Министерство образования Кировской области Кировское областное государственное профессиональное образовательное бюджетное учреждение «Кировский сельскохозяйственный техникум имени

дважды Героя Социалистического Труда

А.Д.Червякова»

Методические указания и контрольные задания для студентов-заочников по специальности 35.02.08 «Механизация сельского хозяйства» по дисциплине «Электротехники и электроника».

Преподаватель: Татаринова Т.С.

г. Котельнич

2016 год

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Электрическая энергия широко применяется во всех областях промышленности, сельского хозяйства, связи, транспорта, автоматики, вычислительной техники, электроники, радиотехники и в быту.

Электротехника как наука, изучающая свойства и особенности электрической энергии, легла в основу развития многих отраслей знаний – таких как медицина, биология, астрономия, геология, математика.

Изучение дисциплины «Электротехника и электроника» поможет выпускникам, техникам сельского хозяйства, выбирать необходимые энергосберегающие технологии, электротехнические и электронные средства, обеспечить их эффективную эксплуатацию и экономию энергетических ресурсов.

Студенты изучают дисциплину самостоятельно в межсессионный период и в период сессии под руководством преподавателя.

Особое внимание студентов обращается на выполнение контрольной работы. Контрольная работа – это письменный отчет студента – заочника о самостоятельной работе по изучению дисциплины. Контрольная работа содержит 5 заданий, исходные данные для которых представлены в соответствующих таблицах по вариантам.

При решении задач рекомендуется пользоваться специальной литературой, опираясь также на примеры решения задач. Перечень рекомендуемой литературы представлен ниже.

Контрольная работа выполняется письменно в отдельной тетради в клетку. Каждое задание выполняется с новой страницы с обозначением номера задания. Допускается выполнять задания не по порядку. Условия задач в работе переписываются полностью.

Решения задач должны содержать полные расчеты и объяснения. Недопустимо написание только конечных результатов вычислений, следует сначала написать формулу в общем виде, затем подставить в нее числовые значения входящих величин. При решении задач используются единицы системы «СИ».

Все рисунки, графики, схемы выполняются простым карандашом с помощью чертежного инструмента.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Л-1. Лоторейчук Е.А. Теоретические основы электротехники: учебник.-М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2012.-320 с.

Л-2. Попов В.С. «Теоретическая электротехника», М., Энергоатомиздат

Л-3. Синдеев Ю.Г. «Электротехника с основами электроники», Ростов н/Д: «Феникс», 2001

Л-4. Евдокимов Ф.Е. «Теоретические основы электротехники», М., Энергоатомиздат.

Л-5. Кравцов «Электрические измерения».

Задания для контрольной работы.

Задание №1. Дать развернутые ответы на вопросы. Номера вопросов для каждого варианта указаны в таблице №1. перечень вопросов представлен ниже. Номер варианта выбирается по двум последним цифрам шифра зачетной книжки.

Таблица №1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №варианта | №вопросов | №вар. | №вопр. | №вар. | №вопр | №вар. | №вопр. | №вар. | №вопр |
| 01 | 1, 20, 41 | 21 | 1, 19,60 | 41 | 1, 20, 41 | 61 | 1, 19,60 | 81 | 1, 20, 41 |
| 02 | 2, 19, 40 | 22 | 4, 22, 43 | 42 | 2, 19, 40 | 62 | 4, 22, 43 | 82 | 2, 19, 40 |
| 03 | 3, 21, 42 | 23 | 5, 23, 44 | 43 | 3, 21, 42 | 63 | 5, 23, 44 | 83 | 3, 21, 42 |
| 04 | 4, 22, 43 | 24 | 6, 24, 45 | 44 | 4, 22, 43 | 64 | 6, 24, 45 | 84 | 4, 22, 43 |
| 05 | 5, 23, 44 | 25 | 7, 25, 46 | 45 | 5, 23, 44 | 65 | 7, 25, 46 | 85 | 5, 23, 44 |
| 06 | 6, 24, 45 | 26 | 8, 26, 47 | 46 | 6, 24, 45 | 66 | 8, 26, 47 | 86 | 6, 24, 45 |
| 07 | 7, 25, 46 | 27 | 9, 27, 48 | 47 | 7, 25, 46 | 67 | 9, 27, 48 | 87 | 7, 25, 46 |
| 08 | 8, 26, 47 | 28 | 10, 28, 49 | 48 | 8, 26, 47 | 68 | 10, 28, 49 | 88 | 8, 26, 47 |
| 09 | 9, 27, 48 | 29 | 11, 29, 50 | 49 | 9, 27, 48 | 69 | 11, 29, 50 | 89 | 9, 27, 48 |
| 10 | 10, 28, 49 | 30 | 12, 30, 51 | 50 | 10, 28, 49 | 70 | 12, 30, 51 | 90 | 10, 28, 49 |
| 11 | 11, 29, 50 | 31 | 13, 31, 52 | 51 | 11, 29, 50 | 71 | 13, 31, 52 | 91 | 11, 29, 50 |
| 12 | 12, 30, 51 | 32 | 14, 32, 53 | 52 | 12, 30, 51 | 72 | 14, 32, 53 | 92 | 12, 30, 51 |
| 13 | 13, 31, 52 | 33 | 15, 27, 59 | 53 | 13, 31, 52 | 73 | 15, 27, 59 | 93 | 13, 31, 52 |
| 14 | 14, 32, 53 | 34 | 16, 36, 54 | 54 | 14, 32, 53 | 74 | 16, 36, 54 | 94 | 14, 32, 53 |
| 15 | 15, 33, 54 | 35 | 17, 28, 51 | 55 | 15, 33, 54 | 75 | 17, 28, 51 | 95 | 15, 33, 54 |
| 16 | 16, 34, 55 | 36 | 18, 36, 57 | 56 | 16, 34, 55 | 76 | 18, 36, 57 | 96 | 16, 34, 55 |
| 17 | 17, 35, 56 | 37 | 19, 37, 58 | 57 | 17, 35, 56 | 77 | 19, 37, 58 | 97 | 17, 35, 56 |
| 18 | 18, 36, 57 | 38 | 20, 38, 59 | 58 | 18, 36, 57 | 78 | 20, 38, 59 | 98 | 18, 36, 57 |
| 19 | 19, 37, 58 | 39 | 2, 19, 40 | 59 | 19, 37, 58 | 79 | 3, 40, 59 | 99 | 19, 37, 58 |
| 20 | 20, 38, 59 | 40 | 3, 21, 42 | 60 | 20, 38, 59 | 80 | 4, 18, 49 | 00 | 20, 38, 59 |

