на рисунке. Обозначьте оси данного графика.</p> 
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b>  На рисунке изображена важнейшая эксплуатационная характеристика трансформатора. Обозначьте название характеристики и тип нагрузки трансформатора (вычеркнув ненужное). Подпишите оси.</p> 

№ п/п	<b>Вариант 4</b>
----------	------------------

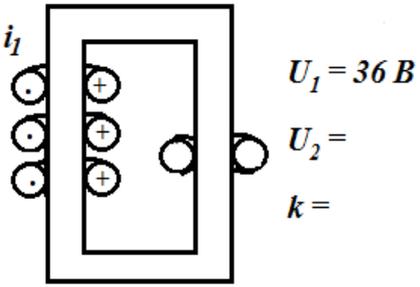
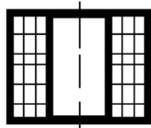
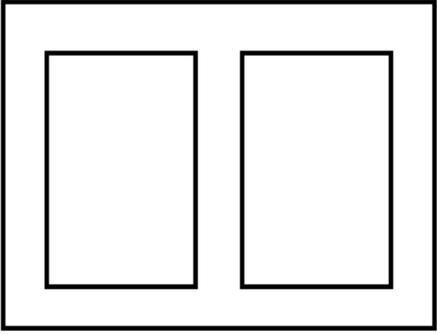
**9 Параллельная работа**  
 Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 220 кВ и 110 кВ.



Трансформатор	Параметры трансформаторов			
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток
<i>T1</i>	220/110	2	16,5 %	Y/Δ-11
<i>T2</i>	220/110	2	16 %	Y/Δ-11
<i>T3</i>	220/110	2,05	16 %	Y/Y-6
<i>T4</i>	220/110	2	17,8 %	Y/Δ-11
<i>T5</i>	220/110	2	14,3 %	Y/Δ-11

**10 Маркировка**  
 Расшифруйте марку трансформатора ТРДН-63000/110 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.

Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения
Т	
Р	
Д	
Н	
63000	
110	

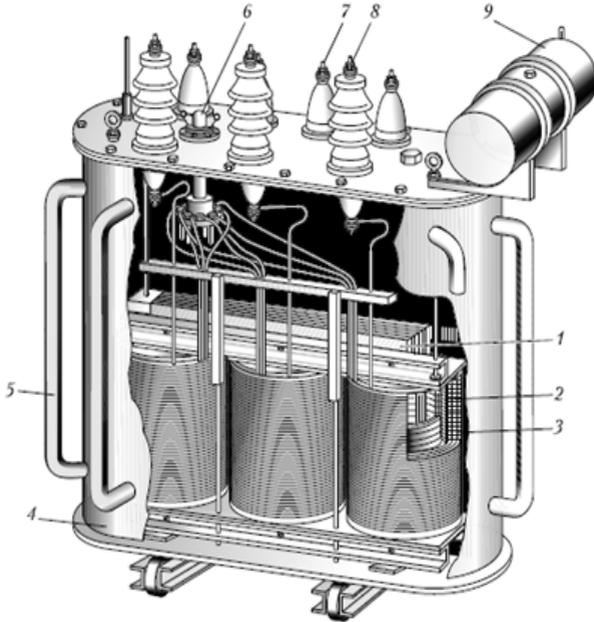
№ п/п	Вариант 5
<p><b>1</b></p>	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока уменьшается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p><b>2</b></p>	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>Используя условное изображение катушек (рис. а), изобразите на стержнях (рис. б) трехфазного стержневого трансформатора первичные и вторичные обмотки, являющиеся концентрическими.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 5

3 Устройство силового масляного трансформатора

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.



Назначение	Номера элементов на рисунке
Защита масла от окисления	
Активная часть	

4 Рабочий процесс

Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или -) и недостающие символы переменных (1, 2,  $\sigma_1$  или  $\sigma_2$ ), чтобы получилось уравнение равновесия напряжений и ЭДС для первичной обмотки трансформатора.

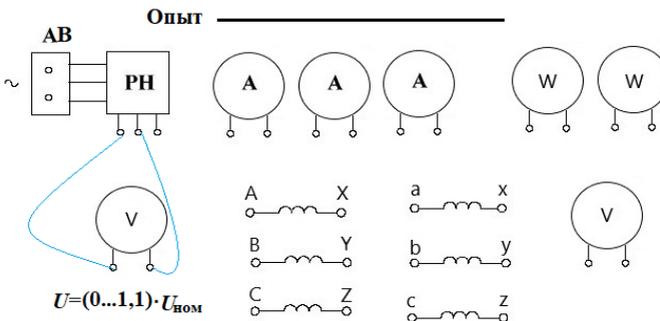
$$\dot{U} \square = \square \dot{E} \square j \cdot \dot{I}_{xx} \square \dot{I}_x r$$

№  
п/п

Вариант 5

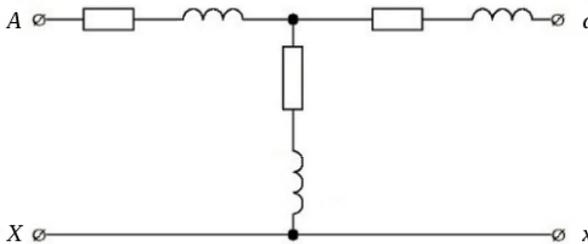
5 **Опыты холостого хода и короткого замыкания**

На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования трехфазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Запишите, как называется опытное исследование трансформатора при изменении первичного напряжения в заданных пределах. Изобразите соединения между оставшимися клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения данного опыта.



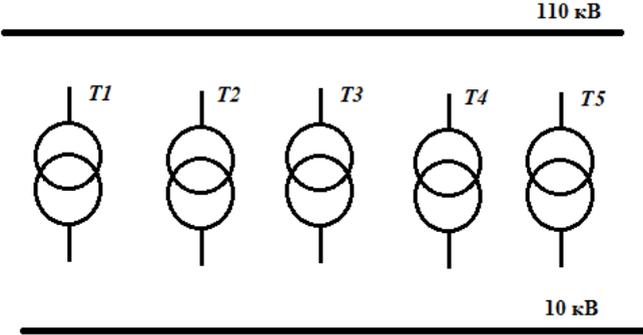
6 **Схема замещения**

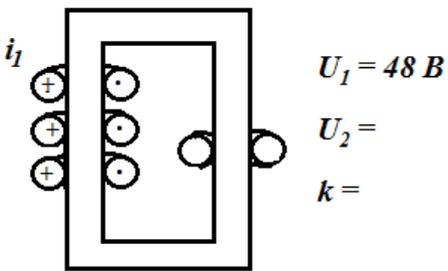
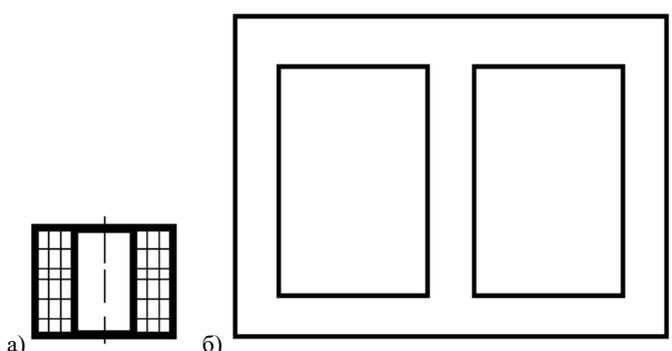
На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.



Выразите через сопротивления и токи схемы мощность, идущую на нагрев первичной обмотки трансформатора.

№ п/п	Вариант 5
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика изменения активной мощности, изображенная на рисунке. Известно, что эта мощность расходуется на нагрев сердечника трансформатора. Обозначьте оси данного графика.</p> <div data-bbox="333 427 837 821" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"><i>Опыт</i> <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></span></p> <p style="text-align: center;"><i>P</i></p> </div>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>На рисунке изображена важнейшая эксплуатационная характеристика трансформатора. Обозначьте название характеристики и тип нагрузки трансформатора (вычеркните ненужное). Подпишите оси.</p> <div data-bbox="244 1061 938 1385" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 150px; height: 25px; vertical-align: middle;"></span></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p><i>активная нагрузка</i></p> <p><i>активно-ёмкостная нагрузка</i></p> <p><i>активно-индуктивная нагрузка</i></p> </div> </div>

№ п/п	<b>Вариант 5</b>																																		
<b>9</b>	<p><b>Параллельная работа</b></p> <p>Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 110 кВ и 10 кВ.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="210 727 958 1023"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Трансформатор</th> <th colspan="4">Параметры трансформаторов</th> </tr> <tr> <th>Класс напряжения, кВ</th> <th>Коэффициент трансформации</th> <th>Напряжение КЗ, %</th> <th>Схема обмоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>T1</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>11 %</td> <td>Y/Y-6</td> </tr> <tr> <td><i>T2</i></td> <td>220/10</td> <td>22</td> <td>11 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T3</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>11,3 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T4</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>11 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T5</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>9,8 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> </tbody> </table>	Трансформатор	Параметры трансформаторов				Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток	<i>T1</i>	110/10	11	11 %	Y/Y-6	<i>T2</i>	220/10	22	11 %	Y/Δ-11	<i>T3</i>	110/10	11	11,3 %	Y/Δ-11	<i>T4</i>	110/10	11	11 %	Y/Δ-11	<i>T5</i>	110/10	11	9,8 %	Y/Δ-11
Трансформатор	Параметры трансформаторов																																		
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток																															
<i>T1</i>	110/10	11	11 %	Y/Y-6																															
<i>T2</i>	220/10	22	11 %	Y/Δ-11																															
<i>T3</i>	110/10	11	11,3 %	Y/Δ-11																															
<i>T4</i>	110/10	11	11 %	Y/Δ-11																															
<i>T5</i>	110/10	11	9,8 %	Y/Δ-11																															
<b>10</b>	<p><b>Маркировка</b></p> <p>Расшифруйте марку трансформатора ТМ-400/10 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="210 1214 958 1417"> <thead> <tr> <th>Условное обозначение</th> <th>Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Т</td> <td></td> </tr> <tr> <td>М</td> <td></td> </tr> <tr> <td>400</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	Т		М		400		10																									
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения																																		
Т																																			
М																																			
400																																			
10																																			

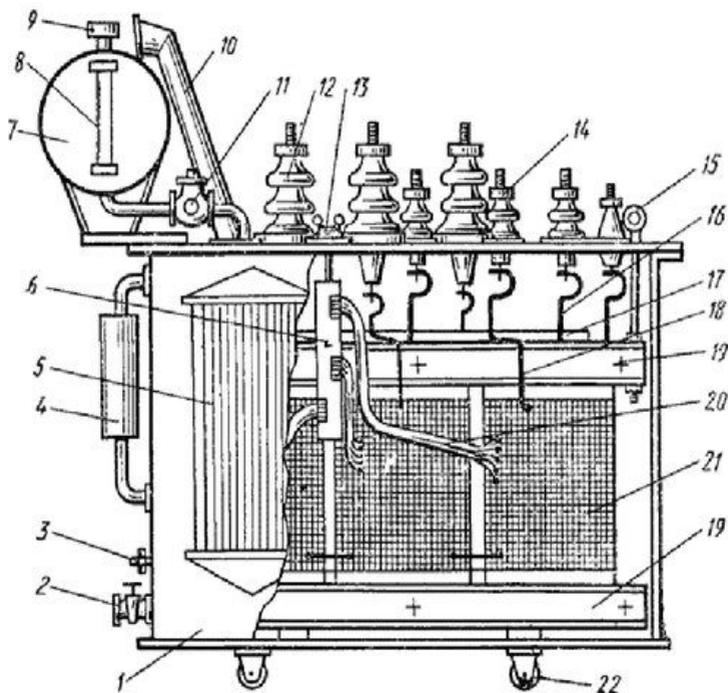
№ п/п	Вариант 6
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока увеличивается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>Используя условное изображение катушек (рис. а), изобразите на стержнях (рис. б) трехфазного стержневого трансформатора первичные и вторичные обмотки, являющиеся чередующимися.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№  
п/п

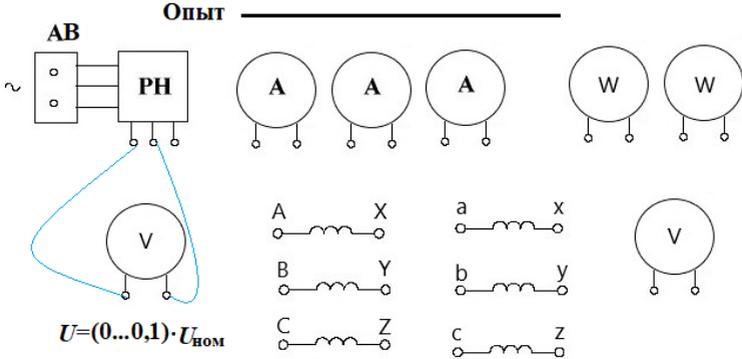
Вариант 6

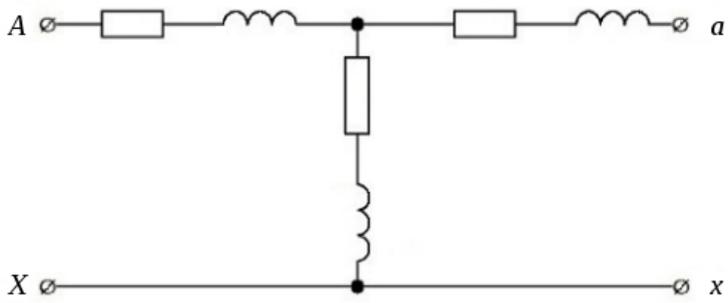
3 Устройство силового масляного трансформатора

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.



Назначение	Номера элементов на рисунке
Опрессовка верхнего и нижнего ярма магнитопровода	
Интенсификация системы охлаждения	

№ п/п	Вариант 6
4	<p><b>Рабочий процесс</b></p> <p>Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или –) и недостающие символы переменных (1, 2, <math>\sigma</math> или <math>\sigma_2</math>), чтобы получилось уравнение равновесия напряжений и ЭДС для вторичной обмотки трансформатора.</p> $\dot{U}_{\square} = \square \dot{E}_{\square} \square j \cdot \dot{I}_{x} x_{\square} \square \dot{I}_{x} r_{\square}$
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования трехфазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Запишите, как называется опытное исследование трансформатора при изменении первичного напряжения в заданных пределах. Изобразите соединения между оставшимися клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения данного опыта.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Опыт</b> _____</p> <p><math>U = (0 \dots 0,1) \cdot U_{\text{ном}}</math></p>

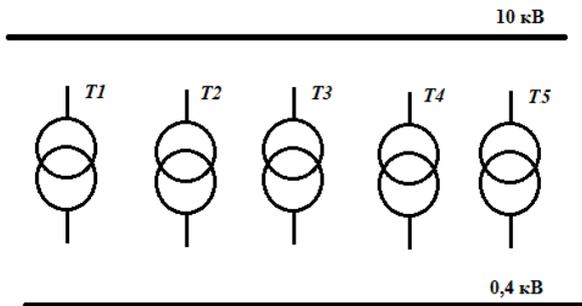
№ п/п	Вариант 6
6	<p data-bbox="202 199 420 223"><b>Схема замещения</b></p> <p data-bbox="202 231 966 327">На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p data-bbox="202 718 966 821">Выразите через сопротивления и токи схемы замещения электродвижущие силы ЭДС, наводимые потоками рассеяния трансформатора.</p> <div data-bbox="414 853 744 933" style="border: 1px solid black; height: 50px; width: 300px; margin: 20px auto;"></div>

№ п/п	Вариант 6
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика изменения активной мощности, изображенная на рисунке. Известно, что эта мощность расходуется на нагрев обмоток трансформатора. Обозначьте оси данного графика.</p> <div data-bbox="344 432 815 799" style="text-align: center;"> <p style="text-align: center;"><i>Опыт</i> <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></span></p> <p style="text-align: center;"><i>P</i></p> </div>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>В процессе эксплуатации трансформатора с регулировочным устройством типа ПБВ первичное линейное напряжение изменилось с <math>U_{1Н} = 10</math> кВ до <math>U_1 = 9,5</math> кВ. В какое положение необходимо перевести переключатель числа витков первичной обмотки, чтобы напряжение на вторичной стороне трансформатора осталось без изменения: <math>U_2 = U_{2Н}</math> (вычеркните ненужное).</p> <div data-bbox="375 1102 851 1428" style="text-align: center;"> </div>

№ п/п	<b>Вариант 6</b>
----------	------------------

**9 Параллельная работа**

Определите, какие из приведенных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 10 кВ и 0,4 кВ.

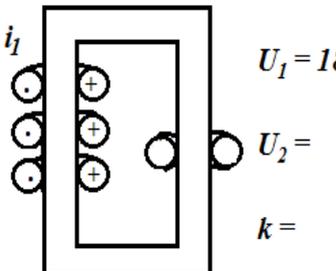
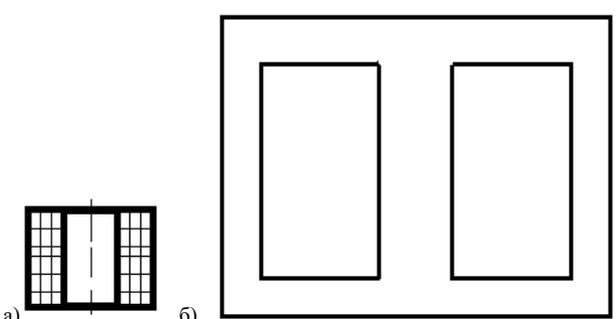


Трансформатор	Параметры трансформаторов			
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток
<i>T1</i>	10/0,4	25	4,7 %	I/I-0
<i>T2</i>	10/0,4	25	5 %	Y/Δ-11
<i>T3</i>	10/0,4	25	4,3 %	Y/Δ-11
<i>T4</i>	10/0,4	25	4,5 %	Y/Δ-11
<i>T5</i>	10/0,4	20	4,7 %	Y/Δ-11

**10 Маркировка**

Расшифруйте марку трансформатора АОДЦН-125000/330 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.

Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения
А	
О	
ДЦ	
Н	
125000	
330	

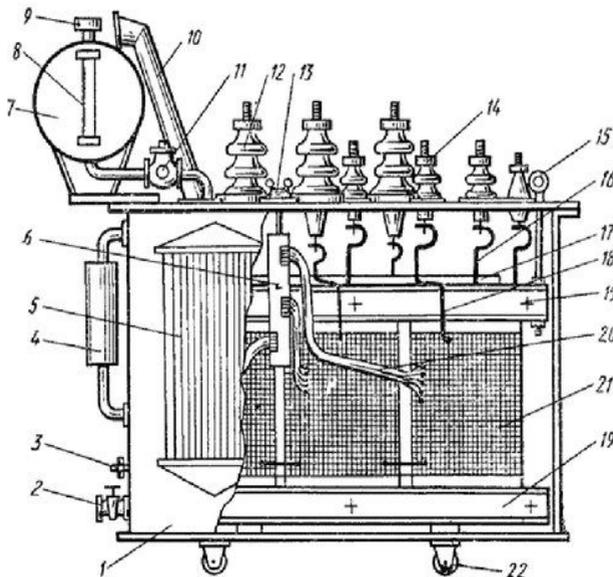
№ п/п	Вариант 7
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление тока (<math>i_1</math>), протекающего в данный момент по виткам первичной обмотки трансформатора. Изобразите силовые линии и обозначьте стрелками направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока уменьшается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>Используя условное изображение катушек (рис. а), изобразите на стержнях (рис. б) однофазного броневое трансформатора первичные и вторичные обмотки, являющиеся концентрическими.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№  
п/п

Вариант 7

3 Устройство силового масляного трансформатора

Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

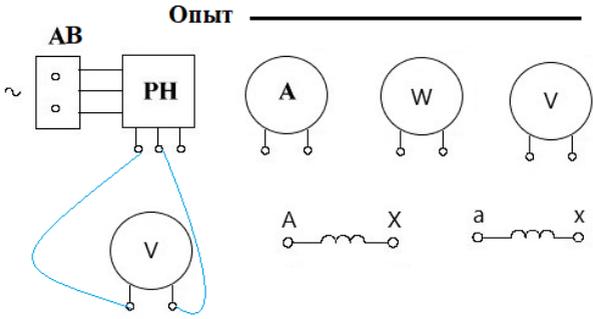
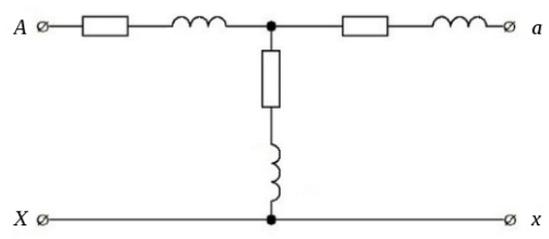


Назначение	Номера элементов на рисунке
Защита бака трансформатора от повреждения при коротком замыкании	
Регулирование напряжения	

4 Рабочий процесс

Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или -) и недостающие символы переменных (1, 2, или 12), чтобы получилось уравнение МДС трансформатора, записанное через токи ( $i'_2 = i_2 \left(\frac{w_2}{w_1}\right)$ ,  $i_{12}$  и  $i_1$ ).

$$i = \square i \square i'$$

№ п/п	Вариант 7
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования однофазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Запишите, как называется опытное исследование трансформатора при изменении первичного напряжения в заданных пределах. Изобразите соединения между оставшимися клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения данного опыта.</p> <p style="text-align: center;"><b>Опыт</b> _____</p>  <p style="text-align: center;"><math>U=(0...1,1) \cdot U_{\text{ном}}</math></p>
6	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы мощность, идущую на нагрев сердечника трансформатора.</p> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 40px; margin: 10px auto;"></div>

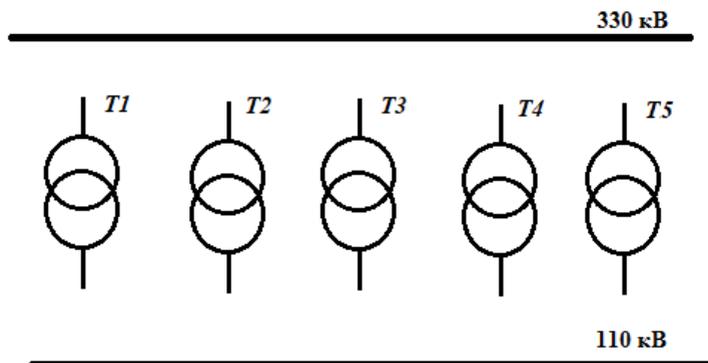
№ п/п	Вариант 7
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика изменения активной мощности, изображенная на рисунке. Известно, что величина этой мощности зависит от свойств материала, из которого изготовлены обмотки трансформатора. Обозначьте оси данного графика.</p> <div data-bbox="344 427 823 802" style="text-align: center;"> </div>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>В процессе эксплуатации трансформатора с регулировочным устройством типа ПБВ первичное линейное напряжение изменилось с <math>U_{1Н} = 20</math> кВ до <math>U_1 = 21</math> кВ. В какое положение необходимо перевести переключатель числа витков первичной обмотки, чтобы напряжение на вторичной стороне трансформатора осталось без изменения: <math>U_2 = U_{2Н}</math> (вычеркните ненужное).</p> <div data-bbox="349 1114 831 1439" style="text-align: center;"> </div>

№  
п/п

Вариант 7

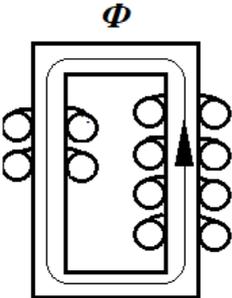
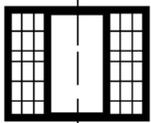
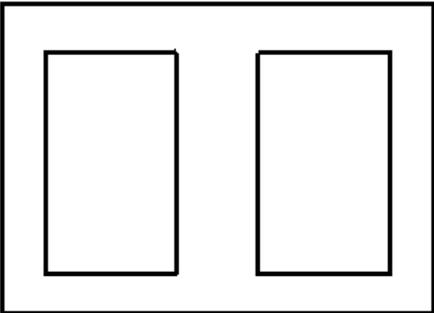
9 Параллельная работа

Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 330 кВ и 110 кВ.



Трансформатор	Параметры трансформаторов			
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток
<i>T1</i>	330/110	3	9,5 %	Y/Δ-11
<i>T2</i>	330/110	3	11 %	Y/Y-6
<i>T3</i>	330/110	3	10 %	Y/Δ-11
<i>T4</i>	330/110	3	11 %	Y/Δ-11
<i>T5</i>	220/110	2	11 %	Y/Δ-11

№ п/п	<b>Вариант 7</b>																			
<b>10</b>	<p><b>Маркировка</b> Расшифруйте марку трансформатора АОДЦТН-167000/500/220 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="208 347 955 821"> <thead> <tr> <th data-bbox="208 347 387 427">Условное обозначение</th> <th data-bbox="387 347 955 427">Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="208 427 387 475">А</td> <td data-bbox="387 427 955 475"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 475 387 523">О</td> <td data-bbox="387 475 955 523"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 523 387 571">ДЦ</td> <td data-bbox="387 523 955 571"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 571 387 619">Т</td> <td data-bbox="387 571 955 619"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 619 387 667">Н</td> <td data-bbox="387 619 955 667"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 667 387 715">167000</td> <td data-bbox="387 667 955 715"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 715 387 762">500</td> <td data-bbox="387 715 955 762"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="208 762 387 821">220</td> <td data-bbox="387 762 955 821"></td> </tr> </tbody> </table>		Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	А		О		ДЦ		Т		Н		167000		500		220	
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения																			
А																				
О																				
ДЦ																				
Т																				
Н																				
167000																				
500																				
220																				

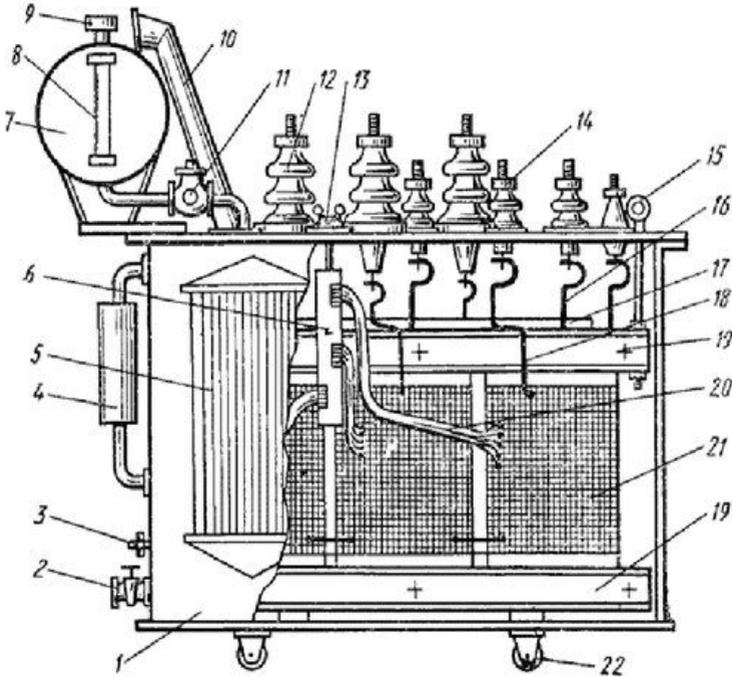
№ п/п	Вариант 8
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Обозначьте знаками (+ и •) направление мгновенного тока, протекающего по виткам первичной обмотки (<math>i_1</math>) и создающего данный магнитный поток. Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока уменьшается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right; margin-right: 50px;"> <math>U_1 = 12\text{ В}</math>  <math>U_2 =</math>  <math>k =</math> </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>Используя условное изображение катушек (рис. а), изображите на стержнях (рис. б) однофазного броневое трансформатора первичные и вторичные обмотки, являющиеся чередующимися.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> </div>

№  
п/п

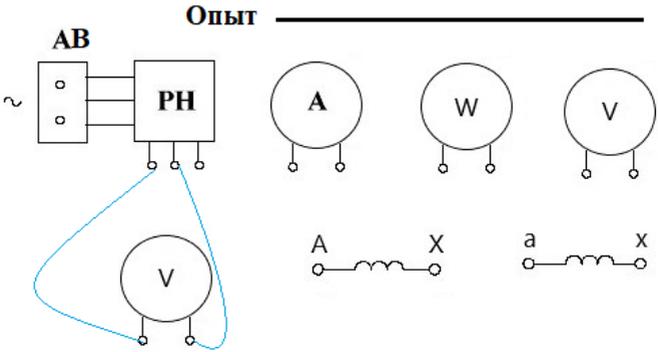
Вариант 8

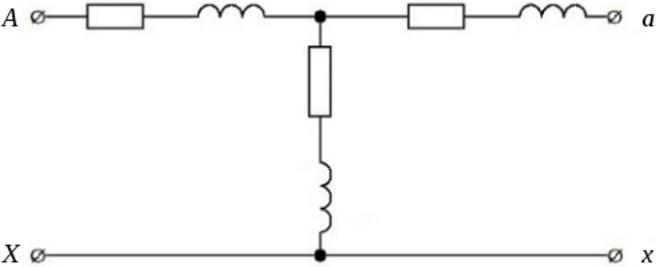
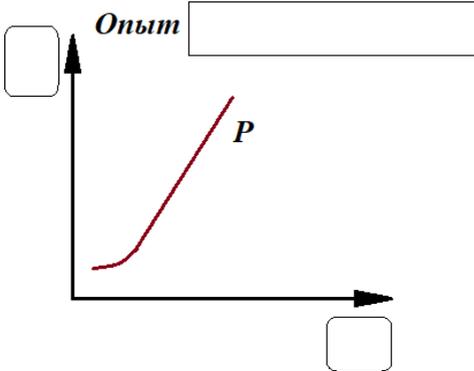
3 Устройство силового масляного трансформатора

