

## 5. Контроль знаний.

### 5.1. Задание на контрольную работу

Вариант задается преподавателем по табл. 5.1-5.5.

**Задание 1.** Выбрать аппараты защиты и управления для двух групп асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором (АД). Схема электроснабжения задана на рис.5.1, исходные данные - в табл. 5.1.

*Для первой группы АД* выбрать низковольтное комплектное устройство (НКУ) на основе блоков серий Б5130. Выписать технические характеристики аппаратов блока. Изобразить все возможные принципиальные электрические схемы управления АД от командоаппарата с кнопками "Пуск" и "Стоп".

*Для второй группы АД* предусмотреть два варианта защиты от коротких замыканий: автоматическими выключателями и предохранителями. Выбрать тип и количество силовых распределительных пунктов с автоматическими выключателями и распределительных шкафов с предохранителями. Для управления АД и защиты их от перегрузки выбрать магнитные пускатели (контакторы и тепловые реле) со встроенными кнопками "Пуск" и "Стоп".

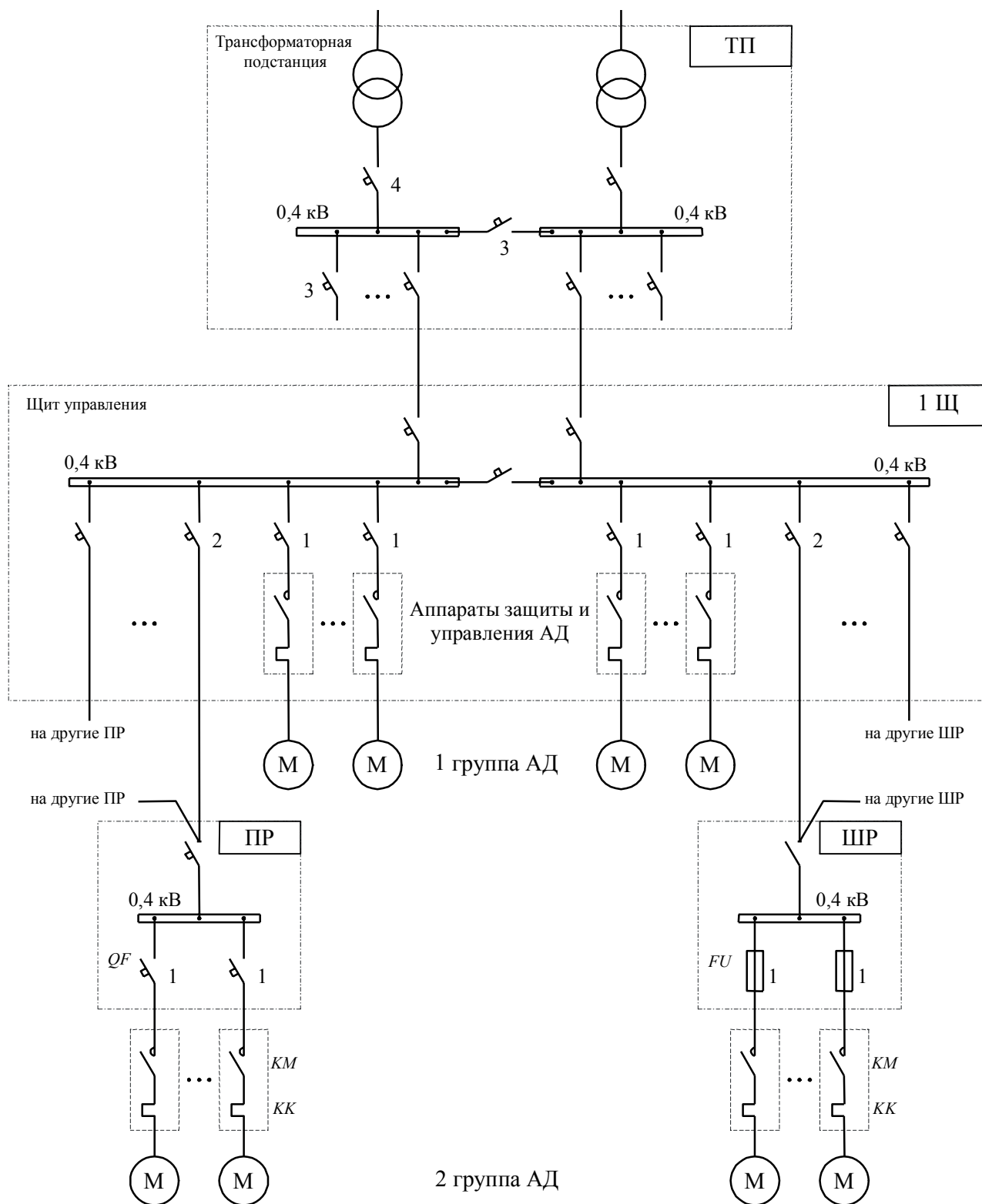
Нарисовать схему электроснабжения подобную рис. 5.1 с оборудованием, которое выбрано на основе исходных данных варианта задания. Записать технические характеристики оборудования в виде спецификации.

**Задание 2.** Изобразить в рукописном виде принципиальную схему управления АД, обеспечивающую ручной (от кнопок "Пуск" и "Стоп") и автоматический режим работы на основе принципиальной схемы цепи управления блока Б5134 с ключом управления. В автоматическом режиме управление АД (пуск и останов) осуществляется от контактов сторонних электрических аппаратов (концевые выключатели, датчики, реле управления и защиты и т.п.): *A, B, C, D, E, F, G*. Схема их соединения задается логическим уравнением по табл. 5.4. Составить таблицу истинности, дать словесное описание работы принципиальной схемы управления в режимах пуска и останова АД.

**Задание 3.** Выбрать аппараты защиты от ненормальных режимов работы для двух АД заданной мощности (см. табл. 5.1) и попарно согласовать зоны действия защит: автоматический выключатель и тепловое реле, предохранитель и тепловое реле. Время - токовые (защитные) характеристики аппаратов в количестве шести штук построить на одном бланке карты селективности.

**Задание 4.** Построить на бланке карты селективности время-токовые (защитные) характеристики для автоматического выключателя типа ВА с полупроводниковым максимальным расцепителем тока (МРТ): по минимально возможным уставкам тока и времени, по максимально возможным уставкам тока и времени и по заданным уставками тока и времени (см. табл. 5.1).

**Задание 5.** Ответить письменно на вопросы по перечню, приведенному в табл. 5.5.



**Рис. 5.1. Радиальная трехступенчатая схема электроснабжения:**

1, 2, 3, 4 – аппараты защиты электрической сети и электроприемников от аварийных режимов (перегрузки и коротких замыканий) (*QF* – автоматический выключатель, *FU* – предохранитель); ПР – пункт распределительный с автоматическими выключателями; ШР – шкаф распределительный с предохранителями; *KM*, *KK* – магнитный пускатель (*KM* – контактор, *KK* – воспринимающая часть электротеплового реле)

## Исходные данные для расчета

Наименование исходных данных	Значения исходных данных для номера, соответствующие первой цифре заданного варианта										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Вид помещения по ПУЭ для второй группы АД	1	2	3	1	2	4	1	2	3	4	
Наличие вводного выключателя на ПР	да	нет	да	нет	да	нет	да	нет	да	нет	
Синхронная частота вращения для АД, мин <sup>-1</sup>	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750	3000	1500	
$I_{НР} / I_{НВ}$	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
Наименование исходных данных	Значения исходных данных для номера, соответствующего второй цифре заданного варианта										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Количество и мощность АД	Согласно табл. 5.2, 5.3										
Режим работы АД	Д	ПКР1	ПКР2	Д	ПКР1	ПКР2	Д	ПКР1	ПКР2	Д	
$I_{СО} / I_{НР}$	2	3	5	7	2	3	5	7	2	3	
$t_6, c$	4	8	12	16	4	8	12	16	4	8	
$t_{СО}, t_{СЗ1}, c$	МГН. 0,04	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,3	
$I_{СЗ1} / I_{НР}$	0,4	0,6	0,8	1	0,4	0,6	0,8	1	0,4	0,6	
Мощность АД для задания З, кВт	а	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11	15	18,5
	б	15	18,5	22	30	37	45	55	75	90	110

## Примечание:

- 1) вид помещения по ПУЭ (Правила устройства электроустановок):  
1 - нормальное,  
2 - сырое,  
3 - пыльное,  
4 - влажное;
- 2) режим работы АД: Д - длительный, ПКР1 - повторно-кратковременный режим работы с частотой включений и отключений (ВО) до 60 в час, ПКР2 - повторно-кратковременный режим работы с частотой ВО более 60 включений в час.

Таблица 5.2

## Задание количества и мощности электродвигателей

Мощность АД, кВт	Количество АД по вариантам: N - для первой группы АД; N* - количество второй группы АД на каждой секции сборных шин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
0,09	1		2*			1	2*			
0,12		1		2*			1	2*		
0,18			1		2*			1	2*	
0,25	2*			1		2*			1	2*
0,37		2*			1		1*			1
0,55	2		2*			1		1*		
0,75		2		2*			1		1*	
1,1	3*		2		2*			1		1*
1,5		3*		2		2*			1	
2,2			3*		2		2*			3
3,0	3			3*		2		2*		
4,0		3			3*		2		2*	
5,5	1*		1			3*		2		2*
7,5	1	1*		2			3*		2	
11	2*	1	1*		3			3*		2
15	1	2*	1	1*		3			3*	
18,5	1*	1	2*	1	1*	1*	3			3*
22		1*	4	1*	2	1*	1*	3		
30			1*	4	2*	3	1*	2*	3	1*
37	2*			1*	2	2*	2	1*	2*	3
45	2	2*		1*	1*	2	1*	2	1*	2*
55		2					2		3	
75		1	2					2		1
90		1		2					1	
110			1		2			2		1
132	1					2			2	
160		1					2			2
200	2		1			1				
250				1						
315					1					