Вопросы для задания №1.

1. Дать определение электрического поля. Как называется электрическое поле, создаваемое неподвижными зарядами?
2. Сформулируйте закон Кулона. Напишите формулу и объясните величины, в нее входящие.
3. Понятие напряженности электрического поля. Единицы измерения. Графическое изображение электрического поля.
4. Понятие электропроводности. Основные сведения о проводниках.
5. Понятие электропроводности. Основные сведения о диэлектриках.
6. Понятие электропроводности. Основные сведения о полупроводниках.
7. Основные элементы электрической цепи, их характеристика.
8. Понятие электрического тока, силы тока и плотности тока. Формулы, единицы измерения.
9. Сущность закона Ома для участка цепи.
10. Понятие электрического сопротивления, формула для определения, единица измерения.
11. Связь сопротивления и проводимости. Формулы, единицы измерения.
12. Сущность закона Ома для замкнутой (полной) цепи.
13. Энергия и мощность электрического тока. Понятия, формулы, единицы измерения.
14. Закон Джоуля – Ленца.
15. Режимы работы электрических цепей. Их характеристика.
16. формулировки первого и второго законов Кирхгофа.
17. Что называется конденсатором? Емкостью конденсатора?
18. Как определяется общая емкость при последовательном и параллельном соединении конденсаторов?
19. Что такое магнитное поле? Какими свойствами оно обладает?
20. Понятие магнитной индукции. Формула и единицы измерения.
21. Понятие абсолютной и относительной магнитной проницаемости.
22. Магнитный поток. Понятие, формула, единица измерения.
23. Дать понятие напряженности магнитного поля. В чем разница между магнитной индукцией и напряженностью магнитного поля?
24. Понятие электромагнитной силы. Правило для ее определения. Формула.
25. Понятие магнитной цепи. Отличие однородной магнитной цепи от неоднородной.
26. Классификация магнетиков. Примеры для каждой группы материалов.
27. Что такое электромагнитная индукция? Правило определения ЭДС.
28. Преобразование механической энергии в электрическую.
29. Преобразование электрической энергии в механическую.
30. Явления самоиндукции и взаимоиндукции.
31. Что показывает коэффициент связи двух магнитосвязанных катушек? Как его определить?
32. Вихревые токи. Потери на вихревые токи.
33. Понятие переменного тока. Основное его достоинство.
34. График переменного тока. Величины, характеризующие синусоидальную ЭДС.
35. Понятие среднего значения переменного тока. Обозначение и место на графике.
36. Понятие действующего переменного тока. Формулы для определения действующего значения тока, напряжения и ЭДС.
37. Какие элементы обладают активным сопротивлением?
38. Изобразить векторную и временную диаграмму для цепи с активным сопротивлением?
39. Поясните понятие активной мощности. Формула для ее определения.
40. Охарактеризуйте цепь с индуктивностью (понятие, графическое изображение в схеме, векторная диаграмма).
41. Понятие индуктивного сопротивления. Формула для его определения.
42. Охарактеризуйте цепь с емкостью (понятие, графическое изображение в схеме, векторная диаграмма).
43. Понятие емкостного сопротивления. Формула для его определения.
44. Что такое коэффициент мощности? Как можно его повысить?
45. Понятие колебательного контура. Как определяется частота собственных колебаний в колебательном контуре?
46. Понятие резонанса напряжений. Его условие, векторная диаграмма и схема включения элементов.
47. Понятие резонанса токов. Его условие. Полная проводимость при резонансе токов.
48. Понятие трехфазной системы ЭДС. Условие симметричности трехфазной системы.
49. Схематичное изображение соединения обмоток генератора «звездой». Понятие фазного и линейного напряжения.
50. Схематичное изображение соединения обмоток генератора «треугольником». Понятие фазного и линейного тока.
51. Назначение нулевого провода при неравномерной нагрузке.
52. Определение активной, реактивной и полной мощности при равномерной нагрузке фаз.
53. Причины возникновения несинусоидальных токов.
54. Формулировка теоремы Фурье.
55. Понятие переходного процесса в электрической цепи.
56. Законы коммутации электрических цепей.
57. Действие тока на организм человека.
58. Условные обозначения в простейших схемах (не менее 10).
59. Каково назначение трансформаторов в процессе передачи и распределения энергии.
60. Что называется номинальной мощностью трансформатора?

