

Министерство путей сообщения Российской Федерации  
Алатырский техникум железнодорожного транспорта

# ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

Контрольные задания 1, 2 с программой и краткими  
методическими указаниями для студентов заочного  
отделения специальности

1707 «Техническая эксплуатация подвижного состава  
железных дорог»

Алатырь 2003

ОДОБРЕНО  
Общетехнической  
цикловой комиссией ...  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2003г.

Председатель Власов Ю.П.

Методическое пособие  
составлено в соответствии с  
рабочей программой по  
дисциплине: «Электротехни-  
ка и электроника»  
для специальности 1707

Заместитель директора  
АТЖТ по учебной работе  
Бочкарёв С.В.

Авторы: Амельченко М.И., Власов Ю.П. – преподаватели АТЖТ  
Рецензенты: Иванов О.Е. – преподаватель АТЖТ  
Рогаль А.Б. - преподаватель ААДТ

### ***Пояснительная записка***

Дальнейшее увеличение производства электроэнергии и развитие электроники связано с внедрением вычислительной и микропроцессорной техники, автоматизацией машин и оборудования, созданием автоматизированных технологических комплексов и требует от студентов хороших теоретических знаний и твёрдых практических навыков, полученных при изучении дисциплины «Электротехника и электроника».

Для студента – заочника основным методом изучения дисциплины является самостоятельная работа с учебником. Материал, изучаемый по учебнику, необходимо конспектировать в тетради.

Изучая каждый раздел программы, необходимо понять физическую сущность явлений, усвоить основные понятия об электрических величинах, а также закономерности, определяющие связь и зависимость между ними, научиться производить расчёты.

Задания на контрольные работы составлены в 50 вариантах. Вариант контрольной работы определяется двумя последними цифрами шифра студента и приводятся в таблице 1.

Для каждой контрольной работы даны методические указания с примерами решения типовых задач. Контрольная работа выполняется в отдельной тетради; условия задач переписываются полностью, решения задач сопровождаются краткими и чёткими пояснениями. Необходимые схемы, рисунки должны выполняться карандашом с применением чертёжных инструментов. При вычерчивании схем необходимо применять условные графические обозначения согласно ГОСТ и ЕСКД.

Для приобретения студентами навыков пользования измерительными приборами и умения выбирать необходимый прибор и метод измерения, составлять схемы измерений, фиксировать показания приборов и анализировать полученные результаты программой предусмотрено выполнение лабораторных и практических занятий и сдача зачёта по ним.

**Лабораторные и практические занятия выполняются в сроки, предусмотренные учебным графиком, на которые явка студентов обязательна.**

В брошюре приводится полный перечень лабораторных и практических занятий, количество и содержание которых утверждается в соответствии с учебным планом.

#### ***Примерный перечень лабораторных и практических занятий***

1. Ознакомление с устройством электроизмерительных приборов.
2. Ознакомление с правилами эксплуатации амперметра, вольтметра, ваттметра и простейшей электротехнической аппаратуры.
3. Проверка технических характеристик амперметра и вольтметра.
4. Измерение сопротивлений методами амперметра – вольтметра и замещения.
5. Измерение сопротивления изоляции.
6. Включение в цепь и проверка однофазного счетчика электрической энергии.
7. Проверка закона Ома для участка цепи.

8. Исследование нелинейных сопротивлений.
9. Измерение мощности в цепи постоянного тока.
10. Проверка свойств цепи с последовательным соединением.
11. Проверка свойств цепи с параллельным соединением.
12. Проверка свойств цепи со смешанным соединением.
13. Проверка второго закона Кирхгофа.
14. Определение отрывной силы электромагнита.
15. Измерение мощности в цепи переменного однофазного тока.
16. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и резистора.
17. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением резистора и конденсатора.
18. Определение емкости методом амперметра и вольтметра.
19. Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением катушек индуктивности.
20. Исследование цепи переменного тока с параллельным соединением резистора и конденсатора.
21. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс напряжений.
22. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением катушки индуктивности и конденсатора. Резонанс токов.
23. Измерение коэффициента мощности и исследование способов его повышения.
24. Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «звездой»
25. Исследование трехфазной цепи при соединении потребителей «треугольником»

#### *Рекомендуемая литература*

1. Л.А. Частоедов. Электротехника: Учебное пособие для студентов техникумов и колледжей железнодорожного транспорта. — М.: УПК МПС России, 1999.
2. Ф.Е. Евдокимов. Теоретические основы электротехники. М.: Высшая школа, 1999.
3. В.С. Попов. Теоретическая электротехника. Энергия, 1978
4. А.Л. Бартновский, В.О. Козин, С.А. Кучер. Измерения в электротехнических устройствах железнодорожного транспорта. М. Транспорт, 1980

Таблица 1

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

## ЗАДАНИЕ 1

### Программа учебной дисциплины

#### Введение

Электрическая энергия, ее свойства, преимущества и область применения. История развития электротехники. Задачи и значение дисциплины «Электротехника и электроника» для специальности 1707 «Техническое обслуживание подвижного состава железных дорог».

### Раздел 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

#### Тема 1.1. Основные понятия

Электронная теория строения вещества. Электрическое поле, его изображение. Закон Кулона.

Характеристики электрического поля. Проводники и диэлектрики в электрическом поле.

### **Тема 1.2. Электрическая емкость и конденсаторы**

Электрическая емкость, единица измерения. Конденсаторы, их виды и графическое обозначение на схемах. Емкость плоского конденсатора.

Последовательное, параллельное и смешанное соединения конденсаторов. Расчет батарей конденсаторов. Энергия электрического поля.

## **Раздел 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

### **Тема 2.1. Основы метрологии**

Классификация методов измерений. Погрешности измерений и приборов. Классификация электроизмерительных приборов и их маркировка. Общие детали приборов. Проверка приборов.

### **Тема 2.2. Измерительные приборы**

Устройство и принцип работы приборов магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической и ферродинамической систем. Расширение пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы.

### **Тема 2.3. Измерение электрических сопротивлений**

Классификация электрических сопротивлений по величине и методике измерений.

Измерение малых, средних и больших сопротивлений косвенным методом. Измерение сопротивлений мостами и омметром.

### **Тема 2.4. Измерение мощности и энергии**

Измерение мощности в цепях постоянного и переменного однофазного токов. Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока одним, двумя и тремя ваттметрами.

Измерение энергии в цепях переменного тока. Однофазный индукционный счетчик.

## **Раздел 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

### **Тема 3.1. Электрический ток, сопротивление, проводимость**

Электрический ток, условия его возникновения, единица измерения. Направление тока, плотность тока.

Электрическое сопротивление и проводимость, единицы их измерения. Зависимость сопротивления от длины проводника, его сечения и материала. Зависимость сопротивления проводника от температуры. Резисторы, реостаты и потенциометры.

Электродвижущая сила источников электрической энергии. Электрическая цепь и ее основные элементы. Закон Ома.

### **Тема 3.2. Электрическая энергия и мощность**

Электрическая энергия и мощность источника, единицы их измерения. Мощность потребителей, мощность потерь. Баланс мощности. Электрический КПД.

### **Тема 3.3. Расчет электрических цепей постоянного тока**

Последовательное, параллельное и смешанное соединения резисторов. Эквивалентное сопротивление цепи. Законы Кирхгофа.

Тепловое действие тока. Закон Джоуля-Ленца. Практическое использование теплового действия электрического тока. Защита проводов от перегрузки. Потеря напряжения в проводах линий электропередачи. Расчет сечения проводов по допустимой потере напряжения.

Сложные цепи. Расчет сложной цепи методами уравнений Кирхгофа и узлового напряжения. Общие сведения о химических источниках электрической энергии. Последовательное, параллельное и смешанное соединения химических источников в батареях.

## **Раздел 4. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

### **Тема 4.1. Магнитное поле постоянного тока**

Магнитное поле электрического тока, силовые линии магнитного поля. Правило буравчика. Напряженность магнитного поля, магнитная индукция, магнитный поток, единицы их измерения.

Действие магнитного поля на проводник с током. Электромагнитная сила. Принцип действия электрического двигателя постоянного тока.

### **Тема 4.2. Электромагнитная индукция**

Явление электромагнитной индукции в замкнутом контуре, катушке, прямолинейном проводнике. Величина и направление индуцированной ЭДС, правило Ленца, правила правой и левой руки. Принцип действия электрического генератора.

Вихревые токи, их отрицательное действие, способы уменьшения и практическое использование.

Явление самоиндукции, величина ЭДС самоиндукции. Индуктивность, единица ее измерения. Явление взаимной индукции, величина ЭДС взаимной индукции. Принцип действия трансформатора.

### **Тема 4.3. Магнитные цепи**

Намагничивание ферромагнетиков, кривые первоначального намагничивания. Явление гистерезиса.

Магнитная цепь разветвленная и неразветвленная. Понятие о расчете магнитной цепи.

### ***Вопросы для самопроверки при подготовке к экзамену***

1. Закон Кулона. Абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, электрическая постоянная, относительная диэлектрическая проницаемость среды.
2. Электрическое поле, его физическая сущность, силовые линии электрического поля.
3. Электрическая ёмкость проводника, единица измерения.
4. Конденсаторы, обозначения на схемах. Определение ёмкости плоского конденсатора.
5. Энергия электрического поля.
6. Последовательное соединение конденсаторов.
7. Параллельное соединение конденсаторов.
8. Смешанное соединение конденсаторов.
9. Классификация методов измерения при измерении различных электрических величин. Сравнительная оценка их точности.
10. Погрешности измерений и приборов.
11. Классы точности приборов. Определение по классу точности наибольшей абсолютной погрешности и пределов действительного значения измеряемой величины.
12. Классификация электроизмерительных приборов по системам, степени точности и другим признакам.
13. Общая схема устройства электроизмерительного прибора непосредственной оценки и детали таких приборов.
14. Маркировка и технические характеристики, указанные на шкале прибора.
15. Приборы магнитоэлектрической системы. Их устройство, принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
16. Приборы электромагнитной системы. Их устройство, принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
17. Приборы электродинамической системы. Их устройство, принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
18. Приборы ферродинамической системы. Их устройство, принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
19. Приборы электростатической системы. Их устройство, принцип действия, достоинства, недостатки и область применения.
20. Порядок и схема проверки технических амперметров на соответствие классу точности.
21. Порядок и схема проверки технических вольтметров на соответствие классу точности.
22. Классификация электрических сопротивлений по величине и методике измерений.
23. Измерение средних сопротивлений косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра).

24. Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом на постоянном токе.
25. Устройство и схемы омметров с однорамочным измерительным механизмом. Их принцип действия и выполнение измерений сопротивлений омметрами.
26. Измерение индуктивности и ёмкости косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра).
27. Измерительные шунты: их назначение, конструкция, характеристики и расчёт. Схема включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.
28. Добавочные резисторы: их назначение, конструкция, характеристики и расчёт. Схема включения измерительного механизма с добавочным резистором.
29. Электродинамический ваттметр. Его устройство, принцип действия и схема включения в цепь постоянного тока для измерения мощности. Определение постоянной (цены деления) шкалы ваттметра.
30. Измерение активной мощности в цепи однофазного переменного тока. Схема включения электродинамического (ферродинамического) ваттметра.
31. Измерение активной мощности в трёхфазных цепях переменного тока методом двух ваттметров. Схема включения ваттметров. Определение реактивной мощности по показаниям этих ваттметров.
32. Измерение активной энергии в цепях однофазного переменного тока. Однофазный индукционный счётчик, его устройство, принцип действия и схема включения в цепь.
33. Измерение коэффициента мощности в цепях переменного тока. Электродинамический фазометр однофазного тока. Его устройство, принцип действия и схема включения.
34. Измерение частоты в цепях переменного тока. Вибрационный частотомер, его устройство, принцип действия, схема включения.
35. Электрический ток, условие его возникновения, единицы измерения.
36. Электродвижущая сила (э.д.с.), виды источников энергии. Условное обозначение.
37. Электрическое сопротивление и проводимость, единицы измерения. Удельное сопротивление проводника, удельная проводимость. Расчёт сопротивления проводника.
38. Закон Ома для замкнутой цепи и для участка цепи. Режимы работы цепи (режим нагрузки, холостого хода, короткого замыкания).
39. Работа и мощность электрического тока: единицы измерения, полная и полезная мощность источника, электрический КПД источника.
40. Цепь постоянного тока с последовательным соединением резисторов и её расчёт.
41. Цепь постоянного тока с параллельным соединением резисторов и её расчёт. Первый закон Кирхгофа.
42. Смешанное соединение резисторов: схемы, метод расчёта.
43. Преобразование электрической энергии в тепловую. Закон Джоуля – Ленца. Номинальный ток. Защита проводов от токов перегрузки.

44. Короткое замыкание в электрической цепи. Защита от токов короткого замыкания.
45. Сложные цепи. Второй закон Кирхгофа. Расчёт сложных цепей методом узловых и контурных уравнений (по законам Кирхгофа).
46. Расчёт сложных цепей методом узлового напряжения.
47. Химические источники электрической энергии: кислотные и щелочные аккумуляторы. Принцип действия, параметры.
48. Соединение химических источников электрической энергии в батарею. Последовательное, параллельное, смешанное соединение элементов.
49. Магнитное поле и его параметры: магнитная индукция, магнитный поток, напряжённость, магнитная проницаемость, и их единицы измерения.
50. Магнитное поле прямолинейного проводника с током. Графическое изображение магнитного поля. Определение величины и направления вектора магнитной индукции в любой точке поля.
51. Электромагнитная сила, действующая на проводник с током в магнитном поле.
52. Действие магнитного поля на проводник с током. Практическое использование этого явления.
53. Понятие о расчёте магнитных цепей.
54. Преобразование механической энергии в электрическую. Электрический генератор.
55. Вихревые токи, их практическое применение. Потери энергии от вихревых токов.

### ***Задания на домашнюю контрольную работу №1***

#### **Задача 1.**

На рис. 1 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжение  $U_3$  (на конденсаторе  $C_3$ ) и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=6,25$  мкФ,  $C_2=15$  мкФ,  $C_3=3$  мкФ,  $C_4=6$  мкФ,  $C_5=3$  мкФ;  $U=300$  В.

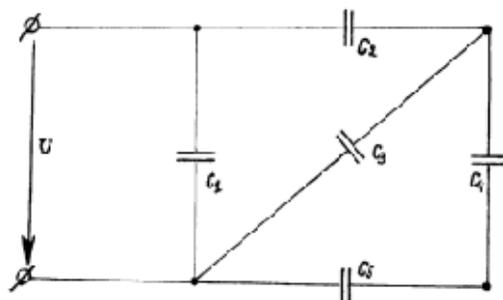


рис. 1

#### **Задача 2.**

На рис. 2 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжения  $U_1$  и  $U_5$  (на соответствующих конденсаторах), напряжение источ-

ника питания  $U$  и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=9$  мкФ,  $C_2=5$  мкФ,  $C_3=5$  мкФ,  $C_4=3,5$  мкФ,  $C_5=18$  мкФ;  $U_4=60$  В.

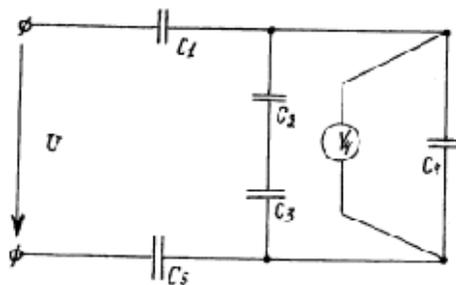


рис. 2

### Задача 3.

На рис. 3 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, напряжения на каждом из конденсаторов, напряжение источника питания  $U$  и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=16$  мкФ,  $C_2=15$  мкФ,  $C_3=3$  мкФ,  $C_4=7$  мкФ,  $C_5=12$  мкФ;  $Q=3 \cdot 10^{-3}$  Кл.

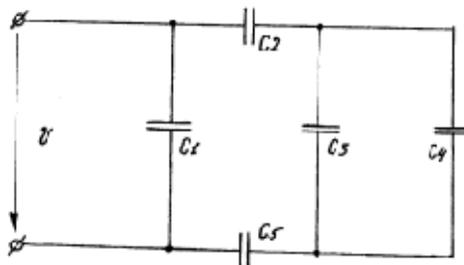


рис. 3

### Задача 4.

На рис. 4 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжения на каждом из конденсаторов и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=80$  пФ,  $C_2=30$  пФ,  $C_3=70$  пФ,  $C_4=140$  пФ,  $C_5=60$  пФ;  $U_1=600$  В.

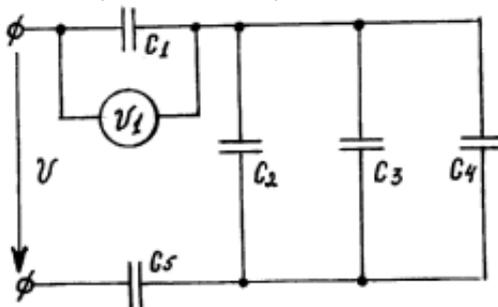


рис. 4

### Задача 5.

На рис. 5 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжения на каждом из конденсаторов и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=10,4$  мкФ,  $C_2=7,5$  мкФ,  $C_3=3$  мкФ,  $C_4=2$  мкФ,  $C_5=5$  мкФ;  $U=250$  В.

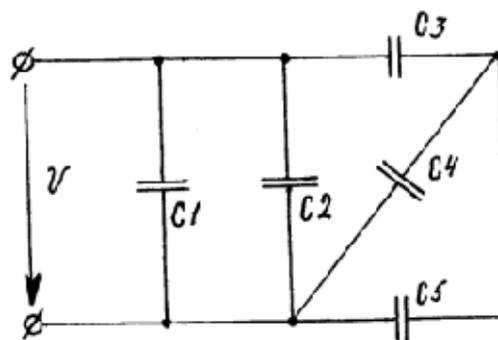


рис. 5

### Задача 6.

На рис. 6 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжение источника питания  $U$ , энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, заряды на конденсаторах  $C_4$  и  $C_5$ , если дано:  $C_1=6$  пФ,  $C_2=1$  пФ,  $C_3=4$  пФ,  $C_4=2$  пФ,  $C_5=6$  пФ,  $C_6=3$  пФ;  $U_2=20$  В.

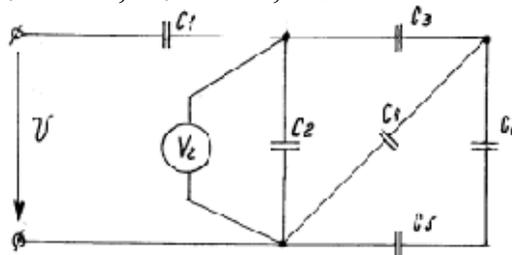


рис. 6

### Задача 7.

На рис. 7 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжения на каждом из конденсаторов и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=3$  мкФ,  $C_2=2$  мкФ,  $C_3=3$  мкФ,  $C_4=2$  мкФ,  $C_5=8$  мкФ,  $C_6=8$  мкФ;  $U=200$  В.

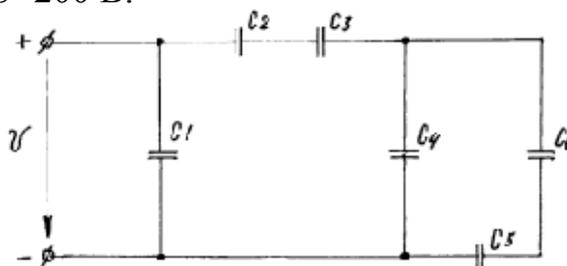


рис. 7

### Задача 8.

На рис. 8 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, напряжение источника питания  $U$ , напряжения на каждом из конденсаторов и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=6$  мкФ,  $C_2=3$  мкФ,  $C_3=1$  мкФ,  $C_4=6$  мкФ,  $C_5=1$  мкФ,  $C_6=3$  мкФ;  $Q=300 \cdot 10^{-6}$  Кл.

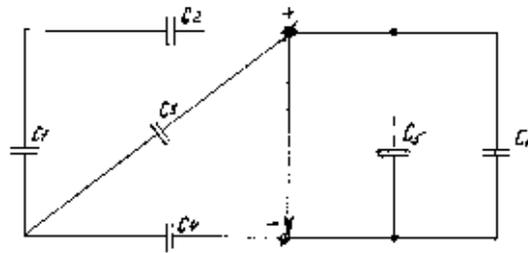


рис. 8

### Задача 9.

На рис. 9 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, напряжение источника питания  $U$ , напряжения на каждом из конденсаторов и энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, если дано:  $C_1=10$  пФ,  $C_2=16$  пФ,  $C_3=16$  пФ,  $C_4=18$  пФ,  $C_5=9$  пФ,  $C_6=3$  пФ;  $U_4=10$  В.

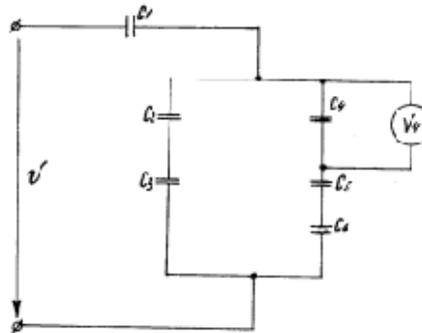


рис. 9

### Задача 10.

На рис. 10 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную ёмкость  $C_{\text{экв}}$  батареи конденсаторов, общий заряд батареи  $Q$ , напряжение источника питания  $U$ , энергию  $W$ , накопленную всей батареей конденсаторов, заряды на конденсаторах  $C_1$  и  $C_5$ , если дано:  $C_1=4$  мкФ,  $C_2=3$  мкФ,  $C_3=6$  мкФ,  $C_4=2$  мкФ,  $C_5=1$  мкФ,  $C_6=2$  мкФ;  $U_4=20$  В.

