

Министерство общего и профессионального образования Свердловской области  
ГБОУ СПО СО «Туринский многопрофильный техникум»

КОМПЛЕКТ  
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПО ОП 02 ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Электромонтёр по ремонту и обслуживанию электрооборудования

Преподаватель Бусыгина И.В.

2014г.

# Практическая работа № 1-2 Расчет параметров электрической цепи

при последовательном и параллельном соединении потребителей

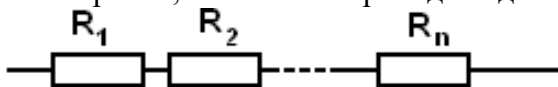
**Цель:** закрепить знания методов расчета эквивалентного сопротивления резисторов при их смешанном соединении.

Теоретические сведения

Отдельные проводники электрической цепи могут быть соединены между собой последовательно, параллельно и смешанно (последовательно-параллельно).

## **Последовательное соединение**

Проводники соединены таким образом, что по ним проходит один и тот же ток.



Сила тока в цепи:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n$$

Общее напряжение:

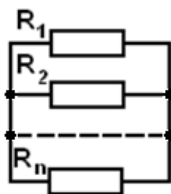
$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Эквивалентное сопротивление:

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

## **Параллельное соединение**

Два или более число проводников присоединены к двум узловым точкам.



Сила тока в цепи:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Общее напряжение:

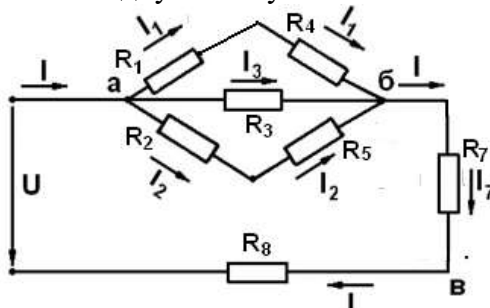
$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Эквивалентное сопротивление:

$$R = \frac{U}{I} \text{ или } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

## **Порядок выполнения расчета**

1. Для своих данных начертить исходную схему.



Вариант	Положение ключей		R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	R <sub>3</sub> , Ом	R <sub>4</sub> , Ом	R <sub>5</sub> , Ом	R <sub>6</sub> , Ом	R <sub>7</sub> , Ом	R <sub>8</sub> , Ом
	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>								
1	1	0	1,5	2	1	3	1,5	3	3	6

2. Рассчитать последовательное соединение R<sub>1</sub>-R<sub>4</sub>:

$$R_{14} = R_1 + R_4 = 1,5 + 3 = 4,5 \text{ Ом}$$

3. Рассчитать параллельное соединение  $R_{14}$ - $R_3$ :

$$\frac{1}{R_{134}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_{14}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{4,5} = \frac{11}{9} \quad R_{134} = \frac{9}{11} \text{ Ом}$$

4. Рассчитать последовательное соединение  $R_2$ - $R_5$ :

$$R_{25} = R_2 + R_5 = 2 + 1,5 = 3,5 \text{ Ом}$$

5. Рассчитать параллельное соединение  $R_{134}$ - $R_{25}$ :

$$\frac{1}{R_{12345}} = \frac{1}{R_{134}} + \frac{1}{R_{25}} = \frac{11}{9} + \frac{1}{3,5} = \frac{95}{63} \quad R_{12345} = \frac{63}{95} \text{ Ом}$$

6. Найти эквивалентное сопротивление, рассчитав последовательное соединение  $R_{12345}$ - $R_7$ :

$$R = R_{12345} + (R_7 + R_8) = \frac{63}{95} + (3 + 6) = 9,7 \text{ Ом}$$

7. Найти общий ток в цепи:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{120}{9,7} = 12,4 \text{ А}$$

8. Найти токи на сопротивлениях  $R_7$  и  $R_8$ :

$$I_7 = I_8 = I = 12,4 \text{ А}$$

9. Найти напряжения на сопротивлениях  $R_7$  и  $R_8$ :

$$U_7 = IR_7 = 12,4 \cdot 3 = 37,2 \text{ В} \quad U_8 = IR_8 = 12,4 \cdot 6 = 74,4 \text{ В}$$

10. Найти напряжение между точками а и б:

$$U_{аб} = U - U_7 - U_8 = 120 - 37,3 - 74,5 = 8,4 \text{ Ом}$$

11. Найти ток на сопротивлениях  $R_1$  и  $R_4$ :

$$I_1 = \frac{U_{аб}}{R_{14}} = \frac{8,4}{4,5} = 1,8 \text{ А}$$

12. Найти ток на сопротивлениях  $R_2$  и  $R_5$ :

$$I_2 = \frac{U_{аб}}{R_{25}} = \frac{8,4}{3,5} = 2,3 \text{ А}$$

13. Найти ток на сопротивлении  $R_3$ :

$$I_3 = \frac{U_{аб}}{R_3} = \frac{8,4}{1} = 8,4 \text{ А}$$

14. Проверка:

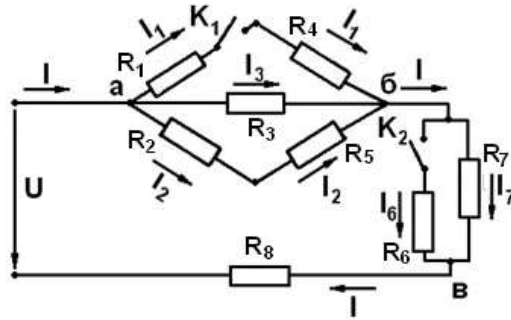
$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$1,8 + 2,3 + 8,4 = 12,5 \text{ А}$$

$$12,5 \text{ А} \approx 12,4 \text{ А}$$

### Задание

Определить общее сопротивление цепи, токи во всех ветвях и напряжения на каждом сопротивлении, если напряжение  $U=120$  В.



Вариант	Положение ключей		$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$R_3$ , Ом	$R_4$ , Ом	$R_5$ , Ом	$R_6$ , Ом	$R_7$ , Ом	$R_8$ , Ом
	$K_1$	$K_2$								
1	1	0	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
2	0	1	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
3	1	0	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
4	0	1	2	1,5	3	1	1,5	3	6	3
5	1	0	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
6	0	1	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
7	0	1	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
8	1	0	1	3	6	1,5	3	1,5	2	4
9	0	1	6	4	2	3	2	8	4	2
10	1	0	2	1,5	1	3	1,5	6	3	3

Практическая работа № 3  
Расшифровка условных обозначений на шкале приборов

**Цель работы:**

1. Изучить основные характеристики измерительных приборов: цену деления, номинальную величину, погрешности измерения.

**Указание к работе**

1. Заполнить таблицу № 1 «Основные характеристики измерительных приборов»

Прибор	Тип	Система	Род тока	Класс точности К	Цена деления шкалы С	Номинальная величина
амперметр						
вольтметр						

Цена деления шкалы – С, определяется отношение предела измерения величины к количеству делений шкалы.

2. Рассчитать абсолютную и относительную погрешность амперметра и вольтметра, используя приведенные ниже формулы.

$\Delta A = A_{и} - A_{д}$ , где

$\Delta A$  - абсолютная погрешность прибора;

$A_{и}$  – измеряемое значение величины;

$A_{д}$  – действительное значение величины.

Относительная погрешность приборов:

$\gamma = (\Delta A / A_{д}) * 100\%$

Полученные расчетные данные занести в таблицу № 2 «Абсолютная и относительная погрешность приборов».

Параметр	Амперметр	Вольтметр
Класс точности К		
$\Delta A$	$\Delta A = A_{и} - A_{д} =$	$\Delta A = A_{и} - A_{д} =$
$\gamma$	$\gamma = (\Delta A / A_{д}) * 100\% =$	$\gamma = (\Delta A / A_{д}) * 100\% =$

**ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ**

1. Написать название лабораторной работы, её цель.

2. Начертить таблицы №1 №2.

3. Заполнить таблицы №1, №2.

4. Написать вывод по лабораторной работе, где ответить на следующие вопросы:

4.1 Чему равна точность измерения амперметра?

4.2 Чему равна точность измерения вольтметра?

4.3 Какой прибор измеряет точнее?

4.4 Зачем нужен корректор на передней панели прибора?

# Практическая работа 3 Сравнительное описание приборов различных систем.

ЦЕЛЬ: практически изучить конструкцию приборов наиболее распространённых систем.

ОБОРУДОВАНИЕ:

- 1 прибор магнитоэлектрической системы;
- 2 прибор электромагнитной системы.
- 3 прибор индукционной системы
- 1 прибор электростатической системы;
- 2 прибор термоэлектрической системы;
3. прибор электродинамической системы

Таблица 1.1 - Технические характеристики приборов

Название прибора	Система прибора	Тип прибора	Род и характер измеряемой величины	Класс точности	Границы измерения	Цена деления	Категория защиты	Группа эксплуатации	Заводской номер	Год выпуска, ГОСТ	Напряжение испытания изоляции

Таблица 1.2 - Конструктивные особенности приборов

Название прибора	Корпус		Тип шкалы	Тип стрелки	Система успокоения	Наличие корректора	Положение прибора при измерении	Примечание
	конструкция	материал						

## Указания к работе

Путём внешнего осмотра определить технические характеристики приборов и занести их в таблицу 1.1.

Снять корпус и детально изучить устройство приборов. Конструктивные особенности приборов занести в таблицу 1.2.

ВЫВОД: указать характерные особенности приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

- 1 В цепях какого тока могут работать приборы магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
- 2 Почему у приборов электромагнитной системы неравномерная шкала?
- 3 Что используют у приборов магнитоэлектрической системы для защиты от внешних магнитных полей?
- 4 Дать определение равномерной шкале.
- 5 Назначение корректора у прибора.
- 6 Какие устройства используют для расширения пределов измерения приборов магнитоэлектрической системы?
- 7 Что показывает класс точности прибора?
- 8 Измерение прибором какой системы точнее? Почему?

Практическая работа № 4  
Расшифровка условных обозначений на шкале схем

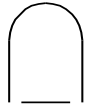
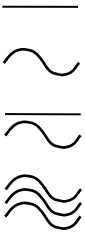
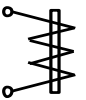
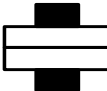

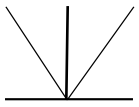
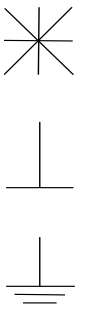
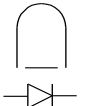
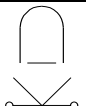
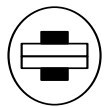
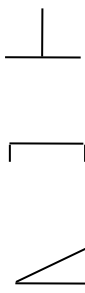
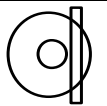

**Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с классификацией, условными обозначениями (табл. 2), принципом действия, методами определения основных показателей электроизмерительных приборов.
2. Получить у преподавателя исследуемые приборы.
3. Изучить основные обозначения на шкале электроизмерительных приборов, используя таблицу 2; определить основные их показатели. Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

Название и назначение прибора	
Основные обозначения на шкале	
Система прибора	
Класс точности	
Пределы измерения $\alpha_{пр}$	
Цена деления $C$	
Чувствительность $S$	
Приведенная погрешность $\epsilon_{п}$	
Абсолютная погрешность $\Delta\alpha$	

Принцип действия электроизмерительных приборов и основные обозначения на их шкале

Система прибора	Условное обозначение	Знак на шкале прибора	
Магнитоэлектрическая		Ток: постоянный переменный постоянный и переменный трехфазный	
Электромагнитная			
Электродинамическая			
Электростатическая			
Вибрационная		Зажим: общий  соединенный с корпусом  для заземления	
Выпрямительная			
Термоэлектрическая			
Ферродинамическая		Установка прибора: вертикальная  горизонтальная  под углом	
Индукционная		Измерительная цепь изолирована от корпуса и испытана напряжением 2 кВ.	

### Контрольные вопросы

1. По какому принципу классифицируются электроизмерительные приборы непосредственной оценки?
2. Устройство и принцип действия магнитоэлектрических приборов.
3. Устройство и принцип действия электромагнитных приборов.
4. Устройство и принцип действия электродинамических приборов.
5. Устройство и принцип действия электростатических приборов.
6. Устройство и принцип действия цифровых приборов.
7. Устройство и принцип действия приборов сравнения (мостов).
8. Основные технические требования, предъявляемые к измерительным приборам.
9. Как определить чувствительность прибора, цену деления?
10. Назначения гальванометров и амперметров и их включение в цепь электрического тока.
11. Назначение вольтметров и их включение в цепь электрического тока.
12. Как расширить пределы измерения электроизмерительных приборов?
13. Назначение реостатов и их включение в цепь электрического тока.
14. Назначение потенциометров.
15. Каким образом реостат включают в цепь электрического тока при использовании его в качестве потенциометра?
16. Устройства магазинов сопротивлений, их назначение и включение в цепь электрического тока.
17. Для каких целей используются многопредельные приборы? Каким образом проводятся измерения с помощью этих приборов?
18. Как определяется абсолютная погрешность при измерении электроизмерительными приборами?
19. Что называется: а) приведенной погрешностью прибора? б) абсолютной погрешностью?