Задание №2. Расчет цепи с резисторами.

Для схемы, изображенной на рис.1, определить: общее сопротивление элементов, используя метод «свертывания» цепи; ток и напряжение на каждом элементе; составить баланс мощностей.

+

R1

R4

R2

R3

- R5

Рис. 1.

Значения сопротивлений на каждом резисторе и общее напряжение цепи представлено в таблице №2 по вариантам (последняя цифра шифра).

Таблица №2.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № Варианта | R1, Ом | R2, Ом | R3, Ом | R4, Ом | R5, Ом | U общ, В |
| 0 | 3 | 1 | 2 | 6 | 7 | 50 |
| 1 | 4 | 2 | 3 | 5 | 6 | 100 |
| 2 | 6 | 2 | 2 | 8 | 7 | 90 |
| 3 | 8 | 3 | 4 | 14 | 7 | 70 |
| 4 | 7 | 4 | 4 | 8 | 6 | 50 |
| 5 | 4 | 3 | 4 | 7 | 8 | 100 |
| 6 | 6 | 2 | 3 | 10 | 5 | 60 |
| 7 | 5 | 3 | 3 | 12 | 1 | 50 |
| 8 | 1 | 2 | 1 | 6 | 1 | 100 |
| 9 | 4 | 3 | 1 | 8 | 2 | 100 |

Задание №3. Расчет цепи с конденсаторами.

Для схемы, изображенной на рис. 2., определить: общую емкость, напряжение и заряд на каждом конденсаторе.

С1

С2

С4

С3

Рис. 2.

В таблице №3 указаны значения емкостей всех конденсаторов и общее напряжение цепи (последняя цифра шифра).

Таблица №3.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № Варианта | С1, мкФ | С2, мкФ | С3, мкФ | С4, мкФ | U общ, кВ |
| 0 | 20 | 10 | 30 | 40 | 4 |
| 1 | 80 | 100 | 60 | 80 | 2 |
| 2 | 60 | 20 | 40 | 120 | 3 |
| 3 | 40 | 10 | 30 | 20 | 5 |
| 4 | 50 | 25 | 25 | 100 | 1 |
| 5 | 40 | 20 | 20 | 80 | 4 |
| 6 | 30 | 15 | 15 | 60 | 2 |
| 7 | 20 | 10 | 30 | 40 | 2 |
| 8 | 10 | 10 | 30 | 20 | 3 |
| 9 | 40 | 60 | 20 | 40 | 3 |

Задание №4. Для локального обогрева поросят применяются различного типа электронагревательные панели из бетона, в толщу которых вмонтирована жесткая металлическая рама с намотанной на нее электронагревательным проводом марки ПНВСВ. К электросети напряжением 220 В панели подключают либо последовательным соединением, либо через понижающий трансформатор типа ТС3-2,5/1 мощностью 2,5 кВ∙А и вторичным напряжением 36 В; 50В.

Активное сопротивление образованной катушки R, при включении панели в сеть переменного тока с частотой 50 Гц и действующим напряжением U сила тока в панели имеет действующее значение I1 (табл. 4). Требуется:

1. Для указанных условий:
   1. Начертить эквивалентную схему катушки, включенной на переменное напряжение, и определить ее полное сопротивление.
   2. Определить индуктивное сопротивление катушки ХL и построить в масштабе треугольник сопротивлений.
   3. Определить:

* Индуктивность катушки L;
* Коэффициент мощности катушки cosφ;
* Активную Р, реактивную (индуктивную) Q и полную S мощности потребляемые катушкой;

1. Для изменения энергетических характеристик электроустановки параллельно катушке подключают конденсатор С (емкостное сопротивление ХС дано в таблице 4)

Требуется:

* 1. Вычертить электрическую схему включения катушки параллельно конденсатору.
  2. Определить силу тока IС, протекающего по конденсатору.
  3. Определить силу тока в неразветвленной части I2 и cosφ в цепи, активную Р, реактивную Q и полную S мощности цепи;
  4. Определить емкость конденсатора С.
  5. Ответить письменно на вопрос: как влияет на cosφ параллельное подключение емкости к индуктивной нагрузке?

1. Обмотку катушки и конденсатора соединили последовательно.

Требуется:

* 1. Вычертить электрическую схему последовательного соединения катушки и конденсатора.
  2. Определить:
* Силу тока I3 в цепи;
* Полное сопротивление в цепи Z;
* Коэффициент мощности в цепи cosφ;
* Напряжения на катушке и конденсаторе.

Таблица№4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Исходные данные | Варианты | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 |
| Переменное напряжение U, В | 150 | 30 | 50 | 40 | 60 | 240 | 26 | 52 | 55 | 110 |
| Переменный ток I1, А | 30 | 6 | 5 | 4 | 6 | 12 | 2 | 4 | 11 | 22 |
| Активное сопротивление панели R, Ом | 3 | 4 | 6 | 8 | 6 | 16 | 5 | 12 | 3 | 4 |
| Емкостное сопротивление конденсатора ХС, Ом | 5 | 10 | 25 | 8 | 20 | 24 | 26 | 13 | 5 | 11 |

Задание №5. Решить задачу. Номер задачи соответствует сумме двух последних цифр шифра.