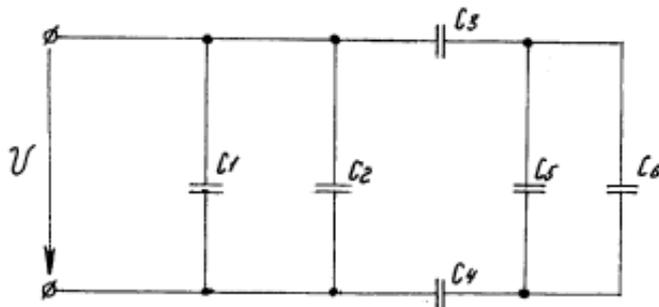


рис. 10

### Задача 11.

**А.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $R_{\text{н}}=15$  Ом и рассчитан на номинальное напряжение  $U_{\text{н}}=75$  мВ, число делений шкалы  $\alpha_{\text{н}}=30$ .

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения (номинальным током)  $I_{\text{н}}=300$  А.

Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) номинальный ток измерительного механизма  $I_n$ ;
- 2) ток шунта  $I_{ш}$ ;
- 3) сопротивление шунта  $R_{ш}$ ;
- 4) потери мощности в шунте  $P_{ш}$  и в измерительном механизме  $P_n$ ;
- 5) постоянную (цену деления) амперметра, включённого совместно с шунтом  $C_I$ ;
- 6) величину тока  $I$ , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на  $\alpha=25$  делений.

**Б.** Вольтметр магнитоэлектрической системы имеет встроенный внутри прибора добавочный резистор. Предел измерения вольтметра  $U_n=150$  В, сопротивление рамки измерительного механизма  $R_n=1$  кОм.

При измерении напряжения  $U=120$  В вольтметр потребляет мощность  $P=48$  мВт.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление добавочного резистора  $R_d$ ;
- 2) ток, при котором происходит полное отклонение подвижной части прибора  $I_n$ .

### Задача 12.

**А.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $R_n=150$  Ом и рассчитан на номинальный ток  $I_n=1$  мА. Число делений шкалы  $\alpha_n=20$ .

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать вольтметр с пределом измерения (номинальным напряжением)  $U_n=300$  В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) напряжение  $U_n$ , которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора;
- 2) величину сопротивления добавочного резистора  $R_d$ ;
- 3) падение напряжения на добавочном резисторе  $U_d$ ;
- 4) потерю мощности в добавочном резисторе  $P_d$ ;
- 5) постоянную (цену деления) вольтметра, включённого совместно с добавочным резистором  $C_U$ ;
- 6) величину напряжения  $U$ , измеряемого вольтметром с добавочным резистором, если стрелка прибора отклонилась на  $\alpha=15$  делений.

**Б.** Измерительный механизм амперметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки  $R_n=10$  Ом и включается с измерительным шунтом, сопротивление которого  $R_{ш}=0,0167$  Ом. При этом предельное значение измеряемого амперметром тока  $I_n=15$  А.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) ток, который можно измерить этим измерительным механизмом при включении его без шунта  $I_{и}$ ;
- 2) номинальное напряжение шунта  $U_{ш}$ .

### Задача 13.

**А.** Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки  $R_{и}=600$  Ом и рассчитан на номинальное напряжение  $U_{и}=1,5$  В, число делений шкалы  $\alpha_{и}=15$ . Встроенный внутри вольтметра добавочный резистор имеет сопротивление  $R_{д}=29,4$  кОм.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) ток вольтметра  $I_{V}$ ;
- 2) падение напряжения на добавочном резисторе  $U_{д}$ ;
- 3) предельное значение напряжения, которое можно измерить вольтметром с добавочным резистором  $U_{н}$ ;
- 4) потерю мощности в вольтметре  $P_{V}$ ;
- 5) постоянную (цену деления) вольтметра, включённого совместно с добавочным резистором  $C_{U}$ ;
- 6) величину напряжения  $U$ , измеряемого вольтметром с добавочным резистором, если стрелка прибора отклонилась на  $\alpha=12$  делений.

**Б.** Рамка измерительного механизма магнитоэлектрической системы рассчитана на номинальное напряжение  $U_{и}=75$  мВ и номинальный ток  $I_{и}=25$  мА.

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр, с пределом измерения  $I_{н}=500$  А.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление цепи рамки измерительного механизма  $R_{и}$ ;
- 2) сопротивление шунта  $R_{ш}$ ;

### Задача 14.

**А.** Многопредельный амперметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения тока  $I_{н1}=5$  А,  $I_{н2}=2,5$  А,  $I_{н3}=1$  А. Номинальный ток измерительного механизма  $I_{и}=10$  мА номинальное напряжение  $U_{и}=99$  мВ.

Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным шунтом для измерения тока нагрузки и обозначьте выводы для каждого из пределов измерения амперметра.

Определите:

- 1) сопротивление рамки измерительного механизма  $R_{и}$ ;
- 2) необходимые сопротивления участков многопредельного шунта  $R_{ш1}$ ,  $R_{ш2}$ ,  $R_{ш3}$  для каждого из пределов измерения амперметра;
- 3) каждое из трёх сопротивлений  $R'_{ш1}$ ,  $R'_{ш2}$ ,  $R'_{ш3}$  из которых состоит измерительный шунт.

**Б.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки  $R_{и}=625$  Ом и рассчитан на номинальный ток  $I_{и}=3$  мА.

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать вольтметр, имеющий предел измерения  $U_{и}=4000$  В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) напряжение, которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора  $U_{и}$ ;
- 2) сопротивление добавочного резистора  $R_{д}$ .

### **Задача 15.**

**А.** Многопредельный вольтметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения:  $U_{н1}=75$  В,  $U_{н2}=150$  В,  $U_{н3}=300$  В. номинальный ток измерительного механизма  $I_{и}=10$  мА.

При измерении напряжения на пределе  $U_{н1}=75$  В, сопротивление добавочного резистора  $R_1=R_{д1}=7485$  Ом.

Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки и обозначьте выводы для каждого для каждого из пределов измерения вольтметра.

Определите:

- 1) общее сопротивление цепи прибора  $R$  при включении его на предел  $U_{н1}=75$  В и сопротивление рамки измерительного механизма  $R_{и}$ ;
- 2) необходимые сопротивления добавочных резисторов  $R_{д2}$  и  $R_{д3}$  для пределов измерения  $U_{н2}$  и  $U_{н3}$ ;
- 3) сопротивления  $R_2$  и  $R_3$  ( $R_1$  – задано), из которых состоит добавочный резистор.

**Б.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, рассчитанный на номинальный ток  $I_{и}=25$  мА и номинальное напряжение  $U_{и}=19,95$  мВ, включается для измерения тока с измерительным шунтом, имеющим сопротивление  $R_{ш}=0,002$  Ом.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление рамки измерительного механизма  $R_{и}$ ;
- 2) предельную величину тока, которую можно измерить указанным прибором, включённым совместно с шунтом,  $I_{и}$ .

### **Задача 16.**

**А.** Амперметр, включённый в цепь нагрузки, рассчитан на номинальный ток  $I_{и}=5$  А, снабжен шунтом, сопротивление которого  $R_{ш}=0,02$  Ом. Сопротивление измерительного механизма  $R_{и}=10$  Ом.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) ток измерительного механизма  $I_{и}$ ;
- 2) напряжение измерительного механизма  $U_{и}$ ;
- 3) шунтирующий множитель  $n$ .

**Б.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы напряжением  $U_{и}=75$  мВ с внутренним сопротивлением  $R_{и}=10$  Ом необходимо использовать для измерения напряжения  $U_{н}=120$  В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) величину добавочного резистора  $R_{д}$ ;
- 2) ток измерительного механизма  $I_{и}$ .

### Задача 17.

Измерительный механизм магнитоэлектрической системы рассчитан на номинальный ток  $I_{и}=15$  мА, внутреннее сопротивление прибора  $R_{и}=10$  Ом.

Начертите схемы включения измерительного механизма:

- а) с шунтом в цепь нагрузки;
- б) с добавочным резистором в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление шунта для измерения этим прибором тока  $I_{н}=6$  А;
- 2) сопротивление добавочного резистора для измерения этим прибором напряжения  $U_{н}=30$  В.

### Задача 18.

**А.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $R_{и}=400$  Ом и рассчитан на номинальный ток  $I_{и}=150$  мкА, число делений шкалы  $\alpha_{н}=30$ .

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения (номинальным током)  $I_{н}=15$  А.

Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) номинальное напряжение измерительного механизма  $U_{и}$ ;
- 2) ток шунта  $I_{ш}$ ;
- 3) сопротивление шунта  $R_{ш}$ ;
- 4) потери мощности в шунте  $P_{ш}$  и в измерительном механизме  $P_{и}$ ;
- 5) постоянную (цену деления) амперметра, включённого совместно с шунтом  $C_1$ ;
- 6) величину тока  $I$ , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на  $\alpha=25$  делений.

**Б.** Микроамперметр магнитоэлектрической системы с пределом измерения  $I_{и}=1000$  мкА и внутренним сопротивлением  $R_{и}=300$  Ом необходимо использовать в качестве вольтметра с пределом измерения  $U_{н}=30$  В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление добавочного резистора  $R_d$ ;
- 2) потерю мощности в вольтметре  $P_v$ .

### Задача 19.

**А.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $R_n=0,5$  Ом и рассчитан на номинальное напряжение  $U_n=75$  мВ, число делений шкалы  $\alpha_n=30$ .

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения (номинальным током)  $I_n=7,5$  А.

Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) номинальный ток измерительного механизма  $I_n$ ;
- 2) ток шунта  $I_{ш}$ ;
- 3) сопротивление шунта  $R_{ш}$ ;
- 4) потери мощности в шунте  $P_{ш}$  и в измерительном механизме  $P_n$ ;
- 5) постоянную (цену деления) амперметра, включённого совместно с шунтом  $C_I$ ;
- 6) величину тока  $I$ , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на  $\alpha=25$  делений.

**Б.** Вольтметр магнитоэлектрической системы имеет предел измерения  $U_n=7,5$  В, сопротивление рамки измерительного механизма  $R_n=200$  Ом. Используя данный измерительный механизм, необходимо создать вольтметр, имеющий предел измерения (номинальное напряжение)  $U_n=600$  В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление добавочного резистора  $R_d$ ;
- 2) ток, при котором происходит полное отклонение подвижной части прибора  $I_n$ .

### Задача 20.

**А.** Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $R_n=10$  Ом и рассчитан на номинальный ток  $I_n=7,5$  мА, число делений шкалы  $\alpha_n=30$ .

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения (номинальным током)  $I_n=30$  А.

Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- 1) номинальное напряжение измерительного механизма  $U_n$ ;
- 2) ток шунта  $I_{ш}$ ;
- 3) сопротивление шунта  $R_{ш}$ ;
- 4) потери мощности в шунте  $P_{ш}$  и в измерительном механизме  $P_n$ ;
- 5) постоянную (цену деления) амперметра, включённого совместно с шунтом  $C_I$ ;

б) величину тока  $I$ , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на  $\alpha=25$  делений.

