

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ «БЕЛЭНЕРГО»
УО «МИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
КОЛЛЕДЖ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор УО «МГЭК»
А.А. Новиков
« 29 » 12 2023 г.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

**Методические указания по выполнению домашней контрольной работы
для учащихся заочной формы получения образования**

**5-04-0712-04 «Техническая эксплуатация оборудования
электрических станций»**
(шифр и название специальности)

Разработал преподаватель


(подпись)

Раевская Е.М.
(ФИО)

Рассмотрено и одобрено на заседании предметной (цикловой) комиссии
специальных электротехнических предметов

Протокол № 4 от 28.12 2023 г.
(наименование цикловой комиссии)

Председатель цикловой комиссии


(подпись)

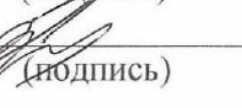
Ядловский Н.Н.
(ФИО)

Согласовано
Методист колледжа


(подпись)

Какорина О.В.
(ФИО)

Заведующий заочным отделением


(подпись)

Куцов А.А.
(ФИО)

Год издания 2024

Содержание

1 Пояснительная записка.....	3
2 Краткое содержание программы.....	7
3 Общие требования по оформлению домашней контрольной работы	18
4 Методические указания по выполнению домашней контрольной работы..	20
5 Задания для домашних контрольных работ	44
6 Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы.....	56
7 Литература	57

УО "ИМШ

1 Пояснительная записка

Методические указания по изучению учебного предмета «Теоретические основы электротехники» и выполнению домашней контрольной работы разработаны в соответствии с образовательным стандартом среднего специального образования для специальности 5-04-0712-04 «Техническая эксплуатация оборудования электрических станций».

Учебный предмет «Теоретические основы электротехники» является частью профессионального компонента общепрофессиональных предметов цикла.

Цели изучения учебного предмета «Теоретические основы электротехники»:

обучающая:

- формирование целостного представления у учащихся о проявлении электромагнитного поля в электрических и магнитных цепях;
- изучение законов электромагнитного поля; изучение законов электрических и магнитных цепей;
- формирование знаний о современных методах моделирования электромагнитных процессов;
- изучение методов анализа, синтеза и расчета электрических цепей, которые необходимы для понимания и успешного решения инженерных проблем будущей специальности;
- изучение правил техники безопасности при работе с электротехническими установками;

воспитательная:

- формирование стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;
- формирование убеждений социальной значимости своей будущей профессии;

развивающая:

– способствовать развитию умения выделять главное, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

– способствовать профессиональному и личностному развитию (самостоятельно работать, осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач).

Данный учебный предмет является теоретической базой для изучения последующих учебных предметов специального цикла, ее изучение базируется на учебном материале ряда общеобразовательных и естественно-математических учебных предметов и, прежде всего, математики, физики.

Для активизации учебного процесса необходимо широко использовать наглядные пособия, технические средства обучения. Занятия желательно проводить в специальной аудитории, оборудованной для применения технических средств и проведения демонстраций.

При изложении программного учебного материала учебного предмета следует использовать Международную систему единиц СИ, условные графические обозначения и правила выполнения электрических схем в соответствии со стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), термины и определения в соответствии с действующими стандартами.

Для закрепления теоретического материала и формирования у учащихся необходимых умений и навыков программой предусмотрено проведение лабораторных работ.

Для контроля усвоения программного учебного материала предусмотрено выполнение домашней контрольной работы, тематика и перечень вопросов определяется цикловой комиссией учреждения образования.

Для итогового контроля знаний учащихся учебным планом предусмотрено проведение экзамена, перечень вопросов для которого определяется цикловой комиссией учреждения образования.

В результате изучения учебного предмета «Теоретические основы электротехники» учащиеся должны приобрести соответствующие знания и умения:

на уровне представления:

- 1) основные способы получения, передачи на расстояние и практическое использование электроэнергии;
- 2) закономерности построения и сборки простейших электрических схем;
- 3) принцип действия электрических приборов;
- 4) способы рационального энергопотребления;
- 5) переходные процессы в электрических цепях;

на уровне понимания:

- 1) термины и определения;
- 2) основные электрические и электромагнитные явления;
- 3) физическую сущность электрических и электромагнитных явлений;
- 4) физические законы и теоретические основы электротехники;
- 5) единицы электрических и электромагнитных величин, методы и средства их измерения;
- 6) условные графические обозначения элементов электрических цепей;
- 7) принцип работы трансформаторов, электрических машин переменного и постоянного тока, электромагнитных элементов автоматики;

уметь:

- 1) читать схемы, определять назначение элементов, анализировать режимы работы электрических цепей;
- 2) собирать простейшие электрические схемы при последовательном, параллельном и смешанном соединениях элементов;
- 3) производить несложные расчеты электрических цепей постоянного и переменного тока;

4) подбирать по назначению электроизмерительные приборы, выполнять электрические измерения;

5) рассчитывать и проектировать несложные схемы электрических цепей в соответствии с техническими условиями.

В методических указаниях учебного предмета «Теоретические основы электротехники» приведены примерные критерии оценки результатов учебной деятельности учащихся по предмету, разработанные на основе десятибалльной шкалы и показателей оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях, обеспечивающих получение среднего специального образования (постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29 марта 2004 г. №17).

УО "МТЭЖ"

2 Краткое содержание программы

Учебный предмет «Теоретические основы электротехники» изучается в соответствии с учебным планом и программой в количестве 164 часа.

Введение. Цели и задачи предмета, его характеристика и связь с другими специальными предметами.

Раздел 1 Линейные и нелинейные электрические цепи постоянного тока.

Тема 1.1 Физические процессы в электрических цепях.

Тема 1.2 Расчет линейных электрических цепей постоянного тока.

Тема 1.3 Нелинейные электрические цепи постоянного тока.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое электрическое поле и каковы его основные характеристики?
2. Что называется электрическим током и плотностью тока? В каких единицах они измеряются?
3. В чем сущность закона Ома?
4. Объясните, как составить баланс мощностей?
5. Что такое электрическое сопротивление проводника и проводимость? В каких единицах они измеряются? Как зависят эти величины от размеров проводника?
6. Что называется удельным сопротивлением и удельной проводимостью? Их единицы измерения.
7. Что называется электрической цепью и из каких элементов она состоит?
8. Что называется электродвижущей силой источника электрической энергии и чем она отличается от напряжения по физическому смыслу?
9. Что такое энергия и мощность источника и приемника электрической энергии и в каких единицах они измеряются?

10. Закон Ома для электрической цепи с одним источником.
11. Какой режим работы цепи называется режимом короткого замыкания? Режимом холостого хода?
12. Что называется ветвью, узлом, контуром электрической цепи?
13. Как формулируется первый и второй законы Кирхгофа?
14. Расскажите классификацию методов расчета электрических цепей постоянного тока.
15. Поясните особенности последовательного соединения элементов электрической цепи.
16. Поясните особенности параллельного соединения элементов электрической цепи.
17. Охарактеризуйте метод узловых и контурных уравнений.
18. Охарактеризуйте метод контурных токов.
19. Охарактеризуйте метод узловых потенциалов.
20. Охарактеризуйте метод эквивалентного генератора.
21. Охарактеризуйте метод наложения.
22. Как производится расчет электрической цепи методом эквивалентных сопротивлений?
23. Что называется треугольником сопротивлений и звездой сопротивлений?
24. Поясните, что называется линейным сопротивлением? Что называется нелинейным сопротивлением?
25. Объясните, какой вид имеет вольтамперная характеристика для линейного и нелинейного сопротивлений?
26. Поясните, почему для расчета нелинейных цепей используют, в основном, графический метод? Каков порядок расчёта нелинейных цепей графическим методом?

Раздел 2 Электрическое и магнитное поля.

Тема 2.1 Электростатическое поле в пустоте.

Тема 2.2 Электростатическое поле в диэлектрике.

Тема 2.3 Электростатические цепи.

Тема 2.4 Магнитное поле в неферромагнитной среде.

Тема 2.5 Магнитное поле в ферромагнитной среде.

Тема 2.6 Магнитные цепи.

Тема 2.7 Электромагнитная индукция.

Вопросы для самоконтроля:

1. Сформулируйте закон Кулона. Запишите формулу закона Кулона.
2. Поясните, что такое напряженность?
3. Поясните, что называется диэлектрической проницаемостью?
4. Опишите теорему Гаусса. Поясните, какие вещества называют диэлектриками.
5. Объясните, что такое электрический диполь и чем он характеризуется?
6. Объясните, почему диэлектрическое поле в пустоте сильнее, чем в диэлектрике?
7. Расскажите, что такое поляризация диэлектрика?
8. Поясните, как определяется относительная диэлектрическая проницаемость?
9. Объясните, что такое электрическая прочность и запас прочности диэлектрика?
10. Поясните, что за величина - электрическое смещение? Для чего она нужна и что характеризует?
11. Поясните, что называется емкостью? Какова единица измерения емкости?
12. Поясните, что называется конденсатором?
13. Поясните, от каких величин зависит ёмкость плоского и цилиндрического конденсаторов, ёмкость двухпроводной линии?

14. Поясните, какие свойства имеют электрические схемы параллельного соединения конденсаторов?

15. Расскажите, какие свойства имеют электрические схемы последовательного соединения конденсаторов?

16. Поясните, для чего применяют параллельное соединение конденсаторов и в каких случаях необходимо применять последовательное соединение конденсаторов?

17. Поясните, что называется магнитным полем? Каковы его основные свойства?

18. В чем состоит закон Ампера? Назовите все величины, входящие в формулу Ампера, и их единицы измерения.

19. Что называется магнитной индукцией? В каких единицах она измеряется? Закон Био-Савара.

20. Назовите формулу для определения электромагнитной силы, действующей на проводник с током в магнитном поле. В чем состоит правило «левой руки».

21. Что такое магнитный поток и потокосцепление? В каких единицах они измеряются?

22. Что называется магнитной проницаемостью?

23. Что называется магнитной цепью?

24. Сформулируйте закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей и проведите аналогию между величинами, характеризующими электрические и магнитные цепи.

25. В чем заключается явление электромагнитной индукции? Сформулируйте закон электромагнитной индукции.

26. Как определить направление ЭДС электромагнитной индукции, наводимой в прямолинейном проводнике? Сформулируйте закон Ленца.

27. Объясните принцип преобразования механической энергии в электрическую и обратно.

28. Что называется ЭДС самоиндукции? Как определяется ее направление?

29. Что называется ЭДС взаимной индукции? Как определяется ее направление?

30. Назовите причины возникновения вихревых токов, их свойства, применение и способы уменьшения.

Раздел 3 Линейные и нелинейные электрические цепи переменного тока.

Тема 3.1 Основные сведения о синусоидальном электрическом токе.

Тема 3.2 Элементы электрических цепей переменного тока и их параметры.

Тема 3.3 Расчет электрических цепей переменного тока с помощью векторных диаграмм.

Тема 3.4 Расчет электрических цепей переменного тока с применением комплексных чисел.

Тема 3.5 Трехфазные симметричные цепи.

Тема 3.6 Электрические цепи с несинусоидальными периодическими напряжениями и токами.

Тема 3.7 Нелинейные электрические цепи переменного тока.

Тема 3.8 Переходные процессы в электрических цепях.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какой ток называется переменным? Уравнение синусоидального тока в общем виде.

2. Что называется периодом, частотой, амплитудой и начальной фазой переменного тока?

3. Какая зависимость существует между скоростью вращения якоря генератора, числом пар полюсов и частотой?

4. Что называется углом сдвига фаз?

5. Что такое среднее и действующее значение переменного тока?

6. Чему равен коэффициент формы кривой для синусоидального тока?
7. Каков принцип получения переменной ЭДС?
8. Что представляет собой активное, индуктивное и емкостное сопротивление в цепях переменного тока?
9. От каких величин зависит реактивное сопротивление индуктивности и емкости?
10. Что называется активной и реактивной мощностями и в каких единицах они измеряются?
11. Как сформулировать закон Ома и построить векторную диаграмму для последовательной цепи переменного тока, обладающий активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью?
12. Что такое коэффициент мощности и каковы пути его повышения?
13. В чем заключается удобство комплексного метода расчета электрических цепей?
14. Как запишется комплекс полного сопротивления последовательной цепи, содержащей r и C ?
15. Как записать закон Ома в комплексной форме?
16. Как записать полную мощность цепи в комплексной форме?
17. Какова методика расчета цепи переменного тока символическим методом?
18. Какой комплекс тока называется сопряженным?
19. Поясните, что называется трехфазной системой? Кто ее изобретатель? Каковы ее преимущества перед однофазной системой?
20. Расскажите, какая трехфазная система является симметричной? Каким основным свойством она обладает?
21. Поясните, что называется фазой трехфазной системы?
22. Поясните, какое соединение обмоток называется звездой, треугольником?

23. Расскажите, каковы соотношения между фазными и линейными токами (напряжениями) при соединении нагрузки звездой, треугольником?
24. Поясните, какова роль нейтрального провода?
25. Объясните, при каких условиях появляется напряжение смещения нейтрали и как оно определяется?
26. Объясните, как определить мощность трехфазной системы с симметричной и несимметричной нагрузками при ее соединении в звезду и треугольник?
27. Поясните, при каких условиях возникают несинусоидальные токи и напряжения?
28. Объясните, в чем смысл теоремы Фурье?
29. Поясните, какая гармоническая составляющая несинусоидальной функции является основной?
30. Поясните, что называется высшими гармониками?
31. Объясните, как определить коэффициенты: амплитуды, формы кривой, искажения несинусоидальной кривой?
32. Объясните, как определить полную мощность цепи при несинусоидальном токе?
33. Поясните, какие нелинейные элементы используются в цепях переменного тока?
34. Поясните, что такое вентиль?
35. Расскажите, какой вид имеют вольт-амперные характеристика идеального и реального вентилей?
36. Расскажите, каким свойством обладают вентили в цепях с неоднородными источниками питания?
37. Поясните, какая существует зависимость между I и U в катушке без стального сердечника, со стальным сердечником?
38. Поясните на какие составляющие раскладывается несинусоидальный ток катушки со стальным сердечником и для чего?