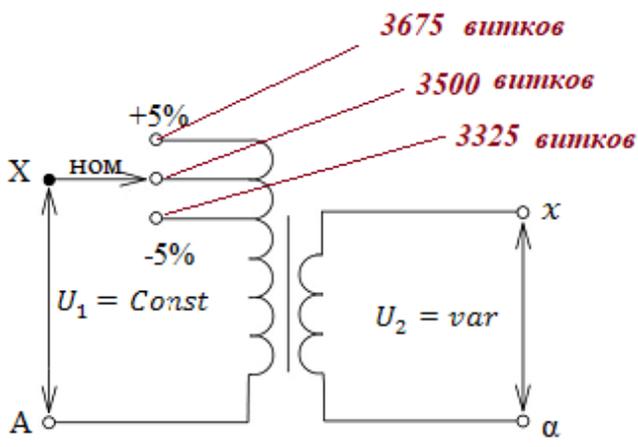
Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

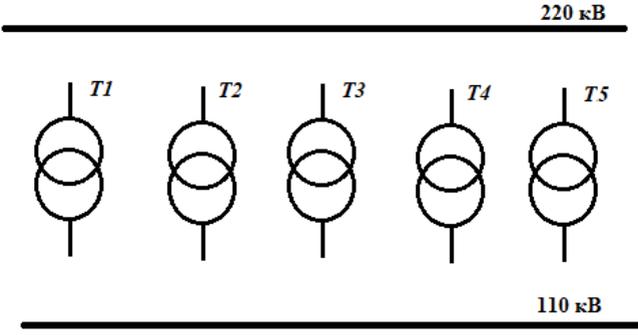


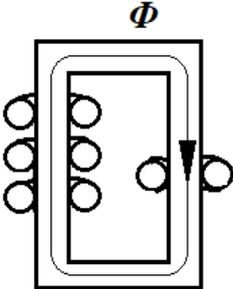
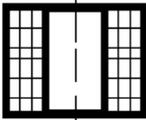
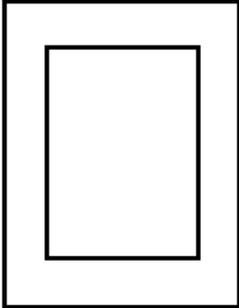
Назначение	Номера элементов на рисунке
Осушение трансформаторного масла	
Подключение к внешней цепи низкого напряжения	

№ п/п	<b>Вариант 8</b>
4	<p><b>Рабочий процесс</b></p> <p>Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или –) и недостающие символы переменных (1 или 2), чтобы получилось уравнение МДС трансформатора.</p> $\dot{F}_{12} = \square \dot{F} \square \dot{F}$
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования однофазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Запишите, как называется опытное исследование трансформатора при изменении первичного напряжения в заданных пределах. Изобразите соединения между оставшимися клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения данного опыта.</p> <p style="text-align: center;"><b>Опыт</b> _____</p>  <p style="text-align: center;"><math>U=(0\dots 0,1) \cdot U_{\text{ном}}</math></p>

№ п/п	Вариант 8
6	<p><b>Схема замещения</b>  На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы мощность, идущую на нагрев вторичной обмотки трансформатора.</p> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px; margin: 0 auto;"></div>
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b>  Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика изменения активной мощности, изображенная на рисунке. Известно, что величина этой мощности зависит от свойств материала, из которого изготовлен магнитопровод трансформатора. Обозначьте оси данного графика.</p> 

№ п/п	<b>Вариант 8</b>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>В процессе эксплуатации трансформатора с регулировочным устройством типа ПБВ первичное линейное напряжение изменилось с <math>U_{1Н} = 35</math> кВ до <math>U_1 = 33,25</math> кВ. В какое положение необходимо перевести переключатель числа витков первичной обмотки, чтобы напряжение на вторичной стороне трансформатора осталось без изменения: <math>U_2 = U_{2Н}</math> (вычеркните ненужное).</p> 

№ п/п	<b>Вариант 8</b>																																		
<b>9</b>	<p><b>Параллельная работа</b>            Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 220 кВ и 110 кВ.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="215 703 957 1002" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: center;">Трансформатор</th> <th colspan="4" style="text-align: center;">Параметры трансформаторов</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Класс напряжения, кВ</th> <th style="text-align: center;">Коэффициент трансформации</th> <th style="text-align: center;">Напряжение КЗ, %</th> <th style="text-align: center;">Схема обмоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><i>T1</i></td> <td style="text-align: center;">220/110</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">12,5 %</td> <td style="text-align: center;">Y/Y-6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>T2</i></td> <td style="text-align: center;">330/110</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">12 %</td> <td style="text-align: center;">Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>T3</i></td> <td style="text-align: center;">220/110</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">12 %</td> <td style="text-align: center;">Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>T4</i></td> <td style="text-align: center;">220/110</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">12,5 %</td> <td style="text-align: center;">Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><i>T5</i></td> <td style="text-align: center;">220/110</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">13,5 %</td> <td style="text-align: center;">Y/Δ-11</td> </tr> </tbody> </table>	Трансформатор	Параметры трансформаторов				Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток	<i>T1</i>	220/110	2	12,5 %	Y/Y-6	<i>T2</i>	330/110	3	12 %	Y/Δ-11	<i>T3</i>	220/110	2	12 %	Y/Δ-11	<i>T4</i>	220/110	2	12,5 %	Y/Δ-11	<i>T5</i>	220/110	2	13,5 %	Y/Δ-11
Трансформатор	Параметры трансформаторов																																		
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток																															
<i>T1</i>	220/110	2	12,5 %	Y/Y-6																															
<i>T2</i>	330/110	3	12 %	Y/Δ-11																															
<i>T3</i>	220/110	2	12 %	Y/Δ-11																															
<i>T4</i>	220/110	2	12,5 %	Y/Δ-11																															
<i>T5</i>	220/110	2	13,5 %	Y/Δ-11																															
<b>10</b>	<p><b>Маркировка</b>            Расшифруйте марку трансформатора ТРДЦН-100000/220 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="215 1214 953 1453" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Условное обозначение</th> <th style="text-align: center;">Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Т</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Р</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">ДЦ</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Н</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">100000</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">220</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	Т		Р		ДЦ		Н		100000		220																					
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения																																		
Т																																			
Р																																			
ДЦ																																			
Н																																			
100000																																			
220																																			

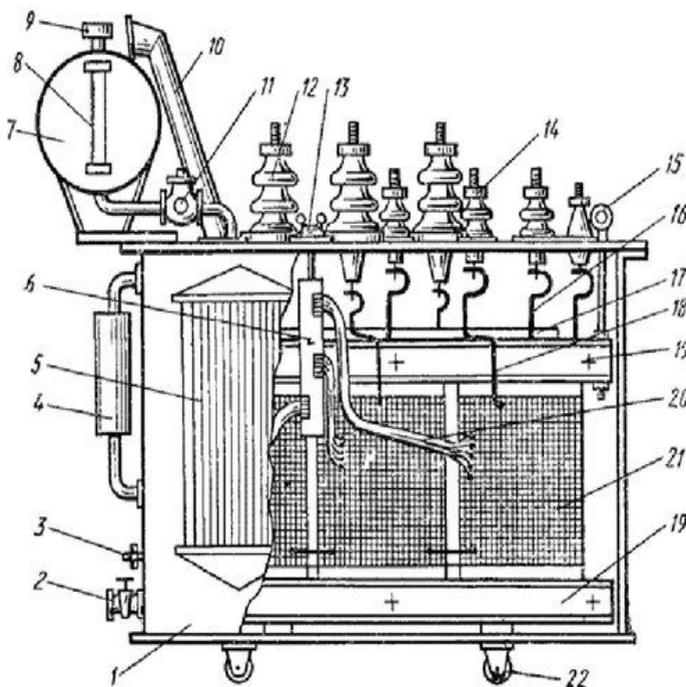
№ п/п	Вариант 9
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Обозначьте знаками (+ и •) направление мгновенного тока, протекающего по виткам первичной обмотки (<math>i_1</math>) и создающего данный магнитный поток. Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока уменьшается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right; margin-right: 50px;"> <math>U_1 = 36 \text{ В}</math>  <math>U_2 =</math>  <math>k =</math> </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>Используя условное изображение катушек (рис. а), изобразите на стержнях (рис. б) однофазного стержневого трансформатора первичные и вторичные обмотки, являющиеся чередующимися.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>а)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>б)</p> </div> </div>

№  
п/п

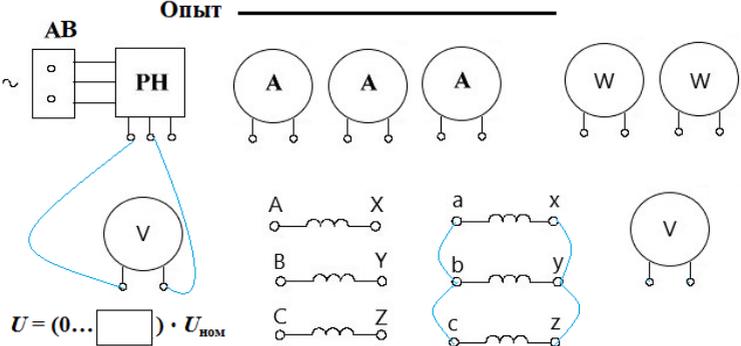
Вариант 9

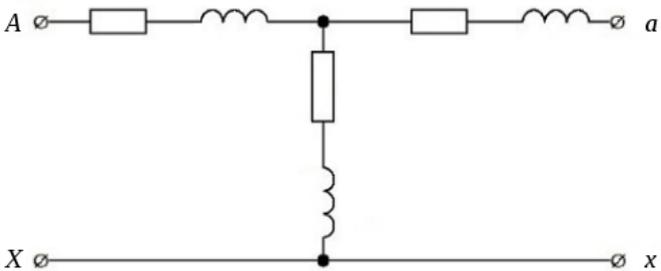
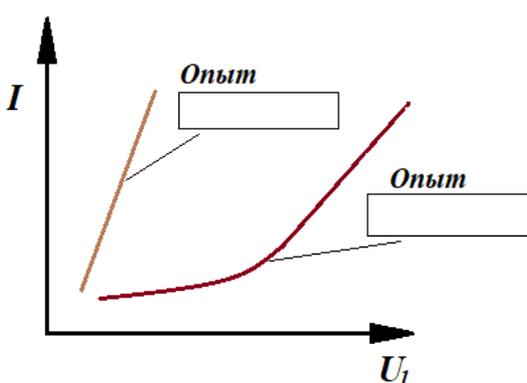
3 Устройство силового масляного трансформатора

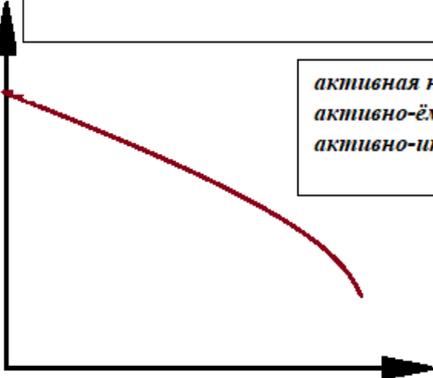
Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

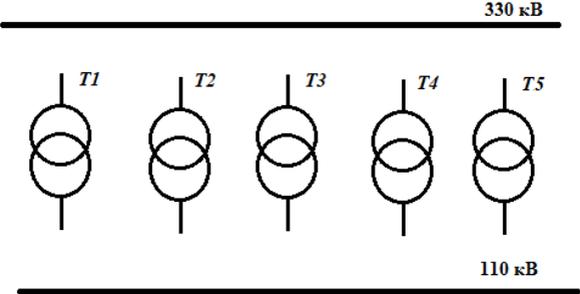


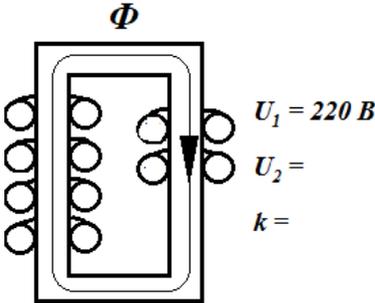
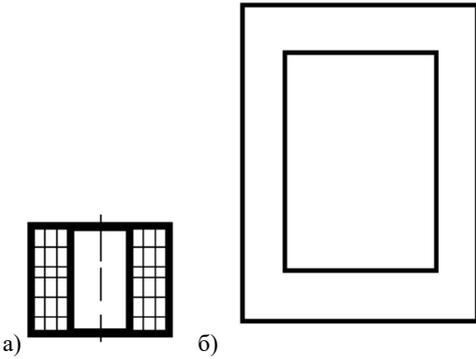
Назначение	Номера элементов на рисунке
Подключение к внешней цепи высокого напряжения	
Защита трансформаторного масла от окисления	

№ п/п	Вариант 9
4	<p><b>Рабочий процесс</b></p> <p>Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или -) и недостающие символы переменных (1 или 2), чтобы получилось уравнение МДС трансформатора.</p> $\square \dot{F} = \dot{F}_{12} \square \dot{F} \square$
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования трехфазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Запишите, как называется опытное исследование трансформатора при заданном соединении вторичной обмотки. Укажите предел изменения напряжения на первичной стороне трансформатора при проведении этого исследования. Изобразите соединения между оставшимися клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения данного опыта.</p>  <p><math>U = (0 \dots \square) \cdot U_{\text{ном}}</math></p>

№ п/п	Вариант 9
<p>6</p> <p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы электродвижущие силы (ЭДС), наводимые в первичной обмотке трансформатора.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 30px;"></div> </div>	<p>7</p> <p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>Обозначьте на графике названия опытов, в результате выполнения которых получены зависимости тока от напряжения в первичной обмотке трансформатора, имеющие следующий вид.</p> 

№ п/п	<b>Вариант 9</b>
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>На рисунке изображена важнейшая эксплуатационная характеристика трансформатора. Обозначьте название характеристики и тип нагрузки трансформатора (вычеркнуть ненужное). Подпишите оси.</p> <div style="text-align: center;"> <div data-bbox="258 416 715 480" style="border: 1px solid black; width: 408px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div>  <div data-bbox="533 496 950 632" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p><i>активная нагрузка</i></p> <p><i>активно-ёмкостная нагрузка</i></p> <p><i>активно-индуктивная нагрузка</i></p> </div> </div>

№ п/п	<b>Вариант 9</b>																																		
<b>9</b>	<p><b>Параллельная работа</b></p> <p>Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 330 кВ и 110 кВ.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="213 657 953 954"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Трансформатор</th> <th colspan="4">Параметры трансформаторов</th> </tr> <tr> <th>Класс напряжения, кВ</th> <th>Коэффициент трансформации</th> <th>Напряжение КЗ, %</th> <th>Схема обмоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>T1</i></td> <td>330/110</td> <td>3</td> <td>16 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T2</i></td> <td>330/110</td> <td>3</td> <td>16 %</td> <td>Y/Y-6</td> </tr> <tr> <td><i>T3</i></td> <td>330/110</td> <td>3</td> <td>14 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T4</i></td> <td>330/110</td> <td>3</td> <td>18 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T5</i></td> <td>330/110</td> <td>3</td> <td>15,5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> </tbody> </table>	Трансформатор	Параметры трансформаторов				Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток	<i>T1</i>	330/110	3	16 %	Y/Δ-11	<i>T2</i>	330/110	3	16 %	Y/Y-6	<i>T3</i>	330/110	3	14 %	Y/Δ-11	<i>T4</i>	330/110	3	18 %	Y/Δ-11	<i>T5</i>	330/110	3	15,5 %	Y/Δ-11
Трансформатор	Параметры трансформаторов																																		
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток																															
<i>T1</i>	330/110	3	16 %	Y/Δ-11																															
<i>T2</i>	330/110	3	16 %	Y/Y-6																															
<i>T3</i>	330/110	3	14 %	Y/Δ-11																															
<i>T4</i>	330/110	3	18 %	Y/Δ-11																															
<i>T5</i>	330/110	3	15,5 %	Y/Δ-11																															
<b>10</b>	<p><b>Маркировка</b></p> <p>Расшифруйте марку трансформатора ТДЦ-80000/110 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="213 1177 953 1378"> <thead> <tr> <th>Условное обозначение</th> <th>Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Т</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ДЦ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>80000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>110</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	Т		ДЦ		80000		110																									
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения																																		
Т																																			
ДЦ																																			
80000																																			
110																																			

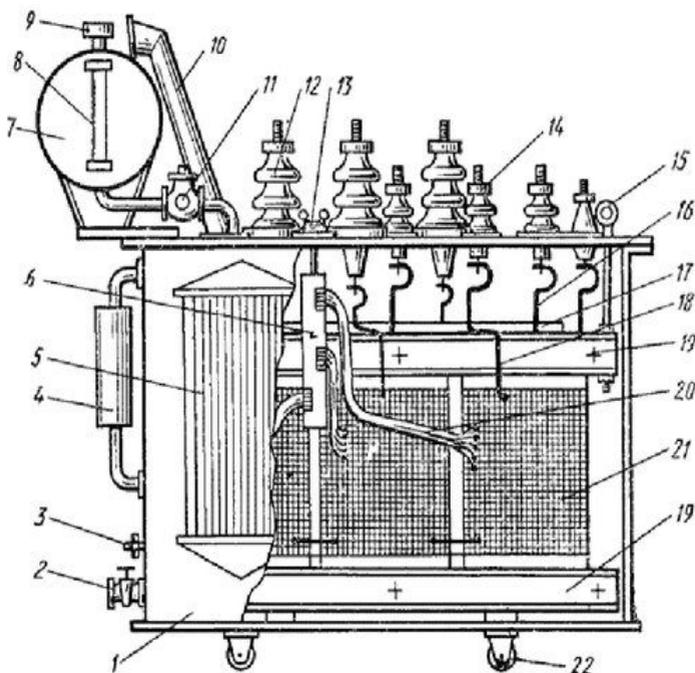
№ п/п	Вариант 10
1	<p><b>Принцип действия трансформатора</b></p> <p>Задано направление основного магнитного потока (<math>\Phi</math>). Обозначьте знаками (+ и •) направление мгновенного тока, протекающего по виткам первичной обмотки (<math>i_1</math>) и создающего данный магнитный поток. Определите направление ЭДС (<math>e_2</math>), индуцируемой в витках вторичной обмотки, если известно, что мгновенное значение потока увеличивается. Определите величину напряжения на вторичной обмотке и коэффициент трансформации, если известно напряжение первичной обмотки трансформатора.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
2	<p><b>Конструкция активной части</b></p> <p>Используя условное изображение катушек (рис. а), изобразите на стержнях (рис. б) однофазного стержневого трансформатора первичные и вторичные обмотки, являющиеся концентрическими.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№  
п/п

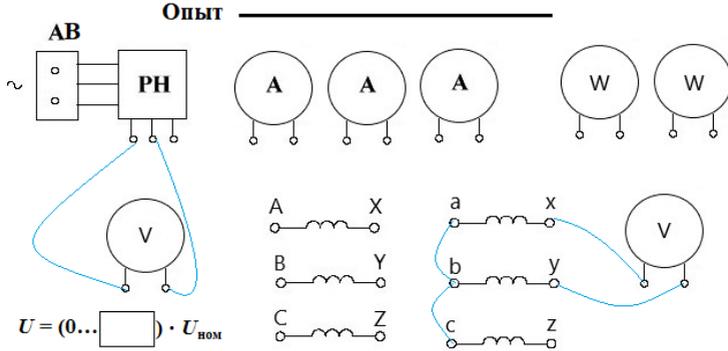
Вариант 10

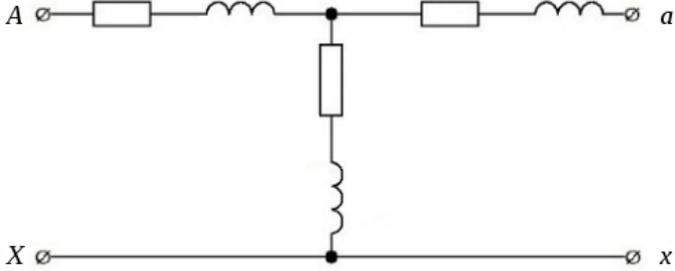
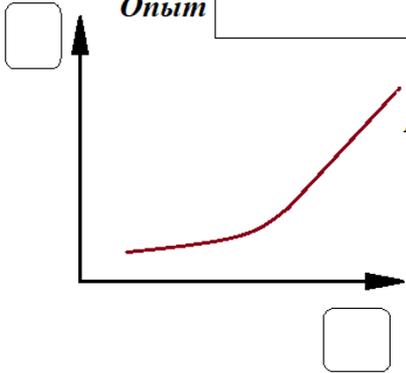
3 Устройство силового масляного трансформатора

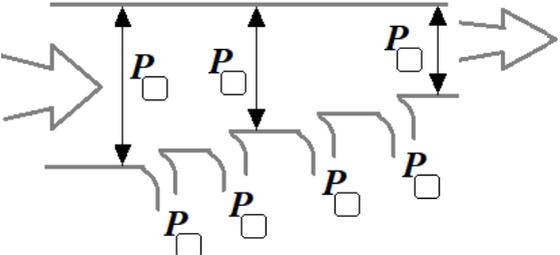
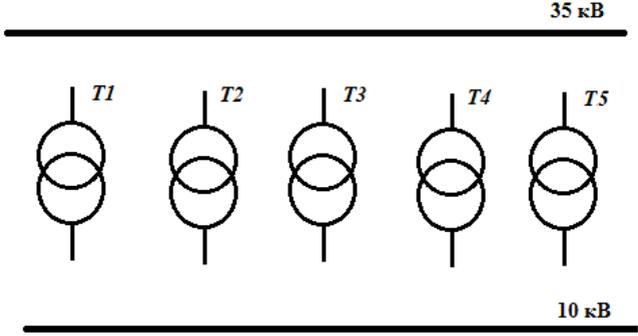
Как обозначены на рисунке элементы, выполняющие указанное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.



Назначение	Номера элементов на рисунке
Активная часть	
Отключение трансформатора от внешней цепи при коротком замыкании	

№ п/п	Вариант 10
4	<p><b>Рабочий процесс</b></p> <p>Вставьте пропущенные знаки математических действий (+ или –) и недостающие символы переменных (1 или 2), чтобы получилось уравнение МДС трансформатора.</p> $\square \dot{F} = \square \dot{F} \square \dot{F}_{12}$
5	<p><b>Опыты холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>На рисунке показана схема лабораторного стенда для исследования трехфазного трансформатора. РН – регулятор напряжения, АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр, W – ваттметр. Запишите, как называется опытное исследование трансформатора при заданном соединении вторичной обмотки. Укажите предел изменения напряжения на первичной стороне трансформатора при проведении этого исследования. Изобразите соединения между оставшимися клеммами приборов и обмотками трансформатора, требующиеся для проведения данного опыта.</p>  <p>Опыт _____</p> <p><math>U = (0 \dots \square) \cdot U_{ном}</math></p>

№ п/п	Вариант 10
6	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>На рисунке изображена схема замещения трансформатора. Обозначьте напряжения, ЭДС, токи, активные и индуктивные сопротивления.</p>  <p>Выразите через сопротивления и токи схемы электродвижущие силы (ЭДС), наводимые во вторичной обмотке трансформатора.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 30px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 30px;"></div> </div>
7	<p><b>Характеристики холостого хода и короткого замыкания</b></p> <p>Подпишите название опыта, в ходе выполнения которого могла быть снята характеристика тока, изображенная на рисунке. Обозначьте оси данного графика.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>Опыт <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 20px; vertical-align: middle;"></span></p>  </div>

№ п/п	Вариант 10																																		
8	<p><b>Эксплуатационные характеристики</b></p> <p>Укажите с помощью соответствующих индексов основные виды потерь и мощностей в трансформаторе. Обведите потери, зависящие от величины нагрузки.</p> 																																		
9	<p><b>Параллельная работа</b></p> <p>Определите, какие из приведенных трехфазных трансформаторов могут быть включены на параллельную работу. Изобразите присоединения этих трансформаторов к шинам 35 кВ и 10 кВ.</p>  <table border="1" data-bbox="221 1149 957 1449"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Трансформатор</th> <th colspan="4">Параметры трансформаторов</th> </tr> <tr> <th>Класс напряжения, кВ</th> <th>Коэффициент трансформации</th> <th>Напряжение КЗ, %</th> <th>Схема обмоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>T1</i></td> <td>110/10</td> <td>11</td> <td>4,5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T2</i></td> <td>35/10</td> <td>3,5</td> <td>4,0 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T3</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>4,5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T4</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>4,7 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> <tr> <td><i>T5</i></td> <td>35/10</td> <td>3,3</td> <td>5 %</td> <td>Y/Δ-11</td> </tr> </tbody> </table>	Трансформатор	Параметры трансформаторов				Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток	<i>T1</i>	110/10	11	4,5 %	Y/Δ-11	<i>T2</i>	35/10	3,5	4,0 %	Y/Δ-11	<i>T3</i>	35/10	3,3	4,5 %	Y/Δ-11	<i>T4</i>	35/10	3,3	4,7 %	Y/Δ-11	<i>T5</i>	35/10	3,3	5 %	Y/Δ-11
Трансформатор	Параметры трансформаторов																																		
	Класс напряжения, кВ	Коэффициент трансформации	Напряжение КЗ, %	Схема обмоток																															
<i>T1</i>	110/10	11	4,5 %	Y/Δ-11																															
<i>T2</i>	35/10	3,5	4,0 %	Y/Δ-11																															
<i>T3</i>	35/10	3,3	4,5 %	Y/Δ-11																															
<i>T4</i>	35/10	3,3	4,7 %	Y/Δ-11																															
<i>T5</i>	35/10	3,3	5 %	Y/Δ-11																															

№ п/п	<b>Вариант 10</b>														
<b>10</b>	<p data-bbox="221 196 369 225"><b>Маркировка</b></p> <p data-bbox="221 233 966 331">Расшифруйте марку трансформатора ТРДН-80000/110 и запишите во второй столбец таблицы расшифровку каждого из элементов условного обозначения.</p> <table border="1" data-bbox="221 373 956 748"> <thead> <tr> <th data-bbox="221 373 396 453">Условное обозначение</th> <th data-bbox="396 373 956 453">Расшифровка условного обозначения</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="221 453 396 501" style="text-align: center;">Т</td> <td data-bbox="396 453 956 501"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="221 501 396 549" style="text-align: center;">Р</td> <td data-bbox="396 501 956 549"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="221 549 396 596" style="text-align: center;">Д</td> <td data-bbox="396 549 956 596"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="221 596 396 644" style="text-align: center;">Н</td> <td data-bbox="396 596 956 644"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="221 644 396 692" style="text-align: center;">80000</td> <td data-bbox="396 644 956 692"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="221 692 396 748" style="text-align: center;">110</td> <td data-bbox="396 692 956 748"></td> </tr> </tbody> </table>	Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения	Т		Р		Д		Н		80000		110	
Условное обозначение	Расшифровка условного обозначения														
Т															
Р															
Д															
Н															
80000															
110															

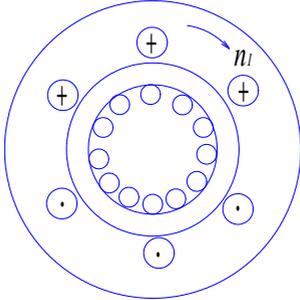
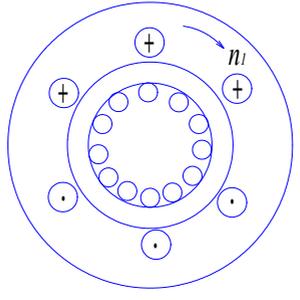
## Модуль 3. АСИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

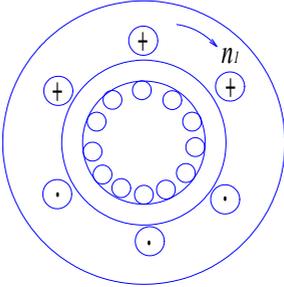
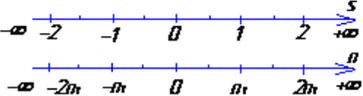
### Экзаменационные вопросы

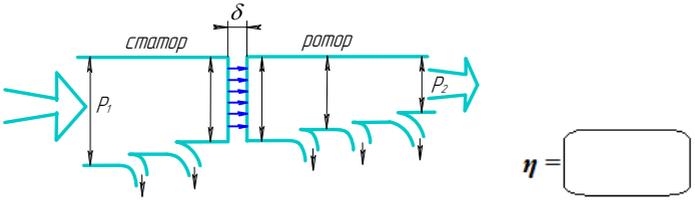
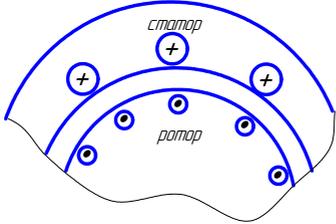
1. Круговое вращающееся поле асинхронной машины.
2. Принцип действия асинхронной машины.
3. Устройство асинхронной машины.
4. Схема замещения асинхронной машины.
5. Конструктивные особенности асинхронной машины с короткозамкнутым ротором.
6. Конструктивные особенности асинхронной машины с фазным ротором.
7. Энергетические диаграммы асинхронной машины.
8. Основные уравнения асинхронной машины (описывающие рабочий процесс).
9. Двигательный режим работы асинхронной машины.
10. Генераторный режим работы асинхронной машины.
11. Режим электромагнитного тормоза асинхронной машины.
12. Назначение и конструктивные особенности сердечника статора асинхронной машины.
13. Назначение и конструктивные особенности обмотки ротора асинхронной машины.
14. Скольжение асинхронной машины. Пределы изменения скольжения асинхронной машины в режимах двигателя, генератора, электромагнитного тормоза.
15. Механическая характеристика асинхронной машины.