**Б.** Миллиамперметр магнитоэлектрической системы имеет предел измерения  $I_n=30$  мА, сопротивление рамки измерительного механизма  $R_n=10$  Ом, число делений шкалы  $\alpha_n=30$ .

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать вольтметр, имеющий предел измерения (номинальное напряжение)  $U_n=600$  В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление добавочного резистора  $R_d$ ;
- 2) цену деления вольтметра  $C_v$ .

### Задача 21.

На рис. 11 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{экв}$ , напряжение на зажимах источника  $U$ , мощность источника  $P$ , ток в каждом резисторе, если дано:  $E=220$  В;  $R_0=1$  Ом;  $R_1=9$  Ом;  $R_2=30$  Ом;  $R_3=5$  Ом;  $R_4=30$  Ом;  $R_5=30$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

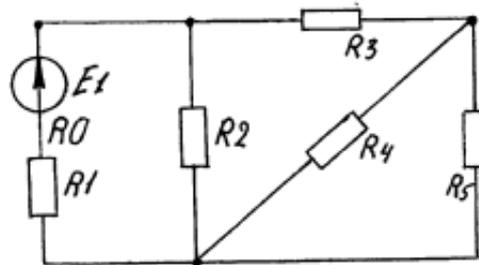


рис. 11

### Задача 22.

На рис. 12 приведена схема соединения резисторов. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{экв}$ , напряжение на зажимах цепи  $U$ , мощность потребляемую цепью  $P$ , ток в каждом резисторе, если дано:  $U_3=30$  В;  $R_1=60$  Ом;  $R_2=3$  Ом;  $R_3=6$  Ом;  $R_4=16$  Ом;  $R_5=9$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

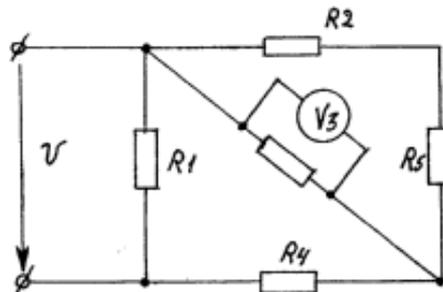


рис. 12

### Задача 23.

На рис. 13 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , напряжение на зажимах источника  $U$ , ток в каждом резисторе и энергию  $W$ , вырабатываемую источником за время  $t=20$  ч, если дано:  $E=55$  В;  $R_0=0,5$  Ом;  $R_1=15$  Ом;  $R_2=12$  Ом;  $R_3=12$  Ом.  $R_4=10$  Ом;  $R_5=40$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

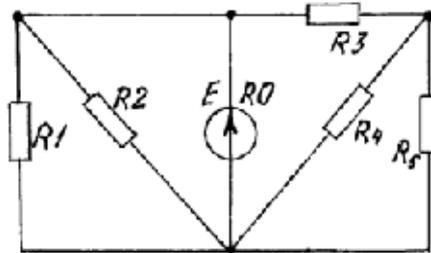


рис. 13

### Задача 24.

На рис. 14 приведена схема соединения резисторов. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , ток в каждом резисторе и энергию  $W$ , потребляемую цепью за время  $t=24$  ч, если дано:  $U=120$  В;  $R_1=15$  Ом;  $R_2=15,8$  Ом;  $R_3=10$  Ом.  $R_4=14$  Ом;  $R_5=6$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

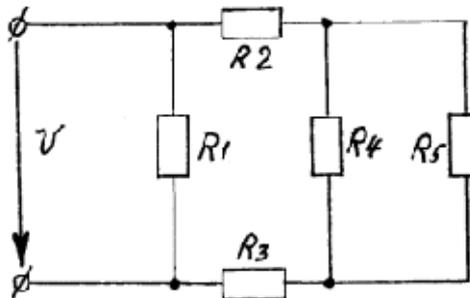


рис. 14

### Задача 25.

На рис. 15 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , напряжение на зажимах источника  $U$ , ток в каждом резисторе, ЭДС  $E$  источника питания и мощность  $P$  источника энергии, если дано:  $U_1=120$  В;  $R_0=1$  Ом;  $R_1=20$  Ом;  $R_2=6$  Ом;  $R_3=40$  Ом.  $R_4=35$  Ом;  $R_5=25$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

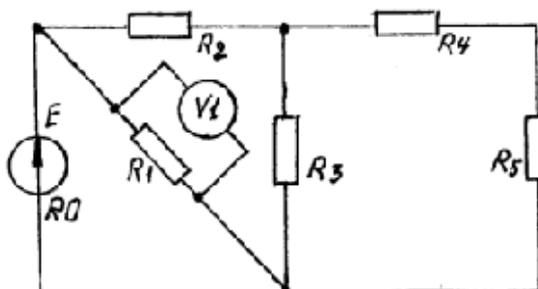


рис. 15

### Задача 26.

На рис. 16 приведена схема соединения резисторов. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , ток в каждом резисторе, если дано:  $U=140$  В;  $R_1=15$  Ом;  $R_2=6$  Ом;  $R_3=40$  Ом.  $R_4=35$  Ом;  $R_5=25$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

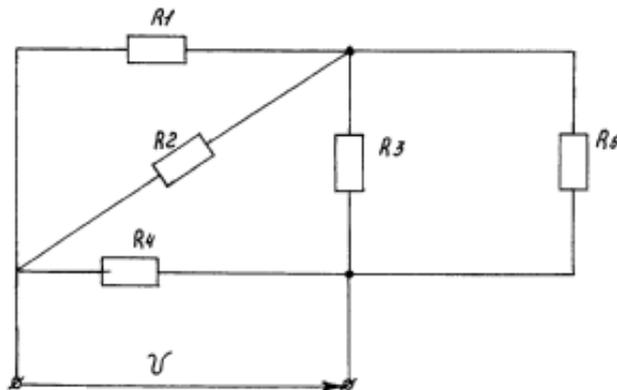


рис. 16

### Задача 27.

На рис. 17 приведена схема соединения резисторов. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , напряжение источника питания  $U$ , общий ток  $I$ , ток в каждом резисторе, если дано:  $I_5=120$  В;  $R_1=20$  Ом;  $R_2=17$  Ом;  $R_3=4$  Ом.  $R_4=5$  Ом;  $R_5=7$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

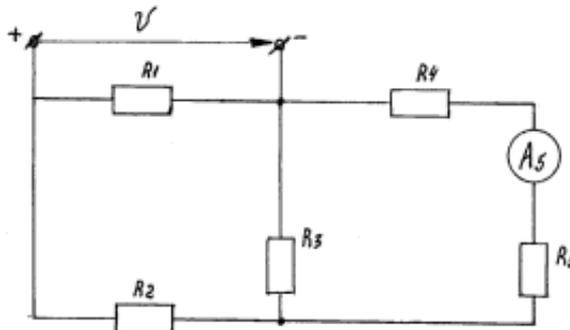


рис. 17

### Задача 28.

На рис. 18 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , напряжение на зажимах источника  $U$ , ток в каждом резисторе, если дано:  $E=64$  В;  $R_0=2$  Ом;  $R_1=10$  Ом;  $R_2=30$  Ом;  $R_3=20$  Ом.  $R_4=80$  Ом;  $R_5=80$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

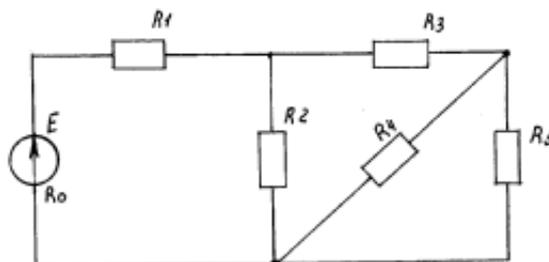


рис. 18

### Задача 29.

На рис. 19 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , ток в каждом резисторе, если дано:  $U_5=50$  В;  $R_0=1$  Ом;  $R_1=3$  Ом;  $R_2=2$  Ом;  $R_3=8$  Ом,  $R_4=15$  Ом;  $R_5=5$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

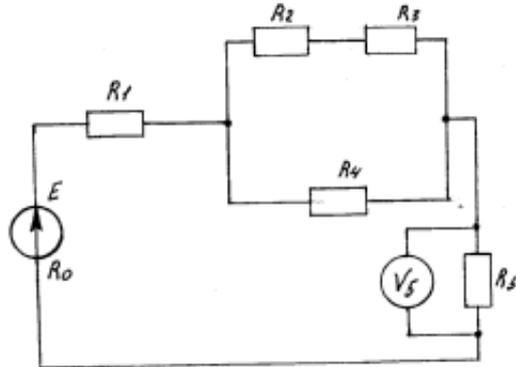


рис. 19

### Задача 30.

На рис. 20 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , напряжение на зажимах источника  $U$ , ток в каждом резисторе, ЭДС  $E$  источника энергии, если дано:  $I_2=1$  А;  $R_0=2$  Ом;  $R_1=10$  Ом;  $R_2=60$  Ом;  $R_3=10$  Ом,  $R_4=20$  Ом;  $R_5=20$  Ом. Показать на схеме направление токов во всех ветвях цепи.

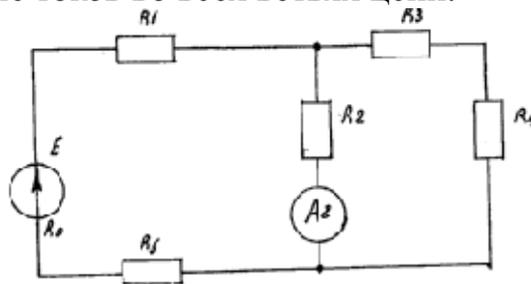


рис. 20

### Задача 31.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 21), если ЭДС источников энергии  $E_1=105$  В,  $E_2=90$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=2$  Ом;  $R_{02}=1$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=18$  Ом;  $R_2=14$  Ом;  $R_3=30$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

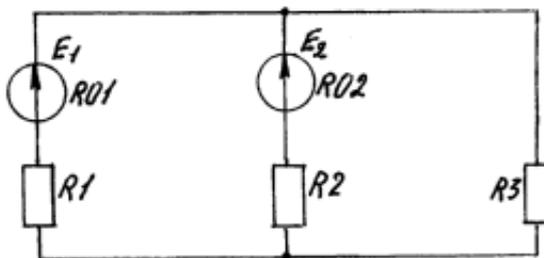


рис. 21

### Задача 32.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 22), если ЭДС источников энергии  $E_1=55$  В,  $E_2=56$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,2$  Ом;  $R_{02}=0,1$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=4,8$  Ом;  $R_2=1,9$  Ом;  $R_3=20$  Ом,  $R_4=2$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