39. Поясните, как влияет на форму тока магнитный гистерезис.
40. Поясните, как определяются электрические и магнитные потери?
41. Объясните, как строится векторная диаграмма катушки со стальным сердечником.
42. Объясните, что такое феррорезонанс? Как его получить?
43. Поясните, как осуществляется стабилизация напряжения в цепях переменного тока?
44. Объясните, что понимают под переходным процессом? Каковы причины его возникновения?
45. Объясните, какой режим электрической цепи называется установившимся?
46. Объясните, почему ток в катушке и напряжения на конденсаторе не могут изменяться скачком при включении каждого из них под постоянное напряжение?
47. Объясните, в чем сущность первого закона коммутации и как он формулируется?
48. Объясните, как формулируется второй закон коммутации и в чем его сущность?
49. Поясните, на что расходуется энергия источника при зарядке конденсатора?
50. Поясните, по какому закону изменяется переходное напряжение в процессе зарядки конденсатора? Разрядки конденсатора?
51. Объясните, что такое принужденный и свободный ток катушки? Как они определяются?
52. Объясните, каков закон изменения переходного тока при включении катушки к источнику синусоидального напряжения?
53. Объясните, когда отсутствует переходный процесс при включении катушки к источнику синусоидального напряжения?
54. Поясните, при каком условии переходный ток включения катушки

под синусоидальное напряжение будет наибольшим?

55. Объясните, какие факторы влияют на переходный процесс короткого замыкания?

56. Объясните, что называется ударным током короткого замыкания?

57. Поясните, в каком случае ударный ток будет наибольшим?

Раздел 4 Темы, отражающие связь со специальностью.

Тема 4.1 Резонанс в электрических цепях.

Тема 4.2 Несимметричные трехфазные цепи.

Тема 4.3 Четырехполосники при синусоидальных токах и напряжениях.

Вопросы для самоконтроля:

1. Объясните, почему неразветвленная цепь, состоящая из конденсатора и катушки, называется колебательным контуром?

2. Объясните, с какого значения начинается разрядный ток конденсатора через катушку?

3. Чем объясняется отсутствие скачков при изменении тока в колебательном контуре?

4. Объясните, почему по мере зарядки конденсатора ток в колебательном контуре убывает?

5. Объясните, как определяется частота собственных колебаний в контуре?

6. Объясните, что такое волновое сопротивление контура?

7. Объясните, как связаны период, частота и угловая частота собственных колебаний?

8. Объясните, в чем причина затухания колебаний в контуре? В каком случае колебания в контуре не затухают?

9. Объясните, как протекает затухающий колебательный процесс?

10. Объясните, какие колебания называются собственными, а какие – вынужденными?

11. Объясните, каковы особенности цепи при резонансе напряжений?

Перечислите условия резонанса напряжений.

12. Объясните, как практически можно определить режим резонанса напряжений в цепи переменного тока?

13. Объясните, какую величину имеет коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$ при резонансе?

14. Поясните, при каком условии и почему индуктивное и емкостное напряжения при резонансе больше напряжения, приложенного к цепи? В чем опасность резонанса напряжений, если он наступает непредусмотренно?

15. Объясните, что такое резонансные кривые? Объясните их ход для неразветвленной цепи?

16. Объясните, что такое добротность контура?

17. Объясните, в чем особенности цепи при резонансе токов? Назовите условия резонанса токов?

18. Объясните, как практически определить в цепи режим резонанса токов?

19. Объясните, почему при резонансе токов ток в конденсаторе или катушке может быть больше тока в неразветвленной части цепи?

20. Расскажите, где используется явление резонанса токов? Поясните, что называют четырехполюсником?

21. Объясните, какие четырехполюсники активные, а какие пассивные?

22. Запишите зависимости между входными и выходными параметрами четырехполюсника?

23. Поясните, каким образом определяются постоянные четырехполюсники?

24. Объясните режим холостого хода и короткого замыкания для определения постоянного четырехполюсника?

25. Поясните, как определяются коэффициенты и параметры четырехполюсника в цепях переменного тока? Объясните, какие токи и напряжения в трехфазной цепи называют фазными, а какие линейными?

26. Объясните, почему при соединении звездой линейные токи равны фазным в каждой фазе?

27. Поясните, как получить трехфазную систему соединения треугольником обмоток источника и фаз приемника?

28. Объясните, какова роль нулевого провода? Почему в нулевой провод не устанавливают предохранитель?

29. Поясните, почему в случае короткого замыкания луча звезды нейтральная точка смещается в вершину треугольника линейных напряжений?

30. Поясните построение векторной диаграммы для соединения звезда.

31. Поясните построение векторной диаграммы для соединения треугольник.

32. Выпишите формулы, по которым определяется мощность трехфазной цепи.

УО 'ММ

3 Общие требования по оформлению домашней контрольной работы

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «ЕСКД. Требования к оформлению текстовых документов» оформление домашней контрольной работы должно осуществляться по следующим правилам: все части пояснительной записки следует излагать только на одном из государственных языков – белорусском или русском.

На лицевой части работы помещается наклейка установленного образца. В наклейке обязательно заполняются все графы, фамилия имя отчество пишется полностью.

Вопросы и задачи контрольной работы переписываются по порядку, без сокращений. На каждый переписанный вопрос сразу же дается ответ. После каждого ответа на вопрос выделяется свободное пространство, а в конце работы 1,2 страницы для рецензии.

Домашняя контрольная работа может быть выполнена рукописно в отдельной тетради «в клеточку» с пронумерованными страницами и отведенными полями шириной 30 мм. Возможно выполнение работы на компьютере и отпечатанный текст на белой бумаге формата А4 с одной стороны листа. Оформление работы должно быть единообразным, с соблюдением следующих типографических требований:

- поля: левое – 30 мм, правое – 15 мм, верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм;
- шрифт текста размером 14 пт., гарнитурой Times New Roman;
- шрифт заголовков (все прописные), подзаголовков 16 пт., гарнитурой Times New Roman;
- межстрочный интервал – полуторный;
- отступ красной строки – 1,25;
- номера разделов, подразделов, пунктов и подпунктов следует выделять полужирным шрифтом;

– разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определённых терминах, формулах, теоремах, применяя шрифты разной гарнитуры;

– выравнивание текста – по ширине, перенос слов не допускается.

При делении вопроса на пункты и подпункты необходимо, чтобы каждый пункт содержал законченную информацию.

Вопросы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки. Наименование вопросов следует располагать по центру строки без точки в конце, прописными буквами жирным начертанием, отделяя от текста одной пустой строкой.

УО "МТЭК"

4 Методические указания по выполнению домашней контрольной работы

Введение. Электрическая энергия, ее свойства и применение. Производство и распределение электрической энергии. Экономическая эффективность электрической энергии. Примеры экономии труда и средств за счет электрификации промышленности и сельского хозяйства.

Краткий исторический обзор и перспективы дальнейшего развития электрификации Республики Беларусь. Значение электрификации для становления и развития различных отраслей экономики страны.

Краткая характеристика учебной дисциплины, ее значение в подготовке специалиста, связь с другими учебными дисциплинами учебного плана.

[4] (стр. 3-4); [2] (стр. 4-9).

Раздел 1 Линейные и нелинейные электрические цепи постоянного тока.

Тема 1.1 Физические процессы в электрических цепях.

Электрическое поле и его основные характеристики: напряженность, потенциал, напряжение. Электрическое поле как вид материи.

Стационарное электрическое поле в проводнике при постоянном электрическом токе, сравнение его с электростатическим полем.

Электрический ток проводимости (физические явления), его величина, направление и плотность. Электронная теория строения металлов.

Удельная электрическая проводимость и удельное электрическое сопротивление – характеристики проводниковых материалов. Электрическое сопротивление проводов. Зависимость сопротивления от материала, размеров, температуры проводников.

Явление сверхпроводимости.

Закон Ома для участка цепи. Резисторы и их вольт-амперные характеристики.

Электрический ток в вакууме. Электронная эмиссия. Электрический ток в полупроводниках. Полупроводниковые приборы и их свойства. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.

Электрическая цепь и ее основные элементы. Получение электрической энергии из других видов энергии. Электродвижущая сила (ЭДС). Источники электрической энергии. Мощность и коэффициент полезного действия (КПД) источника электрической энергии.

Преобразование электрической энергии в другие виды, понятие о против-ЭДС. Мощность и КПД приемника электрической энергии.

Элементы управления, контроля и защиты в электрических цепях.

Закон Ома для замкнутой электрической цепи. Баланс мощностей в электрической цепи.

Режимы работы электрической цепи и ее элементов (номинальный, рабочий, холостого хода и короткого замыкания).

Схемы электрических цепей: принципиальная, монтажная (схема соединений), расчетная (схема замещения). Схемы замещения источников ЭДС и тока, приемников электрической энергии. Идеальные источники ЭДС и тока. Пассивные и активные элементы электрических цепей.

Тема 1.2 Расчет линейных электрических цепей постоянного тока.

Задачи расчета электрических цепей. Элементы схем электрических цепей: ветвь, узел, контур.

Первый закон Кирхгофа для разветвленной цепи, узловые уравнения. Второй закон Кирхгофа, контурные уравнения.

Неразветвленная электрическая цепь. Последовательное соединение пассивных элементов, эквивалентное сопротивление неразветвленной электрической цепи (участка цепи). Потеря напряжения в проводах. Делитель напряжения. Последовательное соединение источников ЭДС. Потенциальная диаграмма неразветвленной цепи.

Разветвленная электрическая цепь с двумя узлами. Параллельное соединение пассивных элементов, проводимость ветвей, подключенных к одной паре узлов, эквивалентная проводимость группы ветвей. Сочетание последовательного и параллельного соединений пассивных элементов.

Расчет электрических цепей путем преобразования их схем. «Свертывание» схем с последовательным и параллельным соединениями пассивных элементов. Понятие о треугольнике и звезде из пассивных элементов (сопротивлений), преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду и звезды в эквивалентный треугольник.

Параллельное соединение источников ЭДС. Расчет электрических цепей с двумя узлами по методу узлового напряжения. Распределение нагрузки между источниками электрической энергии при их параллельной работе на общий приемник энергии.

Принцип наложения токов в линейных электрических цепях, его применение для расчета электрических цепей. Расчет электрических цепей произвольной конфигурации методом узловых и контурных уравнений.

Эквивалентный генератор. Активный и пассивный двухполюсник. Определение ЭДС и внутреннего сопротивления эквивалентного генератора по опытам холостого хода и короткого замыкания. Анализ режима ветви электрической цепи при изменении сопротивления этой ветви.

Метод контурных токов, его сущность, собственное сопротивление контура, общее сопротивление контуров. Составление контурных уравнений.

Метод узловых потенциалов, его сущность, собственная узловая проводимость, общая узловая проводимость. Составление узловых уравнений.

Тема 1.3 Нелинейные электрические цепи постоянного тока.

Нелинейные элементы электрических цепей постоянного тока, их вольт-амперные характеристики.

Статическое и динамическое сопротивления нелинейного элемента. Приведение нелинейных цепей к линейным. Графический расчет нелинейных

электрических цепей постоянного тока при последовательном, параллельном и смешанном соединении элементов. Графоаналитический метод расчета.

[4] (стр. 36-97, 318-327); [2] (стр. 10-103).

Раздел 2 Электрическое и магнитное поля.

Тема 2.1 Электростатическое поле в пустоте.

Закон Кулона. Применение закона Кулона для расчета электростатического поля точечных заряженных тел.

Симметричные электростатические поля, созданные зарядами, распределенными на плоской и сферической поверхностях. Поле зарядов на поверхности длинного провода. Теорема Гаусса. Вычисление напряженности в симметричных электростатических полях.

Тема 2.2 Электростатическое поле в диэлектрике.

Физическое строение диэлектрика, электрический момент диполя. Поляризация диэлектрика, поляризованность (степень поляризации).

Электрическое смещение. Диэлектрическая проницаемость (абсолютная и относительная).

Электрическая емкость. Расчет емкости плоского и цилиндрического конденсаторов, двухпроводной линии.

Электрический пробой и электрическая прочность диэлектрика. Изменение электрического поля на границе двух сред с различными диэлектрическими проницаемостями. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии электрического поля.

Тема 2.3 Электростатические цепи.

Электрическая емкость в системе заряженных тел. Соединение конденсаторов с идеальным диэлектриком: последовательное, параллельное. Расчет электростатических цепей при сочетании последовательного и параллельного соединений.

Тема 2.4 Магнитное поле в неферромагнитной среде.

Магнитное поле как вид материи. Закон Ампера, магнитная постоянная.

Магнитная индукция – силовая характеристика магнитного поля. Формула Био-Савара и ее применение для расчета магнитного поля в простейших случаях (ток в кольцевом и прямолинейном проводах).

Намагничивающая сила вдоль контура. Полный ток контура. Вычисление магнитной индукции в симметричных магнитных полях: поле тока прямого провода, цилиндрической катушки, кольцевой катушки.

Работа при перемещении контура с током в магнитном поле. Магнитный ток, магнитное потокосцепление, собственное магнитное потокосцепление катушки.

Индуктивность. Определение индуктивности кольцевой и цилиндрической катушек, участка двухпроводной линии.

Взаимное потокосцепление и взаимная индуктивность, магнитное рассеяние, коэффициент магнитной связи. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля.