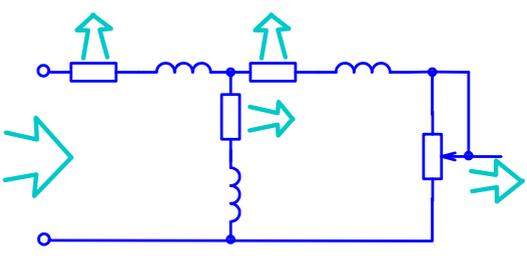
## Практические задания

№ п/п	Вариант 1
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 150^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p style="text-align: center;"> <i>при чередовании фазных токов:</i>  <math>i_{\square} - i_{\square} - i_{\square}</math>  <i>векторы токов вращаются по/против часовой стрелки(u)</i>  <i>поле вращается по/против часовой стрелки(u)</i> </p> </div>

№ п/п	Вариант 1
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> 
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 

№ п/п	Вариант 1
4	<p><b>Электромагнитный тормоз</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 
5	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b></p> <p>Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div>  </div>
6	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b></p> <p>Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки статора для мгновенных значений величин.</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin: 10px auto; width: 300px;"> <math>u_1 =</math> </div>

№ п/п	Вариант 1
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{\text{ЭМ}}</math> и механическую <math>P_{\text{МХ}}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p>  <p style="text-align: right;"><math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/></p>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> <div style="text-align: center;"> <math>E_2 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> <div style="text-align: center;"> <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> </div>

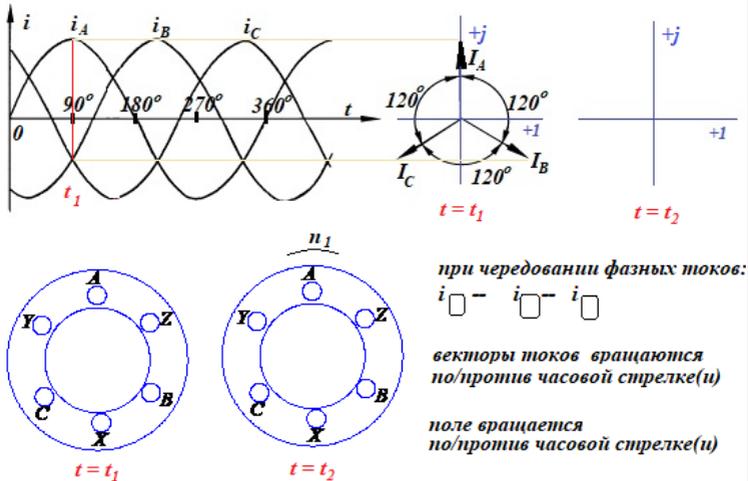
№ п/п	Вариант 1
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 980</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2кз} = 100</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Обозначьте параметры, мощности и потери для <math>T</math>-образной схемы замещения, представленной на рисунке.</p> 

№  
п/п

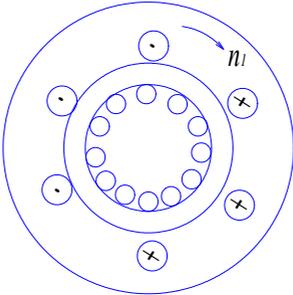
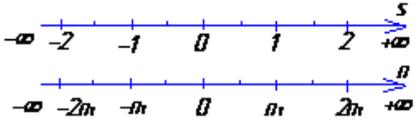
Вариант 2

1 Вращающееся магнитное поле

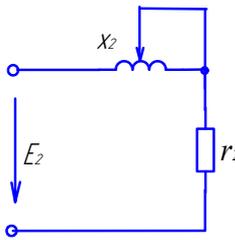
Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени  $t_1$ . Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени  $t_1 = 90^\circ$ . Обозначьте полюсы статора как  $N_C$  и  $S_C$ . Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента  $t_2 = 180^\circ$  и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора  $n_1$ . Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.

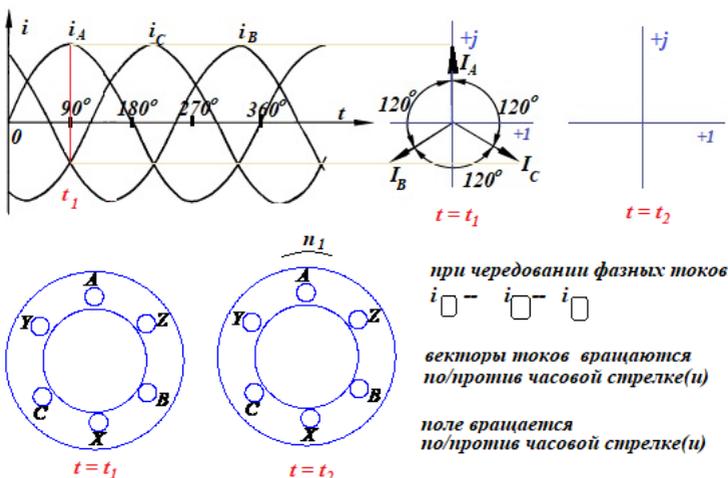


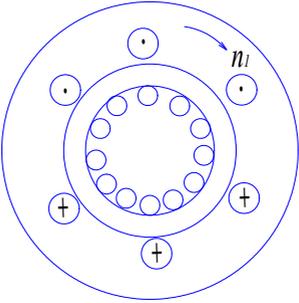
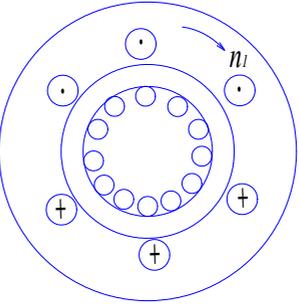
№ п/п	Вариант 2
<p><b>2</b></p>	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b>  Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направления вращения ротора <math>n</math>.</p> <div data-bbox="445 475 732 762" data-label="Diagram"> </div>
<p><b>3</b></p>	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b>  Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div data-bbox="439 1114 739 1410" data-label="Diagram"> </div>

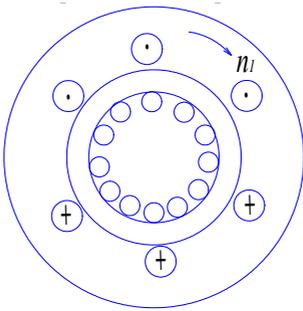
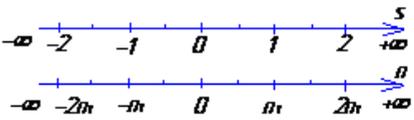
№ п/п	<b>Вариант 2</b>
<p><b>4</b></p>	<p><b>Электромагнитный тормоз</b>  Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p><b>5</b></p>	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b>  Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  </div> </div>
<p><b>6</b></p>	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b>  Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки статора в комплексной форме.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>\dot{U}_1 =</math> </div> </div>

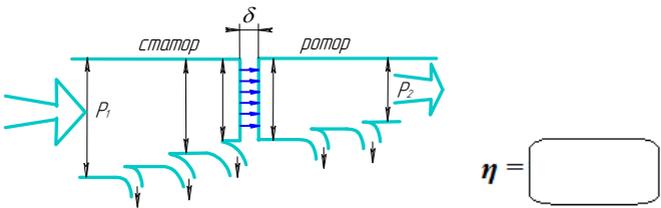
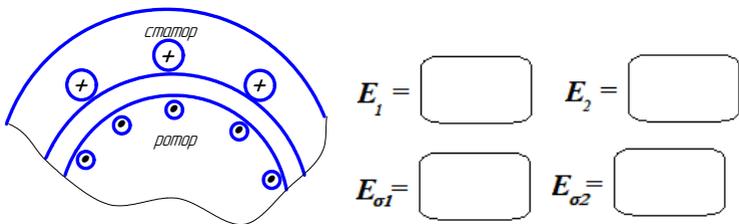
№ п/п	<b>Вариант 2</b>
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{\text{ЭМ}}</math> и механическую <math>P_{\text{МХ}}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/>    <math>E_2 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/>  <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/>    <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div>

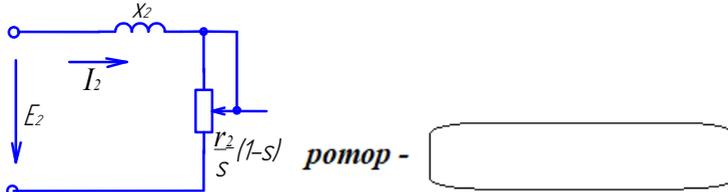
№ п/п	Вариант 2
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 1455</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2кз} = 100</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>ротор -</b> <input style="width: 150px; height: 30px;" type="text"/></p> </div> </div>

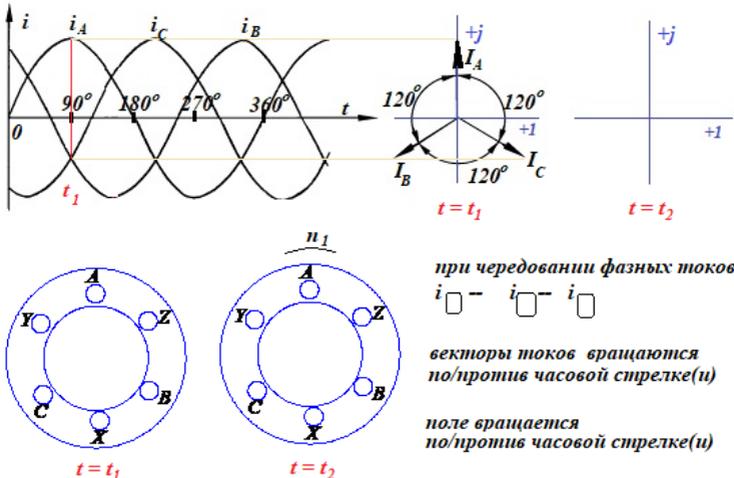
№ п/п	Вариант 3
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 120^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>при чередовании фазных токов:  <math>i \square - i \square - i \square</math></p> <p>векторы токов вращаются по/против часовой стрелки(и)</p> <p>поле вращается по/против часовой стрелки(и)</p>

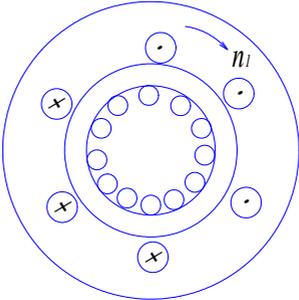
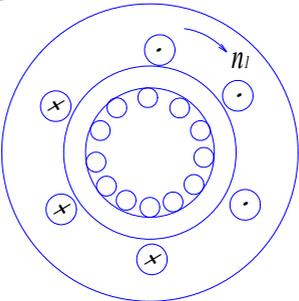
№ п/п	Вариант 3
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> 
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 

№ п/п	<b>Вариант 3</b>
<p><b>4</b></p>	<p><b>Электромагнитный тормоз</b> Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p><b>5</b></p>	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b> Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  </div> </div>
<p><b>6</b></p>	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b> Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки ротора для мгновенных значений величин.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>u_2 =</math> </div> </div>

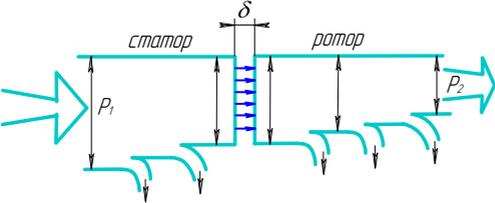
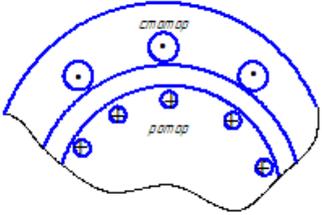
№ п/п	Вариант 3
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{ЭМ}</math> и механическую <math>P_{МХ}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p> 
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p> 

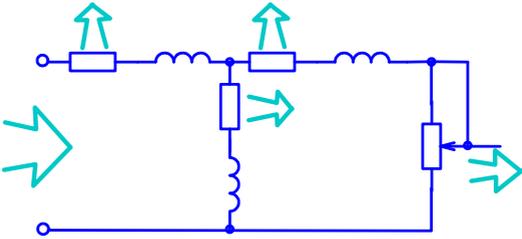
№ п/п	Вариант 3
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 2970</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2к3} = 100</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt; </math> <input type="text"/>    <math>n_1 = </math> <input type="text"/>    <math>s = </math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} = </math> <input type="text"/> </p> <p style="text-align: center;"> <math>f_2 = </math> <input type="text"/>    <math>n_2 = </math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 = </math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> 

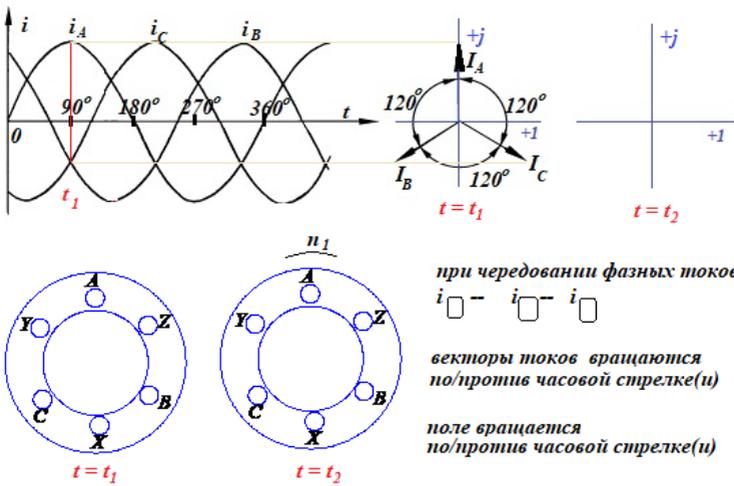
№ п/п	Вариант 4
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_1 = 150^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>при чередовании фазных токов:  <math>i \square - i \square - i \square</math></p> <p>векторы токов вращаются      по/против часовой стрелки(u)</p> <p>поле вращается      по/против часовой стрелки(u)</p>

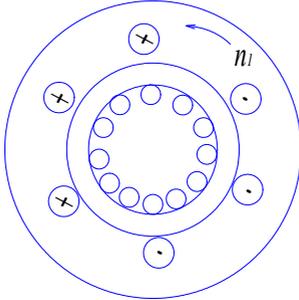
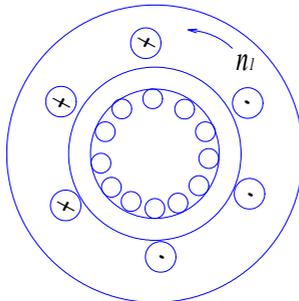
№ п/п	Вариант 4
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

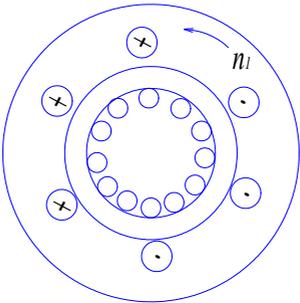
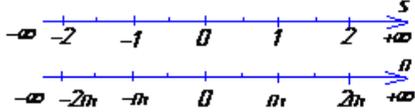
№ п/п	<b>Вариант 4</b>
<p><b>4</b></p>	<p><b>Электромагнитный тормоз</b> Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;"> </div>
<p><b>5</b></p>	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b> Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> </div> </div>
<p><b>6</b></p>	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b> Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки ротора в комплексной форме.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>\dot{U}_2 =</math> </div> </div>

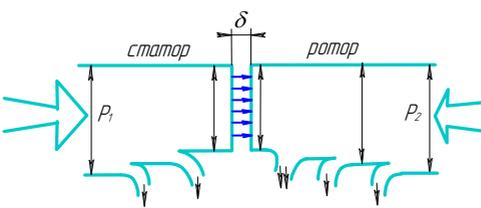
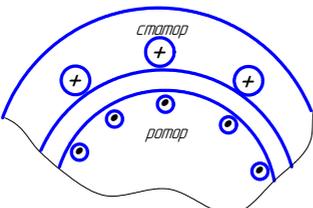
№ п/п	Вариант 4
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{ЭМ}</math> и механическую <math>P_{МХ}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p>  <p style="text-align: right;"><math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/></p>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> <div style="text-align: center;"> <math>E_2 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> <div style="text-align: center;"> <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </div> </div>

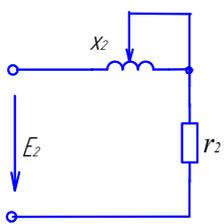
№ п/п	<b>Вариант 4</b>
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 735</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2к3} = 100</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Обозначьте параметры, мощности и потери для T-образной схемы замещения, представленной на рисунке.</p> 

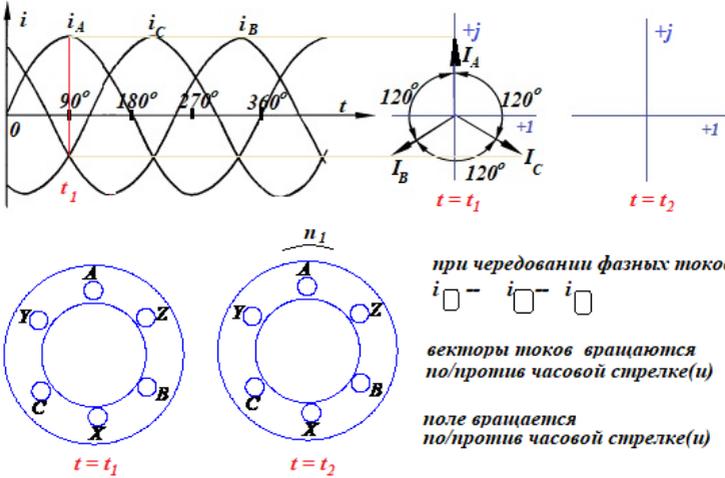
№ п/п	Вариант 5
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 180^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>при чередовании фазных токов:  <math>i \square \text{---} i \square \text{---} i \square</math>      векторы токов вращаются по/против часовой стрелке (<math>n</math>)      поле вращается по/против часовой стрелке (<math>n</math>)</p>

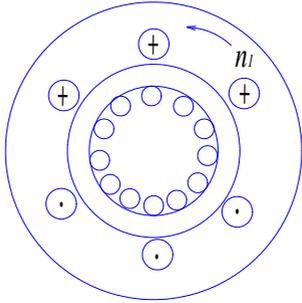
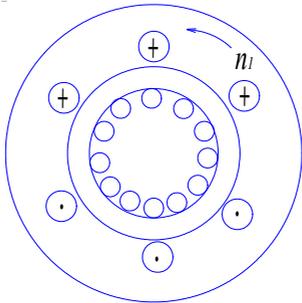
№ п/п	Вариант 5
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> 
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 

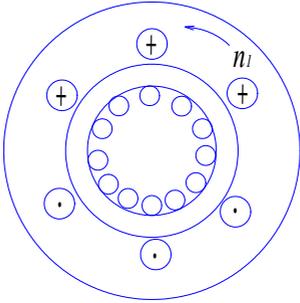
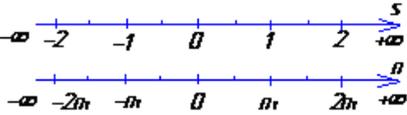
№ п/п	Вариант 5
4	<p><b>Электромагнитный тормоз</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
5	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b></p> <p>Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  </div> </div>
6	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b></p> <p>Напишите уравнение равновесия токов в векторной форме.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>\vec{I}_1 =</math> </div> </div>

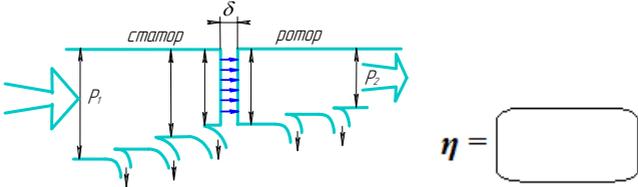
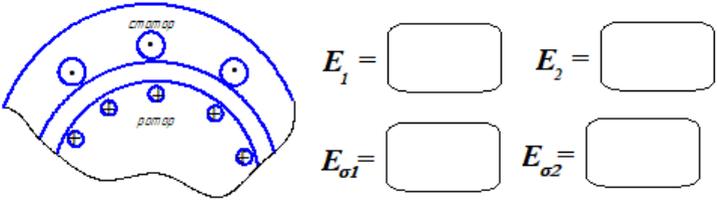
№ п/п	Вариант 5
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{\text{ЭМ}}</math> и механическую <math>P_{\text{МХ}}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p>  <p style="text-align: right;"><math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/></p>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p>  <p style="text-align: right;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/>    <math>E_2 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/>  <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/>    <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px;" type="text"/> </p>

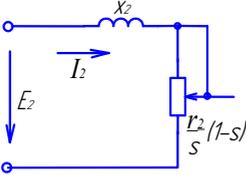
№ п/п	Вариант 5
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 1455</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2кз} = 150</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><i>ротор</i> - <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/></p> </div> </div>

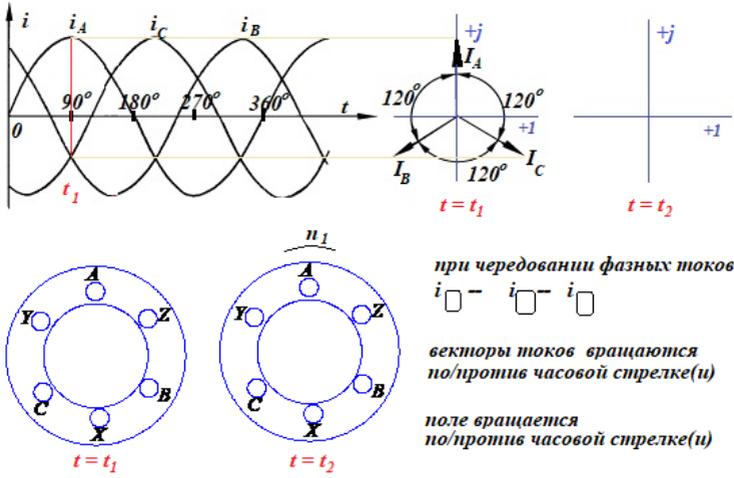
№ п/п	Вариант 6
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 210^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>The diagram illustrates the relationship between three-phase currents, their complex plane representation, and the resulting magnetic field in a stator winding. It is divided into several parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Top Left:</b> Three-phase current waveforms <math>i_A</math>, <math>i_B</math>, and <math>i_C</math> are shown. The time axis <math>t</math> is marked with <math>0</math>, <math>90^\circ</math>, <math>180^\circ</math>, <math>270^\circ</math>, and <math>360^\circ</math>. A vertical red line at <math>t_1</math> indicates the first time instant.</li> <li><b>Top Middle:</b> A complex plane diagram at <math>t = t_1</math> shows current vectors <math>I_A</math>, <math>I_B</math>, and <math>I_C</math> at <math>120^\circ</math> intervals. The <math>I_A</math> vector is on the positive imaginary axis (<math>+j</math>), <math>I_B</math> is at <math>120^\circ</math>, and <math>I_C</math> is at <math>240^\circ</math>. The <math>I_C</math> vector is labeled with <math>+I</math>.</li> <li><b>Top Right:</b> A complex plane diagram at <math>t = t_2</math> shows a single vector on the positive real axis (<math>+1</math>).</li> <li><b>Bottom Left:</b> Two circular stator winding layouts. The first layout at <math>t = t_1</math> shows current directions in windings A, B, C, X, Y, Z. The second layout at <math>t = t_2</math> shows the same winding layout with a different current distribution.</li> <li><b>Bottom Middle:</b> A curved arrow labeled <math>n_1</math> indicates the direction of rotation of the magnetic field.</li> <li><b>Bottom Right:</b> Text instructions:       <ul style="list-style-type: none"> <li>при чередовании фазных токов: <math>i \square - i \square - i \square</math></li> <li>векторы токов вращаются по/против часовой стрелке(<math>u</math>)</li> <li>поле вращается по/против часовой стрелке(<math>u</math>)</li> </ul> </li> </ul>

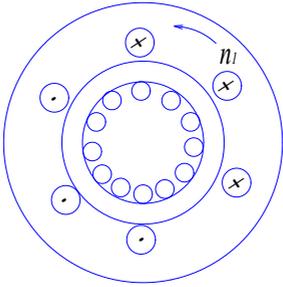
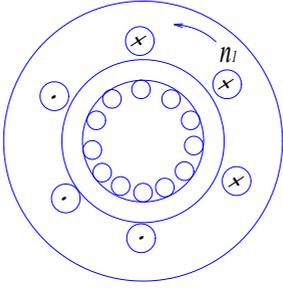
№ п/п	Вариант 6
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> 
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 

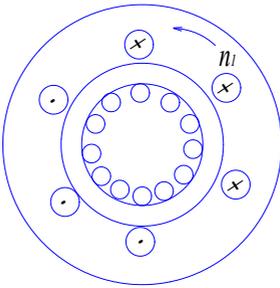
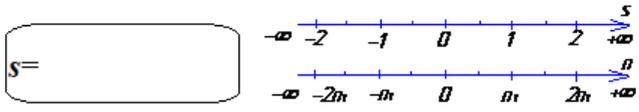
№ п/п	Вариант 6
4	<p><b>Электромагнитный тормоз</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
5	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b></p> <p>Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
6	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b></p> <p>Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки статора для мгновенных значений величин.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>u_1 =</math> </div> </div>

№ п/п	Вариант 6
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{ЭМ}</math> и механическую <math>P_{МХ}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p> 
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p> 

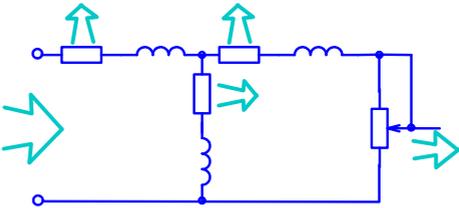
№ п/п	Вариант 6
9	<p><b>9 Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 2970</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2кз} = 200</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>10 Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> <div style="text-align: center;">  <p style="margin-left: 100px;"><b>ротор -</b> <input style="width: 150px; height: 30px;" type="text"/></p> </div>

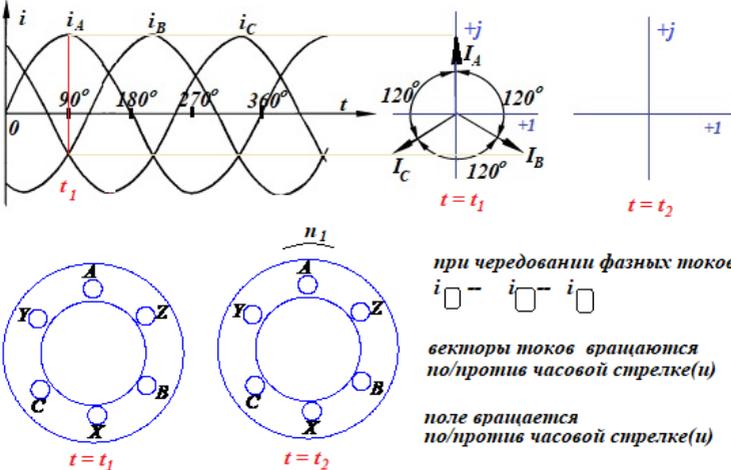
№ п/п	Вариант 7
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 240^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>The diagram consists of several parts:     <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Top Left:</b> Three-phase current waveforms <math>i_A, i_B, i_C</math> plotted against time <math>t</math>. The phase angles are marked as <math>0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ</math>. A red vertical line indicates the time <math>t_1</math> at <math>90^\circ</math>.</li> <li><b>Top Middle:</b> A phasor diagram at <math>t = t_1</math> showing current vectors <math>I_A, I_B, I_C</math> at <math>120^\circ</math> intervals. The <math>I_A</math> vector is along the positive imaginary axis (<math>+j</math>).</li> <li><b>Top Right:</b> A complex plane diagram at <math>t = t_2</math> showing the <math>I_A</math> vector at <math>+1</math> on the real axis.</li> <li><b>Bottom Left:</b> Stator winding layout at <math>t = t_1</math> with poles labeled A, B, C, X, Y, Z.</li> <li><b>Bottom Middle:</b> Stator winding layout at <math>t = t_2</math> with a clockwise rotation arrow <math>n_1</math> above it.</li> <li><b>Bottom Right:</b> Text instructions:         <ul style="list-style-type: none"> <li>при чередовании фазных токов: <math>i \square - i \square - i \square</math></li> <li>векторы токов вращаются по/против часовой стрелке(u)</li> <li>поле вращается по/против часовой стрелке(u)</li> </ul> </li> </ul> </p>