## Практическая работа 5

### Сравнительное описание трансформаторов различных типов.

#### Сравнительное описание

Сравнение однофазных трансформаторов различных типов — броневых БТ, стержневых СТ и тороидальных ТТ — должно быть произведено по нескольким признакам — весовым и габаритным показателям, технологичности, сложности конструирования, стоимости и т. д. Интересно также сопоставить между собой по весам и габаритам однофазные и трехфазные трансформаторах малой мощности

#### Указания к работе

Изучите данные таблицы 1

*Таблица 1 Удельные веса и объемы однофазных трансформаторах малой мощности оптимальной геометрии*

Оптимальность геометрии	Тип трансформатора	$\alpha_{\text{ж}} = 50^\circ$				$\Delta u = 0,05$	
		400 гц		50 гц		50 гц	
		$v, \text{см}^3/\text{ва}$	$g, \text{г/ва}$	$v, \text{см}^3/\text{ва}$	$g, \text{г/ва}$	$v, \text{см}^3/\text{ва}$	$g, \text{г/ва}$
По объему или весу	Броневой	0,82	3,1	3,5	14,9	5	19,5
	Стержневой	0,8	2,4	3,1	11,9	5,9	20
	Тороидальный	0,84	2,5	3,7	13,3	5,7	19
Компромиссная	Броневой	1,05	3,3	4	15,4	5,4	20
	Стержневой	0,85	2,6	3,3	11,9	5,9	20
	Тороидальный	0,91	2,6	3,9	13,6	5,8	19,5

2. Изучите данные таблицы 2

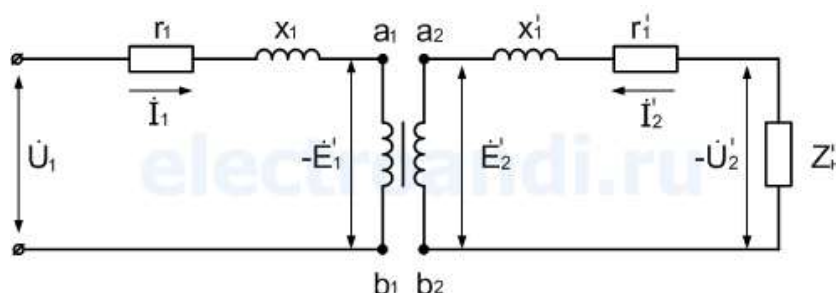
*Таблица 2 Рекомендуемые области применения различных типов однофазных трансформаторах малой мощности*

Виды трансформаторов				На штампованных сердечниках	На ленточных сердечниках
Низковольтные	Малые			БТ	БТ и 1СТ, СТ
	Средние и большие	гг	50	БТ	СТ
			400	БТ	СТ, ТТ
			>400	БТ, ТТ	ТТ, СТ
Высоковольтные			50	БТ	1СТ и СТ, БТ
		>400	БТ, ТТ	СТ, ТТ	
С высоким потенциалом		50	БТ, ТТ	СТ, ТТ	
		>400	ТТ, БТ	ТТ, СТ	
При необходимости надежного экранирования				ТТ, СТ	ТТ, СТ

4. Ответьте на вопросы
5. Изобразите (схематически) однофазный трансформатор и объясните принцип его работы.
6. В чем состоит принцип работы трансформатора?
7. Какова область применения трансформаторов?
8. На каком явлении основано действие трансформатора?
9. Какие меры принимают для уменьшения вихревых токов в магнитопроводе трансформаторов?.

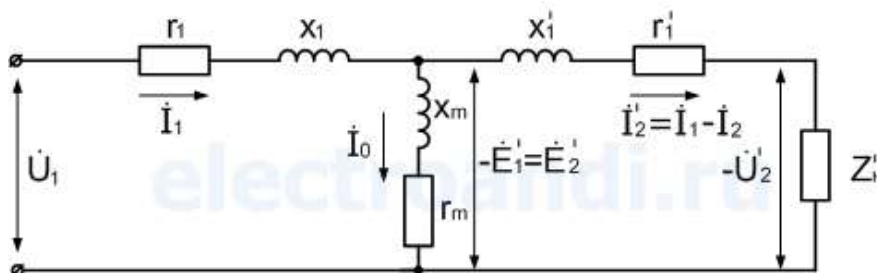
## Чтение схем замещения трансформатора

Одним из средств изучения работы [трансформатора](#) является **эквивалентная схема замещения**, в которой магнитная связь между обмотками трансформатора замещена электрической связью, а параметры вторичной обмотки приведены к числу витков первичной.



Эквивалентная схема замещения

Так как в [приведенном трансформаторе](#)  $k=1$ , то и  $-E_1=E_2$ . В результате точки  $a_1$  и  $a_2$ ,  $b_1$  и  $b_2$  имеют одинаковый потенциал, поэтому на схеме их можно соединить, получив тем самым Т-образную схему замещения трансформатора.



Т-образная схема замещения

Параметры  $r_1$ ,  $x_1$  – активное и индуктивное сопротивления первичной обмотки, соответственно.

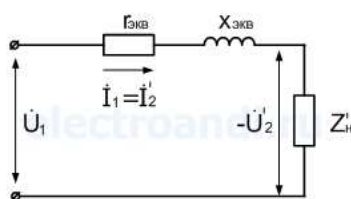
$r_2$ ,  $x_2$  – приведенные значения активного и индуктивного сопротивлений вторичной обмотки, соответственно.

$Z_n$  – полное сопротивление нагрузки.

Магнитный поток не зависит от нагрузки, поэтому его представляют как индуктивное сопротивление  $x_m$ , активное сопротивление  $r_m$ , которое обусловлено магнитными потерями и протекающий через них ток холостого хода  $I_0$ . Эти параметры определяются в опыте холостого хода трансформатора.

Изменяя  $Z_n$  на схеме замещения, можно получить любой режим работы трансформатора. Например, при разомкнутой вторичной обмотке  $Z_n = \infty$ , что соответствует режиму [холостого хода](#) трансформатора, а при  $Z_n = 0$  – режиму [короткого замыкания](#). При любых других значениях  $Z_n$  – режим работы под нагрузкой. Режимы работы необходимы для определения параметров схемы замещения.

При практических расчетах, током холостого хода пренебрегают, тогда схема сводится к упрощенной.



Упрощенная схема замещения

Где  $r_{\text{экв}}=r_1+r_2'$ ,  $x_{\text{экв}}=x_1+x_2'$

# Практические работы 7-8

Заполните таблицу

Электрическая машина	устройство	Принцип действия	Режимы работы	Механические характеристики	Коэффициент полезного действия	Пуск и торможение	Область применения
Асинхронный двигатель							
Синхронный генератор							
Синхронный двигатель							
Генератор постоянного тока							
Двигатели постоянного тока							



## Практическая работа 9

### Анализ пуска и остановки электродвигателей, установленных на эксплуатируемом оборудовании.

Анализ генераторного режима работы. Анализ двигательного режима работы.

### Подготовка электродвигателя к пуску.

4.1. Электрическая часть вновь смонтированных электродвигателей СН должна быть выполнена по проекту с учетом требований заводов-изготовителей и соответствовать требованиям [ПУЭ](#), а по окончании монтажа подвергнута наладке и профилактическим испытаниям согласно действующим «[Объему и нормам испытаний электрооборудования](#)» [6].

Окончание монтажа и наладочных работ должно быть зафиксировано записью ответственных лиц монтажной и наладочной организаций в «Журнале ввода оборудования из монтажа», хранящемся на центральном щите управления.

4.2. Во время монтажа и наладки, а также по их окончании электрическая часть смонтированного электродвигателя должна пройти поузловое опробование и приемку мастером соответствующего ремонтного участка или группы ЭТЛ. Окончание поузловой приемки фиксируется в «Журнале ввода оборудования из монтажа», после чего разрешается произвести пробный пуск.

4.3. Готовность к пробному пуску определяет руководство электроцеха, исходя из состояния электродвигателя и результатов поузловой приемки. По его заявке начальник смены электроцеха дает указание подчиненному персоналу на сборку электрической схемы опробуемого электродвигателя. Перед этим дежурный персонал электрического и технологического цехов должны произвести осмотр электродвигателя в объеме, указанном в пунктах [4.8](#) и [4.9](#) настоящей Инструкции.

4.4. Пробный пуск электродвигателя должен производиться в присутствии мастера (инженера) электрического цеха, представителя монтажной организации, мастера и представителя технологического цеха. Пробный пуск осуществляется для определения направления вращения (у двухскоростных электродвигателей направление вращения проверяется на обеих скоростях), механической исправности, правильности его сборки и установки. Пробный пуск, как правило, производится при отсоединенном приводном механизме и не до полного разворота. После пробных кратковременных пусков и устранения замеченных дефектов производится пуск электродвигателя вхолостую на время, необходимое для достижения подшипниками установившейся температуры. При этом должны быть проверены вибрационное состояние, ток холостого хода, работа подшипников, и отсутствие посторонних звуков.

4.5. Проведение и результаты пробного пуска должны быть отмечены руководителем пуска в «Журнале ввода оборудования из монтажа» и дежурным персоналом - в оперативных журналах. Последующие пуски и сборки электрической схемы могут производиться по заявкам монтажного, наладочного и эксплуатационного персонала через начальника смены технологического цеха.

4.6. Приемка электродвигателя в эксплуатацию производится при удовлетворительных результатах комплексного опробования, после чего электродвигатель передается в обслуживание эксплуатационному персоналу с записью в «Журнале ввода оборудования из монтажа».

4.7. Опробование и обкатка электродвигателей после капитального и текущего ремонтов осуществляется ремонтным персоналом после выполнения записей об окончании ремонтных работ в «Журнале ввода-вывода оборудования в ремонт».

4.8. При подготовке электродвигателя к пуску (впервые или после ремонта) дежурный персонал технологического цеха обязан проверить следующее:

4.8.1. Окончание всех работ на механизме, закрытие нарядов, отсутствие на агрегате и внутри ограждений людей и посторонних предметов.

4.8.2. Наличие масла в маслованнах и уровень его по маслоуказателю в электродвигателях с подшипниками скольжения и кольцевой смазкой. В электродвигателях с принудительной смазкой готовность к работе маслосистемы.

4.8.3. Наличие давления и протока воды через воздухоохладители (и маслоохладители при их наличии).

4.8.4. Положение запорной и регулирующей арматуры механизмов с учетом указаний пункта [2.20](#).

4.8.5. Исправность датчиков устройств сигнализации и технологических защит, приборов теплового контроля и технологического контроля (при их наличии).

4.8.6. Надежность крепления электродвигателя и механизмов, наличие защитных ограждений вращающихся частей и механических передач, отсутствие захламления площадок обслуживания, наличие маркировки на электродвигателе.

4.8.7. На электродвигателях АВ (2АВ)-8000/6000, оснащенных системами непосредственного водяного охлаждения сердечника статора и обмотки ротора, а также агрегатах с принудительной системой смазки подшипников двигателя и механизма произвести подготовку к пуску и ввод в работу указанных систем, обеспечив по окончании ремонта (монтажа):

- промывку трубопроводов и элементов схемы конденсатом (маслом) помимо активных частей электродвигателя (подшипников);

- заполнение систем чистым конденсатом (маслом) с проверкой отсутствия завоздушивания элементов гидравлических схем;

- поочередное кратковременное опробование насосов при работе на холостом ходу с проверкой их работоспособности;

- включение циркуляции конденсата (масла) через активные части электродвигателя (подшипники агрегата) с проверкой плотности обратных клапанов насосов и регулировкой в необходимых пределах расхода, давления и температуры рабочей среды;

- опробование (с привлечением дежурного персонала электроцеха и ЦТАИ) АВР насосов, устройств технологической сигнализации, блокировок и защит, ввод их в работу;

- осмотр включенных в работу систем на предмет отсутствия течей.

4.8.8. Готовность механизма к пуску.

4.9. При отсутствии замечаний по состоянию агрегата начальник смены электростанции должен дать команду начальнику смены электроцеха на сборку электрической схемы электродвигателя. При получении такого распоряжения дежурный персонал электрического цеха должен:

4.9.1. Проверить окончание работ и закрытие всех выданных нарядов на работы на электродвигателе и его электрооборудовании. Убедиться, имеется ли выписка в «Журнале ввода-вывода оборудования в ремонт».

4.9.2. Осмотреть электродвигатель, его электрооборудование; проверить подключение питающих кабелей к выводам электродвигателя, отсутствие голых токоведущих частей, плотность выводного устройства или закрытие камеры выводов, исправность пусковой и коммутационной

аппаратуры, состояние щеточного аппарата, наличие и исправность защитного заземления электродвигателя.

4.9.3. Убедиться, что площадка вокруг электродвигателя и сам электродвигатель очищены от грязи и посторонних предметов.

4.9.4. Снять переносные заземления или отключить заземляющие ножи.

4.9.5. Проверить мегаомметром целостность фаз обмотки статора и питающего кабеля и состояние изоляции обмоток, которое должно соответствовать нижеследующему.

Для вводимых впервые в эксплуатацию новых электродвигателей и электродвигателей, прошедших восстановительный или капитальный ремонт и реконструкцию на специализированном ремонтном предприятии, допустимые значения сопротивления изоляции обмотки статора, коэффициента абсорбции и коэффициента нелинейности, являющийся условиями их включения в работу без сушки, приведены в таблицах 5 и 6.