Таблица 5.3

## Некоторые технические данные электродвигателей серии 4А

Мощность, кВт	Ток статора, А, при синхронной частоте вращения, мин <sup>-1</sup>				Отношение начального пускового тока к номинальному току при синхронной частоте вращения, мин <sup>-1</sup>			
	3000	1500	1000	750	3000	1500	1000	750
0,09	0,32	0,42	-	-	4	2,5	-	-
0,12	0,32	0,44	-	-	4	3,5	-	-
0,18	0,54	0,66	0,78	-	4	3,5	3	-
0,25	0,74	0,85	1,04	1,05	4	4,0	3	3
0,37	0,93	1,2	1,26	1,4	4,5	4,0	4	3,5
0,55	1,33	1,7	1,74	2,0	4,5	4,5	4	3,5
0,75	1,7	2,17	2,24	2,7	5,5	4,5	4	3,5
1,1	2,5	2,76	3,05	3,5	5,5	5,0	4	3,5
1,5	3,3	3,57	4,1	4,7	6,5	5,0	4,5	4
2,2	4,7	5,02	5,65	6,18	6,5	6,0	5	5
3,0	6,1	6,7	7,4	7,8	6,5	6,0	6	5
4,0	7,8	8,6	9,13	10,3	7,5	6,0	6	5,5
5,5	10,5	11,5	12,2	13,6	7,5	7,0	6,5	5,5
7,5	14,9	15,1	16,5	17,7	7,5	7,5	6,5	6
11	21,2	22	22,6	25,6	7,5	7,5	6	6
15	28,5	29,3	30	32	7,0	7,0	6	6
18,5	34,5	35,7	36,6	37,8	7,0	7,0	5	5,5
22	41,6	41,3	41,3	45	7,5	6,5	6,5	5,5
30	56	56	56,0	62,4	7,5	6,5	6,5	6
37	70	68,8	69,4	75	7,5	7	6,5	6
45	83,8	82,6	84	89,6	7,5	7	6,5	6
55	100	100	103	108	7,5	7	6,5	5,5
75	140	136	139	146	7,5	7	5,5	5,5
90	165	162	165	173	7,5	7	5,5	6,5
110	206	201	199	211	7,0	5,5	6,5	6,5
132	247	240	239	253	7,0	5,5	6,5	6,5
160	294	285	291	306	6,5	6,0	6,5	6,5
200	365	351	362	-	7,0	6,0	6,5	-
250	459	438	-	-	7,0	7,0	-	-
315	565	549	-	-	7,0	7,0	-	-

Варианты логических уравнений

№ варианта	Логическое уравнение	№ варианта	Логическое уравнение
X1	$KC = (A + B + C + D) \cdot E + F \cdot G$	X6	$KC = (\overline{A \cdot B} + \overline{C} + \overline{D \cdot E}) \cdot F \cdot \overline{G}$
X2	$KC = (A + B \cdot C + D) \cdot \overline{E} + \overline{F} \cdot G$	X7	$KC = (\overline{A} + \overline{B \cdot C} + D \cdot \overline{E}) \cdot F + \overline{G}$
X3	$KC = (A + \overline{B \cdot C + D}) \cdot E + \overline{F \cdot G}$	X8	$KC = (A \cdot \overline{B} + C \cdot \overline{D} + E \cdot \overline{F}) \cdot G$
X4	$KC = (A + B \cdot C \cdot \overline{D}) \cdot E + \overline{F \cdot G}$	X9	$KC = ((\overline{A \cdot B + C}) \cdot D + E \cdot F) \cdot G$
X5	$KC = (A + \overline{B \cdot C \cdot D \cdot E}) \cdot \overline{F \cdot G}$	X0	$KC = (((\overline{A + B}) \cdot \overline{C} + D) \cdot E + F) \cdot G$

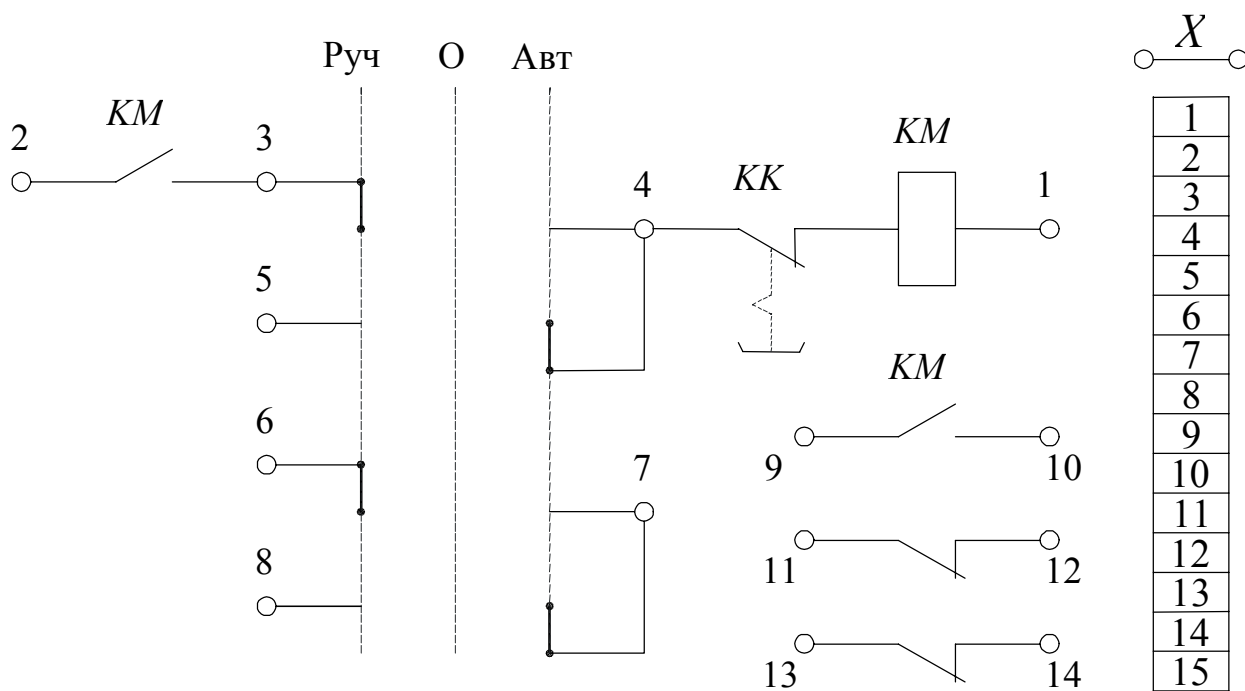
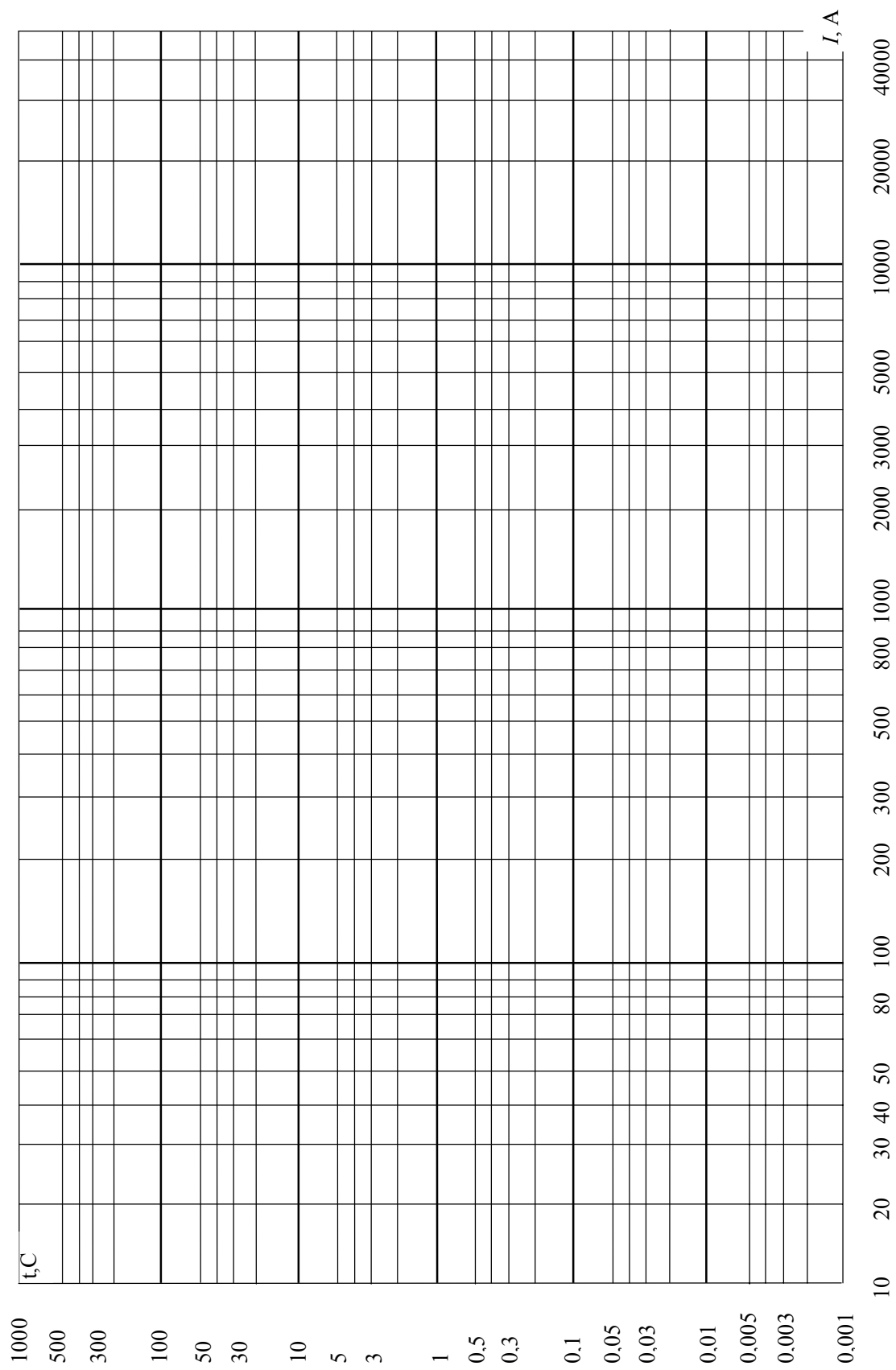


Рис. 5.2. Принципиальная схема цепи управления блока Б5134



**Рис. 5.3. Бланк для построения карты селективности**

**Перечень вопросов для задания 5**

Номер темы и раздел в рабочей учебной программе	Номера вопросов для первой цифры номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1	2	3	4	5	6	7	9	10	8	11
Тема 4, раздел 4.1.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	1, 2
Тема 4, раздел 4.2.	1	2	3	4	5	6	7	8	4	5
Тема 4, раздел 4.3.	6	7	11	12	13	14, 15	19, 20	21, 22	1, 2	3, 4
Тема 4, раздел 4.4.	12, 13	10, 11	3, 9	6, 7	1, 2	3, 4	3, 5	14	16	17
Тема 4, раздел 4.5.	5	4	6	1, 2	7	9	10	11	4	5
Номер темы и раздел в рабочей учебной программе	Номера вопросов для второй цифры номера варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 5, раздел 5.1	1	2, 3	4, 5	1	6, 7	8, 9	10	11	2, 3	4, 5
Тема 5, раздел 5.2.	1, 2	3	4	5, 6	7	8	9	10	1, 2	8
Тема 5, раздел 5.3.	3	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Тема 5, раздел 5.4.	1	2	3	6	7	9	10	12	13, 14	8
Тема 5, раздел 5.5.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**5.2. Методические указания к выполнению контрольной работы****Методические указания к выполнению п. 1 задания****Общие пояснения, запись исходных данных**

Имеется участок цеха промышленного предприятия, состоящий из двух помещений. В помещении 1 (с нормальной средой по ПУЭ) располагаются электродвигатели приводов 1 группы, участвующие в технологическом процессе, и за сетчатой перегородкой – комплектная трансформаторная подстанция (КТП) и щит (1Щ), где размещены блоки управления электродвигателями. Командоаппараты в виде кнопок управления и ключей управления располагаются на пульте управления или непосредственно около соответствующего технологического механизма.