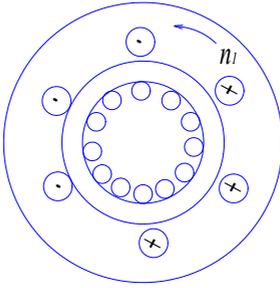
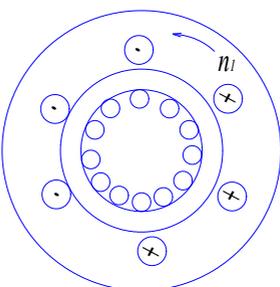
№ п/п	Вариант 7
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направления вращения ротора <math>n</math>.</p> 
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 

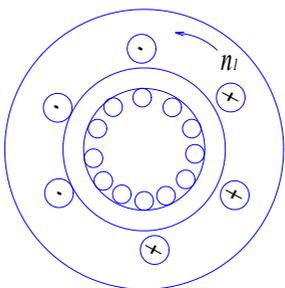
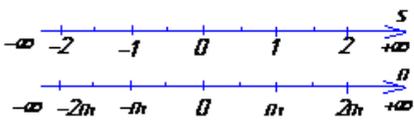
№ п/п	Вариант 7
4	<p><b>Электромагнитный тормоз</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 
5	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b></p> <p>Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>\theta</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> 
6	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b></p> <p>Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки статора в комплексной форме.</p> 

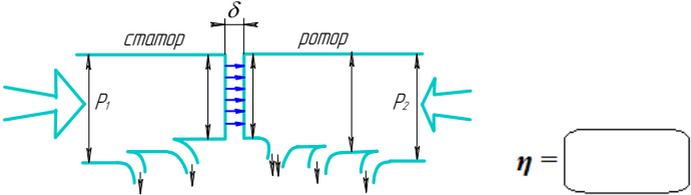
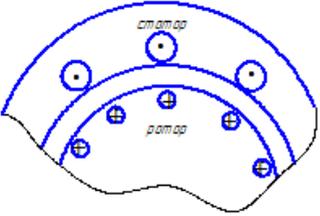
№ п/п	Вариант 7
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{ЭМ}</math> и механическую <math>P_{МХ}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p> <p style="text-align: right;"><math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/></p>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p> <p style="text-align: center;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/>    <math>E_2 =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/>  <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/>    <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 100px; height: 30px;" type="text"/> </p>

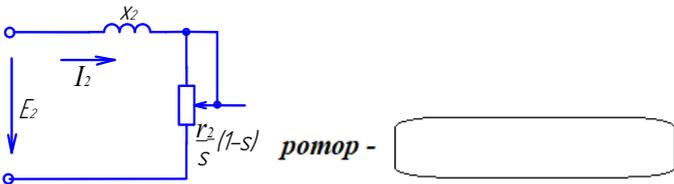
№ п/п	Вариант 7
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 735</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2кз} = 400</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Обозначьте параметры, мощности и потери для <math>T</math>-образной схемы замещения, представленной на рисунке.</p> 

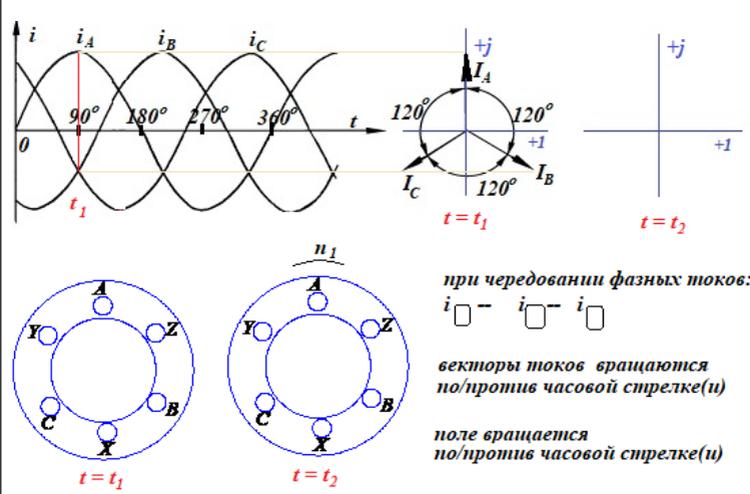
№ п/п	Вариант 8
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 120^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>при чередовании фазных токов:  <math>i \square - i \square - i \square</math></p> <p>векторы токов вращаются по/против часовой стрелке(и)</p> <p>поле вращается по/против часовой стрелке(и)</p>

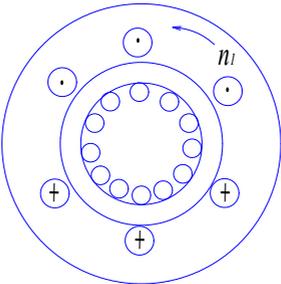
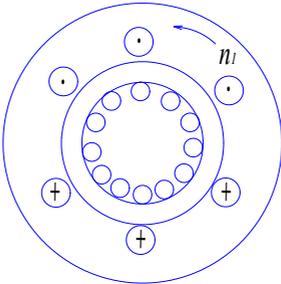
№ п/п	Вариант 8
2	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> 
3	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> 

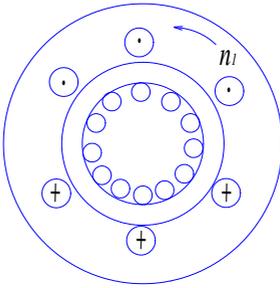
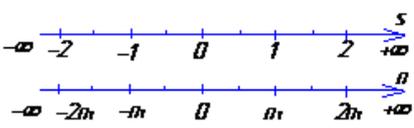
№ п/п	Вариант 8
<p><b>4</b></p>	<p><b>Электромагнитный тормоз</b>  Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p><b>5</b></p>	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b>  Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div>
<p><b>6</b></p>	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b>  Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки ротора для мгновенных значений величин.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>u_2 =</math> </div> </div>

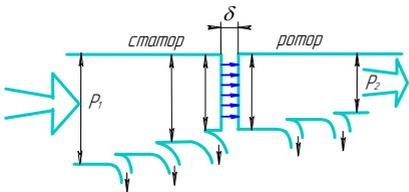
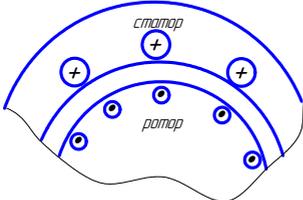
№ п/п	Вариант 8
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{\text{ЭМ}}</math> и механическую <math>P_{\text{МХ}}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p>  <p><math>\eta = \boxed{\phantom{000}}</math></p>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p>  <p><math>E_1 = \boxed{\phantom{000}} \quad E_2 = \boxed{\phantom{000}}</math></p> <p><math>E_{\sigma 1} = \boxed{\phantom{000}} \quad E_{\sigma 2} = \boxed{\phantom{000}}</math></p>

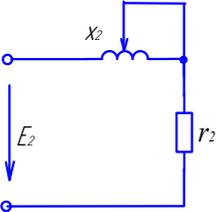
№ п/п	Вариант 8
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 2970</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2кз} = 400</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора <math>(n + n_2)</math>.</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt; </math> <input type="text"/>    <math>n_1 = </math> <input type="text"/>    <math>s = </math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} = </math> <input type="text"/> </p> <p style="text-align: center;"> <math>f_2 = </math> <input type="text"/>    <math>n_2 = </math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 = </math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> <div style="text-align: center;">  </div>

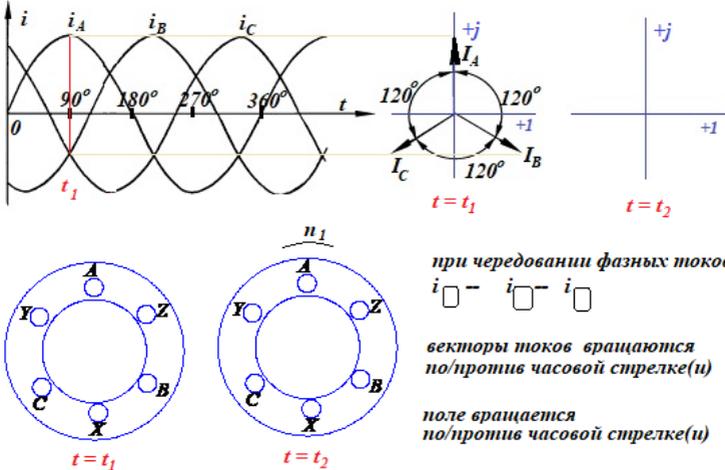
№ п/п	Вариант 9
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 270^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>при чередовании фазных токов:  <math>i \square - i \square - i \square</math></p> <p>векторы токов вращаются по/против часовой стрелке(и)</p> <p>поле вращается по/против часовой стрелке(и)</p>

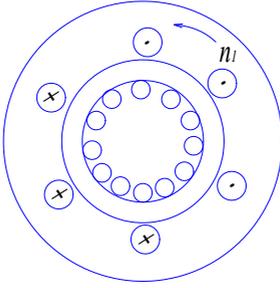
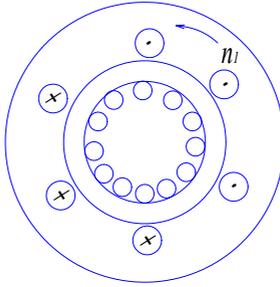
№ п/п	Вариант 9
<p data-bbox="174 197 553 225"><b>2 Асинхронный двигатель (АД)</b></p> <p data-bbox="216 233 963 435">Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направления вращения ротора <math>n</math>.</p>	
<p data-bbox="174 804 549 831"><b>3 Асинхронный генератор (АГ)</b></p> <p data-bbox="216 839 963 1075">Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p>	

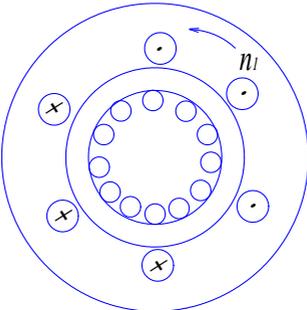
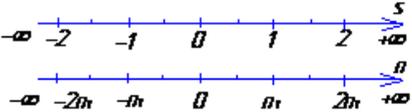
№ п/п	Вариант 9
4	<p><b>Электромагнитный тормоз</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
5	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b></p> <p>Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  </div> </div>
6	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b></p> <p>Напишите уравнение равновесия ЭДС и напряжений обмотки ротора в комплексной форме.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>\dot{U}_2 =</math> </div> </div>

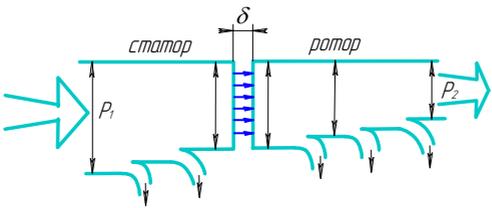
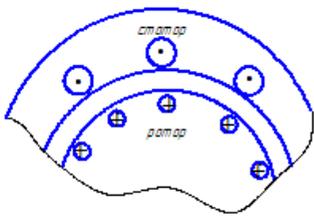
№ п/п	Вариант 9
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{\text{ЭМ}}</math> и механическую <math>P_{\text{МХ}}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/>     <math>E_2 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/>  <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/>     <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div>

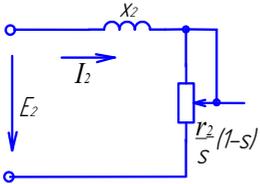
№ п/п	Вариант 9
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 1400</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2КЗ} = 200</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора (<math>n_1 + n_2</math>).</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>ротор -</b> <input style="width: 150px; height: 30px;" type="text"/></p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 10
1	<p><b>Вращающееся магнитное поле</b></p> <p>Изобразите направление тока в проводниках однослойной обмотки статора асинхронной машины для момента времени <math>t_1</math>. Нарисуйте силовые линии магнитного поля для момента времени <math>t_1 = 90^\circ</math>. Обозначьте полюсы статора как <math>N_C</math> и <math>S_C</math>. Изобразите на комплексной плоскости диаграмму токов для момента <math>t_2 = 210^\circ</math> и выполните все три предыдущих задания. Определите направление вращения поля статора <math>n_1</math>. Укажите, в каком направлении на комплексной плоскости вращаются векторы токов при заданном чередовании фазных токов. Сравните направление вращения токов на комплексной плоскости и направление вращения поля. Сформулируйте правило определения направления вращения поля. Сформулируйте принцип изменения направления вращения поля в трехфазной машине переменного тока.</p>  <p>при чередовании фазных токов:  <math>i \square - i \square - i \square</math></p> <p>векторы токов вращаются по/против часовой стрелке(и)</p> <p>поле вращается по/против часовой стрелке(и)</p>

№ п/п	Вариант 10
<p><b>2</b></p>	<p><b>Асинхронный двигатель (АД)</b>  Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима двигателя. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math>, момента <math>M</math> и направление вращения ротора <math>n</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
<p><b>3</b></p>	<p><b>Асинхронный генератор (АГ)</b>  Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму асинхронного генератора. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима генератора. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

№ п/п	<b>Вариант 10</b>
4	<p><b>Электромагнитный тормоз</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля статора. Определите полярность полюсов статора <math>N_c</math> и <math>S_c</math>. Укажите направление вращения ротора <math>n</math>, соответствующее режиму электромагнитного тормоза. Определите направление ЭДС <math>E_2</math> и активной составляющей тока <math>I_{2a}</math> в проводниках ротора для режима электромагнитного тормоза. Обозначьте на рисунке направления электромагнитных сил <math>F</math> и момента <math>M</math>.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
5	<p><b>Режимы работы асинхронной машины</b></p> <p>Напишите формулу для определения скольжения <math>s</math>. Обозначьте на графиках <math>s</math> и <math>n</math> диапазоны, соответствующие режимам двигателя (Д), генератора (Г) и электромагнитного тормоза (Т).</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; margin-right: 20px;"> <math>s =</math> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;">  </div> </div>
6	<p><b>Уравнения асинхронной машины</b></p> <p>Напишите уравнение равновесия токов в векторной форме.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 15px; padding: 10px; display: inline-block;"> <math>\vec{I}_1 =</math> </div> </div>

№ п/п	<b>Вариант 10</b>
7	<p><b>Энергетическая диаграмма</b></p> <p>Определите, какому режиму работы соответствует данная энергетическая диаграмма. Обозначьте виды потерь энергии, электромагнитную <math>P_{\text{ЗМ}}</math> и механическую <math>P_{\text{МХ}}</math> мощности. Запишите через параметры энергетической диаграммы, чему равен КПД асинхронной машины для рассматриваемого режима работы.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <math>\eta =</math> <input style="width: 100px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div>
8	<p><b>Магнитные потоки</b></p> <p>Изобразите и обозначьте пути замыкания основного магнитного потока <math>\Phi_m</math>, потоков рассеяния статора <math>\Phi_{\sigma 1}</math> и ротора <math>\Phi_{\sigma 2}</math>. Запишите формулы для определения действующих значений ЭДС, наводимых в обмотках статора и ротора асинхронной машины от рассматриваемых потоков.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <math>E_1 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div> <div style="text-align: center;"> <math>E_2 =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <math>E_{\sigma 1} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div> <div style="text-align: center;"> <math>E_{\sigma 2} =</math> <input style="width: 80px; height: 30px; border: 1px solid black;" type="text"/> </div> </div>

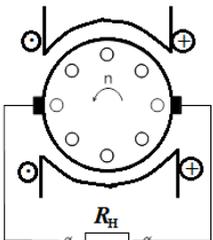
№ п/п	Вариант 10
9	<p><b>Параметры асинхронной машины</b></p> <p>Укажите диапазон, в пределах которого находится значение номинального скольжения для АД общепромышленного применения. Определите частоту вращения поля статора <math>n_1</math> и скольжения <math>s</math> при <math>f_1 = 50</math> Гц для заданной частоты вращения ротора <math>n = 950</math> об/мин. Определите ЭДС вращающегося ротора <math>E_{2s}</math>, если ЭДС неподвижного ротора <math>E_{2КЗ} = 200</math> В. Определите: частоту токов ротора <math>f_2</math>; частоту вращения поля относительно ротора, создаваемого токами ротора <math>n_2</math>; скорость вращения поля ротора (<math>n + n_2</math>).</p> <p style="text-align: center;"> <input type="text"/> <math>&lt; s_{ном} &lt;</math> <input type="text"/>    <math>n_1 =</math> <input type="text"/>    <math>s =</math> <input type="text"/>    <math>E_{2s} =</math> <input type="text"/>  <math>f_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n_2 =</math> <input type="text"/>    <math>n + n_2 =</math> <input type="text"/> </p>
10	<p><b>Схема замещения</b></p> <p>Поясните, каким электрическим процессам соответствует приведённая схема замещения ротора асинхронной машины (неподвижному или вращающемуся ротору).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>ротор -</b> <input style="width: 150px; height: 30px;" type="text"/></p> </div> </div>

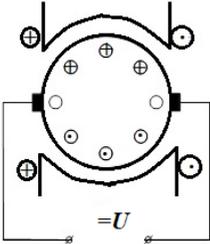
## Модуль 4. МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

### Экзаменационные вопросы

1. Принцип действия генератора постоянного тока.
2. Принцип действия двигателя постоянного тока.
3. Уравнения, описывающие рабочий процесс в синхронной машине.
4. Устройство машины постоянного тока.
5. Назначение и конструктивные особенности главных полюсов машины постоянного тока.
6. Назначение и конструктивные особенности якоря машины постоянного тока.
7. Назначение и конструктивные особенности добавочных полюсов машины постоянного тока.
8. Коллекторно-щеточный узел машины постоянного тока.
9. Основные уравнения машины постоянного тока (описывающие рабочий процесс).
10. Схемы включения генератора постоянного тока.
11. Генератор независимого возбуждения. Схема включения, характеристики.
12. Генератор параллельного возбуждения. Схема включения, условия самовозбуждения, характеристики.
13. Генератор смешанного возбуждения. Схема включения, характеристики.
14. Двигатель параллельного возбуждения. Схема включения, механические характеристики, регулирование частоты вращения.
15. Двигатель последовательного возбуждения. Схема включения, механические характеристики, регулирование частоты вращения.
16. Двигатель смешанного возбуждения. Схема включения, механические характеристики.

## Практические задания

№ п/п	Вариант 1
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Укажите направления ЭДС и тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

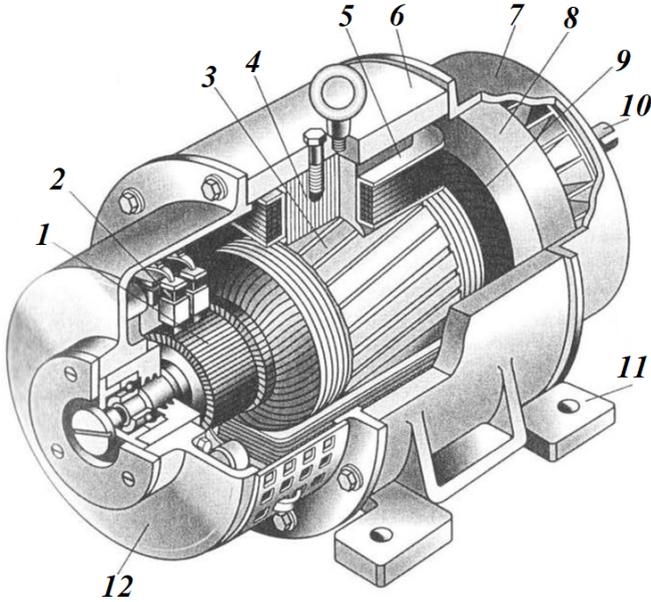
№ п/п	Вариант 1
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление ЭДС в проводниках якоря двигателя. Обозначьте направление тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приводящего якорь в движение. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакция якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 1

3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.



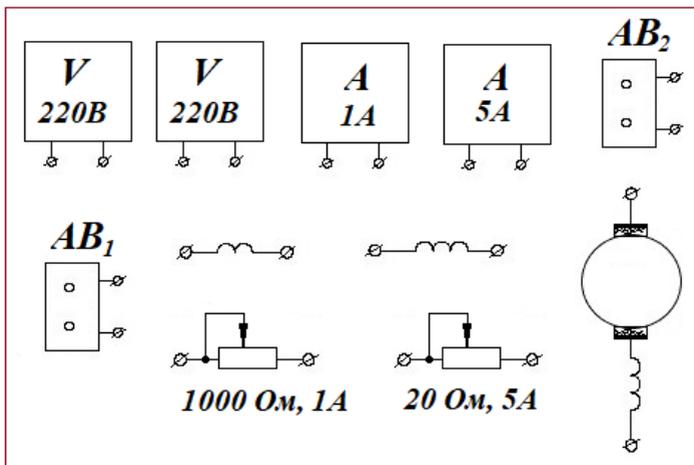
Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Набирается из медных пластин		
Набирается из листов анизотропной электротехнической стали		

№  
п/п

Вариант 1

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме генератора независимого возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

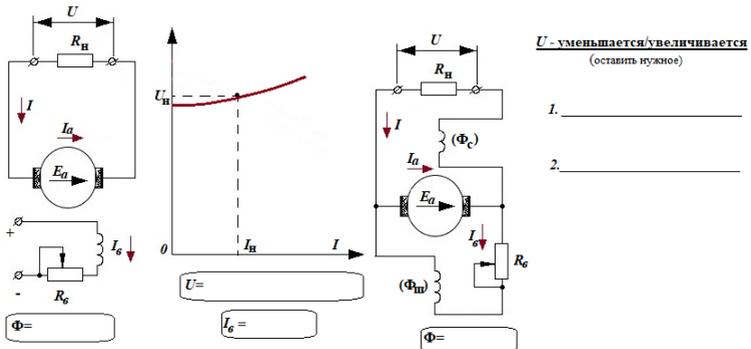


№  
п/п

Вариант 1

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора смешанного возбуждения с согласным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением внешней характеристики генератора независимого возбуждения. У генератора независимого возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора смешанного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора. Запишите уравнение для тока возбуждения и выражение для результирующего потока генератора смешанного возбуждения при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{Ш}$ , а серийная –  $\Phi_{С}$ . Укажите, как меняется напряжение генератора независимого возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

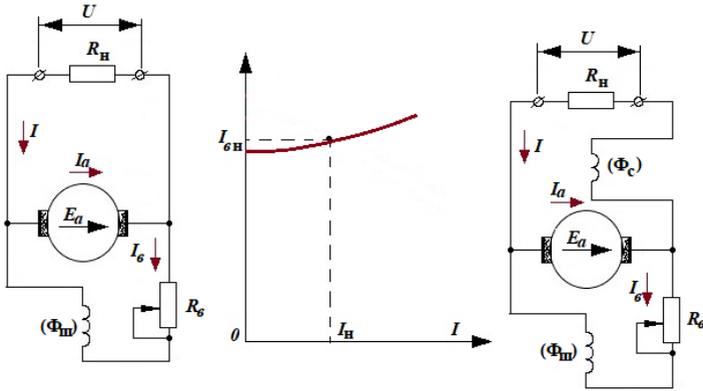


№  
п/п

Вариант 1

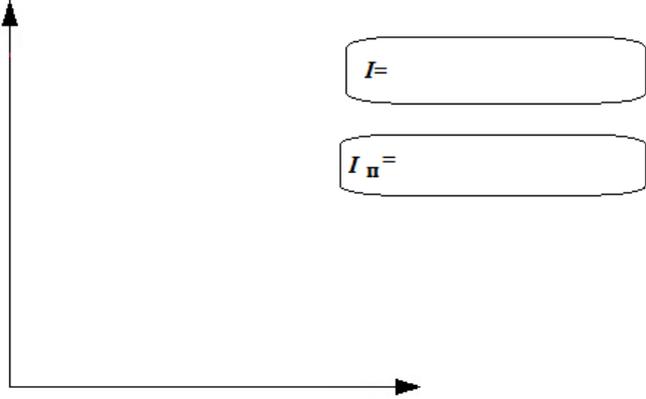
6 Регулировочные характеристики генераторов

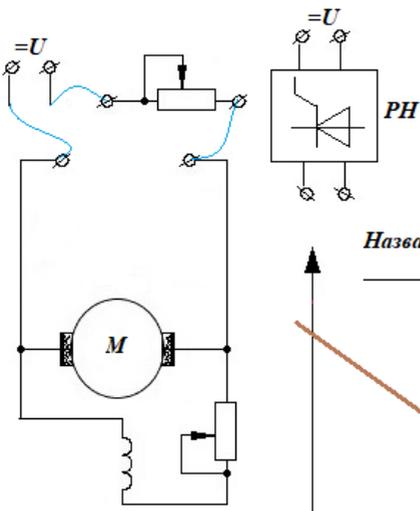
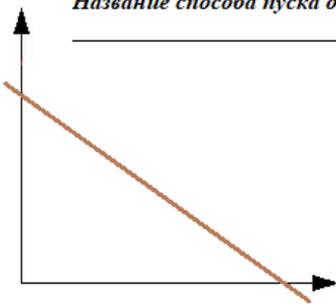
На графике изображена регулировочная характеристика генератора параллельного возбуждения. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора смешанного возбуждения с согласным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток и таким же номинальным напряжением. Напишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_b = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.

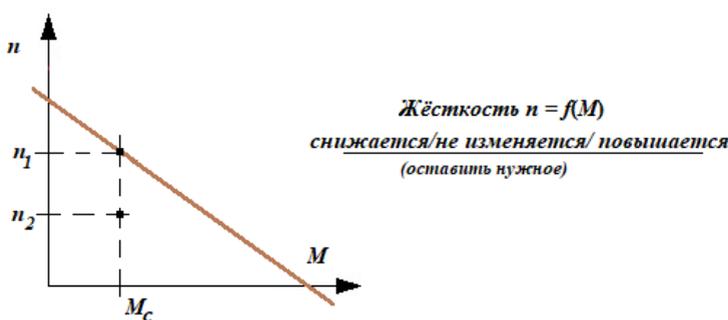


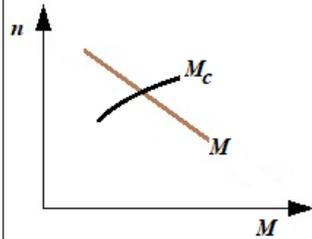
Ток возбуждения  $I_b$ :

Причина:

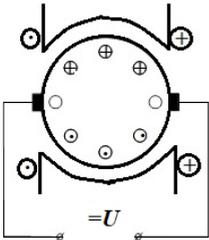
№ п/п	Вариант 1
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>Постройте график скоростной характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Подпишите оси графика. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражения для тока якоря при вращении двигателя и при пуске.</p> 

№ п/п	<b>Вариант 1</b>
8	<p><b>Пуск двигателя постоянного тока</b></p> <p>На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной скоростной (электромеханической) характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Напишите название пуска двигателя, соответствующее заданному соединению между элементами. Изобразите семейство скоростных (электромеханических) характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Название способа пуска двигателя:</i></p> <hr style="width: 30%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 

№ п/п	Вариант 1
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_c</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Известно, что для работы двигателя со скоростью <math>n_2</math> в цепь якоря двигателя было введено добавочное сопротивление. Дополните график соответствующей искусственной механической характеристикой. Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Укажите, как изменилась жёсткость механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) при данном способе регулирования частоты вращения двигателя.</p>  <p style="text-align: right;"><i>Жёсткость <math>n = f(M)</math> снижается/не изменяется/повышается (оставить нужное)</i></p>

№ п/п	<b>Вариант 1</b>
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	<b>Вариант 2</b>
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Укажите направления ЭДС и тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="221 826 425 1061" style="text-align: center;"> </div> <div data-bbox="448 861 963 997" style="text-align: center;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

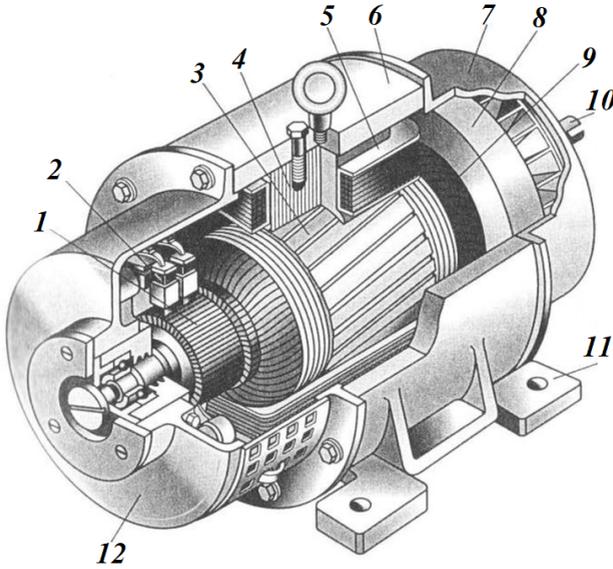
№ п/п	Вариант 2
2	<p data-bbox="208 197 620 225"><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p data-bbox="208 236 966 788">Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление ЭДС в проводниках якоря двигателя. Обозначьте направление тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приводящего якорь в движение. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакция якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 20px;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p data-bbox="530 948 781 970" style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p data-bbox="443 983 922 1005">усиливается под _____ краем полюса</p> <p data-bbox="443 1011 922 1034">ослабляется под _____ краем полюса</p> <p data-bbox="443 1040 960 1062">реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 2

3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, имеющих заданное функциональное назначение, а в третий – материал, из которого изготовлен этот элемент.



