

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «**Электрические и электронные аппараты**»

Для студентов направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, профиль подготовки – Электропривод и автоматика

Невинномысск 2020

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и соответствуют требованиям ФГОС ВО направления подготовки бакалавров.

Составитель: доцент кафедры ИСЭА Д.В.Самойленко

СОДЕРЖАНИЕ

Организация лабораторного практикума	4
Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра.....	5
Работа 1. Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора.....	7
Работа 2. Снятие времятоковой характеристики электротеплового реле	11
Работа 3. Определение коэффициента возврата электромагнитного реле переменного тока	16
Работа 4. Определение коэффициента возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения	21
Работа 5. Снятие зависимости выдержки времени от уставки электромеханического реле времени.....	25
Список рекомендуемой литературы	29

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА

Все лабораторные проводятся фронтально. Подгруппа студентов распределяется преподавателем на бригады по 2 – 4 человека.

Каждое занятие состоит из четырех этапов: подготовки к лабораторной работе; предварительной беседы преподавателя; выполнения лабораторной работы; составления отчета и защиты выполненной работы.

В ходе предварительной беседы преподаватель раскрывает смысл и цель предстоящей работы, напоминает основные положения теории, разбирает методику сложных измерений и производит допуск к работе по результатам устного опроса.

Подготовка к работе проводится студентами самостоятельно и включает повторение теоретического материала, ответы на контрольные вопросы, заготовку таблиц для отчета и выполнение предварительных расчетов.

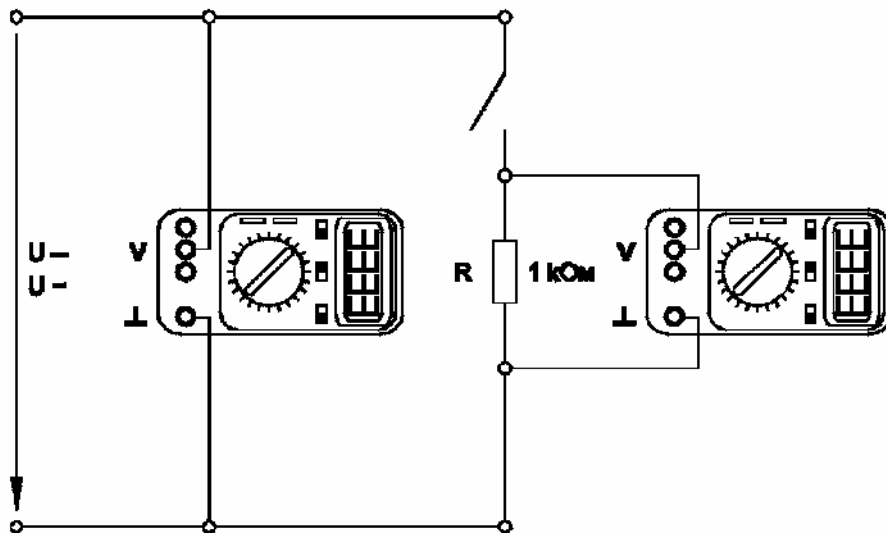
Питание подается после проверки преподавателем или лаборантом правильности сборки испытываемой схемы и получения разрешения на проведение экспериментальных работ. После окончания работы, прежде чем выключить питание, студент должен показать полученные результаты преподавателю.

В отчете должны быть приведены: исследуемая схема; таблицы результатов измерения; необходимые расчеты; ответы на контрольные вопросы. Ход выполнения работ должен сопровождаться краткими пояснениями. После выполнения работы стенд и приборы обесточиваются и соединительные провода предъявляются преподавателю или лаборанту.

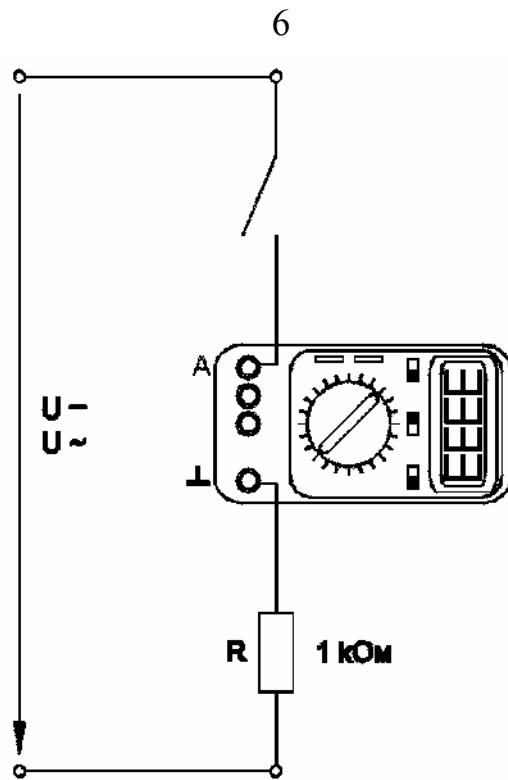
ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОГО МУЛЬТИМЕТРА

Для измерения трех базовых электрических величин (напряжения, тока и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

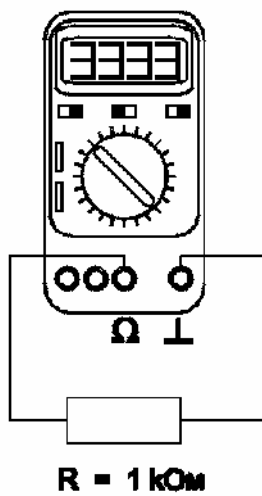
- установку рода тока (постоянный/переменный);
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к измеряемой цепи.



Присоединение мультиметра как вольтметра



Присоединение мультиметра как амперметра



Присоединение мультиметра как омметра

РАБОТА 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗВРАТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТАКТОРА

1 Цель работы

Изучить устройство и принцип работы контакторов постоянного и переменного тока, а также научиться экспериментально определять коэффициент возврата.

2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~ 0...240 В / 2 А
A2	Контактор	372	120 ВА / 220/24 В
A3	Выпрямитель	373	~ 220 В / 2×5 А / 0,005 Гн
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм

3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы контактора постоянного и переменного тока.
2. Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора на переменном токе.
3. Определение коэффициента возврата электромагнитного контактора на постоянном токе.

4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.

2. Соберите схему рис.1.1.

3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.

4. Поверните рукоять автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.

5. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.

6. Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.

7. Рукоять мультиметра P1.1 установите в положение «V~ 700» и включите его питание.

8. Медленно вращая регулировочную рукоять автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте напряжение, прикладываемое к обмотке контактора А2.

9. В момент включения контактора зафиксируйте с помощью мультиметра P1.1 напряжение U_1 .

10. Медленно вращая рукоять автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте напряжение, прикладываемое к обмотке контактора А2.

11. В момент отключения контактора зафиксируйте с помощью мультиметра P1.1 напряжение U_2 .

12. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного контактора на переменном токе по формуле $k_{\sim} = U_2/U_1$.

13. Отключите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и автотрансформатора А1.

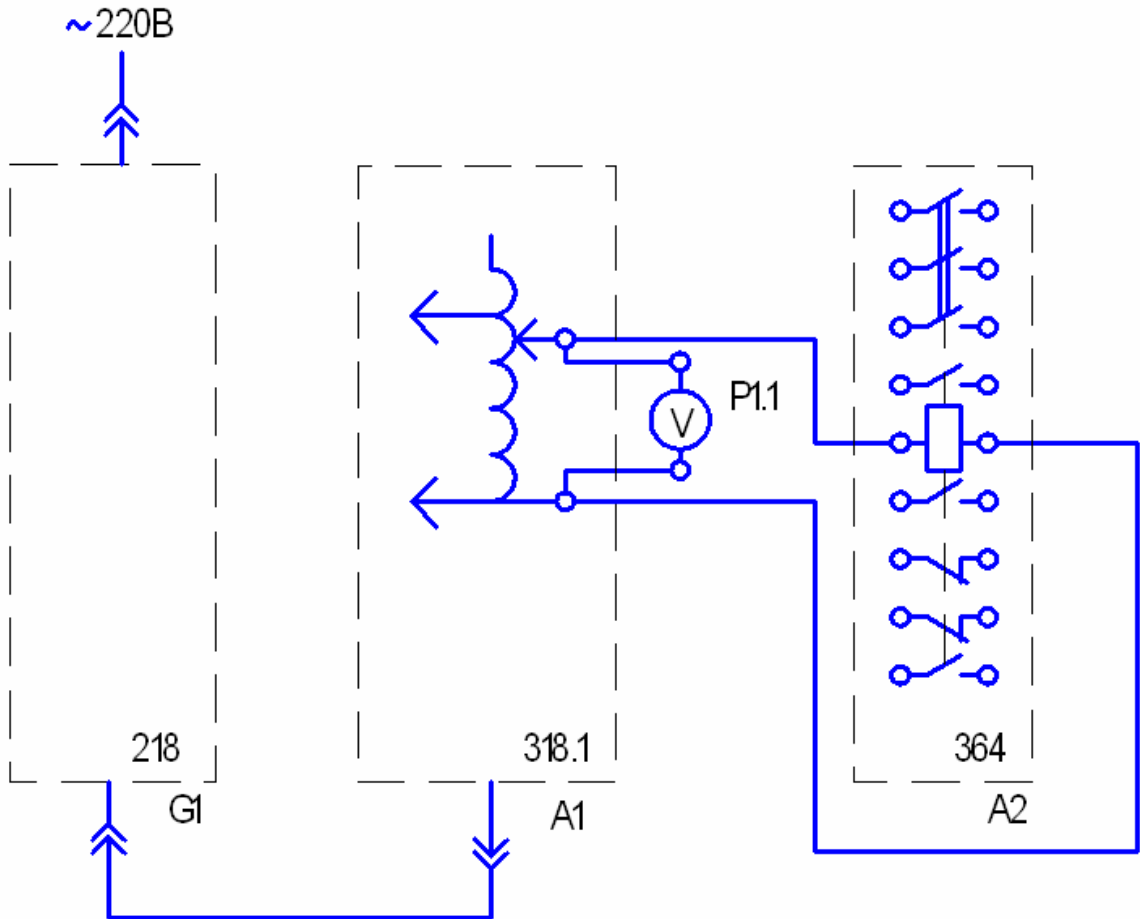


Рисунок 1.1 – Схема соединений

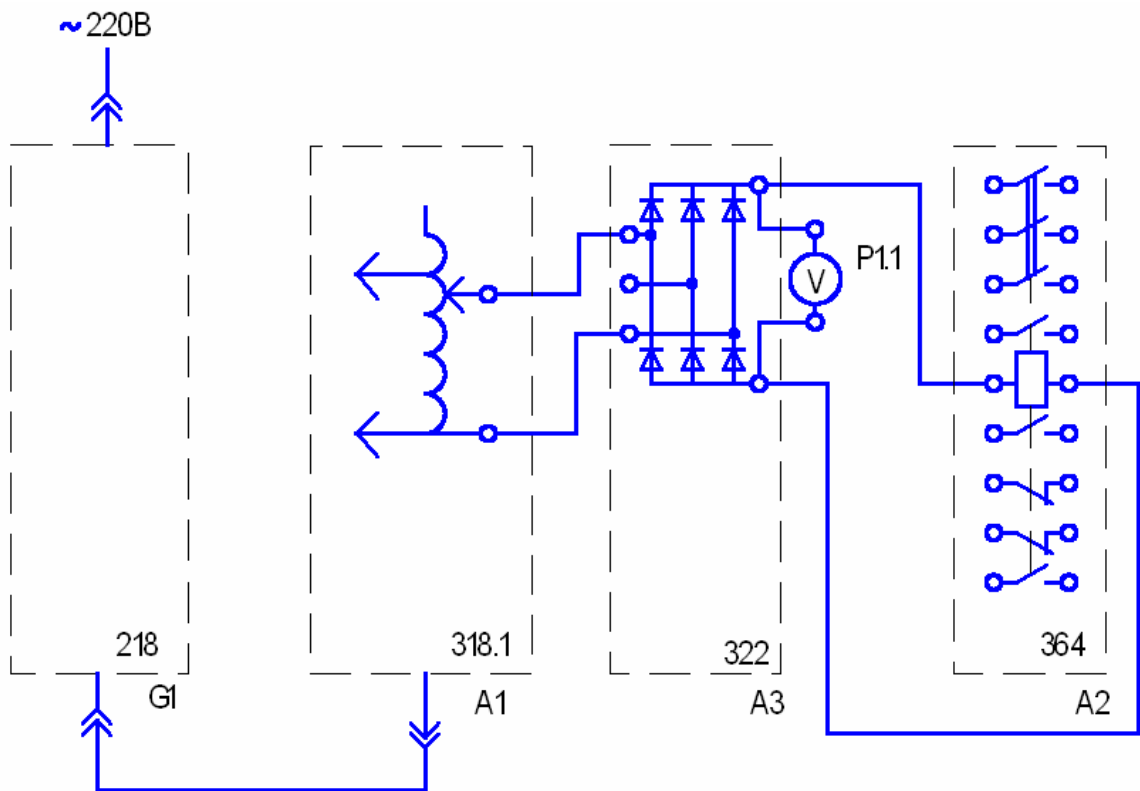


Рисунок 1.2 – Схема соединений

14. Соберите схему рис. 1.2.
15. Повторите пункты 4, 5, 6.
16. Рукоять мультиметра Р1.1 установите в положение « $\times 1000$ » и включите его питание.
17. Повторите пункты 8, 9, 10, 11.
18. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного контактора на постоянном токе по формуле $k = U_2/U_1$.
19. Сделайте выводы.

5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схемы исследуемых установок;
- напряжения включения и отключения контакторов;
- рассчитанные коэффициенты возврата;
- выводы по работе.

6 Контрольные вопросы

1. Дайте определение контактора и магнитного пускателя?
2. В чем отличие контактора от магнитного пускателя?
3. Перечислите основные параметры, по которым выбирается контактор?
4. Какие основные узлы имеет контактор?
5. Перечислите и охарактеризуйте категории применения контакторов?
6. Что такое механическая износостойкость контакторов?
7. Что такое коммутационная износостойкость контакторов?
8. Какие преимуществами по сравнению с контактными имеет статический контактор?

Работа 2. Снятие времятоковой характеристики электротеплового реле

1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электротеплового реле и научиться экспериментально определять его времятоковую характеристику.

2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	$\sim 220 \text{ В} / 16 \text{ А}$
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	$\sim 0 \dots 240 \text{ В} / 2 \text{ А}$
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A5	Электротепловое реле	356	Главная цепь: $\sim 3 \times 220 \text{ В} / 10 \text{ А}$. Уставка реле: 0,42...0,58 А.
A6	Сдвоенный реактор	373	$\sim 220 \text{ В} / 2 \times 5 \text{ А} /$ 0,005 Гн
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	$\sim 230 \text{ В} / 0,5 \text{ А}$
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0 \dots 1000 \text{ В} /$ $\approx 0 \dots 10 \text{ А} /$ 0...20 МОм
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А / 0,01...999 с


3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа электротеплового реле.
2. Снятие времятоковой характеристики электротеплового реле.

4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.
2. Соберите схему рис.2.1.
3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
4. Отключите выключатель А11.
5. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
6. Если выступает шток электротеплового реле А5, то нажмите его.
7. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
8. Включите выключатели «СЕТЬ» Автотрансформатора А1, блока мультиметров Р1, измерителя тока и времени Р2.
9. Рукоять мультиметра Р1.1 установите в положение «V ~700» и включите его питание.
10. Вращая регулировочную рукоять автотрансформатора А1, установите по вольтметру Р1.1 напряжение, на выходе автотрансформатора А1 равное, например 200 В.

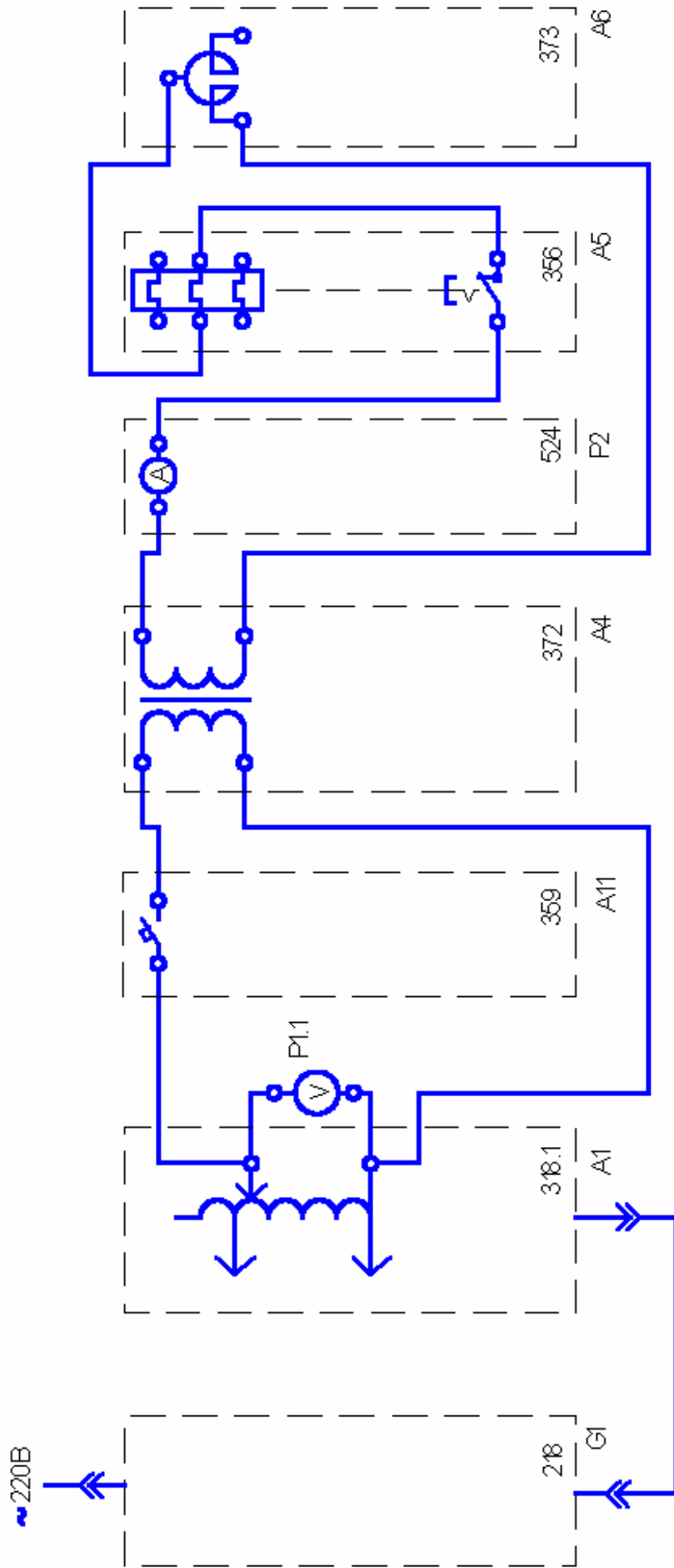


Рисунок 2.1 – Схема соединений

11. Включите выключатель А11.

12. После срабатывания электротеплового реле А5 считайте показания тока I и времени t , высвечивающиеся на индикаторах измерителя тока и времени Р2, и занесите их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1.

I, A										
t, c										

13. Отключите выключатель А11.

14. Нажмите выступающий шток электротеплового реле А5.

15. Уменьшите напряжение на выходе автотрансформатора А1, например на 20 В.

16. Спустя, например 5 минут повторите операции, начиная с включения выключателя А11 и заканчивая уменьшением напряжения на выходе автотрансформатора А1.

17. Повторяйте пункты 11...16 до тех пор, пока после включения выключателя А11 электротепловое реле А5 не перестанет отключаться.

18. Отключите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров Р1, автотрансформатора А1, измерителя тока и времени Р2.

19. Используя данные табл. 2.1, постройте искомую времятоковую характеристику $t = f(I)$ электротеплового реле.

20 Сделайте выводы.

5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- токи и времена срабатывания электротеплового реле;
- искомую времятоковую характеристику;
- выводы по работе.

6 Контрольные вопросы

1. Дайте определение электротеплового реле.
2. Из каких основных узлов и деталей состоит электротепловое реле?
3. В чем отличие электротеплового реле и температурного реле?
4. Почему электротепловые реле относятся к аппаратам косвенного действия?
5. От каких аварийных режимов защищает потребителя электрической энергии тепловое реле?
6. Почему необходимо выждать примерно пять минут, чтобы повторить эксперимент?
7. Как выбирается электротепловое реле из условия нормального пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором?
8. Перечислите основные достоинства и недостатки электротепловых реле.

РАБОТА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗВРАТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электромагнитного реле переменного тока, и научиться экспериментально определять его коэффициент возврата.

2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~ 0...240 В / 2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A6	Сдвоенный реактор	373	~ 220 В / 2×5 А / 0,005 Гн
A7	Реле максимального тока	366	Номинальный ток ~ 6,3 А / Уставка реле ~ 1,0...2,0 А / Коммутируемое напряжение 250 В / Контакты 1з+1р.
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм



3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы электромагнитного реле переменного тока.
2. Определение коэффициента возврата электромагнитного реле переменного тока при разных токах уставки.

4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.
2. Соберите схему рис.3.1.
3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
4. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
5. Установите уставку реле тока А7, например, 1 А.
6. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
7. Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.
8. Рукоять мультиметра Р1.2 установите в положение «I ~10» и включите его питание.
9. Рукоять мультиметра Р1.3 установите в положение «» и включите его питание.
10. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте ток, протекающий по обмотке реле А7.
11. В момент срабатывания реле А7 (определяется по появлению звукового сигнала, издаваемого включенным в режиме «прозвонки» мультиметром Р1.3) зафиксируйте с помощью амперметра Р1.2 ток I_I .

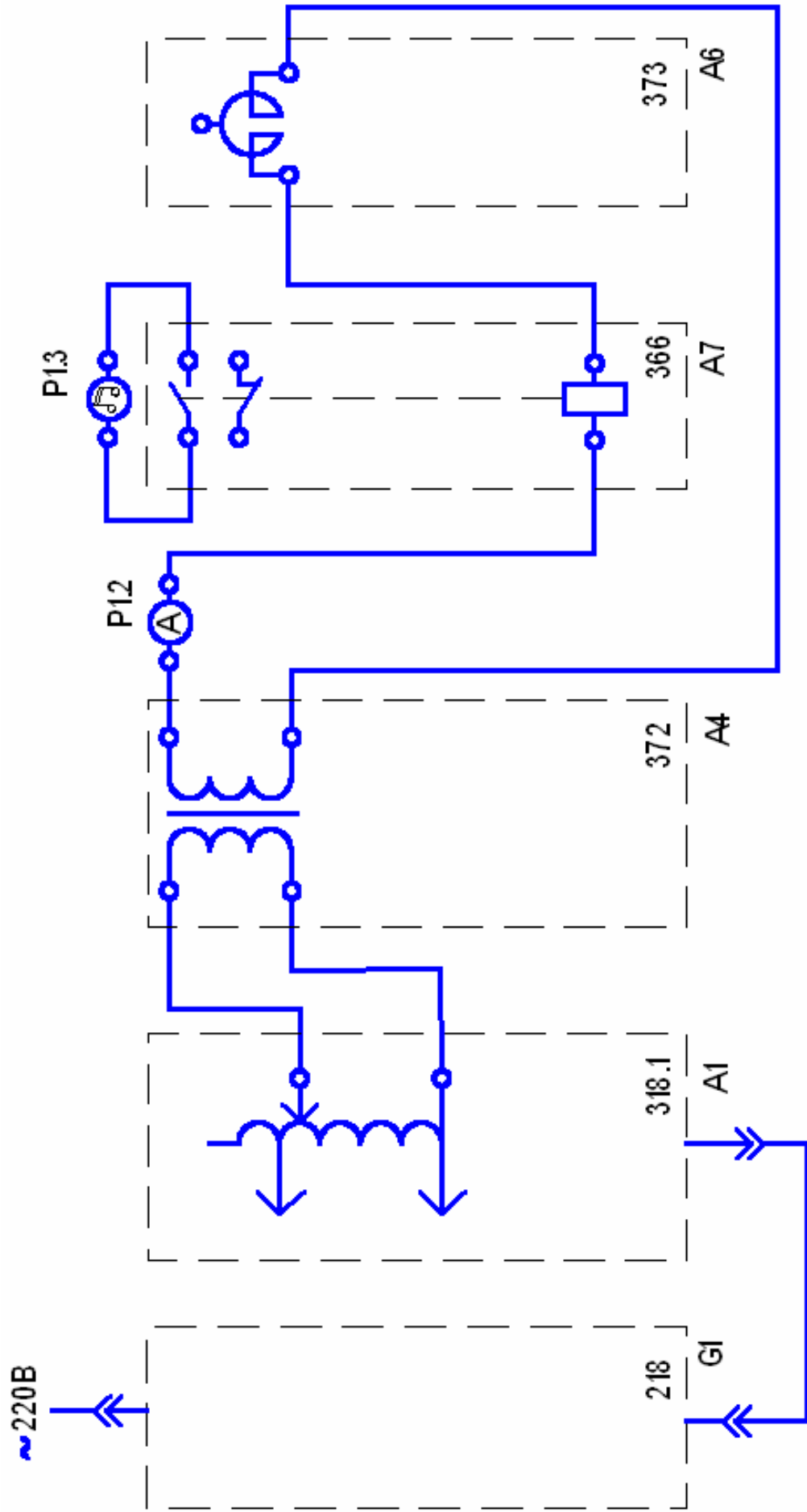


Рисунок 3.1 – Схема соединений

12. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте ток, протекающий по обмотке реле А7.

13. В момент возврата реле А7 (определяется по исчезновению звукового сигнала, издаваемого включенным в режиме «прозвонки» мультиметром Р1.3) зафиксируйте с помощью амперметра Р1.2 ток I_2 .

14. Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

15. Отключите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.

16. Повторите пункты с 6 по 15 при токе уставки, например 1,5 А.

17. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного реле переменного тока по формуле $k = I_2/I_1$.

18. Сделайте выводы.

5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- токи включения и отключения электромагнитного реле;
- рассчитанные коэффициенты возврата;
- выводы по работе.

6 Контрольные вопросы

1. Дайте определение электромагнитного реле?
2. Из каких основных узлов и деталей состоит электромагнитное реле?
3. Какой вид имеют характеристики управления аппарата релейного действия?

4. Чем отличаются электрическое измерительное реле от электрического логического реле?
5. Что такое коэффициент возврата реле?
6. Какое электрическое реле называется электромагнитным?
7. Что такое одностабильное и двустабильное реле?
8. От каких аварийных режимов защищает исследуемое реле типа РТ-40.
9. По каким основным техническим параметрам выбирается электромагнитное реле максимального тока?
10. Перечислите основные достоинства и недостатки электромагнитных реле.

РАБОТА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВОЗВРАТА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО РЕЛЕ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения и научиться экспериментально определять его коэффициент возврата.

2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~ 0...240 В / 2 А
A8	Промежуточное реле	370	Номинальное напряжение ~220 В / Ток контактов реле 5 А / Коммутируемое напряжение 250 В / Контакты 1з+4р
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм

3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы электромагнитного промежуточного реле переменного тока.

2. Определение коэффициента возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения.

4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.

2. Соберите схему рис. 4.1.

3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.

4. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.

5. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.

6. Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.

7. Рукоять мультиметра Р1.1 установите в положение «V~ 700» и включите его питание.

8. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 по часовой стрелке, увеличивайте напряжение, прикладываемое к обмотке реле А8.

9. В момент срабатывания реле А8 зафиксируйте с помощью вольтметра Р1.1 напряжение U_1 .

10. Медленно вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 против часовой стрелки, уменьшайте напряжение, прикладываемое к обмотке реле А8.

11. В момент возврата реле А8 зафиксируйте с помощью вольтметра Р1.1 напряжение U_2 .

12. Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.

13. Отключите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров Р1 и автотрансформатора А1.

14. Вычислите коэффициент возврата электромагнитного промежуточного реле переменного напряжения по формуле $k = U_2/U_1$.

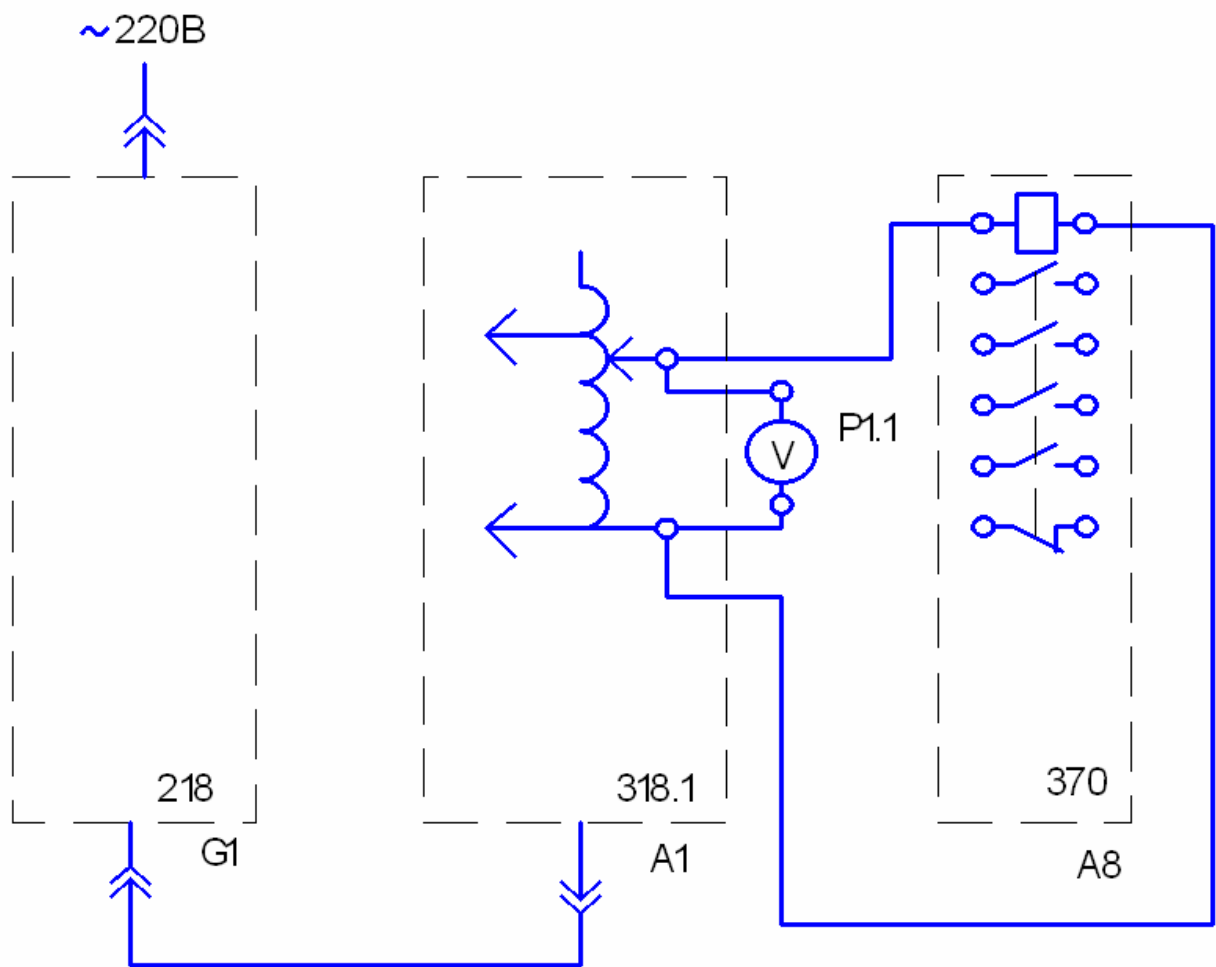


Рисунок 4.1 – Схема соединений

5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- напряжения включения и отключения реле;
- рассчитанный коэффициент возврата;
- выводы по работе.

6 Контрольные вопросы

1. Для каких целей используется промежуточное реле?
2. Из каких основных узлов и деталей состоит электромагнитное промежуточное реле переменного напряжения?
3. Какой вид имеют характеристики управления аппарата релейного действия?
4. Что такое коэффициент возврата промежуточного реле?
5. По каким основным техническим параметрам выбирается промежуточное реле?
6. Перечислите и охарактеризуйте основные требования, предъявляемые к промежуточным реле.

РАБОТА 5. СНЯТИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫДЕРЖКИ ВРЕМЕНИ ОТ УСТАВКИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

1 Цель работы

Изучить устройство, принцип работы электромеханического реле времени и научиться экспериментально снимать зависимость выдержки времени от уставки.

2 Оборудование

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 16 А
A1	Регулируемый автотрансформатор	318.1	~ 0...240 В / 2 А
A4	Однофазный трансформатор	372	120 ВА / 220/24 В
A5	Электротепловое реле	356	Главная цепь: ~ 3×220 В / 10 А. Уставка реле: 0,42...0,58 А.
A6	Сдвоенный реактор	373	~ 220 В / 2×5 А / 0,005 Гн
A8	Промежуточное реле	370	Номинальное напряжение ~220 В / Ток контактов реле 5 А / Коммутируемое напряжение 250 В / Контакты 1з+4р
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359	~ 230 В / 0,5 А

A9	Реле времени	369	Напряжение питания ~100...380 В / Уставка реле 0,5...9,0 с / Коммутируемое напряжение 380 В / Контакты 1з+1р
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра = 0...1000 В / = 0...10 А / 0...20 МОм
P2	Измеритель тока и времени	524	0...5 А / 0,01...999 с


3 Программа работы

1. Изучение устройства и принципа работы электромеханического реле времени.
2. Определение зависимости выдержки времени от уставки.

4 Порядок выполнения работы

Подавать питание можно только после сборки испытуемой схемы и разрешения преподавателя.

После проведения эксперимента питание необходимо отключить.

1. Составьте на одном стеллаже оборудование, используемое в эксперименте.
2. Соберите схему рис. 5.1.
3. Соедините гнезда защитного заземления «» устройств с гнездом «РЕ» автотрансформатора А1.
4. Отключите выключатель А11.
5. Поверните регулировочную рукоятку автотрансформатора А1 в крайнее против часовой стрелки положение.
6. Установите желаемую уставку t_1 реле времени А9, например 1 с, и занесите ее в таблицу 5.1.

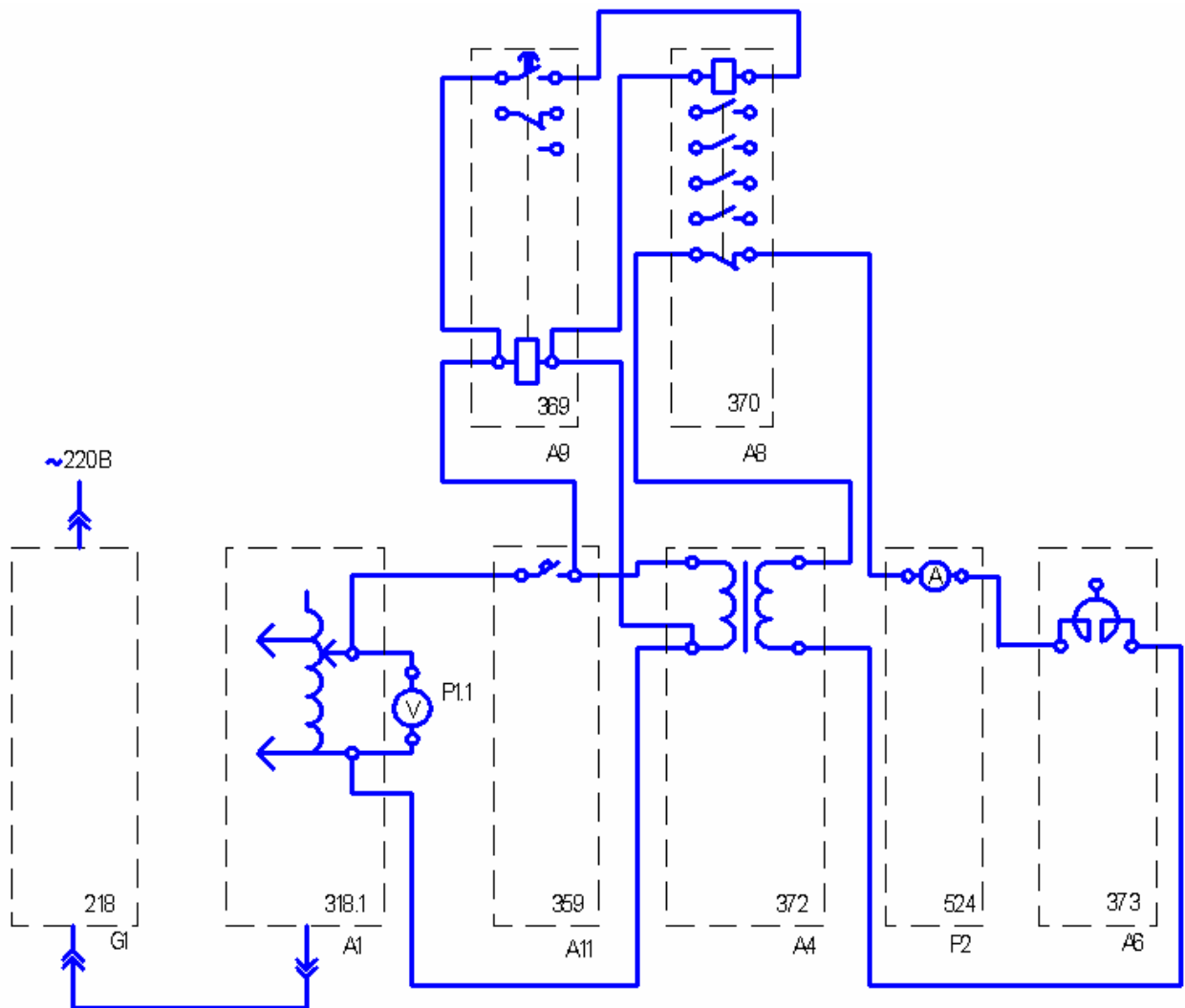


Рисунок 5.1 – Схема соединений

7. Включите автоматический выключатель и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.

8. Включите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора A1, блока мультиметров P1, измерителя тока и времени P2.

9. Рукоять мультиметра P1.1 установите в положение «V~ 700» и включите его питание.

10. Вращая регулировочную рукоятку автотрансформатора A1, установите по вольтметру P1.1 напряжение на выходе автотрансформатора A1, равное 220 В.

11. Включите выключатель A11.

12. После срабатывания реле времени A9 считайте время t_2 ,

высвечивающееся на индикаторе измерителя тока и времени P2, и занесите его в таблицу 5.1.

Таблица 5.1

$t_1, \text{с}$										
$t_2, \text{с}$										

13. Отключите выключатель A11.
14. Увеличьте уставку t_1 реле времени A9, например, на 1 с.
15. Повторите пункты 11, 12, 13 до достижения уставки t_1 реле времени A9 значения, равного 9 с.
16. Отключите автоматический выключатель в однофазном источнике питания G1.
17. Отключите выключатели «СЕТЬ» автотрансформатора A1, блока мультиметров P1, измерителя тока и времени P2.
18. Используя данные табл. 5.1, постройте искомую зависимость выдержки времени от уставки электромеханического реле времени $t_2 = f(t_1)$.

5 Содержание отчета

В соответствии с общими требованиями отчет должен содержать:

- тему и цель лабораторной работы;
- программу работы;
- схему исследуемой установки;
- времена уставки и срабатывания электромеханического реле времени;
- построенную зависимость выдержки времени от уставки;
- выводы по работе.

6 Контрольные вопросы

1. Для каких целей используются электромеханические реле времени?
2. Перечислите основные требования, предъявляемые к реле

времени.

3. Какие основные конструктивные элементы имеет электромеханическое реле времени.

4. Какие замедлители используются в реле времени?

5. Как исключить влияние частоты питающей сети, напряжения и температуры на временную выдержку?

6. Как организовываются большие выдержки времени, порядка десятков минут и часов?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Энерготомиздат, 1998.

2. Чунихин А.А. Электрические аппараты: общий курс. Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

3. Алиев А.А., Абрамов М.Б. Электрические аппараты: Справочник. – М.: РадиоСофт, 2005.

4. Соловьев А.Л. Защита асинхронных двигателей напряжением 0,4 кВ: Учебное пособие. – Спб.: ПЭИПК, 2005.

5. Электрические и электронные аппараты. Электронный курс лекций. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2007.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ



Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «**Электрические и электронные аппараты**»

Для студентов направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, профиль подготовки – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Невинномысск 2022

Методические указания предназначены для проведения практических занятий по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и соответствуют требованиям ФГОС ВО направления подготовки бакалавров.

Составитель: доцент кафедры ИСЭА Д.В.Самойленко

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Электрические и магнитные цепи электрических аппаратов.....	6
1.1. Основные понятия.....	6
1.2. Основные формулы и уравнения для электрических цепей постоянного тока.....	7
1.3. Электромагнетизм. Основные формулы и уравнения.....	9
Глава 2. Основные физические явления и процессы в электрических аппаратах.....	17
2.1. Тепловые процессы.....	17
2.2. Электродинамические усилия.....	21
2.3. Контактные явления.....	26
2.4. Электромагнитные явления.....	29
2.5. Полупроводниковые приборы.....	39
Глава 3. Разработка и графическое изображение электрических схем на основе предложенного набора электрических и электронных аппаратов.....	46
Глава 4. Пояснение назначения электрических аппаратов, принципа работы предложенной электрической схемы.....	57
Глава 5. Расчет параметров электрических аппаратов.....	94
5.1. Резисторы и реостаты.....	97
5.2. Электромагнитные катушки и электромагниты.....	104
5.3. Электромагнитные контакторы и реле.....	111
5.4. Электрические аппараты защиты.....	117
Список рекомендуемой литературы	121
Приложения	122

ВВЕДЕНИЕ

Среди многообразия электротехнических устройств особое место занимают электрические и электронные аппараты, которые можно разделить на контактные, бесконтактные и комбинированные (гибридные).

Электрические и электронные аппараты служат для коммутации, сигнализации и защиты электрических сетей и электроприемников, а также для управления электротехническими и технологическими установками, и классифицируются по различным признакам.

Задачник дает возможность студентам электротехнических специальностей более глубоко и всесторонне овладеть программным материалом по курсу «Электрические и электронные аппараты», цель которого – помочь студентам освоить и приобрести необходимые знания основных законов электромеханики, получить практические навыки применения электрических и электронных аппаратов в различных электрических устройствах.

Для достижения поставленной цели требуется усвоить физическую сущность электрических и магнитных явлений в электрических аппаратах, их взаимную связь и количественные соотношения, овладеть необходимым математическим аппаратом для расчета характеристик, нахождения и выбора их основных параметров.

При изучении и расчете электромагнитных явлений, происходящих в электрических и электронных аппаратах, целесообразно их представление в виде идеализированных электрических и магнитных схем замещения, которые, по сути, являются расчетными моделями реальных цепей и устройств. При этом следует в виду, что одна и та же электрическая или магнитная цепь может иметь несколько схем замещений в зависимости от цепи и точности расчета.

В задачнике представлено множество задач на применение основных законов физики, электротехники, а также связанных со спецификой работы электрических и электронных аппаратов, полупроводниковых приборов.

В представленном задачнике основное внимание уделено:

- углубленному изучению вопросов теории электрических аппаратов, их буквенному и графическому обозначению в электрических схемах;
- усвоению практики проведения расчетов и выбора резисторов, катушек силовых контакторов и реле, магнитных пускателей и тепловых реле, электромагнитов постоянного и переменного тока, плавких предохранителей, воздушных выключателей и полупроводниковых приборов;
- приобретению практических навыков по разработке и чтению конкретных простейших электрических схем, составленных из числа заданных электрических и электронных аппаратов, по составлению спецификации элементов разрабатываемой схемы и по выбору аппаратов по каталогам и справочникам.

Для успешного усвоения материала курса и облегчения решения задач в начале каждой главы приводятся общие положения и основные формулы.