В помещении 2 располагаются электродвигатели 2 группы (приводы насосов и вентиляторов), а также их аппараты защиты и управления. Аппараты защиты электрической сети (автоматические выключатели и предохранители) размещены в шкафах, аппараты управления и защиты электродвигателей – непосредственно около них на стойке или на стене. Для всех аппаратов следует предусмотреть соответствующие защитные оболочки.

Необходимо выписать данные из табл. 5.1 – 5.3 согласно заданному варианту и заполнить начальные столбцы в табл. 5.6 и табл. 5.7.



Таблица 5.6

**Технические данные выбранных аппаратов блоков Б5130 для АД группы 1**

Технические параметры АД		Кол	Индекс блока	Ток блока, А	Выключатель		Тип пускателя (контактора)	Тепловое реле, трансформатор тока	
Мощность, кВт	Ток, А $I_{нд}$				Тип	Ток расцепителя, А		Тип	Пределы регулирования тока, А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,1	2,76	2	2674Г УХЛ4Б	4	АЕ2026- 10НУЗ-Б	5	ПМЛ 1100 - О4Б	РТЛ 1007-О4	2,4 - 4,0
160	294	1	4574 УХЛ4Б	320	А3736 ФУЗ	320	КТ 6043С - УЗ	РТЛ 1010-О4, ТК20 400/5	304 -5- 400

*Примечание:* реле РТЛ поставляются и заказываются заводами отдельно от пускателя ПМЛ, реле РТТ входят в комплект поставки пускателей ПМА.

Таблица 5.7

**Выбор пусковых и защитных аппаратов для АД группы 2 (1часть табл. 5.7)**

Мощность, кВт	Кол	Ном. ток АД, А $I_{нд}$	Пускатель		Тепловое реле		
			Тип	Ном. ток, А	Тип	Ном. ток, А	Диапазон регулирования ном. тока, А
1	2	3	4	5	6	7	8
1,1	4	2,76	ПМЛ - 1220 - О4В	10	РТЛ-1007	25	2,4 ÷ 4.0
...	...	...	...	...	...	...	...
45	2	83,8	ПМА-5242- УХЛ4В	95	РТТ-32	100	85,0 ÷ 115

**Выбор защитных аппаратов для электрической сети (2часть табл. 5.7)**

Ном. ток АД, А $I_{нд}$	Пусковой ток, А $I_{п}$	Автоматический выключатель			Пусковой ток / 2,5, А	Предохранитель		
		Тип	Ном. ток, А	$I_{нр}, I_{со}^*, А$		Тип	Ном. ток, А	Номинальный ток плавкой вставки, А
3	9	10	11	12	13	14	15	16
2,76	13,8	АЕ2046Б	63	10, 120	5,52	НПН2	60	6
...	...	...	...	...	...	...	...	...
83,8	628,5	АЕ2066Б	160	100, 1200	251,4	ПН2	250	250

\* - Номинальный ток теплового расцепителя, ток срабатывания электромагнитного расцепителя

**Выбор блоков управления для первой группы электродвигателей**

На основе технических данных (табл. П 1.1) выбирается типовой индекс блока управления по току таким образом, чтобы величина номинального тока двигателя ( $I_{нд}$ ) была близка к номинальному току блока ( $I_{НБ\text{блока}}$ ), но не превосходила его.

*Пример.* Задано два нереверсивных АД мощностью 1,1 кВт с синхронной частотой вращения  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ , которые работают в повторно-кратковременном режиме с частотой включения более 60 в час, категория по степени бесперебойности электроснабжения – 2.

### **Этапы работы при выборе аппаратов для первой группы АД**

1. Номинальный ток двигателя мощностью 1,1 кВт при частоте вращения  $1500 \text{ мин}^{-1}$  составляет 2,76 А (табл. 5.3)

2. По табл. П 1.1 для тока 2,76А подходит блок с типовым индексом по току 2674 ( $I_{\text{Нблока}} = 4\text{А}$ ) с пределами регулирования тока несрабатывания теплового реле 2,4 – 4,0А. Номинальный ток теплового расцепителя автоматического выключателя 5А также больше чем номинальный ток двигателя.

3. Так как управление АД осуществляется от кнопочного поста, то достаточно двухконтактной приставки ПКЛ к пускателю – выбирается индекс Г (см. П 1.1)

4. Климатическое исполнение выбираем УХЛ – для умеренного климата, категорию размещения 4 – для отапливаемых помещений.

5. Для блока с индексом 2674 соответствует магнитный пускатель ПМЛ 1100 с номинальным током 10 А (см. П 4). Номинальный ток двигателя 2,76 А составляет 27,6 % от номинального тока пускателя, что менее 60 % допускаемого по условиям износостойкости контактов (см. П 1.1), поэтому выбираем исполнение Б.

6. Формируем полное обозначение блока управления – Б 5130-2674ГУХЛ4Б (см. П 1.1).

7. Индекс блока и технические характеристики аппаратов, записываем в табл. 5.6.

8. На основе рис. П 1.2 составляются схемы управления АД для соответствующих блоков. Во всех случаях принять управление от кнопочного поста с кнопками "ПУСК", "СТОП", расположенного непосредственно около двигателя. Изображается силовая цепь питания АД и схема его управления в зависимости от схемы блока. Например, блок с индексом 2674 имеет схему, изображенную на рис П 1.2, а, где защита силовой цепи и цепи управления осуществляется одним автоматическим выключателем. Блоки с индексом 30ХХ и более имеют в цепи управления отдельный аппарат защиты в виде предохранителя, а в блоках с индексом 42ХХ и более тепловые реле включены во вторичные цепи трансформаторов тока.

Следует изобразить все три схемы. Применять условные графические обозначения (УГО) и буквенно-цифровые обозначения (БЦО) аппаратов и элементов электрической цепи, предусмотренные действующими стандартами. В качестве примера для изображения силовой цепи можно использовать рис. 5.4. Обязательно предусмотреть электрическое соединение металлического корпуса электродвигателя с нулевым проводником (зануление).

### **Выбор аппаратов для второй группы электродвигателей**

Выбор аппаратов производится на основе технических характеристик, приведенных в прил. П 2–П 10 и условий (5.1), (5.2) последовательно для каждого из двух вариантов схемы электроснабжения АД (с автоматическими выключателями и предохранителями). Следует обосновать выбранные типы аппаратов, типовые индексы и количество силовых распределительных пунктов ПР (ШР). При выборе считать, что аппаратура заказывается для поставок в зоны с умеренным климатом.

Магнитные пускатели  $KM$  выбираются в соответствующих защитных оболочках со встроенными кнопками управления таким образом, чтобы номинальный ток двигателя ( $I_{нд}$ ) не превосходил номинального тока пускателя.

Электротепловые реле  $KK$  выбираются в соответствии с выбранными магнитными пускателями таким образом, чтобы номинальный ток двигателя ( $I_{нд}$ ) находился в пределах регулирования тока несрабатывания теплового реле ( $I_{нтр}$ ). Для АД мощностью более 20 кВт выбрать пускатели серии ПМА.

Итоговые результаты выбора следует записать в первую часть табл. 5.7.

Автоматические выключатели (АВ) выбираются из числа тех, которыми комплектуются распределительные пункты таким образом, чтобы номинальный ток двигателя ( $I_{нд}$ ) не превосходил номинального тока расцепителя АВ ( $I_{нр}$ ):

$$I_{нр} \geq I_{нд} . \quad (5.1)$$

Также проверяется, чтобы при пуске не происходило срабатывания электромагнитного расцепителя АВ ( $I_{со}$ ) по условию:

$$K_n \cdot I_{п} < I_{со} , \quad (5.2)$$

где  $K_n$  – коэффициент надёжности,  $K_n = 1,8 \div 2$ , таким образом учитывается неточность в определении пускового тока электродвигателя;

$I_{п}$  – пусковой ток электродвигателя, А.

Предохранители  $FU$  выбираются из числа тех, которыми комплектуются распределительные шкафы таким образом, чтобы номинальный ток двигателя ( $I_{нд}$ ) не превосходил номинального тока предохранителя, а при пуске АД не происходило "старения" плавкой вставки. Поэтому ток плавкой вставки выбирается из условия:

$$I_{в} \geq \frac{I_{п}}{2,5} , \quad (5.3)$$

где  $I_{в}$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя, А;

$I_{п}$  – пусковой ток электродвигателя, А.

Итоговые результаты выбора следует записать во вторую часть табл. 5.7.

*Пример.* Задан нереверсивный АД мощностью 5,5 кВт с синхронной частотой вращения  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ .

### **Этапы работы при выборе аппаратов для второй группы АД**

1. Номинальный ток двигателя мощностью 5,5 кВт при частоте вращения 1500 мин<sup>-1</sup> составляет 10,5 А, пусковой ток составляет 10,5х7=73,5А (табл. 5.3).