Тема 2.5 Магнитное поле в ферромагнитной среде.

Магнитные свойства вещества. Намагничивание вещества, намагниченность (степень намагничивания). Напряженность магнитного поля. Магнитная проницаемость (абсолютная и относительная). Закон полного тока.

Свойства и применение ферромагнитных материалов. Кривая первоначального намагничивания. Циклическое перемагничивание ферромагнитных материалов, магнитный гистерезис. Изменение магнитного поля на границе двух сред.

Тема 2.6 Магнитные цепи.

Классификация магнитных цепей. Закон полного тока в применении к магнитной цепи.

Расчет неразветвленной однородной магнитной цепи: решение прямой и обратной задач. Магнитное сопротивление.

Закон Ома для магнитной цепи.

Расчет неразветвленной неоднородной магнитной цепи: решение прямой задачи, метод последовательных приближений и графоаналитическое решение обратной задачи.

Расчет разветвленных магнитных цепей и магнитных цепей с постоянными магнитами. Законы Кирхгофа для магнитной цепи, аналогии между законами магнитной и электрической цепей.

Тема 2.7 Электромагнитная индукция.

Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило (закон) Ленца.

Выражение ЭДС, индуцируемой в проводнике, движущемся в магнитном поле. Правило правой руки. Сущность электромагнитной индукции. ЭДС самоиндукции и взаимной индукции. Вихревые токи, их использование и способы ограничения.

Использование электромагнитной индукции: преобразование механической энергии в электрическую (принцип действия генератора), преобразование электрической энергии в механическую (принцип работы электродвигателя). Принцип действия трансформатора.

[4] (стр. 5-35, 124-153), [2] (стр. 104-213).

Раздел 3 Линейные и нелинейные электрические цепи переменного тока.

Тема 3.1 Основные сведения о синусоидальном электрическом токе.

Получение синусоидальной ЭДС. Схема устройства генератора переменного тока. Уравнения и графики синусоидальных величин: мгновенное и амплитудное значения, период, частота, фаза, начальная фаза, угловая частота.

Графические способы выражения синусоидальных величин в прямоугольной системе координат, при помощи вращающихся радиус-векторов. Сложение и вычитание синусоидальных величин. Векторная диаграмма. Сдвиг фаз.

Действующее и среднее значения синусоидального тока. Коэффициент формы и амплитуды кривой.

Тема 3.2 Элементы электрических цепей переменного тока и их параметры.

Элементы цепей переменного тока: резисторы, катушки индуктивности, конденсаторы. Сопротивление, индуктивность и емкость – параметры электрических цепей переменного тока.

Цепь переменного тока с активным сопротивлением: выражение тока и мощности при синусоидальном напряжении, векторная диаграмма цепи, активная мощность. Явление поверхностного эффекта.

Цепь переменного тока с индуктивностью: выражение напряжения и мощности при синусоидальном токе, векторная диаграмма цепи, индуктивное сопротивление и индуктивная (реактивная) мощность.

Цепь переменного тока с емкостью: выражение тока и мощности при синусоидальном напряжении, векторная диаграмма цепи, емкостное сопротивление и емкостная (реактивная) мощность.

Схемы замещения катушки индуктивности и конденсатора с потерями. Схема с последовательным соединением активного и реактивного элементов: векторные диаграммы, активная и реактивная составляющие вектора напряжения, треугольник сопротивлений.

Схема замещения с параллельным соединением активного и реактивного элементов: векторная диаграмма, активная и реактивная составляющие вектора тока, треугольник проводимостей.

Активная, реактивная и полная мощности катушки индуктивности и конденсатора с потерями. Треугольник мощностей.

Тема 3.3 Расчет электрических цепей переменного тока с помощью векторных диаграмм.

Расчет неразветвленной цепи синусоидального тока с одним источником питания при последовательном соединении активного сопротивления, индуктивности и емкости при различных соотношениях величин реактивных сопротивлений ($X_L > X_C$, $X_L < X_C$, $X_L = X_C$): векторная диаграмма цепи, треугольники сопротивлений и мощностей.

Цепь с произвольным числом активных и реактивных элементов, построение топографической векторной диаграммы.

Расчет разветвленной цепи с двумя узлами и одним источником питания: цепь с параллельным соединением катушки индуктивности и конденсатора при различных соотношениях величин реактивных проводимостей ($B_L > B_C$, $B_L < B_C$, $B_L = B_C$). Графоаналитический метод расчета и метод проводимостей. Цепь с произвольным числом активных и реактивных элементов. Векторная диаграмма цепи. Треугольники проводимостей и мощностей.

Компенсация реактивной мощности в электрических сетях с помощью конденсаторов. Влияние величины реактивной мощности на технико-экономические показатели электроустановки. Коэффициент мощности электроустановки. Способы сокращения реактивной мощности в электрических сетях. Расчет компенсационной установки с конденсаторами.

Тема 3.4 Расчет электрических цепей переменного тока с применением комплексных чисел.

Выражение синусоидальных величин комплексными числами.

Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме.

Расчет электрических цепей синусоидального тока с применением комплексных чисел.

Тема 3.5 Трехфазные симметричные цепи.

Однофазная и многофазная системы электрических цепей. Трехфазные системы электрических цепей. Трехфазная симметричная система ЭДС. Схема устройства трехфазного электромагнитного генератора. Соединение обмоток

генератора звездой и треугольником. Фазные и линейные напряжения, соотношение между ними.

Симметричная нагрузка в трехфазной цепи при соединении приемника звездой и треугольником. Фазные и линейные токи, соотношение между ними.

Расчет симметричной цепи при соединении приемника звездой и треугольником. Мощность трехфазной цепи при симметричном режиме.

Несимметричная нагрузка в трехфазной цепи. Четырехпроводная трехфазная система, роль нейтрального провода.

Вращающееся магнитное поле, трехфазная система обмоток. Получение вращающегося магнитного поля посредством трехфазной системы токов.

Тема 3.6 Электрические цепи с несинусоидальными периодическими напряжениями и токами.

Причины возникновения несинусоидальных ЭДС, токов и напряжений в электрических цепях: искажение ЭДС в электромагнитном генераторе, наличие в цепях нелинейных элементов.

Аналитическое выражение несинусоидальных периодических величин в форме тригонометрического ряда. Понятие о разложении несинусоидальной периодической величины в тригонометрический ряд. Признаки симметрии несинусоидальных кривых и их влияние на вид тригонометрического ряда.

Действующее значение несинусоидального периодического тока (напряжения). Коэффициенты формы, амплитуды, искажения периодической кривой. Мощность цепи при несинусоидальном токе.

Расчет линейной электрической цепи при несинусоидальном периодическом напряжении на ее входе.

Тема 3.7 Нелинейные электрические цепи переменного тока.

Общая характеристика нелинейных элементов переменного тока.

Цепи с активными нелинейными сопротивлениями. Цепи с нелинейной емкостью. Цепи с нелинейной индуктивностью. Идеализированная катушка с ферромагнитным сердечником в цепи переменного тока: магнитный поток,

ЭДС и ток катушки, векторная диаграмма. Влияние гистерезиса и вихревых токов на ток в катушке с ферромагнитным сердечником. Потери энергии в ферромагнитном сердечнике катушки, векторная диаграмма с их учетом.

Полная векторная диаграмма и схемы замещения катушки с ферромагнитным сердечником.

Применение катушек с ферромагнитным сердечником. Феррорезонанс и его использование. Ферромагнитные элементы с одновременным намагничиванием постоянным и переменным током. Ферромагнитные элементы с прямоугольной петлей магнитного гистерезиса.

Тема 3.8 Переходные процессы в электрических цепях.

Переходные процессы в электрических цепях: причины возникновения, первый и второй законы коммутации, понятие о переходных принужденном и свободном режимах.

Заряд конденсатора через сопротивление от источника постоянного напряжения: уравнения и графики зарядного тока и переходного напряжения на конденсаторе, постоянная времени цепи, принужденная и свободная составляющие переходного напряжения и зарядного тока. Влияние величины напряжения источника и параметров цепи на переходной процесс.

Разряд конденсатора через сопротивление. Уравнения и графики напряжения на конденсаторе и тока в цепи при разряде. Саморазряд конденсатора.

Включение катушки индуктивности (цепи R, L) на постоянное напряжение. Уравнение и график переходного тока, постоянная времени цепи, принужденная и свободная составляющие переходного процесса. Влияние величины напряжения источника и параметров цепи на переходной процесс.

Отключение катушки индуктивности от источника постоянного напряжения. Изменение тока в катушке, замкнутой на разрядное сопротивление, график и уравнение переходного тока. Влияние напряжения источника и параметров цепи на переходной процесс.

Изменение сопротивления в цепи с индуктивностью: графики и уравнения тока в цепи при уменьшении и увеличении сопротивления скачком.

Включение катушки индуктивности на синусоидальное напряжение: график и уравнение переходного тока на индуктивности. Влияние начальной фазы приложенного напряжения и параметров цепи на переходной процесс.

Включение конденсатора на синусоидальное напряжение: график и уравнение переходного напряжения на емкости. Влияние начальной фазы тока и параметров цепи на переходной процесс.

Короткое замыкание в цепи синусоидального тока. Схема замещения цепи короткого замыкания. Уравнение кривой переходного тока, графики переходного процесса при коротком замыкании цепи. Влияние начальной фазы напряжения на переходной процесс короткого замыкания.

[4] (стр. 154-236, 249-267, 296-317, 328-361); [2] (стр. 214-282, 335-347, 381-458).

Раздел 4 Темы, отражающие связь со специальностью.

Тема 4.1 Резонанс в электрических цепях.

Колебательный контур. Ток и напряжение в колебательном контуре без потерь энергии. Собственная частота колебательного контура, волновое сопротивление. Колебательный контур с потерями энергии.

Резонанс напряжений: условие и признаки, резонансная частота, частотные характеристики неразветвленной цепи, добротность контура.

Резонанс токов: условие и признаки, резонансная частота, частотные характеристики параллельного контура, добротность контура.

Получение синусоидальной ЭДС. Схема устройства генератора переменного тока. Уравнения и графики синусоидальных величин: мгновенное и амплитудное значения, период, частота, фаза, начальная фаза, угловая частота.

Тема 4.2 Несимметричные трехфазные цепи.

Несимметричная трехфазная цепь при соединении источника и приемника звездой: определение токов в цепи, применение метода узлового напряжения для расчета цепи, смещение нейтрали, определение мощности, построение топографических диаграмм с нейтральным проводом и без него.

Несимметричная трехфазная цепь при соединении источника и приемника треугольником. Применение метода взаимного преобразования звезды и треугольника сопротивлений при расчете трехфазных цепей.

Метод симметричных составляющих. Комплексы симметричных составляющих. Разложение несимметричной трехфазной системы векторов на симметричные составляющие прямой, обратной и нулевой последовательности. Свойства трехфазных цепей в отношении симметричных составляющих токов и напряжений.

Высшие гармоники в трехфазных цепях.

Тема 4.3 Четырехполюсники при синусоидальных токах и напряжениях.

Основные понятия четырехполюсников: общая схема, входные и выходные зажимы четырехполюсника, активные и пассивные четырехполюсники.

Уравнения четырехполюсника. Коэффициенты четырехполюсника и их определение на основе режимов холостого хода и короткого замыкания. Эквивалентные схемы четырехполюсников. Т- и П-образная схемы. Определение параметров эквивалентных схем. Нагрузочный режим четырехполюсника, входное и выходное сопротивление. Мощность и КПД четырехполюсника.

Испытание четырехполюсника: опыты холостого хода и короткого замыкания. Нагрузочный режим как положение предельных режимов.

[4] (стр. 203-207, 214-218, 268-289), [2] (стр. 294-319, 348-365).

Пример 1.В30

ЗАДАНИЕ 1 «Расчет линейных электрических цепей постоянного тока»

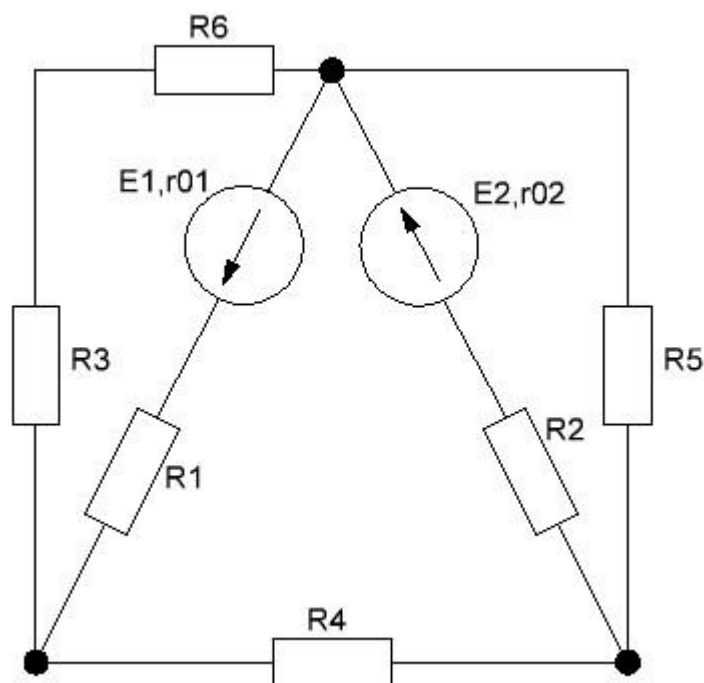


Рисунок В30.1 – Электрическая цепь постоянного тока

Таблица В30.1 – Числовые параметры

№ варианта	$E_1,$ В	$E_2,$ В	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_3,$ Ом	$R_4,$ Ом	$R_5,$ Ом	$R_6,$ Ом	$r_{01},$ Ом	$r_{02},$ Ом
30	20	30	64	43	31	25	52	14	1	2

1 Метод узловых и контурных уравнений

Обоснование метода. Рассматривая схему любой разветвленной электрической цепи, можно отметить в ней электрические узлы и выделить контуры. Для каждой узловой точки можно составить уравнение токов по первому закону Кирхгофа. В эти уравнения входят токи в ветвях, определение которых составляет ближайшую цель расчета, которая достигается совместным решением узловых и контурных уравнений; их число должно быть равно числу неизвестных токов. Прежде, чем приступить к составлению уравнений по законам Кирхгофа, необходимо выбрать условно-положительное направление тока в каждой ветви. Положительное направление токов выбирают произвольно. Действительные направления токов могут не совпадать с условно-положительными. Ошибка в выборе направления тока в результате решения будет обнаружена: ток с неправильно выбранным направлением получится отрицательным. При наличии в схеме n узлов, количество уравнений по первому закону Кирхгофа будет равно $n-1$, а число контурных уравнений схемы, содержащей m -ветвей, $m-n+1$ уравнений.