Приведены вопросы, которые можно использовать для проверки своих знаний при самостоятельной работе студентов над курсом.

Ряд задач имеет повышенную сложность и требует для своего решения умения и навыков пользования соответствующим математическим аппаратом.

ГЛАВА 1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В состав электрических и магнитных цепей электрических аппаратов входят резисторы (R), конденсаторы (C), катушки индуктивности (L), магнитопроводы: однородные и неоднородные; разветвленные и неразветвленные; магнитотвердые и магнитомягкие.

Резистор является необратимым преобразователем электромагнитной энергии. Его электрическое сопротивление (Ом) характеризует способность резистора поглощать электрическую энергию и преобразовывать ее в другие виды энергии.

Под **емкостью конденсатора**, C , (мкФ) понимается его способность накапливать заряды или возбуждать их с помощью электрического поля.

Емкость конденсатора, C , определяется его конфигурацией и относительной диэлектрической проницаемостью диэлектрика, помещенного между его пластинами. Для плоского конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{l_c},$$

где S – площадь одной пластины, м^2 ; l_c – расстояние между пластинами, м; ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума или электрическая постоянная, равная $\frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}$ Ф/м; ε – относительная диэлектрическая проницаемость.

Заряженный конденсатор обладает энергией, которую он запасает в процессе зарядки и отдает при разрядке:

$$W = \frac{C \cdot U^2}{2}.$$

Таким образом, электромагнитная энергия, W , аккумулируется в конденсаторе в виде энергии электрического поля.

Свойство индуктивного элемента создавать собственное магнитное поле, при протекании в нем электрического тока, определяется **индуктивностью** L . В катушке индуктивности формируется энергия магнитного поля.

При преобразовании других видов энергии в электрическую в преобразователе энергии возникает электродвижущая сила (ЭДС), потенциально способная совершать работу по перемещению в электрической цепи электрических зарядов. ЭДС измеряется в вольтах (В) и обозначается латинской буквой E или e . Если источник ЭДС подключить к замкнутой цепи, то она окажется под воздействием электромагнитного поля, на ее участках устанавливается разность электрических потенциалов или напряжение U .

Электрическое напряжение – это величина, численно равная работе по перемещению единицы электрического заряда между двумя произвольными точками электрической цепи.

Электрический ток – это направленное движение электрических зарядов (электронов) в веществе или вакууме под воздействием электрического поля. Ток характеризуется силой, измеряемой в амперах (А). Один ампер соответствует перемещению через поперечное сечение проводника в течение одной секунды (с) заряда электричества величиной в один Кулон (Кл):

$$1 \text{ А} = 1 \text{ Кл} / \text{с}.$$

В общем случае, обозначив ток буквой i , а заряд q , получим

$$i = \frac{dq}{dt}.$$

Существует и другое определение электрического тока: электрический ток есть ось сил, в направлении которых действует электромагнитное поле.

Для установившихся режимов различают два вида токов: постоянный и переменный. *Постоянным* называют ток, который может изменяться по величине, но не изменять своего знака сколь угодно долгое время. *Переменным* называется ток, который периодически изменяется как по величине, так и по знаку. Синусоидальный ток изменяется по гармоническому закону

$$i = I_m \sin \omega t,$$

где I_m – амплитудное (наибольшее) значение тока, А.

Скорость изменения переменного тока характеризуется его *частотой*, определяемой как число полных повторяющихся колебаний в единицу времени. Частота обозначается буквой f и измеряется в герцах (Гц). Промышленная частота тока и напряжения составляет 50 Гц, что соответствует 50 полным колебаниям в секунду. *Угловая частота* ω – скорость изменения тока, в радианах в секунду, связанная с частотой сети простым соотношением:

$$\omega = 2\pi f.$$

Установившееся (фиксированное) значение постоянного и переменного тока обозначают прописной буквой I , неустановившиеся (мгновенные) значения – буквой i .

1.2. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ И УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Все элементы, проводящие электрический ток, обладают электрическим сопротивлением. Для проволочных резисторов **сопротивление** определяется по формуле

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S},$$

где ρ – удельное сопротивление, Ом · м; l – длина, м; S – площадь поперечного сечения, м².

Для большинства проводящих материалов, применяемых в электротехнике, их сопротивление, в определенном диапазоне температур линейно зависит от температуры:

$$R = R_0 [1 + \alpha_T (\theta - \theta_0)],$$

где R_0 – сопротивление резистора при температуре θ_0 ; α_T – температурный коэффициент сопротивления, 1/К.

Удельное сопротивление и температурные коэффициенты некоторых металлов указаны в прил. 1.

Закон Ома для участка цепи: ток, I , проходящий по участку цепи, прямо пропорционален напряжению U , приложенному к этому участку, и обратно пропорционален его сопротивлению R , т.е.:

$$I = \frac{U}{R},$$

где U – напряжение, В; R – сопротивление, Ом.

Закон Ома для всей цепи:

$$I = \frac{E}{R + r},$$

где E – электродвижущая сила источника электрической энергии, В; R – сопротивление внешней цепи, Ом; r – внутреннее сопротивление источника, Ом.

Электрическое сопротивление проводника:

$$R = U / I.$$

Энергия и мощность электрической цепи. Работа (энергия W), затраченная на перенос заряда q на участке цепи за время t , определяется:

$$A = W = Uq \quad \text{или} \quad A = W = UI t,$$

где A – работа, Дж.

Работа, совершенная источником электрической энергии с ЭДС, E :

$$A = Eq \quad \text{или} \quad A = EIt.$$

Мощность, потребляемая нагрузкой:

$$P = A/t = UI = RI^2 = U^2 / R,$$

где P – мощность, Вт.

Мощность, развиваемая источником или генератором:

$$P_r = EI.$$

По закону сохранения энергии мощность генератора равна сумме мощностей потребителей. Это равенство называют *балансом мощностей* в электрических цепях:

$$P_r = \sum PEI = \sum I^2 R_i.$$

Закон Джоуля – Ленца. Количество теплоты, Q , выделенное при прохождении постоянного тока в проводнике,

$$Q = I^2 Rt, \text{ Дж}$$

или

$$Q = 0,24I^2 Rt, \text{ кал.}$$

Последовательное, параллельное и смешанное соединение резисторов. Эквивалентное сопротивление ряда последовательно соединенных резисторов равно сумме их сопротивлений:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$

Параллельным называют такое соединение резисторов, при котором между двумя узлами электрической цепи присоединено несколько резисторов. Эквивалентная проводимость этого участка цепи равна сумме проводимостей всех параллельных ветвей:

$$G = G_1 + G_2 + \dots + G_n$$

или

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}.$$

При параллельном соединении n ветвей с равными сопротивлениями в каждой ветви, т.е. $R_1 = R_2 = \dots = R_n$:

$$R = R_n / n.$$

При параллельном соединении двух резисторов R_1 и R_2 их эквивалентное сопротивление:

$$R = R_1 R_2 / (R_1 + R_2).$$

Смешанное соединение резисторов – это последовательно-параллельное соединение резисторов или участков цепи.

Первый закон Кирхгофа. Сумма токов, направленных к узлу, равна сумме токов, направленных от узла, или алгебраическая сумма токов в узле равна нулю:

$$I_1 + I_3 + \dots + I_n = I_2 + I_4 + I_k,$$

где I_1, I_3, \dots, I_n – токи, направленные к узлу; I_2, I_4, \dots, I_k – токи, направленные от узла, или

$$\sum I = 0.$$

Со знаком «+» записывают токи, направленные к узлу, со знаком «-» – от узла.

Второй закон Кирхгофа. В замкнутом контуре электрической цепи алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений вдоль того же контура:

$$\sum E = \sum IR.$$

По этому закону при составлении уравнений ЭДС источника записывают со знаком «+», если ее направление совпадает с выбранным направлением обхода контура. Падение напряжения записывают со знаком «+», если направление тока через резистор совпадает с выбранным направлением обхода контура.

1.3. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ. ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ И УРАВНЕНИЯ

Совокупность элементов, по которым распространяется магнитный поток, называется *магнитной цепью*.

Магнитные цепи могут быть разветвленными и неразветвленными, однородными и неоднородными. В неразветвленной магнитной цепи во всех ее элементах магнитный поток одинаков. Расчет разветвленных и неразветвленных цепей обычно ведут аналогично расчету цепей постоянного тока, т.е. используют законы Ома и Кирхгофа для магнитных цепей.

В однородной магнитной цепи, образованной замкнутым магнитопроводом, магнитный поток находится в однородной среде. Неоднородной называют магнитную цепь, состоящую из участков ферромагнитного материала различного сечения с различными магнитными свойствами, имеющих воздушные зазоры.

В некоторых электротехнических устройствах вместо намагничивающих обмоток используются *постоянные магниты*. Расчет магнитной цепи в этом случае производится с учетом *кривых намагничивания* как ферромагнитного материала магнитопровода, так и материала постоянного магнита.

Магнитное поле характеризуется напряженностью H и магнитной индукцией B . Между магнитным потоком Φ , магнитной индукцией и поперечным сечением среды, проводящей данный поток, имеется следующая зависимость:

$$\Phi = BS,$$

где Φ – магнитный поток, Вб; S – площадь поперечного сечения, м²; B – индукция, Тл.

Если угол между направлением потока и площадью отличается от 90°, то

$$\Phi = BS \cos \alpha,$$

где α – угол между вектором B и перпендикуляром к поверхности.

Электромагнитная сила. На проводник с током длиной l , находящийся в магнитном поле, перпендикулярно направлению поля действует сила F , выражаемая в ньютонах (Н):

$$F = IBl.$$

Если проводник с током расположен к вектору магнитной индукции B под углом α , то силу определяют:

$$F = IBl \sin \alpha.$$

Направление электромагнитной силы определяют по правилу левой руки.

Механическую работу по перемещению проводника с током в магнитном поле на расстояние a вычисляют по формуле:

$$A = Fa = IBla = IBS = I\Phi,$$

где S – площадь, описанная проводником при его перемещении, м².

Работу выражают в джоулях (Дж).

Взаимодействие проводников с током. Электромагнит. Сила взаимодействия проводников, по которым проходят токи I_1 и I_2 , определяется

$$F = \mu_a \frac{I_1 I_2}{2\pi a} l,$$

где μ_a – абсолютная магнитная проницаемость, Гн/м; l – длина проводников, м; a – расстояние между ними, м; F – сила взаимодействия, Н.

Магнитная индукция во всех точках, расположенных на расстоянии a от оси провода:

$$B = \mu_a \frac{I}{2\pi a}.$$

Абсолютная магнитная проницаемость воздуха и всех веществ, за исключением ферромагнитных материалов, близка к абсолютной магнитной проницаемости вакуума, называемой *магнитной постоянной*: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м = $= 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн / м.

Абсолютная магнитная проницаемость вещества:

$$\mu_a = \mu_0 \mu,$$

где μ – магнитная проницаемость, показывающая, во сколько раз абсолютная магнитная проницаемость данного материала больше магнитной постоянной.

Подъемная сила электромагнита, F , (Н):

$$F = 4 \cdot 10^5 B^2 S,$$

где B – магнитная индукция, Тл; S – сечение полюса, м².

Напряженность магнитного поля. Магнитное напряжение.

Напряженность магнитного поля, H , (А / м):

$$H = B / \mu_a = B / \mu \mu_0,$$

Напряженность магнитного поля – вектор, направление которого совпадает с направлением поля в данной точке.

Произведение напряженности магнитного поля H на длину участка магнитной линии Δl называют *магнитным напряжением* и выражают в амперах (А).

Магнитное напряжение, взятое по всей длине линии магнитной индукции, называют магнитодвижущей силой (МДС) или намагничивающей силой (НС) F_m .

Напряженность магнитного поля зависит от силы тока и конфигурации намагничивающей обмотки, в которой он протекает.

Для длинного прямого проводника:

$$H = I / 2\pi l_a,$$

где l_a – расстояние от оси проводника до точки в пространстве, в котором определяется напряженность.

При протекании тока I по обмотке, имеющей w витков, развивается намагничивающая сила Iw . Напряженность магнитного поля, создаваемого этой силой, определяется по формуле

$$H = Iw / l_{cp},$$

где l_{cp} – длина средней силовой линии магнитного потока.

Закон Ома для однородной линейной магнитной цепи имеет вид

$$\Phi = Iw / R_\mu,$$

где $R_\mu = l_{cp} / \mu_a S$ – магнитное сопротивление цепи, 1/Гн.

В основе принципа действия электромагнитных устройств лежит силовое взаимодействие между магнитным полем и проводником с током или ферромагнитным материалом.

На проводник с током, расположенным под углом α к силовым линиям магнитного поля, действует сила:

$$F = BIl \sin \alpha,$$

где l – длина проводника.

Сила взаимодействия между проводниками с токами I_1 и I_2 может быть выражена следующим образом:

$$F_{12} = F_{21} = \mu_a I_1 I_2 l / 2\pi l_a,$$

где l_a – расстояние между проводниками.

Закон полного тока. Полный ток – это алгебраическая сумма токов, пронизывающих поверхность, ограниченную замкнутым контуром.

По закону полного тока намагничивающая сила, F_m , вдоль замкнутого контура равна полному току:

$$F_m = Hl.$$

Напряженность, H , (А/м) магнитного поля в точке, удаленной на расстояние R от прямолинейного проводника:

$$H = I / 2\pi R.$$

Магнитная индукция определяется по формуле

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2\pi R}.$$

Напряженность магнитного поля внутри проводника в точке, удаленной от ее оси на расстояние a :

$$H = \frac{I}{2\pi R^2} a.$$

Если $a = R$, то напряженность на поверхности такого проводника:

$$H = I / 2\pi R,$$

где R – радиус цилиндрического проводника, м.

Напряженность магнитного поля в центре кольцевого проводника:

$$H = I / 2R = I / d,$$

где R – радиус кольца, м.

Напряженность магнитного поля внутри кольцевой катушки:

$$H = Iw / 2\pi R_x,$$

где R_x – радиус от центра кольцевой катушки до искомой точки, м.

Магнитная индукция:

$$B = \mu\mu_0 H = \mu\mu_0 \frac{Iw}{2\pi R_x}.$$

Напряженность магнитного поля на средней магнитной линии кольцевой (тороидальной) катушки:

$$H = Iw / l,$$

где I – ток в обмотке катушки, А; w – число витков катушки; l – длина средней магнитной линии катушки, м.

Магнитная индукция:

$$B = \mu_a H = \mu_a \frac{Iw}{l}.$$

Магнитный поток:

$$\Phi = BS = \mu_a \frac{IwS}{l},$$

где S – площадь поперечного сечения катушки, m^2 .

Напряженность магнитного поля на оси цилиндрической катушки в любой ее точке (рис. 1.1):

$$H = \frac{Iw}{2l} \cos \alpha_1 - \cos \alpha_2 .$$

Если $d \ll l$, то $H = Iw / l$.

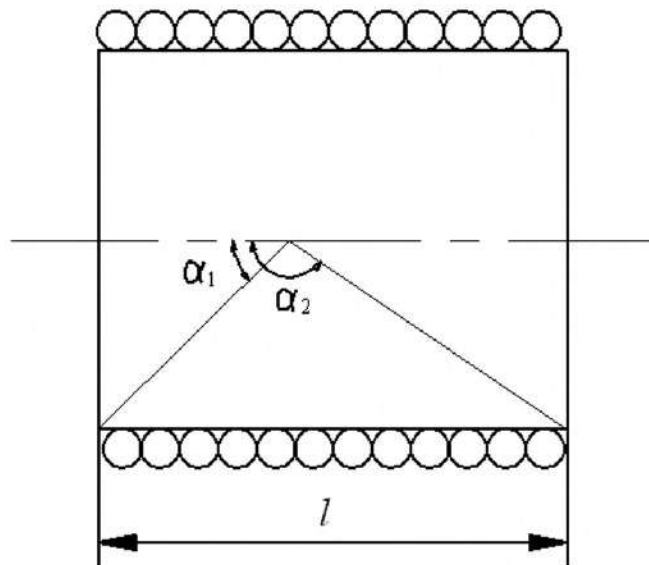


Рис. 1.1

Магнитная индукция:

$$B = \mu\mu_0 H = \mu\mu_0 \frac{Iw}{2l} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2),$$

или, по приближенной формуле, при условии $d \ll l$

$$B = \mu\mu_0 \frac{Iw}{l}.$$

Электромагнитная индукция. В проводе, перемещающемся в магнитном поле и при этом пересекающем магнитные линии, возбуждается электродвижущая сила электромагнитной индукции. Это явление называют *электромагнитной индукцией*:

$$E = Blv,$$

где E – ЭДС электромагнитной индукции, В; B – магнитная индукция, Тл; l – активная длина проводника, м; v – скорость перемещения проводника, м / с.

При движении проводника в плоскости, расположенном под углом α к вектору магнитной индукции:

$$E = Blvsin\alpha.$$

Направление наведенной ЭДС определяется правилом правой руки.

Мгновенное значение электродвижущей силы, наведенной в контуре:

$$e = -d\Phi / dt,$$

где $d\Phi / dt$ – скорость изменения магнитного потока.

ЭДС, наведенная в катушке с числом витков w ,

$$e = -w \frac{d\Phi}{dt},$$

или

$$e = -\frac{d\Psi}{dt},$$

где Ψ – потокосцепление, Вб; $\Psi = \Phi w$.

Индуктивность. Коэффициент пропорциональности между потокосцеплением самоиндукции Ψ_L и током I катушки или контура при неизменной магнитной проницаемости среды называют *индуктивностью* L и выражают в Генри (Гн):

$$L = \Psi_L / I.$$

Индуктивность катушки определяет ее способность создавать магнитное поле при прохождении через нее тока:

$$L = \Phi w / I,$$

где Φ – магнитный поток одного витка, Вб; w – число витков катушки; I – ток, А.

Индуктивность катушки зависит от числа витков и магнитного сопротивления магнитопровода, на который она намотана:

$$L = w^2 / R_\mu,$$

где $R_\mu = \frac{l}{\mu\mu_0 S}$ – магнитное сопротивление, 1 / Гн; l – длина магнитопровода, м;

S – площадь его сечения, м²; μ – относительная магнитная проницаемость; μ_0 – абсолютная магнитная проницаемость вакуума или магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Катушка индуктивности обладает энергией магнитного поля, преобразующейся в энергию электрического поля при подключении ее к источнику:

$$W = LI^2 / 2.$$

Явление возникновения ЭДС в контуре, вызванное изменением тока i в этом же контуре, называют *самоиндукцией*, а наведенная при этом ЭДС называется ЭДС самоиндукции:

$$e_L = -\frac{d\Psi_L}{dt},$$

или

$$e_L = -L \frac{di}{dt}.$$

Энергия магнитного поля. Для кольцевой катушки энергия магнитного поля, выражаемая в джоулях (Дж):

$$W = \Psi I / 2 = LI^2 / 2.$$

Взаимная индукция. Два контура (катушки) индуктивно связаны, если часть магнитного потока Φ_{12} , созданного током первого контура, пронизывает второй контур, а часть потока, вызванного током второго контура Φ_{21} , пронизывает первый контур.

Поток Φ_{12} с витками второго контура (катушки) образует потокосцепление:

$$\Psi_{12} = w_2 \Phi_{12}.$$

Аналогично, поток Φ_{21} образует с витками первого контура (катушки) потокосцепление:

$$\Psi_{21} = w_1 \Phi_{21}.$$

Отношение потокосцепления одного контура (катушки) Ψ_{12} (Ψ_{21}) к току i_1 (i_2) другого контура (катушки), возбуждающего это потокосцепление, называют *взаимной индуктивностью контуров* (катушек):

$$M = M_{12} = M_{21} = \frac{\Psi_{12}}{i_1} = \frac{\Psi_{21}}{i_2} = \frac{w_2 \Phi_{12}}{i_1} = \frac{w_1 \Phi_{21}}{i_2},$$

где M – взаимная индуктивность, Гн.

Взаимная индуктивность зависит от числа витков катушек, их размеров, конфигурации, взаимного расположения и магнитной проницаемости среды.

При изменении тока i_1 во втором контуре наводится ЭДС взаимной индукции:

$$e_{M_2} = -\frac{d\Psi_{12}}{dt} = -M \frac{di_1}{dt},$$

а в первом – ЭДС самоиндукции:

$$e_{L_1} = -L_1 \frac{di_1}{dt}.$$

При изменении тока i_2 в первом контуре наводится также ЭДС взаимной индукции:

$$e_{M_1} = -\frac{d\Psi_{21}}{dt} = -M \frac{di_2}{dt},$$

а во втором контуре – ЭДС самоиндукции:

$$e_{L_2} = -L_2 \frac{di_2}{dt}.$$

Расчет цепей с катушками индуктивности существенно усложняется при наличии взаимной индуктивности, которая связана с ЭДС взаимоиндукции магнитной связи между катушками. Взаимная индуктивность M зависит от индуктивностей первой и второй катушек и коэффициента связи $k_{св}$, показывающего, какая часть магнитного потока одной катушки пронизывает витки другой:

$$M = k_{св} \sqrt{L_1 L_2} = w_1 w_2 / R_{\mu}.$$

Эквивалентная индуктивность $L_{\text{ЭКВ}}$ двух последовательно соединенных катушек, между которыми имеется индуктивная связь, равна:

$$L_{\text{ЭКВ}} = L_1 + L_2 \pm 2M.$$

При параллельном соединении катушек соотношение между токами равно:

$$I_2/I_1 = L_1 \pm M / L_2 \pm M .$$

В этих формулах при одинаковом направлении токов относительно начала обмоток ставится плюс, а минус – при противоположных направлениях токов.

ГЛАВА 4. ПОЯСНЕНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ, НАЗНАЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В главе приведены различные схемные решения. Ставится задача по буквенным и графическим условным обозначениям, приведенным на схемах, определить тип, назначение аппаратов, используемых в конкретной схеме, и выбрать их по справочникам и каталогам. Описать принцип работы электрической схемы, приведенной в задании, последовательность ее включения и отключения. Графические и буквенные обозначения аппаратов привести в соответствии с ГОСТ. Составить перечень элементов используемых электрических и электронных аппаратов согласно действующим стандартам.