2. Формирование типового индекса магнитного пускателя производим по П 4 и П 5. Выбираем магнитный пускатель типа ПМЛ второй величины (первый индекс-2) на номинальный ток 25А, нереверсивный с тепловым реле (второй индекс-2), с защитной оболочкой IP54 (подходит для всех видов помещений) с кнопками и сигнальной лампой (третий индекс-3), с числом контактов вспомогательной цепи в количестве одного (четвертый индекс-0), не сейсмостойкого исполнения (пятый индекс отсутствует), общеклиматического исполнения—О и категории размещения-4 для работы в закрытых помещениях с отоплением (шестой индекс-04), исполнение по износостойкости контактов принимаем для длительного режима работы с числом срабатывания менее 120 циклов включения-отключения в сутки (седьмой индекс-В). Формируем итоговый типовой индекс магнитного пускателя – ПМЛ-223004В.

3. Формирование типового индекса теплового реле производим по П 2 и П 3. Выбираем тепловое реле серии РТЛ (втычные контакты этого реле приспособлены для клемм контактора ПМЛ) с номинальным током на 25А (первый индекс-1). Исполнение по номинальному току теплового элемента реле (ток несрабатывания) выбираем по табл. П 2.1 таким образом, чтобы номинальный ток двигателя находился в пределах диапазона регулирования номинального тока несрабатывания теплового реле: для  $I_{нд}=10,5А$  подходит диапазон 9,5-14А (второй индекс-016). Климатическое исполнение—О и категория размещения-4 (третий индекс-04). Формируем итоговый типовой индекс теплового реле – РТЛ-101604.

4. Выбор автоматического выключателя производим по П 9 и П 6. Так как шкафы серии ПР11 комплектуются линейными выключателями АЕ 2046Б и АЕ2066, то для  $I_{нд}=10,5А$  подходит выключатель АЕ 2046Б с номинальным током 63А и номинальным током максимального расцепителя  $I_{нр}=12,5А$ , ток электромагнитного расцепителя равен (12-14)  $I_{нр}$  - минимальное значение составляет  $I_{со} = 12 \times 12,5А = 150А$ . Проверяем, чтобы при пуске не происходило срабатывания электромагнитного расцепителя АВ ( $I_{со}$ ) по условию (5.2):  $2 \times 73,5А = 147А < I_{со} = 150А$ . Условие выполняется, в противном случае выбирается АВ с увеличением номинальным тока максимального расцепителя на одну ступень (например, 16А).

Формируем итоговый типовой индекс АВ – АЕ 2046Б, 12,5А.

5. Выбор предохранителя производим по П 10. Так как шкафы серии ШР-11 комплектуются предохранителями серии НПН2 и ПН2, то ориентируемся только на эти типы. Выбираем ток плавкой вставки по условию (5.3):  $73,5А / 2,5 = 29,4А$  - выбираем  $I_{в} = 30А$ . Плавкая вставка с номинальным током 30А может быть в составе двух типов НПН2 - 60 и ПН2-100. Окончательный выбор типа сделаем, когда будем формировать количество шкафов с определенным количеством трехфазных групп на отходящие линии к

АД (например, для шкафа типа ШР11-73505 существует 8 групп предохранителей с номинальным током по 100А, поэтому выберем предохранитель типа ПН2-100,30).

6. Технические характеристики аппаратов записываем в табл. 5.7.

### ***Составление схемы электроснабжения***

Так как в итоге необходимо скомплектовать определенное количество силовых распределительных пунктов, то при выборе аппаратов, необходимо ориентироваться на автоматические выключатели и предохранители, которыми комплектуются эти пункты (шкафы) (см. Приложения П 9, П 10). Возможно выбрать шкафы других типов с приложением информации о них. Количество силовых пунктов зависит от количества АД. Количество АД заданное вариантом следует распределить по указанным шкафам (пунктам) в зависимости от выбранной комплектации шкафов (пунктов). Допускается иметь резерв автоматических выключателей (предохранителей) в пределах каждого распределительного пункта (шкафа) не более трех.

Все выбранные распределительные пункты и шкафы следует показать на принципиальной схеме электроснабжения.

Распределительные пункты (шкафы), соединяются «шлейфом» (цепочкой, но не более трех) от вводного аппарата с большим номинальным током к вводному аппарату с меньшим номинальным током или (при отсутствии вводного автоматического выключателя) подключаются с шин 1Ш.

В учебных целях следует изобразить АД запитанные от первой секции подстанции (щита управления 1Ш) с использованием распределительных пунктов с автоматическими выключателями, а от второй секции - с использованием распределительных шкафов с предохранителями. Применять УГО и БЦО аппаратов и элементов электрической цепи предусмотренными действующими стандартами, допускается контакторы и тепловые реле магнитных пускателей изображать одним условным символом в виде квадрата 10 x 10 мм.

### ***Составление спецификации на выбранное оборудование***

Спецификация составляется на основе схемы электроснабжения с указанием всего выбранного оборудования, которое подлежит заказу (включая резервное).

Для первой группы АД это блоки управления с указанием полного индекса блока. Для второй группы АД это силовые пункты ПР и ШР, магнитные пускатели и тепловые реле, если они не входят в состав магнитного пускателя. В спецификации указывается полный индекс аппаратов.

Пример (фрагмент) спецификации приведен в табл.5.8

### Спецификация на выбранное оборудование

Поз.	Обознач.	Наименование	Тип	Колич.	Примечание
Оборудование для первой группы АД					
1	1 Щ 1	Блоки управления	Б5130-2674ГУХЛ4Б	2	$I_H = 2,5 \text{ А}$
2	1 Щ 2		Б5130-4574УХЛ4Б	1	$I_H = 320 \text{ А}$
Оборудование для второй группы АД					
3	ПР	Пункт распределительный	ПР11-3048-54УЗ	2	$I_H = 100 \text{ А}$
4	ШР	Шкаф распределительный	ШР11-73701-IP54У2	3	5 x 60 А
5	КМ1	Пускатель	ПМЛ-2220-04В	8	$I_H = 25 \text{ А}$
6	КМ12	Пускатель	ПМА-5240-УХЛ4В	2	$I_H = 100 \text{ А}$
7	КК1*	Тепловое реле	РТЛ-1022-04	3	$I_H = 25 \text{ А}$
8	КК6*	Тепловое реле	РТТ-32-УХЛ4	4	$I_H = 160 \text{ А}$

\* - Тепловые реле вносятся в спецификацию только в случае, если они заказываются отдельно от магнитных пускателей.

### Методические указания к выполнению п. 2 задания

#### Общие сведения

При составлении, анализе, упрощении логических уравнений используют аппарат математической логики (булевой алгебры– выражение, производное от фамилии английского математика Джордж Буль (Boole), 1815-64г.). Логические переменные  $X$ , входящие в логические уравнения, могут принимать только два значения: 0 и 1.

Основными элементарными операциями булевой алгебры являются:

- дизъюнкция (функция "ИЛИ") - логическое сложение

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + \dots = \sum X_i ,$$

- конъюнкция (функция "И") -логическое умножение

$$Y = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot \dots = \prod X_i ,$$

- инверсия (функция "НЕ") - логическое отрицание

$$Y = \overline{X} ,$$

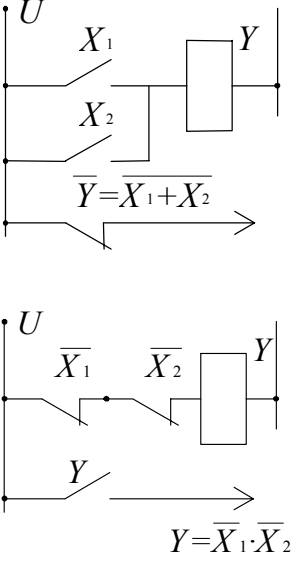
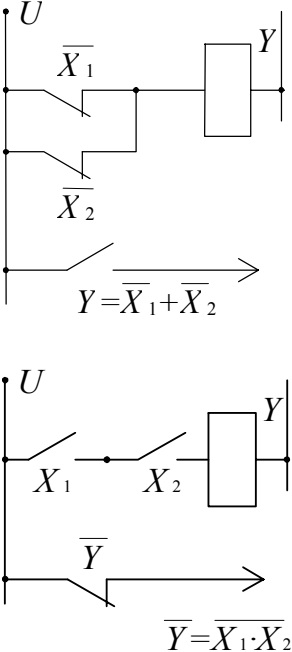
где  $X_i$  - входные переменные;  $Y$  - выходная переменная или функция.

В контактном исполнении переменной  $X$  соответствует нормально разомкнутый контакт, а переменной  $\bar{x}$  -нормально замкнутый контакт.

При составлении электрических схем по логическим уравнениям используют законы и тождества алгебры логики. В табл. 5.9 приведены контактные аналоги тождеств и законов алгебры логики.

Логические уравнения и их контактные аналоги

Математическая запись	Контактный аналог	Примечание
1. Тожества		
1. $X.1 + \overline{X.2} = 1$		$X.1, X.2$ – контакты одного реле
2. $X + 1 = 1$		• — — — — — перемычка
3. $X.1 + X.2 = X$		$X.1, X.2$ – контакты одного реле
4. $X.1 \cdot \overline{X.2} = 0$		$X.1, X.2$ – контакты одного реле
5. $X \cdot 0 = 0$		→ • — — — — — разрыв
6. $X \cdot 1 = X$		• — — — — — перемычка
7. $\overline{\overline{X}} = X$		

Математическая запись	Контактный аналог	Примечание
2. Законы		
1. $\overline{\sum_i X_i} = \prod_i \overline{X_i}$ $\overline{X_1 + X_2} = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}$		«ИЛИ-НЕ» = «НЕ-И»  $X_1, X_2, \dots, X_i$ - контакты разных реле
2. $\sum_i \overline{X_i} = \overline{\prod_i X_i}$ $\overline{X_1} + \overline{X_2} = \overline{X_1 \cdot X_2}$		«НЕ-ИЛИ» = «И-НЕ»  $X_1, X_2, \dots, X_i$ - контакты разных реле

Тождества в табл. 5.9 очевидны, а законы доказываются подстановкой. Так, если в выражении  $\overline{X_1 + X_2} = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}$  положить  $X_1 = 1, X_2 = 0$ , то получим для правой и левой частей:

$$Y = \overline{X_1 + X_2} = \overline{1 + 0} = \overline{1} = 0,$$

$$Y = \overline{X_1} \cdot \overline{X_2} = \overline{1} \cdot \overline{0} = 0 \cdot 1 = 0.$$

Аналогично можно убедиться, что контактные аналоги  $\overline{X_1 + X_2}$  и  $\overline{X_1} \cdot \overline{X_2}$  выполняют одинаковую функцию.