Сопротивление изоляций обмоток роторов синхронных электродвигателей и асинхронных электродвигателей с фазным ротором на напряжение 3кВ и выше или мощностью более 1МВт, впервые включаемых в работу, должно быть не менее 0,2МОм, а по окончании плановых ремонтов не нормируется.

Для электродвигателей напряжением выше 1кВ, находящихся в эксплуатации, допустимое значение сопротивления изоляции обмотки статора R60 и коэффициент абсорбции по окончании капитального или текущего ремонтов не нормируются, но должны учитываться при решении вопроса о необходимости их сушки. В эксплуатации определение коэффициента абсорбции обязательно для электродвигателей напряжением выше 3кВ или мощностью более 1МВт. Следует учитывать, что при длительном нахождении двигателя в ремонте возможно увлажнение его обмотки статора, что может потребовать сушки и по этой причине затянуть ввод его в работу. Поэтому при пуске блока из планового ремонта измерение изоляции обмотки статора электродвигателей ответственных механизмов собственных нужд следует проводить не позднее 2сут. до намеченного срока окончания ремонта. Сопротивление изоляции обмоток статоров электродвигателей напряжением выше 1кВ вместе с питающим кабелем, пускаемых после длительного простоя или нахождения в резерве, также не нормируется. Считается достаточным, если указанное сопротивление составляет не менее 1МОм на 1кВ номинального линейного напряжения. Сопротивление изоляции измеряется при номинальном напряжении обмотки до 0,5кВ включительно мегаомметром на напряжение 500В, при номинальном напряжении обмотки свыше 0,5кВ до 1кВ - мегаомметром на напряжение 1000В, а при напряжении обмотки выше 1кВ - мегаомметром на напряжение 2500В.

**Таблица 5**

Допустимые значения сопротивления изоляции, коэффициентов абсорбции и нелинейности для обмоток статора, впервые вводимых в эксплуатацию новых электродвигателей и электродвигателей, прошедших восстановительный или капитальный ремонт и реконструкцию на специализированном ремонтном предприятии

Мощность, номинальное напряжение электродвигателя, вид изоляции обмоток	Критерии оценки состояния изоляции обмотки статора		
	Значение сопротивления изоляции, МОм	Значение коэффициента абсорбции $R_{60}^2/R_{15}^2$	Значение коэффициента нелинейности** $K_u = I_{нб} \times U_{нм} / I_{нм} \times U_{нб}$
1. Мощность более 5 МВт, терморезистивная и микалентная компаундированная изоляция	Не ниже 10МОм на 1кВ номинального линейного напряжения при	Не менее 1,3 при температуре* 10-30°C	Не более 3

	температуре* 10-30°C		
2. Мощность 5 МВт и ниже, напряжение выше 1кВ, терморезистивная изоляция	Не ниже 10Мом на 1кВ номинального линейного напряжения при температуре* 10-30°C	Не менее 1,3 при температуре* 10-30°C	-
3. Электродвигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжение свыше 1кВ, мощность от 1 до 5МВт включительно, а также двигатели меньшей мощности наружной установки с такой же изоляцией напряжением свыше 1кВ	Не ниже значений, указанных в таблице 6	Не ниже 1,2	-
4. Электродвигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжение свыше 1кВ. мощность менее 1МВт, кроме указанных в пункте 3	Не ниже значений, указанных в таблице 6	-	-
5. Напряжение ниже 1кВ, все виды изоляции	Не ниже 1Мом при температуре* 10-30°C	-	-

\* При температуре выше 30°C допустимое значение сопротивления изоляции снижается

в 2 раза на каждые 20°C разности между температурой, при которой выполняется измерение и 30°C,

\*\* Унб - наибольшее, т.е, полное испытательное выпрямленное напряжение (напряжение последней ступени); Унм - наименьшее испытательное выпрямленное (напряжение первой ступени); Инб и Инм - токи утечки ( $I_{60^2}$ ) при напряжениях Унб и Унм.

Во избежание местных перегревов изоляции токами утечки выдержка напряжения на очередной ступени допускается лишь в том случае, если токи утечки не превышают значений, указанных ниже:

- кратность испытательного напряжения по отношению к Уном	0,5	1,0	1,5 и выше
- ток утечки, мкА	250	500	1000

**Таблица 6**

Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции для электродвигателей (см. таблицу 5 пункты 3 и 4)

Температура обмотки, °C	Сопротивление изоляции $R_{60^2}$ , МОм при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3-3,15	6-6,3	10-10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50



40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
70	3	6	10

В случае недопустимого снижения сопротивления изоляции и неудовлетворительных значений коэффициента абсорбции и нелинейности электродвигатель необходимо подвергнуть сушке.

4.9.6. Снять знаки безопасности и запрещающие предупредительные плакаты с электродвигателя и коммутационной аппаратуры, которой была выполнена разборка электрической схемы электродвигателя.

4.9.7. Собрать электрическую схему электродвигателя и маслонасосов смазки (при их наличии), подать оперативный ток на цепи управления, защиты, сигнализации, на цепи автоматики и блокировки. При подготовке к работе электродвигателей шаровых мельниц помимо сборки электрической схемы синхронных двигателей и их маслостанции необходимо собрать электрические схемы их возбудителей (систем возбуждения) и вентиляторов принудительной системы охлаждения (при наличии последних).

4.9.8. Проверить наличие и работу сигнальных ламп на пульте управления, отсутствие выпавших указательных реле и сигналов о неисправности схемы и электродвигателя, включая информацию о неготовности, выведенную на монитор АСУ ТП (при ее наличии).

4.9.9. Доложить лицу, отдавшему распоряжение о подготовке электродвигателя к пуску, о сборке электрической схемы и готовности электродвигателя к включению в сеть. Сделать запись в оперативном журнале.

## 5 Пуск электродвигателя в работу

5.1. Включение электродвигателя в работу производится дежурным персоналом технологического цеха, обслуживающим данный механизм. О предстоящем пуске мощного или ответственного электродвигателя, находящегося в длительном резерве (более 1 мес) или после ремонта, персонал цеха, обслуживающий пускаемый механизм должен поставить в известность персонал электрического цеха, который обязан выполнить предпусковые операции по пункту 4.9. Исключение составляют пуски, связанные с ликвидацией аварийного положения, и пуски электродвигателей, включающихся по АВР.

5.2. При местном включении электродвигателя его ключ управления (кнопку) следует держать в положении «Включить» до момента разворота электродвигателя.

При дистанционном включении электродвигателя его ключ управления (виртуальный ключ на видео кадре технологической схемы пускаемого агрегата) следует держать в положении «Включить» до момента, когда сработает сигнализация, указывающая на окончание выполняемой операции (загорание сигнальной лампы, светового табло и пр.).

5.3. По месту установки электродвигателя необходимо вести наблюдение за режимом пуска. Наблюдающее лицо технологического цеха должно проконтролировать правильность вращения, легкость хода, отсутствие посторонних шумов. В случае появления искр, дыма из обмотки или подшипников, возникновения постороннего звука, стука и задеваний, следует немедленно отключить электродвигатель аварийной кнопкой.

При нормальном протекании пуска наблюдающее лицо должно осмотреть электродвигатель, убедиться в нормальной работе подшипников, отсутствии их недопустимого нагрева и вибрации.

5.4. Лицо, производящее пуск, должно наблюдать за пуском по амперметру или индикации тока статора на экране операторской станции АСУ ТП (при их наличии).

№ п.п.	Признаки ненормального явления	Вероятные причины	Рекомендуемые методы устранения	
1	При пуске электродвигатель гудит и не разворачивается	Обрыв одной фазы в цепи статора (сгорел предохранитель, плохой контакт в выключателе и пр.).	Посредством мегаомметра выявить нарушение цепи и устранить.	
		Обрыв или плохой контакт в цепи ротора (излом или выгорание стержней в районе коротко замыкающих колец).	Выявить трещины или обрывы стержней путем измерения магнитного потока рассеяния По окружности ротора с помощью ВАФ-85 (методику см. в ЭЦ №Э-11/61 или § 6.60 СДМЭ-81) или иным способом.	
		Неправильно собрана схема обмотки статора («звезда» вместо «треугольника», вывернута одна фаза и пр.). Механическое заедание в приводном механизме или двигателе	Проверить полярность выводов (определить начала и концы каждой фазы) и собрать схему обмотки статора согласно указаниям завода-изготовителя.  Вывести агрегат в ремонт и устранить заедание	
2	При пуске или во время работы из двигателя появились искры и дым	Задевание ротора за статор из-за попадания в воздушный зазор постороннего предмета, чрезмерного износа подшипников..	Вывести агрегат в ремонт для устранения дефекта.	
		Произошел излом стержня короткозамкнутой обмотки ротора.	Вывести двигатель в ремонт.	
		Межвитковое замыкание в обмотке статор	Устранить неисправность обмотки	
3	При пуске работает максимальная токовая защита	Короткое замыкание в цепи статора (в кабеле, в обмотке статора, коробке выводов).	Произвести осмотр всей цепи до коммутационного аппарата, измерить сопротивление изоляции элементов схемы. При обнаружении места КЗ вывести присоединение в ремонт.	
		Мал ток срабатывания защиты или мала выдержка времени МТЗ от перегрузки. Неисправен приводной механизм	Изменить уставки защиты в соответствии с условиями отстройки от пускового режима электродвигателя.  Вывести в ремонт приводной механизм	
4	Повышенная вибрация подшипников	Нарушена центровка двигателя с приводным механизмом.	Отцентровать двигатель с приводным механизмом.	
		Нарушена балансировка ротора, дисбаланс муфты.	Отбалансировать ротор.	
		Недостаточная жесткость фундамента.	Муфту снять и отбалансировать отдельно от ротора.	

			Выполнить фундамент в соответствии с заводскими требованиями по монтажу.	
		Между лапами двигателя и фундаментом имеются зазоры	Устранить зазоры прокладками.	
		Незаштифованы лапы двигателя со стороны Привода и не установлены тарельчатые пружины на фундаментные болты со стороны противоположной приводу.	Установить штифты и тарельчатые пружины.	
		Неисправна соединительная муфта, имеются дефекты в зубчатой муфте вследствие неправильного зацепления, несоответствующей обработки зубьев. Между полумуфтами, насаженными на валы, имеется перекос, одна или обе полумуфты бьют, пальцы упруго-пальцевой муфты установлены неправильно или изношены.	Отремонтировать или заменить зубчатую муфту. Проверить правильность насадки и биение обеих полумуфт, проверить установку пальцев в полумуфтах. В случае необходимости устранить повышенное биение полумуфт, исправить установку пальцев или заменить их новыми.	
		Слишком низкая температура масла, входящего в подшипники с принудительной смазкой	Во время работы двигателя входящее масло должно иметь температуру 25-45°C	
5	При работе двигателя наблюдаются ритмичные колебания статора	Нарушение контакта или витковое замыкание в обмотке ротора	Произвести осмотр и необходимый ремонт ротора	
6	Течь воды из воздухоохладителя, срабатывает датчик контроля наличия воды в двигателе	Возможны трещины охлаждающей трубки в месте развальцовки или ослабление вальцовки	Удалить воду из двигателя.  Провести гидравлические испытания воздухоохладителя для определения места течи.  Допускается заглушить с обеих сторон пробками одну дефектную трубку. При большем числе поврежденных трубок заменить воздухоохладитель	
7	Течь воды в электродвигателе	Образование свища или трещины	Вырубить место течи на глубину 4 мм. Подпаять припоем ПСр45 с	

	АВ(2АВ)-8000/6000 в сварном шве или в соединении «штуцер-стержень» ротора		флюсом ПВ209Х. После заполнения вырубке припоем поддерживать в течение 1 мин. нагрев шейки стержня для снижения напряжений в соединении «штуцер-стержень».	
	в соединении «стержень-короткозамыкающее кольцо» ротора	То же	Разрубить и снять технологическую стальную втулку, вырубить канавку глубиной 5 мм вокруг стержня. Запаять припоем ПСр45 с флюсом ПВ209Х, поддерживая при остывании нагрев шейки стержня.	
	по трубкам внутри сегмента сердечника статора	Трещины, свищи	Исключить сегмент из схемы перемычкой. Допускается исключать до двух параллельных ветвей, расстоянием между которыми должно быть не менее трех пакетов.  В двух крайних ветвях с каждого торца сердечника сегменты исключать не разрешается.	
	в коллекторе статора	Ослабление крепления штуцеров.	Подтянуть гайки, застопорить.	
		Ослабление крепления по резиновым уплотнениям в торцевых заглушках.	Подтянуть фланцы или заменить резиновые уплотнения	
		Повреждение сварных швов на коллекторе.	Подварить сварные швы	
		Загрязнение сопрягаемых уплотнительных поверхностей	Тщательно зачистить уплотнительные поверхности	
8	Увеличение утечки охлаждающей воды через ротор АВ (2АВ)-8000/6000	Износ фторопластового уплотнения	Заменить втулку	
9	Перегрев всей обмотки статора и активной стали. Повышенная температура охлаждающего воздуха на выходе из охладителя	Увеличение нагрузки более допустимой.	Уменьшить нагрузку до номинальной и ниже.	
		Увеличение температуры охлаждающей воды выше нормальной	Увеличить расход воды выше нормального, но не более чем в два раза (при этом давление в охладителе не должно превышать предельно допустимое).	
		Уменьшение расхода воды	Прочистить охладитель, сняв с него обе крышки. Трубки промыть 5% раствором соляной кислоты и прочистить специальными щетками («ершами»).	
		Засорение межтрубного пространства охладителя	Выполнить ревизию фильтров, тщательно продуть межтрубное пространство сжатым воздухом	
10	Повышение температуры воды на выходе из ротора,	Засорение тракта охлаждения ротора или статора	Провести промывку обратным ходом воды температурой 80-90°C. При малом эффекте указанного	