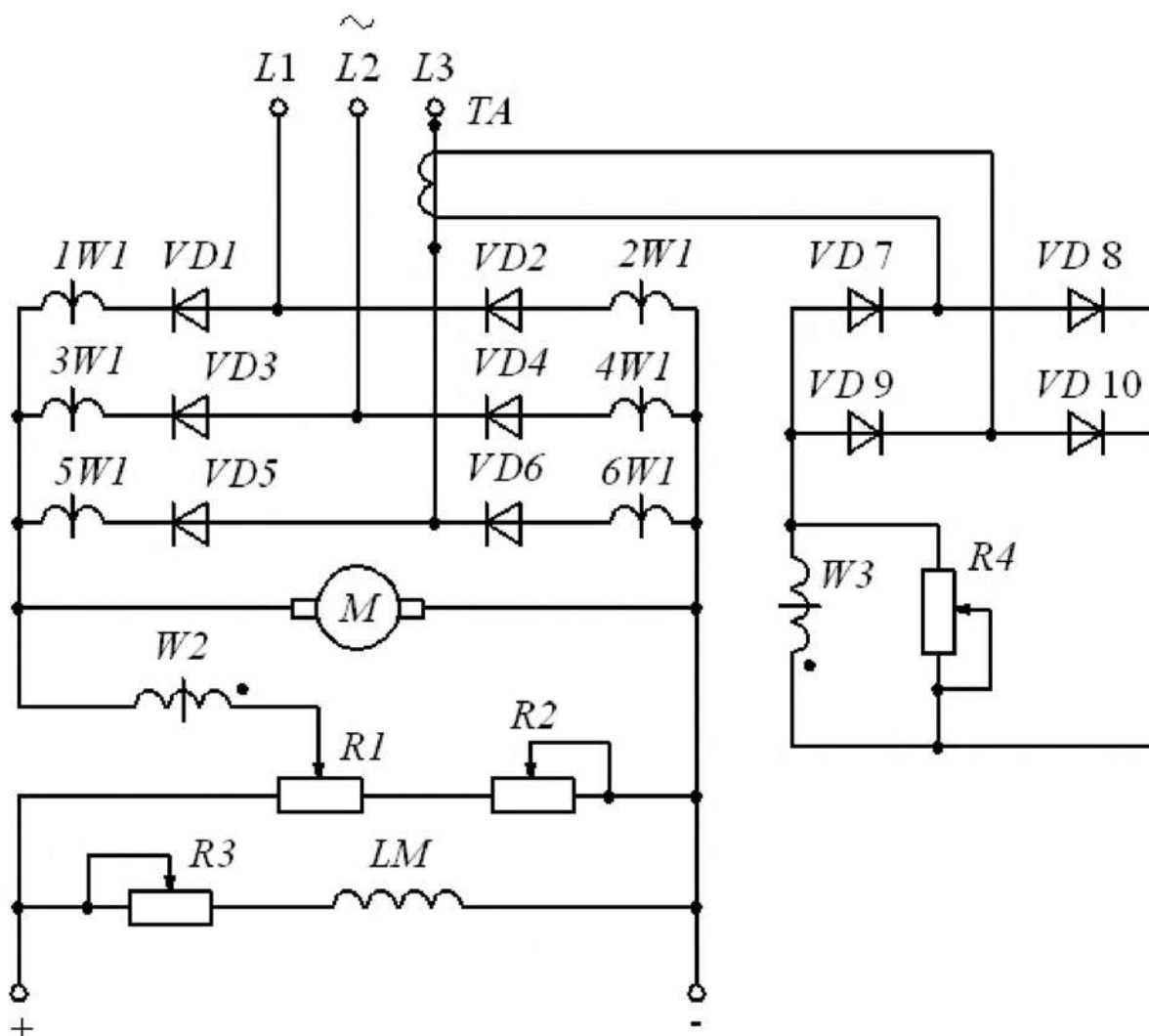


Рис. 4.1

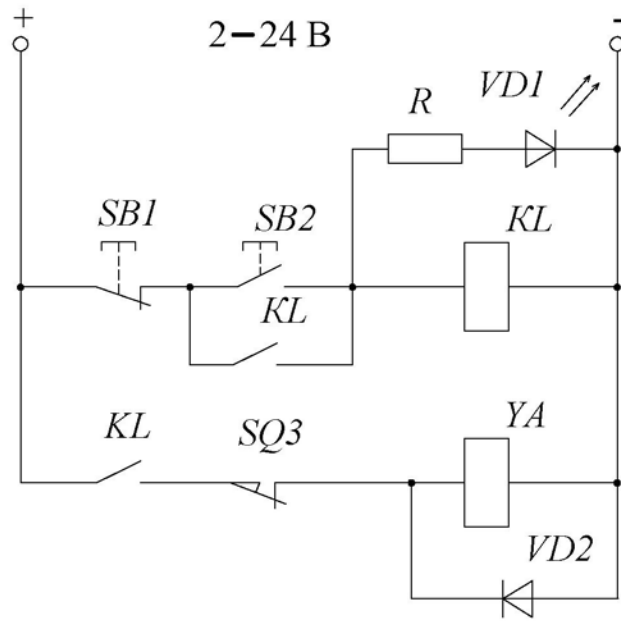


Рис. 4.2

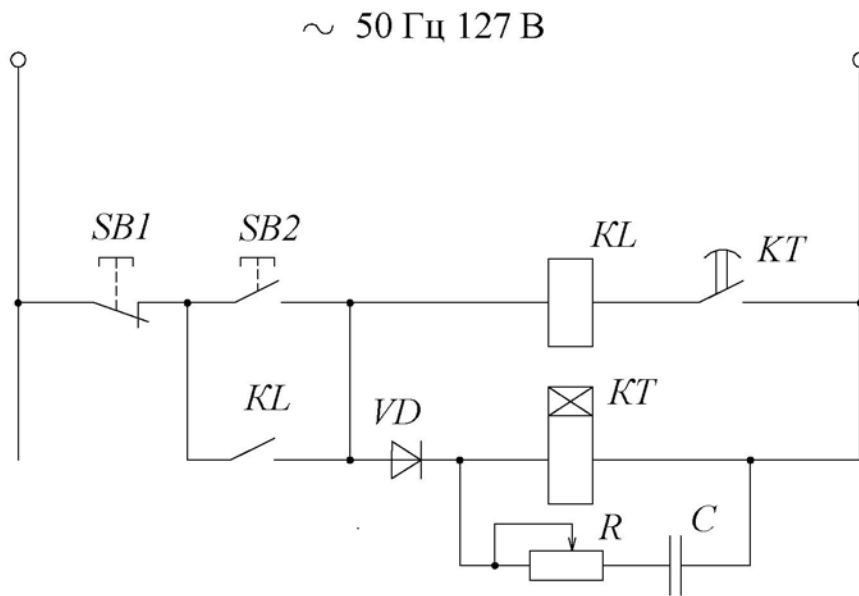


Рис. 4.3

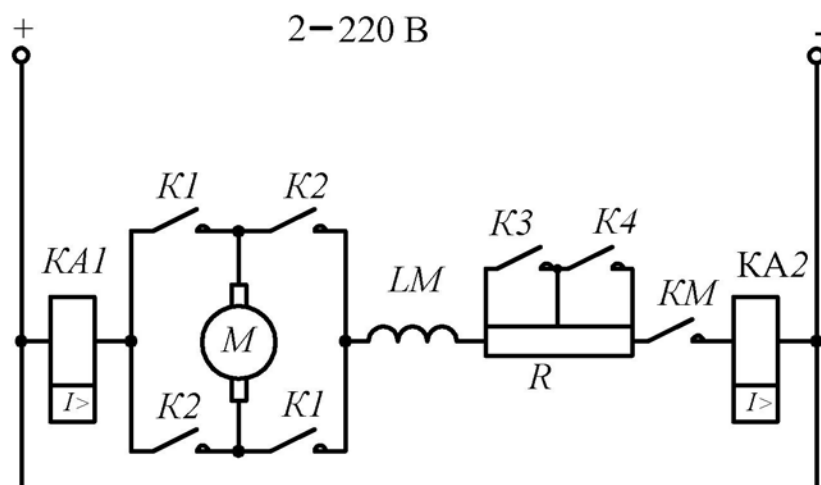


Рис. 4.4

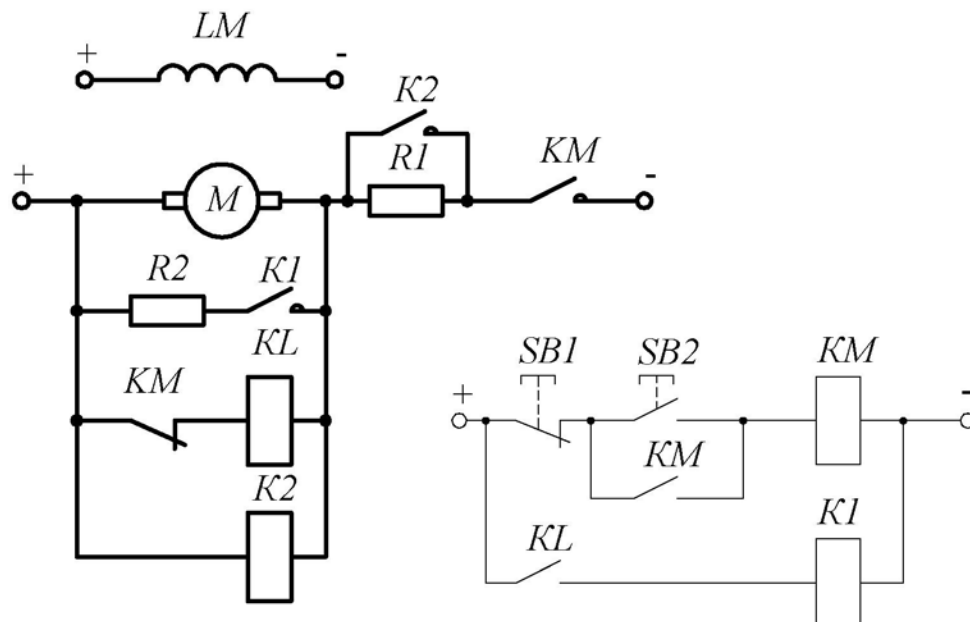


Рис. 4.5

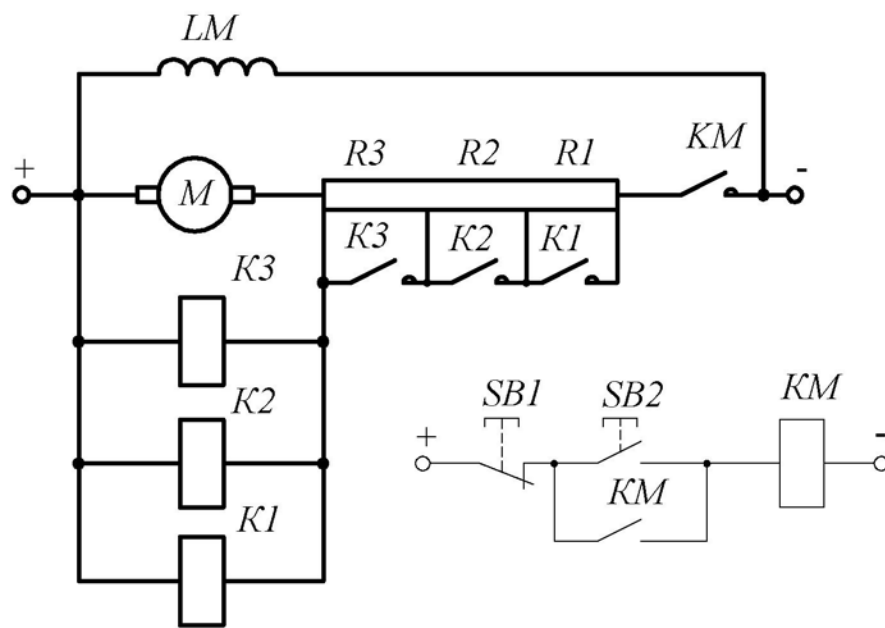


Рис. 4.6

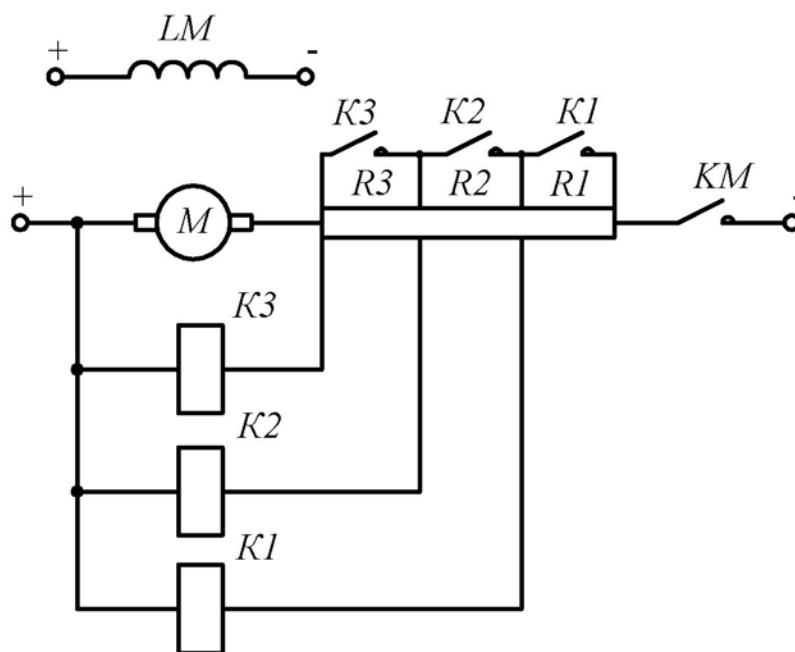


Рис. 4.7

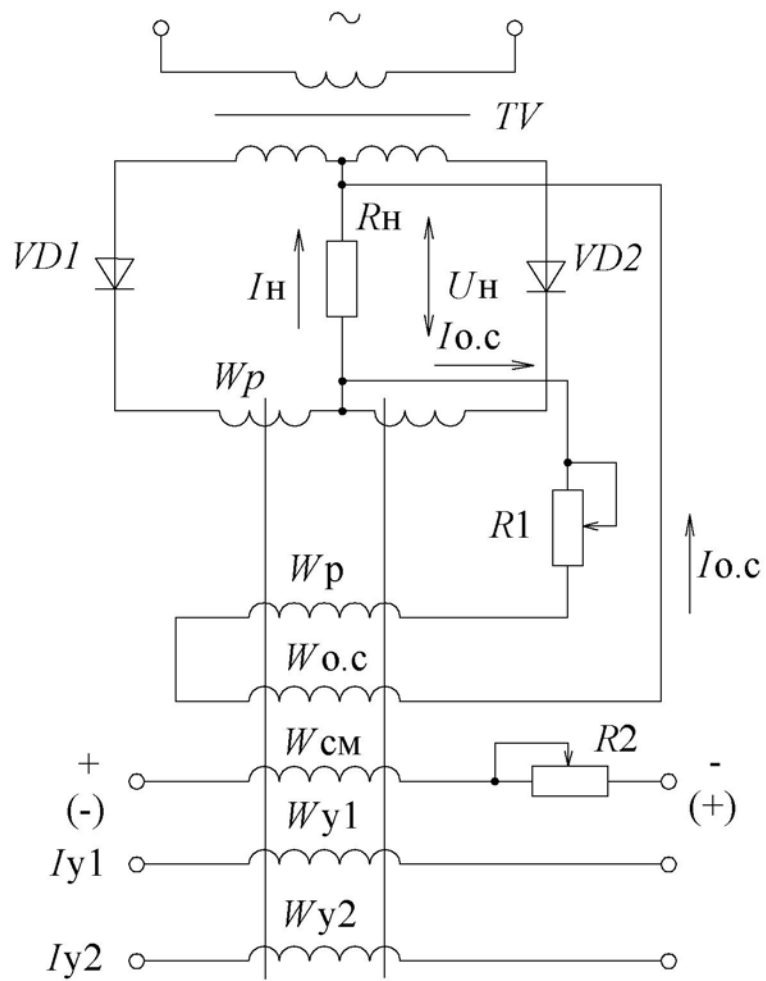


Рис. 4.8

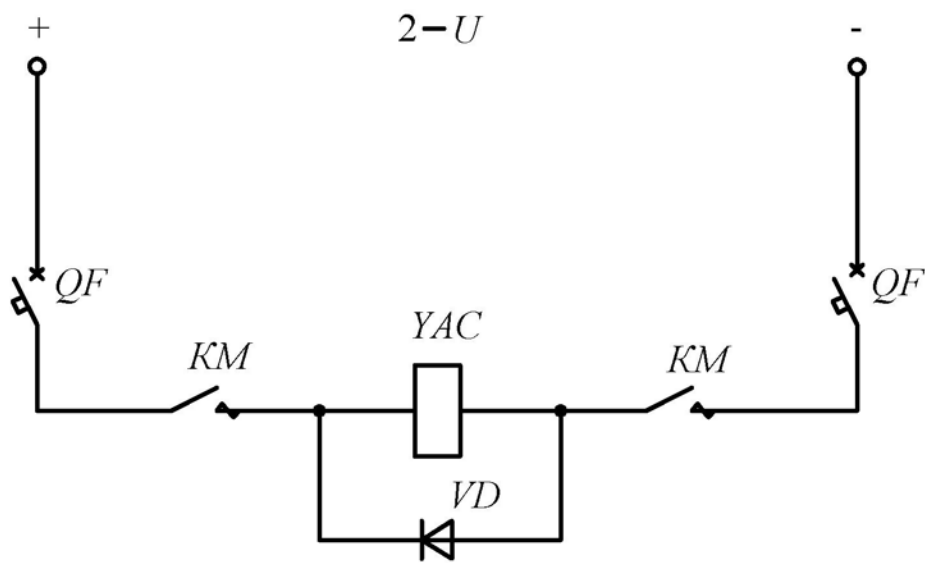


Рис. 4.9

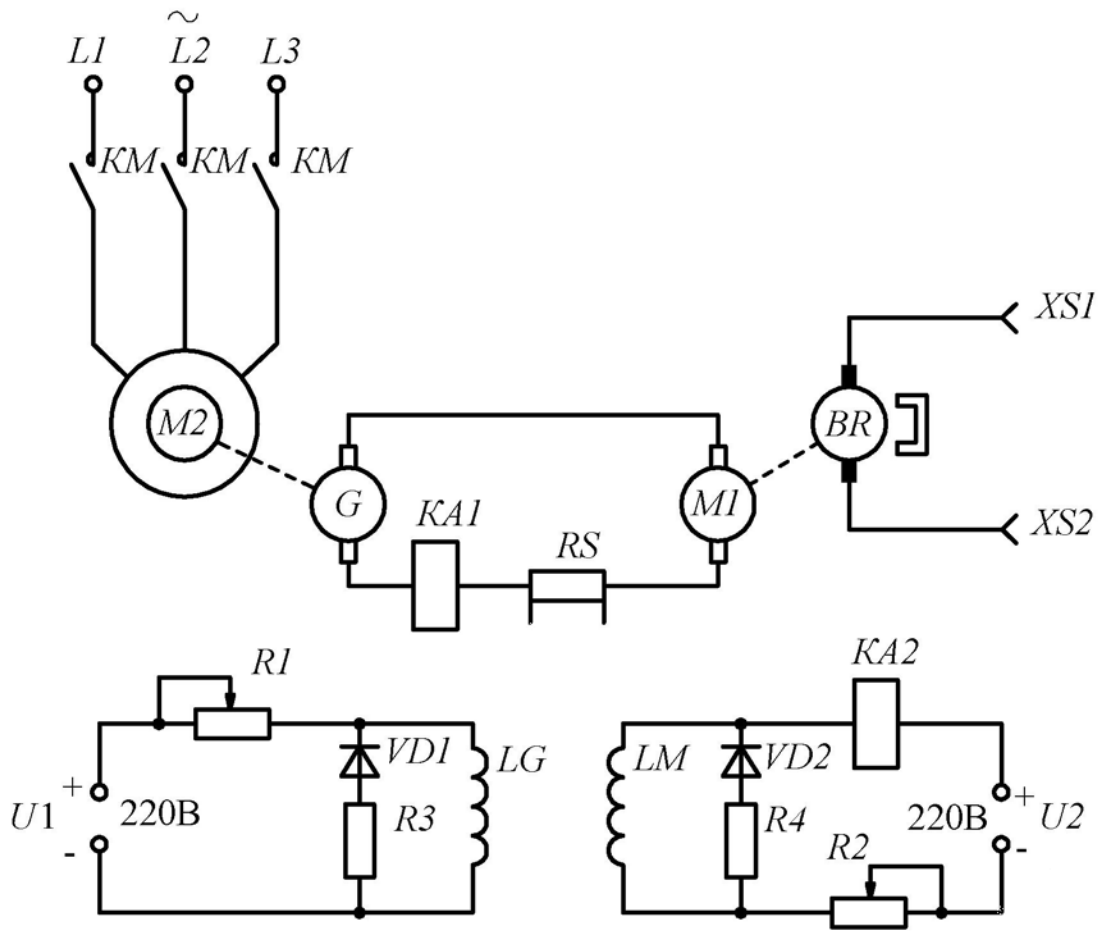


Рис. 4.10

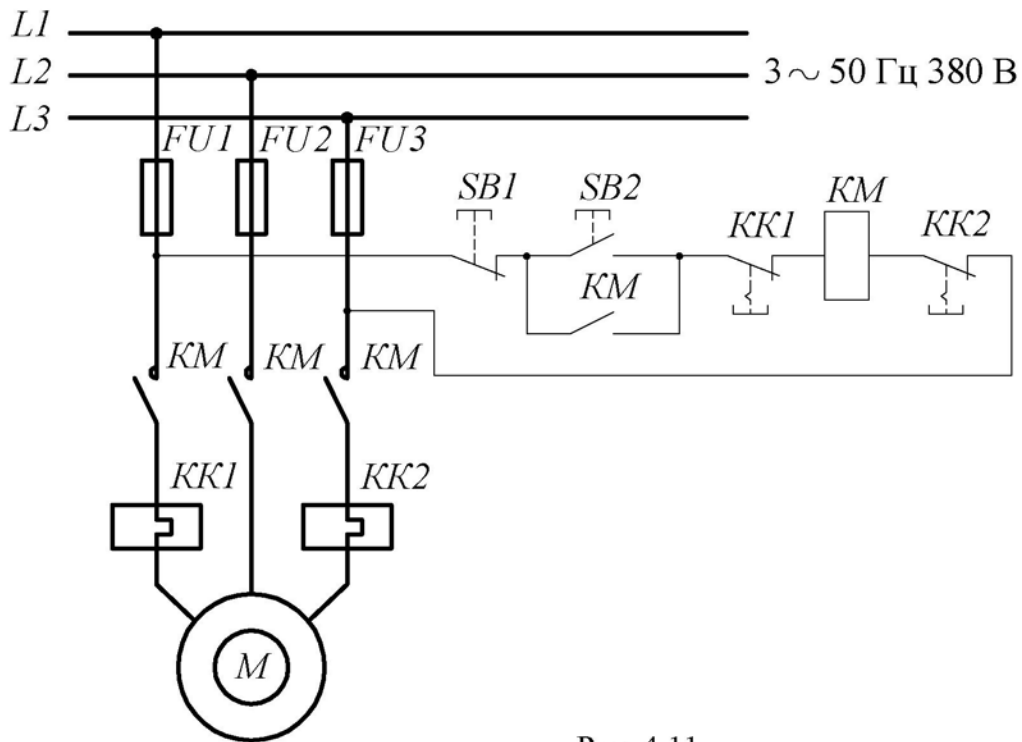


Рис. 4.11

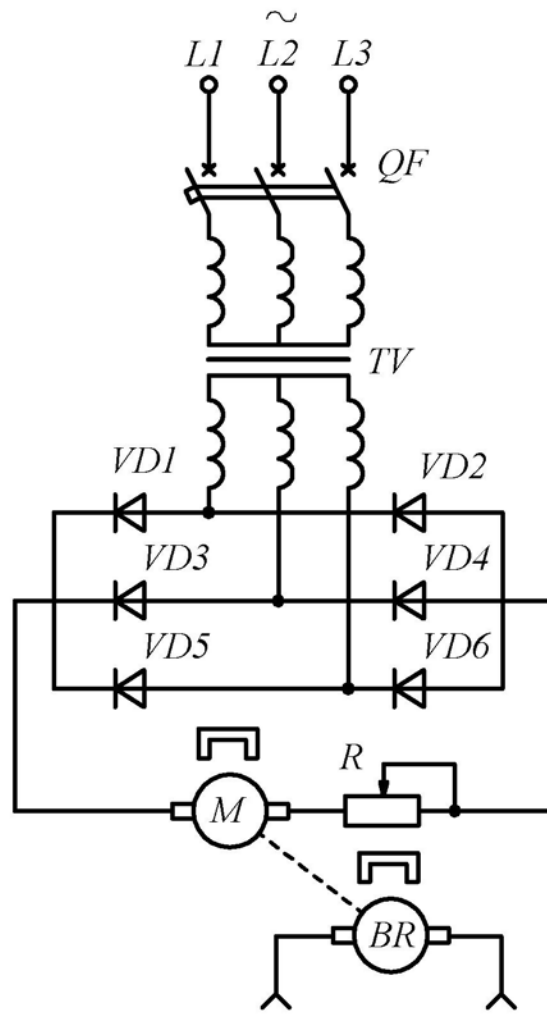


Рис. 4.12

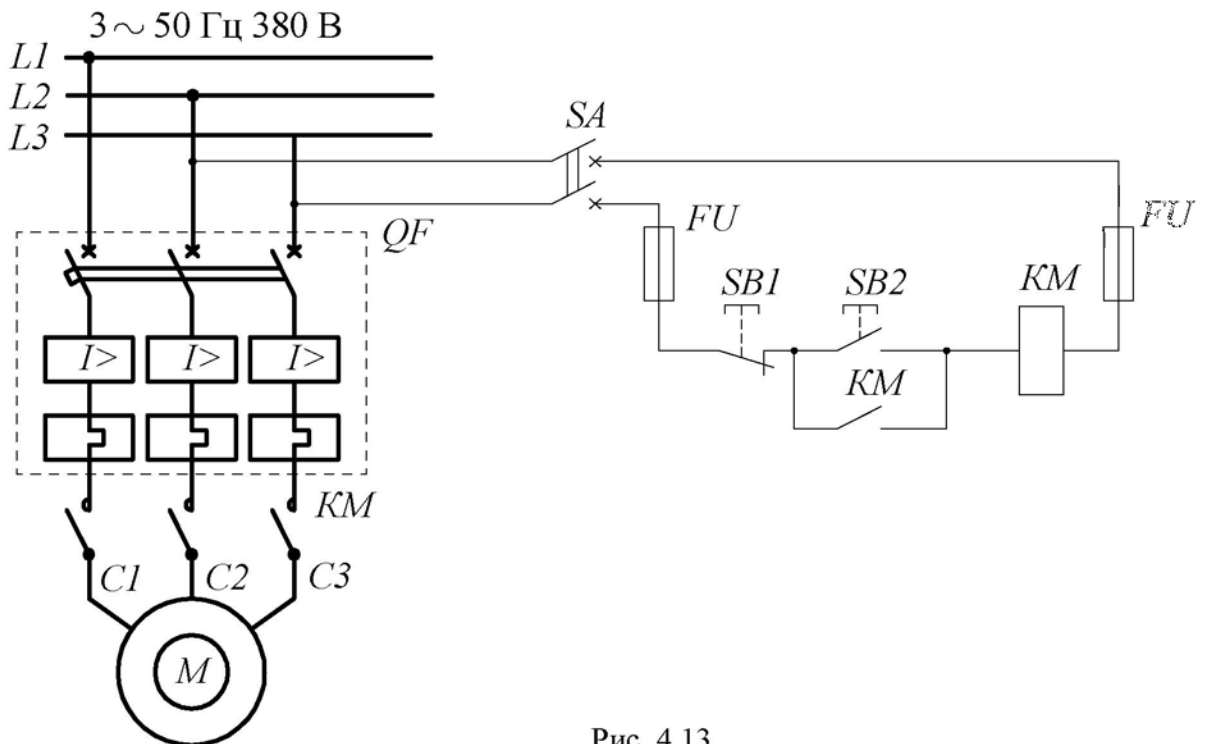


Рис. 4.13

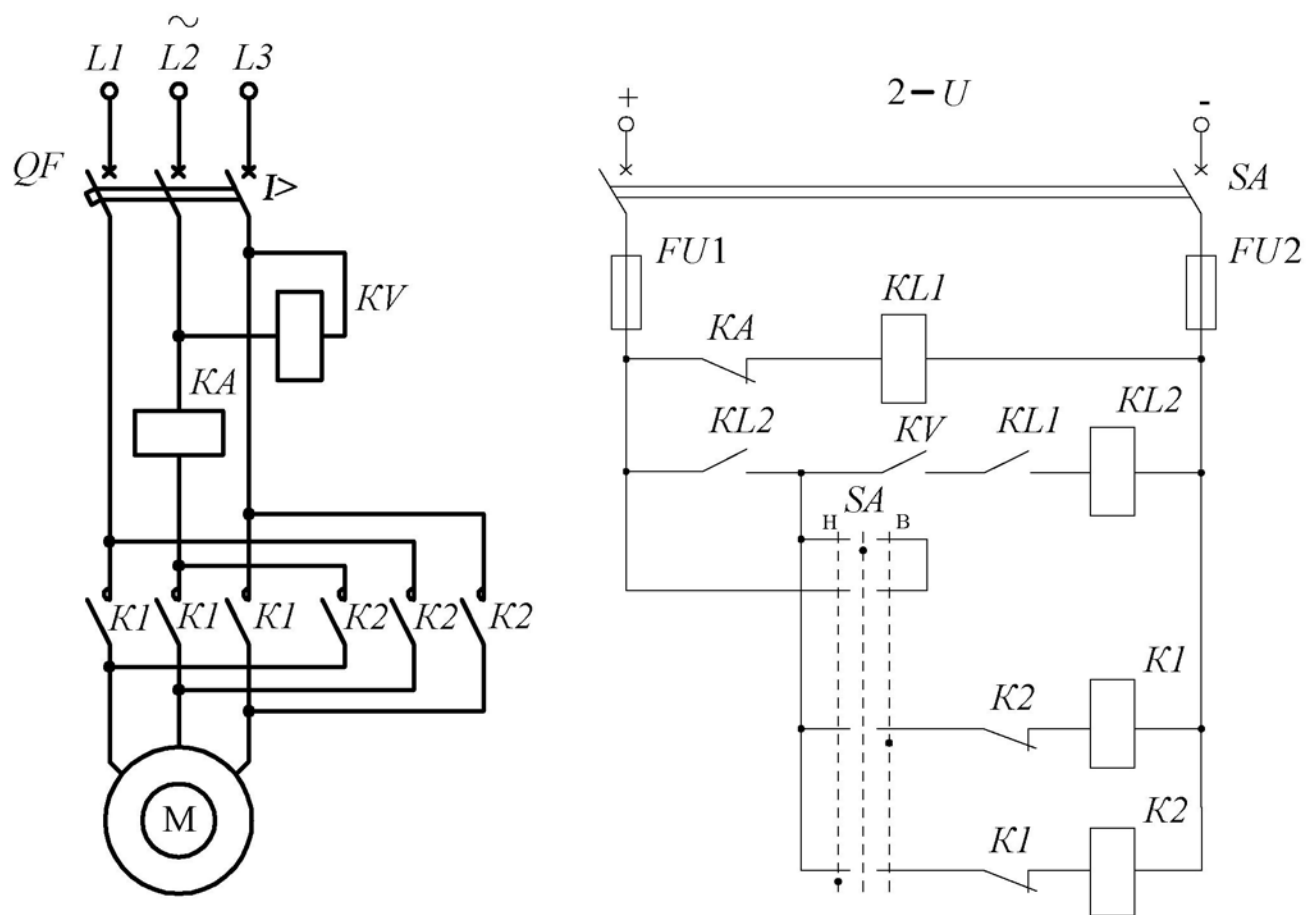


Рис. 4.14

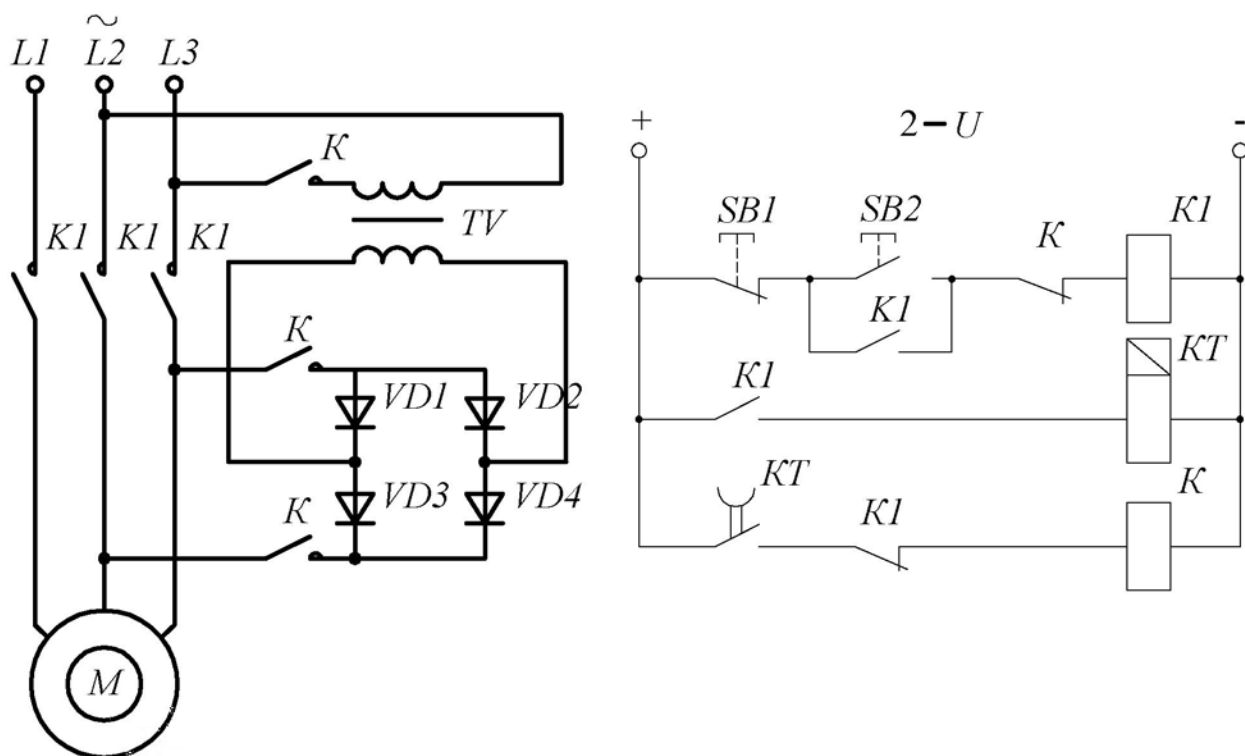


Рис. 4.15

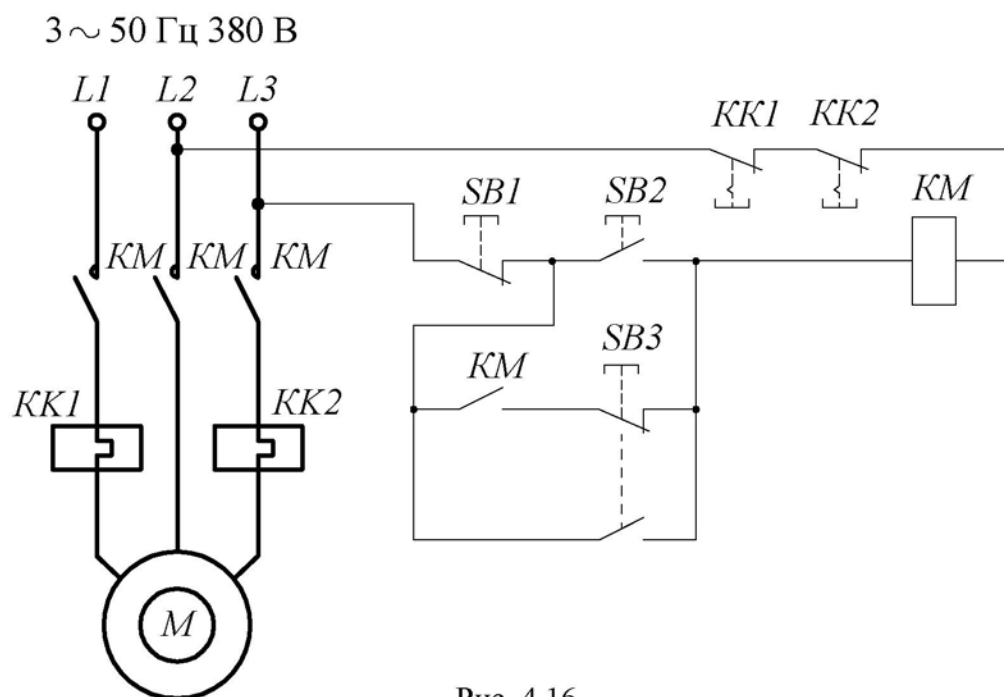


Рис. 4.16

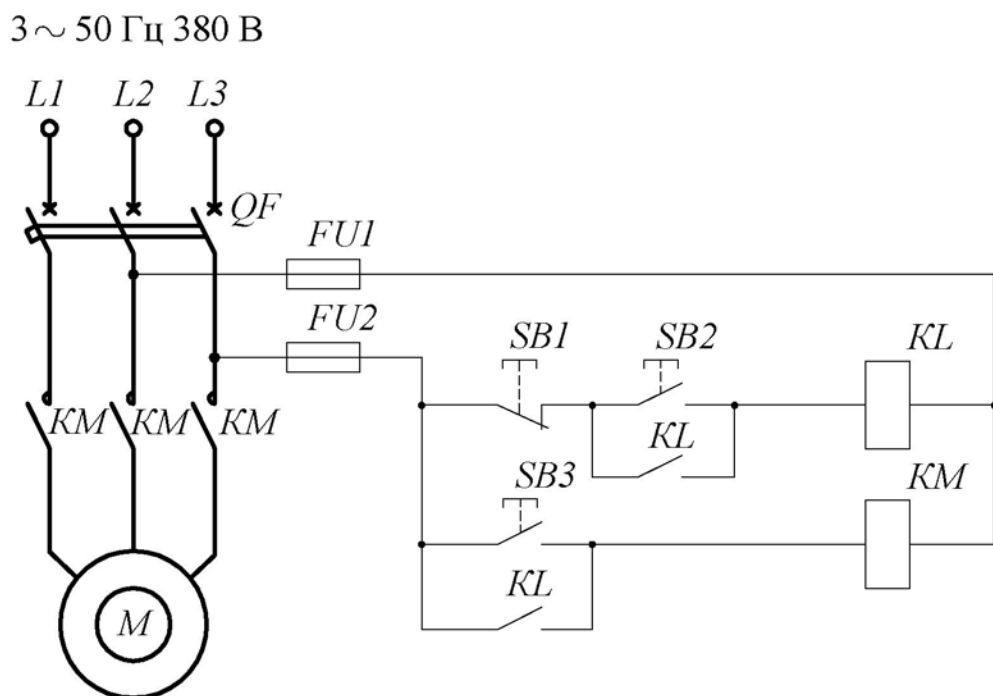


Рис. 4.17

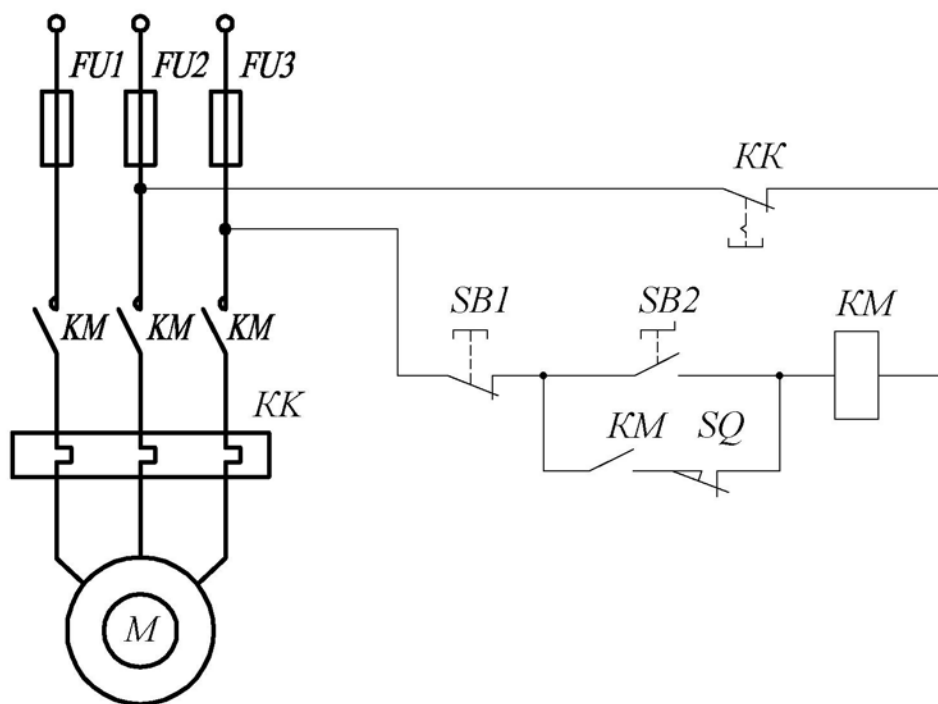


Рис. 4.18

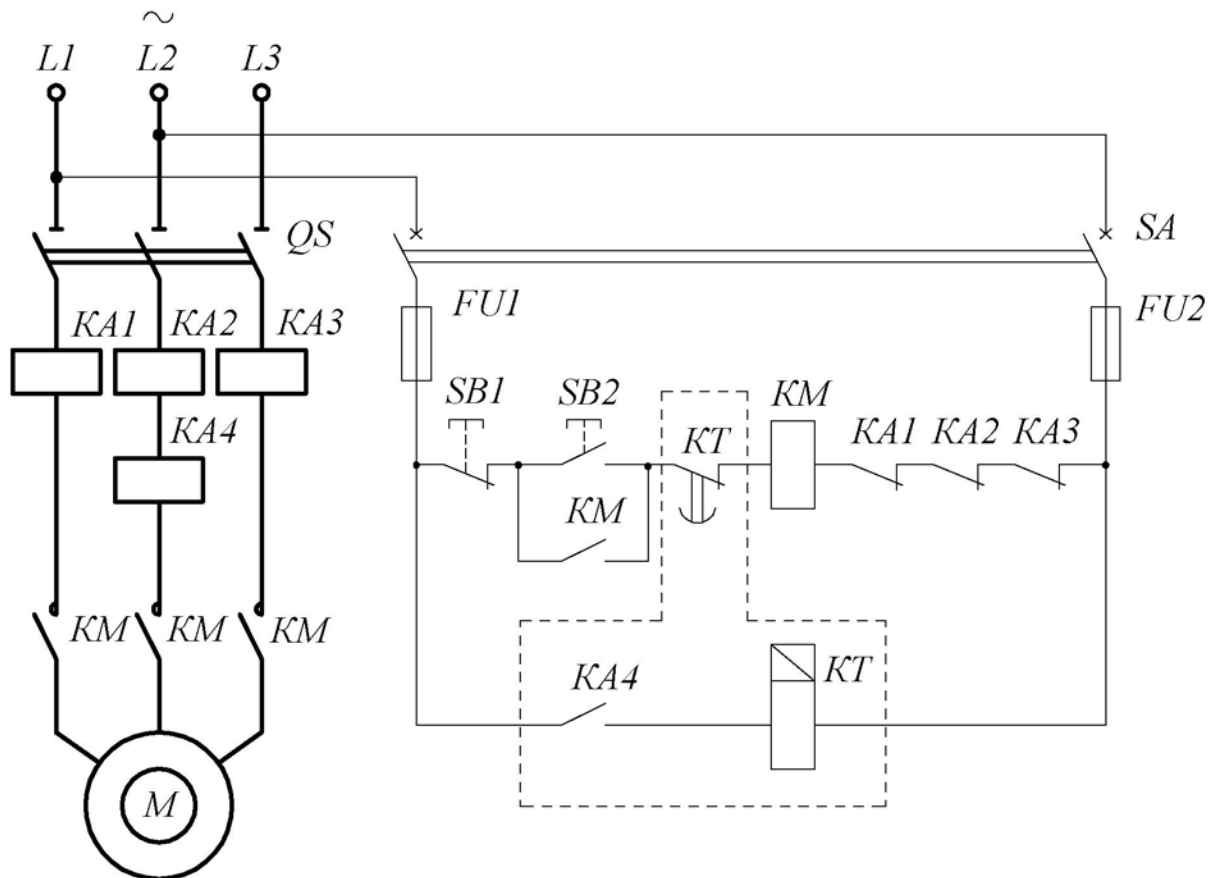


Рис. 4.19

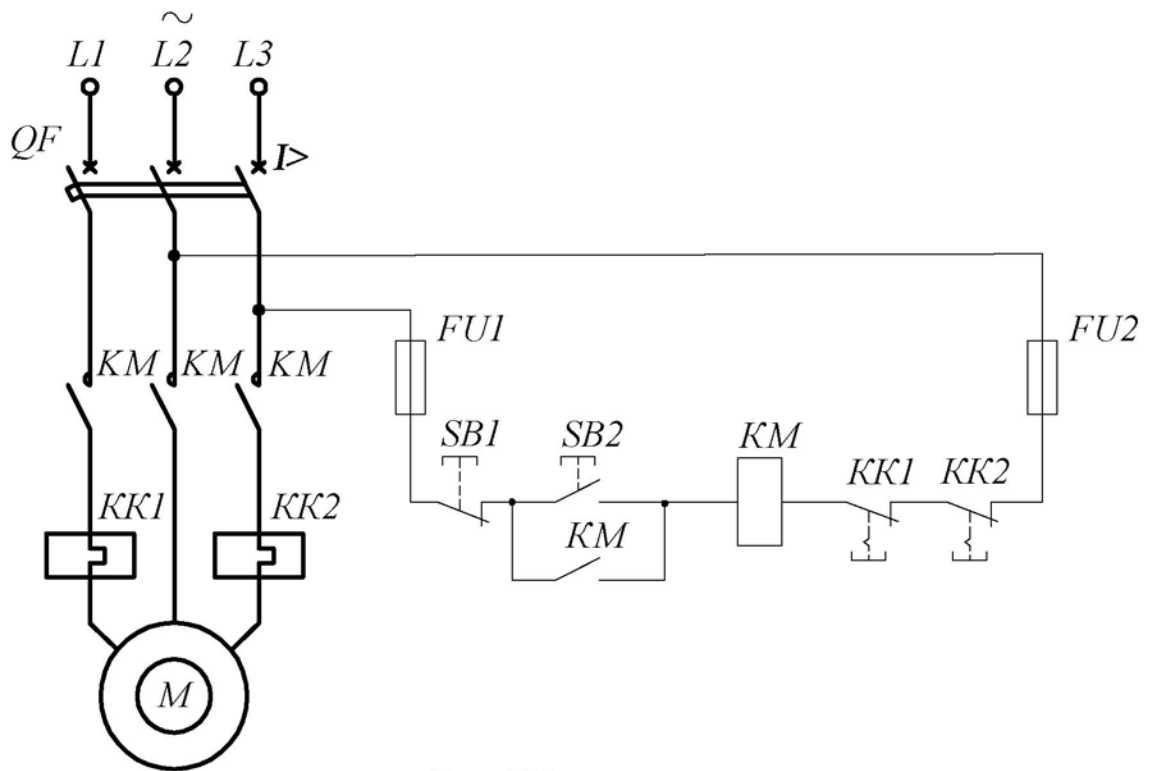


Рис. 4.20

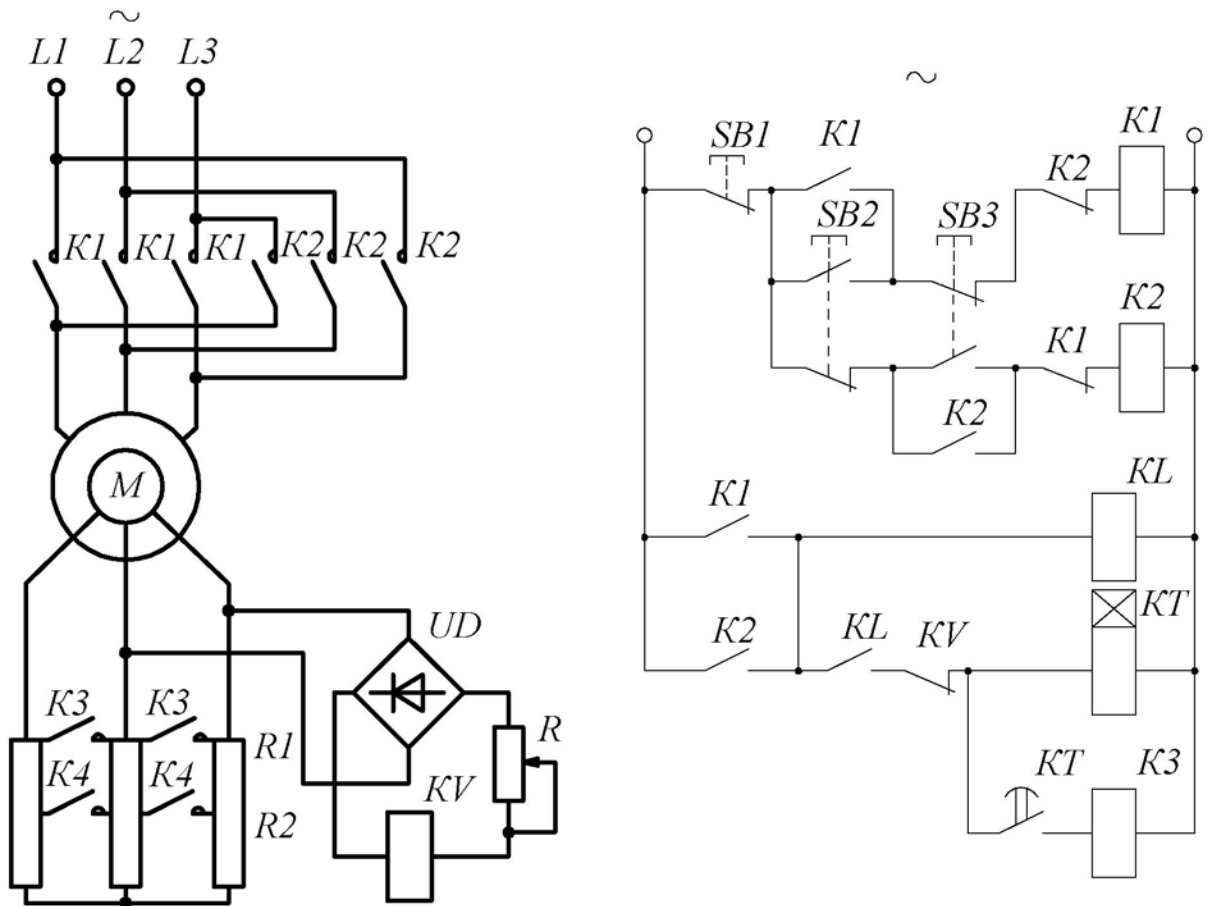


Рис. 4.21

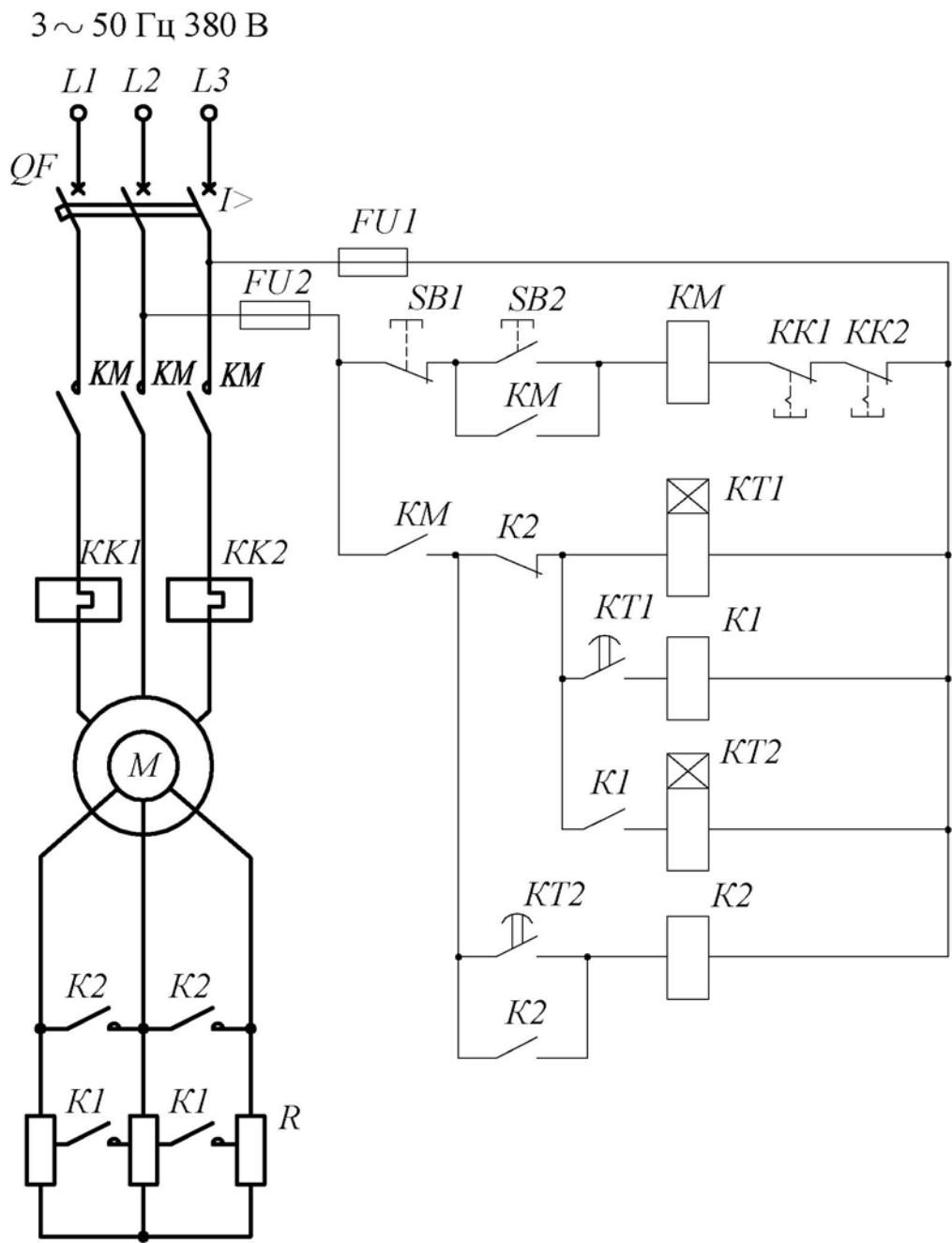


Рис. 4.22

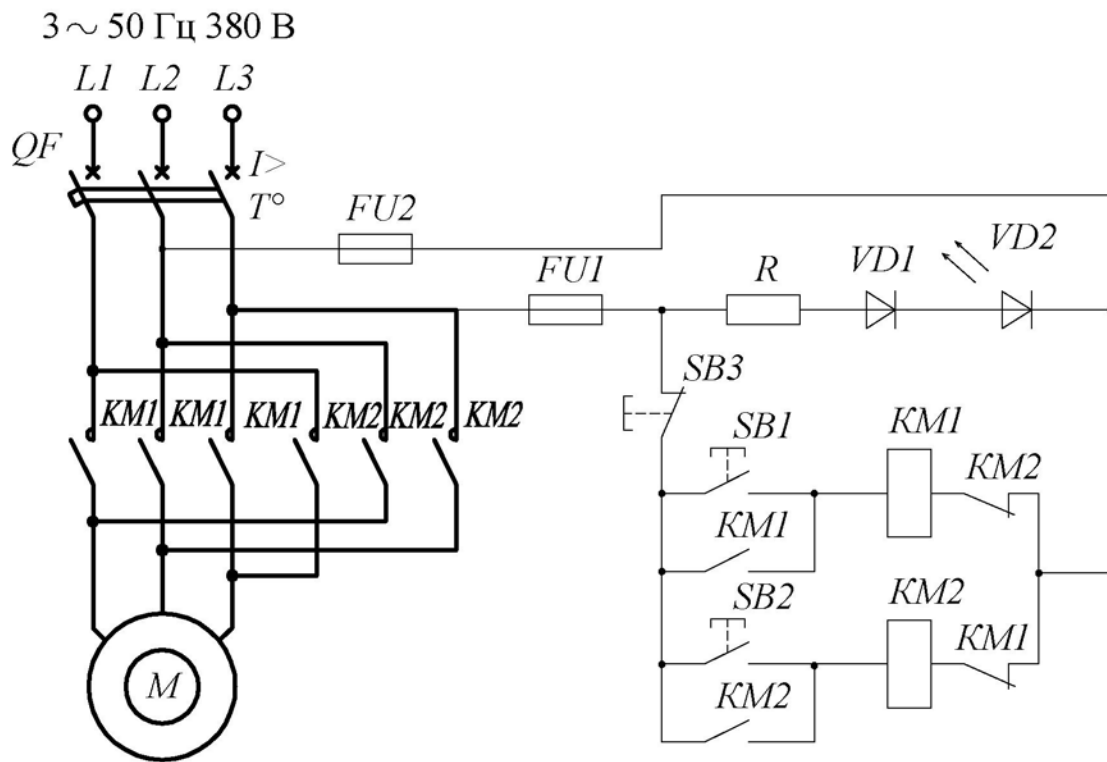


Рис. 4.23

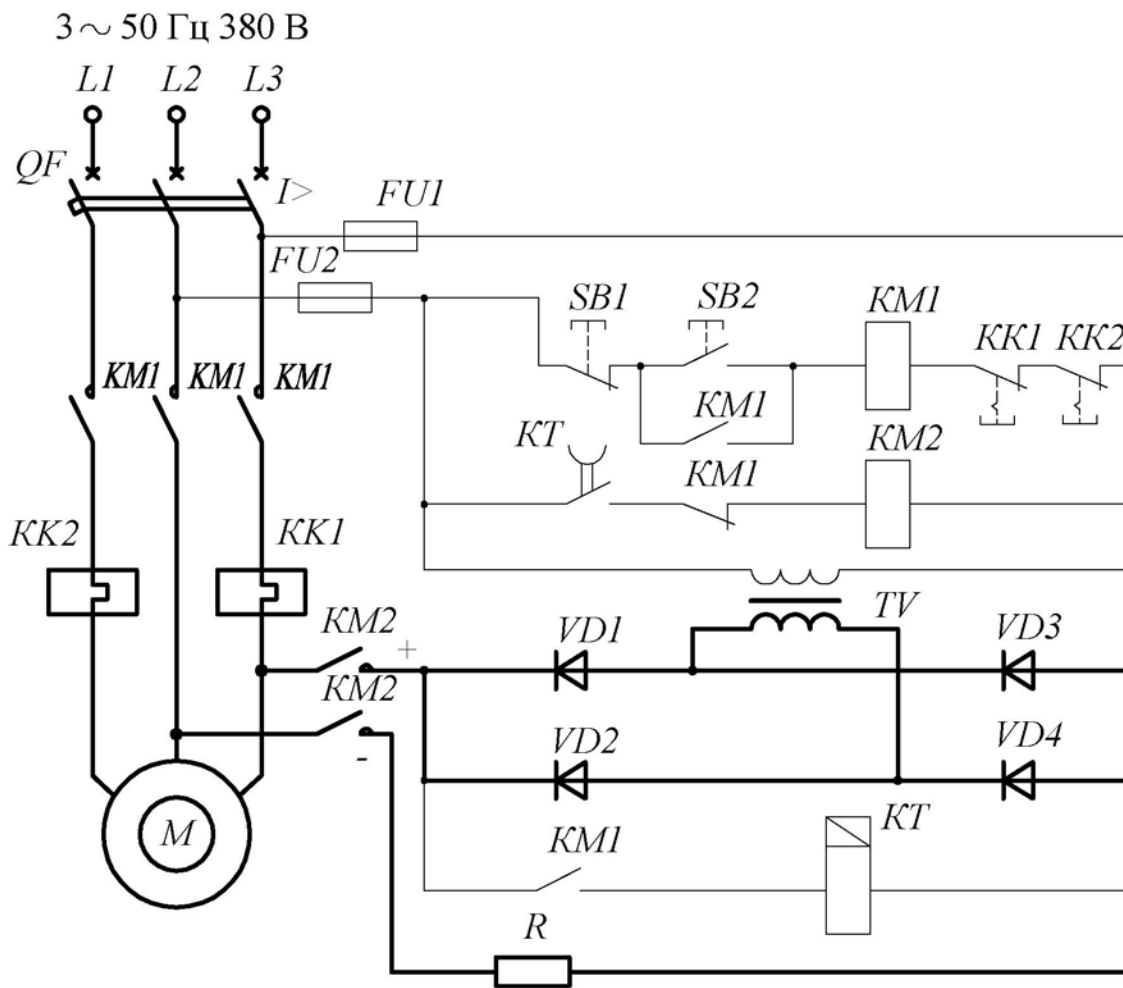


Рис. 4.24

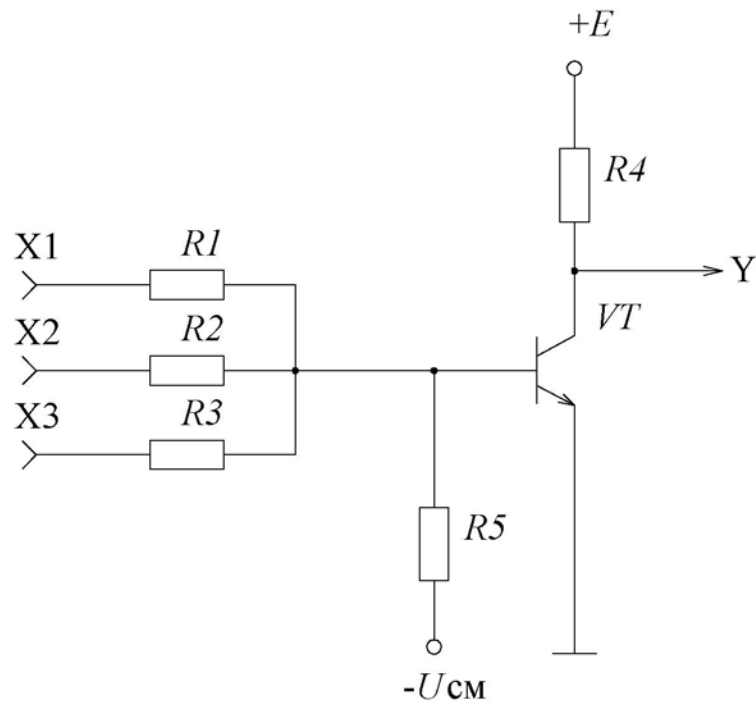