В контактных аналогах значение функции  $Y = 1$  (или  $Y = 0$ ) соответствует замыканию (размыканию) контакта реле  $Y$ , а не его срабатыванию (при срабатывании реле  $Y$  контакты его могут, как размыкаться, так и замыкаться, т.е. возникает неопределенность).

### ***Составление электрических схем по логическим уравнениям***

Логическое уравнение полностью задает вид электрической схемы, т.е. последовательность соединения контактов и количество реле. Однако может существовать несколько различных схем, реализующих данное уравнение. Поэтому перед составлением схемы рекомендуется по возможности упростить уравнения, используя для этого законы алгебры логики.

Составленную схему следует непосредственно включить в цепь питания пускателя блока Б5134.

В любом случае схема должна быть построена таким образом, чтобы ключ управления в левом положении обеспечивал ручной режим управления, в правом – автоматический. Необходимо предусмотреть в схеме лампы сигнализации режимов работы АД.

Контакты на схеме изображаются для случая обесточенного состояния всей схемы.

### ***Составление таблицы истинности***

Таблица истинности - это матрица, в которой столбцы соответствуют состоянию контактов схемы (1 - контакты замкнуты, 0 - разомкнуты), а строки частной реализации схемы (исходное состояние, пуск, останов). Допускается в соответствующей графе таблицы указывать знак \*, если состояние контакта не влияет на состояние схемы.

### ***Словесное описание работы схемы***

Необходимо дать подробное описание последовательности замыкания (размыкания) контактов, которая приводит к включению (отключению) электродвигателя.

Пример: Задано логическое уравнение:

$$KC = (\overline{\overline{A + B}}) \cdot (\overline{\overline{C + D}}) \cdot \overline{E} \cdot \overline{F} \cdot \overline{G}.$$

Используя законы алгебры логики, можно исходное уравнение упростить:

$$\overline{\overline{A + B}} = \overline{\overline{A} \cdot \overline{B}} = A \cdot B;$$

$$\overline{\overline{C + D}} = \overline{\overline{C} \cdot \overline{D}} = C \cdot D;$$

$$\overline{A \cdot B \cdot C \cdot D} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D};$$

$$KC = (\overline{A} + \overline{B} + \overline{C} + \overline{D}) \cdot \overline{E} \cdot \overline{F} \cdot \overline{G}$$

Полная принципиальная схема управления АД приведена на рис. 5.4.

### ***Описание работы схемы в ручном режиме***

Ключ управления  $SAC$  переводится в положение - "Руч.". Пуск и останов двигателя осуществляется кнопками  $SBI$  и  $SB2$ . При нажатии на кнопку  $SB2$  получает питание катушка пускателя  $KM$  и под действием электромагнитной силы якорь притягивается к сердечнику. При этом механически связанные с

якорем подвижные контакты *КМ* замыкаются с неподвижными контактами. В силовой цепи замыкаются главные контакты и напряжение сети поступает на зажимы электродвигателя, ротор которого под действием электромагнитного поля начинает вращаться. В цепи управления замыкаются вспомогательные контакты пускателя *КМ* и электрически закорачивают (блокируют) кнопку *SB2*, которую можно отпустить, т.к. питание катушки *КМ* будет осуществляться через них.

Останов электродвигателя осуществляется либо нажатием кнопки *SBI*, либо при размыкании контактов теплового реле *КК*, либо при размыкании цепи ключа управления *SAC* (перевод в положении "0"). При этом катушка пускателя *КМ* "теряет питание", якорь под действием отключающих и контактных пружин "отпадает от сердечника", разрываются главные контакты в силовой цепи, двигатель останавливается под действием тормозного момента нагрузки. В цепи управления размыкаются вспомогательные контакты пускателя *КМ*, кнопка *SB2* разблокируется и запуск электродвигателя возможен только при повторном нажатии кнопки *SB2* (исключается самозапуск двигателя при исчезновении напряжения в сети).

#### **Описание работы схемы в автоматическом режиме**

Ключ управления *SAC* переводится в положение - "Авт.". Пуск и останов двигателя осуществляется контактами реле управления *КС*, включенными в цепь катушки пускателя *КМ*. Катушка реле *КС* получает питание также только в положении ключа управления *SAC* "Авт." в зависимости от состояния контактов *A, B, C, D, E, F, G*.

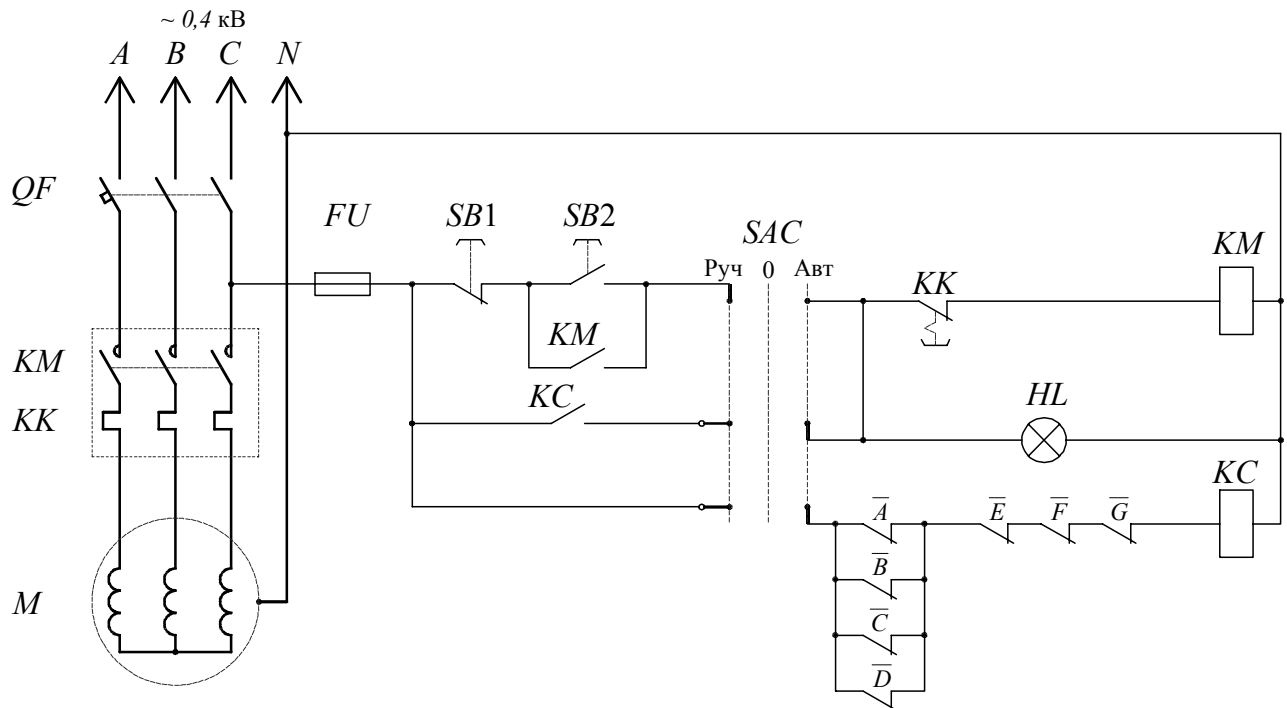
Пуск двигателя может быть осуществлен при включенном реле *КС*, когда его контакты замкнуты. Это возможно только при замкнутых контактах *E, F, G* и любого из *A – D* (или всех одновременно). Во всех других вариантах контакты *КС* разомкнуты (реле отключено).

Таблица 5.10

**Таблица истинности для схемы, изображенной на рис. 5.4 (фрагмент)**

№	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>КС</i>	Примечание
1	1	*	*	*	1	1	1	1	Пуск
2	*	*	*	*	0	*	*	0	Останов
3	0	0	0	0	*	*	*	0	Останов

Останов двигателя произойдет либо при размыкании любого из контактов *E, F, G* или всех *A, B, C, D* одновременно, при этом состояние контактов *E, F, G* безразлично, либо при размыкании цепи ключа управления *SAC* (перевод в положении "0").



**Рис. 5.4.** Принципиальная схема подключения электродвигателя к силовой цепи и схема его управления и защиты

### Методические указания к выполнению п. 3 задания

Выбрать аппараты защиты для АД заданной мощности аналогично как для второй группы АД п.1 задания. Время-токовые (защитные) характеристики аппаратов защиты следует изучить по приложениям П 2, П 3, П 6, П 7, П 9. Построить их на специальном бланке, который получил название «Карта селективности» (см. рис. 5.3). Ось абсцисс в паспортных защитных характеристиках градуированы в кратностях к номинальному току расцепителя ( $K = I / I_{НР}$ ) - для АВ, к номинальному току плавкой вставки ( $K = I / I_B$ ) - для предохранителя, к номинальному току нагревательного элемента ( $K = I / I_{НТР}$ ) - для электротеплового реле. Чтобы перенести эти характеристики на карту селективности, следует переградуировать ось абсцисс из относительных единиц в именованные единицы электрического тока (Амперы) по формулам:

$$I = K \cdot I_{НР}, \quad I = K \cdot I_B, \quad I = K \cdot I_{НТР} \quad (5.4)$$

Характеристики подписать по образцу: Тип АВ; величина номинального тока расцепителя; Тип теплового реле, диапазон регулирования номинального тока реле; Тип предохранителя, номинальный ток плавкой вставки.

Пунктирной линией восстановить перпендикуляры: а) из значения номинального тока АД ( $I_{нД}$ ) до верхней границы карты, б) из значения пускового тока АД ( $I_{пД}$ ) до пунктирной горизонтали идущей от оси ординат из значения  $1с$ , в) из значения номинального тока теплового расцепителя автоматического выключателя ( $I_{НР}$ ) до верхней границы карты, г) из значения тока уставки срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя ( $I_{СО}$ ) до вертикали срабатывания расцепителя, д) из значения тока плавкой

вставки предохранителя ( $I_B$ ), до верхней границы карты. Обозначения указанных токов подписать на оси абсцисс под пунктирными линиями, численные значения – разместить на свободном поле карты в порядке возрастания величин ( $I_{нд}$ ,  $I_{нр}$ ,  $I_B$ ,  $I_{п}$ ,  $I_{со}$ ).