	статора АВ (2АВ)-8000/6000		способа использовать химические реактивы (5% раствор соляной кислоты и 5% раствор хромового ангидрида)	
11	Отсутствуют показания одного из термопреобразователей сопротивления	Обрыв датчика или измерительной проводки	Заменить дефектный преобразователь, устранить обрыв или ввести в работу резервную жилу кабеля	
12	Чрезмерный нагрев подшипников	Недостаточная подача масла в подшипники (заедает смазочное кольцо). Избыток или недостаток смазки в подшипниках качения.	Увеличить подачу масла в подшипники, устранить неисправность кольца. Проверить количество и качество смазки. При необходимости промыть и заполнить подшипник нужным количеством смазки.	
		Смазка или масло загрязнено	Очистить масляные камеры подшипников, заменить масло.	
		Использовано масло несоответствующей марки.	Заменить масло на рекомендуемое заводской инструкцией. .	
		Осевое воздействие на ротор двигателя со стороны приводимого механизма.	Проверить центровку и соединение двигателя с приводимым механизмом	
		Нет разбега ротора	Проверить наличие регулировочных прокладок между корпусом подшипника и щитом со стороны рабочего конца вала.	
		Повышенная вибрация ротора	См. пункт 4 настоящей таблицы	
13	Вытекание масла из подшипников	Повышенный расход масла через подшипники.	Отрегулировать расход масла.	
		Засорен сливной маслопровод. Недостаточное уплотнение стыков между лабиринтными уплотнениями и корпусом подшипника	Прочистить сливной маслопровод. Заменить прокладки между лабиринтными уплотнениями и корпусом подшипника	
14	Пониженное сопротивление изоляции обмотки статора	Загрязнена или отсырела обмотка	Разобрать электродвигатель, продуть сухим сжатым воздухом, протереть обмотку салфеткой, смоченной моющим средством, выполнить сушку изоляции	
15	Повышенное искрение щеток	Недостаточное усилие прижатия щеток к контактным кольцам.	Отрегулировать усилие прижатия щеток.	
		Загрязнение или неровности рабочих поверхностей контактных колец.	Выполнить подшлифовку рабочей поверхности колец мелкой шкуркой, убрать загрязнения и нагары салфеткой, смоченной спиртом. При необходимости кольца проточить и отшлифовать.	
		Щетки плохо прилегают к контактным кольцам	Более тщательно притереть и пришлифовать щетки к кольцам	

При пуске асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором ток статора превышает номинальное значение в 5-7 раз и остается практически неизменным в течение всего пуска. Как только частота вращения ротора достигнет 90% номинального значения, ток статора резко снижается до величины близкой к номинальному значению или ниже. Время пуска в зависимости от маховых масс агрегата колеблется от нескольких секунд (циркуляционные, питательные насосы) до десятков секунд (дутьевые вентиляторы, дымососы).

При пуске синхронного двигателя шаровой мельницы первоначально осуществляется его асинхронный пуск за счет пусковой короткозамкнутой обмотки, размещенной в полюсных наконечниках. По достижении подсинхронной частоты вращения осуществляется автоматическое возбуждение двигателя подачей постоянного тока в цепь рабочей обмотки ротора, и происходит втягивание электродвигателя в синхронизм. Признаками втягивания двигателя в синхронизм являются наличие тока возбуждения и установившееся положение стрелки амперметра, в цепи статорной обмотки.

Если ток статора по окончании пуска превышает номинальное значение, необходимо частично разгрузить двигатель по активной мощности и при необходимости, по реактивной (последнее только для синхронных двигателей при работе с пониженным (опережающим) коэффициентом мощности).

5.5. Если в момент включения электродвигателя напряжением выше 1000В появится сигнал «Земля на секции...», электродвигатель следует отключить и сообщить об этом дежурному персоналу электрического цеха.

5.6. Если при пуске двигатель отключился, то необходимо сквитировать ключ управления, произвести осмотр электродвигателя и сообщить дежурному персоналу электрического цеха для принятия мер по выяснению причины отключения и срабатывания защиты.

5.7. Двухскоростные двигатели, как правило, должны включаться в сеть на обмотке, меньшей частоты вращения с последующим переключением (при необходимости) на обмотку большей частоты вращения.

Допустимость прямого пуска от обмотки большей частоты вращения и число таких пусков определяются техническими условиями или заводскими, инструкциями по эксплуатации конкретных двигателей.

Не допускается одновременное включение обеих обмоток.

5.8. Пуск электродвигателей, приводящих во вращение вентиляторы (дымососы, дутьевые вентиляторы, вентиляторы горячего дутья и т.п.), должен производиться при закрытых шибах.

5.9. Электродвигатели с короткозамкнутыми роторами разрешается по условиям их нагрева пускать из холодного состояния 2 раза подряд, из горячего - 1 раз, если заводской инструкцией не допускается большего количества пусков. Последующие пуски разрешаются после охлаждения электродвигателя в течение времени, определяемого заводской инструкцией.

Последующие пуски электродвигателей напряжением свыше 1000В допускаются через 3ч.

## Практическая работа 10-11

### Чтение электрических схем электрических аппаратов

1. Чтение принципиальной схемы всегда начинают с общего ознакомления с нею и перечнем элементов, находят на схеме каждый из них, читают все примечания и пояснения.

2. Определяют систему электропитания электродвигателей, обмоток магнитных пускателей, реле, электромагнитов, комплектных приборов, регуляторов и т. п. Для этого находят на схеме все источники питания, выявляют по каждому из них род тока, номинальное напряжение, фазировку в цепях переменного тока и полярность в цепях постоянного тока и сопоставляют полученные данные с номинальными данными используемой аппаратуры. Выявляют по схеме общие коммутационные аппараты, а также аппараты защиты: автоматы, предохранители, реле максимального тока и минимального напряжения и т. п. Определяют по надписям на схеме, таблицам или примечаниям уставки аппаратов и, наконец, оценивают зону защиты каждого из них. Ознакомление с системой электропитания может понадобиться для: выявления причин нарушения питания; определения очередности, в которой следует на схему подавать питание (это не всегда безразлично); проверки правильности фазировки и полярности (неправильная фазировка может, например, в схемах резервирования привести к короткому замыканию, изменению направления вращения электродвигателей, пробоем конденсаторов, нарушению разделения цепей с помощью диодов, отказу поляризованных реле и т. п.); оценки последствий перегорания каждого предохранителя.

3. Изучают всевозможные цепи каждого электроприемника: электродвигателя, обмотки магнитного пускателя, реле, прибора и т. п. Но электроприемников в схеме много и далеко не безразлично, с какого из них начинать чтение схемы — это определяется поставленной задачей. Если нужно определить по схеме условия ее работы (или проверить, соответствуют ли они заданным), то начинают с основного электроприемника, например с электродвигателя задвижки. Последующие электроприемники выявятся сами собой. Например, для пуска электродвигателя нужно включить магнитный пускатель. Следовательно, следующим электроприемником должна быть обмотка магнитного пускателя. Если в ее цепь входит контакт промежуточного реле, надо рассматривать цепь его обмотки и т. п. Но может быть и другая задача: какой-то элемент схемы отказал, например не горит определенная сигнальная лампа. Тогда первым электроприемником будет именно она. Очень важно подчеркнуть, что если не придерживаться при чтении схемы определенной целенаправленности, то можно затратить много времени, ничего не решив. Итак, изучая выбранный электроприемник, надо проследить все возможные его цепи от полюса к полюсу (от фазы к фазе, от фазы к нулю в зависимости от системы питания). При этом надо, во-первых, выявить все контакты, диоды, резисторы и т. п., входящие в цепь. Особо подчеркнем, что нельзя рассматривать несколько цепей сразу. Нужно сначала изучить, например, цепь включения обмотки магнитного пускателя «Вперед» при местном управлении, установив, в каком положении должны быть элементы, входящие в эту цепь (переключатель режимов в положении «Местное управление», магнитный пускатель «Назад» отключен), что нужно сделать, чтобы включить обмотку магнитного пускателя (нажать выключатель кнопочный «Вперед»), и т. п. Затем следует мысленно отключить магнитный пускатель.

Рассмотрев цепь местного управления, мысленно переводят переключатель режимов в положение «Автоматическое управление» и изучают следующую цепь.

Ознакомление с каждой цепью электрической схемы имеет целью:

а) определить условия действия, которым удовлетворяет схема;

б) выявить ошибки; например, в цепи могут быть соединенные последовательно контакты, которые никогда одновременно не должны быть замкнуты;

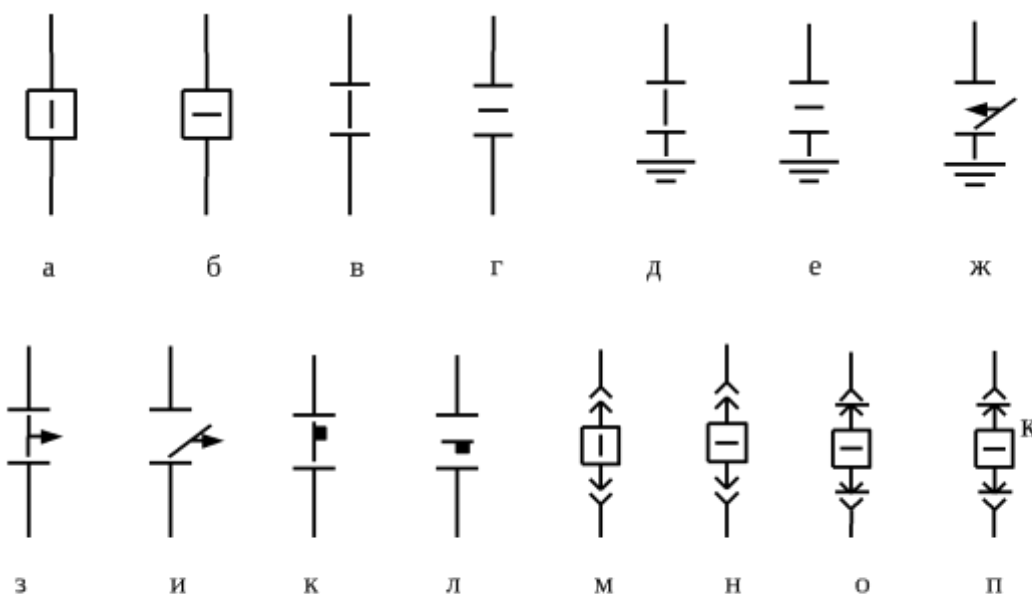
в) определить возможные причины отказа. В неисправную цепь, например, входят контакты трех аппаратов. Рассматривая каждый из них, легко обнаружить неисправный. Такие задачи возникают при наладке и устранении неполадок в процессе эксплуатации;

г) установить элементы, в которых могут быть нарушены временные зависимости либо в результате неправильной регулировки, либо из-за неправильной оценки проектировщиком реальных условий эксплуатации.

Типичными недостатками являются слишком короткие импульсы (управляемый механизм не успевает завершить начатый цикл), слишком длинные импульсы (управляемый механизм, завершив цикл, начинает его повторять), нарушение необходимой очередности переключения (например, вентили и насос включаются не в той очередности, как надо, или между операциями не соблюдаются достаточные интервалы);

д) выявить аппараты, которым могут быть заданы неправильные уставки; типичный пример — неправильная уставка токового реле в схеме управления задвижкой;

е) выявить аппараты, коммутационная способность которых недостаточна для коммутируемых цепей, или номинальное напряжение ниже необходимого, или рабочие токи цепей больше номинальных токов аппарата



**Рис. 1.** Условные графические обозначения различных положений коммутационных аппаратов и заземляющих ножей:

а - выключатель (включен); б - выключатель (отключен); в - разъединитель (включен); г - разъединитель (отключен); д - заземляющий нож (включен); е - заземляющий нож (отключен); ж - короткозамыкатель (отключен); з - отделитель (включен); и - отделитель (отключен); к - автоматический выключатель 0,4 кВ (включен); л - автоматический выключатель 0,4 кВ (отключен); м - тележка выключателя КРУ в рабочем положении (выключатель включен); н - тележка выключателя КРУ в рабочем положении (выключатель отключен); о - тележка выключателя КРУ в ремонтном положении (выключатель отключен); п - тележка выключателя КРУ в контрольном положении (выключатель отключен)



## Практическая работа 12-14

## Сравнительное описание электронных приборов и устройств

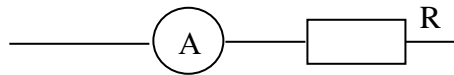
[illegible]

## Практическая работа 15

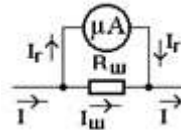
Составление электрических схем включения приборов при измерении различных электрических величин электрических машин и механизмов.