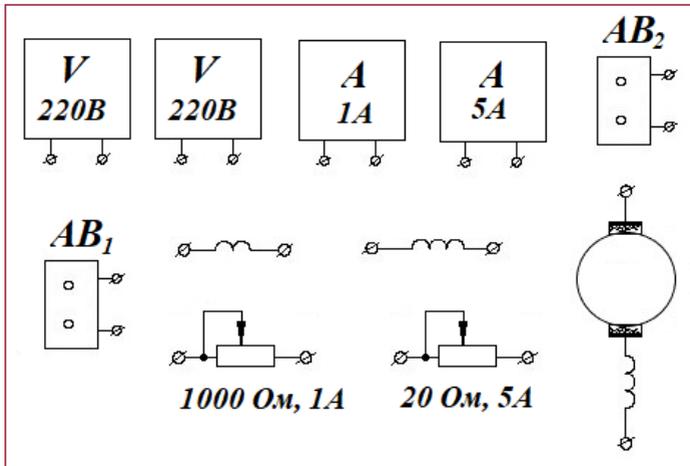
Назначение элемента	Номер на рисунке	Материал элемента
Подшипниковый щит		
Преобразование переменного тока в постоянный или постоянного в переменный		

№  
п/п

Вариант 2

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме генератора параллельного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

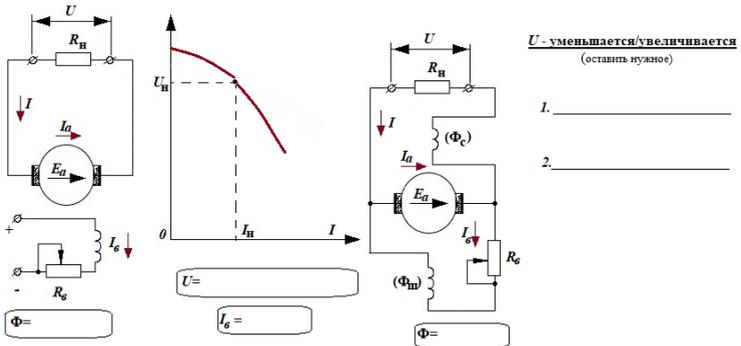


№  
п/п

Вариант 2

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора смешанного возбуждения с встречным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением внешней характеристики генератора независимого возбуждения. У генератора независимого возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора смешанного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора. Запишите уравнение для тока возбуждения и выражение для результирующего потока генератора смешанного возбуждения при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{ш}$ , а серийная –  $\Phi_{с}$ . Укажите, как меняется напряжение генератора независимого возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

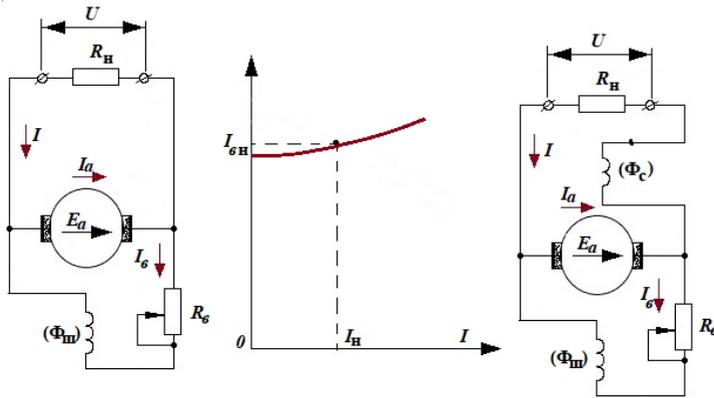


№  
п/п

Вариант 2

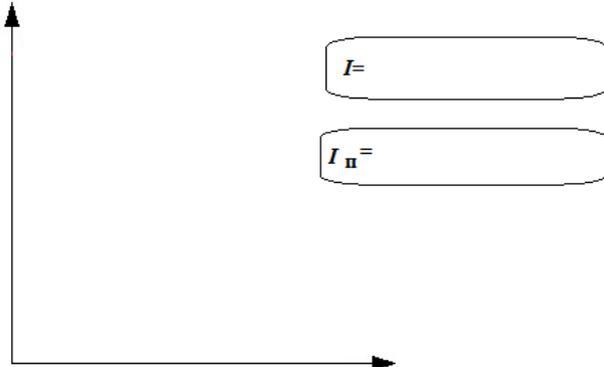
6 Регулировочные характеристики генераторов

На графике изображена регулировочная характеристика генератора параллельного возбуждения. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора смешанного возбуждения с встречным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток и таким же номинальным напряжением. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_b = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.



Ток возбуждения  $I_b$ :

Причина:

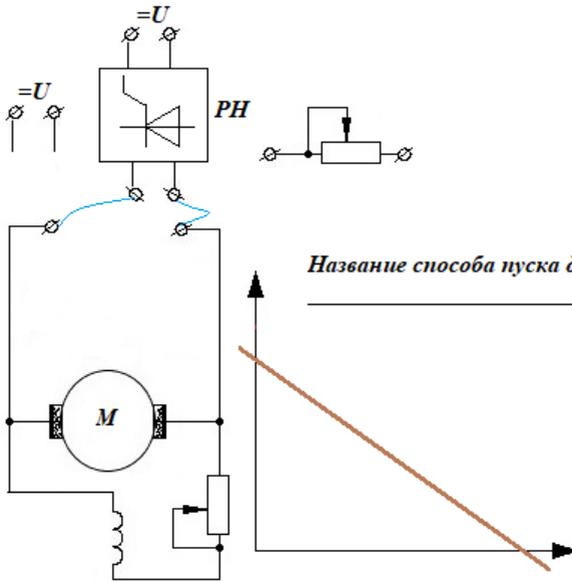
№ п/п	Вариант 2
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>Постройте график скоростной характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. Укажите оси графика. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражения для тока якоря при вращении двигателя и при пуске.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px 20px; margin-bottom: 10px;"><math>I =</math></div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px 20px;"><math>I_n =</math></div> </div> </div>

№  
п/п

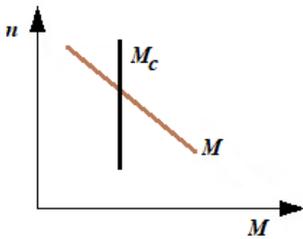
Вариант 2

8 Пуск двигателя постоянного тока

На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной скоростной (электромеханической) характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Напишите название пуска двигателя, соответствующее заданному соединению между элементами. Изобразите семейство скоростных (электромеханических) характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.



№ п/п	Вариант 2
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_c</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Известно, что для работы двигателя со скоростью <math>n_2</math> снизили напряжение питания якоря двигателя. Дополните график соответствующей искусственной механической характеристикой. Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) при данном способе регулирования частоты вращения двигателя.</p> 

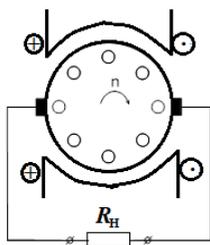
№ п/п	Вариант 2
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p>  <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="margin-right: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> </div> <div> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 3

1 Генератор постоянного тока (ГПТ)

Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами  $N$  и  $S$  полярность главных полюсов. Укажите направления ЭДС и тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил  $F$ , действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента  $M$ , приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами  $N_a$  и  $S_a$ . Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегаяющим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).



Магнитное поле в ГПТ

усиливается под \_\_\_\_\_ краем полюса

ослабляется под \_\_\_\_\_ краем полюса

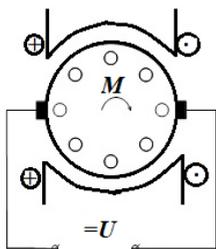
реакция якоря \_\_\_\_\_ поле возбуждения

№  
п/п

Вариант 3

2 Двигатель постоянного тока (ДПТ)

Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами  $N$  и  $S$  полярность главных полюсов. Задано направление электромагнитного момента  $M$ , действующего на якорь двигателя. Обозначьте направления токов и ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил  $F$ , действующих на проводники якоря. Обозначьте направление движения якоря  $n$ . Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами  $N_a$  и  $S_a$ . Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегаящим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).



Магнитное поле в ДПТ

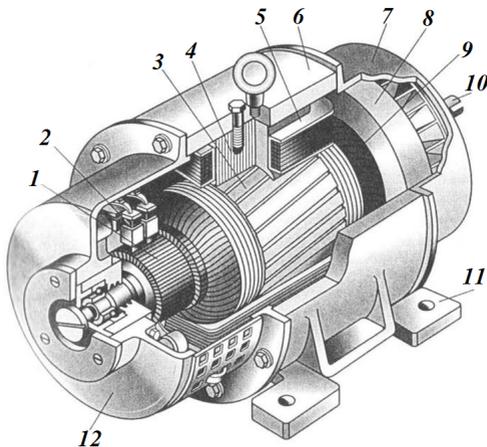
усиливается под \_\_\_\_\_ краем полюса  
 ослабляется под \_\_\_\_\_ краем полюса  
 реакция якоря \_\_\_\_\_ поле возбуждения

№  
п/п

**Вариант 3**

**3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)**

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, имеющих заданное функциональное назначение, а в третий – материал, из которого изготовлен этот элемент.



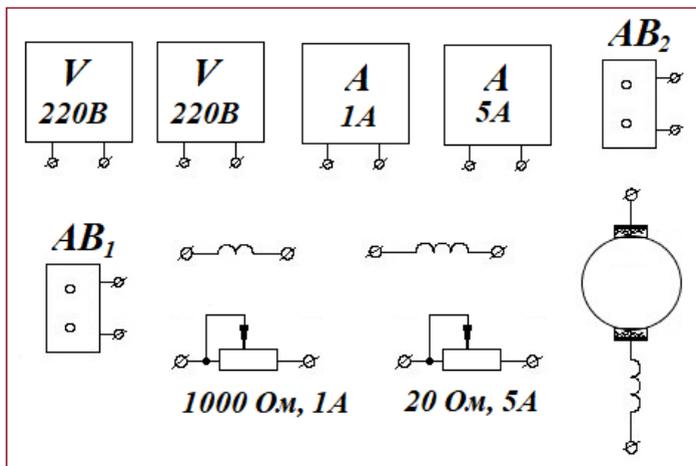
Назначение элемента	Номер на рисунке	Материал элемента
Ярмо		
Коллекторный щит		

№  
п/п

### Вариант 3

#### 4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме генератора последовательного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

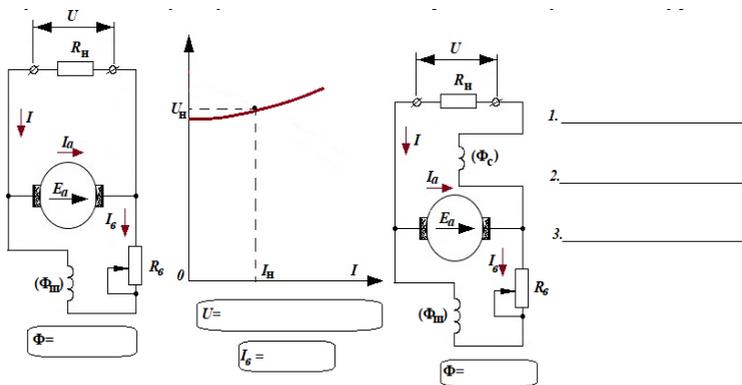


№  
п/п

Вариант 3

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора смешанного возбуждения при встречном включении параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением внешней характеристики генератора параллельного возбуждения. У генератора параллельного возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора смешанного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора и выражение для тока возбуждения. Запишите выражение для результирующих потоков генераторов при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{Ш}$ , а серийная –  $\Phi_{С}$ . Укажите причину увеличения напряжения генератора смешанного возбуждения с ростом нагрузочного тока.

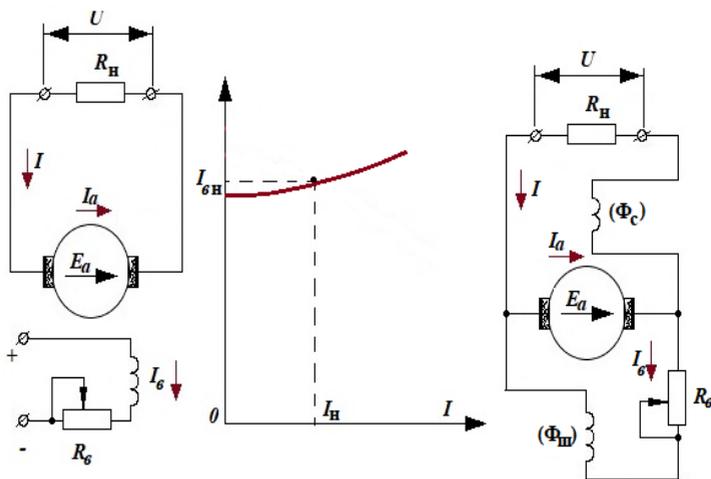


№  
п/п

Вариант 3

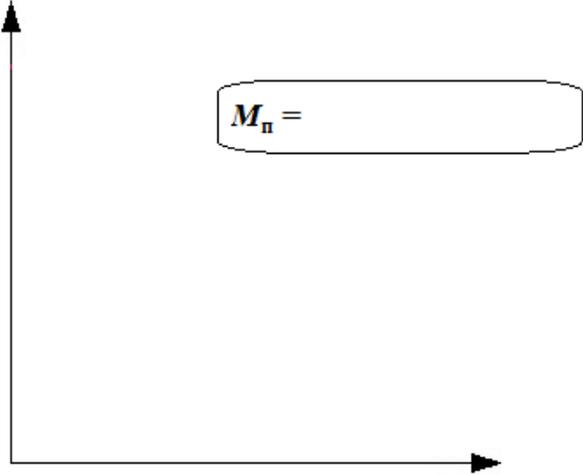
6 Регулировочные характеристики генераторов

На графике изображена регулировочная характеристика генератора независимого возбуждения. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора смешанного возбуждения с встречным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток и таким же номинальным напряжением. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_B = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.



Ток возбуждения  $I_B$ :

Причина:

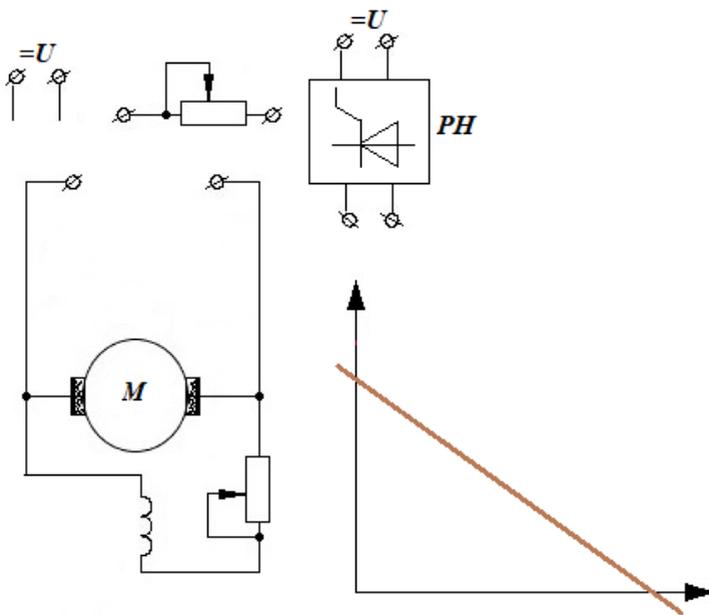
№ п/п	<b>Вариант 3</b>
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>Постройте график механической характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. Подпишите оси графика. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражение пускового момента двигателя (<math>M_n</math>) и обозначьте его на графике.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p style="margin-left: 100px;"><math>M_n =</math></p> </div>

№  
п/п

Вариант 3

8 Пуск двигателя постоянного тока

На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной скоростной (электромеханической) характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для реостатного пуска двигателя. Изобразите семейство скоростных (электромеханических) характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.



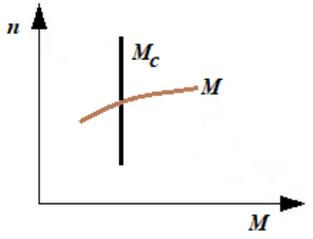
№  
п/п

Вариант 3

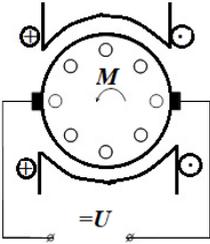
9 Искусственные механические характеристики двигателя

На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода ( $n_{01}$ ) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления  $M_c$  на валу двигателя ( $\Delta n_1$ ). Известно, что для работы двигателя со скоростью  $n_2$  снизили напряжение питания обмотки возбуждения двигателя. Дополните график соответствующей искусственной механической характеристикой. Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода ( $n_{02}$ ) и изменение частоты вращения двигателя ( $\Delta n_2$ ). Напишите, как изменилась жёсткость механической характеристики ( $\beta = \Delta M / \Delta n$ ) при данном способе регулирования частоты вращения двигателя.



№ п/п	<b>Вариант 3</b>
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	<b>Вариант 4</b>
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Укажите направления ЭДС и тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="218 837 420 1077" style="text-align: center;"> </div> <div data-bbox="448 877 952 1013" style="text-align: center;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

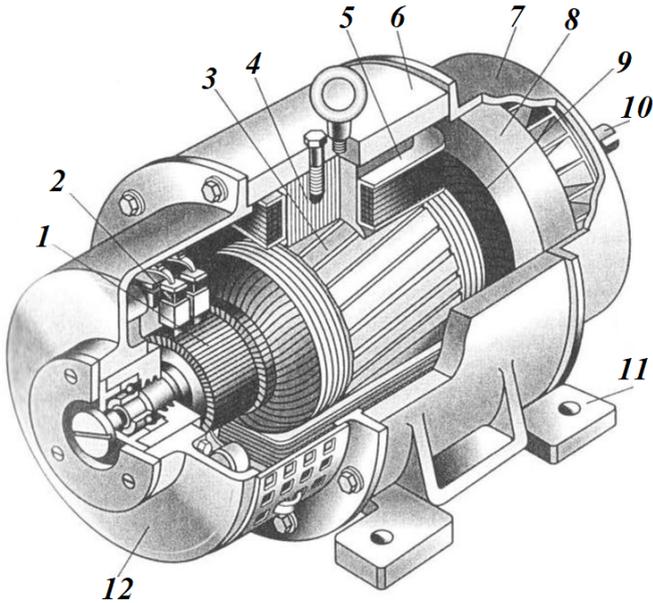
№ п/п	Вариант 4
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление электромагнитного момента <math>M</math>, действующего на якорь двигателя. Обозначьте направления токов и ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление движения якоря <math>v</math>. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегаящим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

**Вариант 4**

**3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)**

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, имеющих заданное функциональное назначение, а в третий – материал, из которого изготовлен этот элемент.



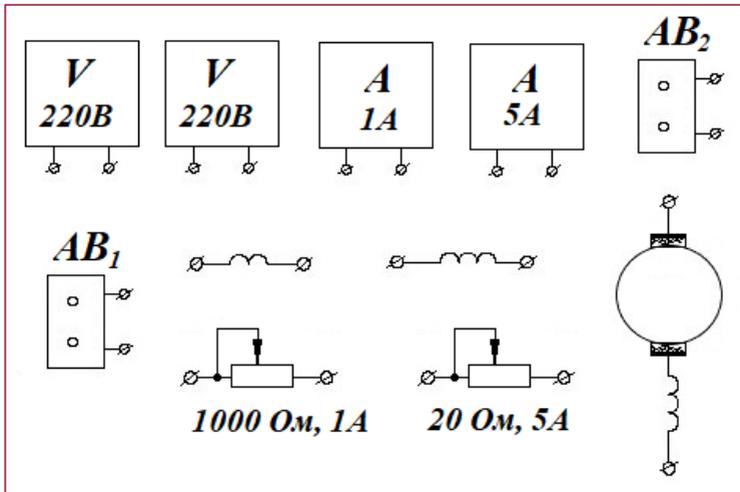
Назначение элемента	Номер на рисунке	Материал элемента
Создание основного магнитного потока		
Токосъём		

№  
п/п

Вариант 4

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме генератора смешанного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

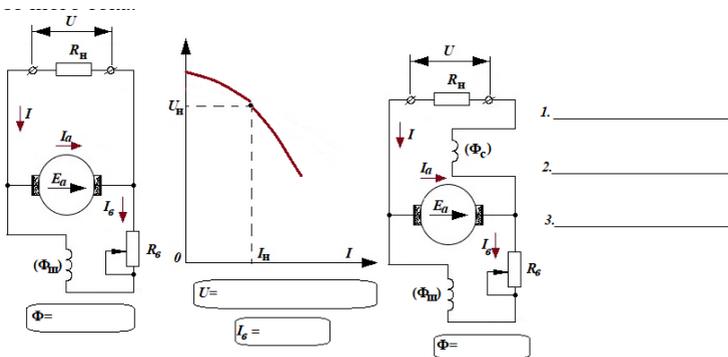


№  
п/п

Вариант 4

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора смешанного возбуждения при согласном включении параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением внешней характеристики генератора параллельного возбуждения. У генератора параллельного возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора смешанного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора и выражение для тока возбуждения. Запишите выражение для результирующих потоков генераторов при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{ш}$ , а серийная –  $\Phi_{с}$ . Укажите причины уменьшения напряжения генератора смешанного возбуждения с ростом нагрузочного тока.

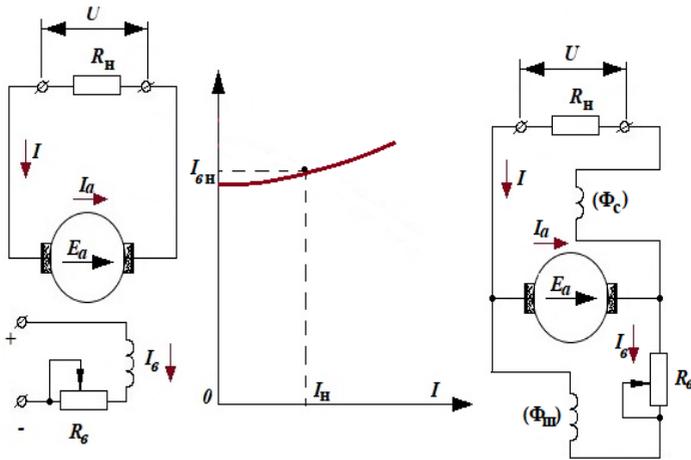


№  
п/п

Вариант 4

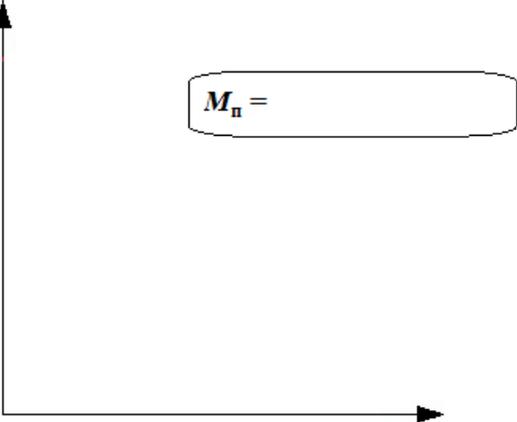
6 Регулировочные характеристики генераторов

На графике изображена регулировочная характеристика генератора независимого возбуждения. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора смешанного возбуждения с согласным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток и таким же номинальным напряжением. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_b = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.



Ток возбуждения  $I_b$  :

Причина:

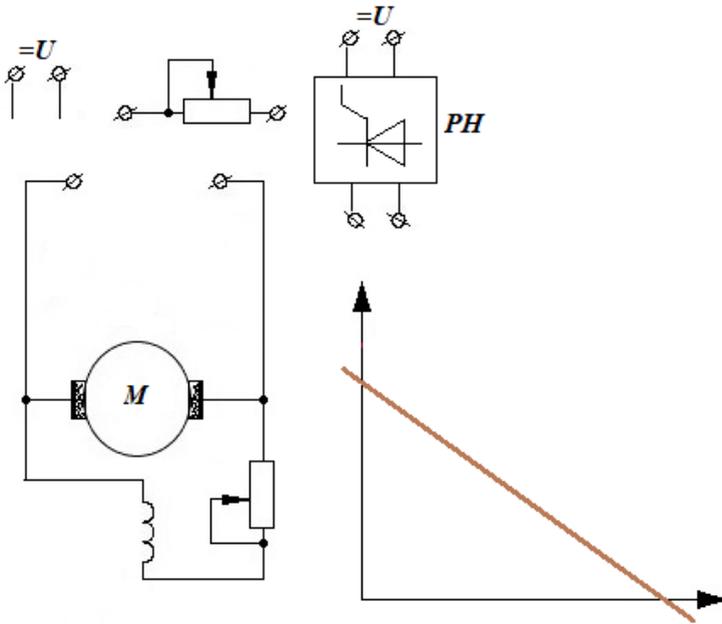
№ п/п	Вариант 4
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>Постройте график механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Подпишите оси графика. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражение пускового момента двигателя (<math>M_n</math>) и обозначьте его на графике.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>

№  
п/п

Вариант 4

8 Пуск двигателя постоянного тока

На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной механической характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для реостатного пуска двигателя. Изобразите семейство механических характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.

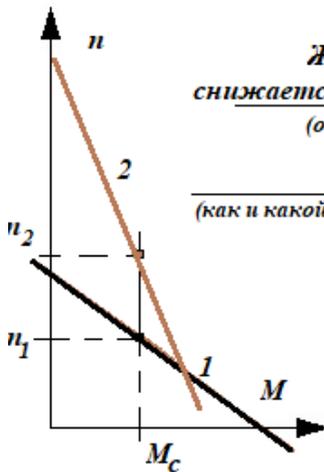


№  
п/п

Вариант 4

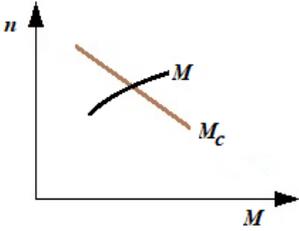
9 Искусственные механические характеристики двигателя

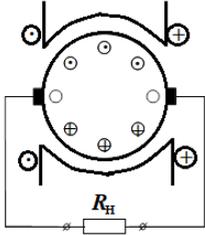
На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения (1). Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода ( $n_{01}$ ) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления  $M_c$  на валу двигателя ( $\Delta n_1$ ). Для работы двигателя со скоростью  $n_2$  получена искусственная механическая характеристика (2). Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода ( $n_{02}$ ) и изменение частоты вращения двигателя ( $\Delta n_2$ ). Напишите, как изменилась жёсткость искусственной механической характеристики ( $\beta = \Delta M / \Delta n$ ). Укажите, как и какой параметр двигателя (напряжение питания якоря  $U$ , сопротивление якоря  $R_a$  или поток возбуждения  $\Phi$ ) был изменен?

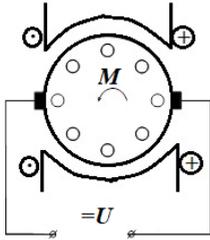


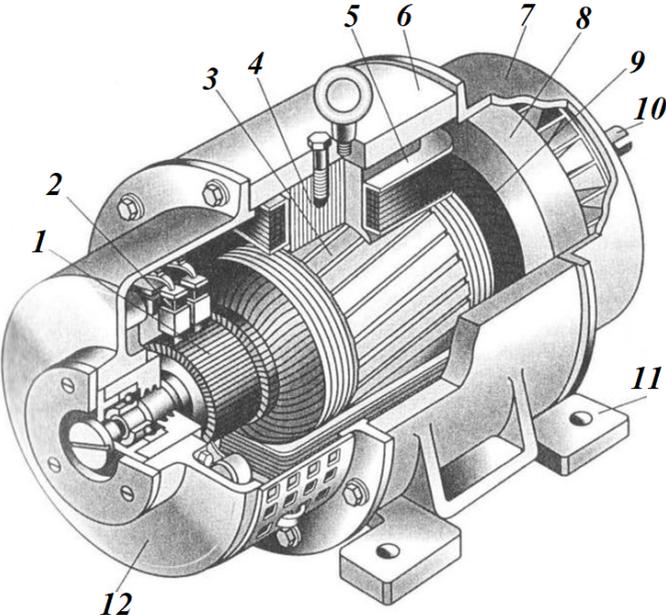
**Жёсткость  $n = f(M)$**   
снижается/не изменяется/повышается  
(оставить нужное)

\_\_\_\_\_  
(как и какой параметр двигателя изменился?)