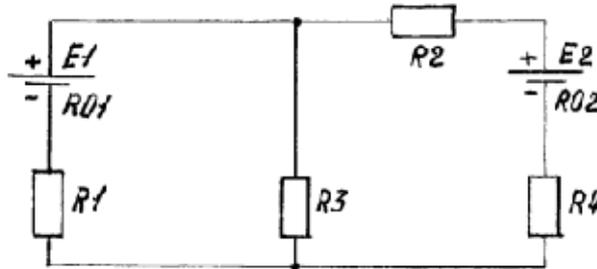


рис. 22

### Задача 33.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 23), если ЭДС источников энергии  $E_1=51$  В,  $E_2=64$  В,  $E_3=72$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,4$  Ом;  $R_{02}=0,3$  Ом;  $R_{03}=0,5$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=2,6$  Ом;  $R_2=3,7$  Ом;  $R_3=5,5$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

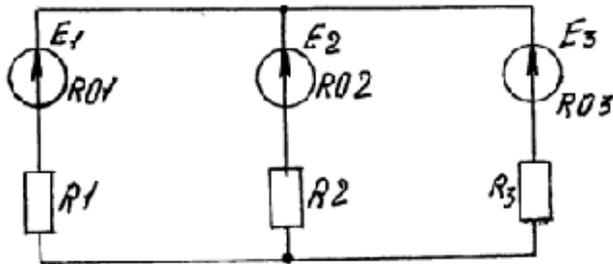


рис. 23

### Задача 34.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 24), если ЭДС источников энергии  $E_1=112$  В,  $E_2=210$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,6$  Ом;  $R_{02}=0,3$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=7$  Ом;  $R_2=4,4$  Ом;  $R_3=2,7$  Ом;  $R_4=6$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

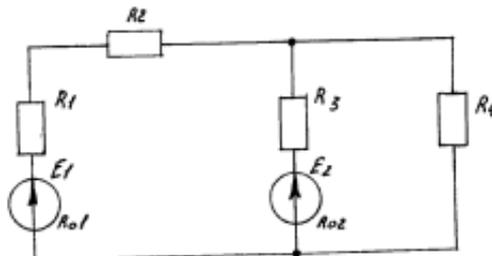


рис. 24

### Задача 35.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 25), если ЭДС источников энергии  $E_1=60$  В,  $E_2=80$  В,  $E_3=72$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,2$  Ом;  $R_{02}=0,3$  Ом,  $R_{03}=0,6$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=2,8$  Ом;  $R_2=3,7$  Ом;  $R_3=11,4$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

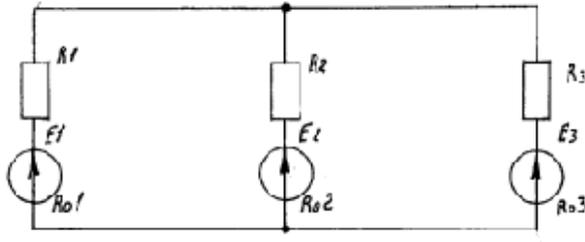


рис. 25

### Задача 36.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 26), если ЭДС источников энергии  $E_1=30$  В,  $E_2=70$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,3$  Ом;  $R_{02}=0,5$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=2,7$  Ом;  $R_2=2$  Ом;  $R_3=4$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

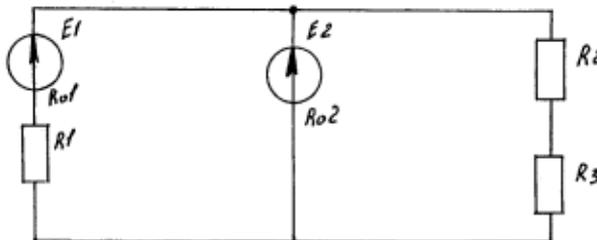


рис. 26

### Задача 37.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 27), если ЭДС источников энергии  $E_1=60$  В,  $E_2=70$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,3$  Ом;  $R_{02}=0,5$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=2,7$  Ом;  $R_2=2$  Ом;  $R_3=4$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

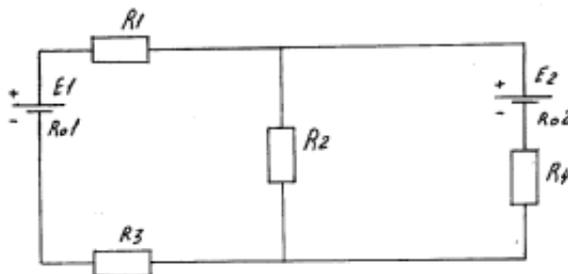


рис. 27

### Задача 38.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 28), если ЭДС источников энергии  $E_1=200$  В,  $E_2=240$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,2$  Ом;  $R_{02}=0,3$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=1,8$  Ом;  $R_2=1$  Ом;  $R_3=3$  Ом;  $R_4=1,7$  Ом,  $R_5=5$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

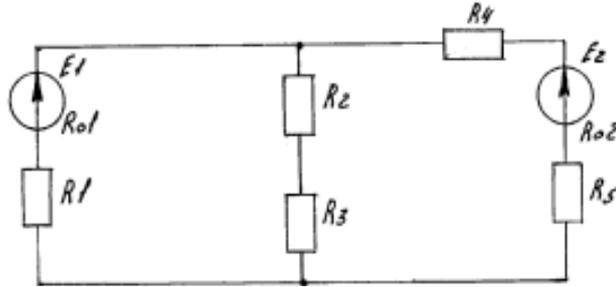


рис. 28

### Задача 39.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 29), если ЭДС источников энергии  $E_1=40$  В,  $E_2=120$  В,  $E_3=150$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,5$  Ом;  $R_{02}=0,3$  Ом;  $R_{03}=0,4$  Ом; сопротивления резисторов  $R_1=3,7$  Ом;  $R_2=2,6$  Ом;  $R_3=12$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

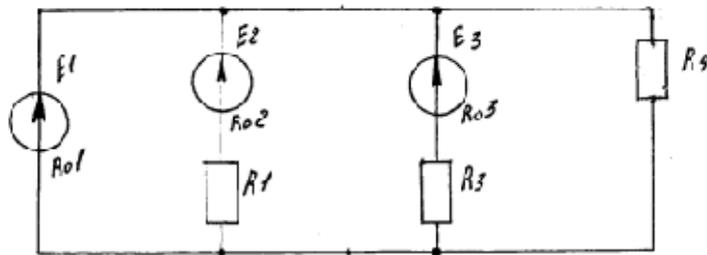


рис. 29

### Задача 40.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 30), если ЭДС источников энергии  $E_1=50$  В,  $E_2=60$  В, их внутренние сопротивления  $R_{01}=0,5$  Ом;  $R_{02}=0,5$  Ом; сопротивления резистора  $R=1$  Ом. Задачу решить методом узловых и контурных уравнений (применяя законы Кирхгофа). Проверить решение методом узлового напряжения. Составить уравнение баланса мощностей.

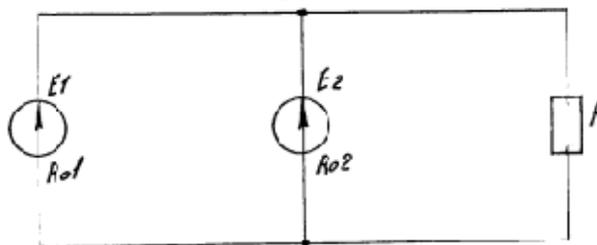


рис. 30

### Задача 41.

Магнитопровод выполнен из электротехнической стали и имеет воздушный зазор (рис. 31). Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=200$  мм;  $l_2=250$  мм;  $l_3=350$  мм;  $l_0=2$  мм. Толщина сердечника 60 мм. В сердечнике требуется создать магнитный поток  $\Phi=48 \cdot 10^{-4}$  Вб.

Определить ток, который должен проходить по обмотке катушки, если она имеет  $\omega=1000$  витков. Вычислить ток катушки для создания заданного магнитного потока, если воздушный зазор в сердечнике будет отсутствовать. Определить индуктивность катушки.

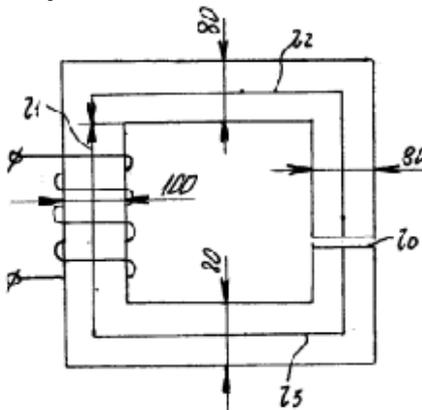


рис. 31

### Задача 42.

Магнитопровод выполнен из электротехнической стали и имеет два воздушных зазора (рис. 32). Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=150$  мм;  $l_2=340$  мм;  $l_3=250$  мм;  $l_{01}=l_{02}=1$  мм. Толщина сердечника 50 мм. Требуется в сердечнике, на котором расположена обмотка создать магнитную индукцию  $B_2=1,6$  Т.

Определить ток, который должен проходить по обмотке катушки, если она имеет  $\omega=400$  витков. Вычислить ток катушки для создания заданного магнитного потока, если будут отсутствовать оба воздушных зазора. Определить индуктивность катушки.

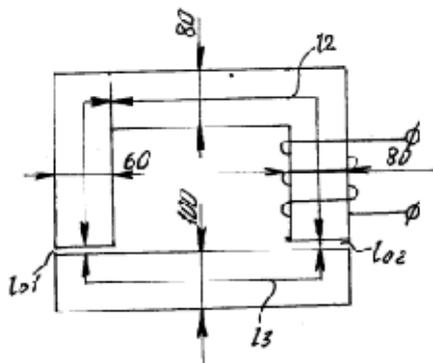


рис. 32

### Задача 43.

Магнитопровод выполнен из электротехнической стали и имеет воздушный зазор (рис. 33). Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=300$  мм;  $l_2=290$  мм;  $l_3=510$  мм;  $l_0=2$  мм. Толщина сердечника 50 мм.

Определить число витков катушки  $\omega$ , необходимое для создания в магнитопроводе магнитного потока  $\Phi=50 \cdot 10^{-4}$  Вб, если катушке будут проходить ток  $I=8$  А. Какое число витков катушки потребуется при тех же условиях, если воздушный зазор в сердечнике будет отсутствовать?

Определить индуктивность катушки.

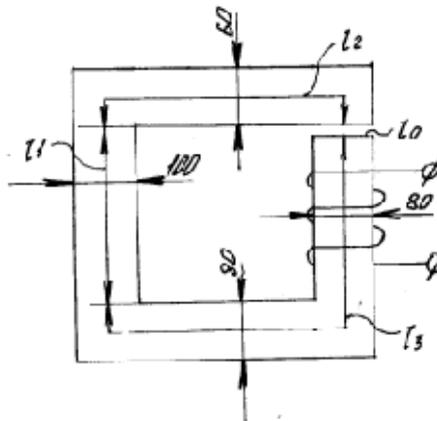


рис. 33

#### Задача 44.

В магнитопроводе из электротехнической стали с двумя воздушными зазорами (рис. 34) необходимо получить магнитный поток  $\Phi=9 \cdot 10^{-4}$  Вб. Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=300$  мм;  $l_2=840$  мм;  $l_{01}=l_{02}=1$  мм. Толщина сердечника 30 мм.

Определить число витков катушки  $\omega$  для создания заданного магнитного потока, если ток в ней  $I=10$  А.