Нарисуйте схему включения амперметра в электрическую цепь:

Ответ: прямое включение:

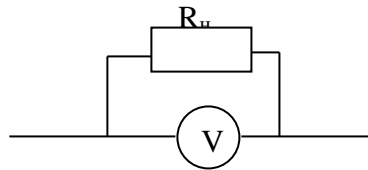


включение с шунтом

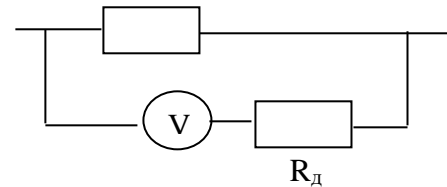


Нарисуйте схему включения вольтметра в электрическую цепь:

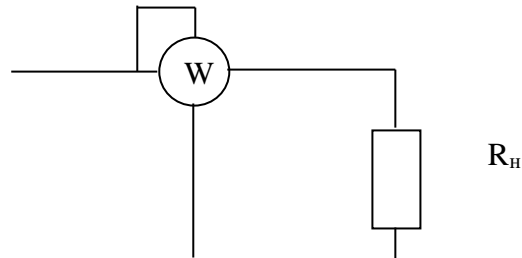
Ответ: прямое включение:



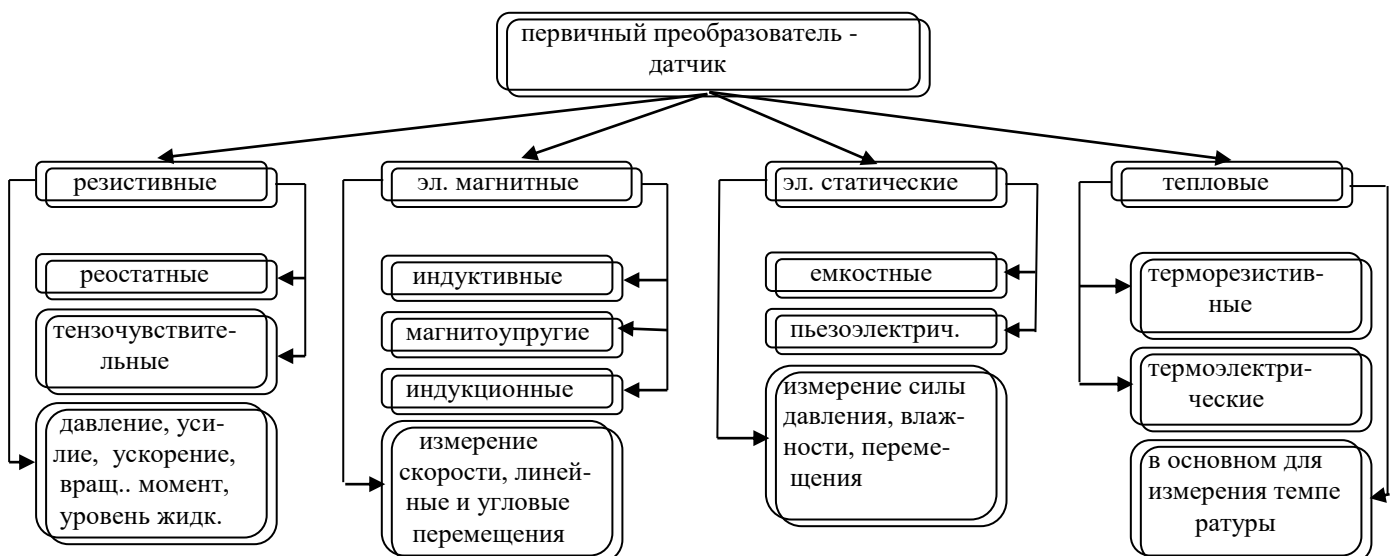
включение с добавочным сопротивлением



Нарисуйте схему включения ваттметра в однофазную электрическую цепь:



Дополните классификацию первичных преобразователей - датчиков:



## Практическая работа 16

### Расчет установленной мощности и других параметров по схеме.

Для правильного выбора, например, двигателя, нагревательного прибора, лампы, необходимо понимать, что это такое: установленная мощность и расчетная мощность и уметь их рассчитать.

#### *Определения установленной и расчетной мощности*

Установленная (номинальная) мощность одного электроприбора - это мощность, с которой электроприбор или электроустановка способны работать без перегрузок и сбоев продолжительное время. Значение этого параметра указывается на фабричной упаковке устройства.

Когда в электроустановках к одному источнику тока подключены несколько потребителей энергии (например, двигателей или осветительных приборов), под установленной мощностью ( $P_{уст}$ ) понимается наибольшая сумма номинальных мощностей потребителей, работающих одновременно.

Параметр расчетная мощность ( $P_r$ ) определяется, как мощность, соответствующая фактической меняющейся во времени нагрузки по максимально возможному воздействию на элемент системы электроснабжения.

Как правило, расчетная мощность бывает меньше установленной.

Можно рассмотреть, как производится расчет установленной и расчетной мощности на примере осветительных установок.

#### *Расчет установленной мощности*

При выборе ламп и в результате светотехнических расчетов определяется установленная мощность ( $P_{уст}$ ) системы освещения. Чтобы найти  $P_{уст}$ , необходимо суммировать мощности ламп накаливания. причем отдельно суммируются мощности ламп разных видов:

$$P_{уст} = SP_{лн} + SP_{лл} + SP_{рлвд}, \text{ где}$$

$SP_{лн}$  - сумма номинальных мощностей ламп накаливания

$SP_{лл}$  - сумма номинальных мощностей люминесцентных ламп низкого давления

$SP_{рлвд}$  - сумма номинальных мощностей дуговых ртутных ламп высокого давления

#### *Определение расчетной мощности, коэффициент спроса*

Так как по тем или иным причинам часть ламп, элементов осветительной системы, может быть выключена, для расчета  $P_r$  вводится корректирующий коэффициент спроса ( $K_c$ ). Расчетная мощность ламп накаливания ( $P_r \text{ лн}$ ) представляет собой произведение установленной мощности ( $P_{уст \text{ лн}}$ ) на коэффициент спроса

$$P_r \text{ лн} = P_{уст \text{ лн}} \times K_c$$

Для осветительных установок с разрядными люминесцентными лампами, кроме коэффициента спроса, учитывается и коэффициент потери мощности в пуско-регулирующей аппаратуре (ПРА).

$$P_r \text{ лл} = (1,08 \dots 1,3) \times P_{уст \text{ лл}} \times K_c,$$

где принимается значение:

**1,8** - для ламп с электронными ПРА

**1,2** – при стартерных схемах включения ламп

**1,3** – при схемах (для быстрого зажигания) с введением трансформатора

Для части осветительной установки с дуговыми ртутными лампами расчетная мощность может быть получена по формуле:

$$P_{р\text{лвд}} = 1,1 \times P_{уст\text{ лвд}} \times K_c.$$

Для различных видов устройств-потребителей электроэнергии расчет заданной и расчетной мощностей производится аналогичным образом с учетом особенностей устройства и работы, присущих той или иной электроустановке, и дополнительных факторов.

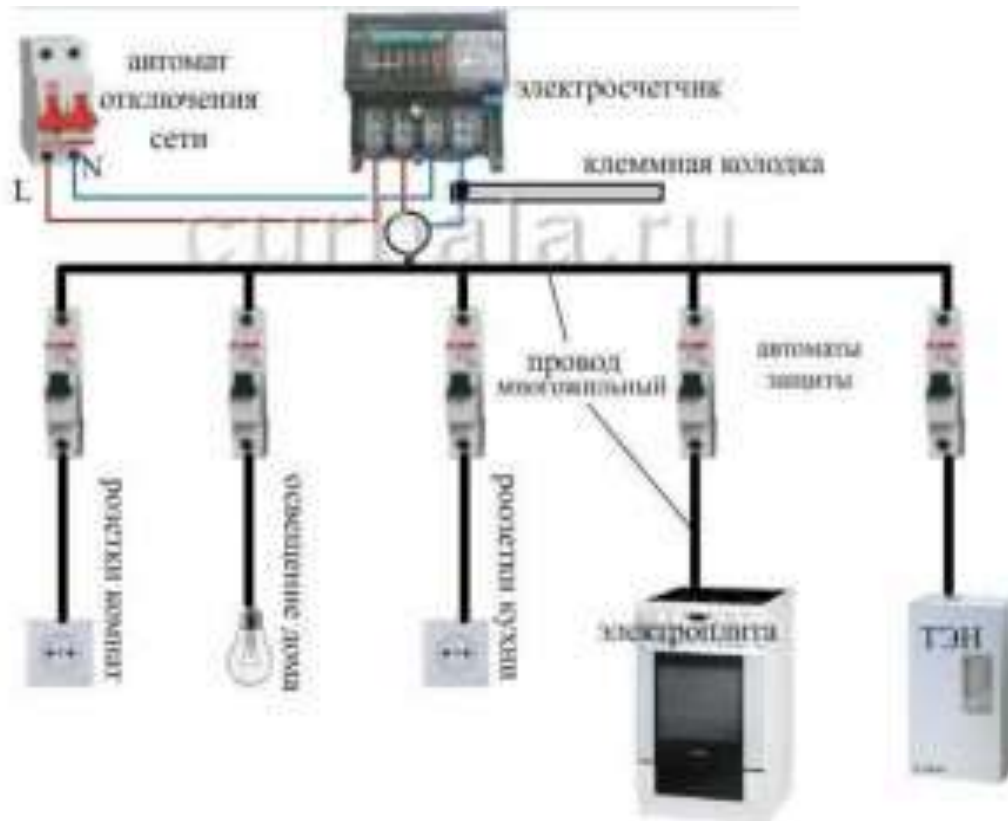
Задание: Рассчитать мощность для проводки однокомнатной квартиры.



### Чтение электрических монтажных и принципиальных схем квартирной электропроводки

#### 1. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ В КВАРТИРЕ

В этом виде схем все компоненты отражаются в виде простых элементов: вводной щит, счётчик, автоматика и потребители. Часто такую схему упрощают (как на рисунке), но лучше, когда на такой схеме учтено и количество потребителей, в том числе — количество розеток по каждому помещению отдельно.

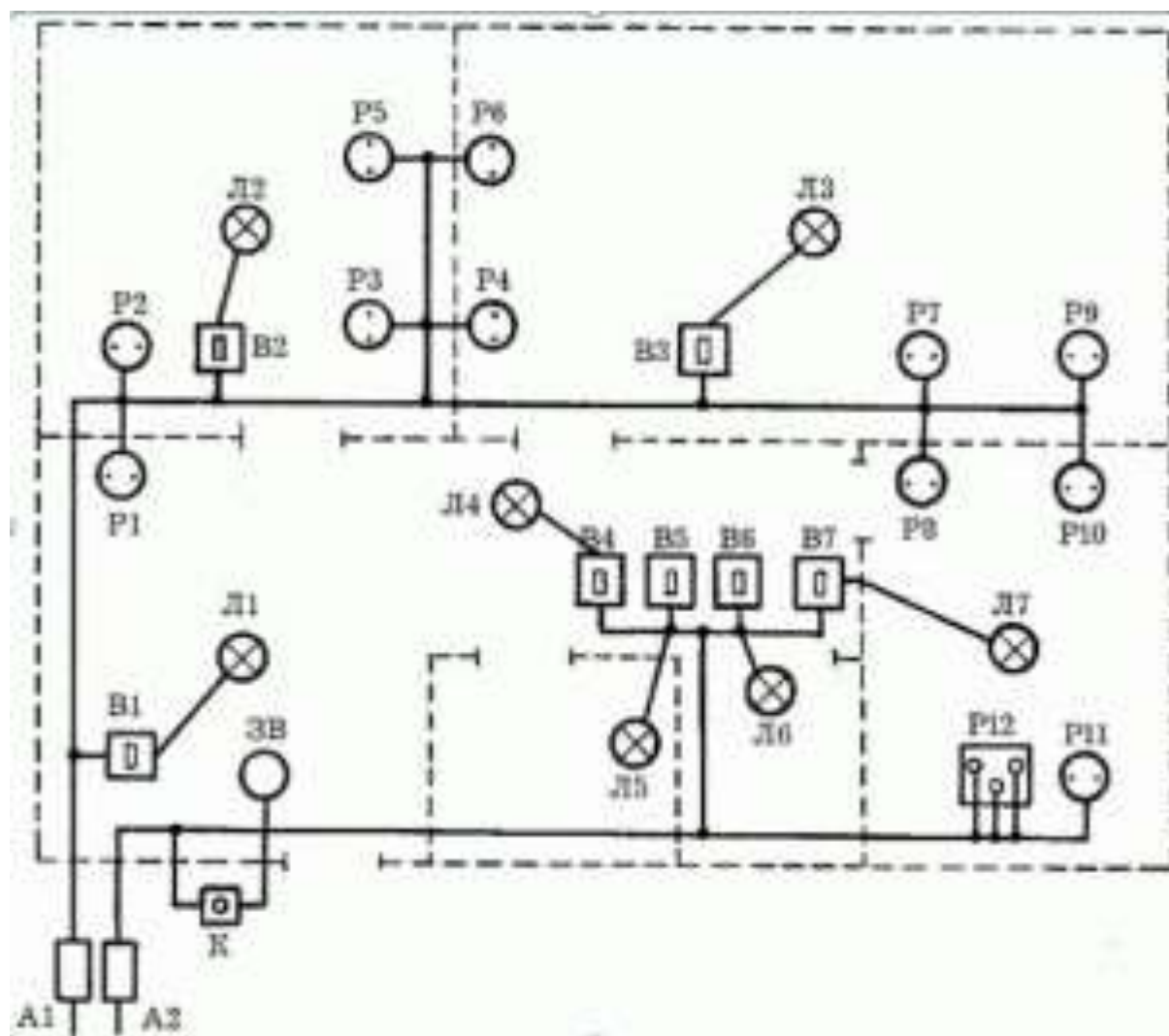


Поясним: вводный щит — один, в нём всегда должен быть один вводной автомат, дифавтоматы или УЗО на розетки (если в квартире или доме есть защитное заземление, а оно должно быть по ПУЭ — действующим правилам), и несколько автоматических выключателей (в зависимости от количества комнат и величины нагрузки на розетки). А от соответствующего автомата — линия к розеткам, светильникам или другим электроприборам. Либо просто указывается количество «точек» в отдельном помещении, например — 4 розетки, 3 группы светильников и т. д.