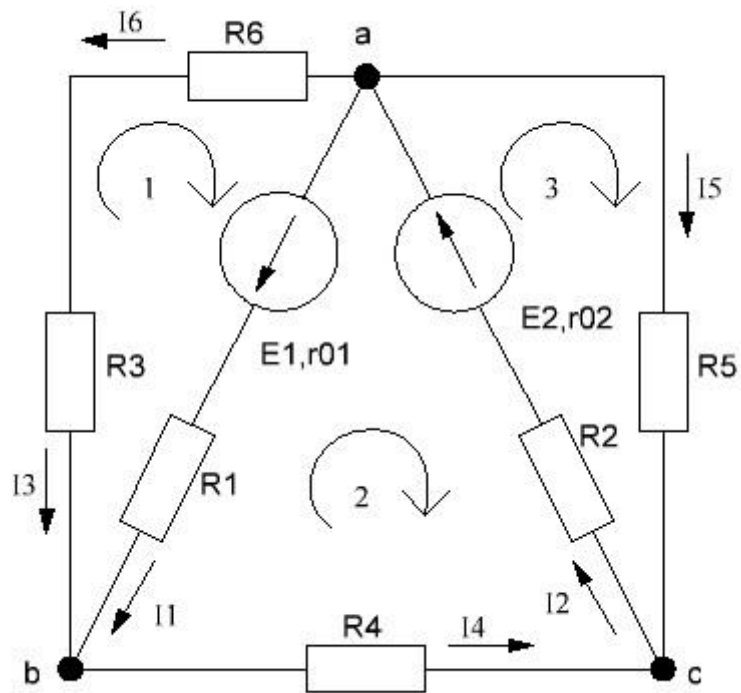


Рисунок В30.2 – Электрическая цепь постоянного тока

Составляем уравнения по законам Кирхгофа для узлов и контуров:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_1 = (r_{01} + R_1) \cdot I_1 - R_3 \cdot I_3 - R_6 \cdot I_6 \text{ (контур 1)} \\ -E_1 - E_2 = -(r_{01} + R_1) \cdot I_1 - (r_{02} + R_2) \cdot I_2 - R_4 \cdot I_4 \text{ (контур 2)} \\ E_2 = (r_{02} + R_2) \cdot I_2 + R_5 \cdot I_5 \text{ (контур 3)} \\ I_2 - I_1 - I_6 = 0 \text{ (узел } a) \\ I_4 + I_5 - I_2 = 0 \text{ (узел } c) \\ I_3 = I_6 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 20 = 65 \cdot I_1 - 31 \cdot I_3 - 14 \cdot I_6 \text{ (контур 1)} \\ -50 = -65 \cdot I_1 - 45 \cdot I_2 - 25 \cdot I_4 \text{ (контур 2)} \\ 30 = 45 \cdot I_2 + 52 \cdot I_5 \text{ (контур 3)} \\ I_2 - I_1 - I_6 - I_5 = 0 \text{ (узел } a) \\ I_4 + I_5 - I_2 = 0 \text{ (узел } c) \\ I_3 = I_6 \end{array} \right.$$

Решив данную систему уравнений методом Жордана-Гаусса, получаем:

$$\begin{cases} I_1 = 0,312 \text{ A} \\ I_2 = 0,481 \text{ A} \\ I_3 = 0,008 \text{ A} \\ I_4 = 0,320 \text{ A} \\ I_5 = 0,161 \text{ A} \\ I_6 = 0,008 \text{ A} \end{cases}$$

2 Метод контурных токов

Обоснование метода. Число узловых и контурных уравнений для сложной схемы оказывается большим, а решение системы m уравнений – громоздким. Число уравнений можно уменьшить до $m-n+1$, где m – число ветвей, n – число узлов, и тем существенно упростить расчет, если ввести понятие контурных токов и применить их для решения задач.

Каждый контур задается его последовательностью обхода (по часовой стрелке или против часовой стрелки). Для каждого из контуров электрической цепи составляются уравнения.

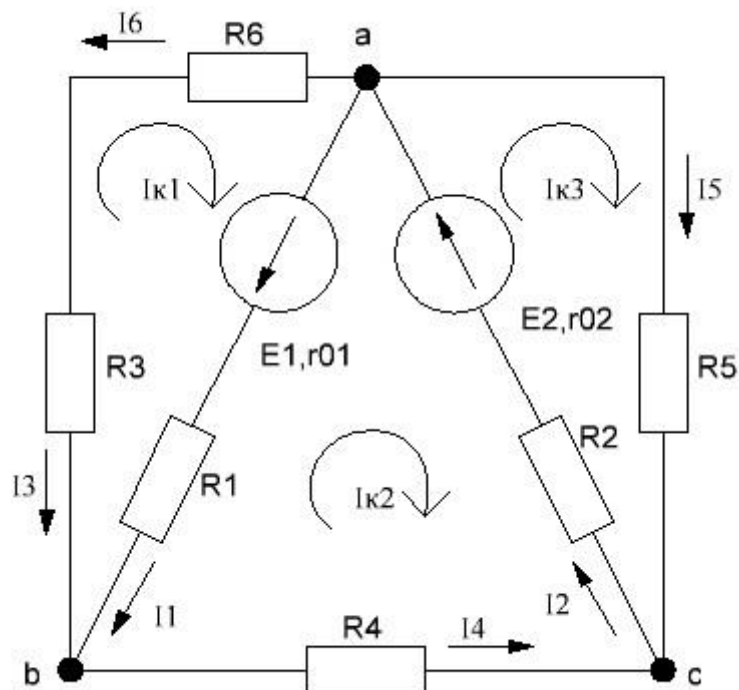


Рисунок В30.3 – Электрическая цепь постоянного тока

Определяем собственные сопротивления контуров:

$$R_{11} = R_1 + r_{01} + R_3 + R_6 = 64 + 1 + 31 + 14 = 110 \text{ Ом}$$

$$R_{22} = R_1 + r_{01} + R_2 + r_{02} + R_4 = 64 + 1 + 43 + 2 + 25 = 135 \text{ Ом}$$

$$R_{33} = R_2 + r_{02} + R_5 = 43 + 2 + 52 = 97 \text{ Ом}$$

Определяем общие сопротивления контуров:

$$R_{12} = R_{21} = R_1 + r_{01} = 64 + 1 = 65 \text{ Ом}$$

$$R_{23} = R_{32} = R_2 + r_{02} = 43 + 2 = 45 \text{ Ом}$$

Составляем систему уравнений контурных токов:

$$\begin{cases} I_{K1} \cdot R_{11} - I_{K2} \cdot R_{21} = E_1 \\ I_{K2} \cdot R_{22} - I_{K1} \cdot R_{12} - I_{K3} \cdot R_{32} = -E_1 - E_2 \\ I_{K3} \cdot R_{33} - I_{K2} \cdot R_{23} = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 110 \cdot I_{K1} - 65 \cdot I_{K2} = 20 \\ 135 \cdot I_{K2} - 65 \cdot I_{K1} - 45 \cdot I_{K3} = -50 \\ 97 \cdot I_{K3} - 45 \cdot I_{K2} = 30 \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений методом Жордана-Гаусса, получаем:

$$\begin{cases} I_{K1} = -0,008 \text{ А} \\ I_{K2} = -0,320 \text{ А} \\ I_{K3} = 0,161 \text{ А} \end{cases}$$

Находим токи в ветвях:

$$I_1 = I_{K1} - I_{K2} = -0,008 - (-0,320) = 0,312 \text{ А}$$

$$I_2 = I_{K3} - I_{K2} = 0,161 - (-0,320) = 0,481 \text{ А}$$

$$I_3 = -I_{K1} = -(-0,008) = 0,008 \text{ А}$$

$$I_4 = -I_{K2} = -(-0,320) = 0,320 \text{ А}$$

$$I_5 = I_{K3} = 0,161 \text{ А}$$

$$I_6 = -I_{k1} = -(-0,008) = 0,008 \text{ A}$$

3 Метод наложения

Обоснование метода. В некоторых случаях расчет электрических цепей можно провести относительно просто, используя принцип наложения. Этот принцип применяется только к линейным системам, а в данном случае – для расчета линейных электрических цепей. Принцип этого метода состоит в последовательном отключении ЭДС. В электрической цепи удаляют все ЭДС, кроме одного и любым, подходящим для данного случая способом, определяют токи на ветвях контура, в котором присутствует ЭДС. Найденные токи называются частными. Эта операция повторяется с каждым контуром.

Отключаем E_2 и составляем уравнение для каждого из контуров.

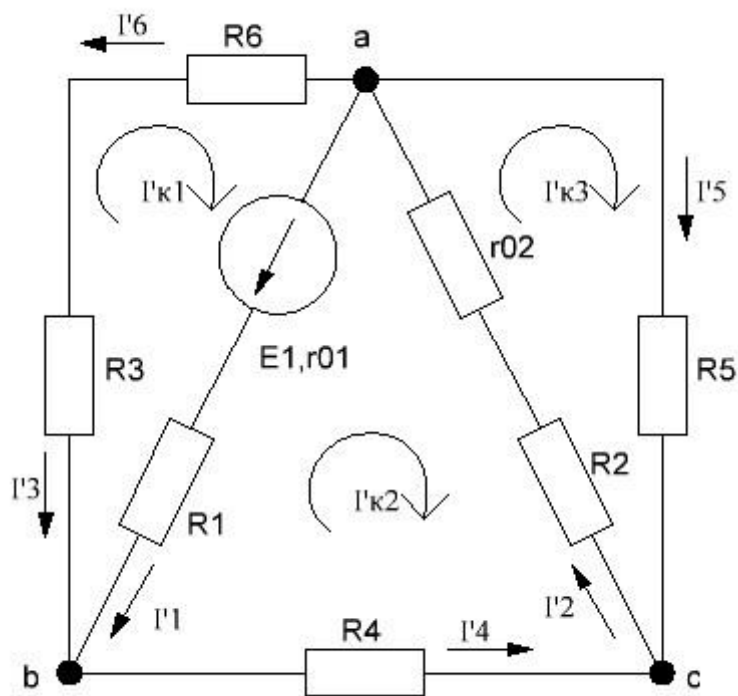


Рисунок В30.4 – Схема замещения

$$\begin{cases} I_{K1} \cdot R_{11} - I_{K2} \cdot R_{21} = E_1 \\ I_{K2} \cdot R_{22} - I_{K1} \cdot R_{12} - I_{K3} \cdot R_{32} = -E_1 \\ I_{K3} \cdot R_{33} - I_{K2} \cdot R_{23} = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 110 \cdot I_{K1} - 65 \cdot I_{K2} = 20 \\ 135 \cdot I_{K2} - 65 \cdot I_{K1} - 45 \cdot I_{K3} = -20 \\ 97 \cdot I_{K3} - 45 \cdot I_{K2} = 0 \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений методом Жордана-Гаусса, получаем:

$$\begin{cases} I'_{K1} = 0,118 \text{ A} \\ I'_{K2} = -0,108 \text{ A} \\ I'_{K3} = -0,050 \text{ A} \end{cases}$$

Находим частные токи в ветвях:

$$I'1 = I'_{K1} - I'_{K2} = 0,118 - (-0,108) = 0,226 \text{ A}$$

$$I'2 = I'_{K3} - I'_{K2} = -0,050 - (-0,108) = 0,058 \text{ A}$$

$$I'3 = -I'_{K1} = -0,118 \text{ A}$$

$$I'4 = -I'_{K2} = -(-0,108) = 0,108 \text{ A}$$

$$I'5 = I'_{K3} = -0,050 \text{ A}$$

$$I'6 = -I'_{K1} = -0,118 \text{ A}$$

Отключаем E_1 и составляем уравнение для каждого из контуров.