№ п/п	Вариант 4
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 5
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление ЭДС в проводниках якоря генератора. Определите и обозначьте направление вращения якоря внешней механической силой. Укажите направление (+ или •) тока в проводниках якоря. Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 5
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление электромагнитного момента <math>M</math>, действующего на якорь двигателя. Обозначьте направления токов и ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление движения якоря <math>n</math>. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакция якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 5		
3	<p><b>Конструкция машины постоянного тока (МПТ)</b></p> <p>Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, имеющих заданное функциональное назначение, а в третий – материал, из которого изготовлен этот элемент.</p> 		
	Назначение элемента	Номер на рисунке	Материал элемента
	Охлаждение активной части машины		
	Преобразование постоянного тока в переменный или переменного тока в постоянный		

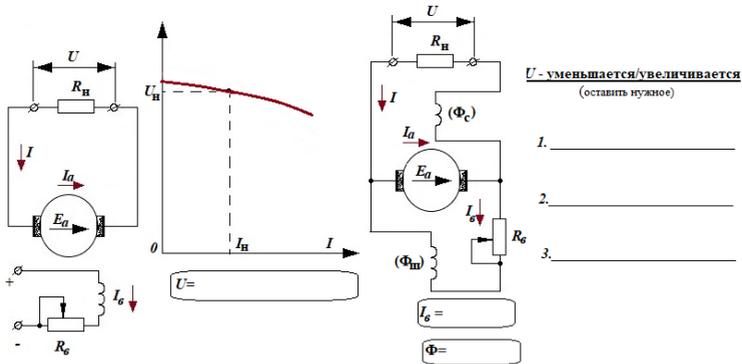
№ п/п	<b>Вариант 5</b>
4	<p><b>Типы возбуждения МПТ</b></p> <p>На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме двигателя смешанного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px 0;"> </div>

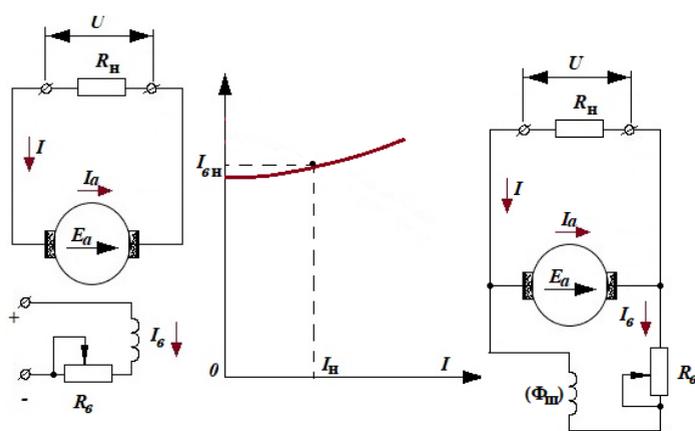
№  
п/п

Вариант 5

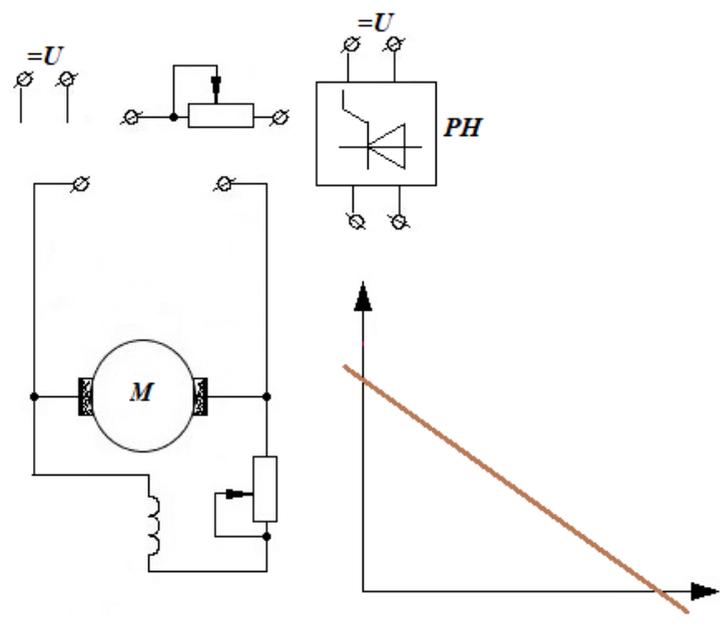
5 Внешние характеристики генераторов

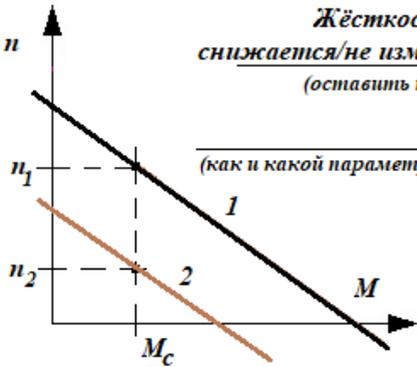
На графике дана внешняя характеристика генератора независимого возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора. Дополните график изображением внешней характеристики генератора смешанного возбуждения при встречном включении параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. У генератора смешанного возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора параллельного возбуждения. Запишите уравнение для тока возбуждения и выражение для результирующего потока возбуждения при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{ш}$ , а серийная –  $\Phi_{с}$ . Укажите, как меняется напряжение генератора смешанного возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

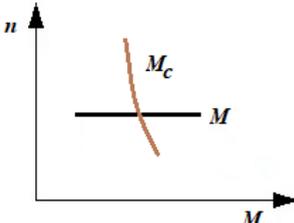


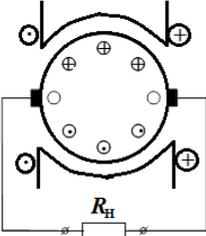
№ п/п	<b>Вариант 5</b>
6	<p><b>Регулировочные характеристики генераторов</b></p> <p>На графике изображена регулировочная характеристика генератора независимого возбуждения. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора параллельного возбуждения. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью <math>I_B = f(I)</math>, представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.</p>  <p><u>Ток возбуждения <math>I_6</math>:</u></p> <p><u>Причина:</u></p>

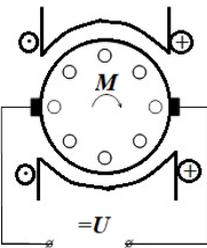
№ п/п	Вариант 5
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>На рисунке изображен график характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Напишите, как называется данная зависимость <math>n = f(I)</math>. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражение для пускового тока. Объясните причину жесткости естественной характеристики <math>n = f(I)</math> двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p>  <p><math>n = f(I) -</math> _____</p> <p><math>I_n =</math> _____</p> <p><i>Причина жёсткости характеристики:</i> _____</p>

№ п/п	Вариант 5
8	<p><b>Пуск двигателя постоянного тока</b></p> <p>На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной механической характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для пуска двигателя с пониженным напряжением питания. Изобразите семейство механических характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.</p>  <p>The diagram shows a power source labeled <math>=U</math> connected to a thyristor regulator labeled <math>RH</math>. The thyristor regulator is connected to a DC motor labeled <math>M</math>. A feedback loop is shown with a reostat (resistor) and a thyristor, connected to the motor's field winding. To the right, a graph shows a downward-sloping line representing the natural mechanical characteristic of the motor. The axes of the graph are not labeled.</p>

№ п/п	<b>Вариант 5</b>
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения (1). Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_c</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Для работы двигателя со скоростью <math>n_2</math> получена искусственная механическая характеристика (2). Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость искусственной механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>). Укажите, как и какой параметр двигателя (напряжение питания якоря <math>U</math>, сопротивление якоря <math>R_a</math> или поток возбуждения <math>\Phi</math>) был изменен?</p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Жёсткость <math>n = f(M)</math></b>  <u>снижается/не изменяется/повышается</u>  <i>(оставить нужное)</i></p> <hr/> <p><i>(как и какой параметр двигателя изменился?)</i></p> </div> 

№ п/п	<b>Вариант 5</b>
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 6
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление ЭДС в проводниках якоря генератора. Определите и обозначьте направление вращения якоря внешней механической силой. Укажите направление тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

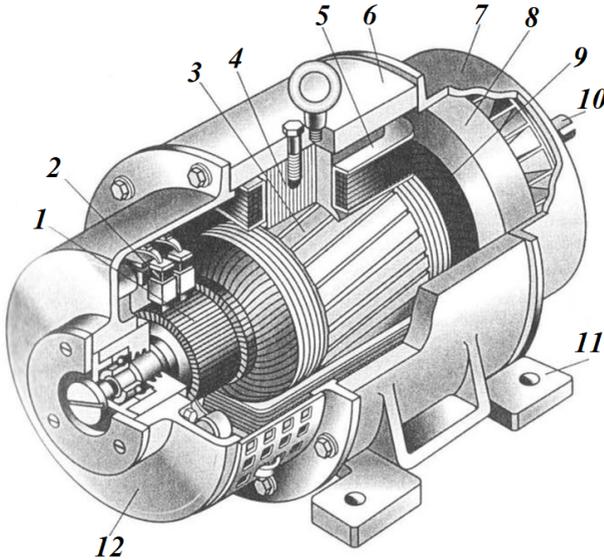
№ п/п	Вариант 6
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление электромагнитного момента <math>M</math>, действующего на якорь двигателя. Обозначьте направления токов и ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление движения якоря <math>n</math>. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 6

3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, имеющих заданное функциональное назначение, а в третий – материал, из которого изготовлен этот элемент.



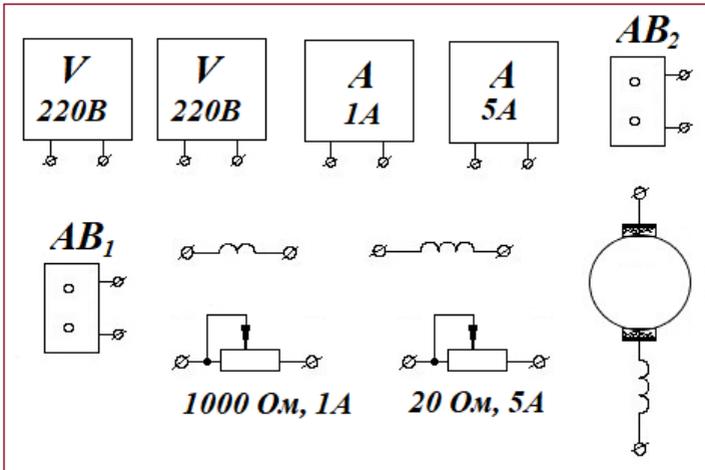
Назначение элемента	Номер на рисунке	Материал элемента
Крепление к фундаменту		
Токосъём		

№  
п/п

Вариант 6

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме двигателя параллельного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

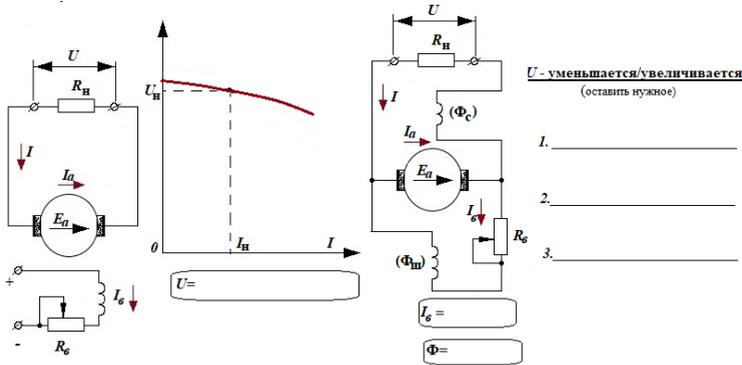


№  
п/п

Вариант 6

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора независимого возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора. Дополните график изображением внешней характеристики генератора смешанного возбуждения при согласном включении параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. У генератора смешанного возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора параллельного возбуждения. Запишите уравнение для тока возбуждения и выражение для результирующего потока возбуждения при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{ш}$ , а серийная –  $\Phi_{с}$ . Укажите, как меняется напряжение генератора смешанного возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

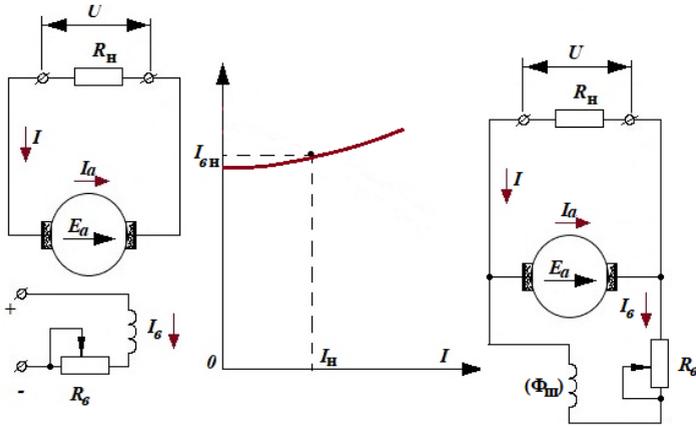


№  
п/п

Вариант 6

6 Регулировочные характеристики генераторов

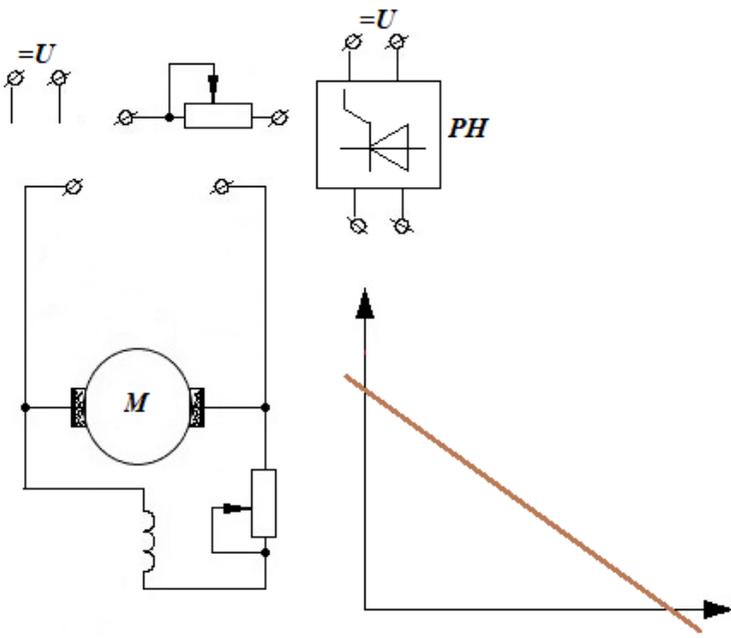
На графике изображена регулировочная характеристика генератора параллельного возбуждения. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора независимого возбуждения. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_B = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.

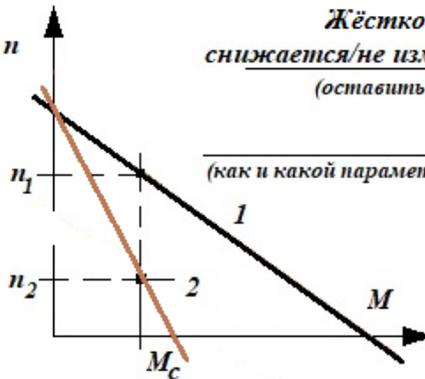


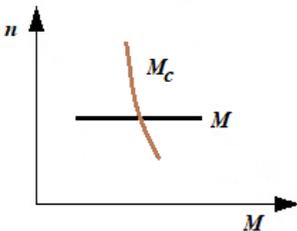
Ток возбуждения  $I_B$ :

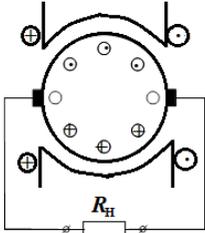
Причина:

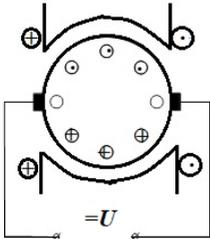


№ п/п	Вариант 6
8	<p><b>Пуск двигателя постоянного тока</b></p> <p>На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной скоростной (электромеханической) характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для пуска двигателя с пониженным напряжением питания. Изобразите семейство скоростных (электромеханических) характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.</p>  <p>The diagram illustrates the components and connections for starting a DC motor with a thyristor voltage regulator. It includes a DC power source labeled <math>=U</math>, a thyristor voltage regulator labeled <math>PH</math>, and a DC motor labeled <math>M</math>. The motor's field winding is connected in parallel with the armature winding. A speed characteristic graph is shown with a downward-sloping line, but its axes are not yet labeled.</p>

№ п/п	Вариант 6
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока независимого возбуждения (1). Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Для работы двигателя со скоростью получена искусственная механическая характеристика (2). Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость искусственной механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>). Укажите, как и какой параметр двигателя (напряжение питания якоря <math>U</math>, сопротивление якоря <math>R_a</math> или поток возбуждения <math>\Phi</math>) был изменен?</p> <div data-bbox="224 794 952 1173" style="text-align: center;"> <p><b>Жёсткость <math>n = f(M)</math></b>  снижается/не изменяется/повышается  (оставить нужное)</p> <hr/> <p>(как и какой параметр двигателя изменился?)</p>  </div>

№ п/п	<b>Вариант 6</b>
<b>10</b>	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 7
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление ЭДС в проводниках якоря генератора. Определите и обозначьте направление вращения якоря <math>n</math> внешней механической силой. Укажите направление тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

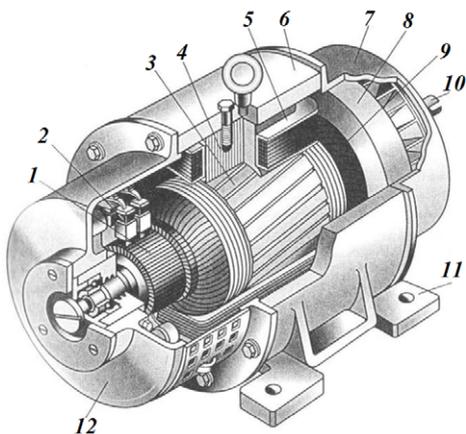
№ п/п	Вариант 7
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление тока в проводниках якоря двигателя. Обозначьте направление ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приводящего якорь в движение. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

**Вариант 7**

**3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)**

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.



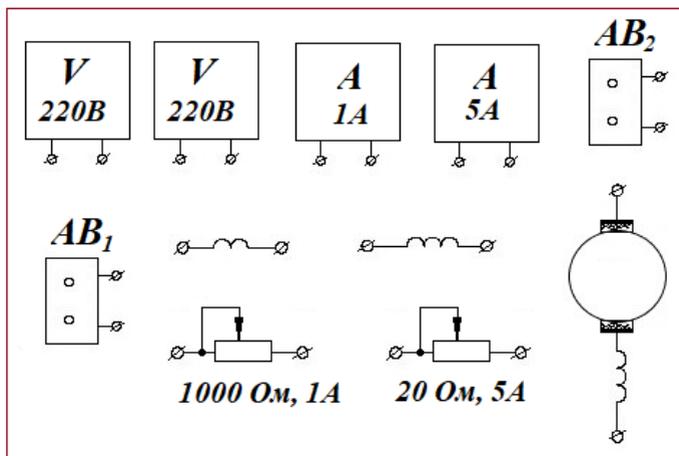
Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Изготавливается из конструкционной стали и имеет форму многоступенчатого цилиндра (разные диаметры)		
Отливается из чугуна, имеет отверстия для крепления и для контроля коммутации		

№  
п/п

Вариант 7

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме двигателя последовательного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

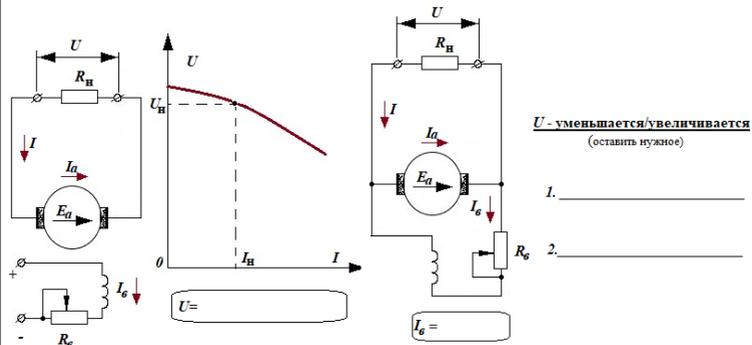


№  
п/п

Вариант 7

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи. Дополните график изображением внешней характеристики генератора независимого возбуждения, у которого номинальное напряжение такое же, как у генератора параллельного возбуждения. Запишите уравнение для тока возбуждения генератора параллельного возбуждения. Укажите, как меняется напряжение генератора независимого возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

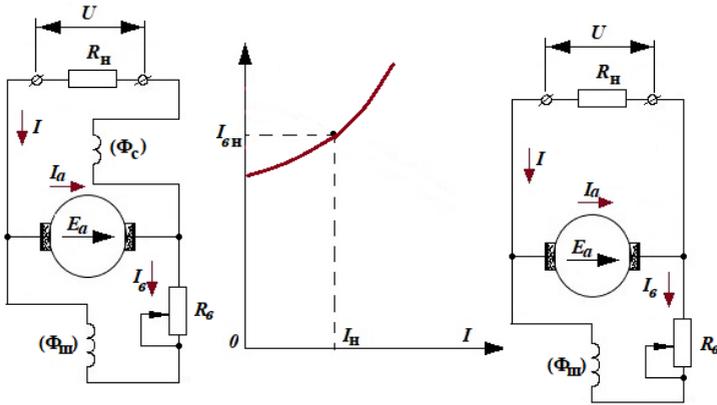


№  
п/п

Вариант 7

6 Регулировочные характеристики генераторов

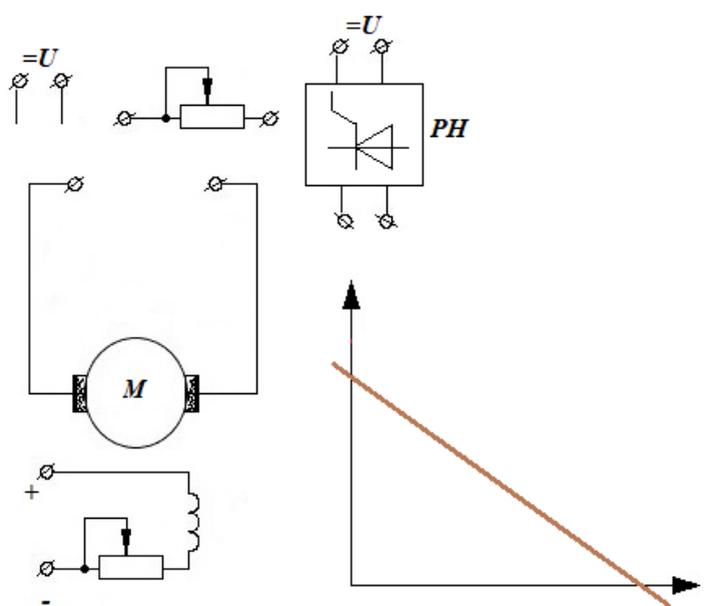
На графике изображена регулировочная характеристика генератора смешанного возбуждения с встречным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора параллельного возбуждения с таким же номинальным напряжением. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_B = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.

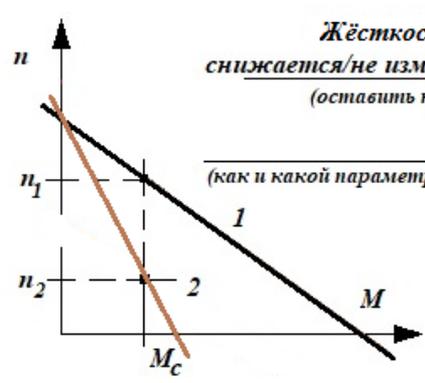


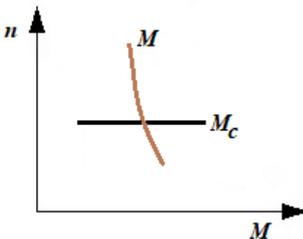
Ток возбуждения  $I_B$  :

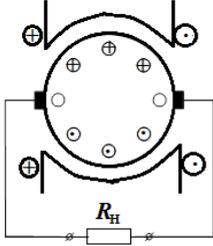
Причина:

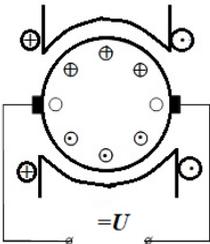
№ п/п	<b>Вариант 7</b>
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>На рисунке изображен график характеристики двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. Подпишите, как называется данная зависимость <math>n = f(I)</math>. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражения для пускового тока и момента. Объясните причину жесткости естественной характеристики <math>n = f(I)</math> двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.</p>  <p><math>n = f(M) -</math> _____</p> <p><math>I_n =</math> _____</p> <p><math>M_n =</math> _____</p> <p><i>Причина жёсткости характеристики:</i> _____</p> <p><math>M</math></p>

№ п/п	Вариант 7
8	<p><b>Пуск двигателя постоянного тока</b></p> <p>На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной скоростной (электромеханической) характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для пуска двигателя с пониженным напряжением питания. Изобразите семейство скоростных (электромеханических) характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.</p>  <p>The diagram includes the following components and connections:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>DC Source:</b> A source of constant voltage <math>U</math> with two terminals.</li> <li><b>Thyristor Regulator (РН):</b> A thyristor circuit with two input terminals and two output terminals.</li> <li><b>Motor (M):</b> A DC motor with two terminals.</li> <li><b>Graph:</b> A coordinate system with a vertical axis and a horizontal axis. A straight line with a negative slope is drawn, representing the natural speed characteristic.</li> </ul> <p>Connections to be made for starting the motor at a reduced voltage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Connect the positive terminal of the DC source <math>U</math> to the upper-left input terminal of the thyristor regulator (РН).</li> <li>Connect the negative terminal of the DC source <math>U</math> to the lower-right output terminal of the thyristor regulator (РН).</li> <li>Connect the upper-right output terminal of the thyristor regulator (РН) to the positive terminal of the motor (M).</li> <li>Connect the lower-left input terminal of the thyristor regulator (РН) to the negative terminal of the motor (M).</li> </ul> <p>Labeling the graph axes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The vertical axis is labeled <math>n</math> (speed).</li> <li>The horizontal axis is labeled <math>I</math> (current).</li> </ul>

№ п/п	Вариант 7
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (1). Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_c</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Для работы двигателя со скоростью получена искусственная механическая характеристика (2). Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость искусственной механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>). Укажите, как и какой параметр двигателя (напряжение питания якоря <math>U</math>, сопротивление якоря <math>R_a</math> или поток возбуждения <math>\Phi</math>) был изменен?</p> <div data-bbox="224 829 940 1212" style="text-align: center;"> <p><b>Жёсткость <math>n = f(M)</math></b>  снижается/не изменяется/повышается  (оставить нужное)</p> <hr/> <p>(как и какой параметр двигателя изменился?)</p>  </div>

№ п/п	<b>Вариант 7</b>
<b>10</b>	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 8
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление ЭДС в проводниках якоря генератора. Определите и обозначьте направление вращения якоря <math>n</math> внешней механической силой. Укажите направление тока в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким — ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса  ослабляется под _____ краем полюса  реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

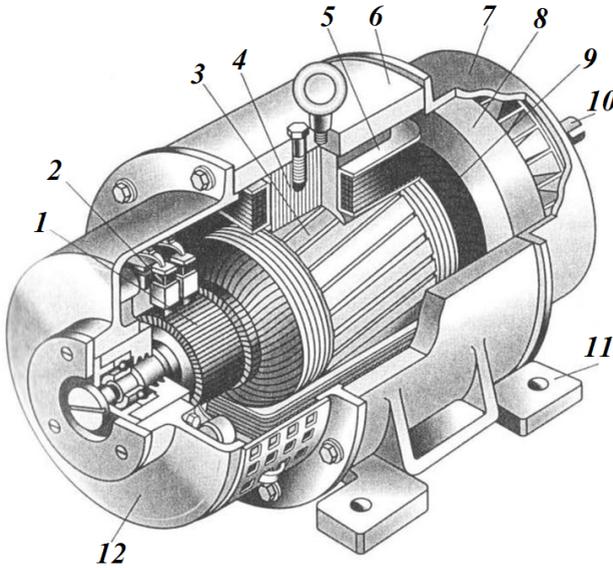
№ п/п	Вариант 8
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление тока в проводниках якоря двигателя. Обозначьте направление ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приводящего якорь в движение. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакция якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 20px;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

**Вариант 8**

**3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)**

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.