Рис. 4.25

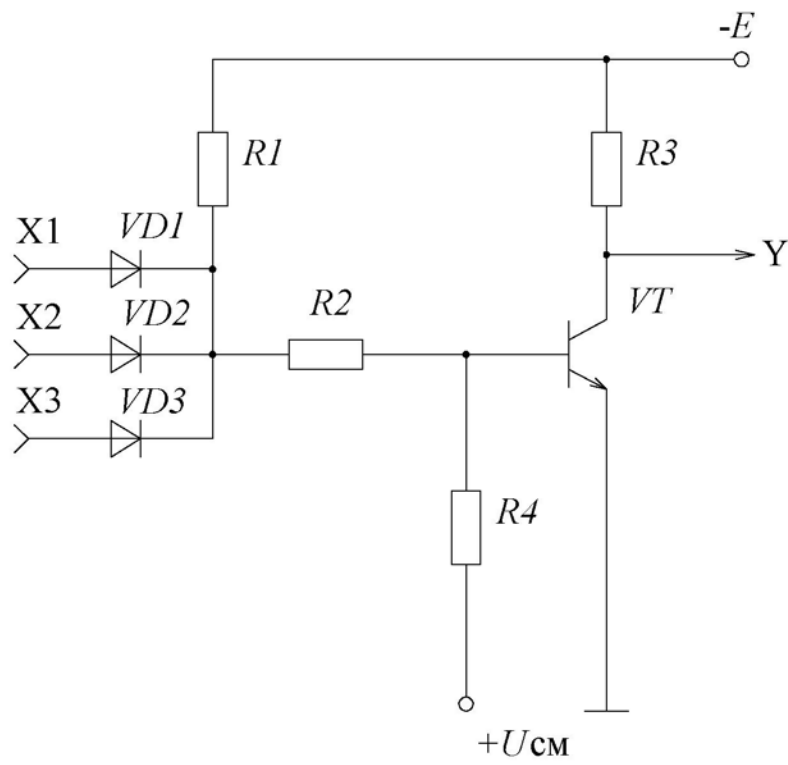


Рис. 4.26

3 ~ 50 Гц 380 В

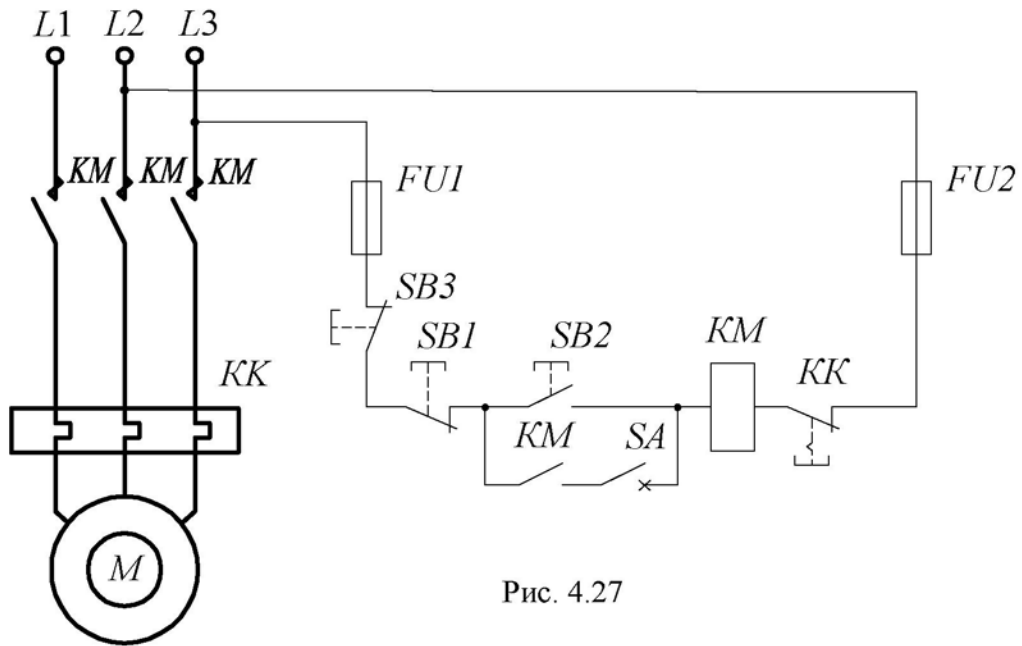


Рис. 4.27

3 ~ 50 Гц 380 В

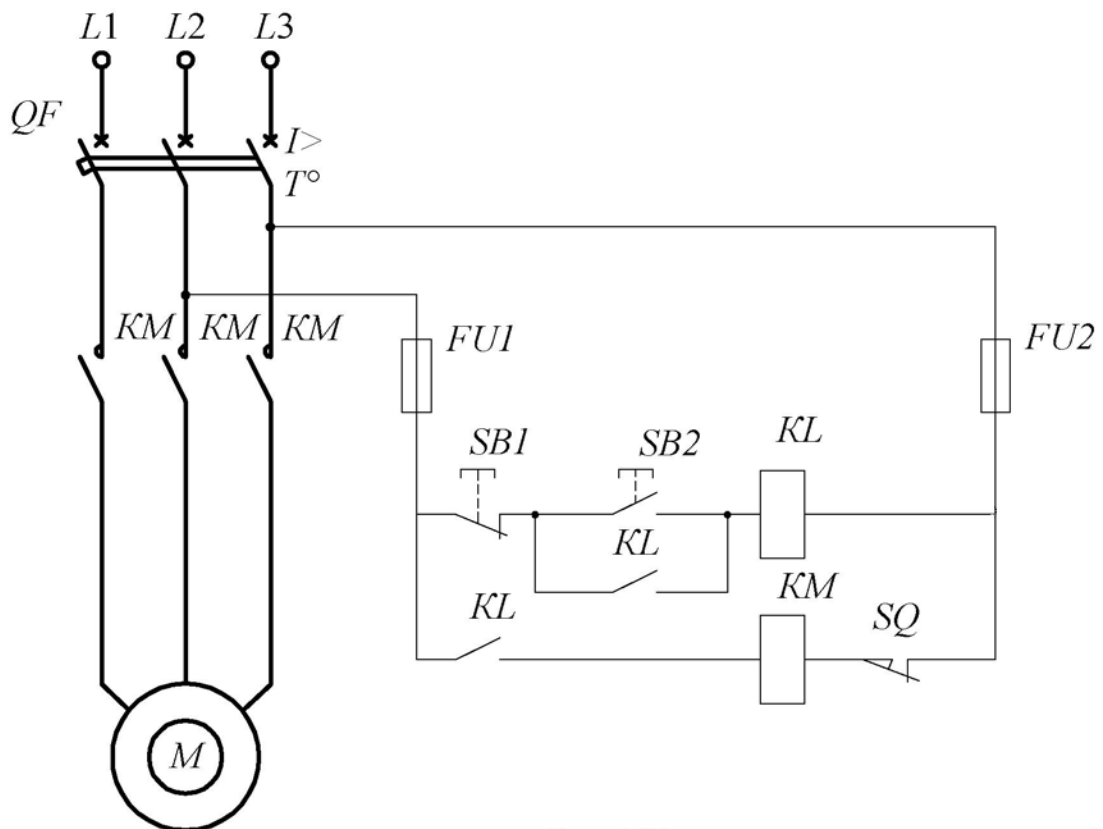


Рис. 4.28

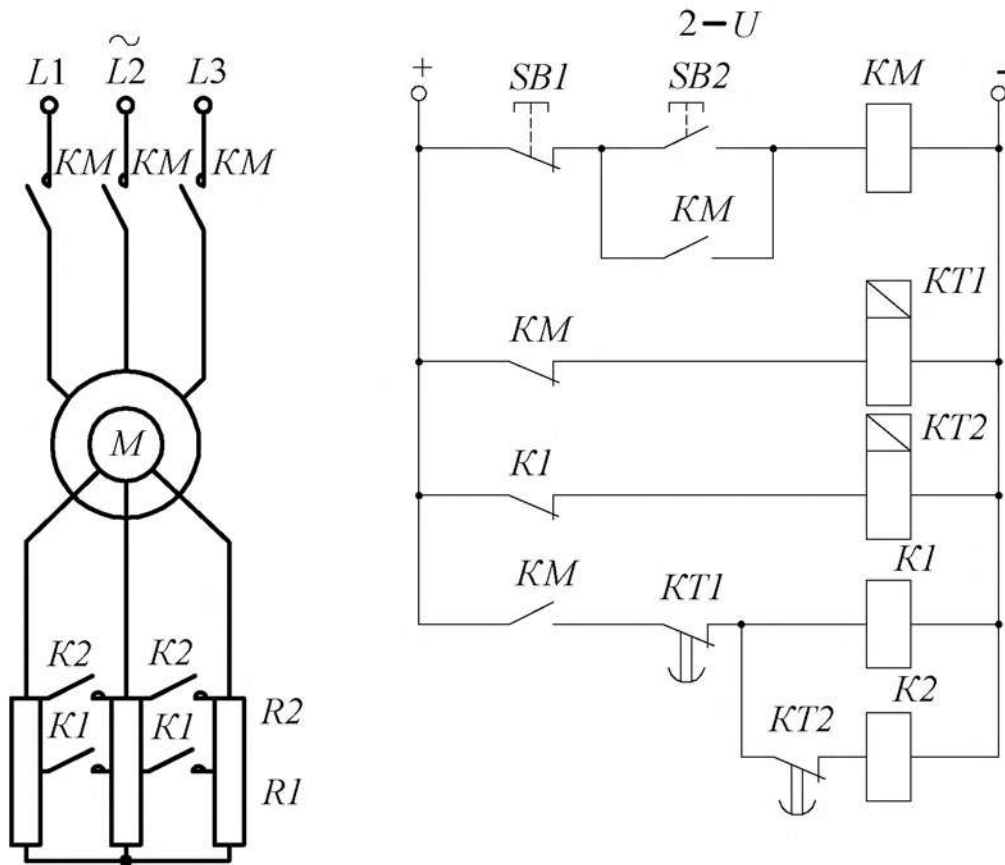


Рис. 4.29

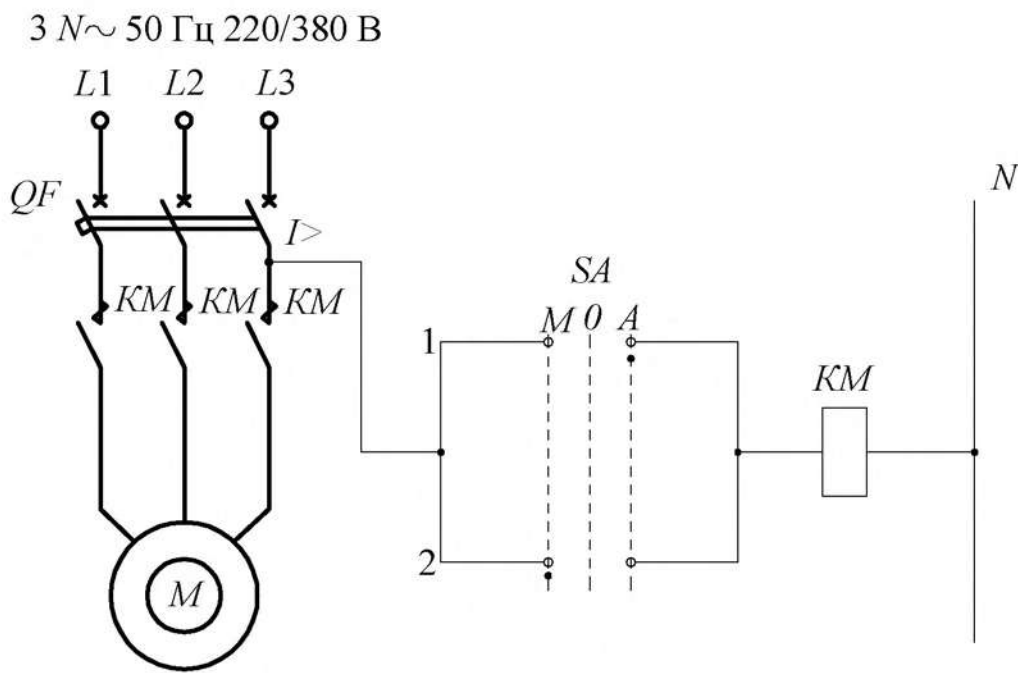


Рис. 4.30

3 ~ 50 Гц 380 В

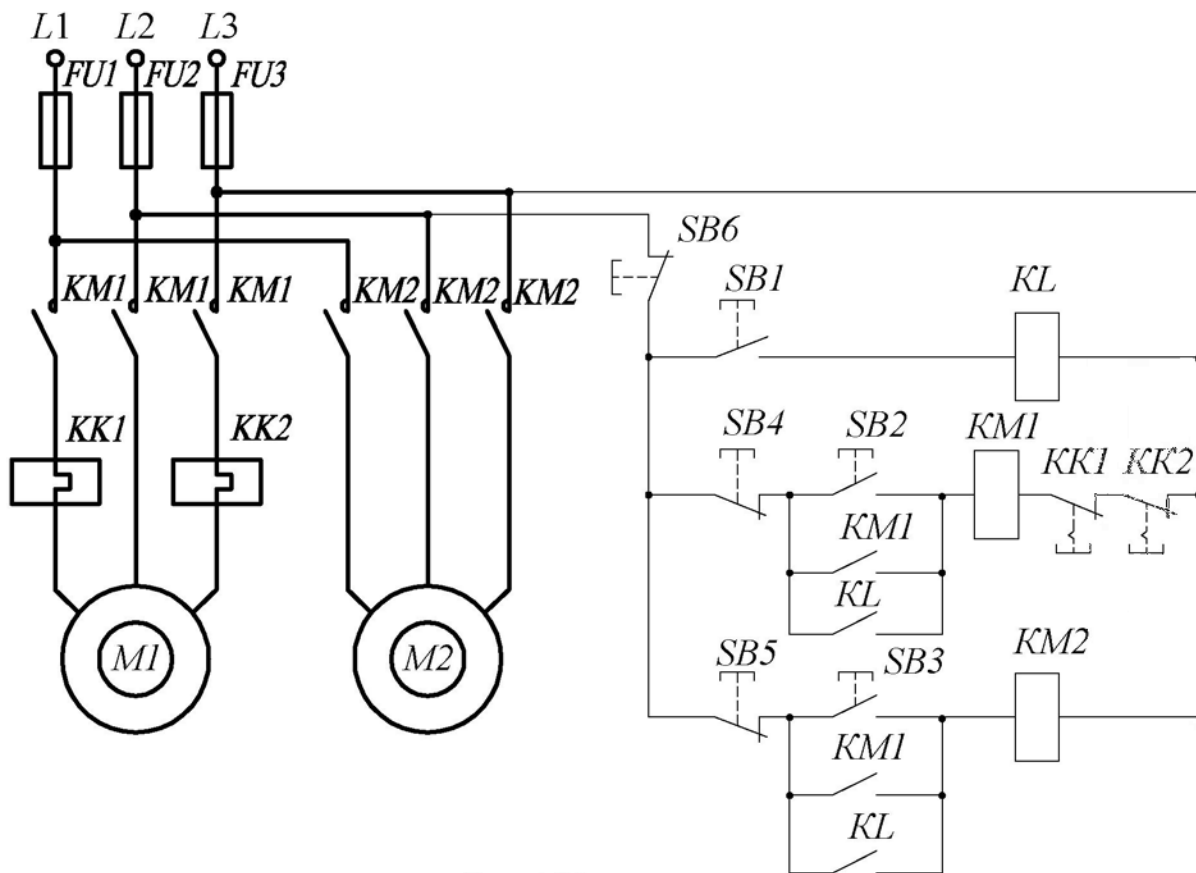


Рис. 4.31

3 N PE ~ 50 Гц 220/380 В

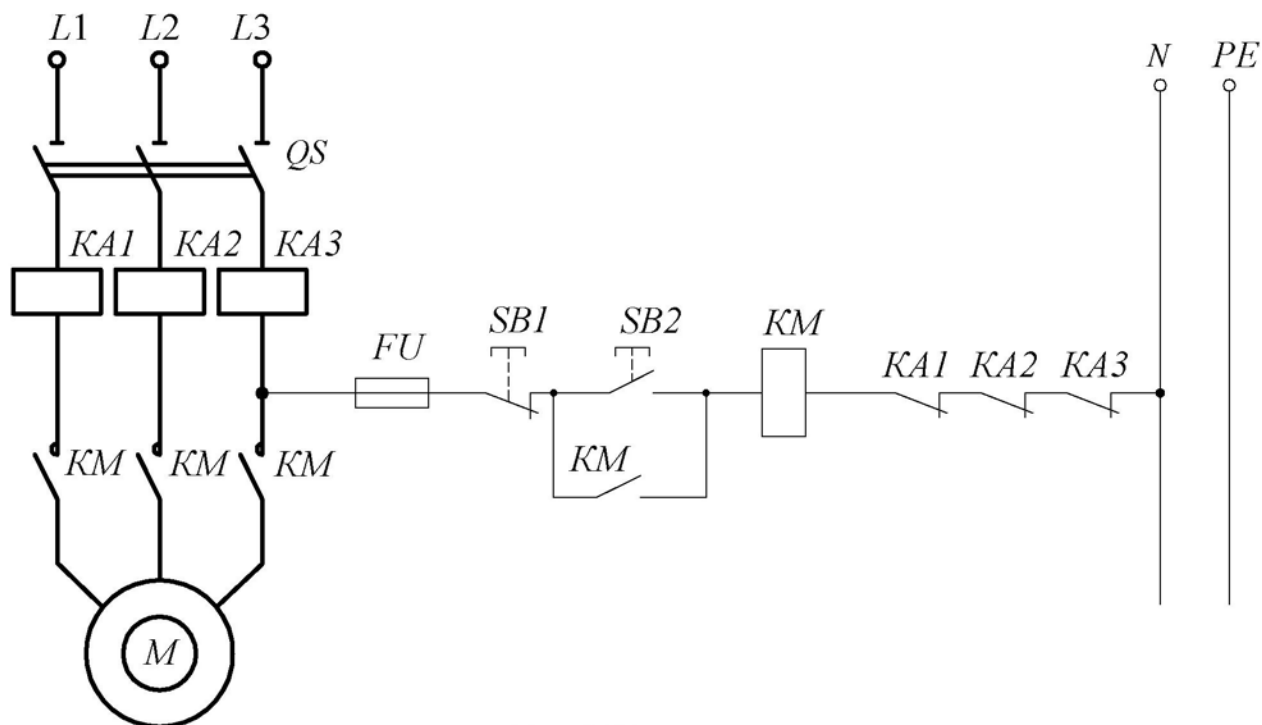


Рис. 4.32

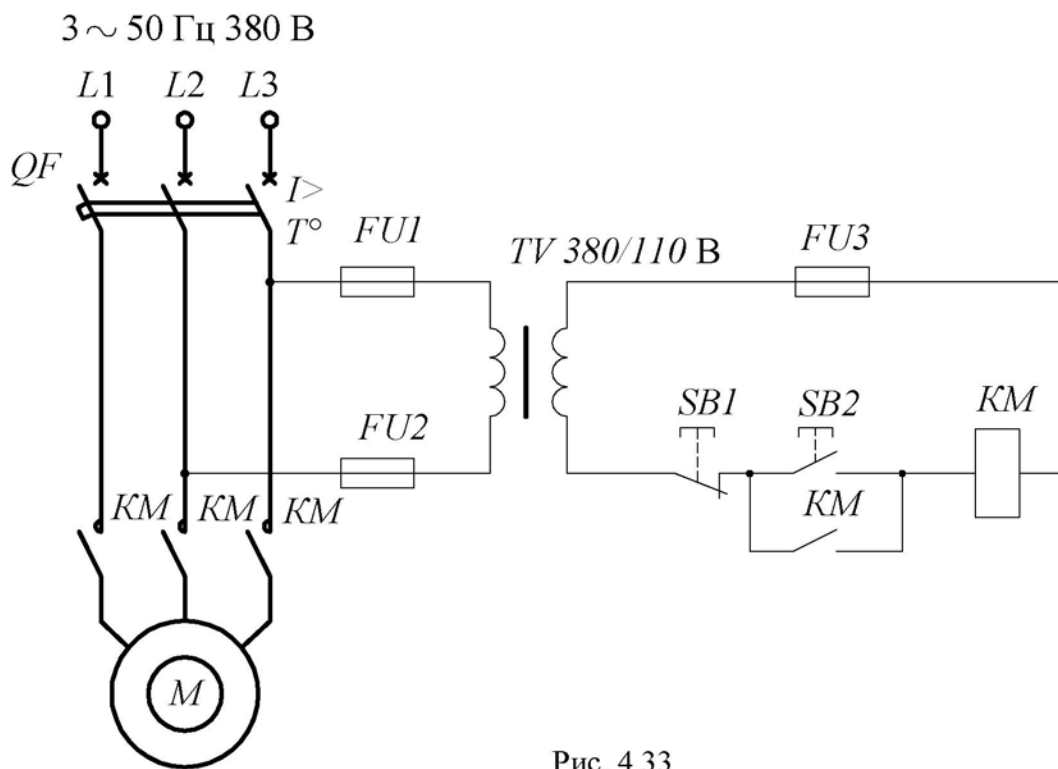


Рис. 4.33

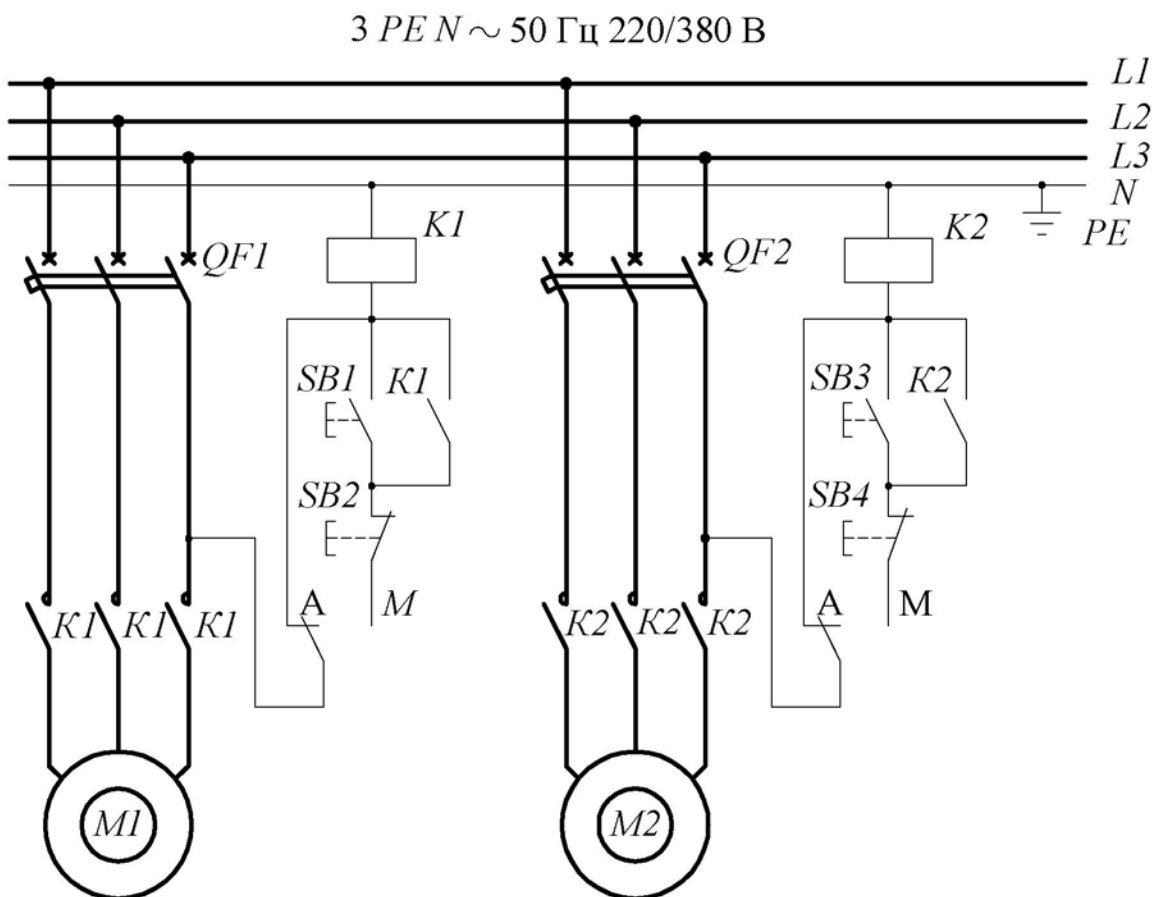


Рис. 4.34

3 ~ 50 Гц 380 В

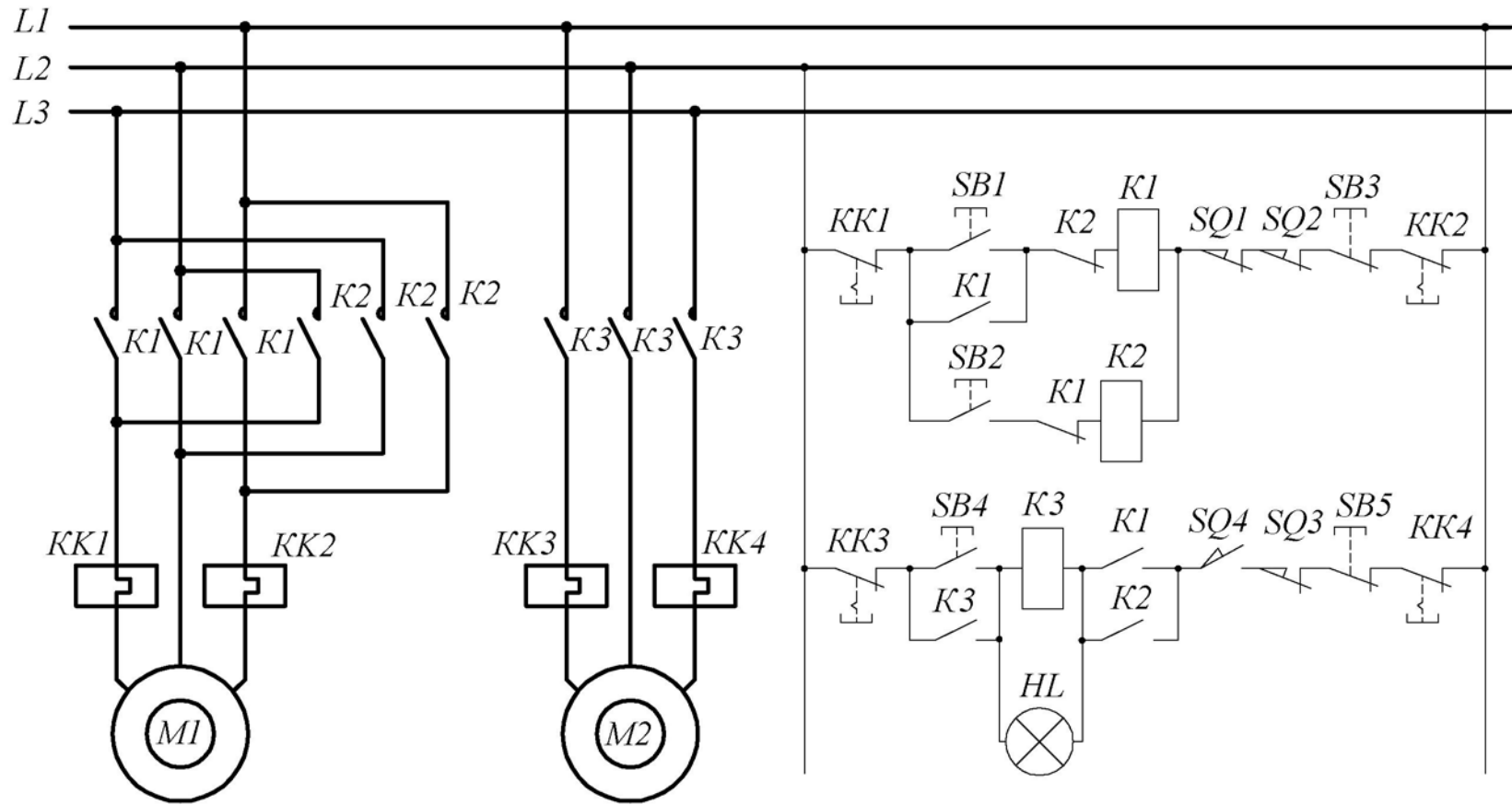


Рис. 4.35

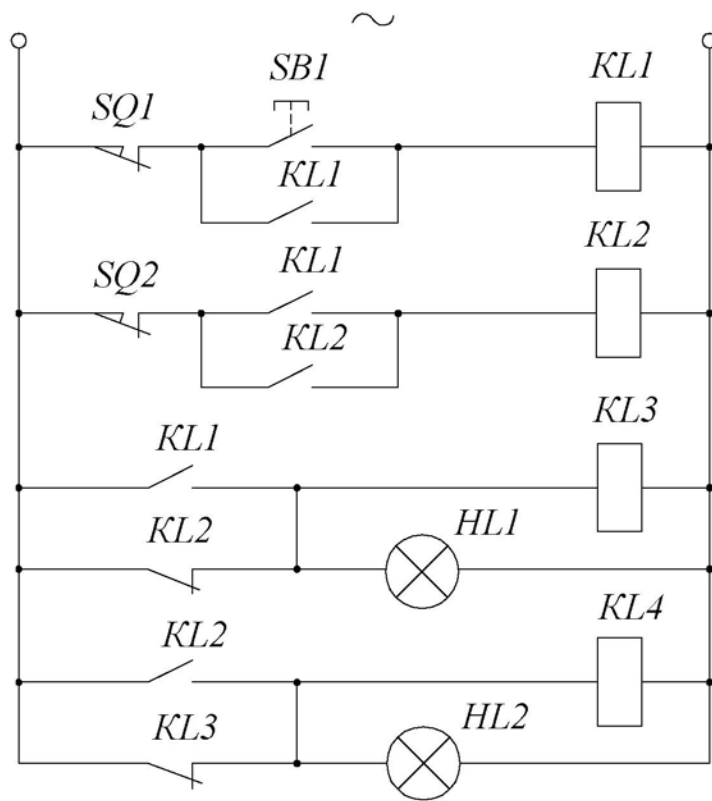


Рис. 4.36

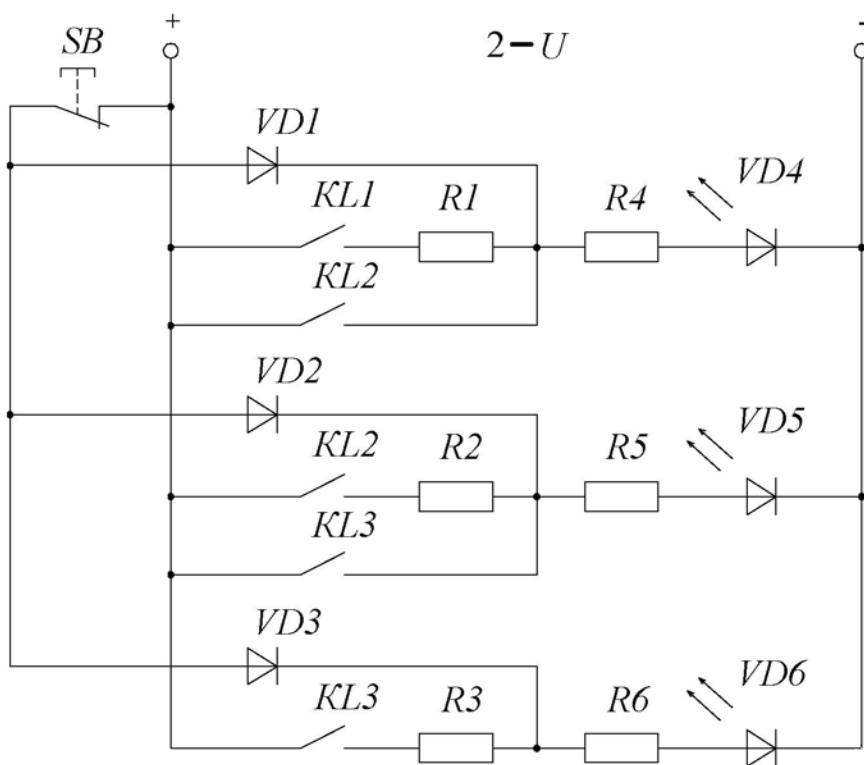


Рис. 4.37

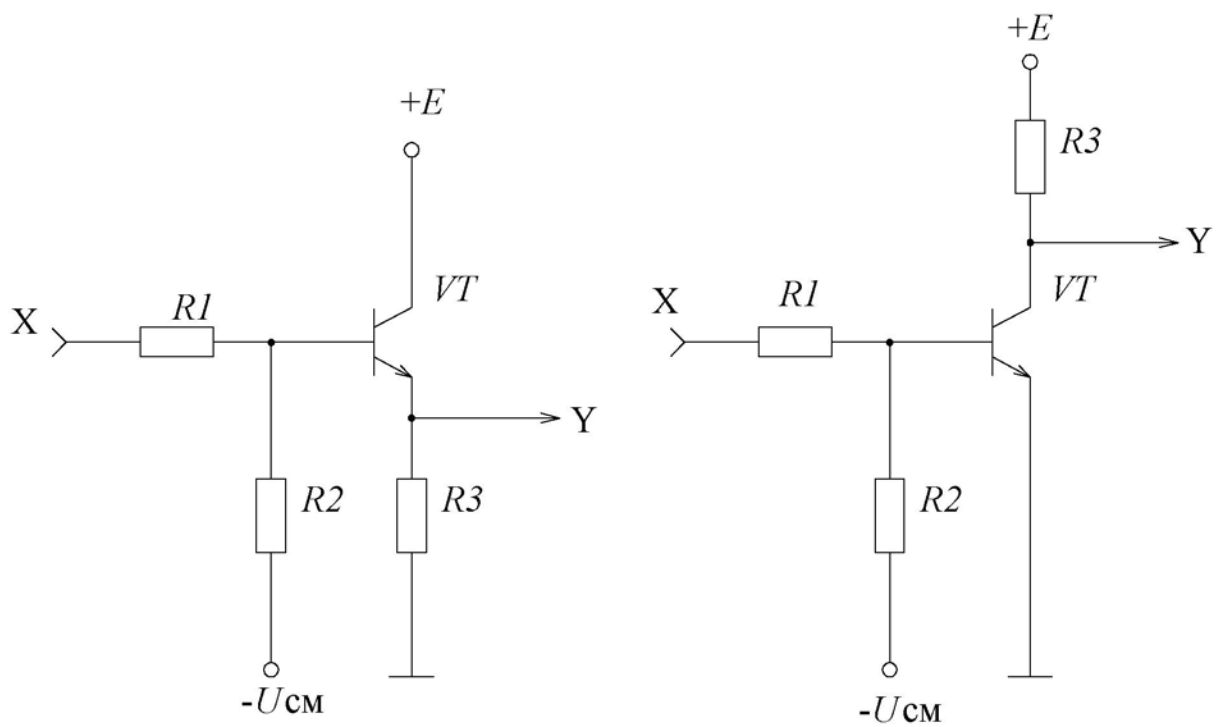


Рис. 4.38

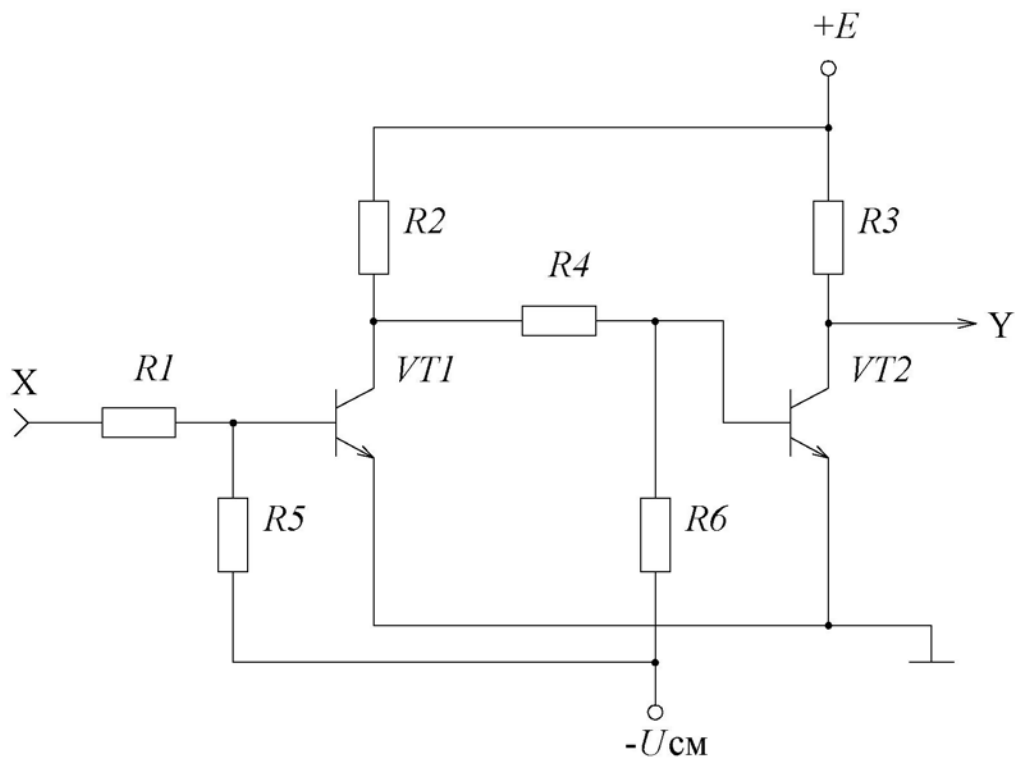


Рис. 4.39

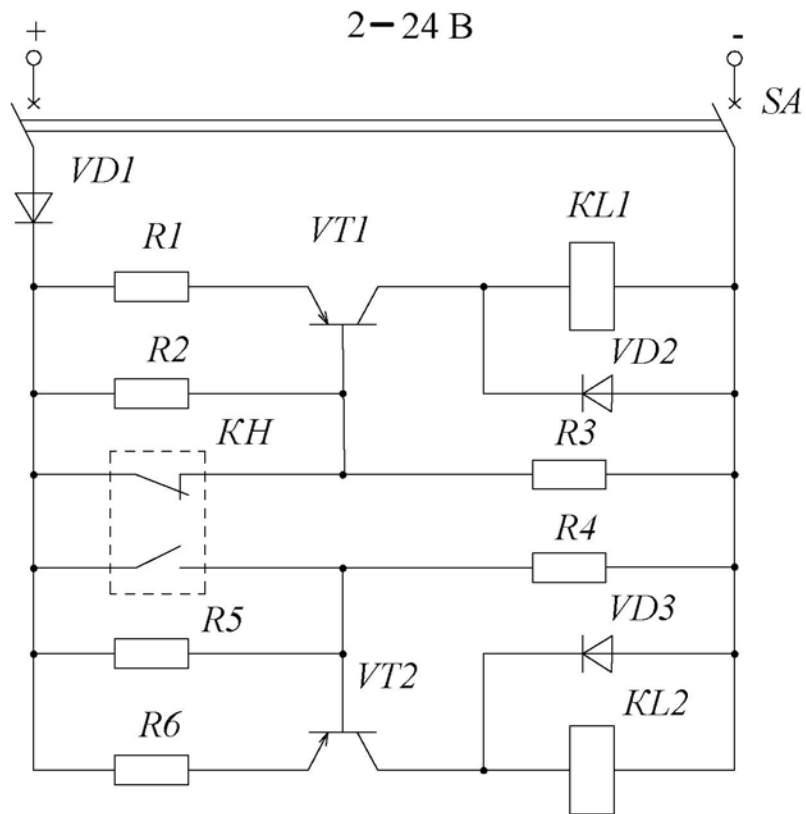


Рис. 4.40

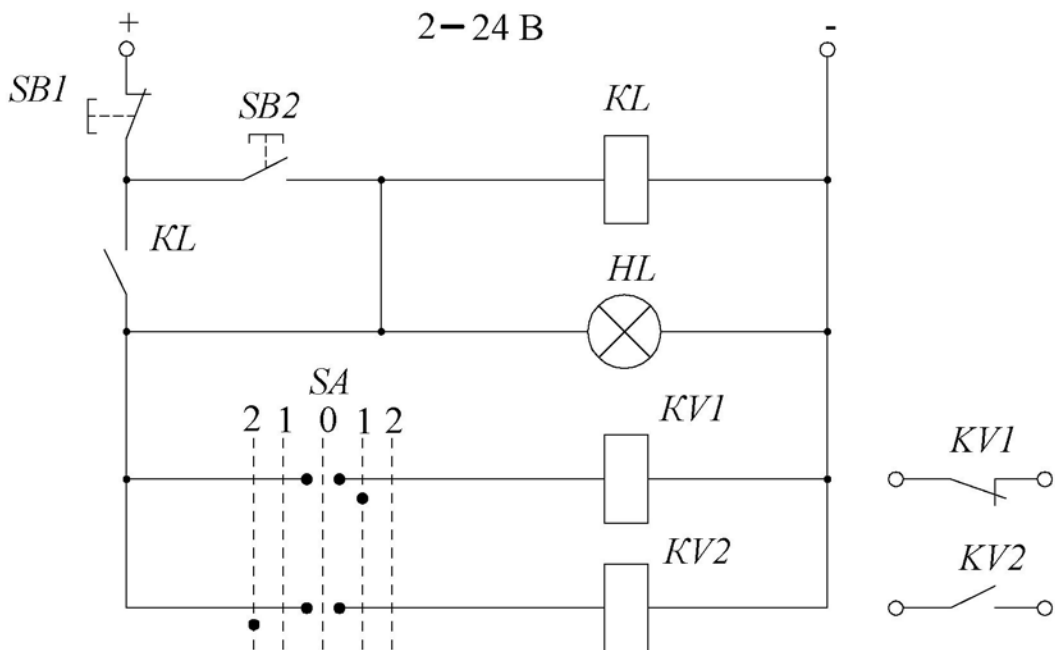


Рис. 4.41

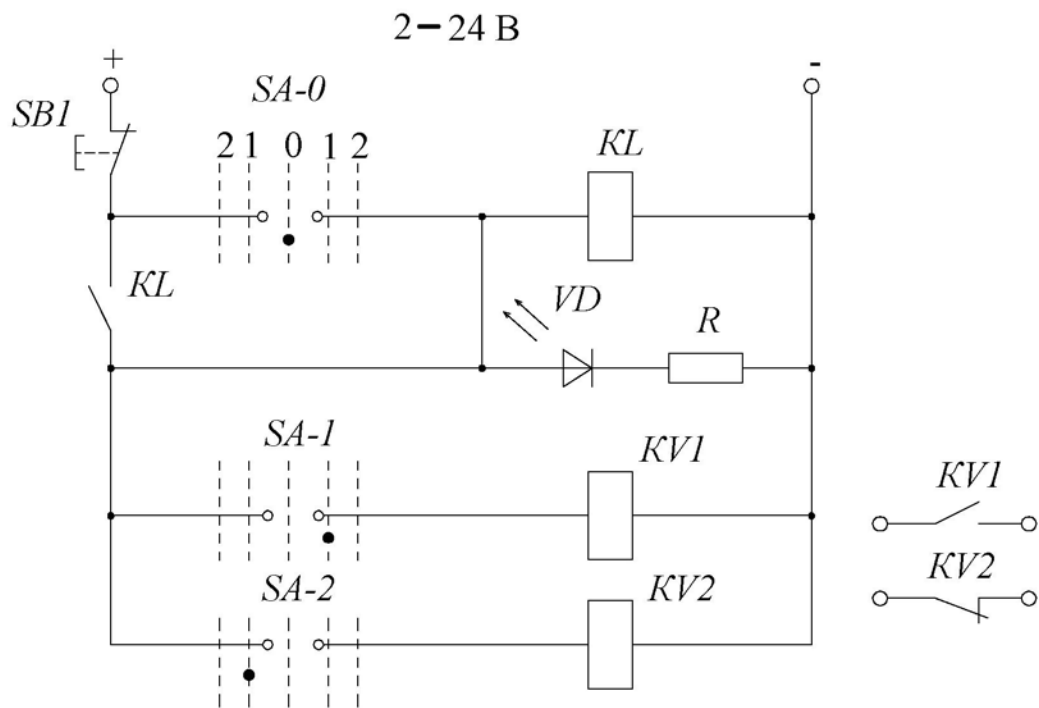


Рис. 4.42

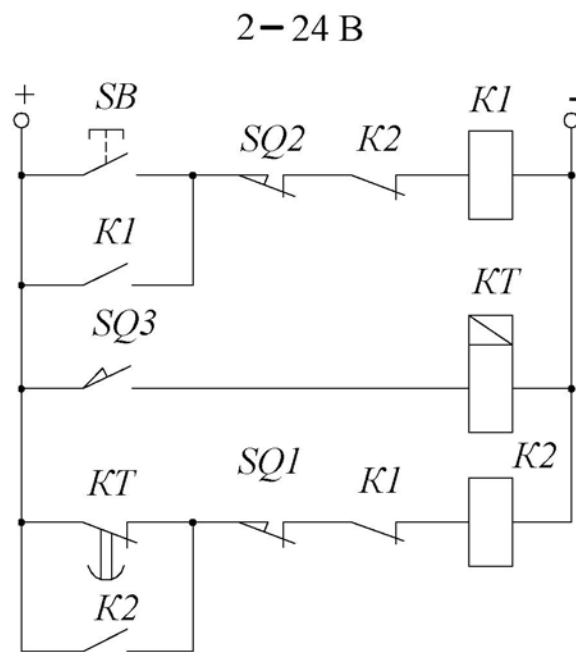


Рис. 4.43

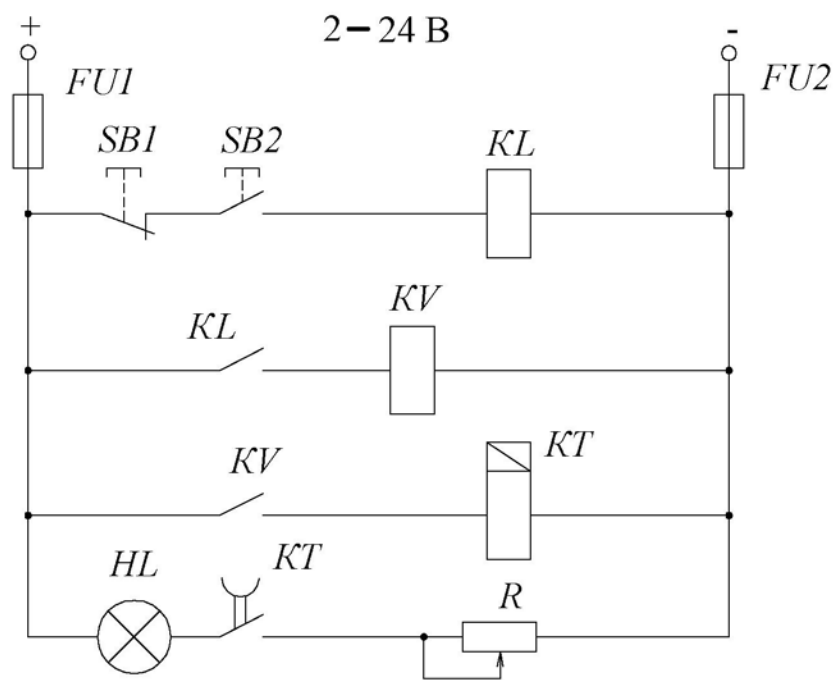


Рис. 4.44

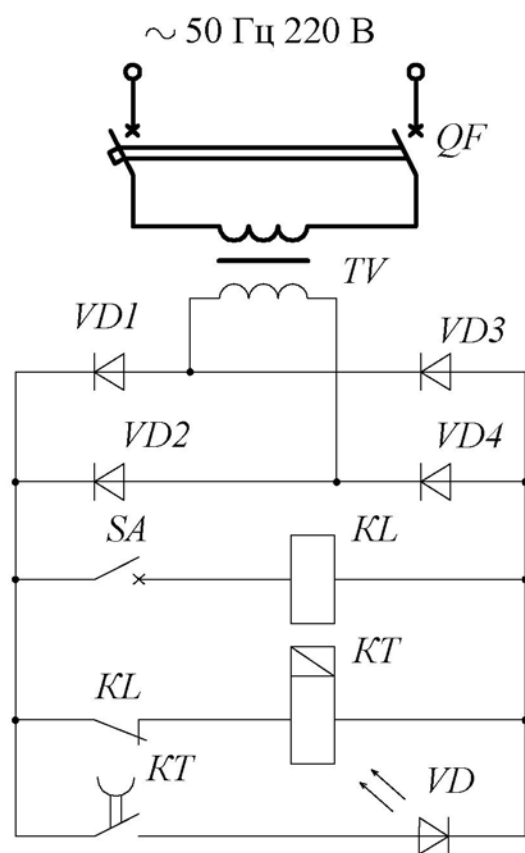


Рис. 4.45

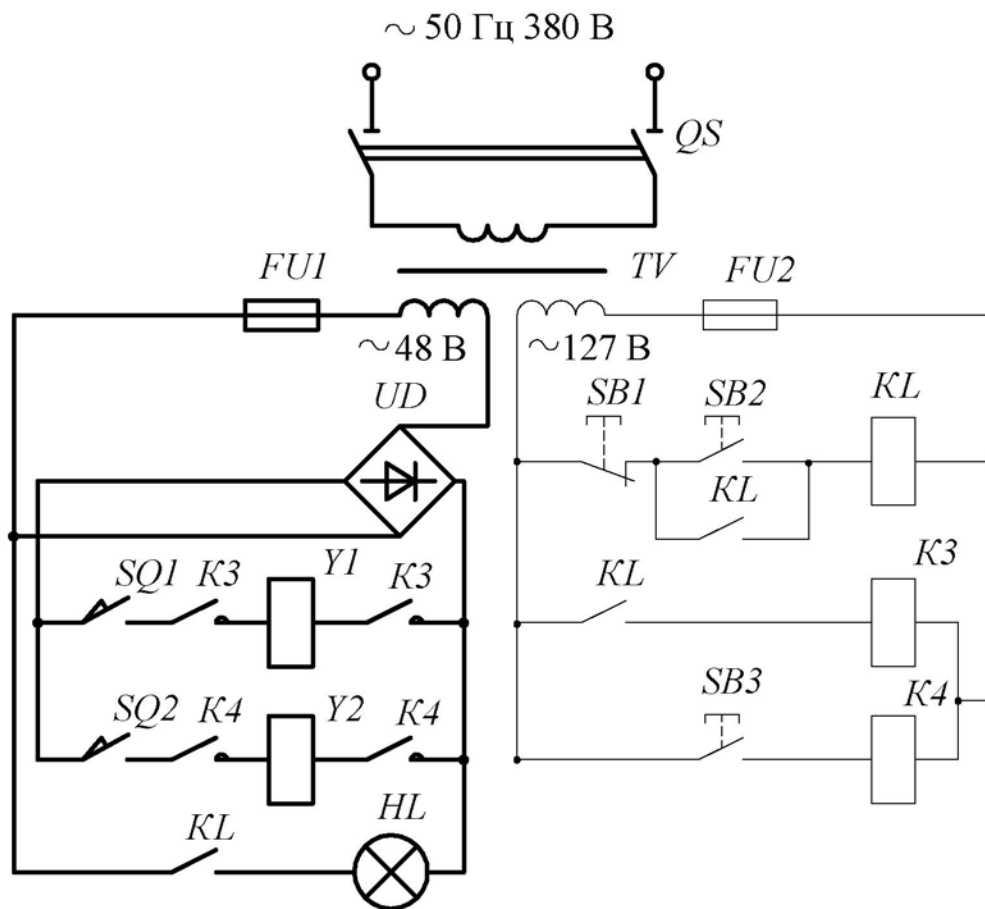


Рис. 4.46

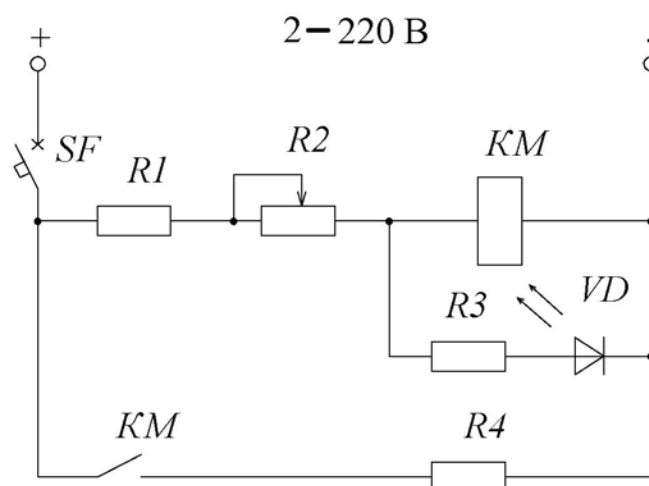


Рис. 4.47