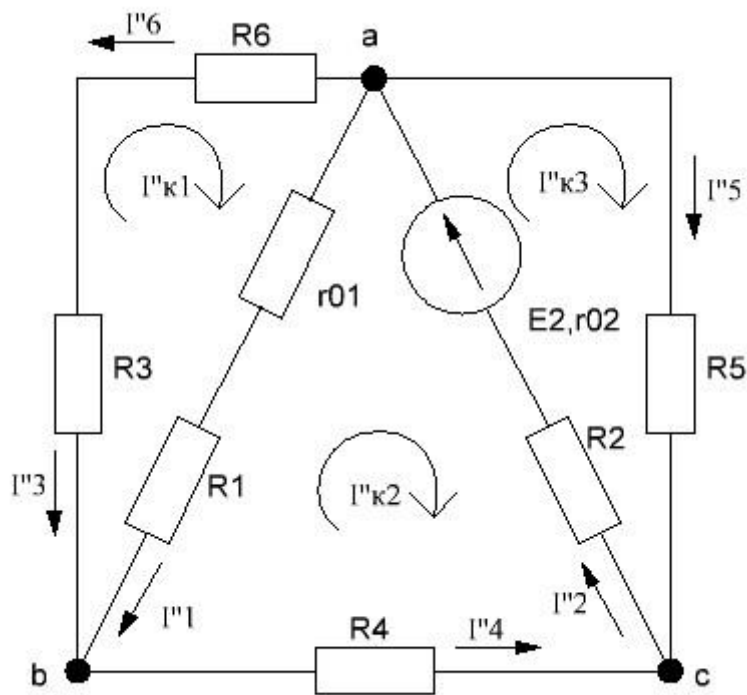


Рисунок В30.5 – Схема замещения

$$\begin{cases} I''_{к1} \cdot R_{11} - I''_{к2} \cdot R_{21} = 0 \\ I''_{к2} \cdot R_{22} - I''_{к1} \cdot R_{12} - I''_{к3} \cdot R_{32} = -E_2 \\ I''_{к3} \cdot R_{33} - I''_{к2} \cdot R_{23} = E_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 110 \cdot I''_{к1} - 65 \cdot I''_{к2} = 0 \\ 135 \cdot I''_{к2} - 65 \cdot I''_{к1} - 45 \cdot I''_{к3} = -30 \\ 97 \cdot I''_{к3} - 45 \cdot I''_{к2} = 30 \end{cases}$$

Решив данную систему уравнений методом Жордана-Гаусса, получаем:

$$\begin{cases} I''_{к1} = -0,126 \text{ A} \\ I''_{к2} = -0,212 \text{ A} \\ I''_{к3} = 0,211 \text{ A} \end{cases}$$

Находим частные токи в ветвях:

$$I''_1 = I''_{к1} - I''_{к2} = -0,126 - (-0,212) = 0,086 \text{ A}$$

$$I''_2 = I''_{к3} - I''_{к2} = 0,211 - (-0,212) = 0,423 \text{ A}$$

$$I''_3 = -I''_{к1} = -(-0,126) = 0,126 \text{ A}$$

$$I''_4 = -I''_{к2} = -(-0,212) = 0,212 \text{ A}$$

$$I''_5 = I''_{к3} = 0,211 \text{ A}$$

$$I''_6 = -I''_{к1} = -(-0,126) = 0,126 \text{ A}$$

Находим действительные токи в ветвях:

$$I_1 = I'_1 + I''_1 = 0,226 + 0,086 = 0,312 \text{ A}$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = 0,058 + 0,423 = 0,481 \text{ A}$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = -0,118 + 0,126 = 0,008 \text{ A}$$

$$I_4 = I'_4 + I''_4 = 0,108 + 0,212 = 0,320 \text{ A}$$

$$I_5 = I'_5 + I''_5 = -0,050 + 0,211 = 0,161 \text{ A}$$

$$I_6 = I'_6 + I''_6 = -0,18 + 0,126 = 0,008 \text{ A}$$

4 Баланс мощностей

Баланс мощностей является следствием закона сохранения энергии — суммарная мощность вырабатываемая (генерируемая) источниками электрической энергии равна сумме мощностей, потребляемой в цепи.

Баланс мощностей используют для проверки правильности расчета электрических цепей.

$$\sum E \cdot I = \sum I^2 \cdot R$$

$$E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 = I_1^2 \cdot (R_1 + r_{01}) + I_2^2 \cdot (R_2 + r_{02}) + I_3^2 \cdot R_3 +$$

$$+ I_4^2 \cdot R_4 + I_5^2 \cdot R_5 + I_6^2 \cdot R_6$$

$$20 \cdot 0,312 + 30 \cdot 0,481 = 0,312^2 \cdot 65 + 0,481^2 \cdot (45) + 0,008^2 \cdot 31 +$$

$$+ 0,320^2 \cdot 25 + 0,161^2 \cdot 52 + 0,008^2 \cdot 14$$

$$20,67 \text{ Вт} \approx 20,65 \text{ Вт}$$

5 Сравнение полученных токов по пунктам 1, 2 и 3

Таблица В30.2 – Результаты расчетов

	I1, А	I2, А	I3, А	I4, А	I5, А	I6, А
Метод узловых и контурных уравнений	0,312	0,481	0,008	0,320	0,161	0,008
Метод контур- ных токов	0,312	0,481	0,008	0,320	0,161	0,008
Метод наложе- ния	0,312	0,481	0,008	0,320	0,161	0,008

6 Построение потенциальной диаграммы

Изменение потенциалов в электрической цепи можно наглядно изобразить графически в виде потенциальной диаграммы.

Потенциальная диаграмма представляет собой график изменения потенциала при обходе цепи, построенный в прямоугольной системе координат, в которой по оси абсцисс откладываются в определенном масштабе сопротивления участков цепи, а по оси ординат – потенциалы соответствующих точек.

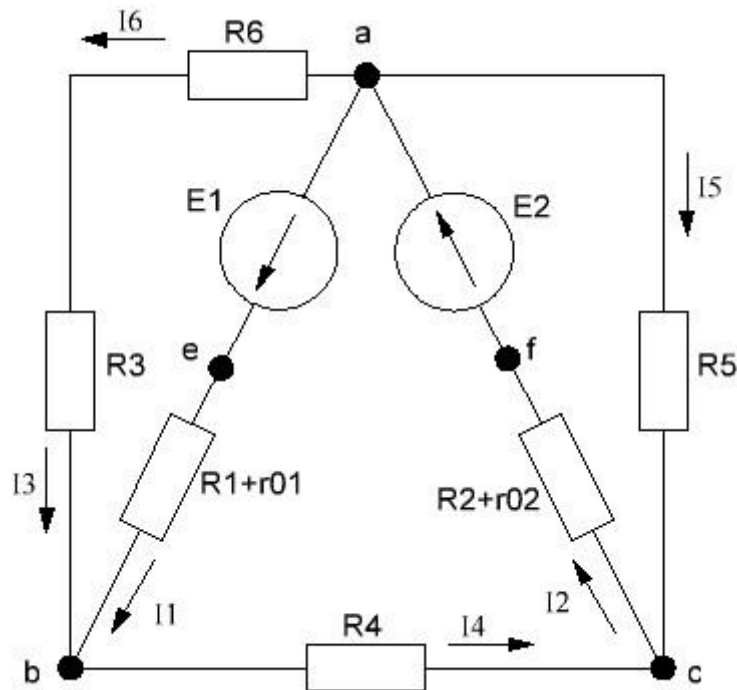


Рисунок В30.6 – Контур 'aebcfa' электрической цепи

$$\varphi_a = 0 \text{ В}$$

$$\varphi_c = \varphi_a + E_1 = 0 + 20 = 20 \text{ В}$$

$$\varphi_b = \varphi_c - (R_1 + r_{01}) \cdot I_1 = 20 - 65 \cdot 0,312 = -0,3 \text{ В}$$

$$\varphi_c = \varphi_b - R_4 \cdot I_4 = -0,3 - 25 \cdot 0,320 = -8,3 \text{ В}$$

$$\varphi_f = \varphi_c - (R_2 + r_{02}) \cdot I_2 = -8,3 - 45 \cdot 0,481 = -30 \text{ В}$$

$$\varphi_a = \varphi_f + E_2 = -30 + 30 = 0 \text{ В}$$

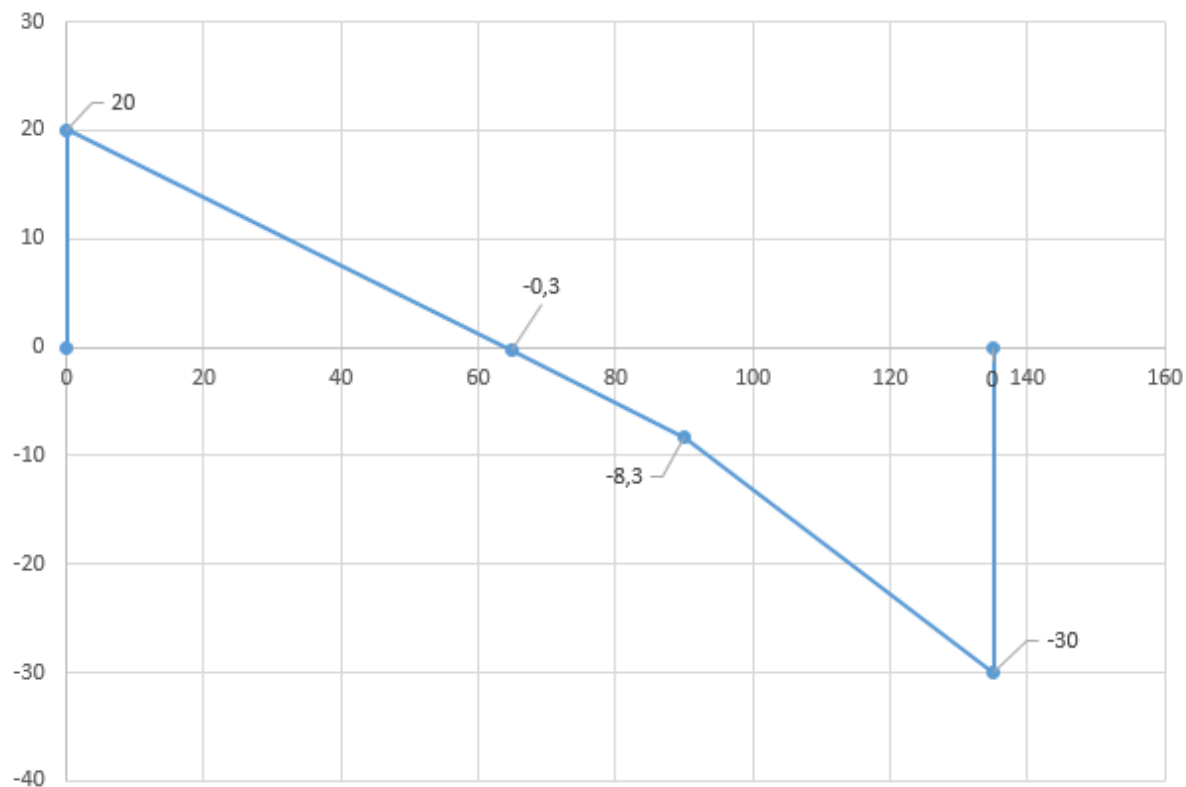


Рисунок В30.7 – Потенциальная диаграмма

40

5 Задания для домашних контрольных работ

Домашняя контрольная работа состоит из трех заданий. К выполнению заданий следует приступать после изучения соответствующих разделов учебного предмета.

В первом семестре, при изучении учебного предмета «Теоретические основы электротехники», учащиеся выполняют задание №1 «Расчет линейных электрических цепей постоянного тока».

Во втором семестре выполняются задание №2 и задание №3 «Теоретические вопросы».

Вариант домашней контрольной работы, подлежащей выполнению, определяется следующим образом:

для задания № 1 «Расчет линейных электрических цепей постоянного тока» числовые параметры схемы соответствуют порядковому номеру, под которым фамилия учащегося записана в журнале учебных занятий группы. Чтобы определить номер схемы необходимо к порядковому номеру в журнале прибавить последнюю цифру номера группы. Например, учащийся группы 12-23 в журнале записан под порядковым номером 10. Номер схемы 13 ($10+3=13$).

для задания №2 и задания №3 «Теоретические вопросы» номер варианта соответствует номеру, под которым учащийся записан в журнале учебных занятий группы.

Работы, не соответствующие своему варианту, не рассматриваются.

Задание №1 Расчет линейных электрических цепей постоянного тока.

Для электрической цепи (рис. 1.1 – 1.30) выполнить следующее:

1. составить на основании законов Кирхгофа систему уравнений для определения токов во всех ветвях схемы и решить её;
2. определить токи во всех ветвях схемы, используя метод контурных токов;
3. определить токи во всех ветвях схемы на основании метода наложения;
4. составить баланс мощностей для заданной схемы;
5. результаты расчетов токов по пунктам 1, 2 и 3 представить в виде таблицы и сравнить;
6. построить потенциальную диаграмму для любого замкнутого контура, включающего обе ЭДС.