Такая схема поможет не держать в голове очень важные цифры: суммарную нагрузку на каждую линию проводки и общую суммарную мощность всех электроприборов, а иметь цифры на бумаге. Тогда, имея схему электропроводки в квартире с учётом мощности нагрузки, будет легче увидеть, какого сечения должен быть ввод в квартиру и есть ли розеточные или другие линии к приборам, которые следует прокладывать проводом не 2,5, а большего сечения.

#### 2. МОНТАЖНАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ КВАРТИРЫ

На этом виде схем тоже прорисовывается и количество и местоположение основных электроточек: вводного щита, счётчика и потребителей, но уже с привязкой к конкретному помещению. На этой схеме (снова просим: да не гневаются профессионалы!) можно и изобразить понятным для себя языком или картинками всё, что вам необходимо. Если вам знакомы правильные изображения этих элементов — лучше пользоваться ими, а если нет, то на схеме видно, как это можно сделать без снобистских заморочек. Главное, чтобы глядя на эту схему вы сами поняли, что и куда идёт, а также где и сколько чего будет.



# Чтение электрических монтажных и принципиальных схем: нереверсивного управления электроприводом

**Схема управления нереверсивным короткозамкнутым асинхронным двигателем.** Пуск двигателей малой и средней мощности обычно осуществляется прямым подключением обмоток статора к сети без ограничения токов. Для этой цели используются магнитные пускатели, которые составляют основу схемы управления.

Нереверсивный магнитный пускатель (рис. 6.12) включает в себя электромагнитный контактор КМ с двумя встроенными в него тепловыми реле защиты КК, кнопки управления SB1 (Пуск) и SB2 (останов, стоп АД).

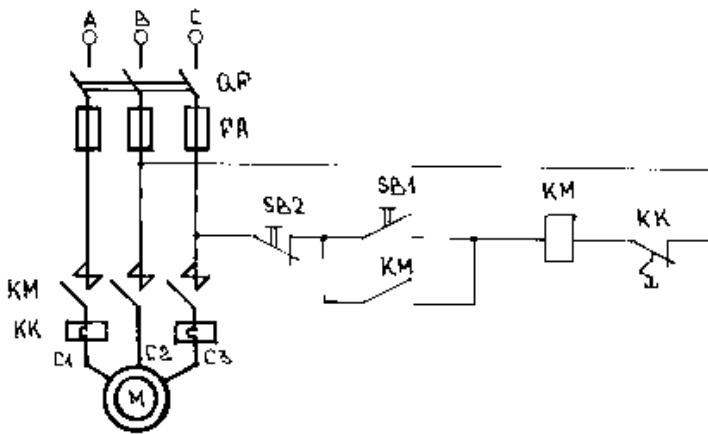


Рис. 6.12. Схема управления нереверсивным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором

Схема обеспечивает прямой (без ограничения тока и момента) пуск АД, отключение его от сети, а также защиту от коротких замыканий (предохранители FA).

Для пуска АД замыкают выключатель QF и нажимают кнопку пуска SB1.

Электрический ток потечет от фазы C через нормально замкнутую кнопку останова SB2, кнопку SB1, катушку контактора КМ, нормально замкнутые контакты тепловых реле КК к фазе B.

Катушка контактора КМ, получив питание, притянет якорь магнитной системы и замкнет главные контакты в силовой цепи обмоток статора и вспомогательный контакт, который зашунтирует кнопку пуска SB1 и ее не нужно держать во включенном положении. Произойдет разгон АД по его естественной механической характеристике.

Для отключения АД нажимается кнопка остановки SB2, она разрывает цепь питания катушки контактора КМ. Под действием пружины якорь контактора отпадает и разрывает все замкнутые до этого контакты. Двигатель теряет питание сети и начинается процесс торможения АД выбегом под действием статического момента сопротивления на валу.

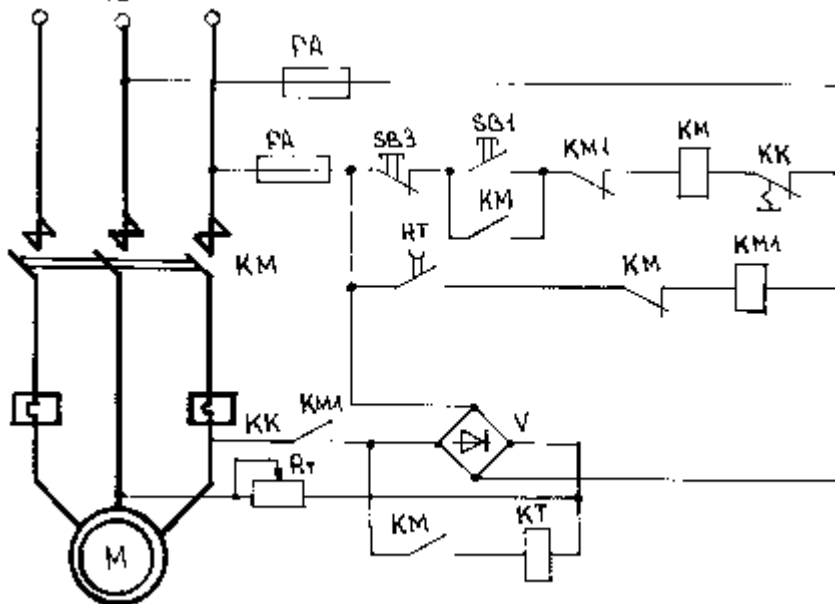
Также произойдет остановка двигателя в случае срабатывания одного из тепловых реле. В этом случае разорвется цепь питания катушки контактора КМ контактами тепловых реле КК.

Тепловое реле, установленное только в одну фазу, может не осуществить своих защитных функций. Например, если во время работы АД обесточится обмотка статора именно этой фазы, то двигатель будет работать с перегрузкой обмоток двух других фаз, в которых не предусмотрена установка тепловых реле. Поэтому тепловые реле необходимо устанавливать минимум в двух фазах.

Чтение электрических монтажных и принципиальных схем: реверсивного управления электроприводом;

**Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронных двигателей.**

Эта схема предусматривает прямой пуск и динамическое торможение в функции времени. Динамическое торможение является одним из вариантов генераторного режима АД независимо от сети переменного тока. Для его осуществления обмотки статора АД отключают от сети переменного трехфазного тока и подключают к источнику постоянного тока (рис. 6.14). Цепь фазного ротора при этом может быть замкнута накоротко или на добавочные



резисторы. Рис. 6.14. Схема управления пуском и динамическим торможением асинхронного двигателя

Постоянный ток протекает по всем обмоткам статора или по части их, создает постоянное во времени магнитное поле. В обмотках вращающегося по инерции ротора будет наводиться ЭДС и потечет ток, который создаст свое неподвижное в пространстве магнитное поле. Взаимодействие тока ротора с результирующим магнитным полем АД приведет к появлению тормозного момента и остановке ротора.

Преобразуемая при этом механическая энергия движущихся частей в электрическую рассеивается в виде тепла.

Пуск двигателя осуществляется нажатием кнопки SB1 (см. рис. 6.14).

После чего срабатывает линейный контактор КМ, подключающий обмотки статора к трехфазному источнику питания. Замыкающий блок-контакт КМ в цепи реле времени КТ вызовет его срабатывание. В результате чего контакты этого реле замкнутся в цепи контактора торможения КМ1, но этот контактор не сработает, так как перед этим произойдет размыкание блок-контакта КМ.

Нажатием кнопки SB3 производится остановка АД. Катушка линейного контактора теряет питание и контакты КМ в цепи обмоток статора размыкаются, отключая двигатель от сети переменного тока.

Одновременно с этим замыкается размыкающий блок-контакт КМ в цепи катушки контактора торможения КМ1; последний включается и подает в обмотки статора постоянный ток от выпрямителя V через резистор R<sub>т</sub> и замыкающий блок контакт КМ1. АД переходит в режим динамического торможения.

С потерей питания катушки КМ, также размыкается замыкающий блок-контакт КМ в цепи реле времени КТ. Это реле, потеряв питание, начинает отсчет выдержки времени. Через промежуток времени, соответствующий останову двигателя, реле КТ размыкает свои контакты в цепи катушки контактора КМ1. Обмотка статора отключается от источника постоянного тока и схема переходит в свое первоначальное состояние.

Задержкой срабатывания реле КТ и величиной регулируемого резистора R<sub>т</sub> устанавливают время динамического торможения.



**Схема управления реверсивным асинхронным двигателем с фазным ротором.** Частоту вращения ротора асинхронного электродвигателя с фазным ротором можно регулировать, изменяя величину сопротивления в роторной цепи (см. подразд. 5.2).

Управлять такими электродвигателями возможно с помощью силовых и магнитных контроллеров (рис. 6.15). В настоящее время в подъемно-транспортных механизмах используются магнитные контроллеры, относящиеся к аппаратам дистанционного управления.

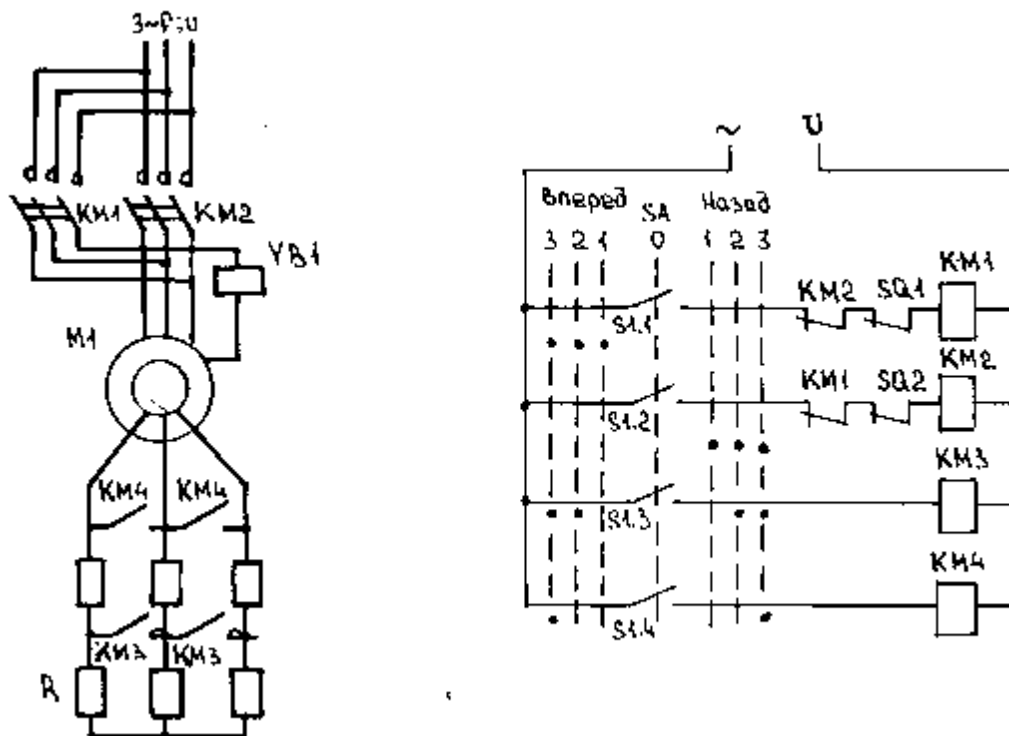


Рис. 6. 15. Схема управления трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором: а) силовая схема; б) схема управления

В первом положении командоконтроллера “Вперед” замыкается контакт S1.1, подавая питание на катушку. Контактор KM1 подключает обмотки статора двигателя и тормозной электромагнит YB1 к сети. В цепь ротора электродвигателя при этом включено полное сопротивление пускорегулирующего реостата, и двигатель разгоняется по характеристике I (см. рис. 5.4) до установившейся частоты вращения  $n_{уст.1}$  при заданном моменте сопротивления  $M_c$ .

Во втором положении замыкается контакт S1.3 командоконтроллера и включается контактор KM3, который закорачивает часть сопротивлений реостата. Двигатель переходит на работу по характеристике II, разгоняется до частоты вращения  $n_{уст.2}$ .

В третьем положении контроллера включается контактор KM4, который закорачивает выводы обмотки ротора, и двигатель работает на естественной характеристике III с частотой вращения  $n_{уст.3}$ .