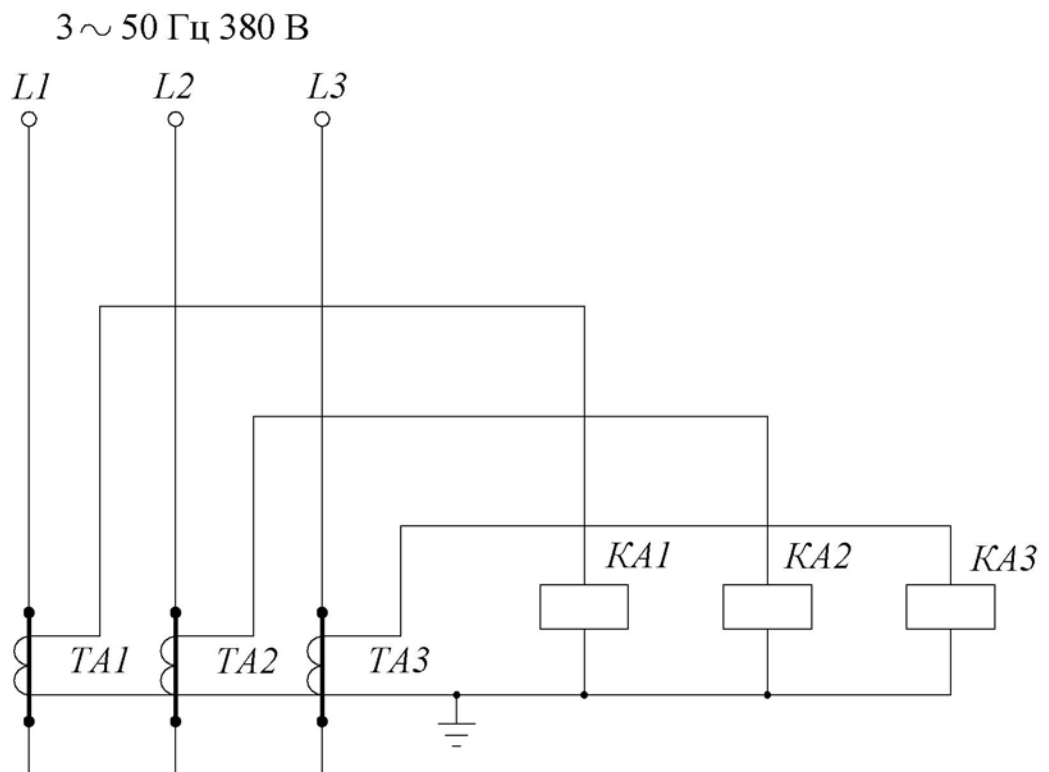


Рис. 4.50

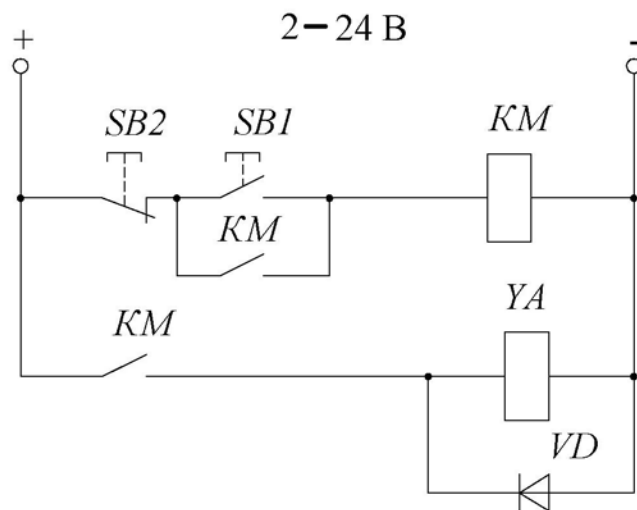


Рис. 4.51

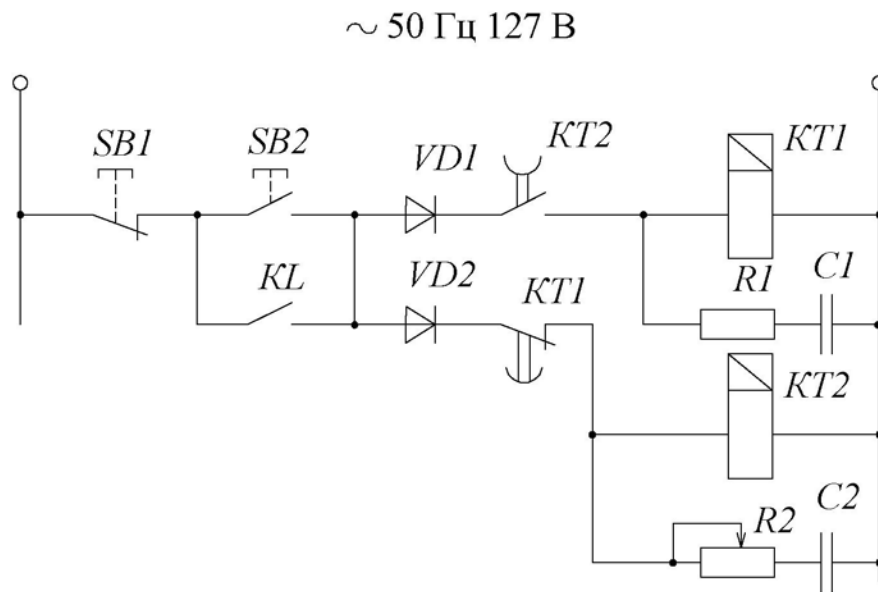


Рис. 4.52

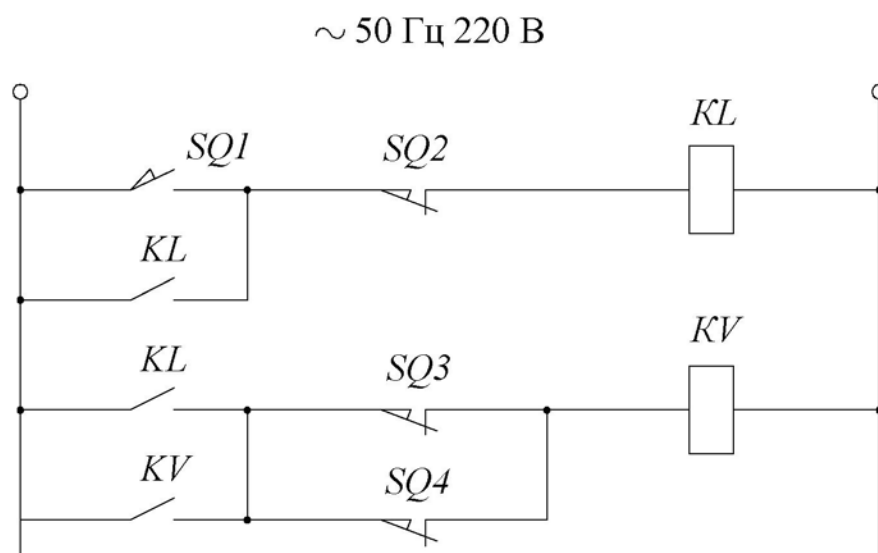


Рис. 4.53

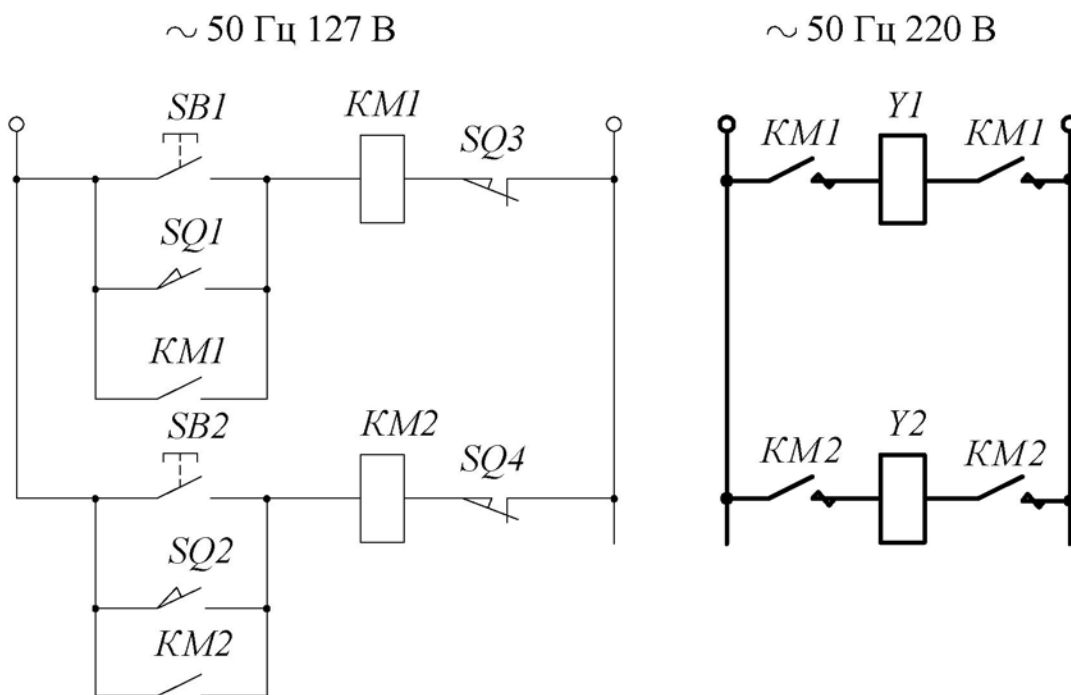


Рис. 4.54

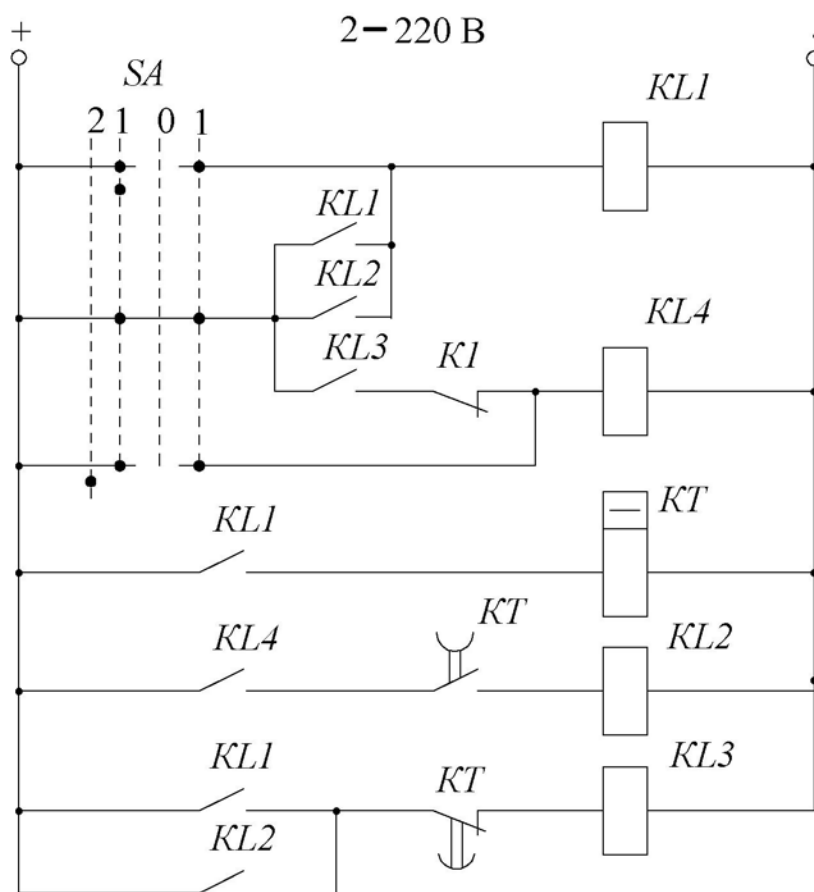


Рис. 4.55

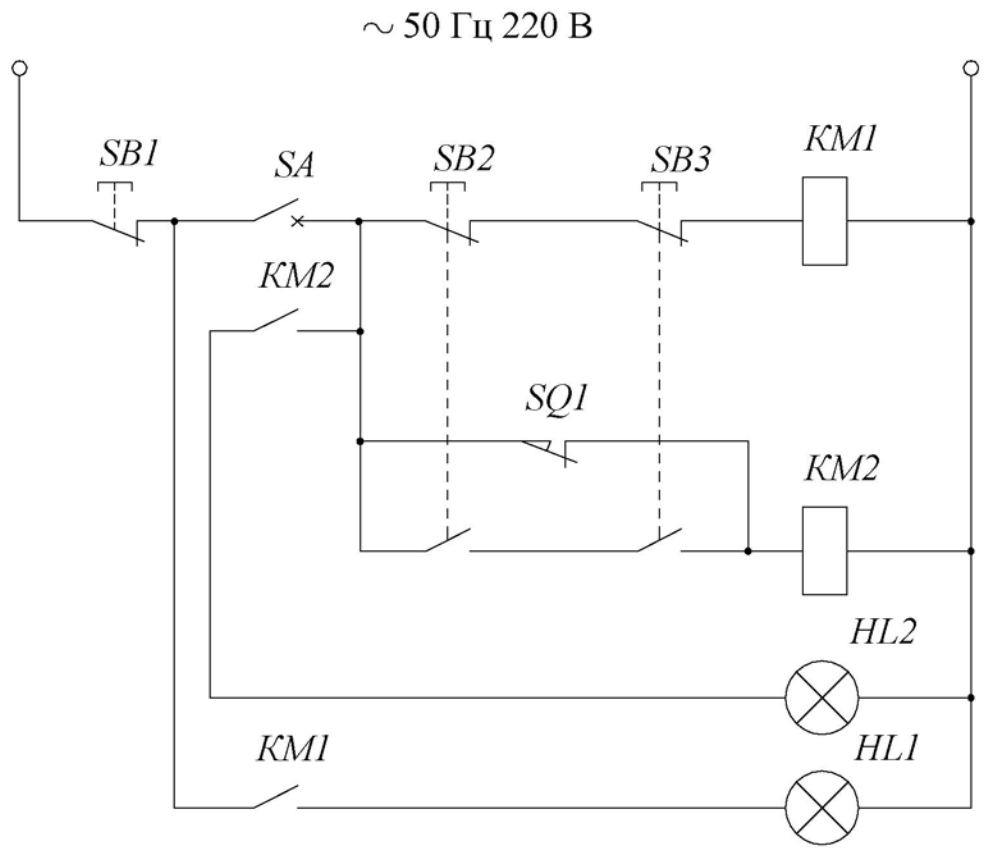


Рис. 4.56

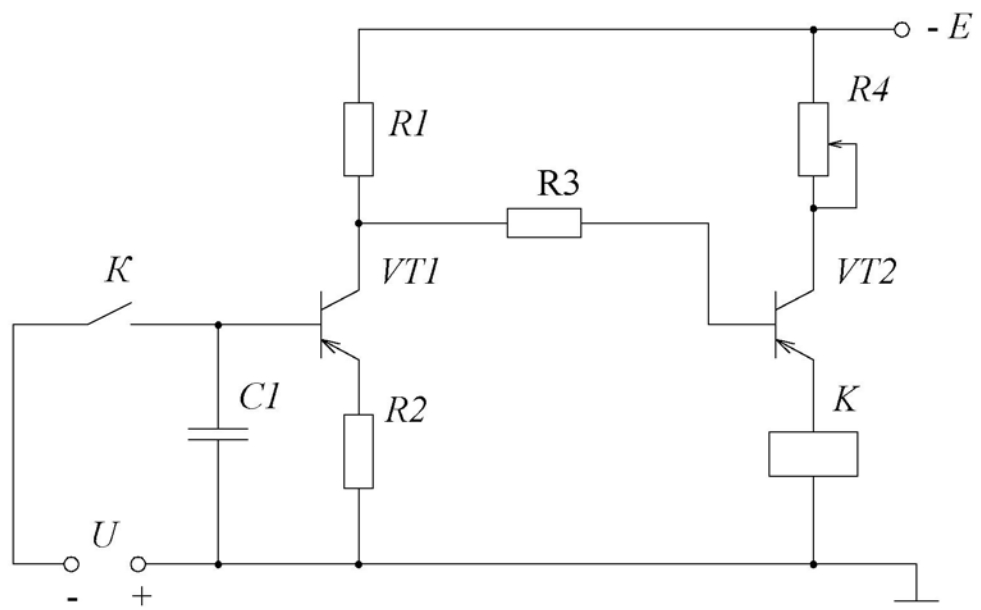


Рис. 4.57

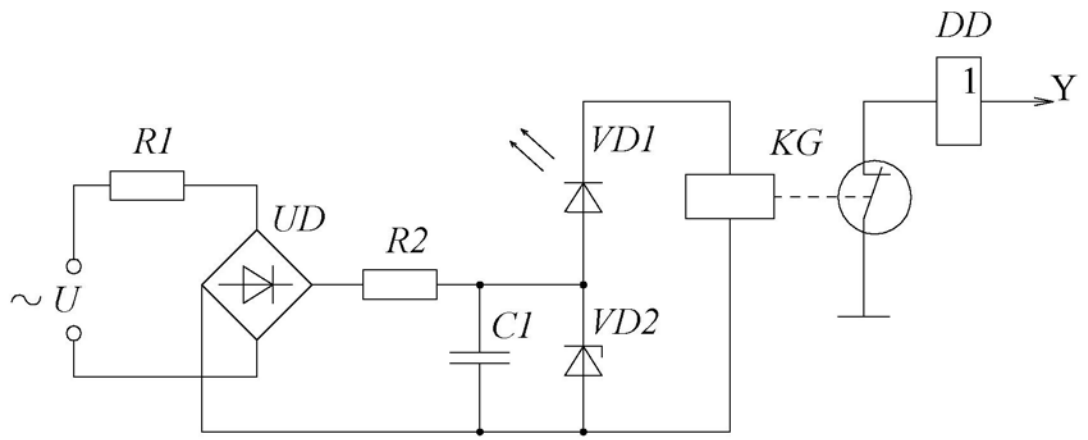


Рис. 4.58

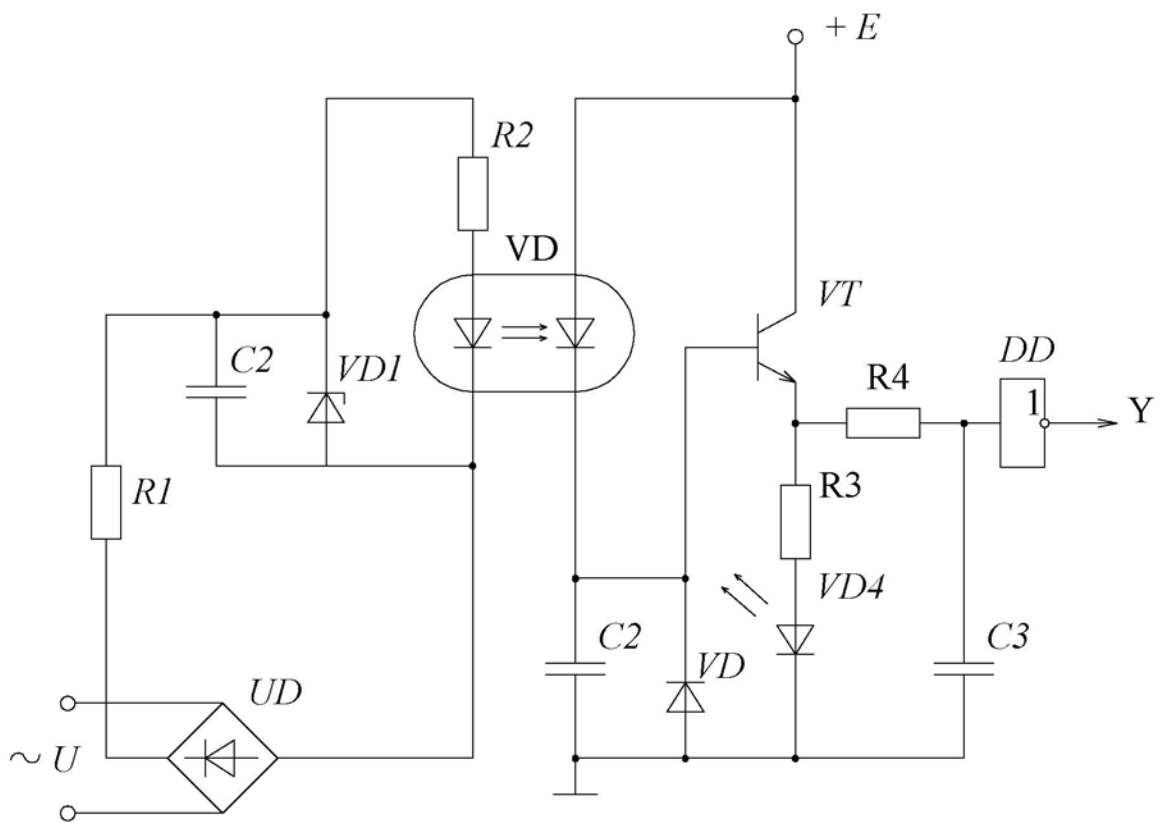


Рис. 4.59

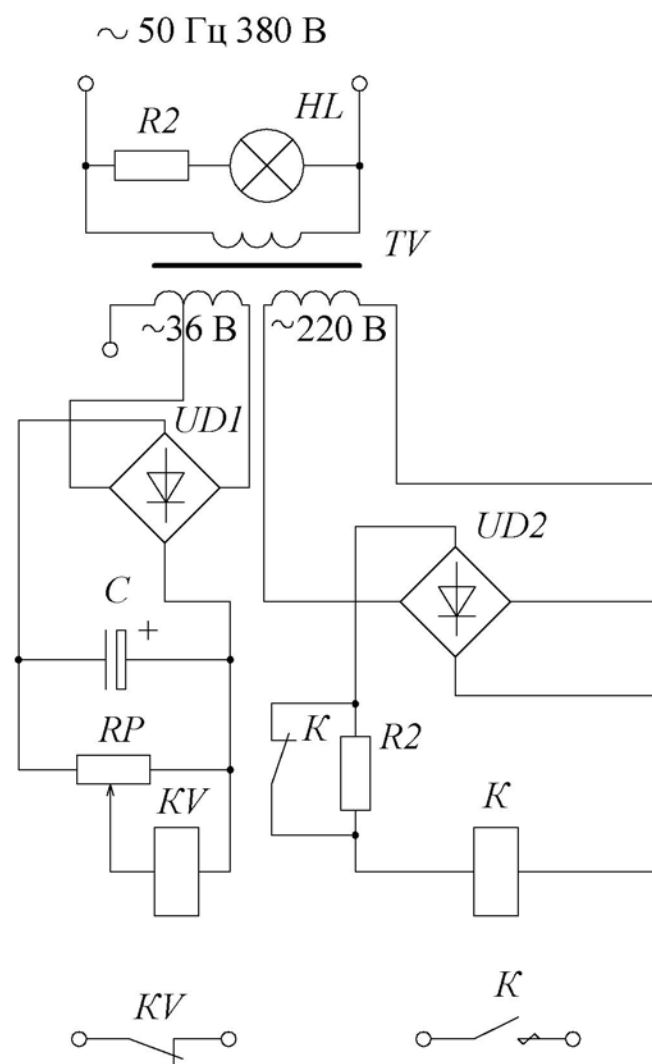


Рис. 4.60

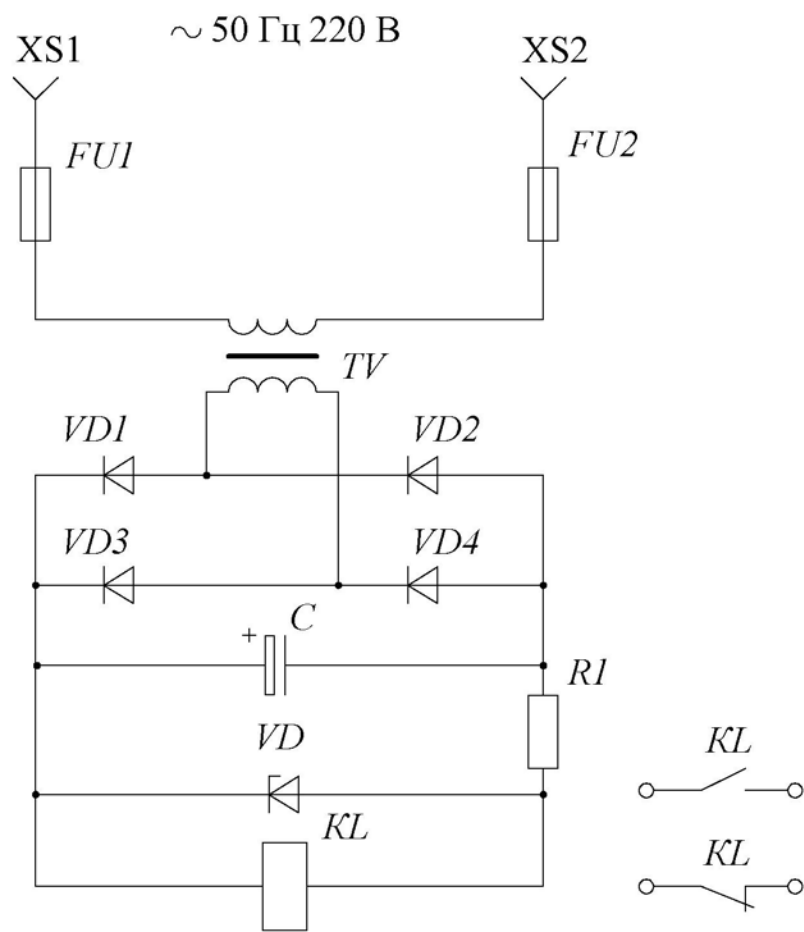


Рис. 4.61

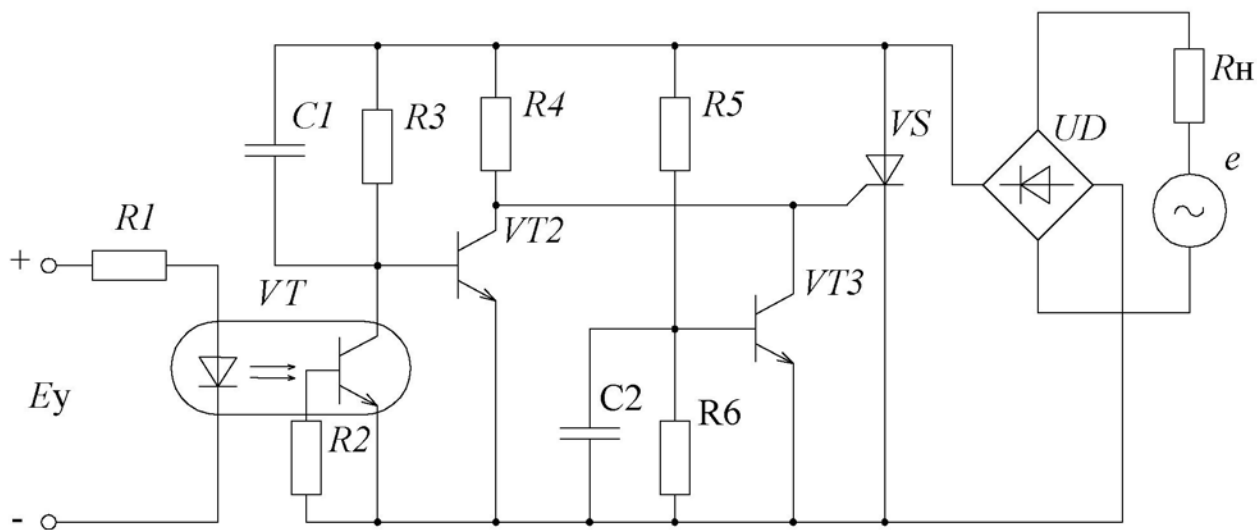


Рис. 4.62

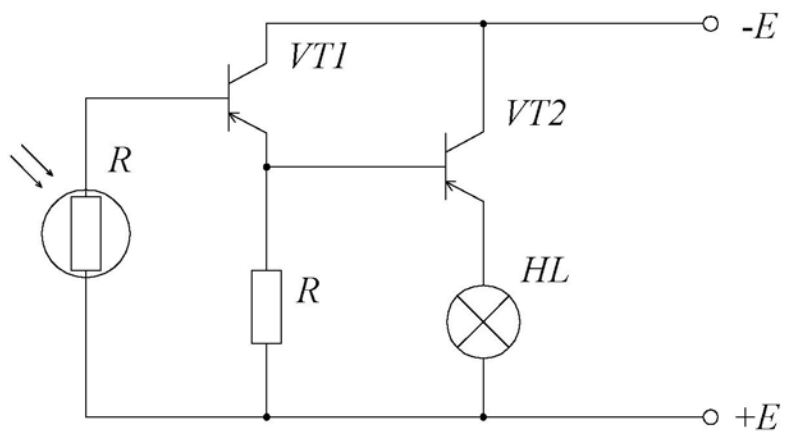


Рис. 4.63

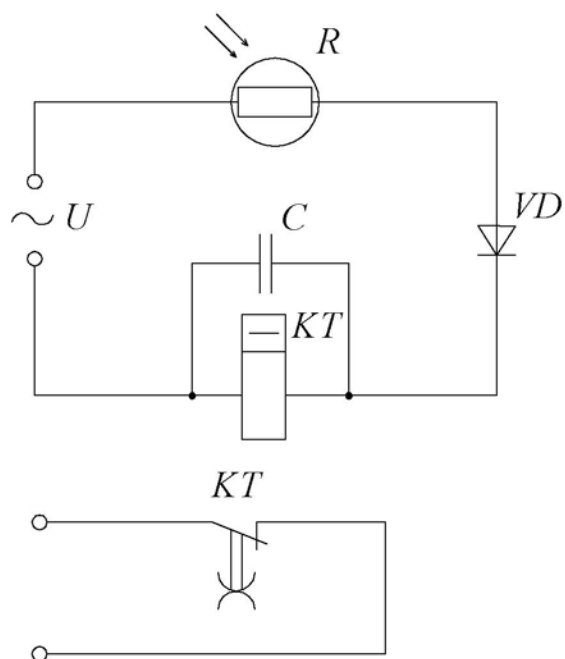


Рис. 4.64

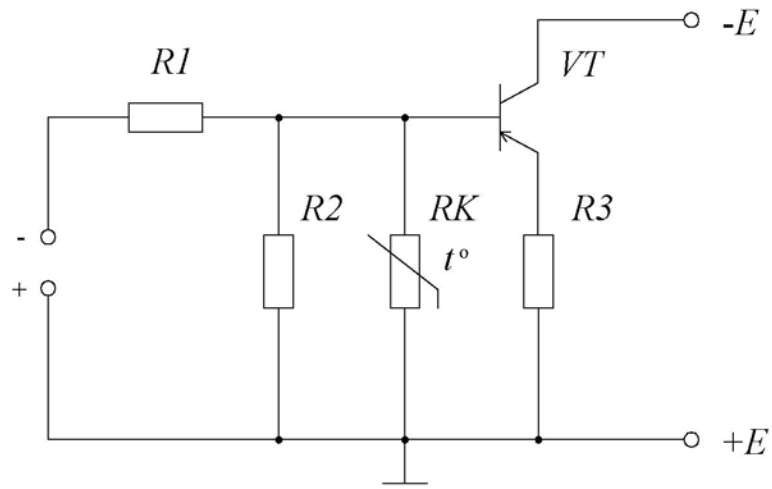


Рис. 4.65

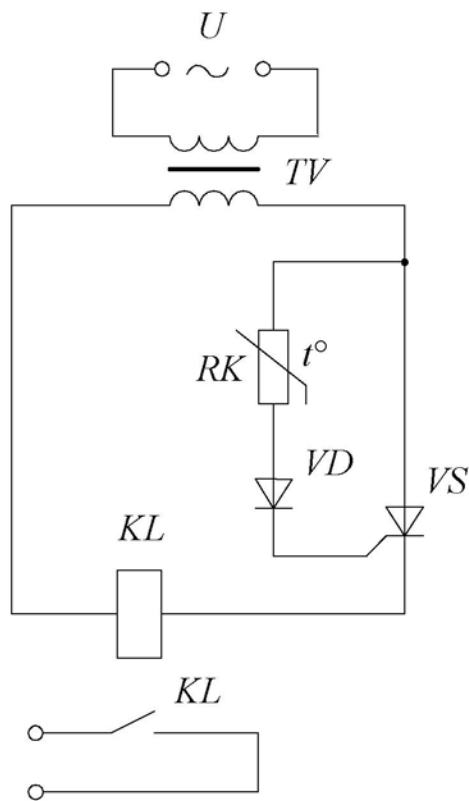


Рис. 4.66

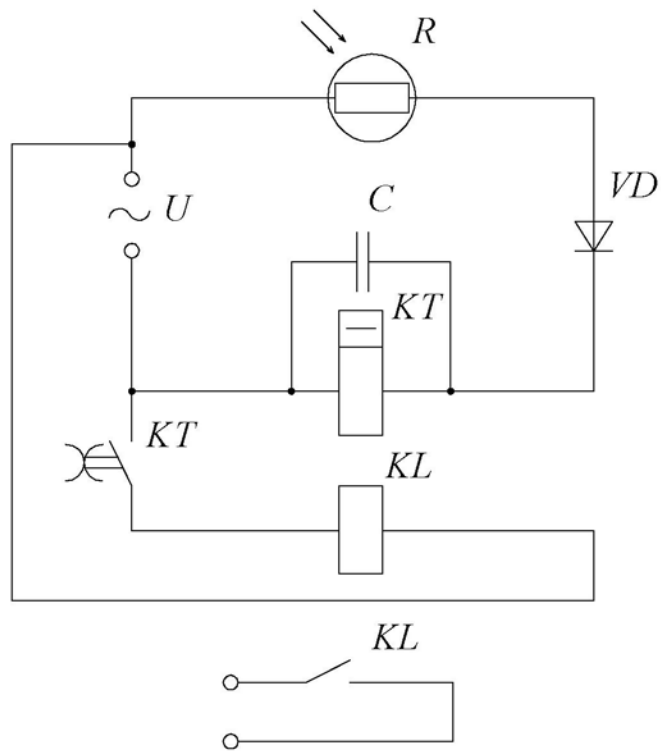


Рис. 4.67

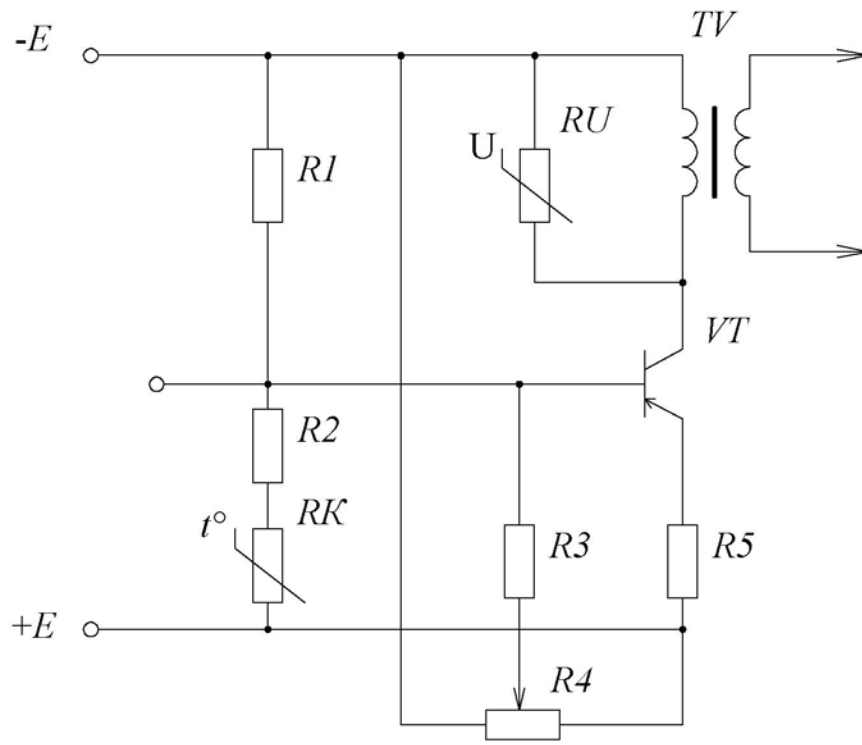


Рис. 4.68

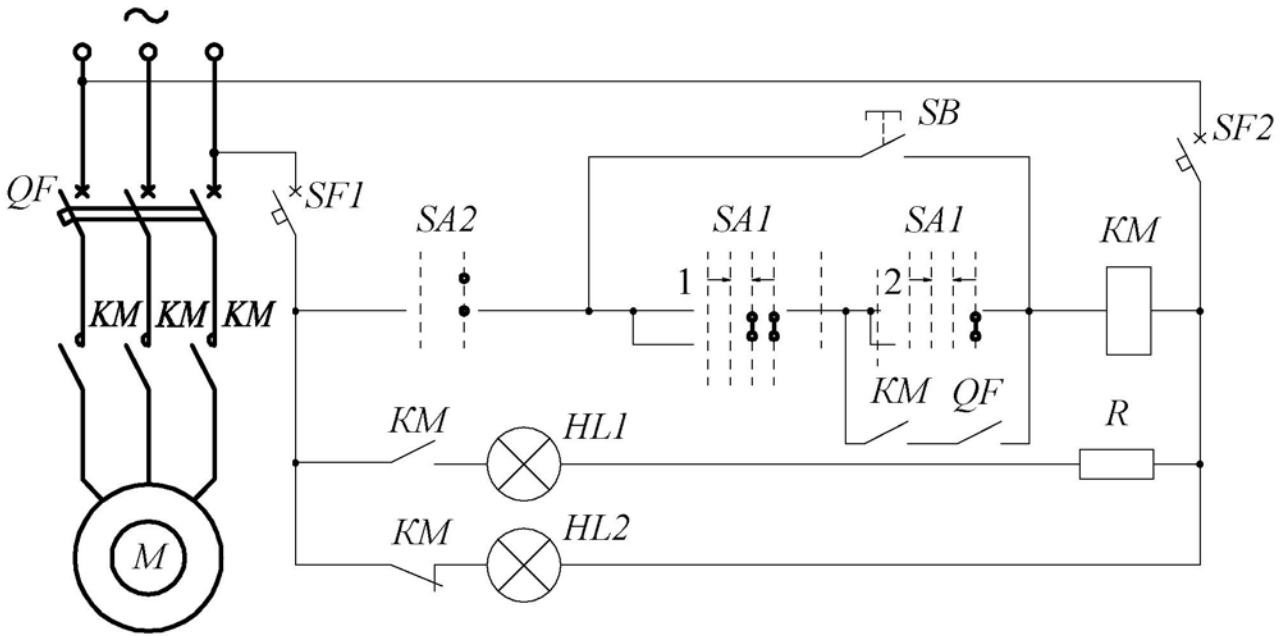


Рис. 4.69

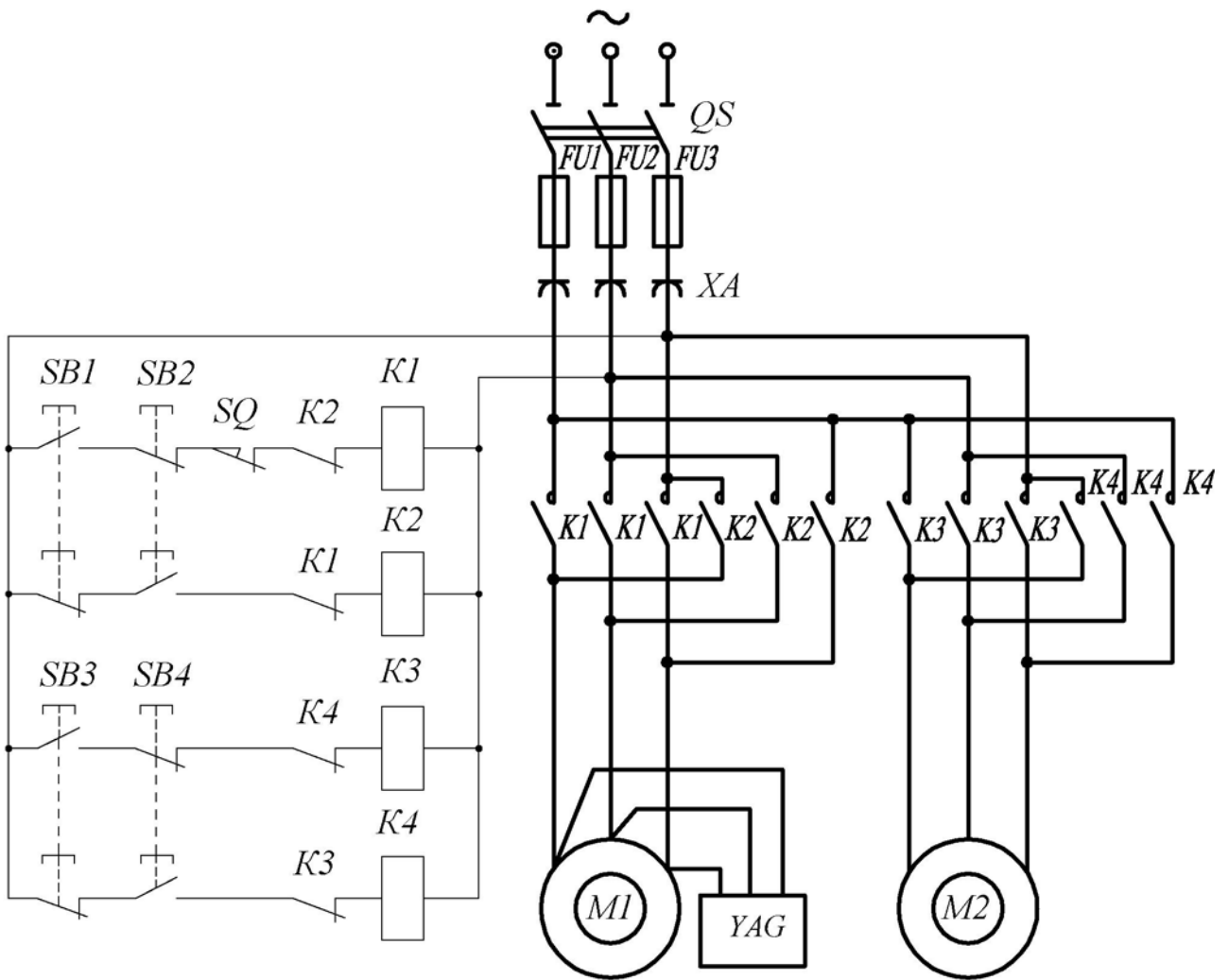


Рис. 4.70

ГЛАВА 5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Электрические аппараты предназначены для коммутации электрических цепей машин и установок, регулирования рабочих режимов, защиты от перегрузок.