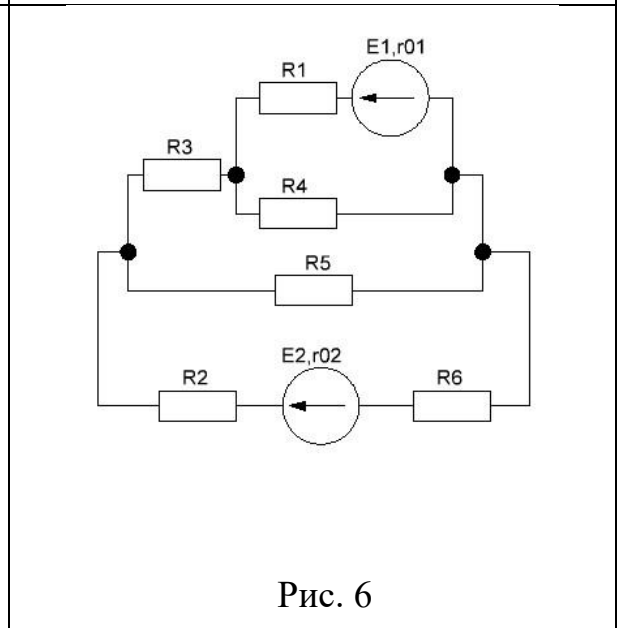
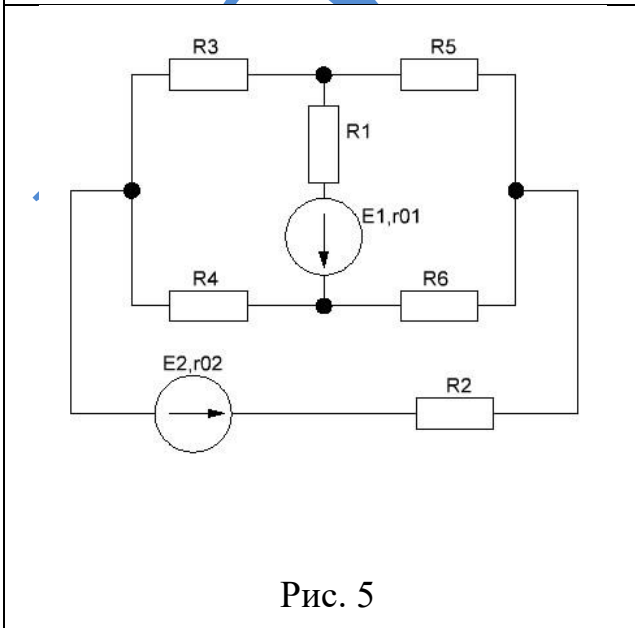
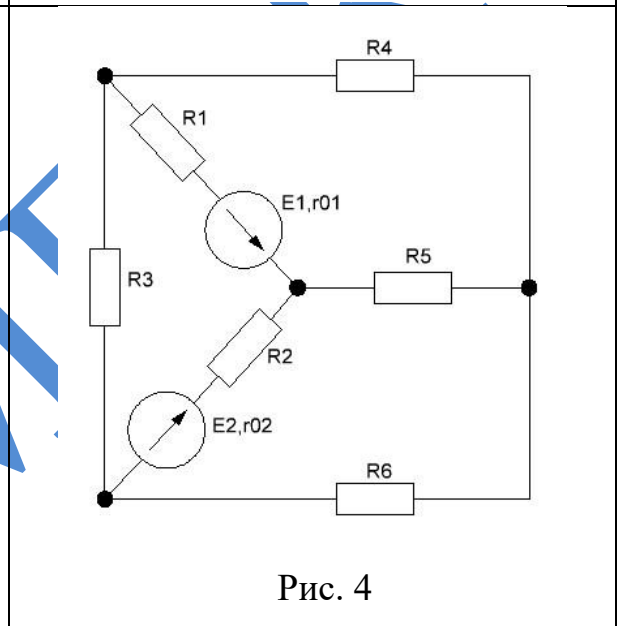
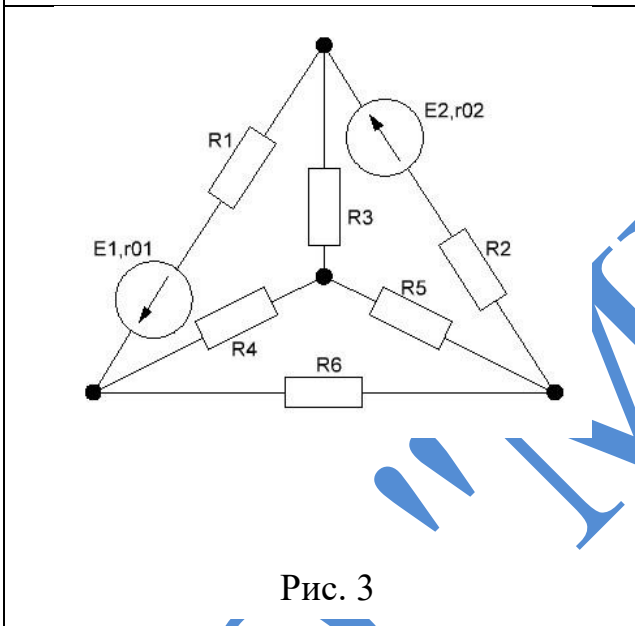
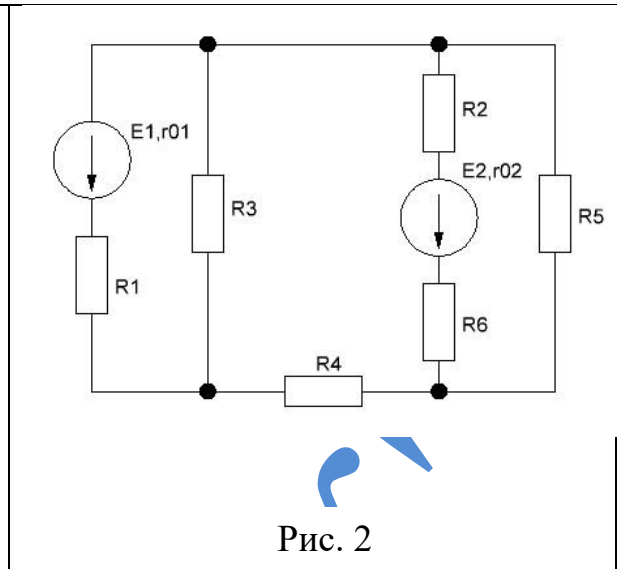
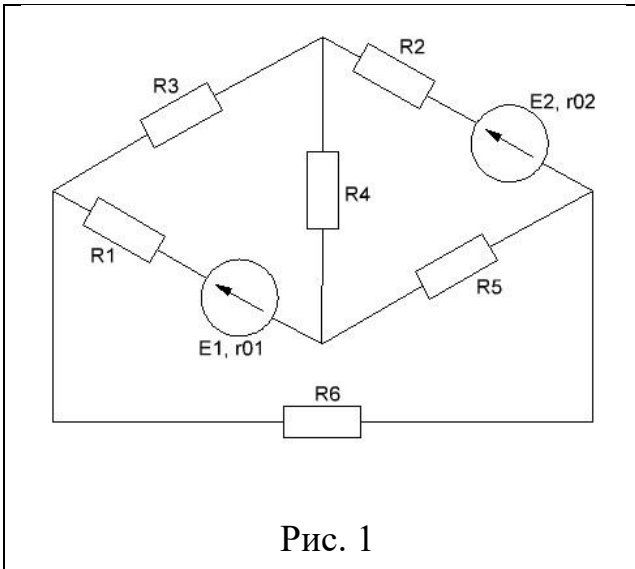
Вариант задания определяют по таблице 1.

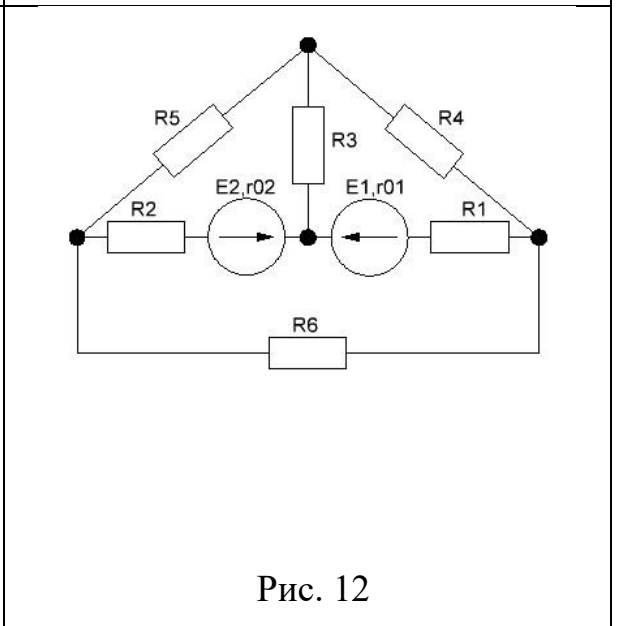
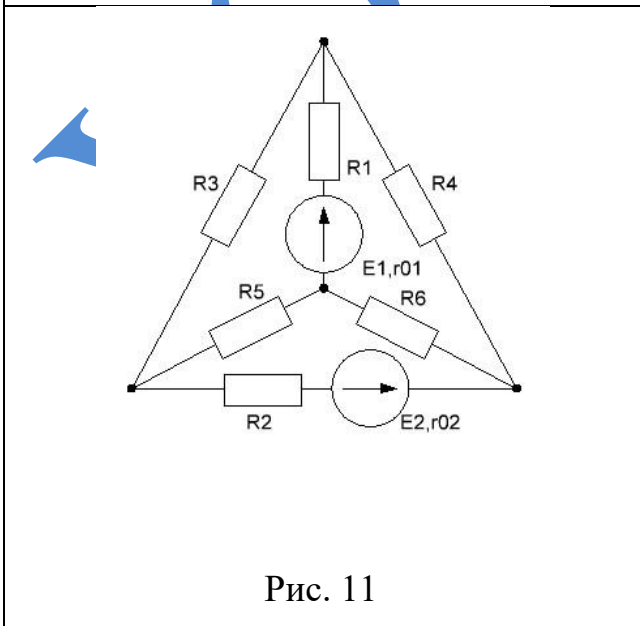
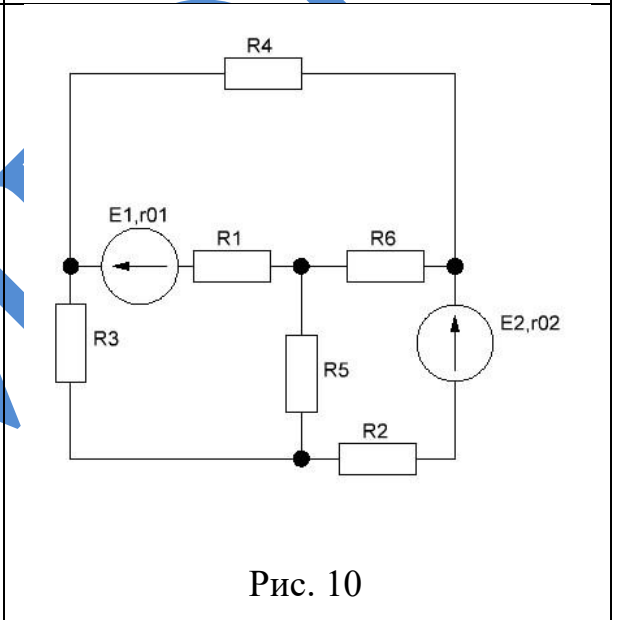
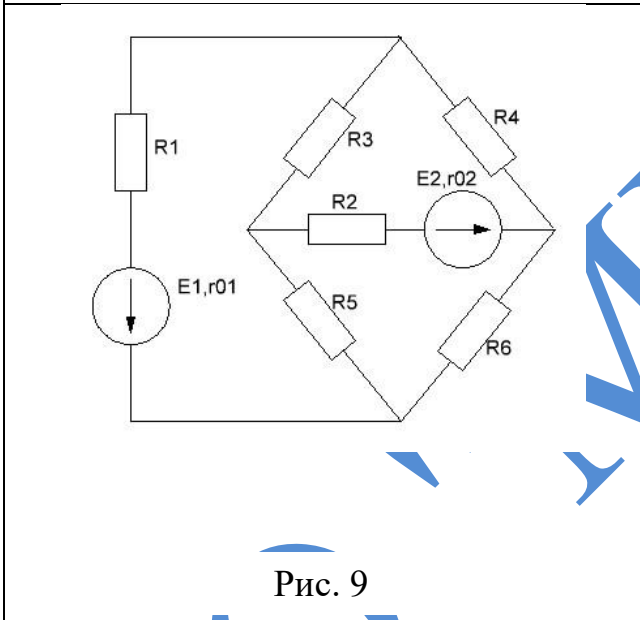
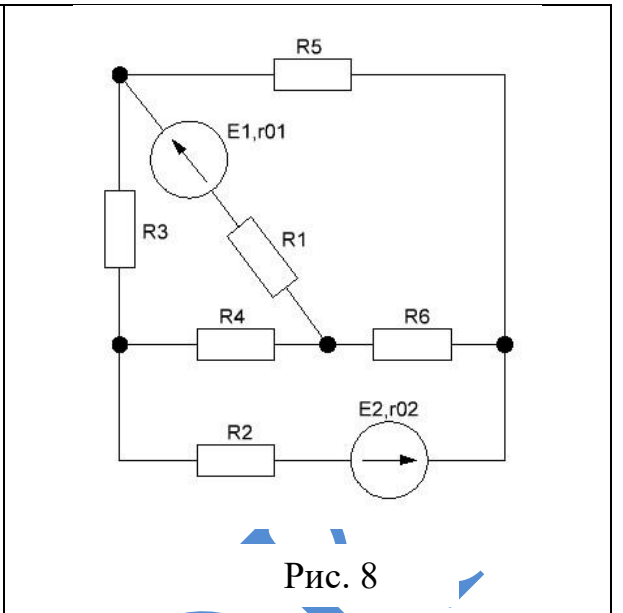
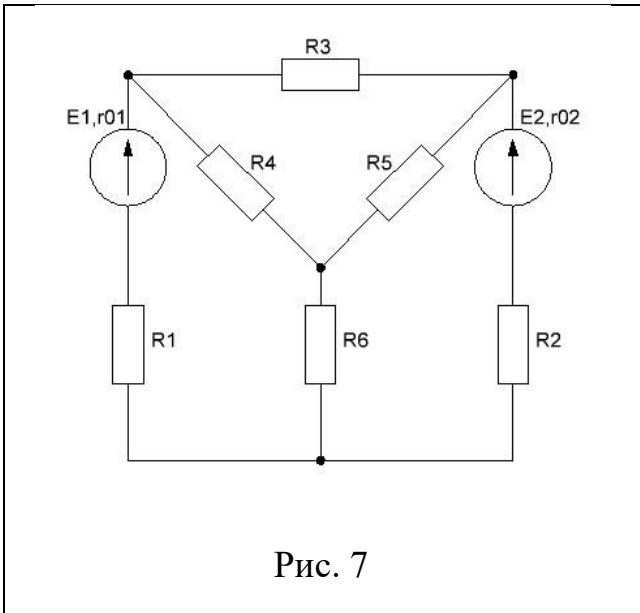
УО "ИПЭОК"

Таблица 1 - Числовые параметры схем электрических цепей постоянного тока

№ в-та	E ₁ , В	E ₂ , В	R ₁ , Ом	R ₂ , Ом	R ₃ , Ом	R ₄ , Ом	R ₅ , Ом	R ₆ , Ом	r ₀₁ , Ом	r ₀₂ , Ом
1	60	20	38	17	29	33	54	11	1	1
2	50	40	44	25	17	13	42	15	1	2
3	20	60	63	47	11	28	56	24	2	1
4	40	30	52	13	23	35	52	14	1	1
5	50	20	26	34	12	48	61	16	1	2
6	20	30	64	27	55	44	25	42	3	2
7	20	30	52	22	26	14	51	15	2	3
8	40	30	53	43	31	25	51	15	1	1
9	30	30	54	24	43	36	16	61	2	2
10	30	40	64	34	24	18	61	15	3	1
11	30	20	35	43	32	26	51	16	1	2
12	30	20	45	48	32	25	16	51	1	2
13	25	40	26	52	24	41	25	52	1	1
14	35	20	54	53	32	24	15	53	2	2
15	45	40	16	64	43	35	19	16	1	2
16	55	60	18	42	23	31	52	30	2	1
17	15	30	10	63	34	42	17	33	1	1
18	25	50	22	51	49	20	16	27	2	2
19	35	60	36	19	31	23	29	54	1	2
20	45	40	28	21	17	50	32	18	3	2

Примечание. Числовые параметры схемы соответствуют порядковому номеру, под которым фамилия учащегося записана в журнале учебных занятий группы. Чтобы определить номер схемы необходимо к порядкового номеру в журнале, прибавить последнюю цифру номера группы. Например, учащийся группы 12-23 в журнале записан под порядковым номером 10. Номер схемы 13 (10+3=13).