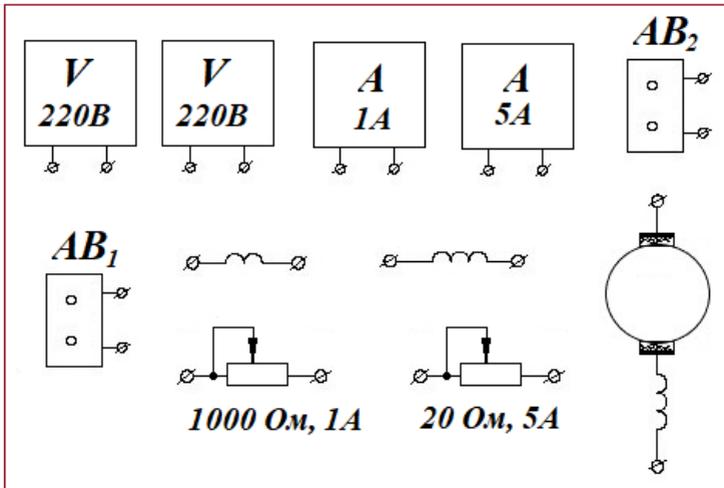
Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Выполняется из конструкционной стали и имеет форму полого цилиндра		
Шихтуется из листов анизотропной электротехнической стали		

№  
п/п

Вариант 8

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме двигателя независимого возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

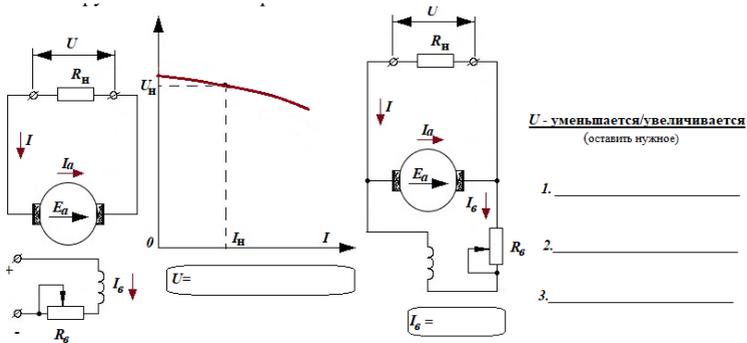


№  
п/п

Вариант 8

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора независимого возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи. Дополните график изображением внешней характеристики генератора параллельного возбуждения, у которого номинальное напряжение такое же, как у генератора независимого возбуждения. Запишите уравнение для тока возбуждения генератора параллельного возбуждения. Укажите, как меняется напряжение генератора параллельного возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

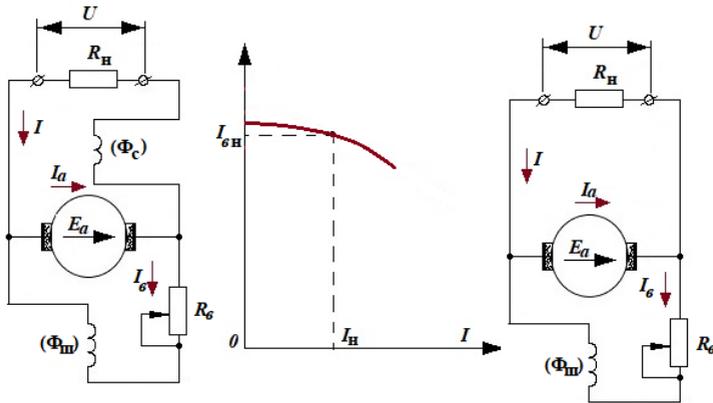


№  
п/п

Вариант 8

6 Регулировочные характеристики генераторов

На графике изображена регулировочная характеристика генератора смешанного возбуждения с согласным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора параллельного возбуждения с таким же номинальным напряжением. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_b = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.



Ток возбуждения  $I_b$  :

Причина:

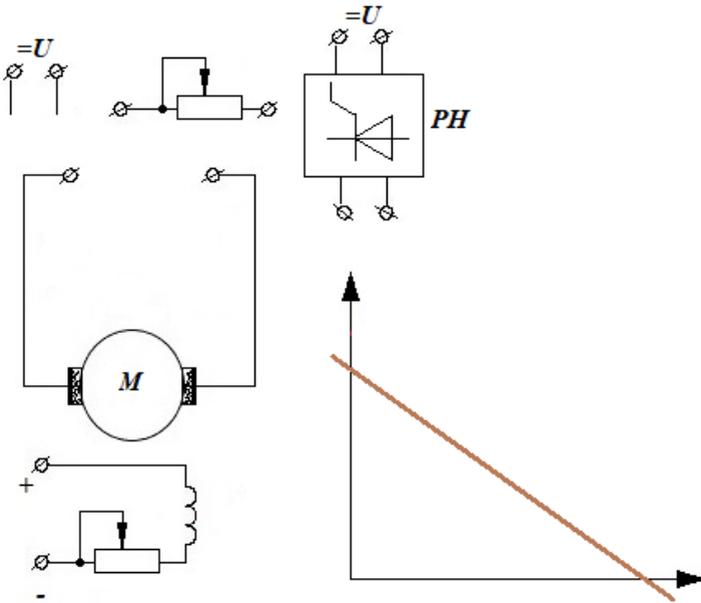
№ п/п	Вариант 8
7	<p><b>Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей</b></p> <p>На рисунке изображен график характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Напишите, как называется данная зависимость <math>n = f(M)</math>. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_0</math>), номинальную частоту (<math>n_n</math>) и номинальное изменение частоты вращения при изменении нагрузки (<math>\Delta n_n</math>). Запишите выражения для пускового тока и момента. Объясните причину жесткости естественной характеристики <math>n = f(M)</math> двигателя постоянного тока независимого возбуждения.</p>  <p><math>n = f(M) -</math> _____</p> <p><math>I_n =</math> _____</p> <p><math>M_n =</math> _____</p> <p><i>Причина жёсткости характеристики:</i> _____</p> <p><math>M</math></p>

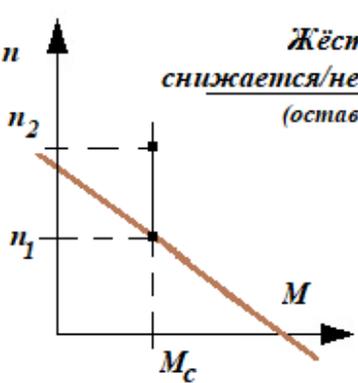
№  
п/п

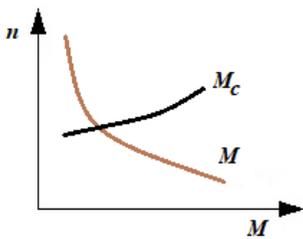
Вариант 8

8 Пуск двигателя постоянного тока

На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной механической характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для пуска двигателя с пониженным напряжением питания. Изобразите семейство механических характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.



№ п/п	<b>Вариант 8</b>
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_c</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Известно, что для работы двигателя со скоростью <math>n_2</math> увеличили сопротивление в цепи обмотки возбуждения двигателя. Дополните график соответствующей искусственной механической характеристикой. Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) при данном способе регулирования частоты вращения двигателя.</p> <div style="text-align: center;"> <p><i>Жёсткость <math>n = f(M)</math></i></p> <p><i><u>снижается/не изменяется/повышается</u></i></p> <p><i>(оставить нужное)</i></p> </div> 

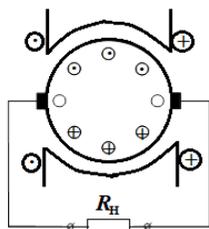
№ п/п	<b>Вариант 8</b>
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/>         Установившийся режим - _____       </div> </div>

№  
п/п

Вариант 9

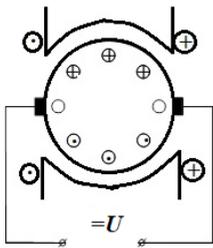
1 Генератор постоянного тока (ГПТ)

Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами  $N$  и  $S$  полярность главных полюсов. Задано направление тока в проводниках якоря генератора. Укажите направление ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Определите и обозначьте направление вращения якоря  $n$  внешней механической силой. Укажите направления электромагнитных сил  $F$ , действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента  $M$ , приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами  $N_a$  и  $S_a$ . Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакция якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).



Магнитное поле в ГПТ

усиливается под \_\_\_\_\_ краем полюса  
 ослабляется под \_\_\_\_\_ краем полюса  
 реакция якоря \_\_\_\_\_ поле возбуждения

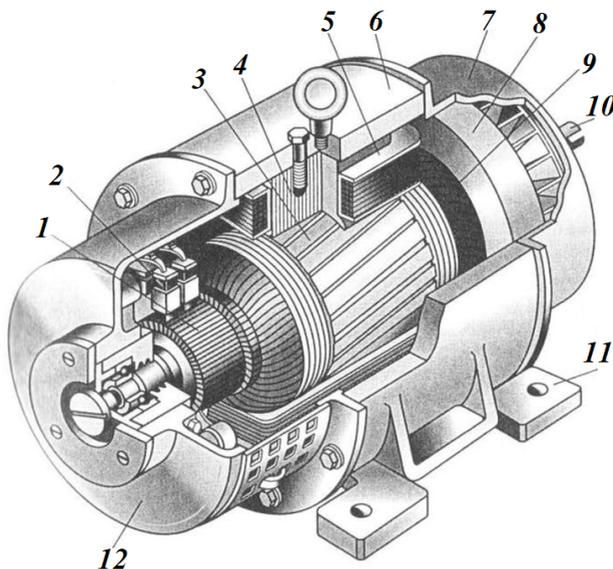
№ п/п	<b>Вариант 9</b>
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление тока в проводниках якоря двигателя. Обозначьте направление ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приводящего якорь в движение. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin-top: 20px;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 9

3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.



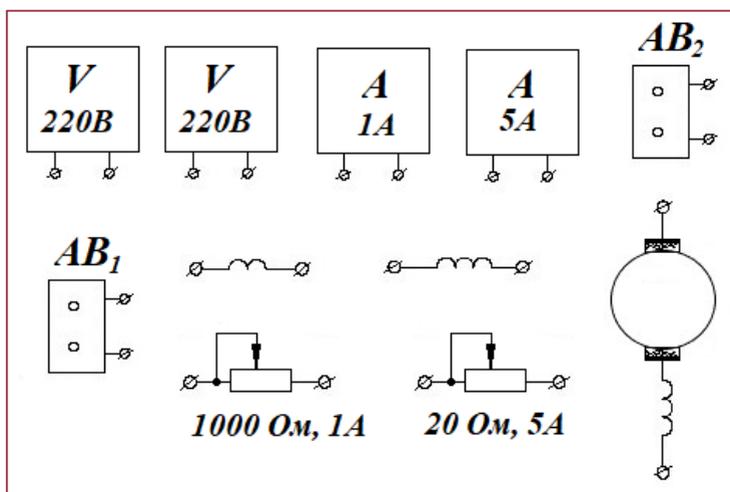
Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Изготавливается из электролитической меди		
Представляет собой катушку из медной проволоки		

№  
п/п

Вариант 9

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме генератора параллельного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

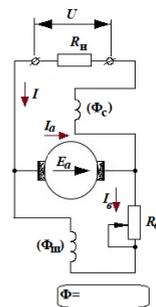
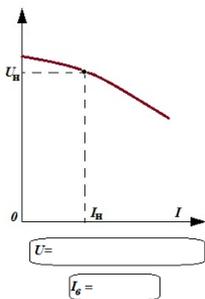
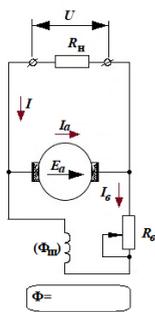


№  
п/п

Вариант 9

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора и выражение для тока возбуждения. Дополните график изображением внешней характеристики генератора смешанного возбуждения при согласном включении параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. У генератора смешанного возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора параллельного возбуждения. Запишите выражение для результирующего потока возбуждения при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{Ш}$ , а серийная –  $\Phi_{С}$ . Укажите, как меняется напряжение генератора смешанного возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.



U - уменьшается/увеличивается  
(оставить нужно)

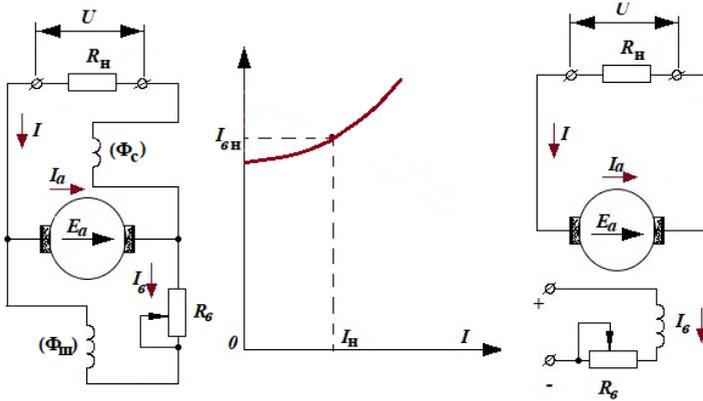
1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_

№  
п/п

Вариант 9

6 Регулировочные характеристики генераторов

На графике изображена регулировочная характеристика генератора смешанного возбуждения с встречным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – сериесной) обмоток. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора независимого возбуждения с таким же номинальным напряжением. Запишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_b = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.



Ток возбуждения  $I_b$  :

Причина:

№  
п/п

Вариант 9

7 **Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей**

На рисунке изображен график характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Подпишите, как называется данная зависимость  $n = f(I)$ . Покажите на графике номинальную частоту ( $n_{\text{н}}$ ) и пусковой ток двигателя ( $I_{\text{п}}$ ). Объясните форму естественной характеристики  $n = f(I)$  двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Укажите причину, по которой при отсутствии нагрузки скорость двигателя резко возрастает.



$n=f(I)$  - \_\_\_\_\_

*Частота резко падает с ростом нагрузки, так как:*

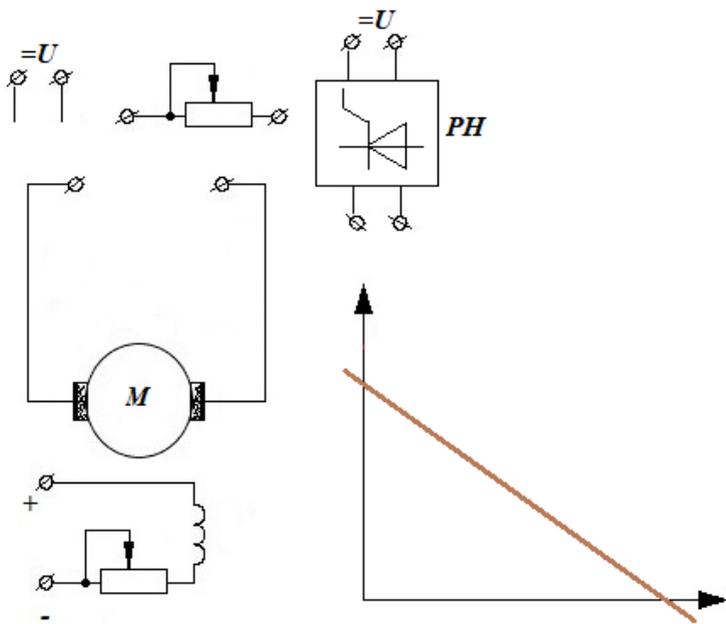
*Частота резко увеличивается при снижении нагрузки, так как:*

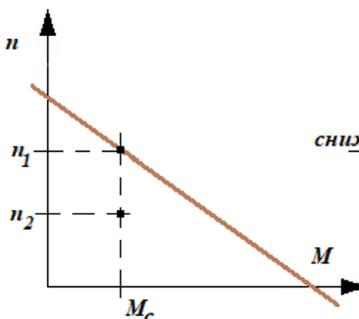
№  
п/п

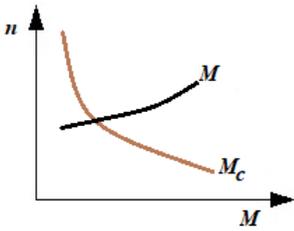
Вариант 9

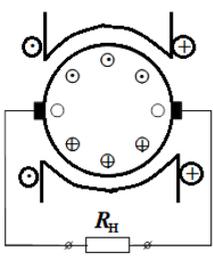
8 Пуск двигателя постоянного тока

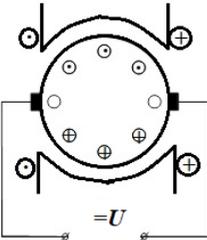
На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной механической характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для реостатного пуска двигателя. Изобразите семейство механических характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.



№ п/п	<b>Вариант 9</b>
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_c</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Известно, что для работы двигателя со скоростью <math>n_2</math> в цепь якоря двигателя было введено добавочное сопротивление. Дополните график соответствующей искусственной механической характеристикой. Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) при данном способе регулирования частоты вращения двигателя.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;"><i>Жёсткость <math>n = f(M)</math> снижается/не изменяется/повышается (оставить нужное)</i></p> </div>

№ п/п	<b>Вариант 9</b>
<b>10</b>	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

№ п/п	Вариант 10
1	<p><b>Генератор постоянного тока (ГПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление тока в проводниках якоря генератора. Укажите направление ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•».</p> <p>Определите и обозначьте направление вращения якоря <math>n</math> внешней механической силой. Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приложенного к якорю. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря генератора буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакция якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p><b>Магнитное поле в ГПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

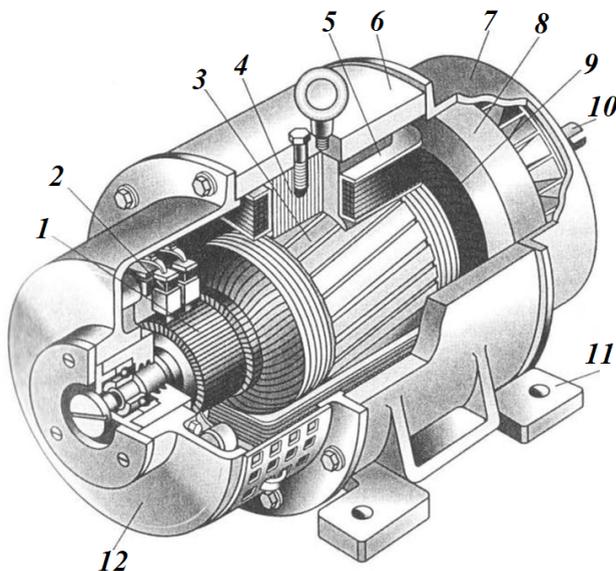
№ п/п	<b>Вариант 10</b>
2	<p><b>Двигатель постоянного тока (ДПТ)</b></p> <p>Изобразите силовые линии магнитного поля главных полюсов. Обозначьте буквами <math>N</math> и <math>S</math> полярность главных полюсов. Задано направление тока в проводниках якоря двигателя. Обозначьте направление ЭДС в проводниках якоря знаками «+» или «•». Укажите направления электромагнитных сил <math>F</math>, действующих на проводники якоря. Обозначьте направление электромагнитного момента <math>M</math>, приводящего якорь в движение. Изобразите силовые линии и обозначьте направление магнитного поля якоря. Подпишите полюсы якоря двигателя буквами <math>N_a</math> и <math>S_a</math>. Определите, как магнитный поток якоря влияет на поле возбуждения машины. Напишите, под каким краем полюса (набегающим или сбегающим) наблюдается усиление поля, а под каким – ослабление? Укажите, как поле якоря (реакции якоря) влияет на величину потока возбуждения машины (не изменяет, усиливает или ослабляет).</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 2; margin-left: 20px;"> <p style="text-align: center;"><b>Магнитное поле в ДПТ</b></p> <p>усиливается под _____ краем полюса</p> <p>ослабляется под _____ краем полюса</p> <p>реакция якоря _____ поле возбуждения</p> </div> </div>

№  
п/п

Вариант 10

3 Конструкция машины постоянного тока (МПТ)

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.



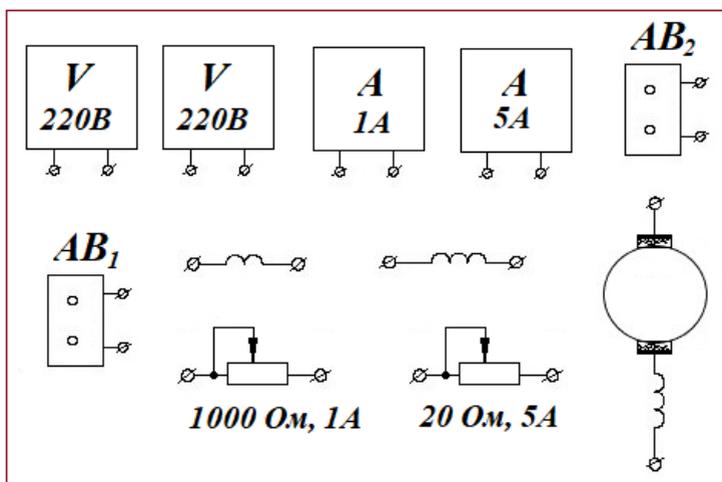
Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Изготавливается из графита		
Изготавливается из изотропной электротехнической стали		

№  
п/п

Вариант 10

4 Типы возбуждения МПТ

На рисунке изображена панель лабораторного стенда, используемого для исследования машины постоянного тока. Изобразите соединения между клеммами приборов, реостатов и обмоток для работы машины постоянного тока по схеме двигателя параллельного возбуждения. Используемые обозначения: АВ – автоматический выключатель, А – амперметр, V – вольтметр.

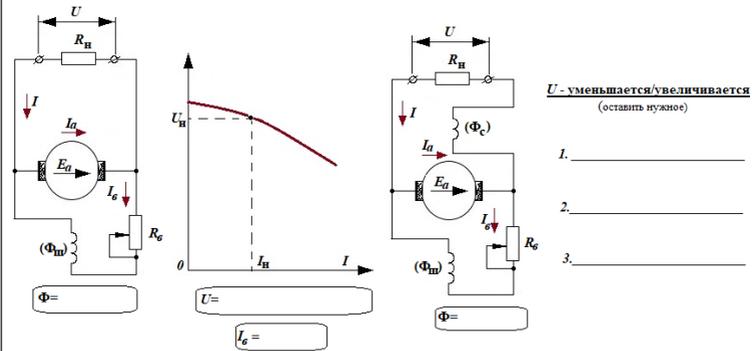


№  
п/п

Вариант 10

5 Внешние характеристики генераторов

На графике дана внешняя характеристика генератора параллельного возбуждения. Запишите уравнение напряжения для якорной цепи генератора и выражение для тока возбуждения. Дополните график изображением внешней характеристики генератора смешанного возбуждения при встречном включении параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. У генератора смешанного возбуждения номинальное напряжение такое же, как у генератора параллельного возбуждения. Запишите выражение для результирующего потока возбуждения при условии, что шунтовая обмотка создает поток  $\Phi_{Ш}$ , а серийная –  $\Phi_{С}$ . Укажите, как меняется напряжение генератора смешанного возбуждения с ростом нагрузочного тока и причины этого изменения.

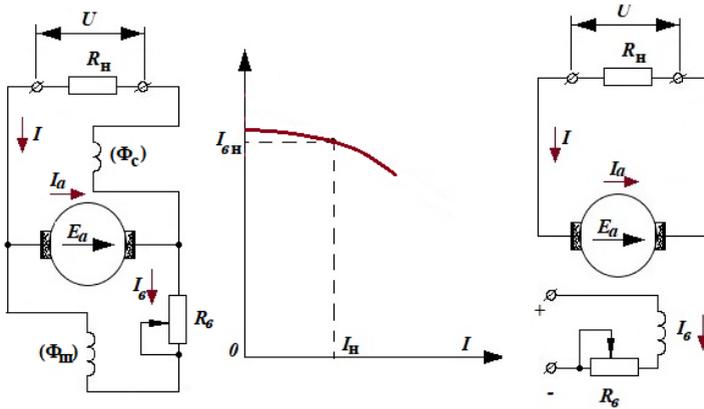


№  
п/п

Вариант 10

6 Регулировочные характеристики генераторов

На графике изображена регулировочная характеристика генератора смешанного возбуждения с согласным включением параллельной (Ш – шунтовой) и последовательной (С – серийной) обмоток. Дополните график изображением регулировочной характеристики генератора независимого возбуждения с таким же номинальным напряжением. Напишите, как будет изменяться ток возбуждения у данного генератора (увеличиваться или уменьшаться; в большей или в меньшей степени по сравнению с зависимостью  $I_b = f(I)$ , представленной на рисунке). Укажите, чем вызвано данное изменение.



Ток возбуждения  $I_b$ :

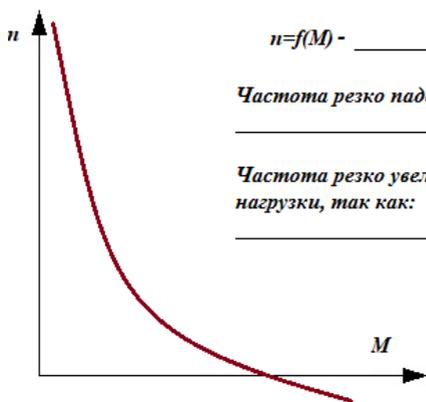
Причина:

№  
п/п

Вариант 10

7 **Естественные скоростная (электромеханическая) и механическая характеристики двигателей**

На рисунке изображен график характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Подпишите, как называется данная зависимость  $n = f(M)$ . Покажите на графике номинальную частоту ( $n_n$ ) и пусковой момент двигателя ( $M_n$ ). Объясните форму естественной характеристики  $n = f(M)$  двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Укажите причину, по которой при отсутствии нагрузки скорость двигателя резко возрастает.



$n=f(M)$  - \_\_\_\_\_

*Частота резко падает с ростом нагрузки, так как:*

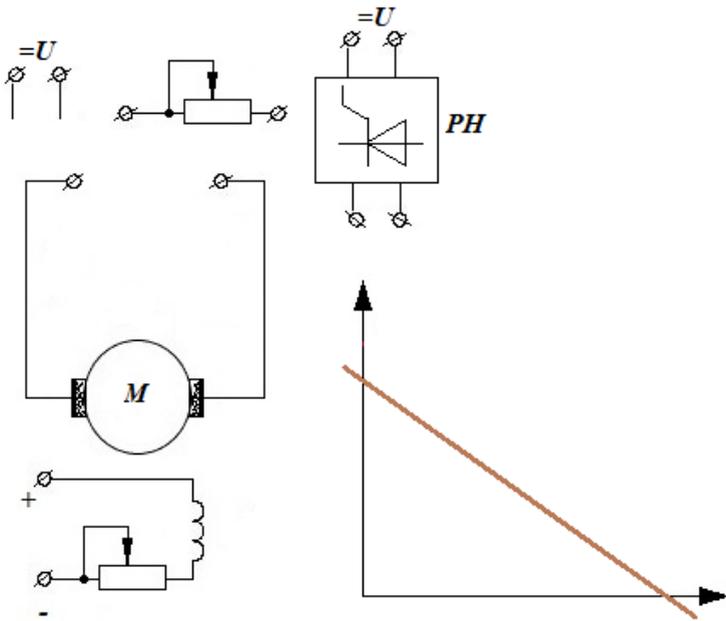
*Частота резко увеличивается при снижении нагрузки, так как:*

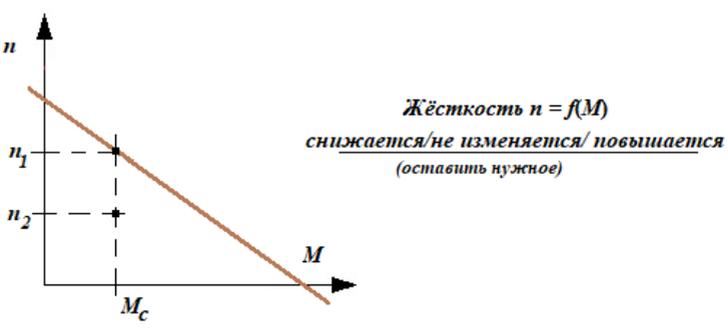
№  
п/п

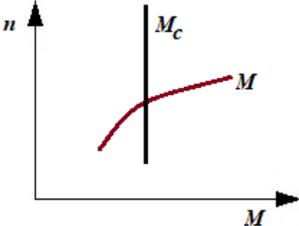
Вариант 10

8 Пуск двигателя постоянного тока

На рисунке изображены схема двигателя постоянного тока независимого возбуждения, источник питания постоянного тока, реостат, тиристорный регулятор напряжения (РН) и график естественной скоростной (электромеханической) характеристики двигателя. Обозначьте оси графика. Нарисуйте соединения между элементами, которые необходимы для реостатного пуска двигателя. Изобразите семейство скоростных (электромеханических) характеристик двигателя, соответствующих данному виду пуска.



№ п/п	<b>Вариант 10</b>
9	<p><b>Искусственные механические характеристики двигателя</b></p> <p>На рисунке изображена естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока параллельного возбуждения. Покажите на графике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{01}</math>) и изменение частоты вращения для заданного статического момента сопротивления <math>M_C</math> на валу двигателя (<math>\Delta n_1</math>). Известно, что для работы двигателя со скоростью <math>n_2</math> снизили напряжение питания якоря двигателя. Дополните график соответствующей искусственной механической характеристикой. Покажите на искусственной характеристике частоту вращения идеального холостого хода (<math>n_{02}</math>) и изменение частоты вращения двигателя (<math>\Delta n_2</math>). Напишите, как изменилась жёсткость механической характеристики (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) при данном способе регулирования частоты вращения двигателя.</p> <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;"><i>Жёсткость <math>n = f(M)</math> снижается/не изменяется/повышается (оставить нужное)</i></p> </div>

№ п/п	Вариант 10
10	<p><b>Устойчивость работы двигателя</b></p> <p>На рисунке показана механическая характеристика двигателя и нагрузочного механизма. Укажите точку установившегося режима работы. Определите жёсткость для механических характеристик двигателя (<math>\beta = \Delta M / \Delta n</math>) и нагрузочного механизма (<math>\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math>) (больше, меньше или равна нулю, равна бесконечности). Сравните жесткость нагрузочного механизма и двигателя между собой. Определите, может ли двигатель вернуться в установившийся режим работы при кратковременном увеличении частоты вращения на величину <math>\Delta n</math>. Сделайте вывод об устойчивости установившегося режима работы двигателя.</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <math display="block">\beta = \Delta M / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta_c = \Delta M_c / \Delta n</math> <hr/> <math display="block">\beta \quad \beta_c</math> <hr/> <p>Установившийся режим - _____</p> </div> </div>

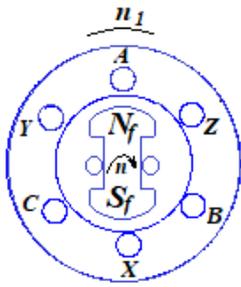
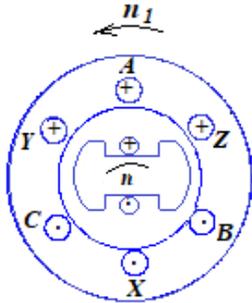
## Модуль 5. СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

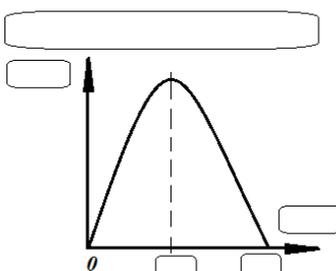
### Экзаменационные вопросы

1. Устройство синхронной машины.
2. Назначение и конструктивные особенности индуктора синхронной машины.
3. Назначение и конструктивные особенности якоря синхронной машины.
4. Генераторный режим работы синхронной машины.
5. Двигательный режим работы синхронной машины.
6. Пуск в ход синхронного двигателя.