Среди коммутационных аппаратов наиболее распространенными являются простейшие коммутационные элементы, такие, как *ручные выключатели* (ключи) для маломощной и бытовой аппаратуры и рубильники для силовых и трехфазных сетей.

Для управления мощными потребителями электроэнергии (осветительными сетями, двигателями, трансформаторами) применяют *контакторы* и *магнитные пускатели*.

Для защиты установок от тепловых и токовых перегрузок используют плавкие предохранители и автоматические воздушные выключатели (автоматы).

К устройствам автоматики защиты и управления относятся различные реле. Наибольшее распространение получили *электромагнитные* и *тепловые реле*, которые состоят из управляющей обмотки электромагнита и коммутирующих контактов, связанных с его подвижной частью. В электронных устройствах преимущественное применение нашли *бесконтактные* реле, в которых используются проводящие, температурные и световые свойства полупроводниковых приборов.

В электроавтоматике, для управления режимами работы оборудования используются также *концевые выключатели*, или *датчики положения*, срабатывающие при определенных положениях подвижных частей технологического оборудования.

Ручные выключатели применяют в маломощных цепях при токах не более 10 А. По конструкции они подразделяются на поворотные, перекидные и кнопочные. Для переключения более мощных потребителей используют одно-, двух- и трех- полюсные (по числу ножей) рубильники.

При коммутации силовых установок и двигателей используются контакторы и магнитные пускатели. В контакторах пусковая кнопка *SB1* при нажатии блокируется замыканием дополнительных контактов промежуточного реле. После отпущения кнопки *SB1* цепь остается замкнутой. Для размыкания цепи нажимают на кнопку «Стоп» – *SB2*. Магнитный пускатель *KM* имеет три главных контакта, электромагнитную обмотку *KM* и дополнительный контакт для блокировки пусковой кнопки. Для защиты двигателя используются тепловые реле, контакты которых размыкают обмотку магнитного пускателя.

Электромагнитное реле содержит неподвижную обмотку электромагнита, на которую подается управляющее напряжение, и подвижную часть, замыкающую и размыкающую силовую цепь. Простейшая схема включения реле и его характеристика приведена на рис. 5.1. Реле также обладает усилительными

свойствами, так как ток управления I_y может быть меньше коммутируемого тока.

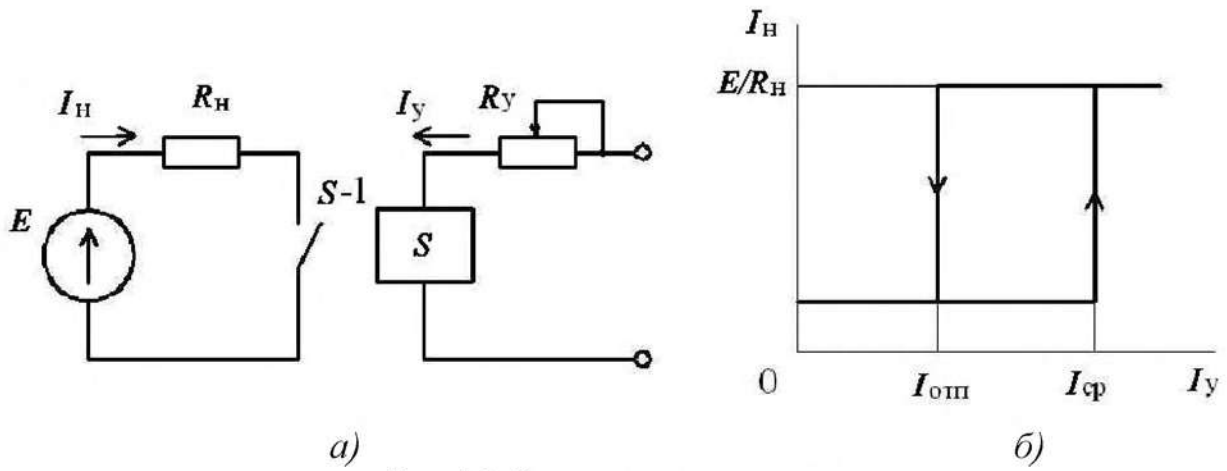


Рис. 5.1. Электромагнитное реле:
 а – схема включения; б – характеристика управления

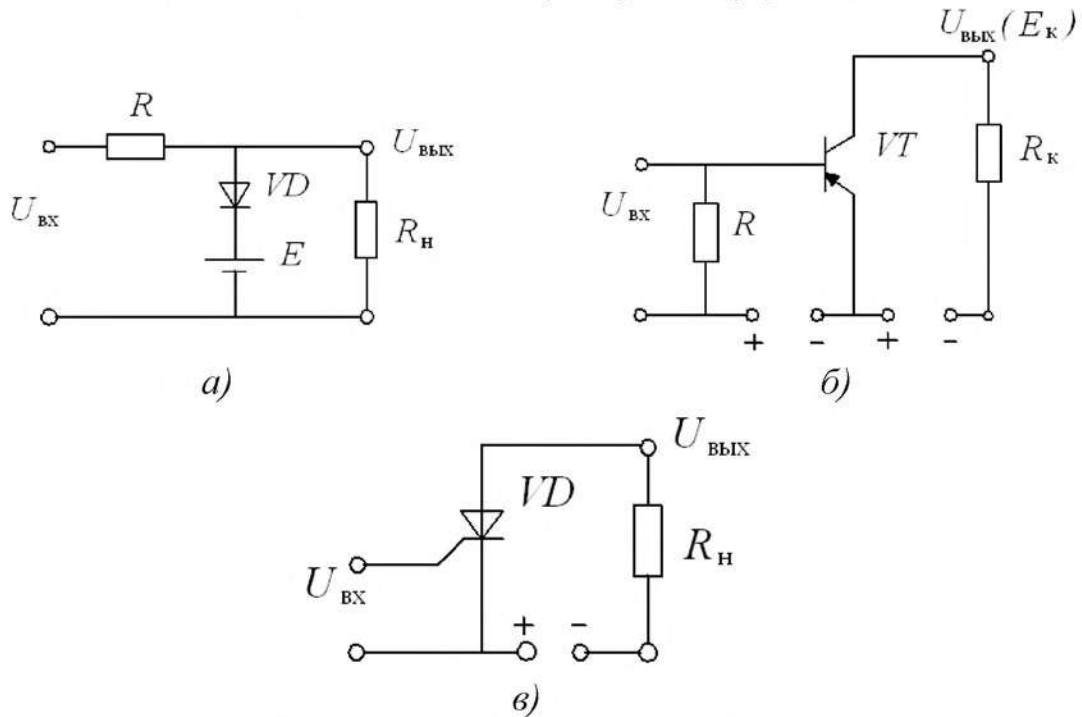


Рис. 5.2. Полупроводниковые ключи:
 а – диодный; б – транзисторный; в – тиристорный

Реле характеризуется коэффициентами возврата и управления мощностью

$$k_{\text{воз}} = I_{\text{отп}} / I_{\text{ср}}; \quad k_y = P_y / P_{\text{ср}}$$

где $I_{\text{отп}}$ и $I_{\text{ср}}$ – токи отпущения и срабатывания обмотки управления; P_y и $P_{\text{ср}}$ – мощности управления реле и срабатывания.

К основным характеристикам реле относятся ток и напряжение срабатывания, время срабатывания и отпущения.

В современной электротехнике нашли применение электронные реле, включающие в себя цепи с двумя устойчивыми состояниями (ключи): $I_H = 0$ и $I_H = I_{cp}$. Типовые полупроводниковые ключи приведены на рис. 5.2. Электронные реле также применяются в логических схемах управления электротехнических устройств.

Кроме электромагнитных и электронных реле в настоящее время используются различные бесконтактные и контактные датчики, отличающиеся по виду управляющего воздействия и также производящие коммутацию силовых цепей.

Для защиты силовых установок от токов короткого замыкания обычно используют плавкие предохранители, а при длительных перегрузках устанавливают автоматические воздушные выключатели (автоматы). В зависимости от назначения автомата в него могут быть встроены различные узлы, размыкающие цепь, – расцепители. Автомат максимального тока срабатывает при превышении допустимого тока (рис. 5.3, а), автомат минимального тока (рис. 5.3, б) отключает силовую установку при токе ниже необходимого.

Выбор номинального тока плавкой вставки предохранителя определяется из соотношения

$$I_{вст} \geq I_{II} / \alpha_I,$$

где I_{II} – пиковый ток потребителя, например в двигателе – пусковой ток; α_I – коэффициент, зависящий от условий работы потребителя.

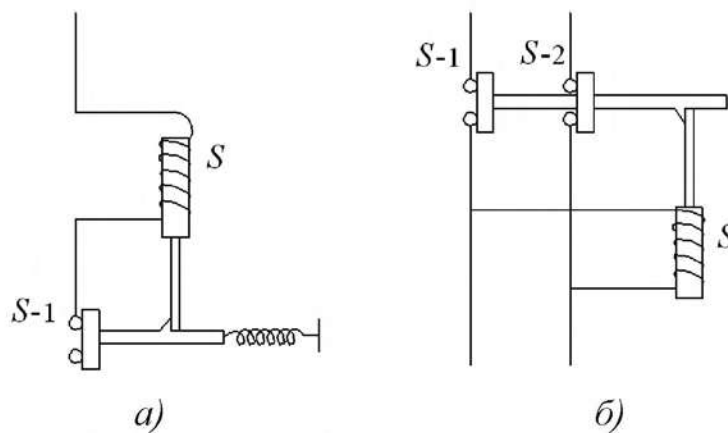


Рис. 5.3. Автоматические выключатели:
а – максимального тока; б – минимального тока

Для цепи питания одного двигателя пиковый ток равен его пусковому току; для линии, питающей несколько двигателей, пиковый ток определяется по формуле

$$I_{II} = I_{II \max} + \Sigma I_{ном},$$

где $I_{II \max}$ – пусковой ток наиболее мощного двигателя; $\Sigma I_{ном}$ – сумма номинальных токов остальных двигателей.

Коэффициент α_I при длительности пуска до 8 с принимают равным 2,5; при более длительных пусах $\alpha_I = 1,6 - 2$.

Время срабатывания плавкой вставки предохранителя определяется из соотношения

$$t = \alpha_t S^2 / I_k^2,$$

где S – сечение проводов, мм^2 ; I_k – ток короткого замыкания, А; α_t – постоянный коэффициент, равный $140 \text{ с} \cdot \text{А}^2 / \text{мм}^4$ для меди; $\alpha_t = 95 \text{ с} \cdot \text{А}^2 / \text{мм}^4$ для алюминия.

Так как предохранители в основном защищают надежно при коротких замыканиях, то между током плавкой вставки и допустимым током провода должно соблюдаться соотношение

$$I_{\text{вст}} \leq 3I_{\text{доп}}.$$

Номинальный ток теплового расцепителя выбирается по длительному расчетному току линии $I_{\text{т.р}} \geq I_{\text{д.л}}$ (при установке автоматов в закрытых шкафах $I_{\text{т.р}} \geq 1,15 I_{\text{д.л}}$) Ток срабатывания (отсечки) электромагнитного расцепителя определяется по кратковременному пиковому току линии $I_{\text{э.р}} \geq 1,25 I_{\text{п}}$.

Основной рабочей характеристикой тепловых расцепителей и автоматов является времятоковая характеристика, которая представляет собой зависимость времени срабатывания от тока короткого замыкания.

5.1. РЕЗИСТОРЫ И РЕОСТАТЫ

5.1.1. Для двух резисторов выбрана проволока одинаковой длины, изготовленная из одного материала. При каком соотношении диаметров проволок сопротивление одного из резисторов будет: а) в 4 раза меньше; б) в 3 раза больше; в) в 10 раз больше сопротивления другого резистора?

5.1.2. Определить величину сопротивления провода, имеющего длину 150 м и диаметр 0,2 мм, выполненного из: а) константана; б) фехраля; в) стали; г) латуни; д) алюминия.

5.1.3. Определить минимальный диаметр медной проволоки длиной 100 м, если сопротивление проволоки не должно превышать 1 Ом. Чему равно сопротивление одного метра медной проволоки диаметром 0,2 мм?

5.1.4. Найти сопротивление вольфрамовой нити длиной 70 м и диаметром 0,1 мм. Каково сечение вольфрамовой проволоки, если ее сопротивление составляет 0,5 Ом на каждый метр длины?

5.1.5. При измерениях было установлено, что проволочный резистор, изготовленный из проволоки длиной 100 м и диаметром 0,6 мм, имеет сопротивление 50 Ом. Из какого металла или сплава изготовлен резистор?

5.1.6. Определить сопротивление резистора, обмотка которого выполнена из нихромового провода диаметром 0,1 мм, намотанного в один ряд, виток к витку, на керамический каркас длиной 10 мм и диаметром 4 мм. Как изменится сопротивление резистора при двухрядной намотке его обмотки?

5.1.7. Во сколько раз изменятся сопротивление медного провода и плотность тока, протекающего через него, если длину провода увеличить в 2,7 раза, а сечение уменьшить в пять раз?

5.1.8. Определить необходимую длину нихромового провода диаметром 0,1 мм для изготовления паяльника мощностью $P = 80$ Вт на напряжение $U = 220$ В.

5.1.9. Нагревательный элемент включен в сеть. Напряжение сети $U = 220$ В при токе потребления $I = 6,5$ А. Определить длину провода диаметром $d = 0,5$ мм, если он выполнен из: а) нихрома; б) константана; в) фехраля; г) стали; д) чугуна.

5.1.10. Сопротивление манганинового проводника при температуре 20 °С составляет $R_1 = 500$ Ом, а при температуре 280 °С сопротивление этого проводника $R_2 = 5000,8$ Ом. Определить температурный коэффициент манганина.

5.1.11. Сопротивление датчика, выполненного из медного провода, при температуре 20 °С составляет $R_1 = 25$ Ом. Определить измеренную с его помощью температуру, если сопротивление датчика возросло до $R_2 = 32,8$ Ом.

5.1.12. Определить материал проводника, если его сопротивление при температуре 20 °С составляет $R_1 = 400$ Ом, а при температуре 75 °С равно $R_2 = 503,2$ Ом.

5.1.13. При нагревании сопротивление провода, выполненного из: а) алюминия; б) латуни; в) стали; г) нихрома; д) вольфрама - изменилось на 5%. Определить, до какой температуры был нагрет каждый проводник, если температура окружающей среды составляет 20 °С.

5.1.14. Медный провод диаметром $d = 1,2$ мм имеет длину $l = 120$ м, а алюминиевый провод диаметром $d = 1$ мм имеет длину 650 м. Определить сопротивления проводов при температурах 20 °С и 80 °С.

5.1.15. Сопротивление резистора при температуре 323 °К составляет $R_1 = 270$ Ом, а при температуре 353 °К достигает $R_2 = 293$ Ом. Найти температурный коэффициент резистора и его номинальное сопротивление при температуре 293 °К. Из какого материала изготовлен резистор?

5.1.16. Определить сопротивление реостата и напряжение, подводимое к нему, если потребляемый ток составляет $I = 3,5$ А, а количество теплоты, выделяемой на реостате в течение одного часа, равно $Q = 81,65$ ккал.

5.1.17. На нагревательном элементе в течение 0,5 часа работы выделилось 550 ккал теплоты. Определить сопротивление элемента, потребляемый им ток, его мощность и затрачиваемую энергию при напряжении $U = 220$ В.

5.1.18. Напряжение на нагрузке, подключенной к двухпроводной линии из алюминиевых проводов, равно $U = 100$ В. Потеря напряжения в линии составляет 27 В при токе нагрузки $I = 10$ А. Определить сечение проводов, если потребитель находится от источника ЭДС на расстоянии $l = 770$ м.

5.1.19. К выходным зажима двухпроводной линии приложено напряжение 300 В. Потребитель с сопротивлением $R = 50$ Ом находится на расстоянии

$l = 280$ м от входных зажимов. Определить потерю напряжения в проводах и мощность нагрузки, если провода выполнены из меди сечением $S = 6 \text{ мм}^2$.

5.1.20. На двухпроводной линии, выполненной из алюминиевого провода сечением $S = 4 \text{ мм}^2$ и длиной 500 м, произошло короткое замыкание. Для определения места аварии к входным зажимам подсоединен мощный источник с напряжением $U = 24$ В. Измеренное значение тока равно 5 А. Определить расстояние, где произошла авария.

5.1.21. Определить длину медного провода, намотанного на катушку, если при подаче на выводы этой катушки напряжения $U = 27$ В, значение тока I составляет 5 А. Диаметр провода $d = 0,8$ мм. Определить плотность тока в проводнике.

5.1.22. Во сколько раз изменятся сопротивление медного провода и плотность тока, если длину провода увеличить в 2,7 раза, а сечение уменьшить в три раза?

5.1.23. Во сколько раз надо изменить время прохождения тока через реостат, чтобы выделившееся количество теплоты осталось неизменным при уменьшении тока в нем в три раза?

5.1.24. При повышении температуры сопротивление терморезистора увеличилось на 50%. Как изменится его проводимость? Во сколько раз увеличится мощность рассеяния на резисторе, если ток в нем увеличится в 1,7 раза?

5.1.25. В цепи переменного тока используется резистор, номинальное сопротивление которого составляет $R = 10 \pm 5\%$ Ом. Определить диапазон возможных изменений тока резистора при его подключении к промышленной сети с напряжением 42 В и 127 В.

5.1.26. Переменный проволочный резистор сопротивлением от 0 до 1,5 кОм подключен к источнику напряжения 42 В. Какой ток будет проходить через резистор, если: а) под напряжением все витки; б) подвижный контакт посередине; в) под напряжением 80% витков; г) под напряжением 20% витков?

5.1.27. Определить напряжение на выходе переменного проволочного резистора, подключенного к источнику напряжения $U = 42$ В, если напряжение снимается: а) со всего резистора; б) с половины витков; в) с четверти витков. Сопротивление нагрузки считать много больше сопротивления резистора.

5.1.28. Какое наибольшее напряжение нужно приложить к резистору сопротивлением $R = 33$ Ом, если ток не должен превышать 3 А? Найти наибольшее значение напряжения, если мощность резистора не должна превышать $P = 150$ Вт.

5.1.29. К источнику постоянного тока с ЭДС $E = 125$ В последовательно подключено три резистора сопротивлениями $R_1 = 100$ Ом; $R_2 = 30$ Ом; $R_3 = 120$ Ом. Определить ток в цепи, падение напряжения и мощность на каждом резисторе. Внутренним сопротивлением источника питания пренебречь. По справочнику выбрать тип и номиналы резисторов по ГОСТу.

5.1.30. Нагрузкой источника ЭДС $E = 27$ В (внутреннее сопротивление равно нулю) выступает делитель из трех резисторов: R_1 , R_2 , R_3 . Ток потребляемый цепью $I = 2$ мА, падение напряжения на резисторе R_3 равно $U = 5$ В, а

$R_1 = R_2$. Определить сопротивления всех резисторов и потребляемую ими мощность. Выбрать по справочнику тип и параметры расчетных резисторов.

5.1.31. Источник постоянного тока с ЭДС $E = 300$ В нагружен на резистор сопротивлением $R = 2,5$ кОм. Ток потребителя меняется от 10 до 100 мА с помощью последовательно включенного реостата. Определить максимальное и минимальное сопротивление реостата, мощность потребителя и реостата при максимальных и минимальных значениях токов.

5.1.32. Определить сопротивление пускового реостата и его мощность для электродвигателя постоянного тока с независимым возбуждением. Паспортные данные двигателя: номинальное напряжение $U_{\text{н}} = 220$ В, номинальный ток $I_{\text{н}} = 20$ А, сопротивление якоря $R_{\text{я}} = 0,5$ Ом – при условии, что пусковой ток не должен превышать номинального значения тока электродвигателя.

5.1.33. Найти сопротивление в цепи двигателя постоянного тока с независимым возбуждением в момент его пуска, если наибольшее сопротивление пускового реостата $R_{\text{п}} = 4$ Ом, а ток якоря в момент пуска при напряжении $U = 110$ В равен $I = 22$ А.

5.1.34. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением имеет следующие паспортные данные: номинальное напряжение $U_{\text{н}} = 110$ В, номинальный ток $I_{\text{н}} = 10$ А, сопротивление якоря $R_{\text{я}} = 0,5$ Ом. Определить сопротивление и мощность пускового реостата, чтобы ограничить значение пускового тока до двукратного номинального значения.

5.1.35. В цепь якоря двигателя постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов введен пусковой реостат сопротивлением $R_{\text{п}} = 2,5$ Ом. При этом пусковой ток превышает номинальный в 2,2 раза и равен $I = 178$ А. Определить сопротивление якорной цепи и пусковой ток при напряжении на якоре двигателя $U = 220$ В и отсутствии пускового реостата.

5.1.36. Двигатель постоянного тока с независимым возбуждением включен в сеть с напряжением $U = 220$ В, при сопротивлении якорной цепи $R_{\text{я}} = 0,4$ Ом, номинальный ток составляет $I = 20$ А. Определить величину пускового тока при отсутствии пускового реостата. Каковы будут сопротивление и мощность пускового реостата, если пусковой ток в 2,5 раза будет больше номинального значения тока двигателя?

5.1.37. Определить сопротивление регулировочного реостата в цепи обмотки возбуждения двигателя постоянного тока с независимым возбуждением, чтобы ток возбуждения не превышал $I = 1$ А. При этом подводимое к обмотке возбуждения напряжение равно 110 В, а сопротивление обмотки возбуждения двигателя составляет $R_{\text{в}} = 0,5$ Ом?

5.1.38. Последовательно с резистором, сопротивлением $R_1 = 30$ Ом, подключен переменный резистор R_2 . В среднем положении подвижного контакта переменного резистора R_2 в цепи устанавливается ток $I = 2$ А. Определить ток в цепи и напряжение на резисторе R_1 при крайних положениях подвижного контакта резистора R_2 , если к цепи приложено напряжение $U = 100$ В?

5.1.39. Параллельно с резистором R_1 сопротивлением 50 Ом подключен переменный резистор R_2 . В среднем положении подвижного контакта переменного резистора R_2 в цепи устанавливается ток $I = 2,5$ А. Определить ток в цепи и напряжение на резисторе R_1 при крайних положениях подвижного контакта резистора R_2 , если к цепи приложено напряжение $U = 150$ В?

5.1.40. Чему равно эквивалентное сопротивление цепи из десяти последовательно соединенных резисторов, если сопротивление каждого из них больше на 100 Ом предыдущего, а сопротивление первого резистора составляет 1 кОм? Найти напряжение на пятом резисторе, если напряжение питания цепи 15 В.

5.1.41. Реостат (рис. 5.4) состоит из керамического кольца, на котором размещены плотно намотанная тонкая проволока с большим удельным сопротивлением и два движка, которые размещены диаметрально относительно друг друга. Какая зависимость $U_{ab} = f(\alpha)$?

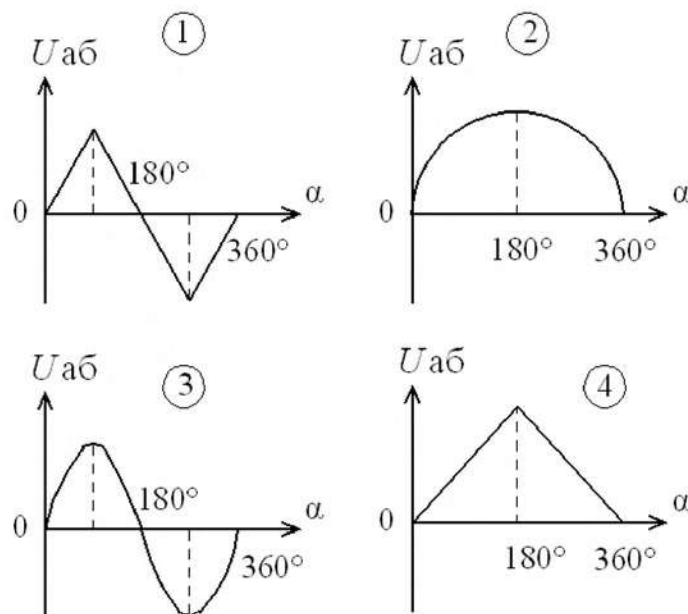
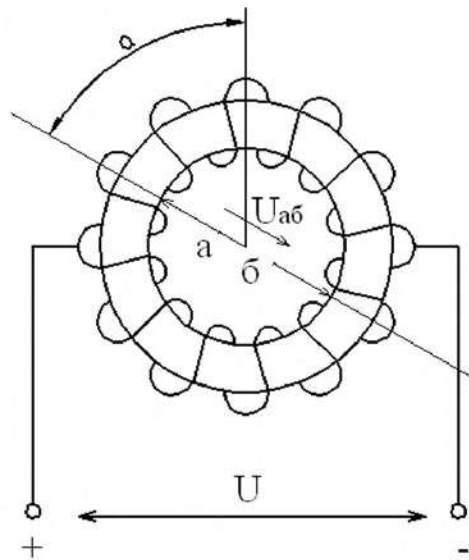


Рис. 5.4

5.1.42. Какая из схем, приведенных на рис. 5.5, позволяет регулировать ток потребителя от $I_{\text{п}} = 0$ до $I_{\text{п}} = \pm U / r$?

5.1.43. Какая из схем, приведенных на рис. 5.6, позволяет регулировать напряжение потребителя от $U_{\text{п}} = 0$ до $U_{\text{п}} = U$ и изменять его полярность?

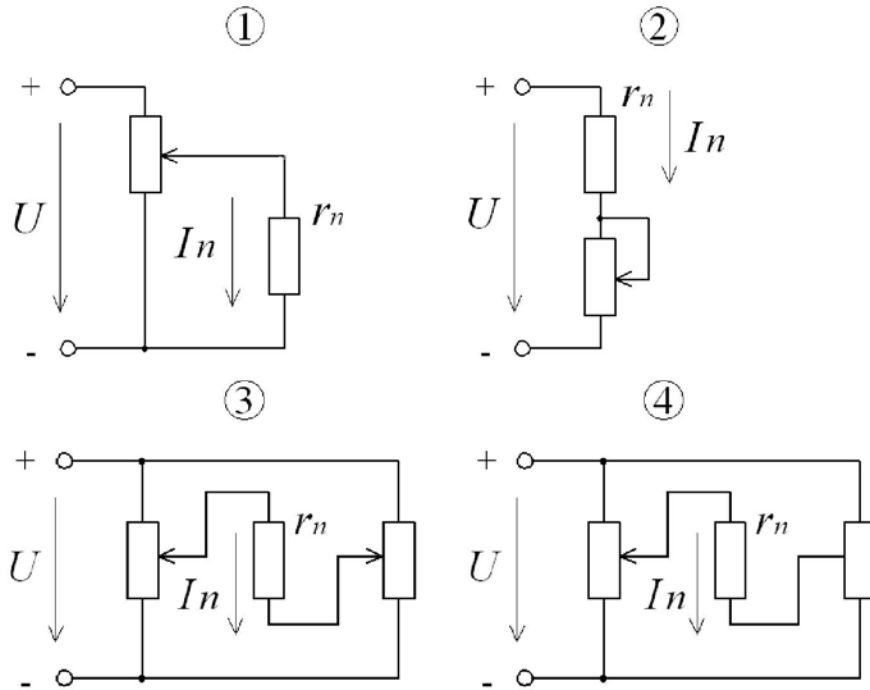


Рис. 5.5

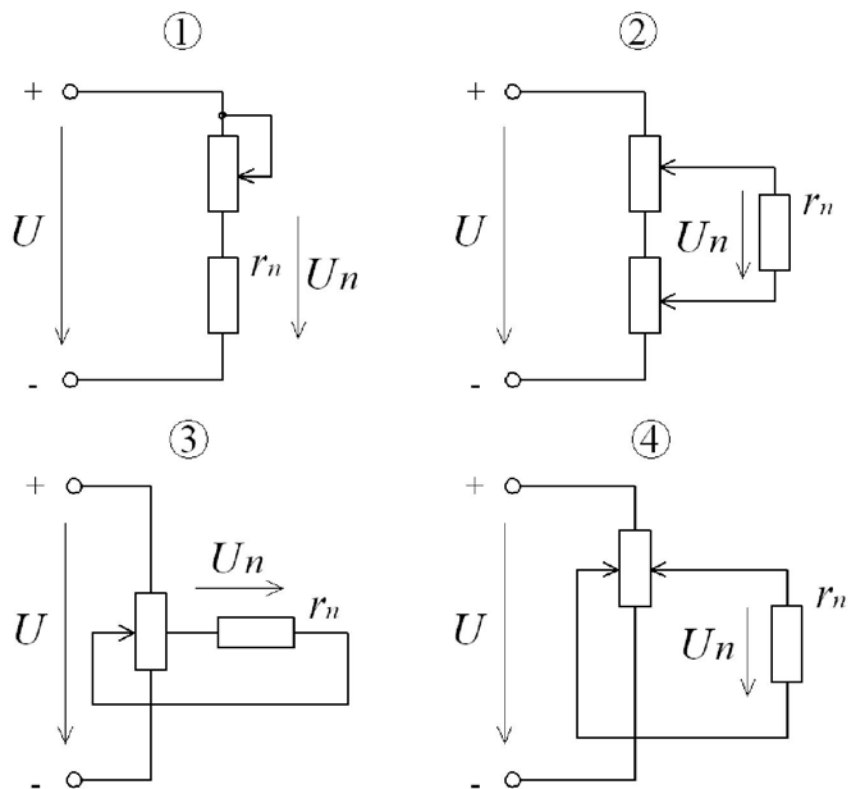


Рис. 5.6

5.1.44. Какую из перечисленных величин: а) ЭДС самоиндукции катушки при включении; б) ток катушки при выключении; в) ток катушки при включении; г) ЭДС самоиндукции катушки при отключении - ограничивает разрядное сопротивление r_p в электрической схеме, представленной на рис. 5.7? Пояснить.

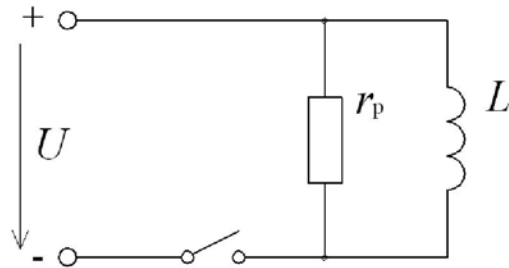


Рис. 5.7

5.1.45. Определить напряжение U и ток I (рис. 5.8), если ток $I_1 = 1$ А, $r = 10$ Ом. Как изменятся напряжение U_{ab} , ток I_1 и мощность P , если напряжение U увеличить в 2 раза?

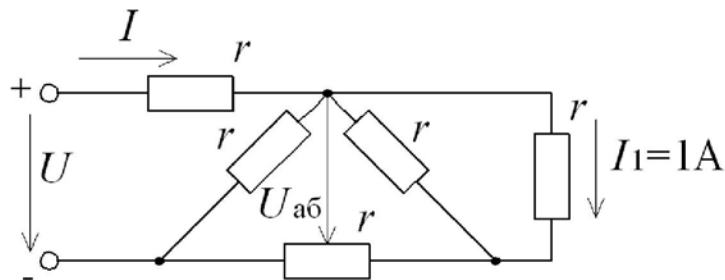


Рис. 5.8

5.1.46. Вольт-амперные характеристики нелинейных резисторов r_2 и r (рис. 5.9, а) приведены на рис. 5.9, б. Определить напряжение U , если $I_1 = 4$ А, $r_1 = 10$ Ом.

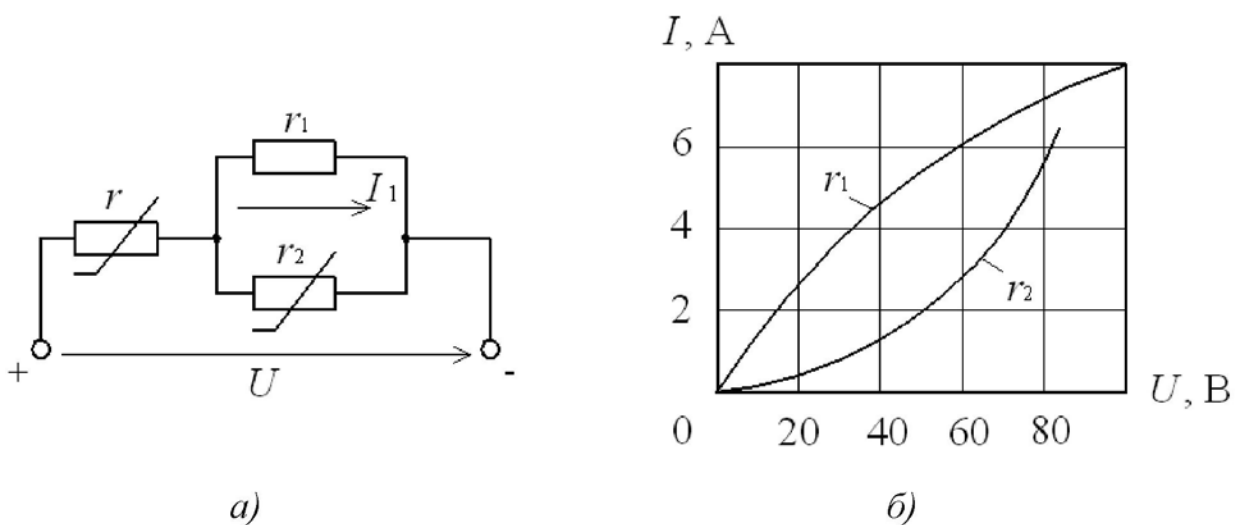


Рис. 5.9

5.1.47. Линейный резистор r_1 и нелинейный r_2 (рис. 5.10, а) имеют вольт-амперные характеристики, изображенные на рис. 5.10, б. Определить напряжения U и U_1 тока I , если $U_2 = 15$ В, $r = 10$ Ом.

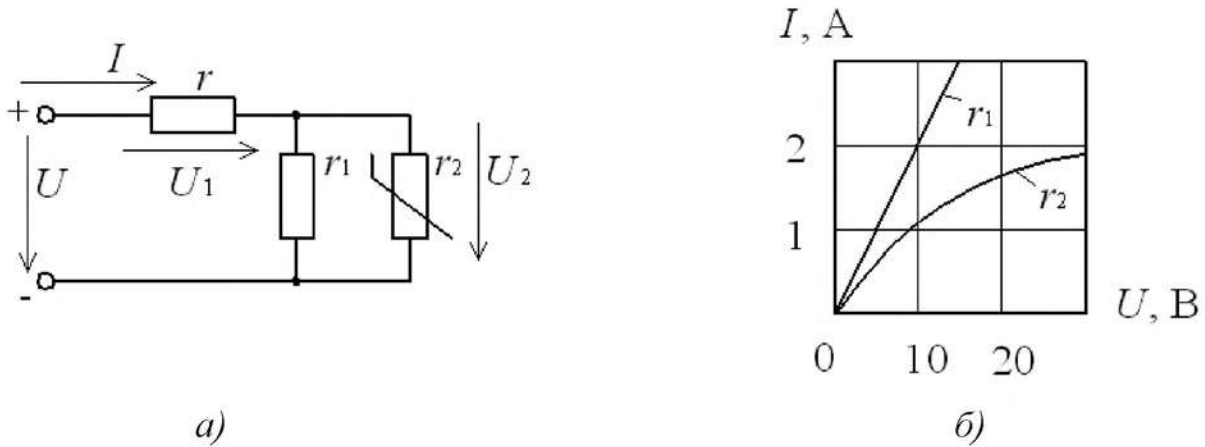


Рис. 5.10

5.1.48. Линейный резистор r_1 и нелинейный r_2 (рис. 5.11, а) имеют вольт-амперные характеристики, изображенные на рис. 5.11, б. Определить ток I , напряжения U и U_1 , если $r = 10$ Ом, $U = 10$ В.

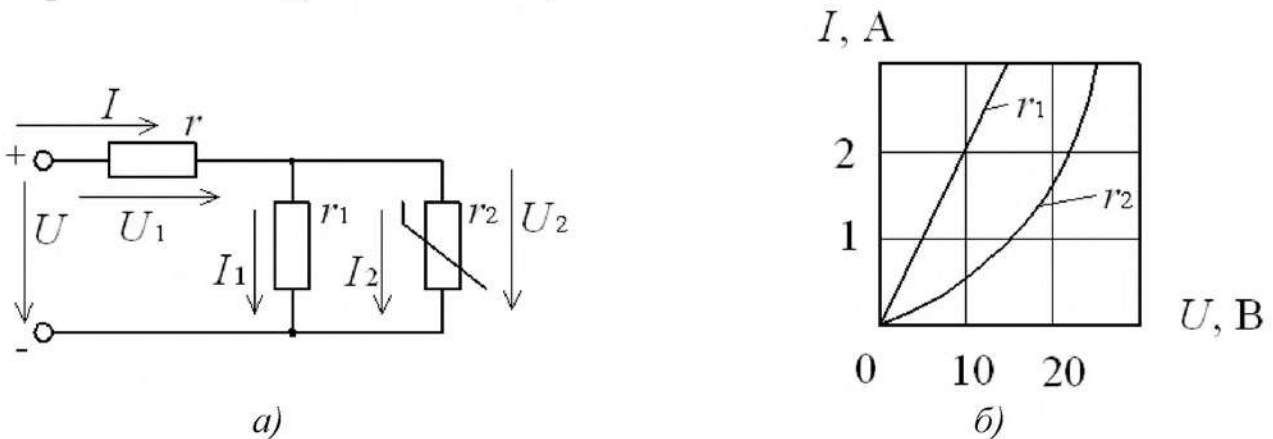


Рис. 5.11

5.2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КАТУШКИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТЫ

5.2.1. Прямолинейный проводник длиной $l = 0,3$ м, по которому протекает ток $I = 12$ А, помещен в однородное магнитное поле с магнитной индукцией $B = 0,5$ Тл. Определить силу, действующую на проводник, если он расположен: а) перпендикулярно линиям поля; б) вдоль линий поля.

5.2.2. В однородном магнитном поле находится прямолинейный проводник с током $I = 12$ А и длиной $l = 80$ см под углом 30° к вектору магнитной индукции. Определить магнитную индукцию поля, если действующая на проводник сила равна $F = 3,2$ Н.

5.2.3. Определить угол между проводником длиной $l = 1,2$ м, по которому протекает ток 10 А, и вектором магнитной индукции $B = 1,2$ Тл однородного магнитного поля. Сила, действующая на проводник, составляет $F = 8,5$ Н.

5.2.4. Однородное магнитное поле с магнитной индукцией $B = 1,0$ Тл действует на прямолинейный проводник с током с силой $F = 0,5$ Н. Длина проводника $l = 20$ см. Определить ток в проводнике, который расположен перпендикулярно линиям магнитного поля.