Вычислить также число витков катушки для создания заданного магнитного потока, если будут отсутствовать оба воздушных зазора. Определить индуктивность катушки.

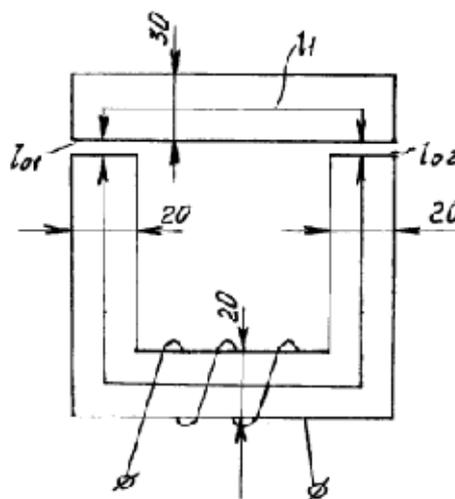


рис. 34

#### Задача 45.

В магнитопроводе из электротехнической стали с воздушным зазором (рис. 35) необходимо получить магнитный поток  $\Phi=16 \cdot 10^{-4}$  Вб. Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=500$  мм;  $l_2=1325$  мм;  $l_0=2$  мм. Толщина сердечника 40 мм.

Определить число витков катушки  $\omega$  для создания заданного магнитного потока, если ток в ней  $I=10$  А.

Вычислить также число витков катушки для создания заданного магнитного потока, если будет отсутствовать воздушный зазор. Определить индуктивность катушки.

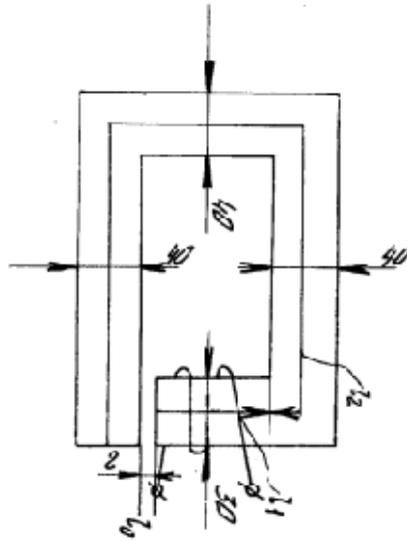


рис. 35

#### Задача 46.

В магнитопроводе из электротехнической стали с двумя воздушными зазорами (рис. 36) необходимо получить магнитный поток  $\Phi=15 \cdot 10^{-4}$  Вб. Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=100$  мм;  $l_2=180$  мм;  $l_{01}=l_{02}=1$  мм. Толщина сердечника 50 мм.

Определить число витков катушки  $\omega$  для создания заданного магнитного потока, если ток в ней  $I=5$  А.

Вычислить также число витков катушки для создания заданного магнитного потока, если будут отсутствовать оба воздушных зазора. Определить индуктивность катушки.

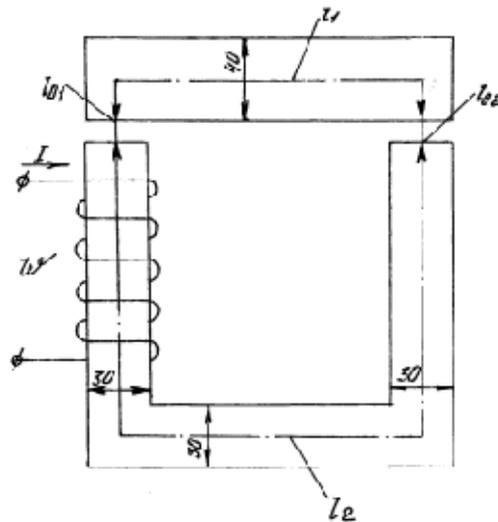


рис. 36

### Задача 47.

В воздушном зазоре магнитопровода, выполненного из электротехнической стали, магнитная индукция составляет  $B_0=1$  Т. Толщина магнитопровода  $l_1=400$  мм,  $l_2=400$  мм (рис. 37),  $l_0=2$  мм.

Какой ток нужно пропустить по катушке для создания заданной магнитной индукции, если число витков ее  $\omega=100$ ? Как изменится ток в катушке при уменьшении воздушного зазора до  $l_0=0,5$  мм для создания заданной магнитной индукции?

Определить индуктивность катушки.

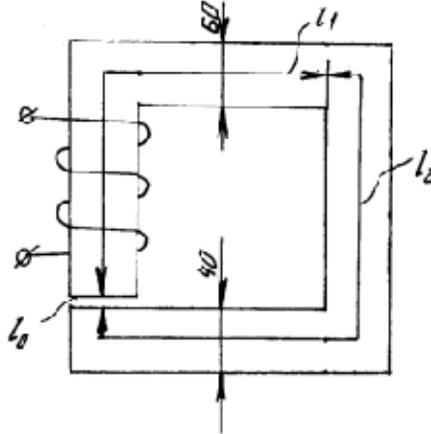


рис. 37

### Задача 48.

На рис. 38 изображен магнитопровод из электротехнической стали с двумя воздушными зазорами. Размеры сердечника по средней магнитной линии:  $l_1=310$  мм,  $l_2=690$  мм,  $l_{01}=l_{02}=1$  мм.

Толщина сердечника 60 мм. В стержне, на котором расположена обмотка требуется создать магнитную индукцию  $B_2=1$  Тл.

Определить ток, который нужно пропустить по катушке, чтобы создать заданную магнитную индукцию, если обмотка имеет 500 витков. Какой ток  $I$  следует пропустить обмотке при тех же условиях, если будут отсутствовать воздушные зазоры. Определить индуктивность катушки.

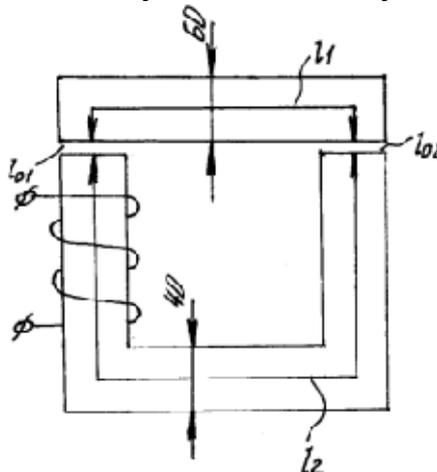


рис. 38

### Задача 49.

В воздушном зазоре электромагнита (рис. 39) необходимо получить магнитную индукцию  $B_0=1,5$  Т. Сердечник выполнен из электротехнической стали. Длина средней линии  $l_1=1000$  мм,  $l_2=360$  мм,  $l_0=0,5$  мм, толщина сердечника 40 мм. Определить ток, который должен проходить по обмотке для создания заданной магнитной индукции, если число витков  $\omega=1000$ . Как изменится ток  $I$  в катушке при увеличении зазора до  $l_0=1$  мм.

Вычислить индуктивность катушки.

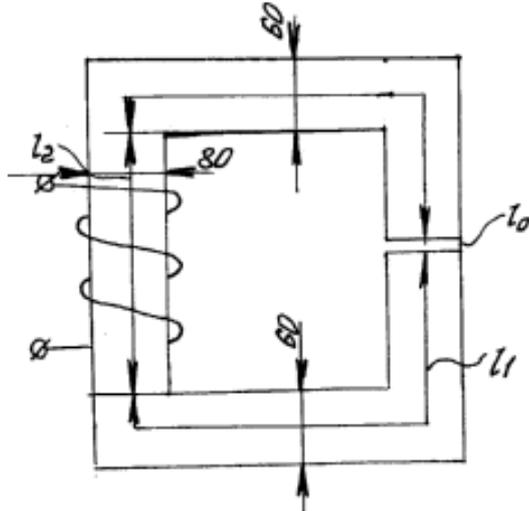


рис. 39

### Задача 50.

Определить магнитную индукцию  $B$  и магнитный поток  $\Phi$  в сердечнике из электротехнической стали (рис. 40). Размеры сердечника указаны на рисунке в мм, толщина сердечника 50 мм. Катушка имеет число витков  $\omega=1000$  и ток  $I=2$  А.

Определить индуктивность катушки.

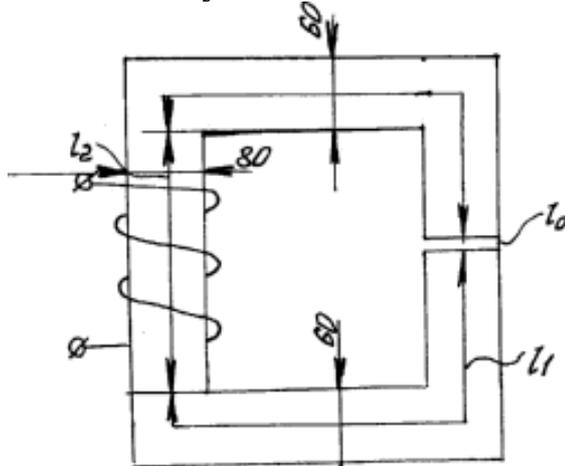


рис. 40

## Методические указания к выполнению домашней контрольной работы № 1

В задачах 1-10 рассматриваются схемы смешанного соединения конденсаторов. Необходимость соединять имеющиеся конденсаторы в батареи последовательно, параллельно и смешанно нередко возникает при подборе конденсаторов по емкости и напряжению.

Для решения задач 1-10 необходимо усвоить принципы распределения напряжения и заряда в схемах последовательного и параллельного соединения конденсаторов; знать формулы эквивалентной емкости и энергии электрического поля конденсаторов.

Рассмотрим решение задачи, когда известно напряжение на одном из конденсаторов.

### Пример 1.

На рис. 41 приведена схема соединения конденсаторов. Определить эквивалентную емкость  $C$  батареи конденсаторов, общий заряд  $Q$ , напряжение сети  $U$  и напряжение на каждом конденсаторе, если дано:  $C_1=11$  мкФ,  $C_2=15$  мкФ,  $C_3=18$  мкФ,  $C_4=54$  мкФ,  $C_5=27$  мкФ,  $U_3=100$  В.

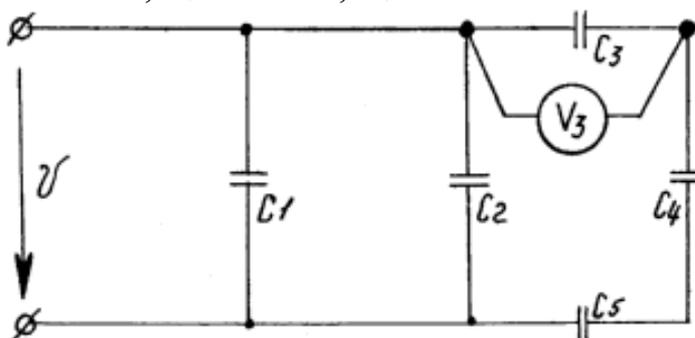


Рис.41

Решение.