Для оценки селективности действия защит необходимо восстановить два перпендикуляра от оси тока: один в зоне действия теплового расцепителя АВ, другой – в зоне действия электромагнитного расцепителя. Далее необходимо проверить, чтобы в зоне защиты от перегрузки АД раньше срабатывало тепловое реле и посредством контактора отключало АД от сети. При коротких замыканиях в сети отключение должны производить только АВ или предохранитель.

#### **Методические указания к выполнению п. 4 задания**

Для всех вариантов задается выключатель серии ВА 55-41 на номинальный ток ( $I_{нв}$ ) 1000 А. Необходимо построить возможную область расположения защитных (время-токовых) характеристик на бланке карты селективности (см. рис. 5.3) на основе двух граничных защитных характеристик выключателя. Нижняя граница области защитных характеристик строится путем построения конкретной защитной характеристики выключателя путем задания минимальных величин уставок тока и времени, а верхняя граница – путем задания их максимальных величин.

За основу построения берется номинальный ток выключателя ( $I_{нв}$ ), который одновременно является и базовым током полупроводникового расцепителя. Характеристика строится на основе паспортной защитной характеристики (см. рис. 5.5) по шести опорным точкам.

*Первая точка* – пересечение вертикали, соответствующей току срабатывания выключателя в зоне перегрузки ( $I_{сп}$ ) и горизонтали, соответствующей времени срабатывания при данном токе (согласно защитной характеристике - 100 ÷ 400с, в зависимости от выбранной уставки времени срабатывания защиты при шестикратном токе перегрузки):

$$I_{сп} = 1,25 \cdot I_{нр} = 1,25 \cdot K_{нр} \cdot I_{нв}, A,$$

где  $I_{нр}$  - номинальный ток максимального расцепителя тока (МРТ), А;

$K_{нр}$  - заданное калиброванное значение кратности номинального тока расцепителя (0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1). Для левой граничной характеристики берется  $K_{нр}=0,4$ ; для правой граничной характеристики -  $K_{нр}=1,1$ .

*Вторая точка* - пересечение вертикали, соответствующей шестикратному току уставки ( $I_6$ ) и горизонтали, соответствующей заданному калиброванному значению времени срабатывания при данном токе ( $t_6 = 4; 8; 12; 16$  с):

$$I_6 = 6 \cdot I_{нр} = 6 \cdot K_{нр} \cdot I_{нв}, A.$$

Для левой граничной характеристики следует использовать:  $t_6 = 4$  с,  $I_6=6 \cdot 0,4 \cdot I_{нв}$ , для правой граничной характеристики -  $t_6 = 16$  с,  $I_6=6 \cdot 1,1 \cdot I_{нв}$ .

*Третья точка* - пересечение вертикали, соответствующей току срабатывания защиты в зоне отсечки и прямой, соединяющей первую и вторую точку. Если  $I_{CO} < I_6$ , то третья точка оказывается между точками 1 и 2:

$$I_{CO} = I_{HP} \cdot K_{CO} = K_{HP} \cdot K_{CO} \cdot I_{HB}, A,$$

где  $K_{CO}$  - заданное калиброванное значение кратности тока срабатывания защиты в зоне отсечки (2; 3; 5; 7; 10). Для левой граничной характеристики берется  $I_{CO}=2 \cdot 0,4 \cdot I_{HB}$ , для правой граничной характеристики -  $I_{CO}=7 \cdot 1,1 \cdot I_{HB}$ .

*Четвертая точка* - пересечение вертикали, соответствующей  $I_{CO}$  и горизонтали, соответствующей заданному калиброванному значению времени срабатывания защиты в зоне отсечки ( $t_{CO} = \text{мгн.}; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4$ ). Для левой граничной характеристики берется  $t_{CO} = \text{мгн.}$  (0,02-0,04 с), для правой граничной характеристики -  $t_{CO} = 0,4$  с (для ВА55-41).

*Пятая точка* - пересечение горизонтали, соответствующей  $t_{CO}$  и вертикали, соответствующей току срабатывания третьей ступени защиты  $I_{C.MГH}$  (мгновенного срабатывания).  $I_{C.MГH} = 20 \pm 2,0 \text{ кА}$  для всех характеристик ВА 55.

*Шестая точка* - пересечение вертикали, соответствующей току мгновенного срабатывания  $I_{C.MГH}$  и горизонтали, соответствующей собственному времени отключения выключателя. Для ВА 55-41 - 0,02 с.

*Седьмая точка.* Выключатели могут комплектоваться защитой от однофазных токов К.З. (МРТ1), срабатывающей при токе однофазного К.З.  $I_{C31}$  не менее  $0,4 I_{HP}$  и не более  $1,0 I_{HP}$ , с установленной выдержкой как и в точке 4. Характеристика защиты от однофазных К.З. является ограниченно зависимой от тока и строится согласно паспортной характеристике, приведенной на рис. П 8.2.

Построенная характеристика подписывается следующим образом:

$$\text{ВАХХ} - \text{ХХ}, \frac{I_{HB}}{I_{HP}} \frac{I_{СП}, I_6 / t_6}{I_{C31}, I_{CO} / t_{CO}}.$$

Следует подписать три характеристики: две граничных и характеристику с заданными по варианту уставками тока и времени.

*Пример 1.* Построить защитную характеристику выключателя ВА 55-41, заданы следующие уставки тока и времени:  $I_{HB} = 1000 \text{ А}$ ,  $I_{C.MГH} = 20 \text{ кА}$ ,

$$\frac{I_{HP}}{I_{HB}} = 1, \quad \frac{I_{СП}}{I_{HP}} = 1,25, \quad t_6 = 8 \text{ с}, \quad \frac{I_{CO}}{I_{HP}} = 3, \quad t_{CO} = 0,2 \text{ с}, \quad \frac{I_{C31}}{I_{HP}} = 0,6, \quad t_{C31} = 0,1 \text{ с}.$$

**Порядок построения:**

1. Подготовим координатные оси.
2. Выполним предварительный расчет.
  - а) номинальный ток расцепителя:  $I_{HP} = K_{HP} \cdot I_{HB} = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ А}$ ,
  - б) ток срабатывания при перегрузке:  $I_{СП} = 1,25 \cdot 1000 = 1250 \text{ А}$ ,
  - в) ток срабатывания отсечки:  $I_{CO} = 3 \cdot 1000 = 3000 \text{ А}$ ,
  - г) шестикратный ток:  $I_6 = 6 \cdot 1000 = 6000 \text{ А}$ ,
  - д) ток срабатывания защиты при однофазном КЗ:  $I_{C31} = 0,6 \cdot 1000 = 600 \text{ А}$ .

Таблица для выполнения построения

Ток, А		Время, с		Точки
Обозначение	Значение	Обозначение	Значение	
$I_{СП}$	1250	$t_{СП}$	200	1
$I_6$	6000	$t_6$	8	2
$I_{СО}$	3000	$t_{СО}$	0,2	3, 4, 5
$I_{С.МГН}$	20 кА	$t_{МГН}$	0,02-0,04	6
$I_{СЗ1}$	600	$t_{СЗ1}$	0,1	7

### 3. Построение.

Точка 1 образована пересечением прямых: тока срабатывания при перегрузке (1250 А) и времени срабатывания при перегрузке (200 с), определяется в соответствии с паспортной защитной характеристикой.

Точка 2 образована пересечением прямых: шестикратного тока (6000 А) и времени срабатывания при этом токе (8 с). Далее проводится тонкая пунктирная прямая между точками 1 и 2.

Точка 4 образована пересечением прямых: тока срабатывания отсечки (3000 А) и времени срабатывания отсечки (0,2 с).

Точка 6 образована пересечением прямых: тока мгновенного срабатывания (20кА) и собственного полного времени отключения данного выключателя (0,02).

Точки 3 и 5 образуются в результате пересечения прямых, полученных при построении точек 1, 2, 4 и 4, 6 соответственно.

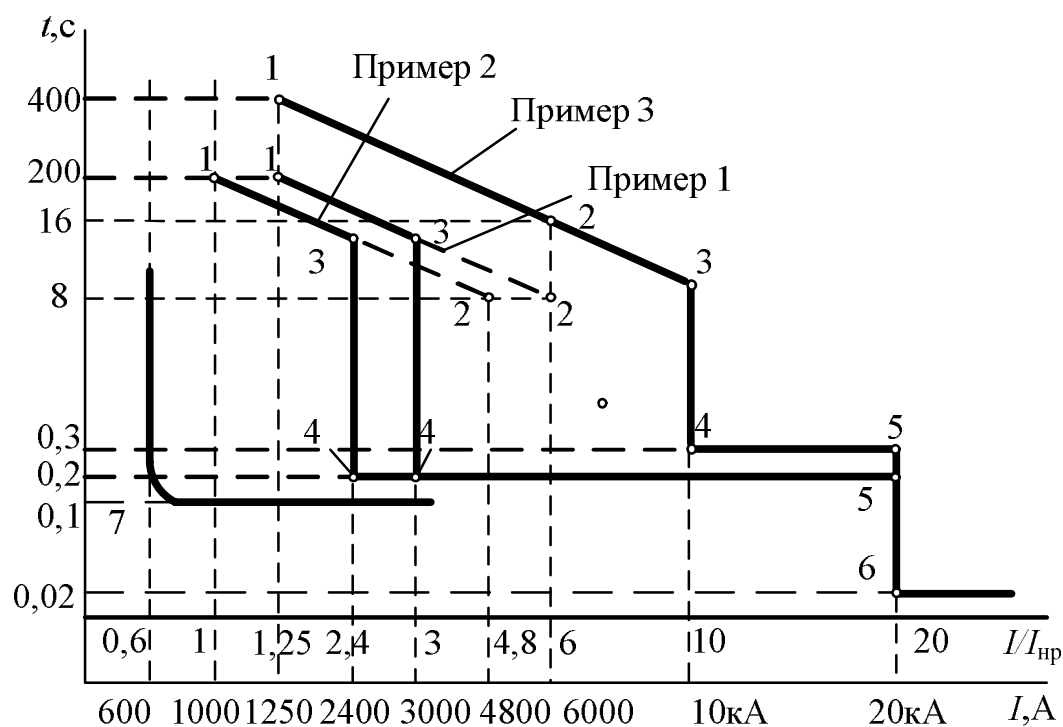


Рис. 5.5. Примеры построения времятоковых характеристик выключателя

*Примечание.* Если кратность  $\frac{I_{НР}}{I_{НВ}} = 1$ , то построенная кривая является точным отображением паспортной защитной характеристики, построенной в осях кратности тока.