5.2.5. По прямоугольному проводнику протекает ток $I = 50$ А. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $l = 25$ мм от проводника. Окружающая среда – воздух. Определить значения тех же параметров при токах в проводнике: $10, 30, 60, 80$ и 100 А.

5.2.6. Внутри медного прямолинейного проводника, по которому протекает ток $I = 150$ А, на расстоянии $l = 1,5$ мм от оси проводника, индукция магнитного поля $B = 0,004$ Тл. Определить площадь сечения проводника и плотность тока в нем.

5.2.7. Магнитная индукция в точке, находящейся от прямолинейного проводника на расстоянии $l = 10$ мм, в воздушной среде, составляет $B = 0,002$ Тл. Определить ток, протекающий в проводнике.

5.2.8. Определить, на каком расстоянии от прямолинейного проводника напряженность магнитного поля равна $H = 400$ А/м при токе $I = 100$ А. Проводник размещен в воздушной среде. Определить значение индукции магнитного поля в этой точке.

5.2.9. В центре кольцевого проводника с током напряженность магнитного поля H равна 1500 А/м. Радиус кольца $r = 15$ мм. Определить ток, протекающий по проводнику.

5.2.10. Ток, проходящий по кольцевому проводнику, равен $I = 25$ А и создает напряженность магнитного поля в центре кольца $H = 400$ А/м. Определить диаметр кольца.

5.2.11. По кольцевому проводнику протекает ток $I = 12$ А. Определить напряженность магнитного поля в его центре, если диаметр кольца $d = 25$ мм.

5.2.12. Определить диапазон значений магнитного сопротивления магнитопровода, если длина магнитопровода будет изменяться от $0,1$ до $0,3$ м, а площадь его поперечного сечения будет изменяться от $0,1$ до $0,05$ м². Магнитопровод выполнен из материала с относительной магнитной проницаемостью $\mu = 500$.

5.2.13. По кольцевой катушке, намотанной на каркас из гетинакса, протекает ток $1,5$ А. Катушка имеет $w = 250$ витков. Наружный диаметр катушки $D = 52$ мм, внутренний диаметр $d = 42$ мм. Определить максимальную и минимальную напряженность магнитного поля на расстоянии $l = 4$ мм от наружного диаметра.

5.2.14. Кольцевая катушка питается от источника с ЭДС $E = 4,5$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,2$ Ом. Катушка намотана медным изолированным проводом сечением $S = 0,5$ мм² на текстолитовый каркас квадратного сечения площадью $S = 25$ мм² и имеет $w = 850$ витков. Наружный

диаметр каркаса $D = 100$ мм. Определить максимальную и минимальную напряженности поля внутри катушки.

5.2.15. В центре цилиндрической катушки длиной $l = 500$ мм и диаметром $D = 60$ мм при протекании по ней тока $I = 2,5$ А создается напряженность магнитного поля $H = 680$ А/м. Определить сопротивление и длину медного провода, намотанного на катушку в один ряд, если плотность тока $J = 0,5$ А/мм².

5.2.16. К обмотке катушки, имеющей $w = 500$ витков, приложено постоянное напряжение $U = 27$ В. Чему будет равна магнитодвижущая сила (м.д.с.) катушки, если ее сопротивление составляет $R = 4$ Ом? Определить плотность тока в проводе обмотки, если сечение провода равно $S = 2,5$ мм².

5.2.17. На кольцевой однородный магнитопровод намотана намагничивающая обмотка с числом витков $w = 100$. Наружный диаметр кольца $D = 90$ мм, внутренний диаметр $d = 50$ мм, его поперечное сечение толщиной 30 мм. Определить магнитный поток и напряженность магнитного поля в магнитопроводе, выполненного из ферромагнитного материала, имеющего $\mu = 250$ при токе намагничивающей катушки 10 А.

5.2.18. В центре цилиндрической катушки длиной $l = 350$ мм и диаметром $d = 12$ мм создается напряженность магнитного поля $H = 6000$ А/м. Определить ток в катушке, ее сопротивление и магнитный поток, если известно, что катушка намотана в один ряд медным изолированным проводом диаметром $d = 0,25$ мм и сечением $S = 0,0416$ мм².

5.2.19. Определить магнитный поток Φ и магнитную проницаемость μ стального сердечника цилиндрической катушки длиной $l = 800$ мм и диаметром $d = 40$ мм, имеющей $w = 200$ витков, если при токе $I = 1,0$ А в центре цилиндрической катушки создается магнитная индукция $B = 0,68$ Тл.

5.2.20. Для цилиндрической катушки задано значение намагничивающей силы $F_m = 2000$ А. Катушка намотана в один ряд изолированным медным проводом, диаметром $d = 0,2$ мм, и имеет $w = 1250$ витков. Определить напряженность поля в центре катушки, магнитную индукцию, ток катушки и необходимую длину катушки для двух случаев: а) катушка без сердечников; б) катушка со стальным сердечником ($\mu = 180$).

5.2.21. На кольцевой однородный магнитопровод намотана намагничивающая обмотка с числом витков $w = 150$. Наружный диаметр кольца $D = 130$ мм, внутренний диаметр $d = 90$ мм, его поперечное сечение круглое. Определить магнитный поток, магнитное сопротивление и напряженность поля в магнитопроводе, если он выполнен из ферромагнитного материала и имеет индукцию $B = 1,7$ Тл. Ток намагничивающей обмотки составляет $I = 5$ А.

5.2.22. Магнитопровод имеет две обмотки, причем число витков первой обмотки составляет 500 витков, а второй – 300 витков. Определить напряженность магнитного поля, если токи в обмотках одинаковы и равны $I = 2$ А, а длина средней силовой линии магнитного поля равна $l = 0,2$ м. Задачу решить для случаев одинакового и противоположенного направлений токов в обмотках.

5.2.23. При изменении напряженности магнитного поля H в ферромагнитном магнитопроводе от 1000 А/м до 2000 А/м индукция B линейно увеличилась от 0,9 Тл до 1,1 Тл. Определить диапазон изменения магнитного сопротивления и индуктивности катушки с числом витков $w = 50$, намотанных на магнитопровод, если его длина и сечение соответственно $l = 0,5$ м и $S = 0,03$ м².

5.2.24. Катушка намотана на цилиндрический магнитопровод диаметром $D = 80$ мм и длиной $l = 40$ мм. Относительная магнитная проницаемость $\mu = 400$. Сколько метров провода необходимо для получения индуктивности катушки $L = 1$ мГн при однослойной обмотке?

5.2.25. Катушка с ферромагнитным магнитопроводом имеет площадь поперечного сечения магнитопровода $S = 0,05$ м² и число витков $w = 40$. Индуктивность катушки составляет 250 мГн при длине магнитопровода $l = 0,1$ м. Определить относительную и абсолютную проницаемости магнитопровода.

5.2.26. Магнитный поток в магнитопроводе катушки, по которой протекает ток $I = 4$ А, равен $0,25 \cdot 10^{-3}$ Вб. Какое число витков на единицу длины должна иметь катушка, если сечение магнитопровода $S = 5 \cdot 10^{-3}$ м², а относительная магнитная проницаемость магнитопровода $\mu = 100$?

5.2.27. Какова индуктивность обмотки, имеющей $w = 450$ витков, если ток величиной 0,6 А создает в ней магнитный поток $\Phi = 0,05 \cdot 10^{-3}$ Вб? Определить ток, необходимый для создания в этой катушке магнитного потока, равного $\Phi = 0,5 \cdot 10^{-3}$ Вб.

5.2.28. Определить число витков и длину провода для намотки цилиндрической катушки, если длина катушки $l = 200$ мм, диаметр $d = 16$ мм. При токе в обмотке $I = 3$ А магнитный поток $\Phi = 0,3 \cdot 10^{-6}$ Вб. Определить напряженность магнитного поля в центре катушки.

5.2.29. Обмотка электромагнита подковообразной формы с общим числом витков $w = 2000$ расположена на магнитопроводе, выполненного из электротехнической стали 3411 с параметрами: $S = 0,001$ м², $l_{\text{ср}} = 0,2$ м. Найти ток в обмотке при индукции магнитного поля $B = 1,8$ Тл при наличии в магнитной системе воздушных зазоров $\delta_0 = 0,05$; 0,1; 0,5 мм. Сечения якоря и сердечника магнитопровода считать одинаковыми.

5.2.30. Тороидальный магнитопровод, выполненный из электротехнической стали 1512, имеет диаметр средней окружности $D = 0,03$ м. По намагничивающей обмотке с числом витков $w = 200$ при отсутствии зазора протекает ток $I = 1,5$ А. Какой ток необходимо пропустить через обмотку, чтобы индукция в магнитопроводе при наличии в нем воздушного зазора $\delta_0 = 0,5$ мм оставалась прежней?

5.2.31. В неразветвленной магнитной цепи с длиной средней линии 0,4 м и воздушным зазором $\delta_0 = 2$ мм необходимо создать магнитную индукцию $B = 1,6$ Тл. Магнитопровод выполнен из электротехнической стали 1512. Определить напряженность поля в магнитопроводе и воздушном зазоре, а также величину тока в намагничивающей обмотке с числом витков $w = 300$. Во сколько

раз магнитное сопротивление воздушного зазора выше сопротивления магнитопровода?

5.2.32. По намагничивающей обмотке с числом витков $w = 150$ протекает ток $I = 5$ А. Обмотка расположена на неразветвленном магнитопроводе, длина средней линии равна $l = 0,3$ м, а его сечение $S = 0,001$ м². Определить магнитный поток и индукцию в цепи при наличии воздушного зазора $\delta_0 = 0,5$ мм, если магнитопровод выполнен из литой стали.

5.2.33. Тороидальный магнитопровод с длиной средней окружности $l = 0,3$ м и поперечным сечением $S = 0,001$ м² имеет воздушный зазор $\delta_0 = 1$ мм. Какое количество витков намотано на этот магнитопровод, если по обмотке протекает ток $I = 10$ А, а магнитный поток в магнитопроводе $\Phi = 0,15 \cdot 10^{-3}$ Вб? Магнитная проницаемость материала магнитопровода $\mu = 500$.

5.2.34. В качестве материала магнитопровода катушки реле выбран ферромагнетик с $\mu = 400$. Длина средней линии магнитопровода равна $l_{cp} = 0,8$ м. Во сколько раз сопротивление воздушного зазора δ_0 , равное 0,5 мм, больше, чем магнитное сопротивление магнитопровода? При каком зазоре эти сопротивления будут одинаковыми?

5.2.35. Магнитная проницаемость сердечника цилиндрической катушки $\mu = 1600$. Площадь сечения катушки $S = 2,8$ см² при длине $l_{cp} = 5,6$ см. Определить необходимое число витков катушки и величину тока для получения магнитного потока $\Phi = 0,02$ Вб и индуктивности $L = 0,4$ Гн.

5.2.36. Сопротивление обмотки цилиндрической катушки с сердечником равно $R = 1,2$ Ом. Провод – медный, диаметром $d = 0,5$ мм, длина сердечника $l_{cp} = 200$ мм. Определить индуктивность катушки, если магнитная проницаемость равна $\mu = 300$.

5.2.37. Намагничивающая обмотка с числом витков $w = 200$ расположена на тороидальном магнитопроводе. Магнитопровод – квадратного сечения, изготовлен из электротехнической стали 1512, с внешним диаметром $D = 0,13$ м, внутренним диаметром $d = 0,09$ м. Определить магнитный поток и напряженность магнитного поля в магнитопроводе с зазором $l_{cp} = 0,8$ мм, если по обмотке протекает ток $I = 4$ А.

5.2.38. Обмотка электромагнита с общим числом витков $w = 100$ расположена на магнитопроводе, изготовленного из литой стали, с длиной средней силовой линии $l_{cp} = 0,3$ м. Сечение сердечника $S_c = 5 \cdot 10^{-3}$ м², якоря $S_y = 2 \cdot 10^{-3}$ м². Определить необходимый ток обмотки, чтобы при зазоре $\delta_0 = 0,5$ мм сила притяжения была не менее $F = 6$ кН.

5.2.39. Между полюсами электромагнита расположен короткозамкнутый виток площадью $S = 0,025$ м² и сопротивлением $R = 0,1$ Ом. Какой ток потечет по короткозамкнутому витку при включении электромагнита, если время нарастания индукции до значения $B = 0,5$ Тл составляет 10 мс? Плоскость витка перпендикулярна магнитным силовым линиям.

5.2.40. Магнитная цепь электромагнитного реле выполнена из материала с магнитной проницаемостью $\mu = 800$. Длина средней линии $l_{cp} = 0,2$ м и пло-

щадь сечения якоря и сердечника $S = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. Определить усилие в магнитной цепи при рабочем токе $I = 10 \text{ А}$ в обмотке с числом витков $w = 200$ при замыкании и размыкании якоря, т.е. при зазорах $\delta_0 = 0$ и $\delta_0 = 10 \text{ мм}$.

5.2.41. В магнитопроводе сила притяжения электромагнита составила 1000 Н при магнитной индукции $B = 0,1 \text{ Тл}$. Чему равна сила, развиваемая электромагнитом при значениях индукции $B = 0,02; 0,2; 0,5 \text{ Тл}$?

5.2.42. При зазоре между якорем и полюсами электромагнита в 10 мм сила притяжения была равной $F = 40 \text{ Н}$. Чему будет равна сила притяжения электромагнита при зазорах $\delta_0 = 1; 5; 15 \text{ мм}$, если ток электромагнита остался без изменения? Магнитным сопротивлением якоря и магнитопровода пренебречь.

5.2.43. Какую силу разовьет подковообразный электромагнит, если площадь поперечного сечения обоих полюсов $S = 0,002 \text{ м}^2$, а магнитная индукция $B = 1,5 \text{ Тл}$? Определить магнитную индукцию, необходимую для создания силы притяжения $F = 3000 \text{ Н}$.

5.2.44. Через обмотку П-образного электромагнита с зазором $\delta_0 = 1 \text{ мм}$ с числом витков $w = 500$ протекает рабочий ток $I = 5 \text{ А}$. Магнитопровод выполнен из электротехнической стали 1512 и имеет следующие параметры: длина средней линии $l_{\text{ср}} = 0,2 \text{ м}$; сечения якоря и сердечника одинаковы и равны $S = 0,001 \text{ м}^2$. Определить магнитный поток при заданном рабочем токе.

5.2.45. Через обмотку электромагнита с числом витков $w = 400$ протекает рабочий ток $I = 5 \text{ А}$. Магнитопровод выполнен из литой стали со следующими параметрами: площадь сечения $S = 0,001 \text{ м}^2$; длина средней линии $l_{\text{ср}} = 0,4 \text{ м}$; величина воздушного зазора составляет $\delta_0 = 0,5 \text{ мм}$; сечения якоря и сердечника одинаковы. Определить тяговое усилие электромагнита при заданных значениях зазора и тока.

5.2.46. На немагнитной кольцевой каркас сечением $S = 1 \text{ см}^2$ намотано $w = 1200$ витков. Определить энергию магнитного поля катушки, если по катушке протекает ток $I = 2,5 \text{ А}$, а средняя ее длина $l_{\text{ср}} = 18,9 \text{ см}$. Как изменится энергия магнитного поля катушки и ее индуктивность, если ток уменьшить в $1,5$ раза?

5.2.47. Индуктивность цилиндрической катушки $L = 1,2 \text{ Гн}$. Сердечник катушки стальной, имеет длину $l = 65 \text{ см}$ и площадь сечения $S = 200 \text{ мм}^2$. Определить магнитный поток катушки, если энергия ее магнитного поля равна $W = 85 \text{ Дж}$, а число витков составляет $w = 500$.

5.2.48. Энергия магнитного поля цилиндрической катушки равна $W = 3,8 \text{ Дж}$. Определить индуктивность катушки и магнитную проницаемость сердечника, если ток в катушке равен $I = 6 \text{ А}$, число витков катушки $w = 150$, ее длина $l = 40 \text{ мм}$, а площадь сечения составляет 1 см^2 .

5.2.49. Цилиндрическая катушка без сердечника диаметром $D = 20 \text{ мм}$ и длиной $l = 10 \text{ мм}$, по обмотке которой протекает ток $I = 3,5 \text{ А}$, имеет $w = 600$ витков. Определить магнитный поток катушки, если энергия ее магнитного поля $W = 85 \text{ Дж}$, а число витков составляет $w = 5$.

5.2.50. В катушке, имеющей 200 витков и находящейся в однородном магнитном поле, ток изменился равномерно с 16 до 3,5 А в результате линейного изменения магнитной индукции B от 0,1 до 0,05 Тл. Определить коэффициент самоиндукции катушки, если площадь ее витка равна $S = 350 \text{ мм}^2$.

5.2.51. По катушке с индуктивностью $L = 0,5 \text{ Гн}$ протекает ток $I = 3,6 \text{ А}$. Определить потокосцепление самоиндукции Ψ и энергию W , запасенную в катушке.

5.2.52. Энергия магнитного поля катушки $W = 12,8 \text{ Дж}$. Определить потокосцепление самоиндукции и индуктивность катушки, если ток в ней составляет $I = 6,4 \text{ А}$.

5.2.53. Энергия, запасенная в катушке $W = 5,2 \text{ Дж}$. Определить ток в катушке, если ее индуктивность $L = 0,3 \text{ Гн}$.

5.2.54. Определить взаимную индуктивность двух катушек, включенных последовательно, если при встречном включении их общая индуктивность равна $L = 12 \text{ мГн}$, а при согласном включении катушек она составляет $L = 62 \text{ мГн}$.

5.2.55. Две индуктивные катушки L_1 и L_2 соединены последовательно. При согласном включении их эквивалентная индуктивность $L_{\text{сч}} = 0,08 \text{ Гн}$, при встречном $L_{\text{вв}} = 0,0016 \text{ Гн}$. Определить индуктивность катушки L_2 , если $L_1 = 0,025 \text{ Гн}$.

5.2.56. Две параллельно включенные индуктивные катушки с $L_1 = 100 \text{ мГн}$ и $L_2 = 60 \text{ мГн}$ имеют взаимную индуктивность $M = 40 \text{ мГн}$. Определить их эквивалентную индуктивность при согласном и встречном включении.

5.2.57. По двум индуктивным катушкам, соединенным параллельно, протекает ток $I = 4,8 \text{ А}$. При взаимной индуктивности $M = 0,01 \text{ Гн}$ при согласном включении катушек эквивалентная индуктивность $L_{\text{сч}} = 125,5 \text{ мГн}$. Определить индуктивность одной из катушек и их эквивалентную индуктивность при встречном включении, если индуктивность другой катушки равна 150 мГн .

5.2.58. Катушка, имеющая $w = 140$ витков, нагружена на резистор сопротивлением $R = 2,5 \text{ Ом}$, на котором выделилась мощность $P = 0,4 \text{ Вт}$ при изменении магнитной индукции равномерного магнитного поля на $\Delta B = 1 \text{ Тл}$ за время $\Delta t = 0,2 \text{ с}$. Определить поперечное сечение катушки. Сопротивлением катушки пренебречь.

5.2.59. Энергия магнитного поля контура изменилась на $0,8 \text{ Дж}$ при изменении тока в нем от 3 до 6,5 А. Определить время изменения тока и индуктивности контура, если ЭДС самоиндукции $E = 340 \text{ мВ}$.

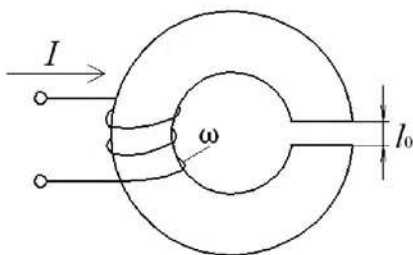


Рис. 5.12

5.2.60. Катушка обладает индуктивностью $L = 1,2 \text{ Гн}$. Определить изменение энергии, запасенной в магнитном поле катушки, наведенную ЭДС, при линейном изменении тока в ней от 16 до 10 А за время $t = 0,4 \text{ с}$, а также энергию магнитного поля при указанных значениях тока.

5.2.61. Определить величину тока катушки (рис. 5.12), если магнитная индукция в воздушном

зазоре будет равна $B = 1,256$ Тл при $l_0 = 2$ мм, $w = 2000$ витков. Поток рассеяния и выпучиванием магнитного потока в воздушном зазоре пренебречь. Принять, что магнитная проницаемость ферромагнитного сердечника μ равна бесконечности.

5.2.62. Определить индуктивность катушки с ферромагнитным сердечником (рис. 5.13, а), кривая намагничивания которой изображена на рис. 5.13, б, если $I = 0,2$ А, $S = 5$ см², $l = 20$ см, $w = 1000$ витков.

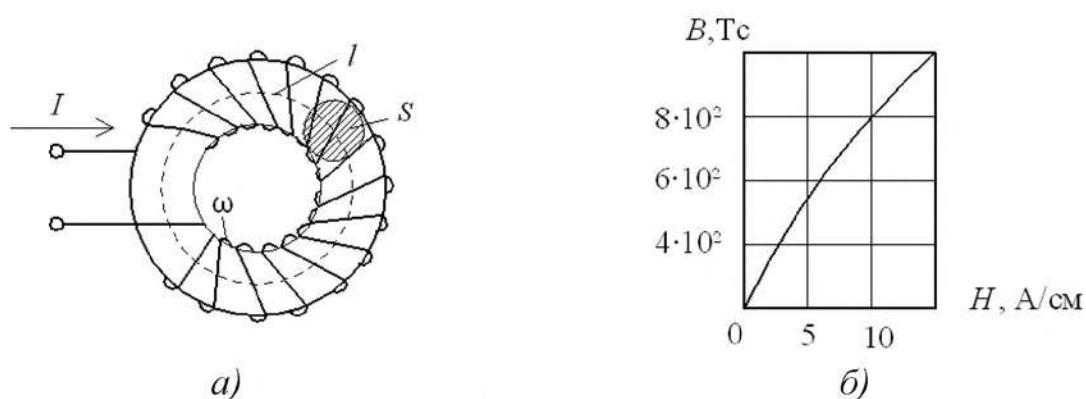


Рис. 5.13

5.2.63. Определить ток в катушке тороида (рис. 5.14, а), если магнитная индукция в ферромагнитном сердечнике составляет $B = 1,2$ Тл. Кривая намагничивания сердечника изображена на рис. 5.14, б, $l = 5$ см, $w = 200$ витков.

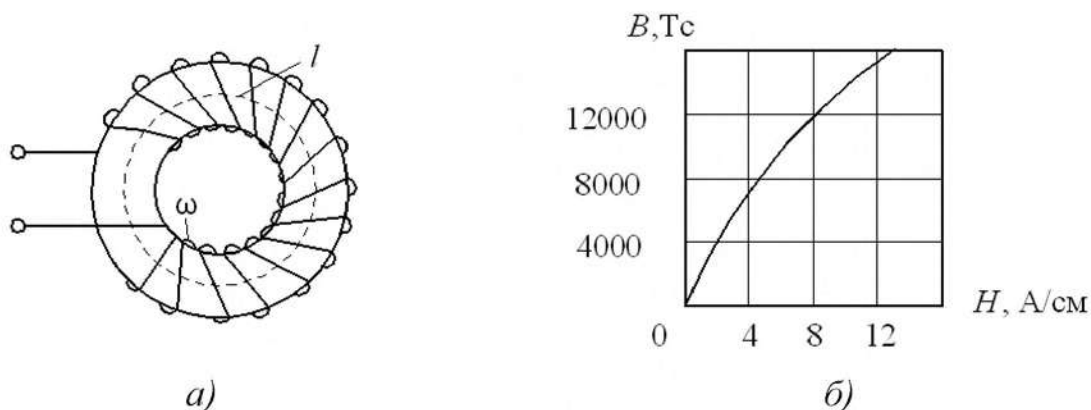


Рис. 5.14

5.3. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОНТАКТОРЫ И РЕЛЕ

5.3.1. Контактёр постоянного напряжения подключен к сети напряжением 220 В и включает в сеть активно-индуктивную нагрузку с номинальным током 63 А. Выбрать главные контакты по току.

5.3.2. Выбрать по току силовые контакты магнитного пускателя, обеспечивающего включение в сеть напряжением 380 В, частотой 50 Гц, асинхронного

электродвигателя с короткозамкнутым ротором при легких условиях пуска с пусковым током 55 А.

5.3.3. Выбрать силовые контакты контактора переменного напряжения по току, если он подключает к сети напряжением 380 В, 50 Гц асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором мощностью 28 кВт с номинальным током 55 А, при кратности пускового тока 5.

5.3.4. В силовую цепь включен контакт контактора постоянного тока, рассчитанный на напряжение 220 В и ток 63 А. Как следует изменить разрывную мощность силового контакта, если его включить в цепь с током 63 А и напряжением 440 В?

5.3.5. Представлены два контактора постоянного тока с различными растворами силовых контактов. У первого аппарата величина раствора составляет 10 мм, у второго – 3 мм. У какого контактора коэффициент возврата будет больше и почему?

5.3.6. Как изменится величина коэффициента возврата у контактора переменного тока, если магнитопровод его сердечника будет выполнен из ферромагнитного материала с более узкой петлей гистерезиса?

5.3.7. После включения контактора постоянного напряжения в сеть ток в катушке его электромагнита ограничивается до величины $I_{уд}$, достаточной для удержания якоря. Во сколько раз снижается при этом мощность потерь в катушке, если отношение токов удержания и срабатывания $I_{уд} / I_{ср} = 0,5$?

5.3.8. К источнику питания с напряжением 110 В подключена катушка контактора постоянного тока. Катушка имеет сопротивление $R = 1$ Ом, индуктивность $L = 100$ мГн при числе витков $w = 2000$. Через какое время после включения контактора якорь магнитопровода аппарата начнет движение, если ток трогания в катушке равен 50 А?

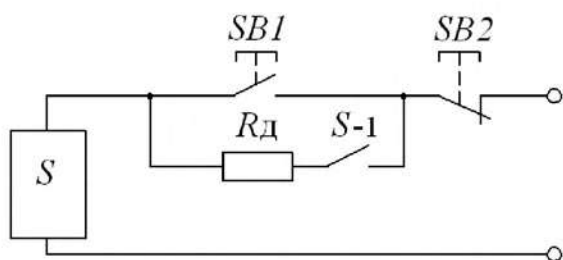


Рис. 5.15

5.3.9. Электромагнитная обмотка контактора постоянного тока *KM* подключается к управляющему напряжению 220 В. Для повышения экономичности схемы при включении контактора последовательно его обмотке подсоединяется резистор $R_{д}$, ограничивающий ток (рис. 5.15). Параметры электромагнитного контактора следующие: число витков катушки $w = 100$;

длина силовой линии $l = 0,1$ м; площадь сечения полюсов $S = 10^{-5}$ м²; магнитопровод выполнен из стали $\mu = 200$. Определить сопротивление добавочного резистора, если для удержания якоря достаточно усилие $F = 10$ Н, а сопротивление обмотки равно $R = 20$ Ом. На сколько уменьшатся потери мощности в обмотке контактора?

5.3.10. На сколько процентов снизится сила притяжения якоря электромагнита контактора при понижении напряжения на его катушке на 20 %, если индукция в зазоре прямо пропорциональна току катушки? Как изменится сила

притяжения электромагнита контактора, если его магнитная система будет насыщенной?

5.3.11. Электромагнит контактора с длиной средней силовой линии $l = 0,1$ м из материала с $\mu = 800$, площадь его полюсов $S = 5 \cdot 10^{-5}$ м², число витков обмотки $w = 200$. Определить тяговое усилие электромагнита F в крайних положениях подвижного якоря, т.е. при зазорах $\delta_0 = 0$ и $\delta_0 = 100$ мм при рабочем токе 10 А.

5.3.12. Магнитный пускатель имеет ток срабатывания $I_{\text{ср}} = 7$ А при сопротивлении обмотки $R = 6$ Ом. Максимальный допустимый ток включения двигателя 100 А при номинальном напряжении потребителя в коммутируемой цепи 380 В. Чему равны напряжение включения магнитного пускателя и коэффициент управления $K_v = P_v / P_{\text{ср}}$?

5.3.13. Магнитопровод магнитного пускателя с длиной средней силовой линии $l = 0,1$ м выполнен из материала с $\mu = 500$. При замыкании якоря создается тяговое усилие $F = 250$ Н, ток при этом равен $I_1 = 2$ А. Какой ток I_2 надо пропустить через обмотку магнитного пускателя, чтобы при зазоре $\delta = 10$ мм тяговое усилие осталось прежним?

5.3.14. В магнитном пускателе якорь диаметром 30 мм имеет массу 0,5 кг. Внутренний диаметр обмотки с числом витков $w = 500$ равен 36 мм. Какой ток надо подать на обмотку, чтобы якорь двигался с ускорением не менее $a = 50$ м/с², если магнитный поток создается на длине $l = 0,2$ м? Определить время срабатывания магнитного пускателя, если рабочий ход якоря составляет 400 мм.

5.3.15. Номинальный ток электромагнитной катушки контактора переменного напряжения составляет $I = 120$ мА. При включении катушки под напряжение в начальный момент времени величина тока в ней возрастает в 12 раз. На какой ток следует выбирать вспомогательные контакты контактора переменного напряжения?

5.3.16. Электромагнитное реле тока имеет следующие номинальные параметры: напряжение управления $U_v = 42$ В, ток срабатывания $I_{\text{ср}} = 750$ мА, ток отпускания $I_{\text{отп}} = 600$ мА. Реле коммутирует нагрузку $R_{\text{н}} = 10$ Ом, подключенную к сети напряжением $U = 220$ В. Определить коэффициент возврата, а также коэффициент управления мощностью реле.

5.3.17. Последовательно с управляющей обмоткой реле, сопротивлением $R = 50$ Ом, подключен переменный резистор $R = 0 - 100$ Ом. Определить диапазон изменения тока и напряжения обмотки, если управляющее напряжение 42 В. При каком соотношении сопротивлений в обмотке будет выделяться максимальная мощность?

5.3.18. Ток срабатывания реле постоянного тока с сопротивлением обмотки $R_0 = 50$ Ом составляет $I_{\text{ср}} = 0,84$ А. Максимальный допустимый ток контактных пар $I_{\text{м}} = 5$ А при коммутации нагрузки с напряжением $U = 220$ В. Какое напряжение нужно подать на управляемую цепь при ее сопротивлении

$R_v = 50 \text{ Ом}$? Чему равны напряжение срабатывания и коэффициент управления мощностью?

5.3.19. Ток срабатывания электромагнитного реле равен $I_{cp} = 500 \text{ мА}$. В обесточенном состоянии якорь находится на расстоянии l мм от сердечника катушки индуктивности активной площадью $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ и числом витков $w = 250$. Определить минимальное тяговое усилие реле $F_{мин}$.

5.3.20. Магнитопровод электромагнитного реле выполнен из материала с магнитной проницаемостью $\mu = 100$. Катушка реле имеет 250 витков, среднюю длину силовой линии $l = 0,05 \text{ м}$ и активную площадь $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Определить усилие удержания реле и минимальное тяговое усилие якоря при величине зазора $\delta = 1 \text{ мм}$, если ток срабатывания равен $I_{cp} = 0,5 \text{ А}$.

5.3.21. Электромагнитное реле постоянного тока с тремя контактными парами имеет мощность управления $P_v = 0,5 \text{ Вт}$, мощность коммутируемой цепи равна $P_k = 500 \text{ Вт}$. Определить номинальные токи в управляющей и коммутируемых цепях, если они подключены к источнику напряжения $U = 127 \text{ В}$, а сопротивление обмотки составляет $R_o = 500 \text{ Ом}$.

5.3.22. Магнитопровод электромагнитного реле выполнен из материала с магнитной проницаемостью $\mu = 500$. Катушка реле имеет $w = 500$ витков, среднюю длину $l = 0,05 \text{ м}$ и активную площадь $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Каково усилие удержания якоря при токе срабатывания $I_{cp} = 50 \text{ мА}$?

5.3.23. В поляризованном реле имеются две обмотки управления. Ток срабатывания реле равен $\pm 100 \text{ мА}$, число витков в каждой обмотке составляет $w = 500$. Якорь в обесточенном состоянии находится посередине на расстоянии $\pm 1 \text{ мм}$ от полюсов сердечника площадью $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Определить зону нечувствительности, если усилие трогания якоря равно $0,5 \text{ Н}$.

5.3.24. В электромагнитном реле усилие, создаваемое противодействующей пружиной, равно $F = 0,5 \text{ Н}$. Число витков обмотки реле $w = 100$, активное сечение магнитопровода $S = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$. Определить время срабатывания реле, если ток срабатывания равен $1,5 \text{ А}$. Масса якоря 10 г . Рабочий ход якоря равен 1 мм .

5.3.25. Поляризованное реле, рассчитанное на напряжение срабатывания $U_{cp} = 42 \text{ В}$, необходимо использовать в сети напряжением $U = 220 \text{ В}$. Какое добавочное сопротивление следует включить последовательно с обмоткой сопротивлением $R = 100 \text{ Ом}$?

5.3.26. Катушка электромагнитного реле переменного тока имеет напряжение $U = 220 \text{ В}$ и сопротивления: активное $R = 1,3 \text{ кОм}$, индуктивное $X = 5,3 \text{ кОм}$. Во сколько раз ток срабатывания больше рабочего тока катушки?

5.3.27. В электромагнитном реле постоянного тока активное сопротивление катушки равно $R = 100 \text{ Ом}$, ее индуктивность $L = 1 \text{ Гн}$. Найти ток и активную мощность катушки, если напряжение срабатывания $U_{cp} = 24 \text{ В}$. Определить время срабатывания электромагнитного реле.

5.3.28. Активное сопротивление катушки реле переменного тока равно $R = 10 \text{ Ом}$, ее индуктивность $L = 50 \text{ мГн}$. С целью снижения напряжения на ка-

тушке реле последовательно катушке включается резистор R_d . Определить его наибольшее сопротивление, если ток катушки реле должен быть не ниже 100 мА.

5.3.29. Как зависит м.д.с. обмотки электромеханического реле постоянного тока от способа укладки обмоточного провода в катушке, если его диаметр заранее задан?

5.3.30. В каком случае токовая нагрузка в силовых контактах магнитного пускателя будет больше: а) при пуске асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором; б) при отключении работающего асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором?

5.3.31. Как должен измениться диаметр провода катушки реле постоянного напряжения и потребляемая им мощность из сети при неизменном токе электромагнитной катушки, если ее напряжение питания будет увеличено?

5.3.32. Как влияет изменение натяжения противодействующей пружины на величину тока трогания и времени трогания в электромеханическом реле постоянного напряжения? Приведите характеристики управления "вход - выход" для указанного типа реле при двух значениях натяжения противодействующей пружины.

5.3.33. Поясните принцип действия герконового реле. Укажите, из какого материала изготавливаются контактные пластины герконов. В чем состоит принципиальное отличие таких контактных электрических аппаратов, как геркон, герсикон, гезакон? Назовите области их применения.

5.3.34. Поясните, почему наличие короткозамкнутого витка в конструкции электромагнитного реле времени приводит к увеличению времени срабатывания и отпускания реле. Назовите плавный и грубый способы регулирования выдержки времени с электромагнитным замедлителем.

5.3.35. В каком случае в электромагнитном реле времени выдержка времени при отключении больше: а) при использовании специального короткозамкнутого витка в виде гильзы, размещенного на магнитопроводе реле; б) при закорачивании самой обмотки управления электромагнитного реле?

5.3.36. Как влияет на величину коэффициента возврата реле напряжения постоянного тока: а) увеличение конечного зазора между якорем и сердечником при постоянстве начального зазора; б) увеличение начального зазора при постоянстве величины конечного зазора; в) увеличение начального натяжения возвратной пружины при неизменных значениях величины зазоров?

5.3.37. В чем состоит принципиальное отличие двухпозиционного поляризованного реле напряжения от двухпозиционного реле с преобладанием, трехпозиционного поляризованного реле? Поясните понятия одностабильного и двухстабильного реле.

5.3.38. Чем объяснить применение в силовых и во вспомогательных контактах магнитного пускателя контактов мостикового типа?

5.3.39. В каком случае ток в катушке электромагнита магнитного пускателя будет больше: а) при втянутом якоре магнитопровода; б) при наличии в магнитопроводе воздушного зазора?

5.3.40. Какие меры следует предусмотреть, если контактор постоянного тока на номинальный ток $I_n = 250$ А размещен в шкафу? Как изменится его допустимый ток через силовой контакт, если аппарат работает более 8 часов в длительном режиме?

5.3.41. С какой целью магнитопровод электромагнитного реле времени изготавливают цельным с малым удельным электрическим сопротивлением и малой коэрцитивной силой H_c ?

5.3.42. Какие функции выполняет реле максимального тока? Почему это реле должно иметь высокий коэффициент возврата, и чему он равен? Как регулируется уставка максимального токового реле? Почему удваивается ток срабатывания при переключении обмоток реле максимального тока с последовательного соединения на параллельное соединение?

5.3.43. Поясните принцип действия индукционного реле с диском. Дайте определение ЭДС трансформации и ЭДС генерации. Может ли создавать вращающий момент на диске индукционной системы один магнитный поток?

5.3.44. В цепи постоянного тока, в которую включен контакт промежуточного реле, возросла величина индуктивности L . Как при этом следует изменить предельную мощность контакта реле: а) оставить той же; б) увеличить; в) уменьшить? Поясните принятое решение.

5.3.45. Как изменится время срабатывания электромагнитного реле постоянного напряжения, если суммарное активное сопротивление в цепи катушки его электромагнита уменьшится за счет увеличения сечения обмоточного провода при неизменном значении индуктивности обмотки L ?

5.3.46. Как влияет величина индуктивности цепи электромагнитной катушки промежуточного реле постоянного напряжения на время трогания и время включения его электромагнита при условии, что величина активного сопротивления его катушки остается постоянной?

5.3.47. В каком случае величина переходного сопротивления силового электрического контакта контактора, выполненного из меди, при неизменном натяжении контактной пружины будет больше: а) при температуре контакта 65 °С; б) при температуре 110 °С, и почему?

5.3.48. Как изменится среднее значение тягового усилия электромагнита F в реле переменного напряжения, если на его магнитопроводе с целью устранения вибрации якоря поместить короткозамкнутый виток?

5.3.49. Как изменится электромагнитная энергия катушки управления контактора постоянного тока: при увеличении числа витков в катушке; при уменьшении величины тока, протекающего по катушке; с ростом индуктивности катушки; при уменьшении магнитного потока в магнитопроводе аппарата?

5.3.50. В сеть переменного напряжения 220 В включена катушка электромагнита реле, выполненная из медного провода. Изменится или нет мощность, подводимая к катушке, по мере повышения ее температуры?

5.3.51. Как наиболее оптимально должна располагаться тяговая характеристика контактора или магнитного пускателя по отношению к противодействующим характеристикам?

5.4. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ

5.4.1. Плавкий предохранитель отключается при токе $I = 20$ А через 2 с. При каких токах предохранитель расплавится через 0,1; 0,5 и 1 с?

5.4.2. Выбрать номинальный ток плавкой вставки предохранителя для защиты линии, питающей асинхронный электродвигатель с пусковым током 55 А и легкими условиями пуска.

5.4.3. Выбрать номинальный ток плавкой вставки для станка, главный двигатель которого имеет $I_{\text{ном1}} = 21,5$ А, $I_{\text{п1}} = 161,3$ А, вспомогательные двигатели имеют $I_{\text{ном2}} = 2,8$ А, $I_{\text{ном3}} = 0,4$ А. Напряжение сети 380/220 В. Выбор произвести для случая, когда все двигатели работают одновременно.

5.4.4. В сеть переменного тока напряжением 380 В подключены три асинхронных электродвигателя с короткозамкнутыми роторами мощностью 5,5; 7,5 и 10 кВт. Кратность пусковых токов у всех двигателей одинакова и равна 5. Номинальные токи двигателей соответственно равны 14,5 А; 20 А; 26,3 А. Рассчитать и выбрать предохранители, обеспечивающие защиту от токов короткого замыкания всех трех двигателей.

5.4.5. Произвести расчет и выбор плавкой вставки предохранителя в цепи якоря двигателя постоянного тока, работающего в повторно-кратковременном режиме с ПВ = 40%. Исходные данные для расчета: номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 220$ В, номинальный ток $I_{\text{ном}} = 25,4$ А.

5.4.6. Произвести расчет и выбор плавкой вставки предохранителей для защиты трехфазного асинхронного двигателя с фазным ротором, работающего в длительном режиме. Исходные данные электродвигателя: номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 380$ В, номинальный ток $I_{\text{ном}} = 68$ А.

5.4.7. Произвести расчет и выбор плавкой вставки предохранителей для защиты от токов коротких замыканий трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором при условии реализации тяжелого пуска и длительного режима работы. Кратность пускового тока для данного электродвигателя равна 6. Исходные данные электродвигателя: номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 380$ В, номинальный ток $I_{\text{ном}} = 205$ А.

5.4.8. Выбрать номинальный ток плавкой вставки предохранителей для станка, главный двигатель которого имеет номинальный ток $I_{\text{ном}} = 205$ А. Кратность пускового тока равна 5. Вспомогательные двигатели имеют $I_{\text{ном2}} = 21,5$ А, $I_{\text{ном3}} = 2,8$ А. Напряжение сети 380 В. Двигатели – трехфазные асинхронные с короткозамкнутыми роторами. Выбор следует произвести для двух случаев: а) когда работает лишь главный двигатель; б) когда все три электродвигателя работают одновременно.

5.4.9. Трехфазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, номинальной мощностью $P_n = 10$ кВт, номинальным током $I_{ном} = 21,5$ А обеспечивает тяжелый пуск. Кратность пускового тока 4,5. Исходя из имеющихся параметров двигателя, рассчитать значение номинального тока плавкой вставки предохранителей, используемых для защиты электродвигателя от токов короткого замыкания.

5.4.10. Цепь управления двигателем постоянного тока с независимым возбуждением насчитывает две катушки контакторов, три катушки реле времени, две катушки промежуточных реле с номинальными токами соответственно: 0,35 А; 0,2 А; 0,15 А. Рассчитать и выбрать плавкие вставки предохранителей для защиты цепи управления от токов короткого замыкания, полагая, что указанные электрические аппараты некоторое время могут быть под напряжением одновременно.

5.4.11. Выбрать уставку теплового расцепителя автоматического выключателя для защиты линии питания металлорежущего станка, электродвигатели $D1, D2, D3$ которого имеют токи: $I_{ном1} = 21,5$ А ($I_{п1} = 161,3$ А), $I_{ном2} = 2,8$ А, $I_{ном3} = 0,4$ А. Автомат установлен в закрытом шкафу.

5.4.12. Выбрать уставки теплового и электромагнитного расцепителей автоматического выключателя для защиты линии питания асинхронного двигателя с номинальным током $I_{ном} = 21$ А и пусковым током $I_{п} = 157$ А. Номинальные значения тока уставок автомата 16, 20, 25, 40, 50, 63, 80 и 100 А. Ток электромагнитного расцепителя $I_{э.р.} = 12 I_{т.р.}$

5.4.13. Выбрать уставки теплового расцепителя автоматического выключателя, установленного в закрытом шкафу и предназначенного для защиты двухпроводной цепи управления с расчетными токами 11,5 А; 21 А и 30 А. Номинальные значения уставок тепловых расцепителей 16, 20, 25, 40 и 50 А.

5.4.14. Для защиты цепи используется автоматический выключатель с комбинированным расцепителем. Почему при коротком замыкании в цепи срабатывает не тепловой, а электромагнитный расцепитель автомата?

5.4.15. Какой вид электрической защиты может быть реализован с помощью магнитного пускателя или реле напряжения переменного тока? Для какой цели используется такой вид электрической защиты? Приведите электрические схемы.

5.4.16. Рассчитать и выбрать параметры и тип трехполюсного электротеплового реле, включенного в фазные цепи трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, для защиты от тепловой перегрузки. Электродвигатель имеет следующие данные: номинальное напряжение $U_n = 380$ В, номинальный ток $I_n = 16$ А. При каком значении тока двигателя сработают тепловые реле спустя 20 минут после перегрузки двигателя?