1. Две индуктивно связанные катушки, имеющие индуктивность 5 и 20 мГн, подключены последовательно. Определить индуктивное сопротивление цепи при встречном и согласном включении, если коэффициент связи 0,6, а частота 100 Гц.
2. Мгновенное значение тока i=16sin157t А. Определить амплитудное и действующее значения этого тока и его период.
3. Действующее значение переменного тока в цепи I=10,5 А при частоте f=1200 Гц. Определить амплитудное значение, период и угловую частоту.
4. Задача №3. Контур, по которому проходит ток, имеет потокосцепление самоиндукции ψL=0,01 Вб. Определить ток в контуре, если его индуктивность L=1,8 мГн.
5. На концах прямолинейного проводника, перемещающегося в однородном магнитном поле с индукцией В=0,9 Тл перпендикулярно линиям поля со скоростью v=20м/с, наводится ЭДС Е=7,2 В. Определить активную длину проводника.
6. Определить ЭДС источника питания, внутреннее сопротивление которого r=0,1 Ом, сопротивление нагрузки составляет 5,9 Ом, при силе тока I=3 А. Рассчитать напряжение на вводе и мощность цепи.
7. Мощность электроустановки составляет 100 Вт. Определить напряжение питания при силе тока 5 А. Рассчитать энергию, затраченную за 2 часа.
8. Определить количество теплоты, выделенное постоянным током в проводнике, если сопротивление проводника 3,5 Ом, ток в цепи 5А. Время протекания тока по проводнику 20 минут.
9. Сила тока на участке цепи 3А, сопротивление нагрузки 2,5 Ом. Определить напряжение на вводе и мощность цепи.
10. Определить силу взаимодействия двух зарядов, находящихся в воздушной среде, величина которых составляет соответственно 5·10-8 и4·10-8. Расстояние между ними составляет 4,5 см.
11. Определить класс точности прибора, если прибор измерил значение 30 А, истинное значение 31 А, а длина шкалы прибора 80 А.
12. Амперметр класса точности 2,5 показал значение тока 4,4 А. Действительное напряжение питания 20 В при сопротивлении цепи 5 Ом. Выяснить соответствие прибора заданному классу точности, если максимальное значение шкалы прибора составляет 5 А.
13. Нагревательный прибор, рассчитанный на напряжении 180 В и ток 3 А необходимо включить в цепь напряжением 220 В. Какое добавочное сопротивление следует включить в данную цепь.
14. Силу тока в цепи измерили двумя приборами. Первый амперметр показал значение 7 А, второй – 7,3 А. Какой из приборов имеет лучший класс точности, если действительное значение тока в цепи 7,2 А.
15. К источнику постоянного тока напряжением U=150В подключена нагрузка, состоящая из четырех параллельных ветвей. Мощность, потребляемая каждой ветвью, соответственно Р1=90 Вт, Р2=270 Вт, Р3=157,5 Вт, Р4=360 Вт. Определить проводимость и ток каждой ветви, общую проводимость и сопротивление нагрузки, ток в каждой ветви.
16. На нагревательном элементе в течение 0,5 часа работы выделилось 550 Дж теплоты. Определить сопротивление элемента, потребляемый ток, его мощность и затрачиваемую энергию при напряжении 220 В.
17. Найти мощность электроприбора, сопротивление которого составляет 10 Ом, сила тока в цепи 5 А. Рассчитать энергию, затраченную за 15 минут.
18. К источнику трехфазной сети с линейным напряжением Uл=380 В и частотой f=50 Гц подключена равномерная нагрузка, соединенная по схеме «звезда» с полным сопротивлением в фазе Z=90 Ом и индуктивностью L=180 мГн. Определить фазное напряжение, фазный и линейный токи, активное и реактивное сопротивления в фазе.
19. Определите индуктивность катушки, сопротивление которой в цепи переменного тока частотой 50 Гц равно 20 Ом.

Методические указания к выполнению контрольной работы.

*К заданию №2.*

*Последовательным соединением* участков электрической цепи называют соединение, при котором через все участки цепи проходит один и тот же ток (рис.3).

+ I R1

U1

U U2 R2

U3

R3

-

I

Рис.3

Напряжение на каждом последовательно включенном участке пропорционально величине сопротивления этого участка.

При последовательном соединении потребителей с сопротивлениями R1, R2 и R3 (рис.3) напряжение на их зажимах равно

U1=IR1 ;U2=IR2; U3=IR3

Воспользовавшись вторым законом Кирхгофа для рассматриваемой цепи, можно записать:

U= U1+ U2+ U3

Или U=IR1 +IR2+IR3

Откуда U/R= R1 +R2+R3

Таким образом, общее (эквивалентное) сопротивление R последовательно включенных сопротивлений (потребителей) равно сумме этих сопротивлений.

Мощность потребителя определяется по формуле:

Р=UI=I2R.

Параллельным соединением участков электрической цепи называют соединение, при котором все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, т.е. находятся под действием одного и того же напряжения (рис.4).