*Пример 2.*

Изменим кратность  $\frac{I_{НР}}{I_{НВ}} = 0,8$ , остальные данные из примера 1:

- а) номинальный ток расцепителя:  $I_{НР} = K_{НР} \cdot I_{НВ} = 0,8 \cdot 1000 = 800 \text{ A}$ ,
- б) ток срабатывания при перегрузке:  $I_{СП} = 1,25 \cdot 800 = 1000 \text{ A}$ ,
- в) ток срабатывания отсечки:  $I_{СО} = 3 \cdot 800 = 2400 \text{ A}$ ,
- г) шестикратный ток:  $I_6 = 6 \cdot 800 = 4800 \text{ A}$ ,
- д) ток срабатывания защиты при однофазном КЗ:  $I_{СЗ1} = 0,6 \cdot 800 = 480 \text{ A}$ .

Таблица 5.12

**Таблица для выполнения построения**

Ток, А		Время, с		Точки
Обозначение	Значение	Обозначение	Значение	
$I_{СП}$	1000	$t_{СП}$	200	1
$I_6$	4800	$t_6$	8	2
$I_{СО}$	2400	$t_{СО}$	0,2	3, 4, 5
$I_{С.МГН}$	20 кА	$t_{МГН}$	0,02-0,04	6
$I_{СЗ1}$	480	$t_{СЗ1}$	0,1	7

Кривая в области перегрузок сдвинулась влево.

*Пример 3.* Изменим следующие уставки, остальные данные из примера 1:

$$\frac{I_{СО}}{I_{НР}} = 10, \quad t_{СО} = 0,3 \text{ с}; \quad t_6 = 16 \text{ с}, \quad \frac{I_{СЗ1}}{I_{НР1}} = 1;$$

Таблица 5.13

**Таблица для выполнения построения**

Ток, А		Время, с		Точки
Обозначение	Значение	Обозначение	Значение	
$I_{СП}$	1250	$t_{СП}$	400	1
$I_6$	6000	$t_6$	16	2
$I_{СО}$	10000	$t_{СО}$	0,3	3,4,5
$I_{С.МГН}$	20 кА	$t_{МГН}$	0,02-0,04	6
$I_{СЗ1}$	600	$t_{СЗ1}$	0,1	7

Точка 3 образована продолжением кривой перегрузки (1-2) и вертикали, соответствующей заданному десятикратному току.

**Методические указания к выполнению п. 5 задания**

Кратко в письменной форме ответить на поставленные вопросы из

программы курса (см. п. 2.2).



### 5.3. Описание лабораторных работ

По курсу предусмотрено восемь лабораторных работ, по которым имеются отдельные методические указания в виде брошюр и (или) электронных файлов. Далее приводится перечень лабораторных работ.

#### **Работа 1. Анализ режимов работы электроприемников**

##### 1. Цели работы:

- а) закрепить знания, полученные при изучении курса "Электрические аппараты", по теме "Режимы работы электроприемников и электрической сети";
- б) изучить системы электрических сетей типа  $TN$ ;
- в) изучить схемы замещения электроприемников;
- г) получить навыки в расчете токов при нормальных режимах работы электрической сети для последующего выбора защитных электрических аппаратов;
- д) получить навыки в расчете токов при аварийных режимах работы электрической сети для последующей оценки действия защитных электрических аппаратов.

##### 2. Указания к составлению отчета

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) рассчитанные сопротивление и ток ЭП, а также потери в подводящей сети при различных схемах присоединения нагрузки к цеховой сети, полученные по заданной мощности нагрузки ( $P, \cos\phi$ );
- в) рассчитанные ток, мощность нагрузки и потери в подводящей сети при различных схемах соединения заданного сопротивления  $Z e^{j\phi}$ . Для одной из схем построить треугольник падения напряжения мощности, полного сопротивления;
- г) выполненную компенсацию реактивной мощности. Определить мощность компенсирующих устройств, рассчитать их сопротивление и емкость. Произвести расчеты, аналогичные заданию пункта в). Для всех режимов построить векторные диаграммы токов и напряжений;
- д) рассчитанные токи в аварийных режимах. Для всех режимов построить векторные диаграммы токов и напряжений.

Исходные и расчетные данные следует занести в таблицу установленного образца.

**Работа 2. Изучение условных графических и буквенно-цифровых обозначений (УГО и БЦО) электрических аппаратов в электрических схемах, схемы лабораторного стенда для испытания электрических аппаратов, схемы подключения асинхронного электродвигателя к цеховой сети**

1. *Цели работы:*

- а) изучение условных графических и буквенно-цифровых обозначений (УГО и БЦО) электрических аппаратов в электрических схемах;
- б) изучение лабораторного стенда по испытанию электрических аппаратов;
- в) ознакомление с оборудованием стенда;
- г) изучение схемы управления асинхронного двигателя и порядка ее работы.

2. *Указания к составлению отчета*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) УГО и БЦО электрических аппаратов, согласно заданному варианту;
- в) схему лабораторного стенда для испытания электрических аппаратов и назначение каждой электрической цепи;
- г) схему подключения асинхронного электродвигателя к цеховой сети совместно с принципиальной схемой управления двигателем.
- д) оформленные результаты лабораторных исследований.

**Работа 3. Изучение контакторов и магнитных пускателей**

1. *Цели работы:*

- а) изучение конструкции и принципа действия магнитных пускателей;
- б) изучение технических характеристик контакторов;
- в) изучение защитных характеристик магнитных пускателей;
- г) изучение схемы включения магнитных пускателей.

2. *Указания к составлению отчета*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) технические характеристики (ток, напряжение, мощность) для электрической цепи:
  - главных контактов;
  - катушки управления;
  - вспомогательных контактов
- в) техническое описание контактора;
- г) принципиальную электрическую схему контактора;
- д) характеристики электрической цепи катушки управления в режиме срабатывания и в режиме удержания якоря (полное сопротивление,

- ток, активное сопротивление, индуктивное сопротивление, коэффициент мощности, угол сдвига фаз между током и напряжением, тангенс угла сдвига фаз между током и напряжением);
- е) осциллограмму тока в электрической цепи катушки управления, построенную по заданному времени срабатывания электромагнитного механизма (ЭММ) контактора;
  - ж) характеристики контактора как релейного элемента: коэффициент возврата ЭММ, коэффициент усиления контактора, коэффициент запаса, коэффициент защиты минимального напряжения.
  - з) оформленные результаты лабораторных исследований.

#### ***Работа 4. Изучение тепловых реле и трансформаторов тока***

##### *1. Цели работы:*

- а) изучение конструкции и принципа действия тепловых реле;
- б) изучение технических характеристик тепловых реле;
- в) изучение защитных характеристик тепловых реле;
- г) изучение способности согласования защитных характеристик тепловых реле и защищаемого объекта, выбор тепловых реле.;
- д) изучение схем включения тепловых реле.

##### *2. Указания к составлению отчета*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) УГО и БЦО автоматического выключателя, предохранителя, контактора, электротеплового реле, трансформатора тока, кнопки управления;
- в) назначение электротеплового реле РТИ и трансформаторов тока ТТИ, принцип работы, технические характеристики, особенности конструкции, пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для измерений и учета (только для ТТИ);
- г) электротепловое реле, которое можно применять совместно с контактором, использовавшимся в работе 3 и их технические характеристики;
- д) электротепловые реле, предназначенные для защиты заданного электродвигателя, включаемые непосредственно в силовую цепь (вариант *а*), а также посредством трансформаторов тока (вариант *б*);
- е) схему пуска асинхронного электродвигателя с подключением электротеплового реле посредством трансформатора тока;
- ж) защитные характеристики теплового реле на бланке карты селективности.
- з) оформленные результаты лабораторных исследований.

### ***Работа 5. Изучение автоматических выключателей с тепловым и электромагнитным расцепителем***

#### *1. Цели работы:*

- а) изучение назначения, принципа действия, конструктивных исполнений, время-токовых защитных характеристик автоматических выключателей с комбинированным (тепловым и электромагнитным) расцепителем;
- б) изучение способов построения время-токовых характеристик АВ по их паспортным данным.

#### *2. Указания к составлению отчета*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) технические характеристики, техническое описание, электрические схемы исследуемых автоматических выключателей;
- в) защиту от перегрузки (резервная защита) и коротких замыканий трехфазных асинхронных электродвигателей, выполненную при помощи автоматических выключателей типа ВА47-29 (вариант а), ВА47-100 или ВА88 (вариант б);
- г) защитные характеристики выбранных автоматических выключателей, построенные время-токовые характеристики типа D;
- д) карту селективности с нанесенными на нее защитными характеристиками тепловых реле для защиты от перегрузки электродвигателя (выбранных по индивидуальному заданию в лабораторной работе 4), защитные характеристики автоматических выключателей построенные в п.г;
- е) проверку очередности срабатывания защит в области перегрузок и в области коротких замыканий для теплового реле и автоматического выключателя.
- ж) оформленные результаты лабораторных исследований.

### ***Работа 6. Изучение автоматических выключателей с микропроцессорным (полупроводниковым) расцепителем***

#### *1. Цели работы:*

- а) изучение автоматических выключателей типа ВА50 с полупроводниковым максимальным расцепителем тока (МРТ);
- б) изучение назначения, принципа действия, конструктивных исполнений, время-токовых защитных характеристик автоматических выключателей с полупроводниковым расцепителем;
- в) изучение способов построения время-токовых характеристик АВ по их паспортным данным.

2. *Указания к составлению отчета.*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) область возможных время-токовых (защитных) характеристик автоматического выключателя типа ВА55-41 для номинального тока выключателя  $I_{\text{нв}} = 1000\text{А}$  на бланке карты селективности;
- в) построить защитную характеристику выключателя типа ВА55-41 по заданным уставкам тока и времени МРТ;
- г) оформленные результаты лабораторных исследований.

***Работа 7. Изучение реле времени***

1. *Цели работы:*

- а) изучение принципа действия, назначения и конструкции реле времени, использующих различные способы замедления;
- б) изучение технических характеристик реле времени.