Для выключения двигателя необходимо контроллер перевести в нулевое положение. Вращение “Назад” осуществляется постановкой рукоятки магнитного контроллера на позицию 1 “Назад”, при этом включается контактор KM2. Происходит смена чередования фаз в обмотках статора и начинается обратное вращение ротора при полном включенном пускорегулирующем резисторе роторной цепи. Дальнейший процесс управления аналогичен описанному выше.

Особенностью работы двигателей подъемно-грузовых лебедок является спуск груза. В этом случае груз не только преодолевает силы трения, но и стремится ускорить вращение двигателя в направлении спуска. Скорость двигателя очень быстро достигает синхронной, после чего двигатель начинает работать как генератор под действием силы тяжести груза, т.е., тормозя механизм. Если сопротивление в цепи ротора двигателя полностью закороченно, то скорость опускания груза на 5–10 % больше синхронной частоты вращения. Увеличение роторного сопротивления приводит к увеличению скорости спуска (а не к уменьшению, как это бывает при подъеме).

## Чтение электрических монтажных и принципиальных схем: распределения энергии по подстанциям.

Распределение электрической энергии от ГПП (ГРП) до цеховых подстанций выполняется по радиальным, магистральным или смешанным схемам в зависимости от расположения потребителей, а также от требуемого уровня надежности электроснабжения.

**Понизительные подстанции** являются основным звеном системы электроснабжения. В зависимости от положения в энергосистеме, назначения, величины первичного и вторичного напряжения, их можно подразделить на районные подстанции, подстанции промышленных предприятий, подстанции городской электрической сети и др.

**Подстанцией** называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии распределительных устройств напряжением до и выше 1000В.

В зависимости от назначения подстанции бывают трансформаторными (ТП), преобразовательными (ПП), выпрямительными и т.п.

**Районными** называются подстанции, питающиеся от районных (основных) сетей энергосистемы. Они предназначены для питания больших районов, в которых находятся промышленные, городские, сельскохозяйственные и другие потребители электроэнергии.

**Центром питания** (ЦП) называется распределительное устройство генераторного напряжения электростанции или подстанции или распределительное устройство вторичного напряжения понизительной подстанции энергосистемы (имеющей устройство для регулирования напряжения), к которому подключены распределительные сети данного района.

**Распределительным пунктом** (РП) называется подстанция промышленного предприятия, предназначенная для приема и распределения электроэнергии на одном напряжении без преобразования и трансформации.

**Независимым источником питания** называется источник питания данного объекта, на котором сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках.

Системы электроснабжения разделяют на системы **внешнего электроснабжения** (воздушные и кабельные линии от подстанции энергосистемы до главной подстанции ГПП или распределительного пункта ЦРП) и систему **внутреннего электроснабжения** (распределительные линии от ГПП и ЦРП до цеховых трансформаторных подстанций).

**Радиальные схемы.** На рисунке 1 показана радиальная схема электроснабжения. При этой системе подстанции питаются отдельными линиями. Распределительных пунктов РП может быть один или несколько в зависимости от величины передаваемой мощности и от расположения подстанций на территории предприятия.

Иногда распределительный пункт совмещается с одной из цеховых подстанций, обслуживающей ближайших потребителей (РТП).

В данной схеме предусмотрена установка выключателей на всех линиях высокого напряжения. На распределительные пункты заводится по две линии от каждой секции шин ГРП. Распределительные пункты имеют две секции шин 6-10кВ, которые в случае надобности (например, при выходе из строя или отключении на ремонт одной из линий от ГРП) могут быть соединены при помощи секционного выключателя.

Для обеспечения полного отключения линий, которые могут иметь обратное питание (линии к РП), и для ремонта выключателей разъединители устанавливаются с обеих сторон выключателя. На цеховых подстанциях устанавливаются обычно только разъединители. Цеховые подстанции, как это видно из схемы, могут подключаться как к шинам главного распределительного пункта, так и к шинам промежуточных распределительных пунктов.

Схема питания РП-3 одной линией применяется в редких случаях для малоответственных потребителей III категории, поскольку при выходе из строя единственной питающей линии 7 выходит из строя не только РП-3, но и прекращается питание всех присоединенных к нему подстанций (в данном случае ТП-8 и ТП-9).

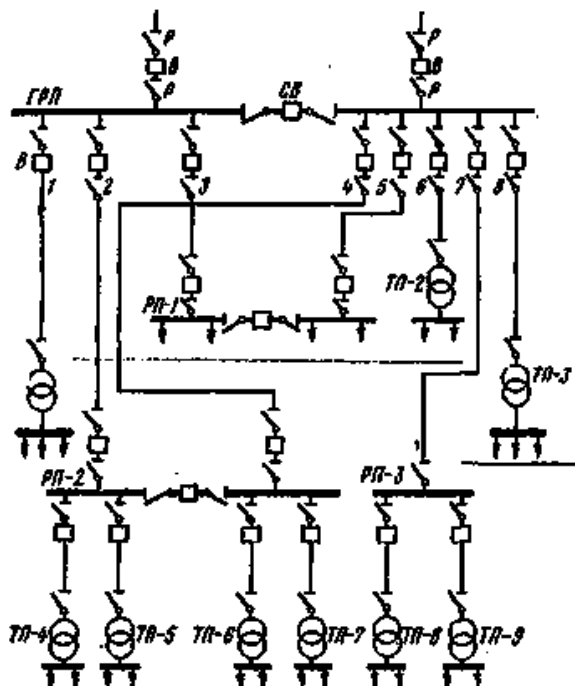


Рис. 1. Радиальная схема электроснабжения

Такая схема питания может быть допущена и для потребителей II категории, но при условии, что питающая линия 7 выполнена двумя или несколькими кабелями, подключенными к ГРП и РП, как указано на рисунке 2

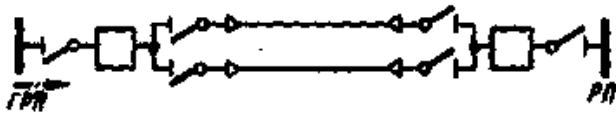


Рис.2. Схема присоединения кабельных линий при радиальных схемах питания для потребителей II категории

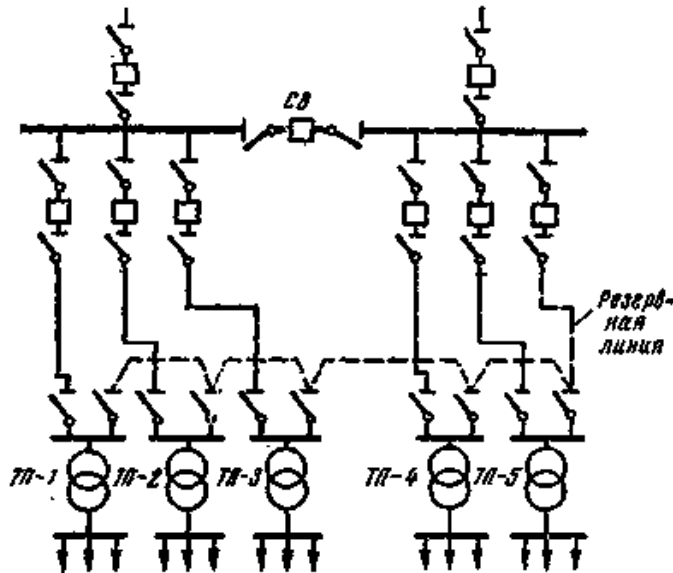


Рис.3. Радиальная схема питания цеховых подстанций со сквозным резервным кабелем (применяется для потребителей II категории)

Отыскание места повреждения и отключение поврежденного кабеля с двух сторон при помощи двух разъединителей не отнимает более 30 мин, что следует считать допустимым. При питании воздушными линиями, как уже указывалось, допускается питание потребителей II категории одной линией, поскольку воздушные линии более надежны, чем кабельные линии, чаще выходящие из строя (например, при раскопках).

При питании по радиальной схеме иногда применяется резервирование нескольких подстанций одним «сквозным» кабелем. Такая схема представлена на рисунке 3. Сечение сквозного резервного кабеля выбирают по условию питания одной наиболее мощной подстанции из рассматриваемой группы. Схема применима для потребителей II категории, поскольку дежурный персонал может быстро подключить одну из подстанций (при аварийном отключении) к резервному кабелю.

РП, от которых питаются потребители I категории, подключаются к двум секциям ГРП отдельными линиями, причем секционный выключатель СВ включается автоматически при отключении любой из питающих линий. Каждая из питающих линий высокого напряжения рассчитывается на полную нагрузку с учетом допустимой перегрузки.

Радиальные схемы электроснабжения весьма надежны в отношении бесперебойности питания, однако, требуют большого количества высоковольтной аппаратуры и значительных расходов на сооружение линий и распределительных устройств. Во многих случаях радиальные схемы себя не оправдывают и заменяются магистральными.

**Магистральные схемы.** В отличие от радиальной схемы, при которой каждая цеховая подстанция питается отдельной линией высокого напряжения от ГРП (ГПП) или РП, при магистральных схемах одна и та же линия (воздушная или кабельная) заводится поочередно на шины нескольких трансформаторных подстанций (но не более пяти-шести).

Магистральная схема питания цеховых подстанций на напряжение 6-10кВ показана на рисунке 4. Из схемы видно, что трансформаторы цеховых подстанций могут подключаться к общей высоковольтной магистрали через масляные выключатели (ТП-1), разъединители и высоковольтные предохранители (777-2) и выключатели нагрузки и предохранители (777-3). Применение выключателей или разъединителей с предохранителями обусловлено мощностью трансформатора.

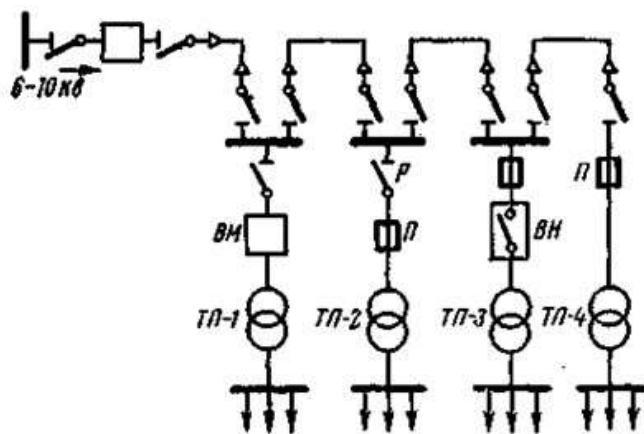


Рис. 4. Магистральная схема питания цеховых трансформаторных подстанций:

ВМ – выключатель масляный; ВН – выключатель нагрузки;

П – высоковольтные предохранители; Р – разъединитель

Магистральная схема обходится намного дешевле, чем радиальная схема электроснабжения, но имеет существенный недостаток: при аварии на любом участке магистральной линии или на шинах высокого напряжения любой из цеховых подстанций происходит отключение релейной защитой головного выключателя и все подстанции, присоединенные к данной магистрали, прекращают подачу электроэнергии потребителям.

Надежность электроснабжения повышается при устройстве общей резервной магистрали. На рисунке 5 дана схема распределительной сети высокого напряжения с общей резервной магистралью.

Рис. 5. Схемы питания одиночными магистралями с общей резервной магистралью на напряжение 6-10 кВ:

ВМ – выключатель масляный; ВН – выключатель нагрузки; Р – разъединитель

П – высоковольтный предохранитель; РМ – резервная магистраль

В этой схеме при нормальном режиме питание цеховых подстанций производится по рабочим магистралям, а при выходе из строя одной из рабочих магистралей отключается (с двух сторон) поврежденный участок и питание переводится на резервную магистраль, постоянно находящуюся под напряжением. Приведенная схема может применяться для питания потребителей II и III категорий. Недостаток схемы в том, что в нормальном режиме резервная линия не используется для передачи энергии.

Другим видом магистральной схемы, пригодной для электроснабжения потребителей II категории, следует считать схему разомкнутой кольцевой магистрали (см. рис. 6). Питание полуколец схемы рекомендуется осуществлять от разных секций ГРП (ГПП).