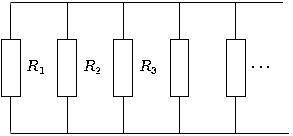


Рис.4

Сила тока в неразветвлённой части цепи равна сумме сил токов в отдельных параллельно соединённых проводниках:  **I = U / R1 + U / R2 + U / R3 = U (1/R1 + 1/R2 + 1/R3) = U / Rэк**  или

 I = I1+I2+I3**{\displaystyle I\mathrm {=} I\_{1}+I\_{2}}**

Напряжение на участках цепи и на концах всех параллельно соединённых проводников одно и то же: U=U1=U2=U3**{\displaystyle U\mathrm {=} U\_{1}=U\_{2}}**

Следовательно, эквивалентное сопротивление рассматриваемой цепи при параллельном соединении трех резисторов определяется формулой

**1/Rэк = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3**

При двух параллельно включенных резисторах результирующее сопротивление цепи

Rэк=R1R2/(R1+R2)

При параллельном соединении приемников, все они находятся под одним и тем же напряжением, и режим работы каждого из них не зависит от остальных. Это означает, что ток, проходящий по какому-либо из приемников, не будет оказывать существенного влияния на другие приемники. При всяком выключении или выходе из строя любого приемника остальные приемники остаются включенными. Поэтому параллельное соединение имеет существенные преимущества перед последовательным, вследствие чего оно получило наиболее широкое распространение. В частности, электрические лампы и двигатели, предназначенные для работы при определенном (номинальном) напряжении, всегда включают параллельно.

Для расчета цепей постоянного тока применяется *метод свертывания цепи*.

Этот метод применяется только для электрических цепей содержащих один источник питания. Для расчета, отдельные участки схемы, содержащие последовательные или параллельные ветви, упрощают, заменяя их эквивалентными сопротивлениями. Таким образом, цепь свертывается до одного эквивалентного сопротивления цепи подключенного к источнику питания.

**Пример решения задачи №2.**

Для схемы, изображенной на рис. 5 а, определить: общее сопротивление элементов, используя метод «свертывания» цепи; ток и напряжение на каждом элементе; составить баланс мощностей. R1=2 Ом, R2=4 Ом, R3=3 Ом, R4=2 Ом. Общее напряжение цепи U=100В.

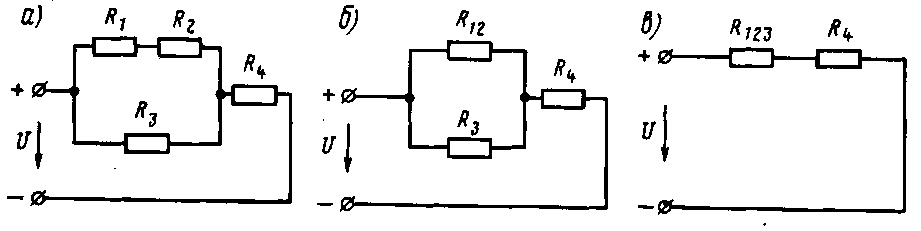


Рис.5

Решение:

1. В рассматриваемой схеме определяем группы потребителей, соединенных последовательно или параллельно. Затем определяем эквивалентное сопротивление этих участков, при этом схема «свертывается».

Элементы R1 и R2 соединены последовательно, по ним протекает один и тот же ток, общее сопротивление для них определяется суммой: R12=R1+R2

R12=2+4=6 Ом (рис.5б).

Элементы R12 и R3 соединены параллельно друг другу, поэтому их общее сопротивление определяется следующим образом: R123=(R12\*R3)/(R12+R3)=(6\*3)/(6+3)=2 Ом

Элементы R123 и R4 соединены последовательно. Их общее сопротивление определяется:

R1234=Rэкв=R123+R4=2+2=4 Ом (рис. 5в).

1. Определяем общий ток в цепи:

Iобщ=Uобщ/Rэкв=100/4=25 А

1. Определяем токи и напряжения на каждом элементе. Для этого необходимо схему «разворачивать» с конца. Последнее действие в преобразовании исходной цепи было последовательное соединение R123 и R4. Сила тока на последовательном участке одинакова, поэтому I123=I4=Iобщ=25 А

Напряжение на элементах определяется по закону Ома для участка цепи: U=IR

U123=I123\*R123=25\*2=50 В, по второму закону Кирхгофа находим напряжение на R4:

U4=Uобщ-U123=100-50=50 В.

В данном случае напряжения этих элементов одинаковы, поскольку их сопротивления равны.

Продолжаем «разворачивать схему». Элементы R12 и R3 параллельны друг другу, следовательно, напряжения на них равны и равны напряжению, приложенному к R123:

U12=U3=U123=50 В.

Сила тока на элементе R12 определяется по закону Ома: I12=U12/R12=50/6=8,34 В.

Cила тока на элементе R3 определяется по первому закону Кирхгофа:

I3=I123-I12=25-8,34=16,66 А.

Элемент R12 эквивалентен последовательному соединению элементов R1 и R2. Ток на этом участке одинаков. I1=I2=I12=8,34 А

Напряжения определяются следующим образом:

U1=I1\*R1=8,34\*2=16,68 В

U2=I2\*R2=8,34\*4=33,36 В

1. Определяем общую мощность цепи, а также мощности отдельных элементов, составляем баланс мощностей:

Робщ=Uобщ\*Iобщ=100\*25=2500 Вт

Р1=U1\*I1=16,68\*8,34=139,11 Вт

Р2=U2\*I2=33,36\*8,34=278,22 Вт

Р3=U3\*I3=50\*16,66=833 Вт

Р4=U4\*I4=50\*25=1250 Вт

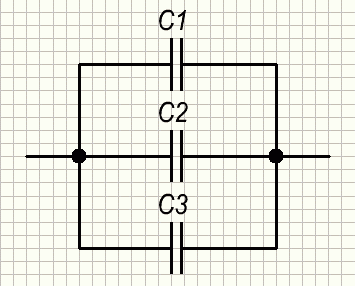
Р1+Р2+Р3+Р4=139,11+278,22+833+1250=2500,33 Вт

2500≈2500,33 (допустимо отклонение значений из-за округлений при расчете).