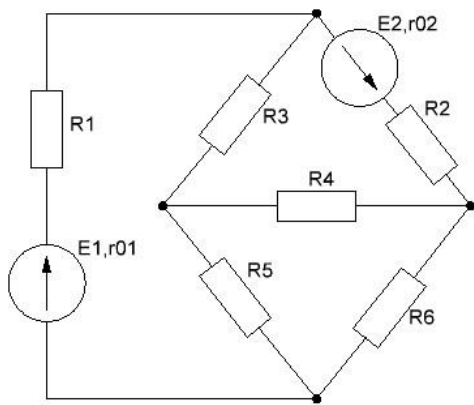


Рис. 13

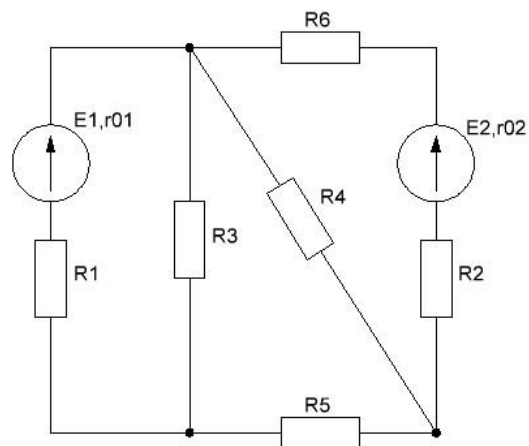


Рис. 14

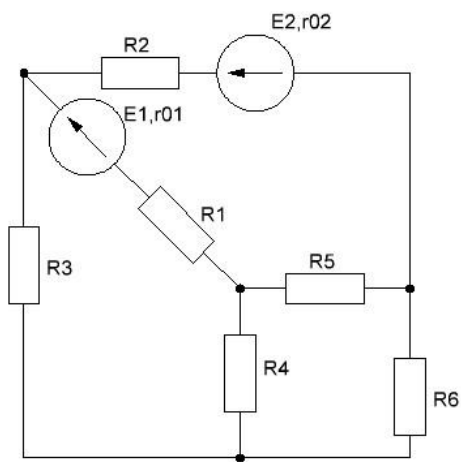


Рис. 15

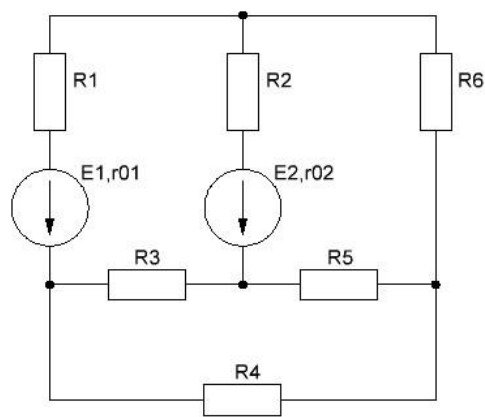


Рис. 16

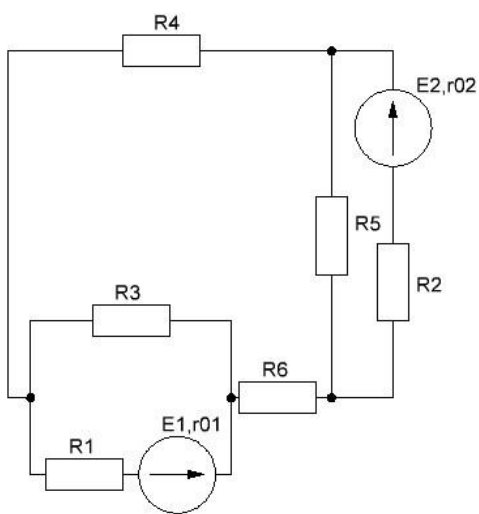


Рис. 17

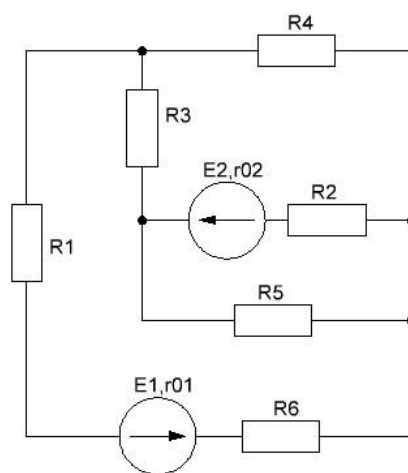


Рис. 18

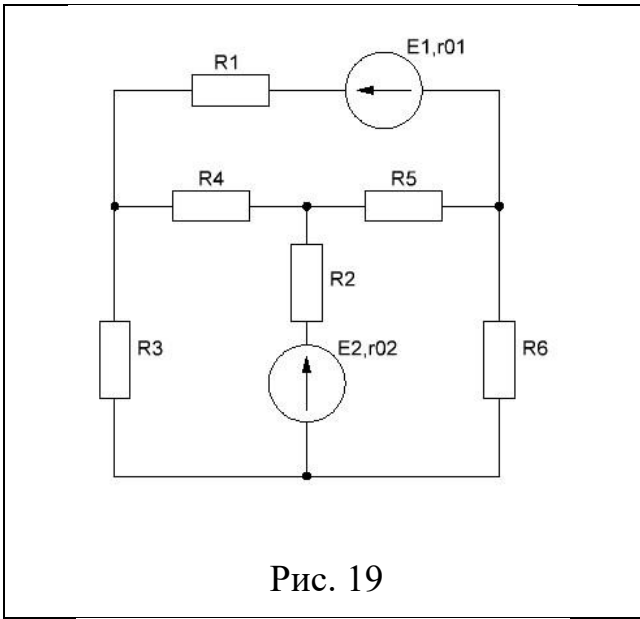


Рис. 19

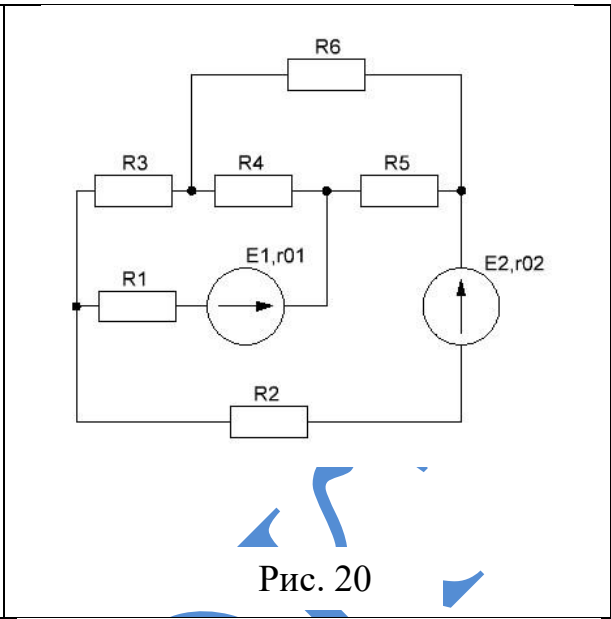


Рис. 20

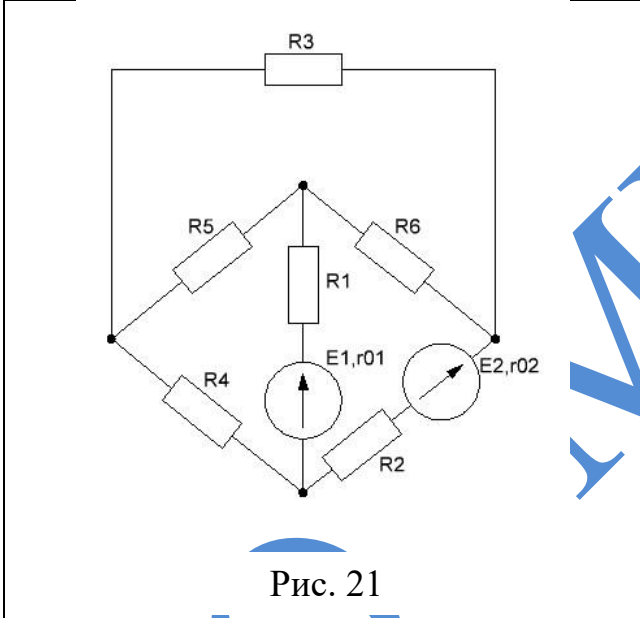


Рис. 21

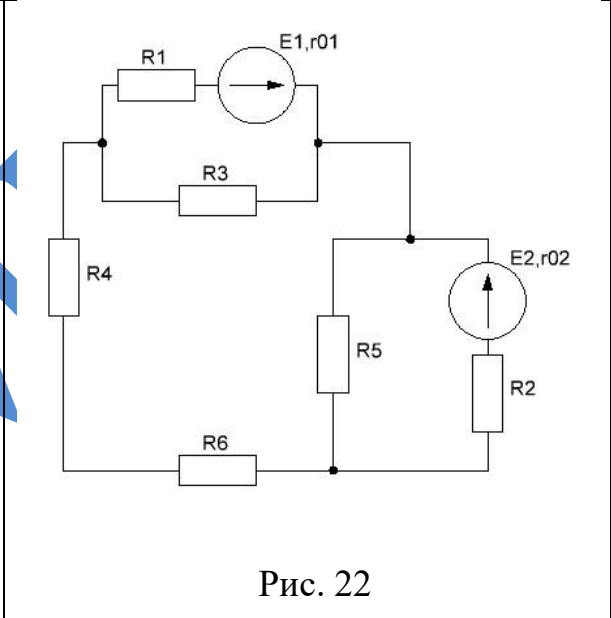


Рис. 22

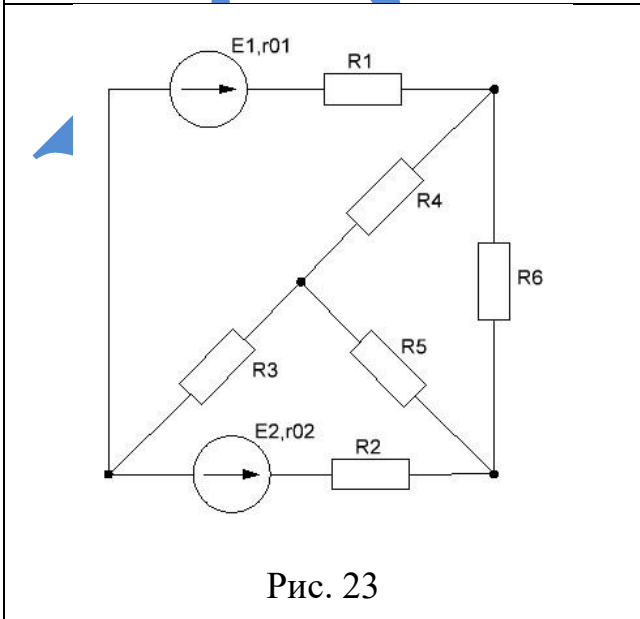


Рис. 23

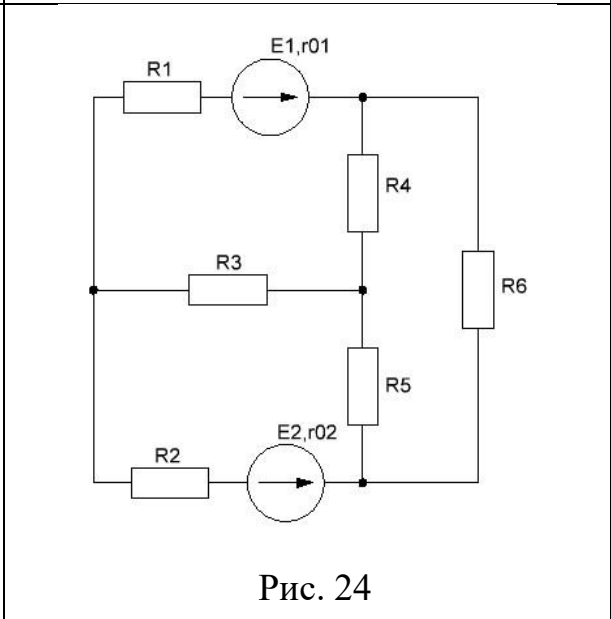


Рис. 24

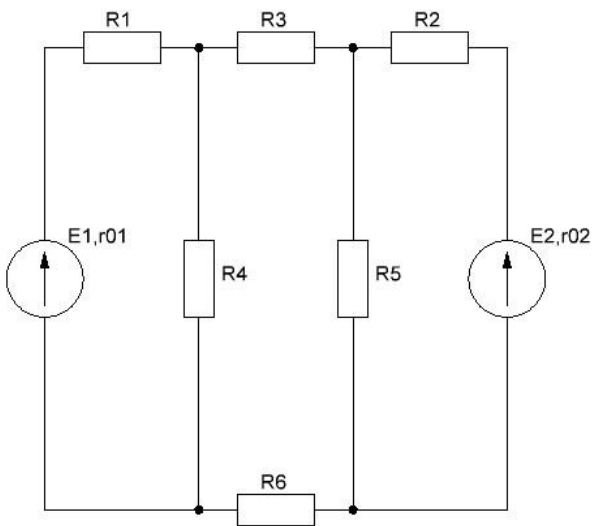


Рис. 25

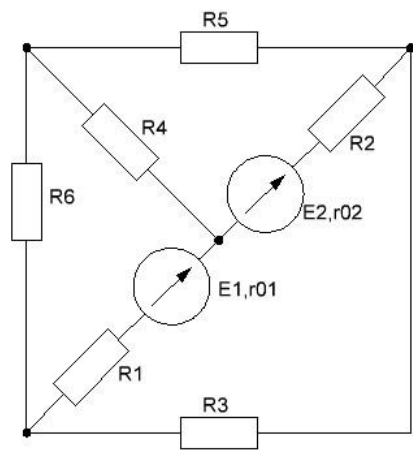


Рис. 26

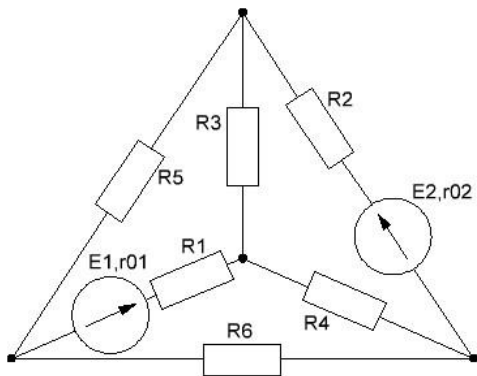


Рис. 27

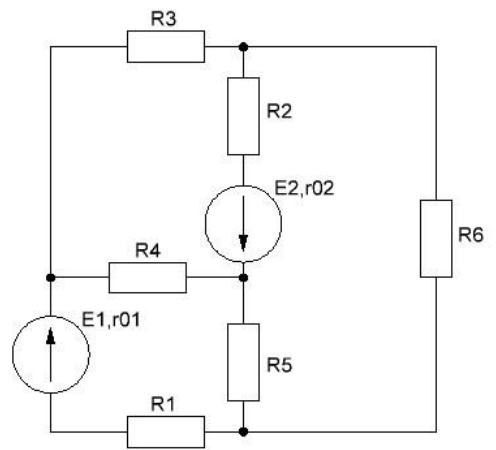


Рис. 28

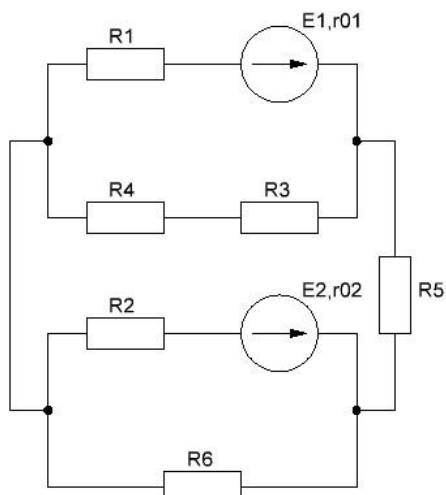


Рис. 29

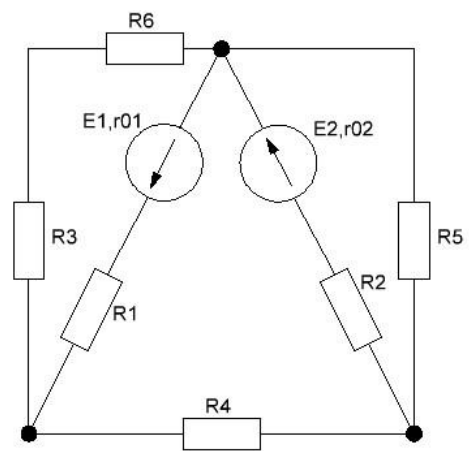


Рис. 30

Задание №2 и задание №3 Теоретические вопросы

Задания 2 и 3 – состоят из развёрнутых ответов на вопросы. Отвечать на вопросы следует кратко, ясно, с привлечением необходимых формул и схем.

Номер варианта соответствует порядковому номеру, под которым фамилия учащегося записана в журнале учебных занятий группы.

Вариант	Вопросы
1	Как определить направление ЭДС электромагнитной индукции, наводимой в прямолинейном проводнике? Сформулируйте закон Ленца.
	Объясните, каковы особенности цепи при резонансе напряжений? Перечислите условия резонанса напряжений.
2	Сформулируйте закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей и проведите аналогию между величинами, характеризующими электрические и магнитные цепи.
	Объясните, в чем особенности цепи при резонансе токов? Назовите условия резонанса токов.
3	Что называется магнитной индукцией? В каких единицах она измеряется? Закон Био-Савара.
	Объясните, какие четырехполюсники активные, а какие пассивные? Запишите зависимости между входными и выходными параметрами четырехполюсника.
4	Назовите формулу для определения электромагнитной силы, действующей на проводник с током в магнитном поле. В чем состоит правило «левой руки».
	Объясните, какова роль нулевого провода в трехфазной системе? Почему в нулевой провод не устанавливают предохранитель?
5	Что называется ЭДС взаимной индукции? Как определяется ее направление?
	Поясните построение векторной диаграммы для соединения звезда.
6	В чем состоит закон Ампера? Назовите все величины, входящие в формулу Ампера, и их единицы измерения.
	Поясните построение векторной диаграммы для соединения треугольник.
7	Поясните, что называется магнитным полем? Каковы его основные свойства?

	Объясните, что называется ударным током короткого замыкания? Поясните, в каком случае ударный ток будет наибольшим?
8	Поясните, что называется емкостью? Какова единица измерения емкости?
	Поясните, что называется конденсатором?
9	Объясните, в чем сущность первого закона коммутации и как он формулируется?
	В чем заключается явление электромагнитной индукции? Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
10	Объясните, как формулируется второй закон коммутации и в чем его сущность?
	Поясните, какие свойства имеют электрические схемы параллельного соединения конденсаторов?
11	Объясните, что понимают под переходным процессом? Каковы причины его возникновения?
	Расскажите, какие свойства имеют электрические схемы последовательного соединения конденсаторов?
12	Объясните, какой режим электрической цепи называется установившимся?
	Какой ток называется переменным? Уравнение синусоидального тока в общем виде.
13	Что называется периодом, частотой, амплитудой и начальной фазой переменного тока?
	Поясните, как осуществляется стабилизация напряжения в цепях переменного тока?
14	Объясните принцип преобразования механической энергии в электрическую и обратно.
	Объясните, что такое феррорезонанс? Как его получить?
15	Какая зависимость существует между скоростью вращения якоря генератора, числом пар полюсов и частотой?
	Что называется углом сдвига фаз?
16	Поясните, какая существует зависимость между I и U в катушке без стального сердечника, со стальным сердечником?
	Что такое среднее и действующее значение переменного тока? Чему равен коэффициент формы кривой для синусоидального тока?
17	Поясните, что такое вентиль?
	Расскажите, какой вид имеют вольт-амперные характеристика идеального и реального вентиля?
18	Какова методика расчета цепи переменного тока символическим методом?
	Объясните, в чем смысл теоремы Фурье?

17	Что называется ЭДС самоиндукции? Как определяется ее направление?
	Объясните, как определить мощность трехфазной системы с симметричной и несимметричной нагрузками при ее соединении в звезду и треугольник?
18	Как сформулировать закон Ома и построить векторную диаграмму для последовательной цепи переменного тока, обладающей активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью?
	Поясните, какое соединение обмоток называется звездой, треугольником?
19	Поясните, что называется трехфазной системой? Кто ее изобретатель? Каковы ее преимущества перед однофазной системой?