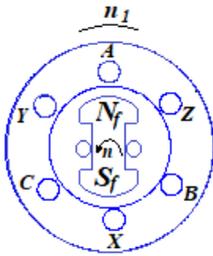
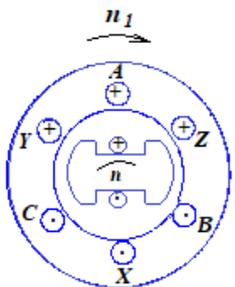
### Практические задания

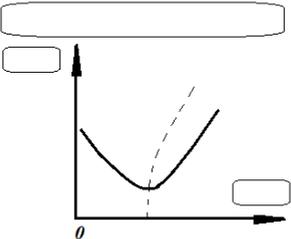
№ п/п	Вариант 1									
1	<p><b>Конструкция синхронной машины (СМ)</b>            На рисунке изображена конструкция синхронной машины (СМ).            Во второй столбец таблицы запишите название указанных элементов, а в третий – назначение и свойства.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th data-bbox="210 1316 459 1372">Номер на рисунке</th> <th data-bbox="459 1316 705 1372">Название элемента</th> <th data-bbox="705 1316 957 1372">Назначение и свойства элемента</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="210 1372 459 1412" style="text-align: center;">3</td> <td data-bbox="459 1372 705 1412"></td> <td data-bbox="705 1372 957 1412"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="210 1412 459 1444" style="text-align: center;">7</td> <td data-bbox="459 1412 705 1444"></td> <td data-bbox="705 1412 957 1444"></td> </tr> </tbody> </table>	Номер на рисунке	Название элемента	Назначение и свойства элемента	3			7		
Номер на рисунке	Название элемента	Назначение и свойства элемента								
3										
7										

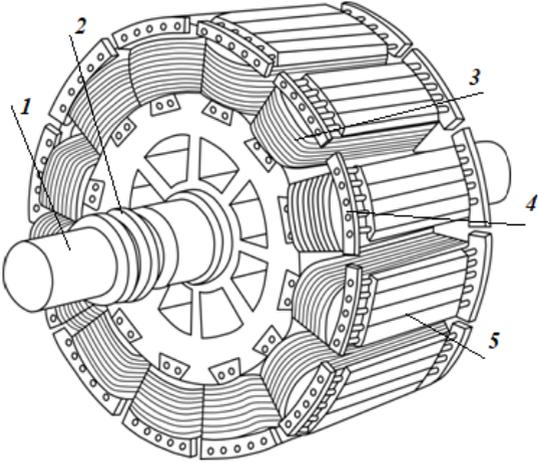
№ п/п	Вариант 1
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СГ (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

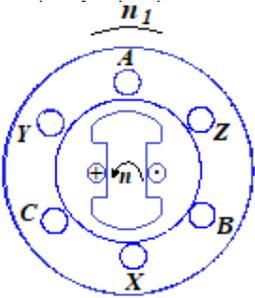
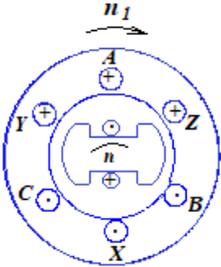
№ п/п	Вариант 1
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Постройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Режим работы - _____</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math>\theta</math>    0     </div> <p style="text-align: center;">P - _____</p> <p style="text-align: center;">Q - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображена зависимость, характеризующая рабочие свойства синхронной машины. Запишите название данной характеристики. Обозначьте оси. Подпишите значения параметра, откладываемого по оси X, в указанных точках характеристики.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

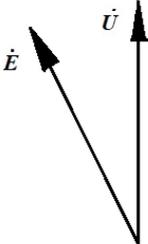
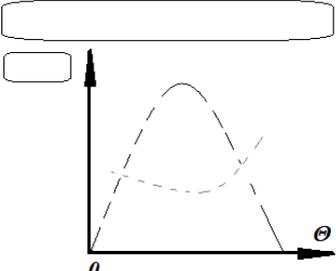


№ п/п	Вариант 2
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СГ (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

№ п/п	Вариант 2
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Постройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>Режим работы - _____</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block; margin: 5px;"> <math>\theta</math>    <math>0</math> </div> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p> </div> </div>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображена зависимость, характеризующая рабочие свойства синхронной машины. Запишите название данной характеристики. Обозначьте оси.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div>

№ п/п	Вариант 3	
1	<p><b>Конструкция синхронной машины (СМ)</b></p> <p>На рисунке изображен ротор СМ. Как обозначены элементы, выполняющие заданное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
	Назначение	Номера элементов на рисунке
	Контактные кольца для подключения к источнику постоянного тока	
	Пусковая обмотка синхронного двигателя	

№ п/п	Вариант 3
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

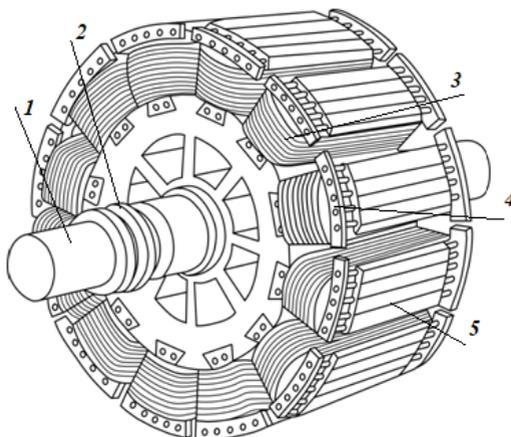
№ п/п	Вариант 3
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Постройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Режим работы - _____</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>\theta</math>    0         </div> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p> </div> </div>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины, и обозначена одна из координатных осей. Обведите сплошной линией характеристику, по одной из осей которой откладывается указанный параметр. Запишите название данной характеристики. Обозначьте неподписанную ось координат.</p> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 200px; height: 20px; margin: 0 auto; margin-bottom: 10px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 20px; display: inline-block; margin-right: 10px;"></div>  </div>

№  
п/п

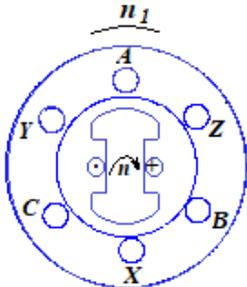
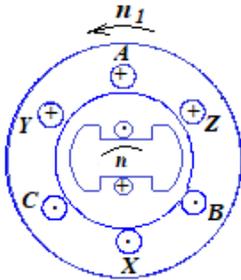
**Вариант 4**

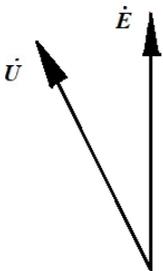
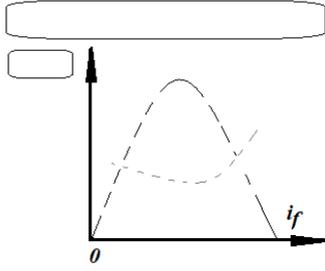
**1 Конструкция синхронной машины (СМ)**

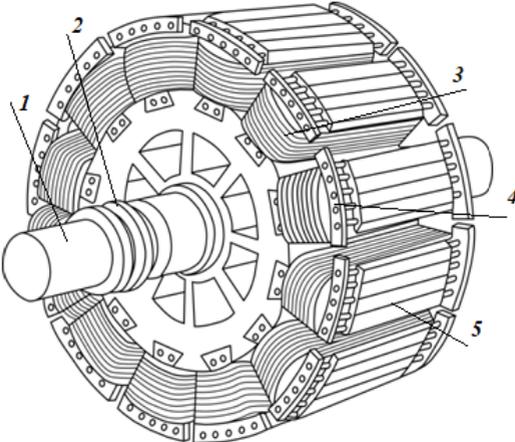
На рисунке изображен ротор СМ. Как обозначены элементы, выполняющие заданное функциональное или конструктивное назначение? Запишите номера элементов во второй столбец таблицы.

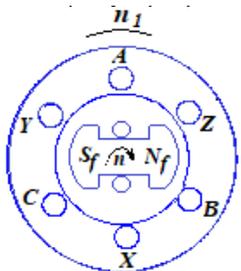
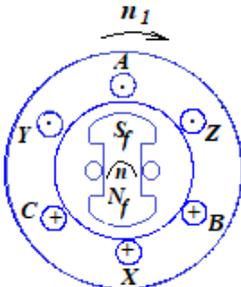


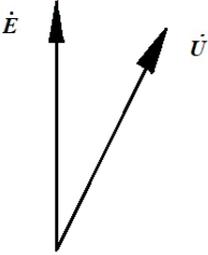
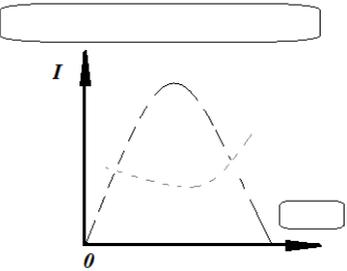
Назначение	Номера элементов на рисунке
Успокоительная обмотка синхронного генератора	
Создание основного магнитного поля	

№ п/п	Вариант 4
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

№ п/п	Вариант 4
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Достройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p>Режим работы - _____</p> <p><input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/></p> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины, и обозначена одна из координатных осей. Обведите сплошной линией характеристику, по одной из осей которой откладывается указанный параметр. Запишите название данной характеристики. Обозначьте неподписанную ось координат.</p> 

№ п/п	Вариант 5		
1	<p><b>Конструкция синхронной машины (СМ)</b></p> <p>Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.</p> 		
	Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
	Выполняется из медных или алюминиевых стержней, замкнутых между собой		
	Набирается из листов электротехнической стали		

№ п/п	Вариант 5
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СГ (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СД (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

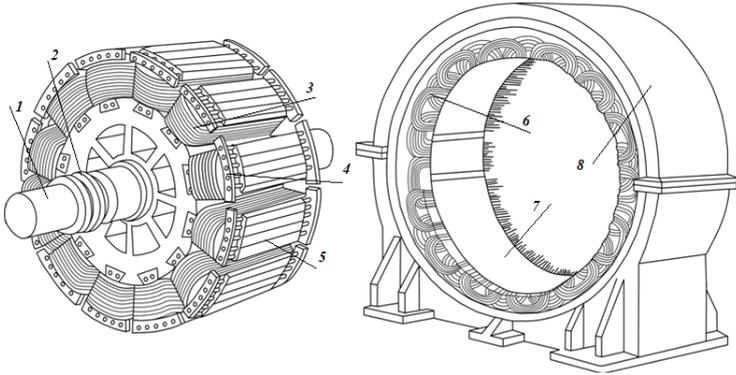
№ п/п	Вариант 5
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Достройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p>Режим работы - _____</p> <p><input type="checkbox"/> <math>\ominus</math>    <input type="checkbox"/> <math>0</math></p> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины, и обозначена одна из координатных осей. Обведите сплошной линией характеристику, по одной из осей которой откладывается указанный параметр. Запишите название данной характеристики. Обозначьте неподписанную ось координат.</p> 

№  
п/п

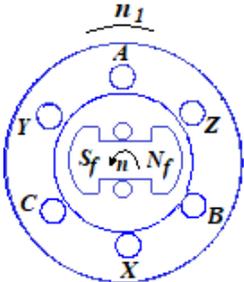
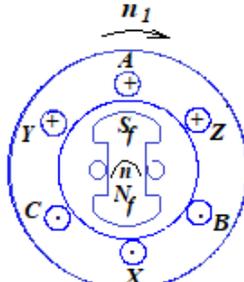
**Вариант 6**

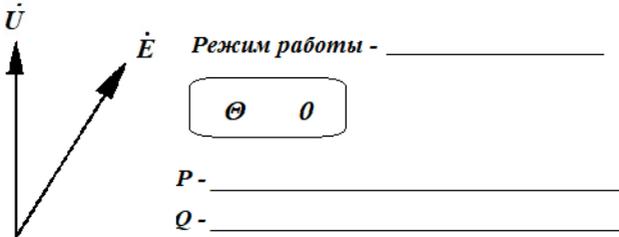
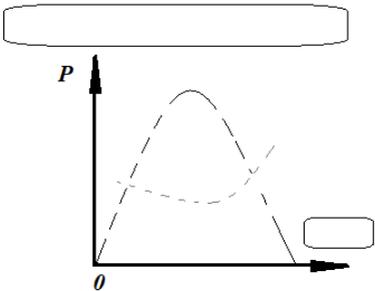
**1 Конструкция синхронной машины (СМ)**

Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.



Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Обмотка якоря		
Обмотка индуктора		

№ п/п	Вариант 6
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СГ (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СД (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

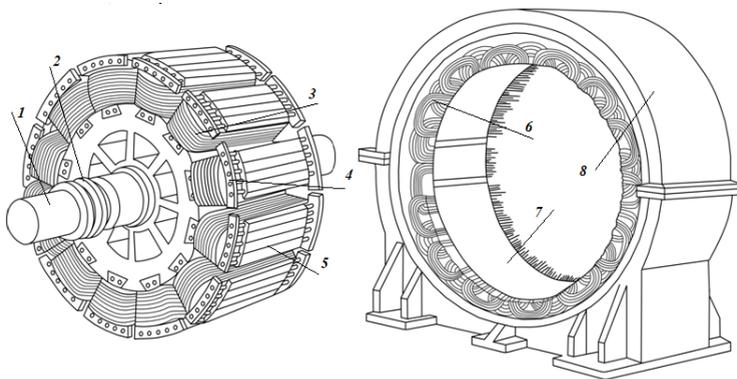
№ п/п	Вариант 6
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Постройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p>Режим работы - _____</p> <p><math>\theta</math>    <math>0</math></p> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины, и обозначена одна из координатных осей. Обведите сплошной линией характеристику, по одной из осей которой откладывается указанный параметр. Запишите название данной характеристики. Обозначьте неподписанную ось координат.</p> 

№  
п/п

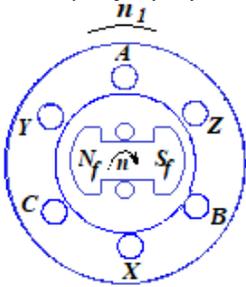
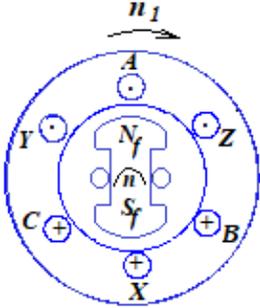
Вариант 7

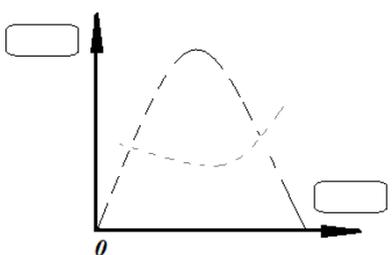
1 Конструкция синхронной машины (СМ)

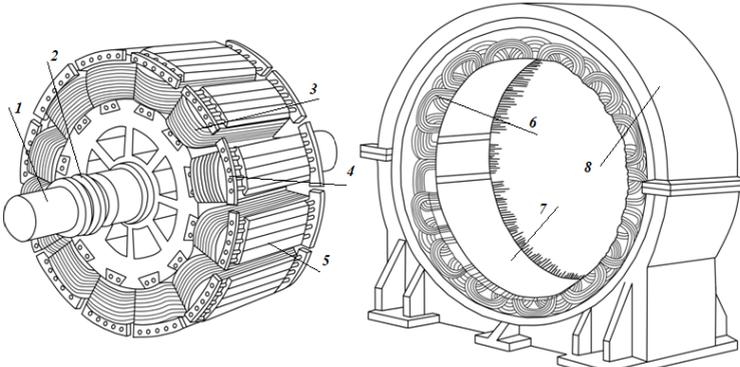
Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.

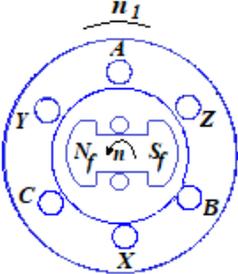
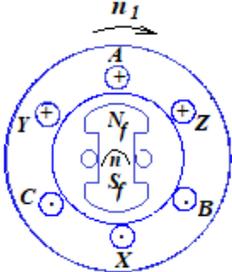


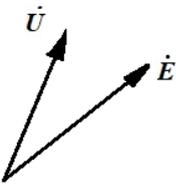
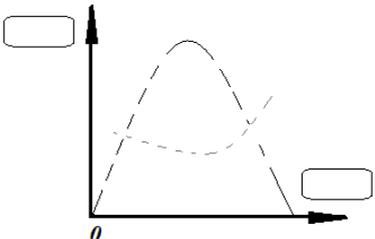
Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Сердечник якоря		
Сердечник индуктора		

№ п/п	Вариант 7
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СГ (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СД (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

№ п/п	Вариант 7
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Постройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p style="text-align: right;">Режим работы - _____</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px 0;"><math>\varphi</math>    <math>0</math></div> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины. Обведите сплошной линией угловую характеристику. Обозначьте оси координат.</p> <p style="text-align: center;"><i>Угловая характеристика</i></p> 

№ п/п	Вариант 8		
1	<p><b>Конструкция синхронной машины (СМ)</b>            Во второй столбец таблицы запишите номера элементов, обладающих заданными свойствами, а в третий – назначение.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  </div>		
	Свойства элемента	Номер на рисунке	Назначение элемента
Выполняется из цельной стальной поковки путем механической обработки			
Сваривается из стального проката			

№ п/п	Вариант 8
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СГ (<math>\bullet</math> или <math>\oplus</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СД (<math>\bullet</math> или <math>\oplus</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

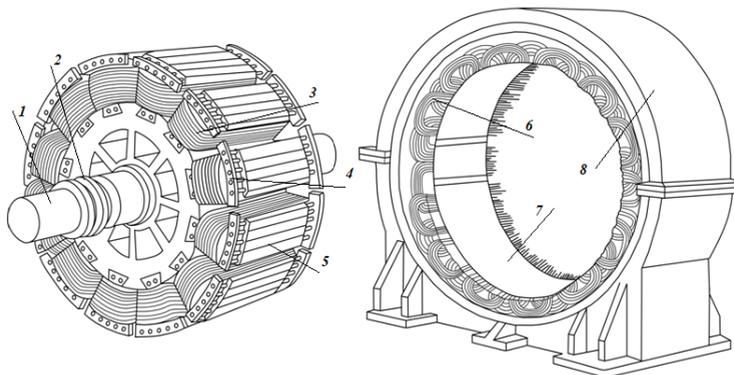
№ п/п	Вариант 8
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Достройте векторную диаграмму. Изобразите на ней векторы разности напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> и тока <math>\dot{I}</math>. Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p>Режим работы - _____</p> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>\theta</math>    0     </div> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины. Обведите сплошной линией <math>U</math>-образную характеристику. Обозначьте оси координат.</p> <p style="text-align: center;"><i>U-образная характеристика</i></p> 

№  
п/п

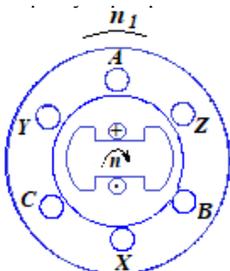
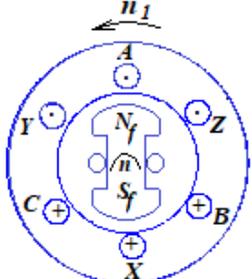
**Вариант 9**

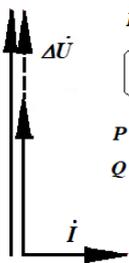
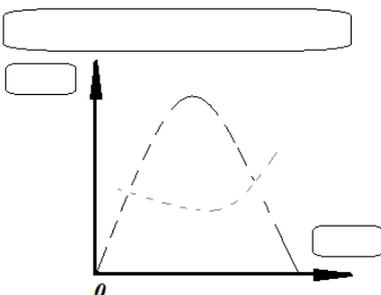
**1 Конструкция синхронной машины (СМ)**

Во второй столбец таблицы запишите название указанных элементов, а в третий – назначение и свойства.



Номер на рисунке	Название элемента	Назначение и свойства элемента
1		
8		

№ п/п	Вариант 9
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СД (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

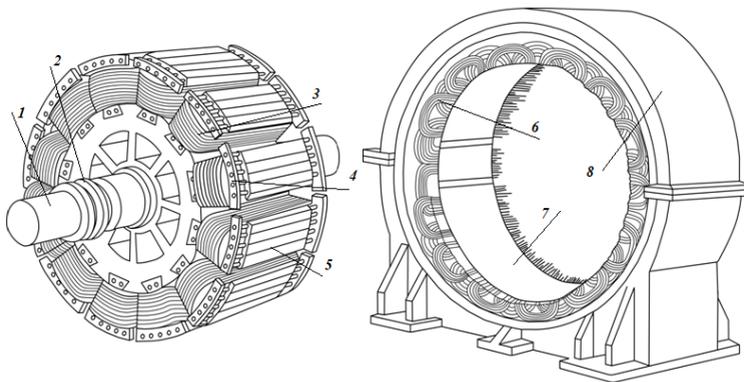
№ п/п	Вариант 9
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены вектор тока <math>i</math> и вектор разности ЭДС и напряжения <math>\Delta \dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Обозначьте векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math>. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p>Режим работы - _____</p> <p><math>\theta</math>    <math>\theta</math></p> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины. Обведите сплошной линией кривую <math>P = f(\theta)</math>. Обозначьте оси координат. Подпишите название данной характеристики.</p> 

№  
п/п

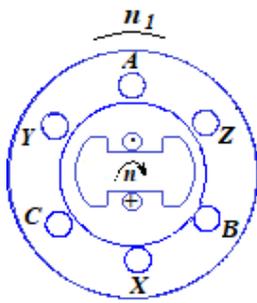
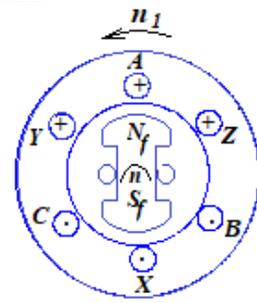
Вариант 10

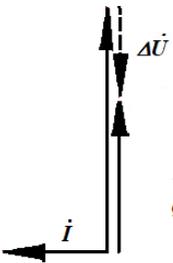
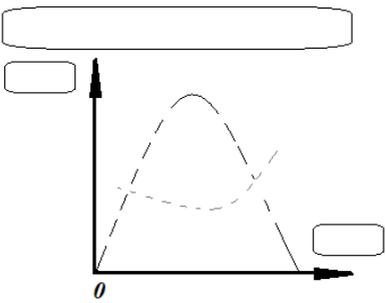
1 Конструкция синхронной машины (СМ)

Во второй столбец таблицы запишите название указанных элементов, а в третий – назначение и свойства.



Номер на рисунке	Название элемента	Назначение и свойства элемента
4		
6		

№ п/п	Вариант 10
2	<p><b>Принцип действия синхронного генератора (СГ)</b></p> <p>Обозначьте полярность полюсов индуктора СГ (<math>N_f</math> или <math>S_f</math>). Определите направление ЭДС, наводимой в обмотках якоря при заданном направлении вращения ротора (<math>n</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения поля якоря <math>n_1</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 
3	<p><b>Принцип действия синхронного двигателя (СД)</b></p> <p>Задано направление тока в обмотке якоря и направление вращения поля якоря (<math>n_1</math>). Обозначьте направление тока в обмотке возбуждения СД (<math>\bullet</math> или <math>+</math>). Изобразите силовые линии поля якоря при условии, что <math>\Psi = 0</math>. Укажите направление электромагнитной силы <math>F</math> и электромагнитного момента <math>M</math>, действующих на ротор. Обозначьте направление вращения ротора <math>n</math>. Укажите продольную <math>d-d</math> и поперечную <math>q-q</math> оси машины.</p> 

№ п/п	Вариант 10
4	<p><b>Режим работы синхронной машины</b></p> <p>На рисунке изображены вектор тока <math>i</math> и вектор разности ЭДС и напряжения <math>\Delta\dot{U}</math> неявнополюсной синхронной машины. Обозначьте векторы ЭДС <math>\dot{E}</math> и напряжения <math>\dot{U}</math>. Определите режим работы синхронной машины (синхронный компенсатор, генератор или двигатель). Обозначьте углы <math>\varphi</math>, <math>\Psi</math> и <math>\theta</math>. Чему равен угол нагрузки <math>\theta</math> в этом режиме синхронной машины (равен нулю, больше или меньше нуля)? Укажите, потребляется или отдается синхронной машиной в этом режиме активная мощность <math>P</math>? Реактивная мощность – <math>Q</math>?</p>  <p>Режим работы - _____</p> <p><math>\theta</math>    <math>0</math></p> <p><math>P</math> - _____</p> <p><math>Q</math> - _____</p>
5	<p><b>Характеристики синхронной машины</b></p> <p>На рисунке пунктиром изображены зависимости, характеризующие рабочие свойства синхронной машины. Обведите сплошной линией кривую <math>I = f(i)</math>. Обозначьте оси координат. Подпишите название данной характеристики.</p> 

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Содержащиеся в рабочей тетради практические задания представляют собой важный дидактический материал для дисциплин «Основы электромеханики» и «Электрические машины» и полностью подходят для проведения практических занятий у обучающихся по программам подготовки бакалавров в условиях дефицита времени и реализации балльно-рейтинговой системы обучения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Основы электромеханики : учеб. пособие / В.П. Кочетков, В.Я. Беспалов, Е.Я. Глушкин [и др.] ; под ред. В.П. Кочеткова. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 639 с.
2. Епифанов, А.П. Электрические машины : учебник / А.П. Епифанов, Г.А. Епифанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 300 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
3. Ванурин, В.Н. Электрические машины : учебник / В.Н. Ванурин. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 304 с. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

## ГЛОССАРИЙ

**Активные элементы** — это части структуры ЭМП (магнитопроводы и токопроводы), в которых непосредственно воспроизводятся основные физические процессы, обеспечивающие электромеханическое преобразование энергии.

**Генераторы** — это ЭМП, используемые в качестве источника электрической энергии.

**Двигатели** — это ЭМП, используемые в качестве источника механической энергии.

**Емкостная электрическая машина** — это ЭМП, в котором преобразование энергии осуществляется в электрическом поле.

**Закон электромагнитного взаимодействия** — это физический закон, устанавливающий закономерность возникновения электромагнитной (или электродинамической) силы, действующей на проводник с электрическим током или на тело из ферромагнитного материала, расположенные в магнитном поле.

**Закон электромагнитной индукции** — это физический закон, устанавливающий закономерность возникновения ЭДС в электрических контурах или отдельных проводниках, находящихся в магнитном поле.

**Индуктивная электрическая машина** — это ЭМП, в котором преобразование энергии осуществляется в магнитном поле.

**Конструктивные элементы** — это части структуры ЭМП, выполняющие защитные и несущие функции конструкций электрических машин (корпусы, щиты, подшипники и т. п.).

**Коэффициент полезного действия ЭМП** — это отношение полезной мощности к подведенной электрической машине.

**Магнитопровод** — это элемент активной части ЭМП, служащий для проведения магнитного потока.

**Потери добавочные** — это потери энергии в ЭМП, обусловленные такими явлениями, возникающими при нагрузке, как искажение картины магнитного поля, пульсации магнитного потока и т. п.

**Потери магнитные** — это потери энергии в ЭМП, обусловленные перемагничиванием (циклическим, пульсирующим или вращательным) отдельных элементов магнитопровода и включающие потери на гистерезис и на вихревые токи.

**Потери механические** — это потери энергии в ЭМП, обусловленные силами трения в подшипниках, скользящих электрических контактах и т. п., а также затратами энергии на вентиляцию электрической машины.

**Потери электрические** — это потери энергии в ЭМП, вызванные протеканием токов в токопроводах (обмотках).

**Принцип обратимости** — это физическая закономерность, заключающаяся в том, что ЭМП может реализовать как прямое, так и обратное преобразование энергии, то есть работать как электрическим генератором, так и механическим двигателем (или электромагнитным тормозом).

**Принцип саморегулирования** — это физическая закономерность, заключающаяся в том, что электромагнитные и механические процессы в ЭМП так регулируют свое взаимодействие (посредством установления надлежащих параметров этих процессов), чтобы энергоприток, подаваемый в ЭМП на преобразование, соответствовал преобразованному энергооттоку из него.

**Токопровод** — это элемент активной части ЭМП, служащий для проведения электрического тока.

**Электромеханика** — это область науки и техники, изучающая электрические, магнитные и механические взаимодействия с целью преобразования электрической энергии в механическую или, наоборот, механической в электрическую.

**Электромеханический преобразователь (ЭМП)** — это устройство, в котором осуществляется преобразование механической энергии в электрическую или, наоборот, электрической — в механическую.