Баланс мощностей показывает, что мощность, вырабатываемая источником питания (Робщ) расходуется на работу всех элементов системы.

*К заданию №3.*

Если группа конденсаторов включена в цепь таким обра­зом, что к точкам включения непосредственно присоединены пластины всех конденсаторов, то такое соединение называется **параллельным соединением конденсаторов** (рис. 6.).

 Рис. 6

При заряде группы конденсаторов, соединенных параллель­но, между пластинами всех конденсаторов будет одна и та же разность потенциалов, так как все они заряжаются от одного и того же источника тока: Uобщ=U1=U2=U3. Общее же количе­ство электричества на всех конденсаторах будет равно сумме количеств электричества, помещающихся на каждом из кон­денсаторов, так как заряд каждого их конденсаторов проис­ходит независимо от заряда других конденсаторов данной группы: Qобщ=Q1+Q2+Q3. Исходя из этого, всю систему параллельно соединен­ных конденсаторов можно рассматривать как один эквива­лентный (равноценный) конденсатор. Тогда ***общая емкость конденсаторов при параллельном соединении равна сумме емкостей всех соединенных конденсаторов.***

Обозначим суммарную емкость соединенных в батарею конденсаторов бук­вой Собщ, емкость первого конденсатора С1 емкость второго С2 и емкость третьего С3. Тогда для параллельного соединения конденсаторов будет справедлива следующая формула:

Собщ=С1+С2+С3.

Если же соединение конденсаторов в батарею производится в виде цепочки и к точкам включения в цепь непосредственно присоединены пластины только первого и последнего конденсаторов, то такое **соединение конденсаторов** называется **последо­вательным** (рис.7)

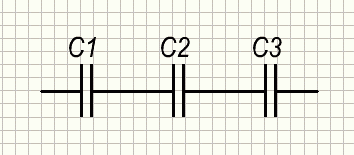


Рис.7

При последовательном соединении все конденса­торы заряжаются одинаковым количеством электричества: Qобщ=Q1=Q2=Q3. При этом заряд определяется как произведение емкости и напряжения: Q=CU.

Напряжения на различных конденсаторах будут различными, так как для заряда одним и тем же количеством электричества конденсаторов различной емкости всегда требуются различные напряжения. Чем меньше емкость конденсатора, тем большее напряжение необходимо для того, чтобы зарядить этот конденсатор требуемым количеством электричества, и наоборот.

Таким образом, при заряде группы конденсаторов, соединенных последовательно, на конденсаторах малой емкости напряжения будут больше, а на конденсаторах большой емкости — меньше.

Аналогично предыдущему случаю можно рассматривать всю группу конденсаторов, соединенных последовательно, как один эквивалентный конденсатор, между пластинами которого существует напряжение, равное сумме напряжений на всех конденсаторах группы Uобщ=U1+U2+U3, а заряд которого равен заряду любого из конденсаторов группы.

Для вычисления общей емкости при последовательном со­единении конденсаторов удобнее всего пользоваться следую­щей формулой:

Формула для последовательного соединения конденсаторов

Для частного случая двух последовательно соединенных конденсаторов формула для вычисления их общей емкости будет иметь вид:

Формула для последовательного соединения конденсаторов

**Пример решения задачи №3.**

Для схемы, представленной на рисунке 8, определить общую емкость конденсаторов, общий заряд в цепи, заряд и напряжение каждого элемента.

Емкости элементов: С1=20 мкФ, С2=40мкФ, С3=10 мкФ, С4=12 мкФ, С5=40 мкФ.

Общее напряжение в цепи Uобщ=4 кВ.

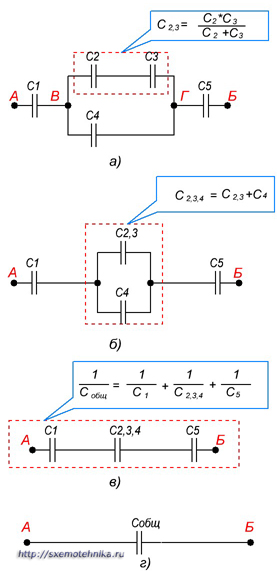


Рис.8 (К примеру решения задачи №3)

Решение:

При расчете общей емкости такого участка цепи с последовательно-параллельным соединением конденсаторов этот участок разбивают на простейшие участки, состоящие только из групп с последовательным или параллельным соединением конденсаторов. Дальше алгоритм расчета имеет вид:

1. Определяем эквивалентную емкость участков с последовательным соединением конденсаторов.

С2,3=(С2\*С3)/(С2+С3)

С2,3=(40\*10)/(40+10)=8 мкФ

1. После расчета эквивалентных емкостей конденсаторов перерисовывают схему (Рис.8б). Элементы С2,3 и С4 соединены параллельно, их общая емкость определяется суммой:

С2,3,4=С2,3+С4=8+12=20 мкФ

1. Схему перерисовываем (Рис. 8в). Получается цепь из последовательно соединенных эквивалентных конденсаторов.
2. Рассчитывают емкость полученной схемы.