1. Эквивалентную емкость батареи определяем методом «свертывания» цепи. Конденсаторы  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_5$  соединены последовательно, их общая емкость может быть определена из формулы:

$$\frac{1}{C_{3-5}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{18} + \frac{1}{54} + \frac{1}{27} = \frac{6}{54};$$

$$C_{3-5} = \frac{54}{6} = 9 \text{ мкФ};$$

конденсаторы  $C_1$ ,  $C_2$ ;  $C_{3-5}$  соединены параллельно; эквивалентная емкость батареи

$$C = C_1 + C_2 + C_{3-5} = 11 + 15 + 9 = 35 \text{ мкФ}$$

2. По заданному напряжению  $U_3$  и емкости конденсатора  $C_3$  находим заряд, накапливаемой этим конденсатором

$$Q_3 = C_3 \cdot U_3 = 18 \cdot 10^{-6} \cdot 100 = 1800 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

3. Заряд на конденсаторах  $C_4$ ,  $C_5$

$Q_4 = Q_5 = Q_3 = Q_{3-5} = 1800 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ , т.к. конденсаторы  $C_3$ ,  $C_4$  и  $C_5$  соединены последовательно.

4. Напряжение на четвертом и пятом конденсаторах

$$U_4 = \frac{Q_4}{C_4} = \frac{1800 \cdot 10^{-6}}{54 \cdot 10^{-6}} = 33,3 \text{ В};$$

$$U_5 = \frac{Q_5}{C_5} = \frac{1800 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-6}} = 66,7 \text{ В}.$$

5. Напряжение сети (напряжение параллельных ветвей цепи)

$$U = U_1 = U_2 = U_{3-5} = \frac{Q_{3-5}}{C_{3-5}} = \frac{1800 \cdot 10^{-6}}{9 \cdot 10^{-6}} = 200 \text{ В}.$$

Здесь возможна проверка:  $U = U_3 + U_4 + U_5$

$$200 = 100 + 33,3 + 66,7 = 200 \text{ В}.$$

6. Энергия электрического поля батареи

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{35 \cdot 10^{-6} \cdot 200^2}{2} = 70 \cdot 10^{-2} = 0,7 \text{ Дж}.$$

### В задачах 11-20.

Для решения задач предварительно необходимо хорошо изучить назначения и конструкции, схемы включения в измерительную цепь шунтов и добавочных резисторов, нужно отчетливо представлять способы их расчета.

Изучая материал данного раздела, следует запомнить, что на широко применяемых калиброванных шунтах указывается номинальный ток, номинальное напряжение шунта и класс точности. Под номинальным напряжением шунта понимается падение напряжения на сопротивлении шунта (между потенциальными его зажимами) при прохождении по нему номинального тока.

Калиброванные шунты пригодны для подключения к любому амперметру, номинальное падение напряжения на измерительном механизме которого равно напряжению шунта.

Для исключения излишней погрешности измерения и повреждения прибора должна быть верно составлена измерительная схема. Правильным включением прибора и шунта является такое, когда в разрыв цепи измеряемого тока  $I$  последовательно с нагрузкой к токовым зажимам присоединяется шунт, а параллельно ему потенциальным зажимам присоединяется прибор.

При правильно составленной схеме шунт и измерительный механизм соединяются параллельно и к ним применимы все соотношения для параллельных цепей. Отсюда можно вывести расчетную формулу для определения сопротивления шунта.

$$R_{ш} = \frac{R_u}{n-1},$$

где  $n = \frac{I}{I_u}$  – шунтирующий множитель,

$I$  – измеряемый ток цепи,

$I_u$  – номинальный ток измерительного механизма,

$R_u$  – сопротивление рамки измерительного механизма.

Сопротивление шунтов необходимо вычислять с точностью до 5-го знака.

При известных величинах сопротивлений шунта и измерительного механизма можно определить величину тока, проходящего через измерительный механизм, в зависимости от величины измеряемого тока.

$$I_u = I \cdot \frac{R_{ш}}{R_{ш} + R_u}$$

Для расширения пределов измерения вольтметров различных систем и для расширения пределов измерения в параллельных цепях ваттметров и других приборов применяются добавочные резисторы. На калиброванном резисторе указываются номинальный ток, номинальное напряжение на его зажимах, класс точности и величина, сопротивления резистора.

При правильно составленной схеме измерения измерительный прибор совместно с последовательно соединенным с ним добавочным резистором включается параллельно нагрузке, на которой выполняется измерение напряжения.

Так как добавочный резистор и измерительный механизм включаются последовательно, то к ним применимы все соотношения для последовательных цепей. В результате можно вывести расчетную формулу для определения сопротивления добавочного резистора:

$$R_{д} = R_u (m - 1),$$

где  $m = \frac{U}{U_n}$  – множитель добавочного резистора,

$U$  – измеряемое напряжение,

$U_n$  – номинальное напряжение измерительного механизма,

$R_u$  – сопротивление рамки измерительного механизма.

### Пример 2.

А. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет внутреннее сопротивление  $R_u = 4$  Ом, шкалу на 100 делений и рассчитан на номинальный ток  $I_n = 25$  мА.

Используя этот измерительный механизм, необходимо создать амперметр, имеющий предел измерения (номинальный ток)  $I_n = 30$  А.

Определить сопротивление шунта, ток шунта, падение напряжений на шунте, постоянную (цену деления) прибора с шунтом.

Б. Используя этот же измерительный механизм, требуется создать вольтметр с пределом измерения (номинальным напряжением)  $U_n = 250$  В.

Определить величину сопротивления добавочного резистора.

А. Решение.

1. Шунтирующий множитель

$$n = \frac{I_n}{I_u} = \frac{30}{25 \cdot 10^{-3}} = \frac{30 \cdot 10^3}{25} = 1200$$

2. Сопротивление шунта

$$R_{ш} = \frac{R_u}{n - 1} = \frac{4}{1200 - 1} = \frac{4}{1199} = 0,00334 \text{ Ом}$$

3. Ток шунта

$$I_{ш} = I_n - I_u = 30 - 25 \cdot 10^{-3} = 30 - 0,025 = 29,975 \text{ А}$$

4. Падение напряжения на шунте

$$U_{ш} = I_{ш} R_{ш} = 29,975 \cdot 0,00334 = 0,1 \text{ В} = 100 \text{ мВ}$$

5. Проверяем полученное значение  $U_u$  по падению напряжения на измерительном механизме:

$$U_u = U_u; I_u \cdot R_u = I_u \cdot R_u;$$

$$U_u = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 100 \cdot 10^{-3} \text{ В} = 100 \text{ мВ}.$$

6. Постоянная прибора с шунтом, т.е. постоянная амперметра.

$$C_1 = \frac{I_n}{\alpha_n} = \frac{30}{100} = 0,3 \frac{\text{А}}{\text{дел}},$$

где  $\alpha_n$  – число делений шкалы прибора.

Б. Решение.

1. Напряжение на измерительном механизме

$$U_u = I_u \cdot R_u = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 4 = 0,1 \text{ В}$$

2. Множитель добавочного резистора

$$m = \frac{U}{U_n} = \frac{250}{0,1} = 2500$$

3. Величина сопротивления добавочного резистора

$$R_d = R_u (m - 1) = 4 (2500 - 1) = 4 \cdot 2499 = 9996 \text{ Ом}$$

**В задачах 21-30** предусматривается расчет простой электрической цепи со смешанным соединением резисторов. Для их решения необходимо знание закона Ома и первого закона Кирхгофа.

В учебном пособии Частоедова в § 4.4 приведен расчет цепей со смешанным соединением резисторов в общем виде. Рассмотрим решение примера.

### Пример 3.

На рис. 42 приведена схема соединения резисторов и источника энергии. Определить эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$ , ток в каждом резисторе, э.д.с.  $E$  и мощность  $P$  источника энергии, если известно, что  $R_1=7,5 \text{ Ом}$ ;  $R_2=21 \text{ Ом}$ ;  $R_3=14 \text{ Ом}$ ;  $R_4=25 \text{ Ом}$ ;  $R_5=17 \text{ Ом}$ ;  $R_0=0,5 \text{ Ом}$ ;  $U_3=42 \text{ В}$ .

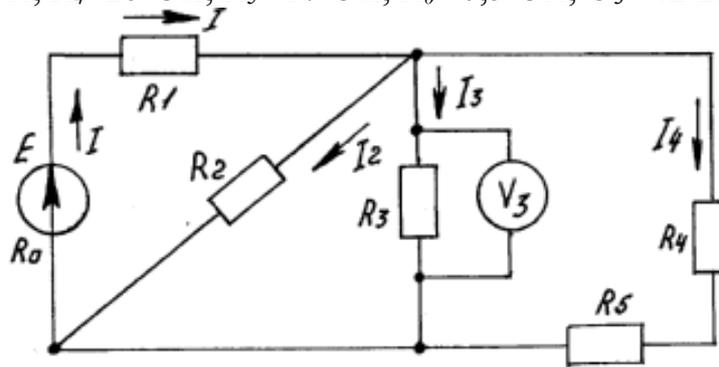


Рис.42

### Решение

1. Обозначим стрелками направление токов в каждом резисторе. Индексы токов и напряжений на каждом резисторе принимаем соответствующими номеру этого резистора.

2. Эквивалентное сопротивление цепи  $R_{\text{экв}}$  определяем путем постепенного упрощения – «свертывания» схемы:  $R_{4-5} = R_4 + R_5 = 25 + 17 = 42 \text{ Ом}$ , т.к. резисторы  $R_4$  и  $R_5$  соединены последовательно:

$$\frac{1}{R_{2-5}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{4-5}} = \frac{1}{21} + \frac{1}{14} + \frac{1}{42} = \frac{6}{42};$$

$$R_{2-5} = \frac{42}{6} = 7 \text{ Ом}$$



### Решение.

1. На схеме произвольно показываем направления токов ветвей.
2. В задаче три неизвестных тока, для их нахождения необходимо составить систему из трех уравнений.

Первое уравнение составим для узловой точки С по первому закону Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0;$$

второе уравнение составим для контура АСДВА по второму закону Кирхгофа; направление обхода контура примем «по часовой стрелке»:

$$E_1 - E_2 = I_1 \cdot (R_1 + R_{01} + R_4) - I_2 \cdot (R_2 + R_{02});$$

третье уравнение составим для контура СКНDC по второму закону Кирхгофа; направление обхода контура примем «по часовой стрелке»:

$$E_2 = I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) + I_3 \cdot R_3$$

3. Подставляем исходные данные в полученную систему из трех уравнений и находим значения токов ветвей:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 \\ E_1 - E_2 = I_1 \cdot (R_1 + R_{01} + R_4) - I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) \\ E_2 = I_2 \cdot (R_2 + R_{02}) + I_3 \cdot R_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I_3 = 0 & (1) \\ 150 - 80 = I_1 \cdot (6 + 1 + 3) - I_2 \cdot (19.5 + 0.5) & (2) \\ 80 = I_2 \cdot (19.5 + 0.5) + I_3 \cdot 25 & (3) \end{cases}$$

Из второго уравнения получаем:

$$70 = 10 I_1 - 20 I_2; \quad I_1 = \frac{70 + 20 I_2}{10} = 7 + 2 I_2$$

Из третьего уравнения получаем:

$$80 = 20 I_2 + 25 I_3; \quad I_3 = \frac{80 - 20 I_2}{25} = 3.2 - 0.8 I_2$$

Подставляем выражения  $I_1$  и  $I_3$  в первое уравнение и находим ток  $I_2$ :  
 $7 + 2 I_2 + I_2 - 3.2 + 0.8 I_2 = 0$ ;  $3.8 I_2 = -3.8$ ;  $I_2 = -1$  А.