5.4.17. Назовите электрические аппараты, с помощью которых может быть реализована максимальная токовая защита. Приведите электрические схемы.

5.4.18. С помощью каких электрических аппаратов можно реализовывать тепловую защиту по перегрузке трехфазного асинхронного электродвигателя,

если он работает в повторно-кратковременном режиме? Приведите электрические схемы.

5.4.19. В автоматическом выключателе максимального тока (рис. 5.16, а) якорь диаметром 20 мм движется в катушке электромагнита с внутренним диаметром 40 мм и числом витков $w = 50$. Какой массой должен обладать якорь, чтобы автомат срабатывал при токе $I = 10$ А, если магнитный поток Φ создается на длине $l = 50$ мм?

5.4.20. В автомате минимального тока (рис. 5.16, б) якорь массой 0,8 кг, диаметром 20 мм движется в катушке электромагнита с внутренним диаметром 40 мм. Какое число витков должно быть у обмотки электромагнита, чтобы автомат срабатывал при снижении тока до 5 А, если магнитный поток Φ создается на длине 100 мм ?

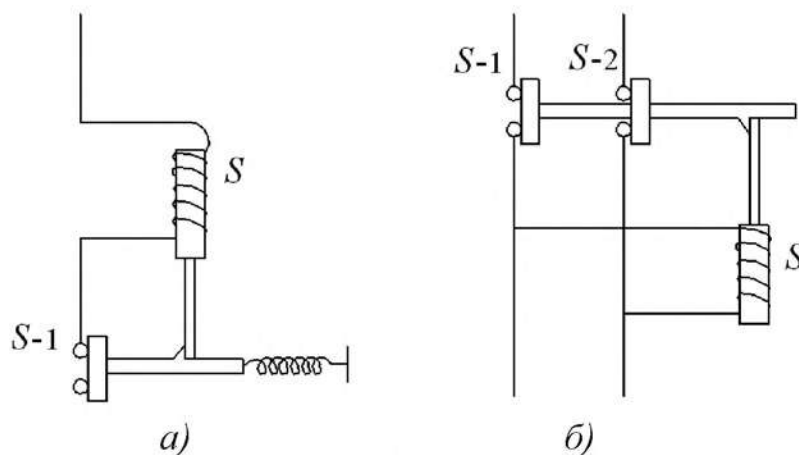


Рис. 5.16

5.4.21. На рис. 5.17 приведена схема отключения силовой цепи с помощью двух промежуточных реле. Поясните работу схемы и найдите необходимый коэффициент трансформации тока, если номинальный ток реле S_1 равен $I = 200$ мА, а допустимый ток в цепи – 20 А и 60 А.

5.4.22. В фазные цепи трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором включены два электротепловых реле. Электродвигатель имеет следующие номинальные данные: мощность $P_H = 10$ кВт, напряжение $U_H = 380$ В, ток $I_H = 28$ А. Определите, при каком токе сработают выбранные тепловые реле в случае перегрузки электродвигателя на 120% от номинальной нагрузки через 20 минут.

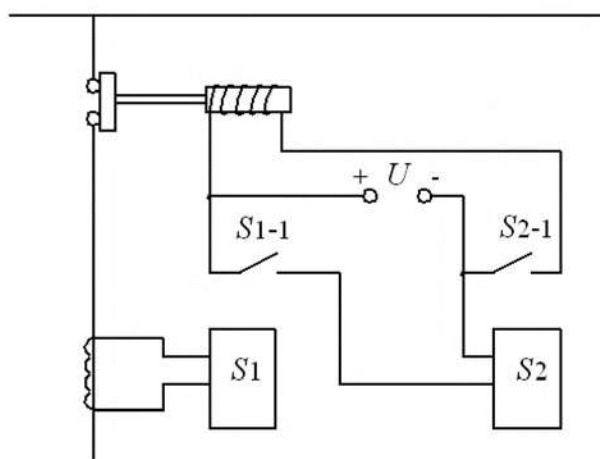


Рис. 5.17

5.4.23. С помощью каких электрических аппаратов возможно осуществление минимальной токовой защиты в цепи постоянного тока? Приведите электрические схемы.

5.4.24. Поясните назначение и принцип действия позисторной защиты, которая применяется для защиты асинхронных электродвигателей. В чем состоит отличие позисторной защиты от электротепловой?

5.4.25. В чем состоит смысл понятия "пограничный ток" плавкой вставки предохранителя? Почему расчет сечения плавкой вставки предохранителя производится по значению пограничного тока?

5.4.26. Почему плавкие вставки предохранителей из медной проволоки не обеспечивают защиту электрической цепи от небольших длительных перегрузок?

5.4.27. Каковы преимущества фигурной плавкой вставки предохранителя по сравнению с плавкой вставкой постоянного сечения?

5.4.28. Почему в засыпных плавких предохранителях применяют несколько параллельно включенных плавких вставок? Из какого материала следует изготавливать плавкие вставки для быстродействующих предохранителей? Как влияет наличие в корпусе предохранителя наполнителя (кварцевого песка) на время срабатывания плавкой вставки предохранителя?

5.4.29. Приведите основные материалы, применяемые при изготовлении трубчатых (разборных), наполненных и пробочных плавких предохранителей. Какие из этих предохранителей допускают свою замену под напряжением?

5.4.30. Время срабатывания расцепителя автоматического выключателя обычно пропорционально протекающему через него току. При каких токах расцепитель отключается через 0,2; 0,5; 1 с, если при токе $I = 50$ А он срабатывает через 0,8 с?

5.4.31. Какие виды электрических защит могут быть реализованы с помощью автоматических выключателей низкого напряжения? Приведите электрические схемы. Почему в автоматическом выключателе с комбинированным расцепителем при возникновении короткого замыкания в цепи, защищаемой этим аппаратом, срабатывает не тепловой, а электромагнитный расцепитель?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев, И.И. Справочник по электрическим аппаратам/ А.А. Алиев. – М.: Радиософт, 2006.
2. Березкина, Т.Ф. Задачник по общей электротехнике с основами электроники / Т.Ф. Березкина, Н.Г. Гусев, В.В. Масленников.– М.: Высшая школа, 1991.
3. Мышкин, Н.К. Электрические контакты / Н.К. Мышкин – М.: Интеллект, 2008.
4. Новиков, П.Н. Задачник по электротехнике: учеб. пособие / П.Н. Новиков, В.Я. Кауфман, О.В. Толгеев и др. – М.: Изд. Центр «Академия», 1998.
5. Родштейн, Л.А. Электрические аппараты: учебник для техникумов/ Л.А. Родштейн – Л.: Энергоатомиздат, 1988.
6. Ройзен, В.З. Электромагнитные малогабаритные реле / В.З. Ройзен – Л.: Энергоатомиздат, 1982.
7. Таев, И.С. Электрические аппараты управления / И.С. Таев – М.: Высшая школа, 1984.
8. Чунихин, А.А. Электрические аппараты: общий курс. Учебник для вузов / А.А. Чунихин – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
9. Шопен, Л.В. Бесконтактные электрические аппараты / Л.В. Шопен – М.: Энергоатомиздат, 1986.
10. Электротехнический справочник: 2 т. / Под ред. В.Г. Герасимова, 8-е изд. – М.: МЭИ, 2003.
11. Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов / под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Академия, 2010.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П.1.1. Единицы электромагнитных величин в системе СИ

Наименование величины	Наименование единицы	Выражение через единицы СИ	Обозначение единицы	
			русское	международное
Электрические величины				
Сила электрического тока	ампер	A	A	A
Количество электричества, заряд	кулон	$A \cdot c = Кл$	$Кл$	C
Электрический потенциал, напряжение, ЭДС	вольт	$кг \cdot м^2 / (A \cdot c^3) = B$	B	V
Напряженность электрического поля	вольт на метр	$кг \cdot м / (A \cdot c^3) = B/m$	B/m	V/m
Абсолютная диэлектрическая проницаемость	фарад на метр	$A^2 \cdot c^4 / (кг \cdot м^3)$	$Ф/м$	F/m
Электрический момент диполя	кулон-метр	$A \cdot c \cdot м = Кл \cdot м$	$Кл \cdot м$	$C \cdot m$
Электрическое смещение	кулон на кв. метр	$A \cdot c / м^2 = Кл / м^2$	$Кл / м^2$	C / m^2
Поляризованность	кулон на кв. метр	$A \cdot c / м^2 = Кл / м^2$	$Кл / м^2$	C / m^2
Электрическая ёмкость	фарад	$A^2 \cdot c^4 / (кг \cdot м^2) = c / Ом$	$Ф$	F
Плотность тока	ампер на кв. метр	$A / м^2$	$A / м^2$	A / m^2
Электрическое сопротивление	ом	$кг \cdot м^2 / (A^3 \cdot c^3) = B / A$	$Ом$	Ω
Электрическая проводимость	сименс	$A^2 \cdot c^3 / (кг \cdot м^2) = I / Ом$	$См$	S
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	$кг \cdot м^3 / (A^2 \cdot c^3) = Ом \cdot м$	$Ом \cdot м$	Ωm
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	$A^2 \cdot c^3 / (кг \cdot м^2) = I / Ом \cdot м$	$См / м$	S / m
Полная мощность	вольт-ампер	$кг \cdot м^2 / c^3$	$B \cdot A$	$V \cdot A$
Активная мощность	ватт		$Вт$	Wt
Реактивная мощность	вар		$Вар$	var
Магнитные величины				
Магнитный поток	вебер	$кг \cdot м^2 / (A \cdot c^2) = B \cdot c$	$Вб$	Wb
Магнитная индукция	тесла	$кг / (A \cdot c^2) = B \cdot c / м$	$Тл$	T
Абсолютная магнитная проницаемость	генри на метр	$кг \cdot м / (A^2 \cdot c^2)$	$Гн/м$	H/m
Магнитный момент электрического тока, магнитный момент диполя	ампер-кв. метр	$A \cdot м^2$	$A \cdot м^2$	$A \cdot m^2$

Намагниченность	ампер на метр	A/m	A/m	A/m
Напряженность магнитного поля	ампер на метр	A/m	A/m	A/m
Индуктивность, взаимная индуктивность	генри	$\frac{кг \cdot м^2}{(А^2 \cdot с^2)} = \frac{В \cdot с}{А} = \frac{Вб}{А} = Ом \cdot с$	Гн	Н
Магнитодвижущая сила, разность скалярных магнитных потенциалов	ампер	A	A	A
Магнитное сопротивление	ампер на вебер	$\frac{с^2 \cdot А^2}{(м^2 \cdot кг)} = \frac{А}{Вб} = 1/Гн$	$A/Вб$	A/Wb
Магнитная проводимость	вебер на ампер	$\frac{м^2 \cdot кг}{(с^2 \cdot А^2)} = Гн$	$Вб/А$	Wb/A
Векторный магнитный потенциал	вебер на метр	$\frac{кг \cdot м}{(А \cdot с^2)} = \frac{В \cdot с}{м}$	$Вб/м$	Wb/m

Пересчет единиц физических величин

Таблица П.1.2. Пересчет единиц энергии

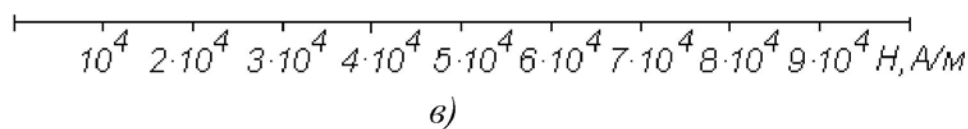
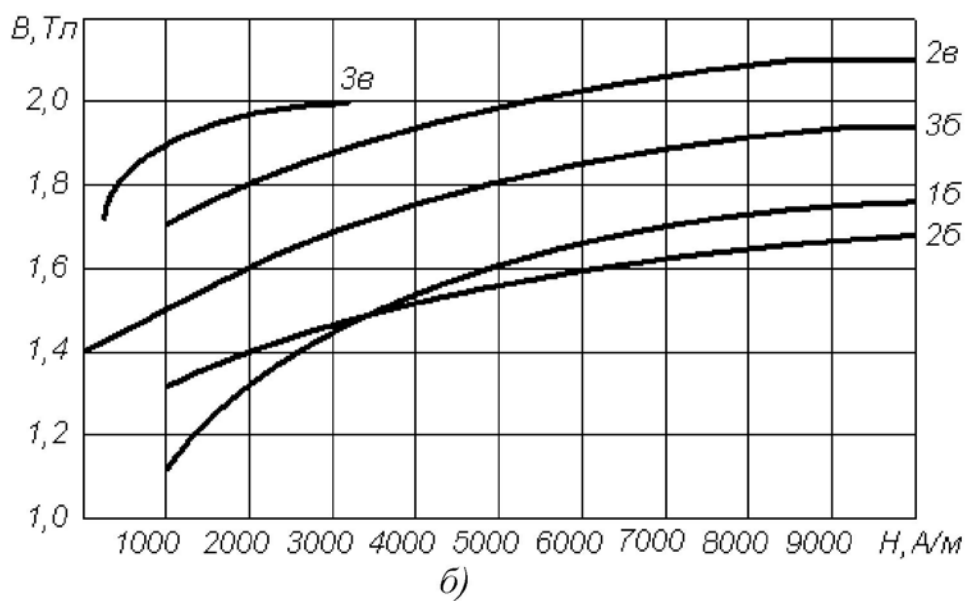
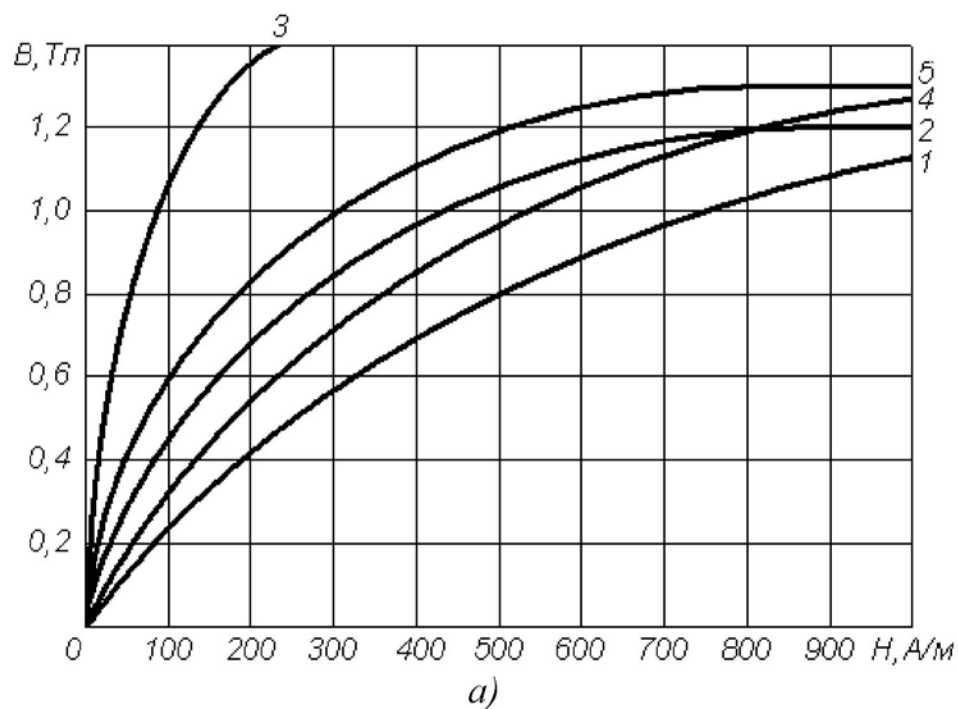
	Дж	кВт ч	кгс м	ккал
1 Дж	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	0,102	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кВт ч	$3,60 \cdot 10^6$	1	$3,67 \cdot 10^5$	860,0
1 кгс м	9,81	$2,72 \cdot 10^{-6}$	1	$2,34 \cdot 10^{-8}$
1 ккал	$4,19 \cdot 10^3$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	427	1

Таблица П.1.3. Пересчет единиц мощности

	Вт	кВт ч	кгс м/с	л.с.	ккал/с
1Вт	1	10^{-3}	0,102	$1,36 \cdot 10^{-3}$	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кгс м/с	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	$1,33 \cdot 10^{-3}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$
1 л.с.	736	0,736	75	1	0,176
1 ккал/с	$4,19 \cdot 10^3$	4,19	427	5,69	1

Таблица П.1.4. Десятичные кратные и дольные единицы

Наименование приставки	Обозначение приставки		Множитель (отношение к основной единице)
	русское	международное	
дека	да	<i>da</i>	10^1
гекто	г	<i>h</i>	10^2
кило	к	<i>k</i>	10^3
мега	М	<i>M</i>	10^6
гига	Г	<i>G</i>	10^9
деци	д	<i>d</i>	10^{-1}
санти	с	<i>c</i>	10^{-2}
милли	м	<i>m</i>	10^{-3}
микро	мк	<i>μ</i>	10^{-6}
нано	н	<i>n</i>	10^{-9}
пико	п	<i>p</i>	10^{-12}



Примечания: 1 – литая сталь, 2 – листовая электротехническая сталь 1512 (горячекатаная), 3 – листовая электротехническая сталь 3411 (холодно-катаная), 4 – листовая электротехническая сталь 1212 (горячекатаная), 5 – листовая электрическая сталь 1410 (горячекатаная)

Рис. П.1.1.

Таблица П.1.5. Основные характеристики проводниковых материалов

Наименование материала	Плотность кг / м ³	Удельное сопротивление, 10 ⁻⁶ , Ом · м	Удельная проводимость, 10 ⁶ , См / м	Температурный коэффициент сопротивления, 10 ⁻³ , 1 / К
Медь	8 900	0,0176	57	4,11 - 4,20
Алюминий	2 700	0,0278	35	4,31 - 4,39
Латунь	8 500	0,04	25	2,70 - 2,80
Вольфрам	19 100	0,0612	16,34	4,1 - 5,0
Стальная проволока	7 900	0,13	7,6	5,7 - 6,2
Олово	7 300	0,143	7	4,4
Свинец	11 400	0,221	4,52	3,8 - 4,1
Нихром	8 200	0,98	1,02	0,15
Константан	8 800	0,4-0,51	2,5-1,98	0,005
Фехраль	7 600	1,4	0,7	0,28
Манганин	8 100	0,42	2,38	0,06

Буквы латинского и греческого алфавита, принятые для обозначения электрических и магнитных величин

Буквы латинского алфавита

- A* – плотность тока линейная; потенциал магнитный векторный.
B – индукция магнитная.
B, b – проводимость реактивная.
C – емкость.
c – скорость распространения электромагнитных волн (*c*₀ – в вакууме).
D – смещение электрическое.
E – напряженность электрического поля.
E, e – электродвижущая сила (ЭДС).
F – магнитодвижущая сила.
f – частота колебаний (*f*₀ – резонансная).
G, g – проводимость активная.
H – напряженность магнитного поля; передаточная функция.
I, i – ток.
J – плотность тока; момент инерции.
k – коэффициент связи.
L – индуктивность собственная.
M – индуктивность взаимная; намагниченность; вращающий момент двигателя.
m – магнитный момент; число фаз многофазной системы цепей.
N – число витков; коэффициент размагничивания.
n – коэффициент трансформации; отношение чисел витков.
P – мощность; мощность активная; поляризованность.
p – момент электрический; мощность удельная; число пар полюсов.
Q – мощность реактивная; добротность; количество теплоты.
Q, q – заряд.
R, r – сопротивление электрическое; сопротивление активное.
S – мощность полная; сечение проводников.

T – период колебаний.
 U, u – напряжение.
 W – энергия электромагнитная.
 w – число витков; энергия электромагнитная удельная.
 X, x – сопротивление реактивное.
 Y, y – проводимость полная.
 Z, z – сопротивление полное.

Буквы греческого алфавита

A – постоянная ослабления.
 α – коэффициент ослабления.
 B – постоянная фазы.
 β – коэффициент фазы.
 Γ – постоянная передачи.
 γ – коэффициент распространения; проводимость электрическая удельная.
 δ – коэффициент затухания; угол потерь.
 ε – проницаемость диэлектрическая (ε_0 – электрическая постоянная).
 θ – декремент колебаний логарифмический.
 χ – восприимчивость магнитная.
 λ – длина электромагнитной волны; коэффициент мощности.
 μ – проницаемость магнитная (μ_0 – магнитная постоянная).
 Π – вектор Пойнтинга.
 ρ – коэффициент отражения; плотность электрического заряда
объемная; сопротивление электрическое удельное.
 σ – плотность электрического заряда поверхностная; проводимость
электрическая удельная.
 τ – плотность электрического заряда линейная; постоянная времени.
 Φ – магнитный поток.
 φ – потенциал электрический; сдвиг фаз между напряжением и током.
 χ – восприимчивость диэлектрическая.
 ψ – потокосцепление.
 Ω, ω – частота колебаний угловая; частота вращения угловая.

Примеры применения индексов

ε_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость.
 Z_B – волновое сопротивление.
 $r_{вн}$ – внутреннее сопротивление.
 Z_C – характеристическое сопротивление.
 $u_{вх}$ – входное напряжение.
 $u_{вых}$ – выходное напряжение.
 $L_{диф}$ – индуктивность дифференциальная.
 r_k – сопротивление короткого замыкания.
 W_M – энергия магнитная.
 I_M – амплитуда тока.
 I_{max} – максимальное значение тока.
 I_{min} – минимальное значение тока.

μ_r – относительная магнитная проницаемость.

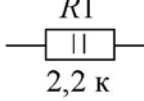
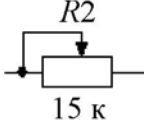
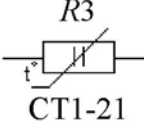
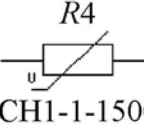

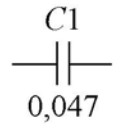
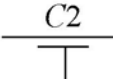
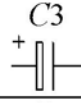


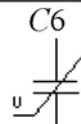
I_Σ – суммарный ток.

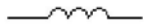

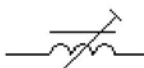
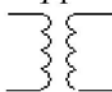
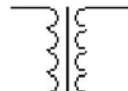
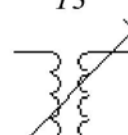
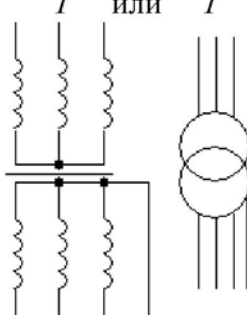
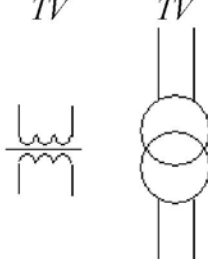
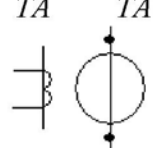

U_ϕ – фазное напряжение.

r_x – сопротивление холостого хода.

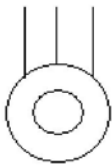
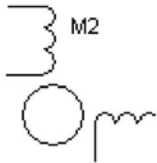
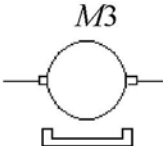
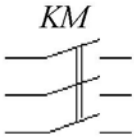
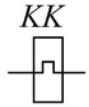
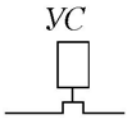


$a^* = a / a_0$ – отнесенная к базисному значению (a_0) величина.

Таблица П. 2.1. Условные обозначения некоторых элементов и устройств на электрических схемах

Наименование	Заводская маркировка	Обозначение на схеме	Расшифровка
Резисторы:			
- постоянный	МЛТ-2 2К2 И	 R1 2,2 к	Тип МЛТ мощность рассеяния 2Вт, 2,2 кОм, номер на схеме 1, - отклонение сопротивления 5%
- переменный	СП-3в 0,025 Вт 15к; В	 R2 15 к	0,025 Вт, 15кОм, Функциональная характеристика В
- терморезистор	СТ1-21	 R3 СТ1-21	Сопротивление термочувствительное кобальто-марганцевое
- варистор	СН1-1-1500	 R4 СН1-1-1500	Сопротивление нелинейное, зависит от напряжения
- фотосопротивление	ФСК-Г1	 R5 ФСК-Г1	Сопротивление зависит от освещённости
Конденсаторы:			
- постоянной ёмкости	К40П-2а 0,047 мкФ 10% 400 В	 C1 0,047	К-конденсатор, 40-бумажный с фольговыми обкладками, П-для постоянного тока, 2а-конструктивное исполнение
- проходной		 C2	
- электролитический	К50-20 20 мкФ 100 В	 C3	
- переменной ёмкости	КПЕ	 C4	
- подстроечный	КПК	 C5	Керамический подстроечный
- вариконд		 C6	Ёмкость зависит от напряжения

Катушка индуктивности:			
- без сердечника		$L1$ 	
- с сердечником или дроссель		$L2$ 	
- подстроечная		$L3$ 	
Трансформаторы:			
- без сердечника		$T1$ 	
- с сердечником		$T2$ 	
- с подстройкой		$T3$ 	
- силовой	ТМ-100	T или T 	100 кВа, соединение обмоток звезда-звезда с нулём
- напряжения измерительный	ЗОМ-1/15	TV TV 	С заземлёнными выводами первичной обмотки, однофазный масляный
- тока измерительный	ТК-40	TA TA 	
Генератор			переменного тока





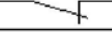
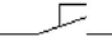
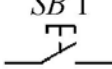
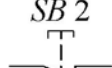
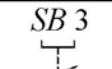
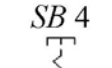
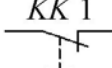
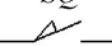
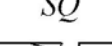
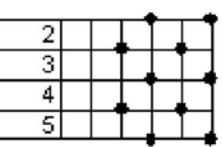
Продолжение табл. П.2.1.

Двигатели асинхронные с короткозамкнутым ротором	4АХ80А4		трёхфазный: 4А-серия. Х-алюминиевая станина и чугунные щиты, 80-высота оси вращения, мм, А-длина сердечника, 4-число полюсов
	АД180-4/71		однофазный: АД-асинхронный двигатель. 180 Вт, 4 полюса
Двигатель постоянного тока	4ПО80 1,1 кВт 1000 об/мин		серия 4П. О-обдуваемый, 80-высота оси вращения, мм
Контакты главные пускателя магнитного	ПМЛ1 100		
Катушка пускателя или реле			
Элементы теплового реле			
Муфта электромагнитная			
Разрядник			
Лампа накаливания			осветительная
Лампа сигнальная			
Звонок			

Продолжение табл. П.2.1.

Выключатель розетка			обозначение на планах проводки
Полупроводниковые приборы:			
Диод	Д226Б	$VD 1$ Д226Б	Плоскостной кремниевый
Мост выпрямительный			Из четырёх диодов
Диод туннельный	АИ101А	$VD 6$ АИ101А	Туннельный эффект-движение электронов через барьер, превышающий энергию электрона
Стабилитрон	Д815А	$VD 7$ Д815А	Работа на обратной цепи вольт-амперной характеристики
Варикап	Д901А	$VD 8$ Д901А	Изменение ёмкости $p-n$ перехода при изменении обратного напряжения
Фотодиод	ФД1	$VD 9$ ФД1	Изменение сопротивления $p-n$ перехода при изменении освещения
Светодиод	АЛ102А	$VD 10$ АЛ102А	Излучение света при прохождении тока через $p-n$ переход
Транзисторы:			
- биполярный	ГТ308Б	$VT 1$ ГТ308Б	Германиевый малой мощности типа $p-n-p$
		$VT 2$ 	типа $n-p-n$
- полевой	КП302А	$VT 3$ КП302А	Кремниевый с $p-n$ переходом и каналом n -типа

Продолжение табл. П.2.1.

		 VT 4	с каналом <i>p</i> -типа
Фототранзистор	ФТ-1	 VT 5	Управляется освещением
Тиристор	КУ201И	 VS	
Контакты в цепях управления			
Контакты пускателя или реле			закрывающий
			размыкающий
			с механической связью с другим контактом
Контакты переключателя			закрывающий
Контактные кнопочные с самовозвратом		 SB 1	закрывающий
		 SB 2	размыкающий
то же без самовозврата		 SB 3	Возврат втягиванием кнопки
		 SB 4	возврат повторным нажатием
Контакт теплового реле		 KK 1	
Выключатель конечный	ВПК-2112	 SQ	С замыкающим контактом
Выключатель конечный	ВПК-2112	 SQ	С размыкающим контактом
Переключатель на пять положений		 SA1 1 2 3 4 5	Вертикальные с точками в каждом положении означают соединение
то же		 SA2 1 1 2 3 4 5	Точки в каждом положении означают соединения в разрывах горизонтальных линий

Окончание табл. П.2.1.

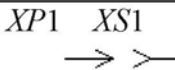
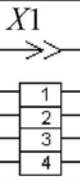
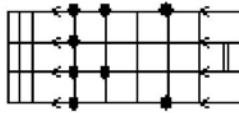
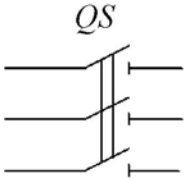
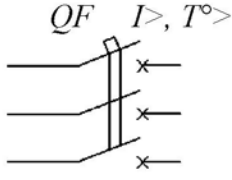
Соединитель разъёмный			соединение разобрано
то же			соединение собрано
Вставка переключатель			в данном положении соединяются линии 1 и 2,3 и 4
Выключатели трёх- фазные			
- неавтоматический	РПБ		<i>QS</i> - неавтоматический (разъединитель); РПБ-рубильник с боковым рычажным приводом
- автоматический	АЕ2013		<i>QF</i> -автоматический; защита: <i>I></i> - максимальная токовая; <i>T></i> -тепловая

Таблица П. 3.1. Буквенные коды наиболее распространённых элементов и устройств, применяемые в электрических схемах

Первая буква кода	Группа элементов и устройств	2- и 3-буквенный код	Виды элементов и устройств
<i>A</i>	Устройство	<i>AK</i>	Блок реле
<i>B</i>	Преобразователи неэлектрических величин в электрические и наоборот	<i>BK</i> <i>BL</i> <i>BP</i> <i>BR</i> <i>BV</i>	Тепловой датчик Фотоэлемент Датчик давления Датчик частоты вращения Датчик скорости
<i>C</i>	Конденсаторы		
<i>D</i>	Интегральные схемы микросборки	<i>DD</i>	Интегральная схема цифровая
<i>E</i>	Элементы разные	<i>EK</i> <i>EL</i>	Нагревательный элемент Лампа осветительная
<i>F</i>	Разрядники, предохранители, устройства защиты	<i>FA</i> <i>FU</i> <i>FV</i>	Дискретные элементы защиты по току мгновенного срабатывания Предохранители плавкие Разрядники
<i>G</i>	Генераторы, источники питания	<i>GB</i>	Батареи аккумуляторные
<i>H</i>	Устройства сигнальные	<i>HL</i>	Приборы световой сигнализации
<i>K</i>	Реле, контакторы, пускатели	<i>KA</i> <i>KH</i> <i>KK</i> <i>KM</i> <i>KT</i> <i>KV</i> <i>KCC</i> <i>KCT</i> <i>KL</i>	Реле токовые Реле указательные Реле электротепловые Контакторы, магнитные пускатели Реле времени Реле напряжения Реле команды включения Реле команды отключения Реле промежуточное
<i>L</i>	Катушка индуктивности, дроссели	<i>LL</i>	Дроссель люминесцентного освещения
<i>M</i>	Двигатели	<i>M</i>	
<i>P</i>	Приборы измерительные	<i>PA</i> <i>PR</i> <i>PV</i>	Амперметры Омметры Вольтметры
<i>Q</i>	Выключатели и разъединители в силовых цепях	<i>QF</i> <i>QS</i> <i>QF</i>	Выключатели автоматические Разъединители Короткозамыкатели
<i>R</i>	Резисторы	<i>RK</i> <i>RU</i>	Терморезисторы Варисторы
<i>S</i>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных цепях	<i>SA</i> <i>SF</i> <i>SB</i>	Выключатели или переключатели Выключатели автоматические Выключатели кнопочные

Окончание табл. П.3.1.

		<i>SL</i> <i>SP</i> <i>SQ</i>	Выключатели срабатывающие от уровня Выключатели срабатывающие от давления Выключатели срабатывающие от положения
<i>T</i>	Трансформаторы	<i>TA</i> <i>TV</i>	Трансформатор тока Трансформатор напряжения
<i>V</i>	Приборы полупроводниковые и электровакуумные	<i>VD</i> <i>VT</i> <i>VS</i> <i>VL</i>	Диоды Транзисторы Тиристоры Приборы электровакуумные
<i>W</i>	Линии и элементы СВЧ	<i>WE</i> <i>WK</i> <i>WS</i> <i>WA</i>	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль Антенна
<i>X</i>	Соединения контактные	<i>XA</i> <i>XP</i> <i>XS</i> <i>XT</i> <i>XN</i>	Токосъемники, контакты скользящие Штыри Гнёзда Соединения разборные Соединения не разборные
<i>Y</i>	Устройства механические с электромагнитным приводом	<i>YA</i> <i>YB</i> <i>YC</i>	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал) СКФУ



Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине «**Электрические и электронные аппараты**»

Для студентов направления подготовки 13.03.02 – Электроэнергетика и электротехника, профиль подготовки – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

Невинномысск 2022

Методические указания для обучающихся по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» и соответствуют требованиям ФГОС ВО направления подготовки бакалавров.

Составитель: доцент кафедры ИСЭА Д.В.Самойленко

Содержание

1 Подготовка к лекциям	4
2 Подготовка к лабораторным занятиям.....	5
3 Подготовка к практическим занятиям	6
4 Самостоятельное изучение темы. Конспект.....	7
5 Подготовка к экзамену	10

1 Подготовка к лекциям

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях.

Конспект лекций лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек.

Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось присить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

2 Подготовка к лабораторным занятиям

Для того чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение и решение задач проводятся по рассмотренному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Следует подчеркнуть, что только после усвоения лекционного материала с определенной точки зрения (а именно с той, с которой он излагается на лекциях) он будет закрепляться студентом на лабораторных занятиях как в результате обсуждения и анализа лекционного материала, так и с помощью решения проблемных ситуаций, задач. При этих условиях студент не только хорошо усвоит материал, но и научится применять его на практике, а также получит дополнительный стимул (и это очень важно) для активной проработки лекции.

При самостоятельном решении задач нужно обосновывать каждый этап решения, исходя из теоретических положений курса. Если студент видит несколько путей решения проблемы (задачи), то нужно сравнить их и выбрать самый рациональный. Полезно до начала вычислений составить краткий план решения проблемы (задачи). Решение проблемных задач или примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных. Решения при необходимости нужно сопровождать комментариями, схемами, чертежами и рисунками.

Следует помнить, что решение каждой учебной задачи должно доводиться до окончательного логического ответа, которого требует условие, и по возможности с выводом. Полученный ответ следует проверить способами, вытекающими из существа данной задачи. Полезно также (если возможно) решать несколькими способами

и сравнить полученные результаты. Решение задач данного типа нужно продолжать до приобретения твердых навыков в их решении.

3 Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию студент должен начать с ознакомления с методическими указаниями, которые включают содержание работы. Тщательное продумывание и изучение вопросов основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. На основе индивидуальных предпочтений студенту необходимо самостоятельно выбрать тему доклада по проблеме и по возможности подготовить по нему презентацию.

Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции (устно или письменно). Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы семинара, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы практическое занятие может состоять из четырех-пяти частей:

1. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.
2. Доклад и/ или выступление с презентациями по выбранной проблеме.
3. Обсуждение выступлений по теме – дискуссия.
4. Выполнение практического задания с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания.
5. Подведение итогов занятия.

Первая часть – обсуждение теоретических вопросов – проводится в виде фронтальной беседы со всей группой и включает выборочную проверку преподавателем теоретических знаний студентов. Примерная продолжительность — до 15 минут. Вторая часть — выступление студентов с докладами, которые должны сопро-

вождаться презентациями с целью усиления наглядности восприятия, по одному из вопросов практического занятия. Обязательный элемент доклада – представление и анализ статистических данных, обоснование социальных последствий любого экономического факта, явления или процесса. Примерная продолжительность — 20-25 минут. После докладов следует их обсуждение – дискуссия. В ходе этого этапа практического занятия могут быть заданы уточняющие вопросы к докладчикам. Примерная продолжительность – до 15-20 минут. Если программой предусмотрено выполнение практического задания в рамках конкретной темы, то преподавателями определяется его содержание и дается время на его выполнение, а затем идет обсуждение результатов. Подведением итогов заканчивается практическое занятие.

В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем по каждой теме семинарского или практического занятия, что позволяет студентам проявить свою индивидуальность в рамках выступления на данных занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

4 Самостоятельное изучение темы. Конспект

Конспект – наиболее совершенная и наиболее сложная форма записи. Слово «конспект» происходит от латинского «conspectus», что означает «обзор, изложение». В правильно составленном конспекте обычно выделено самое основное в изучаемом тексте, сосредоточено внимание на наиболее существенном, в кратких и четких формулировках обобщены важные теоретические положения.

Конспект представляет собой относительно подробное, последовательное изложение содержания прочитанного. На первых порах целесообразно в записях бли-

же держаться тексту, прибегая зачастую к прямому цитированию автора. В дальнейшем, по мере выработки навыков конспектирования, записи будут носить более свободный и сжатый характер.

Конспект книги обычно ведется в тетради. В самом начале конспекта указывается фамилия автора, полное название произведения, издательство, год и место издания. При цитировании обязательная ссылка на страницу книги. Если цитата взята из собрания сочинений, то необходимо указать соответствующий том. Следует помнить, что четкая ссылка на источник – непереносимое правило конспектирования. Если конспектируется статья, то указывается, где и когда она была напечатана.

Конспект подразделяется на части в соответствии с заранее продуманным планом. Пункты плана записываются в тексте или на полях конспекта. Писать его рекомендуется четко и разборчиво, так как небрежная запись с течением времени становится малопонятной для ее автора. Существует правило: конспект, составленный для себя, должен быть по возможности написан так, чтобы его легко прочитал и кто-либо другой.

Формы конспекта могут быть разными и зависят от его целевого назначения (изучение материала в целом или под определенным углом зрения, подготовка к докладу, выступлению на занятии и т.д.), а также от характера произведения (монография, статья, документ и т.п.). Если речь идет просто об изложении содержания работы, текст конспекта может быть сплошным, с выделением особо важных положений подчеркиванием или различными значками.

В случае, когда не ограничиваются переложением содержания, а фиксируют в конспекте и свои собственные суждения по данному вопросу или дополняют конспект соответствующими материалами их других источников, следует отводить место для такого рода записей. Рекомендуется разделить страницы тетради пополам по вертикали и в левой части вести конспект произведения, а в правой свои дополнительные записи, совмещая их по содержанию.

Конспектирование в большей мере, чем другие виды записей, помогает вырабатывать навыки правильного изложения в письменной форме важные теоретических и практических вопросов, умение четко их формулировать и ясно излагать своими словами.

Таким образом, составление конспекта требует вдумчивой работы, затраты времени и труда. Зато во время конспектирования приобретаются знания, создается фонд записей.

Конспект может быть текстуальным или тематическим. В текстуальном конспекте сохраняется логика и структура изучаемого произведения, а запись ведется в соответствии с расположением материала в книге. За основу тематического конспекта берется не план произведения, а содержание какой-либо темы или проблемы.

Текстуальный конспект желательно начинать после того, как вся книга прочитана и продумана, но это, к сожалению, не всегда возможно. В первую очередь необходимо составить план произведения письменно или мысленно, поскольку в соответствии с этим планом строится дальнейшая работа. Конспект включает в себя тезисы, которые составляют его основу. Но, в отличие от тезисов, конспект содержит краткую запись не только выводов, но и доказательств, вплоть до фактического материала. Иначе говоря, конспект – это расширенные тезисы, дополненные рассуждениями и доказательствами, мыслями и соображениями составителя записи.

Как правило, конспект включает в себя и выписки, но в него могут войти отдельные места, цитируемые дословно, а также факты, примеры, цифры, таблицы и схемы, взятые из книги. Следует помнить, что работа над конспектом только тогда будет творческой, когда она не ограничена текстом изучаемого произведения. Нужно дополнять конспект данными из другими источниками.

В конспекте необходимо выделять отдельные места текста в зависимости от их значимости. Можно пользоваться различными способами: подчеркиваниями, вопросительными и восклицательными знаками, репликами, краткими оценками, писать на полях своих конспектов слова: «важно», «очень важно», «верно», «характерно».

В конспект могут помещаться диаграммы, схемы, таблицы, которые придадут ему наглядность.

Составлению тематического конспекта предшествует тщательное изучение всей литературы, подобранной для раскрытия данной темы. Бывает, что какая-либо тема рассматривается в нескольких главах или в разных местах книги. А в конспекте весь материал, относящийся к теме, будет сосредоточен в одном месте. В плане кон-

спекта рекомендуется делать пометки, к каким источникам (вплоть до страницы) придется обратиться для раскрытия вопросов. Тематический конспект составляется обычно для того, чтобы глубже изучить определенный вопрос, подготовиться к докладу, лекции или выступлению на семинарском занятии. Такой конспект по содержанию приближается к реферату, докладу по избранной теме, особенно если включает и собственный вклад в изучение проблемы.

5 Подготовка к экзамену

Экзаменационная сессия – очень тяжелый период работы для студентов и ответственный труд для преподавателей. Главная задача экзаменов – проверка качества усвоения содержания дисциплины.

На основе такой проверки оценивается учебная работа не только студентов, но и преподавателей: по результатам экзаменов можно судить и о качестве всего учебного процесса. При подготовке к экзамену студенты повторяют материал курсов, которые они слушали и изучали в течение семестра, обобщают полученные знания, выделяют главное в предмете, воспроизводят общую картину для того, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программы курса и конспект, которые указывают, что в курсе наиболее важно. Основной материал должен прорабатываться по учебнику, поскольку конспекта недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть проработан в течение семестра, а перед экзаменом важно сосредоточить внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением в памяти его краткого содержания в логической последовательности.

До экзамена обычно проводится консультация, но она не может возместить отсутствия систематической работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает лишь ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы. Польза от консультации будет только в том случае, если студент до нее проработает весь материал. Надо учиться задавать вопросы, вырабатывать привычку пользоваться справочниками, энциклопедиями, а не быть на иждивении у преподавателей, который не всегда может тут же, «с ходу» назвать какой-либо факт, имя, событие. На экзамене нужно по-

казать не только знание предмета, но и умение логически связно построить устный ответ.

Получив билет, надо вдуматься в поставленные вопросы для того, чтобы правильно понять их. Нередко студент отвечает не на тот вопрос, который поставлен, или в простом вопросе ищет скрытого смысла. Не поняв вопроса и не обдумав план ответа, не следует начинать писать. Конспект своего ответа надо рассматривать как план краткого сообщения на данную тему и составлять ответ нужно кратко. При этом необходимо показать умение выражать мысль четко и доходчиво.

Отвечать нужно спокойно, четко, продуманно, без торопливости, придерживаясь записи своего ответа. На экзаменах студент показывает не только свои знания, но и учится владеть собой. После ответа на билет могут следовать вопросы, которые имеют целью выяснить понимание других разделов курса, не вошедших в билет. Как правило, на них можно ответить кратко, достаточно показать знание сути вопроса. Часто студенты при ответе на дополнительные вопросы проявляют поспешность: не поняв смысла того, что у них спрашивают, начинают отвечать и нередко говорят не по сути.

Следует помнить, что необходимым условием правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, поэтому подготовка к экзаменам не должна быть в ущерб сну. Установлено, что сильное эмоциональное напряжение во время экзаменов неблагоприятно отражается на нервной системе и многие студенты из-за волнений не спят ночи перед экзаменами. Обычно в сессию студенту не до болезни, так как весь организм озабочен одним - сдать экзамены. Но это еще не значит, что последствия неправильно организованного труда и чрезмерной занятости не скажутся потом. Поэтому каждый студент помнить о важности рационального распорядка рабочего дня и о своевременности снятия или уменьшения умственного напряжения.