Из характерных магистральных схем внутреннего электроснабжения промышленных предприятий приведем еще весьма гибкую и удобную в эксплуатации схему с двусторонним питанием (см. рис. 7). В нормальном режиме схема разомкнута. Сечения кабелей рассчитаны на возможную передачу всей мощности (с учетом допустимой перегрузки), поэтому при повреждении в любой точке схемы потребители восстанавливаются (после нахождения участка повреждения) довольно быстро. Рис. 6. Кольцевая магистральная схема электроснабжения

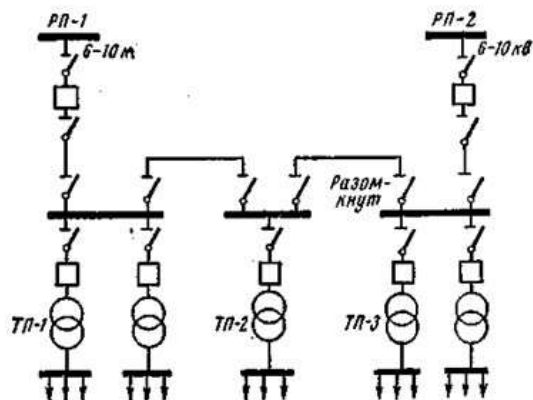
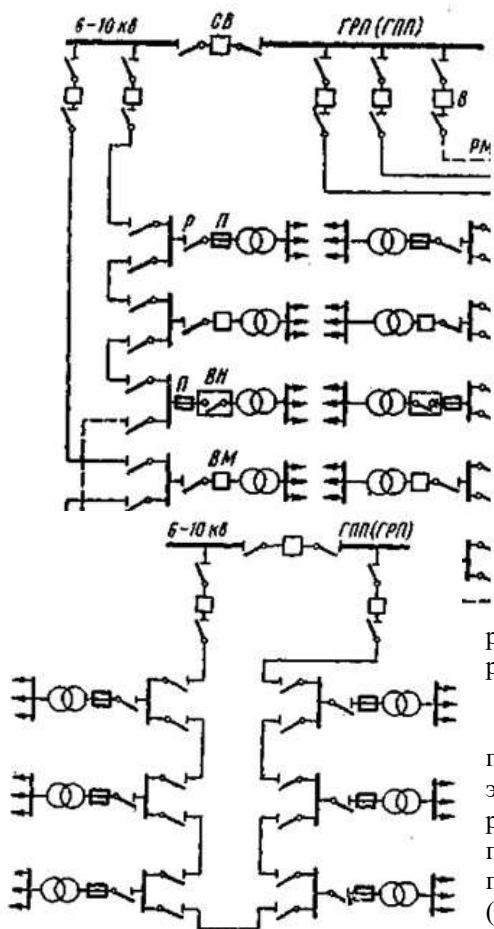


Рис. 7. Магистральная (разомкнутая) схема электроснабжения с двусторонним питанием

Данная схема также применяется для питания потребителей II и III категорий. Место размыкания может быть выбрано произвольно, но для получения минимальных потерь мощности желательно, чтобы разрыв был в точке токораздела.

При подключении к двум независимым питающим центрам должна быть обеспечена соответствующая блокировка от несинхронных включений (т.е. включение на параллельную работу, не предусмотренное нормальным режимом электросети).

Для промышленных потребителей I категории магистральные схемы обычно не применяются. Для этих потребителей наиболее надежным являются автоматизированные радиальные схемы питания.

Схемы городских электрических сетей напряжением 6-10 кВ

Схемы городских сетей высокого напряжения разнообразны и зависят от требований, предъявляемых к ним по степени надежности электроснабжения. Эти сети имеют определенную специфику по сравнению с промышленными сетями, поскольку потребители всех трех категорий могут встретиться в любом из микрорайонов городской застройки.

Как и в сетях для промышленных предприятий, в городских сетях 6-10кВ могут применяться рассмотренные радиальные и магистральные схемы. Приведем лишь некоторые дополнительные схемы, характерные для городских сетей.

В сетях больших городов применяется либо радиальная схема с параллельной работой нескольких линий на шины одной или нескольких подстанций, связанных между собой кабельными линиями, либо автоматическое включение резервного питания (АВР).

На рисунке 8 показана схема питания городского РП двумя параллельными линиями, оборудованными максимально направленной защитой. Установка простой максимальной защиты в данном случае недопустима, т.к. при коротком замыкании, например, в кабеле 1, произойдет отключение обоих выключателей В-1 и В-2, и РП останется без питания при установке максимальной направленной защиты отключается только В-1, а В-2 остается во включенном состоянии. Затем аварийный кабель К-1 отключается с некоторой выдержкой времени выключателем питающего центра и вся нагрузка РП переводится на кабель К-2. Из рассмотренной схемы следует, что в нормальном режиме каждый из кабелей должен быть загружен только на 65% от допустимой нагрузки с тем, чтобы в аварийном режиме его нагрузка составляла не более 130% в этом недостаток данной схемы.

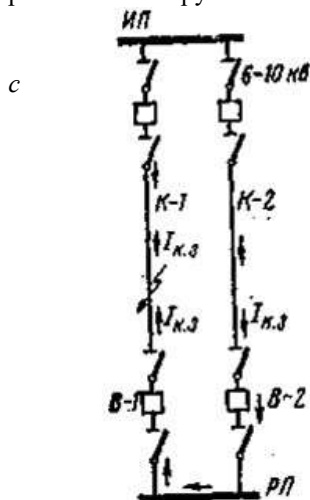


Рис. 8. Радиальная схема питания городского РП двумя параллельными линиями максимальной защитой

Другим вариантом является схема с тремя параллельно работающими кабелями.

На рисунке 9 показана такая схема, применяемая для питания двух РП. При повреждении в одном из кабелей он отключается с двух сторон выключателями, а питание потребителей и продолжается по двум оставшимся в работе линиям бесперебойно.

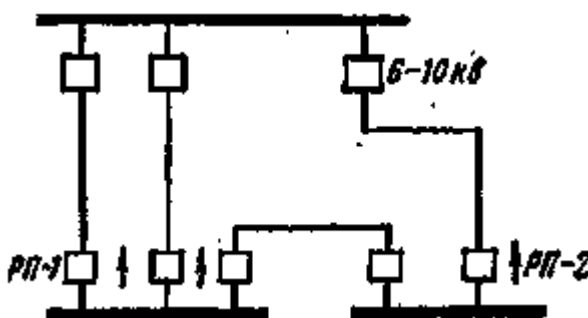


Рис. 9. Схема питательной сети с максимальной направленной защитой с тремя параллельными линиями

Приведенная схема имеет преимущество по сравнению со схемой рисунке 8, поскольку, не снижая надежности питания, она позволяет загружать кабели в нормальном режиме до 80%. При повреждении одного из кабелей каждый из оставшихся в работе будет загружен на 120%. Таким образом, использование проводникового материала повышается.

В радиальных схемах городских электрических сетей широко применяется АВР на секционном выключателе. Устройство для АВР может быть установлено не только на секционном выключателе, но и на одной из двух кабельных линий или на кабельной связи между двумя распределительными пунктами.

Схемы с АВР на высоком напряжении применяются в комбинации с максимальной направленной защитой. На рисунке 10 приведена такая схема.

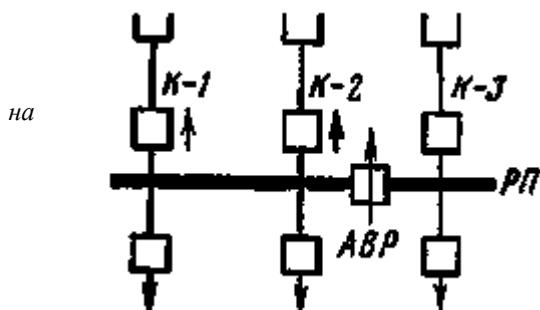


Рис. 10. Схема питания с тремя кабелями, два из которых оборудованы максимальной направленной защитой. АВР установлено на секционном выключателе

Кабели К-1 и К-2 оборудованы максимальной-направленной защитой и загружены в нормальном режиме на 65%. Секционный выключатель служит для АВР и включается при выходе из строя кабеля К<sub>3</sub>, загружаемого в нормальном режиме на 100%.

Таким образом, суммарная нагрузка всех трех кабелей в нормальном режиме составляет 230%. При выходе из строя кабелей К<sub>1</sub> или К<sub>2</sub> оставшийся в работе загружается до 130%, а при аварии с кабелем К<sub>3</sub> его нагрузка равномерно распределяется между кабелями К<sub>1</sub> и К<sub>2</sub>, которые при этом будут нести нагрузку по 115% от номинальной.

Схемы с АВР на высоком напряжении широко применяются для электроснабжения потребителей I и II категорий.

За последние годы получила распространение в крупных городах, особенно в Москве, так называемая двухлучевая схема с ЛВР на стороне низкого напряжения. Двухлучевая схема предусматривает питание каждой из подключаемых подстанций с двумя трансформаторами (мощностью до 630кВа), двумя кабельными линиями (лучами) от двух разных питающих подстанций или от разных секций шин питающего центра. Схема приведена на рисунке 11.

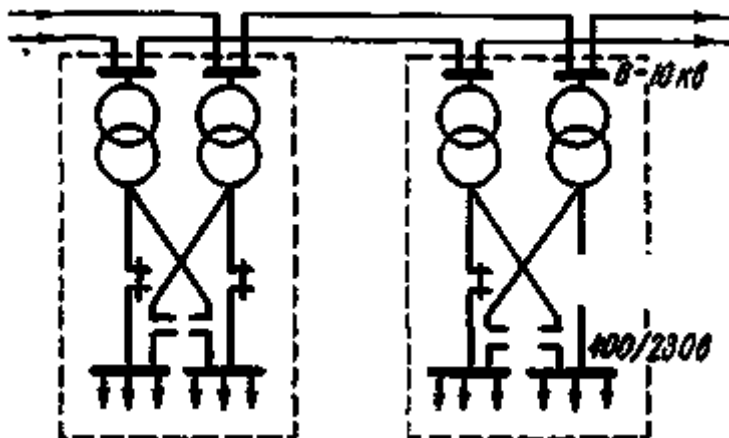


Рис. 11. Двухлучевая магистральная схема сети высокого напряжения с контакторной автоматикой (АВР) на стороне низкого напряжения

В цепи низшего напряжения каждого силового трансформатора устанавливаются контакторные станции (типа ПЭЛ) или автоматические выключатели (типа АВ).

При исчезновении напряжения на одном из трансформаторов контакторы переключают нагрузку на трансформатор и линию высокого напряжения, оставшиеся в работе.

Двухлучевая схема применяется для многоэтажной застройки и пригодна для питания потребителей любой категории.

Двухлучевая схема с АВР на стороне низшего напряжения имеет ряд преимуществ:

1. Переключение с одного луча на другой продолжается всего 0,2-0,3 сек, тогда, как АВР на высоком напряжении включается за 1-1,5 сек.
2. При АВР на низком напряжении резервируются не только линии высокого напряжения, но и силовые трансформаторы.
3. Снижаются затраты на сооружение трансформаторных пунктов, поскольку потребность в высоковольтном оборудовании сводится до минимума.
4. Схема самовосстанавливается при появлении напряжения на шинах высокого напряжения, тогда как восстановление схем АВР на высоком напряжении производится вручную дистанционно.

## Практическая работа 21

Расчет и выбор энергоэффективного оборудования (замена на энергосберегающие лампы, бытовые приборы и др.).

### Расчет и выбор энергоэффективного оборудования

<b>ВАРИАНТ 1 (обычная лампа)</b>	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	<b>ИТОГО</b>
цена электричества, руб/кВт*ч	2,11	2,53	3,04	3,65	4,38	5,25	6,30	7,56	9,07	
ежегодное удорожание цены электричества, %	20%									
цены лампы, руб/шт	12,00	12,96	14,00	15,12	16,33	17,63	19,04	20,57	22,21	
ежегодное удорожание цены лампы, %	8%									
мощность приобретаемой лампы, Вт	100									
ежегодное время работы лампы, часы	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	
срок службы лампы, лет	1									
количество ламп, приобретенных за время работы, шт.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
количество ежегодно утилизуемых ламп, шт.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
потребляемая энергия, кВт	0,100									
<b>затраты на использование лампы, руб.</b>	<b>223</b>	<b>266</b>	<b>318</b>	<b>380</b>	<b>454</b>	<b>543</b>	<b>649</b>	<b>777</b>	<b>929</b>	<b>4 538</b>

<b>затраты на использование лампы, руб.</b>	<b>223</b>	<b>266</b>	<b>318</b>	<b>380</b>	<b>454</b>	<b>543</b>	<b>649</b>	<b>777</b>	<b>929</b>	<b>4 538</b>
<b>ВАРИАНТ 2 (энергосберегающая лампа)</b>	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	<b>ИТОГО</b>
цена электричества, руб/кВт*ч	2,11	2,53	3,04	3,65	4,38	5,25	6,30	7,56	9,07	
ежегодное удорожание цены электричества, %	20%									
цены лампы, руб/шт	160,00	172,80	186,62	201,55	217,68	235,09	253,90	274,21	296,15	
ежегодное удорожание цены лампы, %	8%									
мощность приобретаемой лампы, Вт	22	<i>= эквивалент 100 Вт обычной лампы</i>								
ежегодное время работы лампы, часы	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	
срок службы лампы, лет	8									
количество ламп, приобретенных за время работы, шт.	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
количество ежегодно утилизуемых ламп, шт.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
потребляемая энергия, кВт	0,022									
<b>затраты на использование лампы, руб.</b>	<b>206</b>	<b>56</b>	<b>67</b>	<b>80</b>	<b>96</b>	<b>116</b>	<b>139</b>	<b>166</b>	<b>496</b>	<b>1 422</b>
<b>экономия, руб.</b>	<b>17</b>	<b>210</b>	<b>251</b>	<b>300</b>	<b>358</b>	<b>427</b>	<b>510</b>	<b>610</b>	<b>434</b>	<b>3 117</b>

## Практическая работа 22

Составление перечня индикаторов эффективности энергосберегающей деятельности в рамках полномочий.

### **Типовые мероприятия по энергосбережению**

Организационные мероприятия

Энергосбережение в системе электроснабжения

Оценка эффективности экономии энергоресурсов в результате внедрения мероприятий

Приборный учет потребления электрической энергии

Источники финансирования энергосбережения

Примеры внедрения энергосберегающих технологий