Определяем токи  $I_1$  и  $I_3$ :  $I_1 = 7 + 2 \cdot (-1) = 5$  А.  $I_3 = 3.2 - 0.8 \cdot (-1) = 4$  А.

Проверка по первому закону Кирхгофа  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ ;  $5 - 1 - 4 = 0$ .

Ток  $I_2$  получился отрицательным, это значит, что первоначально произвольно принятое направление тока  $I_2$  от точки **Д** к точке **С** оказалось неверным и должно быть изменено на противоположное. При этом ток  $I_2$  будет направлен против направления э.д.с.  $E_2$ , следовательно, источник с э.д.с.  $E_2$  находится в режиме потребителя.

### Пример 5.

Определить токи во всех ветвях цепи (рис. 43) по исходным данным примера 4 методом узлового напряжения.

## Метод узлового напряжения

### Решение.

#### 1. Проводимости ветвей

$$g_1 = \frac{1}{R_1 + R_{01} + R_4} = \frac{1}{6 + 1 + 3} = \frac{1}{10} \text{ См};$$

$$g_2 = \frac{1}{R_2 + R_{02}} = \frac{1}{19,5 + 0,5} = \frac{1}{20} \text{ См};$$

$$g_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{25} \text{ См}.$$

#### 2. Узловое напряжение

$$U_{CD} = \frac{\sum_1^n E_i \cdot g_i}{\sum_1^n g_i} = \frac{E_1 \cdot g_1 + E_2 \cdot g_2}{g_1 + g_2 + g_3} = \frac{150 \cdot \frac{1}{10} + 80 \cdot \frac{1}{20}}{\frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{25}} = 100 \text{ В}.$$

#### 3. Токи в ветвях цепи

$$I_1 = (E_1 - U_{CD}) \cdot g_1 = (150 - 100) \cdot \frac{1}{10} = 5 \text{ А}.$$

Направление тока  $I_1$  совпадает с направлением э.д.с.  $E_1$ ; ток  $I_1$  направлен от узла **D** к узлу **C**.

$$I_2 = (E_2 - U_{CD}) \cdot g_2 = (80 - 100) \cdot \frac{1}{20} = -1 \text{ А}.$$

Направление тока  $I_2$  противоположно направлению э.д.с.  $E_2$  (режим потребителя), ток  $I_2$  направлен от узла **C** к узлу **D**;

$$I_3 = (0 - U_{CD}) \cdot g_3 = (0 - 100) \cdot \frac{1}{25} = -4 \text{ А};$$

ток  $I_3$  направлен от узла **C** к узлу **D**. Покажем направление токов на заданной схеме (рис. 43).

Проверка по первому закону Кирхгофа  $I_1 + I_2 - I_3 = 0$ ;  $5 - 1 - 4 = 0$ .

#### 4. Составим уравнение баланса мощностей цепи.

В любой электрической цепи суммарная мощность источников энергии равна сумме мощностей, поглощаемых сопротивлениями цепи, т.е.

$$\sum P_{ист} = \sum P_{потр}$$

Для данной цепи

$$E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2 = I_1^2 \cdot (R_1 + R_{01} + R_4) + I_2^2 \cdot (R_2 + R_{02}) + I_3^2 \cdot R_3;$$

$$150 \cdot 5 + 80 \cdot (-1) = 5^2 \cdot (6 + 1 + 3) + (-1)^2 \cdot (19,5 + 0,5) + 4^2 \cdot 25;$$

$$750 - 80 = 250 + 20 + 400;$$

$$670 \text{ Вт} = 670 \text{ Вт}.$$

**В задачах 41-50** предусматривается выполнение расчета магнитной цепи.

Расчет неразветвленной магнитной цепи в большинстве случаев сводится к определению намагничивающей силы  $I \cdot \omega$ , которая требует для получения заданного магнитного потока  $\Phi$  или магнитной индукции  $B$ . При этом указываются размеры и материал всех участков магнитной цепи.

Приступая к расчету магнитной цепи, следует разделить ее на участки, каждый из которых должен иметь по всей длине одинаковое сечение и одинаковый материал. За длины участков принимаются соответствующие длины средней магнитной линии.

### Пример 6.

Магнитопровод выполнен из электротехнической стали и имеет два воздушных зазора (рис. 44). Размеры магнитопровода по средней магнитной линии:  $l_1=240$  мм,  $l_2=120$  мм,  $l_{01}=l_{02}=1$  мм. Толщина сердечника 40 мм.

В стержне, на котором расположена обмотка, требуется создать магнитную индукцию  $B_1=1,1$  Т. Определить магнитный поток  $\Phi$  в данной магнитной цепи. Найти ток  $I$ , который необходимо пропустить по обмотке, чтобы создать заданную магнитную индукцию  $B_1$ . Обмотка имеет  $\omega=50$  витков.

Какой ток  $I'$  нужно пропустить по обмотке, чтобы создать заданную магнитную индукцию, если в сердечнике будет отсутствовать воздушный зазор?

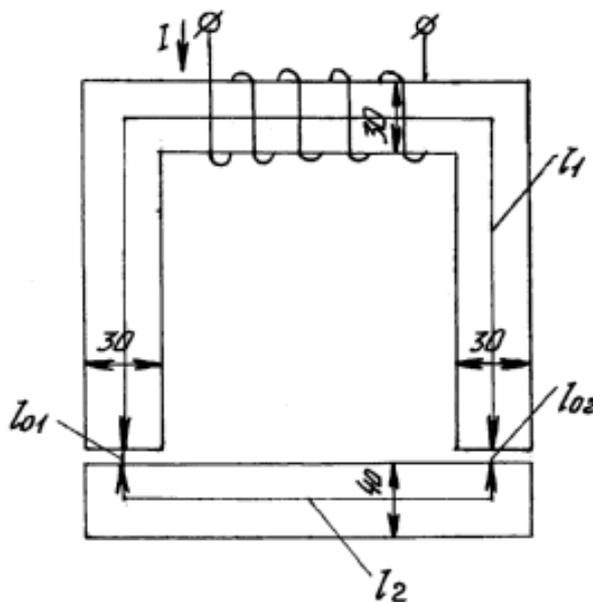
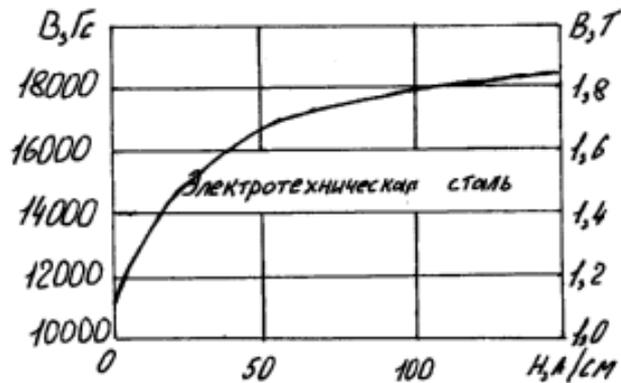
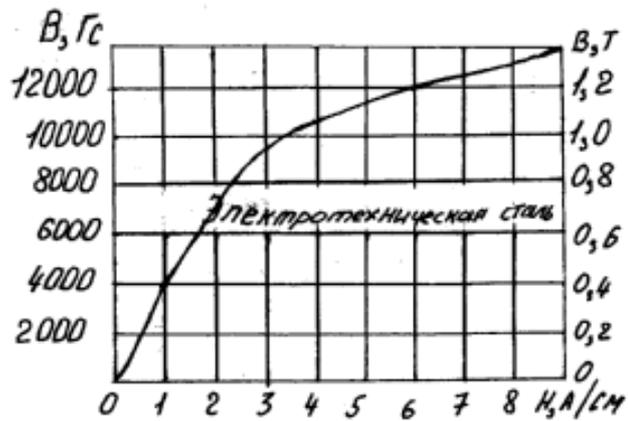


Рис.44

Кривая намагничивания электротехнической стали приведена на рис. 45.



**Решение.**

1. Разобьем магнитную цепь на участки, каждый из которых должен иметь по всей длине одинаковое сечение и одинаковый материал. В данной магнитной цепи таких участка четыре:

два участка из электротехнической стали, их длина и сечение

$$l_1=240 \text{ мм}=24 \text{ см}; \quad S_1=30 \cdot 40=1200 \text{ мм}^2=12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$l_2=120 \text{ мм}=12 \text{ см}; \quad S_2=40 \cdot 40=1600 \text{ мм}^2=16 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

и два воздушных зазора, их длина и сечение

$$l_{01}=l_{02}=1 \text{ мм}=0,1 \text{ см}; \quad S_{01}=S_{02}=S_1=12 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

2. Магнитный поток в данном магнитопроводе  $\Phi=B_1 \cdot S_1=1,1 \cdot 12 \cdot 10^{-4}=13,2 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ .

3. Поскольку магнитный поток в данном неразветвленном магнитопроводе  $\Phi=const$ , определим магнитную индукцию на втором участке из электротехнической стали

$$B_2=\frac{\Phi}{S_2}=\frac{13,2 \cdot 10^{-4}}{16 \cdot 10^{-4}}=0,825 \text{ Т}$$

4. Магнитная индукция и воздушных зазорах  $B_{01}=B_{02}=B_1=1,1 \text{ Т}$ , т.к.  $S_{01}=S_{02}=S_1$ .

5. Напряженность магнитного поля для участков из электротехнической стали находим по кривой первоначального намагничивания (рис. 45)

$$\text{при } B_1=1,1 \text{ Т } H_1=4,5 \text{ А/см},$$

$$\text{при } B_2=0,825 \text{ Т } H_2=2,4 \text{ А/см}.$$

6. Напряженность магнитного поля в воздушных зазорах находим по формуле

$$H_{01}=H_{02}=0,8 \cdot B_{01} \cdot 10^4=0,8 \cdot 1,1 \cdot 10^4=8800 \text{ А/см}$$

7. По закону полного тока  $I \cdot \omega = \sum H_i \cdot l_i$  находим ток в обмотке

$$I = \frac{\sum H_i \cdot l_i}{\omega} = \frac{H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_2 + H_{01} \cdot l_{01} + H_{02} \cdot l_{02}}{50} = \frac{4,5 \cdot 24 + 2,4 \cdot 12 + 2 \cdot 8800 \cdot 0,1}{50} = 37,9 \text{ А}$$

8. Если в сердечнике будут отсутствовать воздушные зазоры, то ток в обмотке

$$I' = \frac{H_1 \cdot l_1 + H_2 \cdot l_2}{\omega} = \frac{4,5 \cdot 24 + 2,4 \cdot 1,2}{50} = 2,7 \text{ А.}$$