1/Собщ=1/С1+1/С2+1/С3

1/Собщ=1/20+1/20+1/40

Собщ=8 мкФ

1. Определяем общий заряд в цепи:

Qобщ=Собщ\*Uобщ=8\*10-6\*4\*103=32\*10-3Кл

Равенство зарядов при последовательном соединении означает, что заряды элементов С1, С2,3,4, С5 будут одинаковы: Q1=Q234=Q5

1. Определяем заряд и напряжение на каждом конденсаторе. Зная заряд и емкость элементов 1 и 5, находим напряжение:

U1=Q1/С1=32\*10-3/20\*10-6=1,6\*103 В

U5=Q5/С5=32\*10-3/40\*10-6=0,8\*103 В

Общее напряжение по условию задачи 4кВ, значит напряжение на элементах 2,3,4:

U2,3,4= Uобщ- U1- U5=4-1,6-0,8=1,6 кВ

U2,3,4= U2,3,= U4=1,6 кВ (напряжения равны, поскольку элементы соединены параллельно)

Элементы 2 и 3 соединены последовательно. Их заряды равны:

Q2-3= Q2= Q3= Q2,3,4- Q4=32\*10-3-19,2\*10-3=12,8\*10-3Кл

Определяем напряжения второго и третьего элементов, зная их емкости и заряды:

U2=Q2/С2=12,8\*10-3/40\*10-6=0,32\*103 В

U3=Q3/С3=12,8\*10-3/10\*10-6=1,28\*103 В

*К заданию№4.*

Схема замещения катушки представлена на рис. 9а. Катушка эквивалентируется индуктивностью с сопротивлением ХL и резистором RL.

Рис. 9

Резистор RL равен внутреннему омическому сопротивлению катушки, или ее сопротивлению постоянному току.

Индуктивное сопротивление ХL пропорционально частоте тока катушки и ее индуктивности L

ХL=2πf L=ɷ L, Ом

Где f-частота тока сети, 50 Гц

ɷ-угловая частота тока, с-1

Индуктивность катушки является мерой ее электромагнитной инерции и зависит от конфигурации, размеров, числа витков катушки, а также от наличия или отсутствия в катушке магнитопровода.

Полное сопротивление катушки

ZL=√RL2+ ХL2

Полное сопротивление может быть определено и в соответствии с законом Ома:

Z=U1/I1, Ом

Катушка (панель) потребляет активную P и реактивную Q мощности. Первая соответствует омическим потерям в витках катушки: Р= I12\* RL, или Р= U\*I1\*сosφ1, Вт.

Реактивная мощность идет на создание магнитного поля катушки:

Q= I12\* ХL, Q=U\* I1\*sin φ1, ВАР

Полная мощность электроприемника обозначается S:

S=√Р2+ Q2 или S= U\* I1, ВА.

Полная активная и реактивная мощности геометрически соотносятся как гипотенуза и катеты прямоугольного треугольника (треугольника мощностей), причем угол φ заключен между гипотенузой S и катетом Р. Величина

сosφ=Р/S=P/√Р2+ Q2

показывает, какую долю в структуре потребляемых мощностей занимает активная мощность. Поэтому сosφ называют коэффициентом мощности. Наряду с коэффициентом полезного действия, сosφ является важнейшим энергетическим показателем электроприемника.

Конденсатор в цепи постоянного тока представляет собой бесконечно большое сопротивление (разрыв цепи), так как состоит из двух пластин, между которыми имеется диэлектрик – изолятор. При подключении конденсатора к источнику постоянного тока в течение очень короткого времени в цепи идет зарядный ток. Как только конденсатор зарядится до напряжения источника, ток ы цепи прекратится.

В цепи переменного тока конденсатор будет периодически заряжаться и перезаряжаться, так как ток источника периодически меняют свою величину и направление. При этом ток в своих изменениях опережает напряжение по фазе на 90°.

Чем больше емкость конденсатора С и частота переменного тока f, тем больше его ток заряда и разряда, а увеличение тока равноценно уменьшению сопротивления. Емкостное сопротивление Хс определяется по формуле

Хс=1/(2πfС), Ом

Из формулы видно, что с увеличением частоты f и емкости С емкостное сопротивление Хс уменьшается.

В цепи постоянного тока частота f=0, а деление на ноль дает бесконечность, что означает разрыв цепи.

Конденсатор точно так же, как чистая индуктивность является реактивным сопротивлением и потребляет реактивную мощность Qc, которая при заряде конденсатора потребляется от источника, а при его разряде возвращается в сеть.

Qc=-I2\*Xc, вар

В общем случае, в цепи переменного тока могут быть участки с активным R, индуктивным XL и емкостным Хс сопротивлениями. Индуктивное сопротивление вызывает отставание по фазе тока от напряжения, а емкостное сопротивление дает обратный эффект, ток в нем опережает по фазе напряжение, то есть оба эти сопротивления действуют в противофазе. Это означает, что когда конденсатор запасает энергию, индуктивность в этот момент ее отдает. В следующий момент наоборот.

Для того, чтобы учесть эти противоположные действия индуктивного и емкостного сопротивлений при последовательном соединении, их складывают с разными знаками. Общее реактивное сопротивление цепи Хр= XL- Xc и напряжение на нем Up=UL-Uc.

При параллельном соединении этих сопротивлений складываются их проводимости, общий реактивный ток Ip=IL-Ic.

Реактивная мощность цепи Q= QL-Qc.

**Пример решения задачи №4.**

Индуктивная катушка имеет активное сопротивление R=3 Ом, включена в цепь переменного тока с частотой f =50 Гц и действующим напряжением U=36 В, при этом сила тока в катушке имеет действующее значение I1=7,2 А.