	Расскажите, какая трехфазная система является симметричной? Каким основным свойством она обладает?
	Поясните, что называется фазой трехфазной системы?
20	Назовите причины возникновения вихревых токов, их свойства, применение и способы уменьшения.
	Что такое коэффициент мощности и каковы пути его повышения?
21	Поясните, от каких величин зависит ёмкость плоского и цилиндрического конденсаторов, ёмкость двухпроводной линии?
	Что представляет собой активное, индуктивное и емкостное сопротивление в цепях переменного тока?
22	Расскажите, каковы соотношения между фазными и линейными токами (напряжениями) при соединении нагрузки звездой, треугольником?
	Объясните, что такое резонансные кривые? Объясните их ход для неразветвленной цепи?
23	Как определить направление ЭДС электромагнитной индукции, наводимой в прямолинейном проводнике? Сформулируйте закон Ленца.
	Объясните, в чем особенности цепи при резонансе токов? Назовите условия резонанса токов.
24	Сформулируйте закон Ома и законы Кирхгофа для магнитных цепей и проведите аналогию между величинами, характеризующими электрические и магнитные цепи.
	Объясните, какие четырехполюсники активные, а какие пассивные?
	Запишите зависимости между входными и выходными параметрами четырехполюсника.
25	Что называется магнитной индукцией? В каких единицах она измеряется? Закон Био-Савара.

	Объясните, какова роль нулевого провода в трехфазной системе? Почему в нулевой провод не устанавливают предохранитель?
26	Назовите формулу для определения электромагнитной силы, действующей на проводник с током в магнитном поле. В чем состоит правило «левой руки».
	Поясните построение векторной диаграммы для соединения звезда.
27	Что называется ЭДС взаимной индукции? Как определяется ее направление?
	Поясните построение векторной диаграммы для соединения треугольник.
28	В чем состоит закон Ампера? Назовите все величины, входящие в формулу Ампера, и их единицы измерения.
	Объясните, что называется ударным током короткого замыкания? Поясните, в каком случае ударный ток будет наибольшим?
29	Поясните, что называется магнитным полем? Каковы его основные свойства?
	Объясните, в чем сущность первого закона коммутации и как он формулируется?
30	Поясните, что называется емкостью? Какова единица измерения емкости?
	Поясните, что называется конденсатором?
	Объясните, как формулируется второй закон коммутации и в чем его сущность?

6 Оценка результатов учебной деятельности при выполнении домашней контрольной работы

По результатам выполненной домашней контрольной работы выставляется отметка «зачтено». Отметка «не зачтено» выставляется, если в контрольной работе не раскрыты теоретические вопросы, задания, или ответы на них полностью переписаны из учебной литературы, без адаптации к конкретному заданию, если имеются грубые ошибки в решении задач, выполнении графического задания.

Результат выполнения домашней контрольной работы	Оценка результатов учебной деятельности
Работа выполнена не в полном объеме или не соответствует заданию и т.д. Допущены существенные ошибки, такие как не раскрыты теоретические вопросы: основные понятия, формулировки, не выполнена графическая часть или выполнена не карандашом (при выполнении графической части ксерокопия не принимается); если имеются грубые ошибки в решении задач (неверно или неполно произведен расчет, имеются ошибки в расчетных зависимостях).	Не зачтено
Работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию и т.д. Допущены несущественные ошибки, не искажающие сути вопроса, такие как нарушена логическая последовательность изложения ответа и (или) если ответы даны на все вопросы задания и в каждом ответе изложено не менее 75% материала от необходимого по данному вопросу.	Зачтено

7 Литература

Основная:

1. Буртаев, Ю.В., Овсянников, А.Ф., Федоров-Королев, А.А. Сборник задач по теоретической электротехнике. – М., 1988. - 462 с.
2. Евдокимов, Ф.Е. Теоретические основы электротехники / Ф.Е. Евдокимов. М., 2004. - 560 с.
3. Зайчик, М.Ю. Сборник задач и упражнений по теоретической электротехнике / М.Ю. Зайчик. М., 1988. - 496 с.
4. Крутов, А. В. Теоретические основы электротехники: учебное пособие для учащихся учреждений образования, реализующих образовательные программы среднего специального образования / А.В. Крутов, Э.Л. Кочетова, Т.Ф. Гузанова. - 2-е изд., стер. - Минск : РИПО, 2016. - 375 с.
5. Попов В.С. Теоретическая электротехника: учебник для техникумов / В.С.Попов. - М.: 1990. - 544 с.

Дополнительная:

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для студентов вузов / Л.А. Бессонов. - 10-е изд. - М.: Гардарики, 2000. - 638 с.
2. Буртаев, Ю.В. Теоретические основы электротехники / Ю.В. Буртаев, П.Н. Овсянников. – М.: Либроком, 2013. – 552 с.
3. Касаткин, А.С. Электротехника / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. - 6-е изд., перераб. - Москва: Высш. шк., 2000. - 542 с.
4. Китунович, Р.Г. Электротехника: учебник для вузов / Ф. Г. Китунович. - 4-е изд., перераб. и доп. - Мн.: Вышэйшая школа, 1999. - 400 с.