Требуется:

1. Для указанных условий:
   1. Начертить эквивалентную схему катушки, включенной на переменное напряжение, и определить ее полное сопротивление.
   2. Определить индуктивное сопротивление и построить в масштабе треугольник сопротивлений.
   3. Определить:

* индуктивность катушки L;
* коэффициент мощности катушки cosφ всей цепи;
* активную Р, реактивную Q и полную S мощности, потребляемые катушкой.

1. Для изменения энергетических характеристик электрической цепи параллельно катушке подключили конденсатор С с емкостным сопротивлением Хс= 9 Ом.

Требуется:

* 1. Вычертить электрическую схему включения конденсатора параллельно катушке;
  2. Определить силу тока, протекающего по конденсатору;
  3. Определить емкость конденсатора С;
  4. Определить силу тока в неразветвленной части цепи I2 и cosφ всей цепи; активную Р, реактивную Q и полную S мощности цепи;
  5. Ответить письменно на вопрос: как влияет на cosφ параллельное подключение конденсатора и индуктивной катушки?

1. Обмотку катушки и конденсатора соединили последовательно.

Требуется:

* 1. Вычертить электрическую схему последовательного соединения катушки и конденсатора.
  2. Определить:
* Силу тока I3 в цепи;
* Полное сопротивление Z;
* Коэффициент мощности cosφ
* Действующие напряжения на катушке и конденсаторе Uк и Uс.

**Решение:**

1. Катушка включена в цепь переменного тока без конденсатора.
   1. Эквивалентная схема катушки, включенной на переменное напряжение (рис.9а)

Полное сопротивление катушки

Z= U/ I1=36/7,2=5 Ом

* 1. Индуктивное сопротивление катушки

ХL=√Z2L – R2L=√25-9=4 Ом

Строим в масштабе треугольник сопротивлений:

-по горизонтали откладываем отрезок, равный RL=3 Ом (например 3 см);

-к концу отрезка вверх под углом 90° откладываем отрезок, равный ХL=4 Ом (4 см)

-начало отрезка RL и конец отрезка ХL соединяем и получаем треугольник сопротивлений;

- cosφ= RL/Z, следовательно угол φ находится в начале отрезка RL,между RL и ZL

1.3. Определяем:

* Индуктивность катушки из выражения ХL=2πf1L

L= ХL/2πf1=4

/2\*3,14\*50=0,013 Гн

* Коэффициент мощности катушки

Cosφ=R/ Z=3/5=0,6

* Активная мощность, потребляемая катушкой

Р= I12\* RL=7,22\*3=155,5 Вт

Или Р=U\* I1\* cosφ=36\*7,2\*0,6=155,5 Вт

* Реактивная мощность, потребляемая катушкой

Q= I12\* ХL=7,22\*4=207,4 вар

* Полная мощность , потребляемая катушкой

S= I12\* Z=7,22\*5=259 В\*А

1. Параллельно катушке подключили конденсатор С.
   1. Электрическая схема включения конденсатора параллельно катушке (рис. 9в)
   2. Сила тока, протекающая по конденсатору

Ic=U/Хс=36/9=4 А

* 1. Сила тока в неразветвленной части цепи

I2=√I2a+(IL – Ic)2,

Где Ia=I1\*cosφ1=7,2\*0,6=4,32 А

IL=I1\*sinφ=7,2\*0,8=5,76 А

Sinφ=√1-cos2φ=√1-0,62=√0,64=0,8

Тогда I2=√4,322+(5,76-4)2=√21,75=4,66 А

Коэффициент мощности всей цепи

Cosφ2=Ia/I2=4,32/4,66=0,927

Активная мощность цепи

Р=U\*I2\*cosφ2=36\*4,66\*0,927=155,5 Вт

Реактивная мощность цепи

Q= U\*I2\*sinφ2=36\*4,66\*0,374=62,7 В\*А

Где sinφ2=√1- cos2φ=√1-0,9272=0,374

Полная мощность цепи

S=U\* I2=36\*4,66=168 В\*А

Или S=√P2+Q2=√155,52+62,72=√28112=168 В\*А

* 1. Емкость конденсатора С определяем из выражения

Хс=1/2πf1\*C

C= 1/Хс\*2πf1=1/9\*2\*3,14\*50=0,00035 Ф

Или С=0,00035\*106=350мкФ.

* 1. Как видно из результатов расчета, коэффициент мощности цепи без подключения конденсатора составил cosφ1=0,6; при подключении конденсатора параллельно катушке увеличился cosφ2=0,927, при этом ток в неразветвленной части цепи уменьшился с I1=7,2 А до I2=4,66 А.

1. Обмотку катушки и конденсатор соединили последовательно.
   1. Электрическая схема включения конденсатора последовательно катушке (рис.9б)
   2. Определяем:

- полное сопротивление цепи

Z=√RL2+(XL – Xc)2=√32+(4-9)2=√34=5,83 Ом

- сила тока в цепи I3

I3=U/Z=36/5,83=6,17 А

- коэффициент мощности цепи

Cosφ3=R/Z=3/5,83=0,51

- напряжение на конденсаторе

Uc= I3\*Xc=6,17\*9=55,5 В

- напряжение на индуктивном сопротивлении

UL= I3\*XL=6,17\*4=24,7 В

- напряжение на активном сопротивлении

UR= I3\*RL=6,17\*3=18,5 В

- напряжение на катушке

Uк=√UL2+UR2=√24,72+18,52=30,8 В

- напряжение сети

U=√UR2+(UL-Uc)2=√18,52+(24,7-55,5)2=√1293=36В