2. *Указания к составлению отчета*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) принципиальную схему подключения асинхронного двигателя к электрической силовой сети со всеми видами аппаратов защиты и управления
- в) схему управления асинхронным двигателем:
  - в ручном режиме от кнопок управления «Пуск», «Стоп»;
  - в автоматическом режиме от реле времени КТ и от реле управления КС (использовать замыкающие контакты).
- г) таблицы истинности с указанием в них режима пуска и останова;
- д) выбранные электрические аппараты для заданной схемы;
  - для защиты от токов короткого замыкания - автоматический выключатель;
  - для управления асинхронным двигателем - силовой контактор типа КМИ, записать его технические характеристики;
  - для защиты двигателя от перегрузки - тепловые реле типа РТИ, записать их технические характеристики;
  - кнопки управления «Пуск», «Стоп»;
  - реле времени, при этом использовать контактор типа КМИ с приставкой ПВИ, записать их технические характеристики;
  - реле управления, при этом использовать промежуточное реле типа РЭК77, РЭК78, записать его технические характеристики.

## ***Работа 8. Изучение устройств защитного отключения***

### *1. Цели работы:*

- а) изучение конструкции и принципа действия устройств защитного отключения;
- б) изучение видов и типов устройств защитного отключения;
- в) изучение технических параметров устройств защитного отключения;
- г) изучение маркировки и условного графического обозначения устройств защитного отключения в электрических схемах;
- д) изучение особенностей применения устройств защитного отключения при различных системах заземления нейтрали источников и корпусов электроприемников.

### *2. Указания к составлению отчета*

Отчет должен содержать:

- а) титульный лист с индивидуальными данными исполнителя;
- б) принципиальную схему подключения однофазной и трехфазной электрической нагрузки посредством дифференциальных выключателей и дифференциальных автоматических выключателей в однолинейном и многолинейном исполнении;
- в) условное обозначение (в соответствии с общепринятой структурой) и технические характеристики заданных дифференциальных выключателей и дифференциальных автоматических выключателей в соответствии с индивидуальным вариантом для двухполюсного и четырехполюсного исполнения;
- г) паспортные защитные характеристики выбранных дифференциальных выключателей и дифференциальных автоматических выключателей;
- д) выбранный дифференциальный автоматический выключатель для защиты электроустановки от токов перегрузки и короткого замыкания и защиты обслуживающего персонала от поражений электрическим током;
- е) построенную на бланке карты селективности время-токовую характеристику для выбранного дифференциального автомата. Характеристику подписать в соответствии с принятой структурой условного обозначения;
- ж) оформленные результаты лабораторных испытаний.

## ГЛОССАРИЙ

**Аппарат** – (от лат. *apparatus*) техническое устройство, прибор, приспособление.

**Аппарат электрический (электрический аппарат, ЭА)** – электротехническое устройство, предназначенное для различных целей: включение и отключение электрических цепей, контроль их состояния, управление, измерение и защита электрических и неэлектрических объектов.

**Автоматический выключатель** (автоматический воздушный выключатель, ”автомат”) (**АВ**) – электрический аппарат, предназначенный для проведения тока в нормальном режиме и отключения электрической цепи при перегрузках, коротких замыканиях (у некоторых - при недопустимых снижениях напряжения питания), а также для редких (от 3 до 30 в час) оперативных включений и отключений номинальных токов нагрузки.

**Бесконтактный коммутационный аппарат** – устройство для включения, отключения или переключения тока в электрической цепи не механическим замыканием (размыканием) контактов, а скачкообразным изменением сопротивления управляемого элемента (полупроводникового прибора, магнитного усилителя и т.п.), включенного в цепь последовательно с нагрузкой.

**Биметаллический расцепитель (тепловой расцепитель)** – расцепитель инерционного типа, предназначенный для защитного отключения электрической цепи при перегрузке. Используется в защитных аппаратах и включается в защищаемую цепь последовательно. Выполнен в виде биметаллической пластины, на которую намотана спираль. При увеличении тока нагрузки сверх номинального значения спираль нагревает биметаллическую пластину, которая при определенной температуре изгибается, воздействуя на фиксатор, освобождающий механизм автомата защиты, и этот автомат отключает электрическую цепь.

**Варистор** – (англ. *vari(able) (resi)stor* — переменный резистор) — полупроводниковый резистор, электрическое сопротивление которого нелинейно зависит от приложенного напряжения, т. е. обладающий нелинейной симметричной вольт-амперной характеристикой и имеющий два вывода.

**Вводно-распределительное устройство (ВРУ)** – совокупность конструкций, аппаратов и приборов, предназначенных для приема, распределения и учета электрической энергии, размещенных в шкафу, устанавливаемом на вводе питающей линии в здание или в его обособленную часть.

**Включающая (отключающая) катушка** – катушка контактного электрического аппарата, предназначенная для создания магнитного поля, обеспечивающего срабатывание привода этого аппарата.

**Вольт-амперная характеристика** – зависимость электрического напряжения от силы тока в электрической цепи или ее отдельном элементе (резисторе, дуге и др.).

**Выключатель** – коммутационный электрический аппарат, имеющий два коммутационных положения или состояния и предназначенный для включения и отключения тока.

**Габарит** – предельные внешние очертания предметов, сооружений, устройств.

**Датчик** – измерительный элемент устройства (сигнального, регулирующего или управляющего), преобразующий контролируемую величину (температуру, частоту, напряжение и т.п.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, регистрации или воздействия на управляемый процесс.

**Диаграмма переключений** – последовательность включения и отключения нескольких электрических цепей, реализуемая коммутационным аппаратом.

**Дугогасительный контакт** – контакт электрической цепи, разрывающий электрическую дугу для защиты от повреждения ею других, параллельно включенных контактов-деталей.

**Защитное отключение** – быстродействующая защита, выполняющая автоматическое отключение всех фаз сети электроустановки, обеспечивающее безопасные для человека сочетания тока и времени его прохождения при замыканиях на корпус или снижение изоляции ниже определенного значения.

**Изолированная нейтраль** - нейтраль трансформатора или генератора, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через большое сопротивление приборов сигнализации, измерения, защиты и других аналогичных им устройств.

**Изоляция электрическая** – способ предотвращения образования электрического контакта между частями электротехнического устройства, а также диэлектрические материалы и изделия из них цепи, применяемые для этой цели.

**Источник электрической энергии** - *электротехническое устройство*, преобразующее различные виды энергии в электрическую энергию.

**Кабель электрический** – одна или более изолированных жил (проводников), заключенных, как правило, в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой в зависимости от условий прокладки и эксплуатации может иметься соответствующий защитный покров, содержащий в отдельных случаях и броню.

**Класс нагревостойкости изоляции** – группа электроизоляционных материалов, обладающих одинаковой термической стойкостью. Классы нагревостойкости изоляции обозначают прописными буквами латинского алфавита, причем каждому классу соответствует предельная допустимая



температура (градус Цельсия):  $Y - 90$ ,  $A - 105$ ,  $E - 120$ ,  $B - 130$ ,  $A - 155$ ,  $H - 180$ .

**Класс напряжения электрооборудования** – уровень напряжения электрической системы, для работы в которой предназначено данное электрооборудование.

**Кнопка управления** – электрический аппарат с одним или несколькими группами контактов для замыкания и размыкания цепей управления; монтируется на щитах или пультах управления.

**Коммутация** – (от лат. *commutatio*) процесс переключения электрических цепей, который, как правило, сопровождается переходными процессами, возникающими вследствие перераспределения токов и напряжений.

**Комплектное электротехническое устройство** – электротехническое устройство заводского изготовления. Представляет собой совокупность электрических аппаратов, приборов и другого электрооборудования, которое смонтировано на единой конструктивной основе и предназначено для выполнения одной или нескольких из следующих функций: управления, распределения, трансформации, защиты, измерения, сигнализации.

**Контакт электрический** – поверхность соприкосновения составных частей электрической цепи, обладающая электрической проводимостью.

**Контактное соединение** – контактный узел электрической цепи, предназначенный только для проведения электрического тока и непредназначенный для коммутации электрической цепи

**Контактор** – электрический аппарат, предназначенный для проведения электрического тока и дистанционной коммутации силовых электрических цепей низкого (до 1000В) напряжения.

**Контроллер** – многопозиционный электрический аппарат, предназначенный для коммутации силовых цепей электрооборудования.

**Короткое замыкание** – преднамеренное или случайное соединение двух точек электрической цепи через пренебрежимо малое сопротивление.

**Материал проводниковый** – материал, обладающий свойствами проводника и предназначенный для изготовления проводов, кабельных изделий и токоведущих деталей.

**Материал проводниковый биметаллический** - многослойный проводниковый материал, состоящий из двух слоев металлов, поверхности которых находятся в состоянии молекулярно-атомного сцепления.

**Материал проводниковый высокого сопротивления** – проводниковый материал с удельным электрическим сопротивлением при нормальных условиях не менее 0,3 мкОм·м.

**Материал проводниковый высокой проводимости** - проводниковый

материал с удельным электрическим сопротивлением при нормальных условиях не более 0,1 мкОм·м.

**Нагрузка электрическая** – любой приемник (потребитель) электрической энергии в электрической цепи.

**Нейтраль** - общая точка соединенных в звезду обмоток (элементов) электрооборудования.

**Отказ** – нарушение работоспособности изделия.

**Параметр** – величина, являющаяся характеристикой системы, технического устройства, явления или процесса.

**Перегрузка** – нагрузка (или вырабатываемая электрическая мощность), превосходящая номинальную мощность электроустановки или одного из ее элементов.

**Перенапряжение** – ненормальное напряжение между двумя точками электроустановки, превосходящее самое высокое рабочее напряжение.

**Приемник электрической энергии** (электроприемник) - аппарат, агрегат, механизм, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

**Резистор** – (от лат. *resisto* – сопротивляюсь) электротехническое изделие, основное функциональное назначение которого оказывать известное активное сопротивление электрическому току.

**Реле электрическое** – (от фр. *relayer* - сменить, заменить) устройство для автоматической коммутации электрических цепей по сигналу извне, аппарат для скачкообразных изменений значений параметров в выходных цепях при заданных значениях возмущающих величин.

**Реле электромагнитное** – электромеханическое реле, работа которого основана на воздействии магнитного поля неподвижной обмотки на подвижный ферромагнитный элемент.

**Силовая электрическая цепь** - электрическая цепь, содержащая элементы, функциональное назначение которых состоит в производстве или передаче основной части электрической энергии, ее распределении, преобразовании в другой вид энергии или в электрическую энергию с другими значениями параметров.

**Схема принципиальная (полная)** – схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и, как правило, дающая детальное представление о принципе действия изделия, установки.

**Схема электрической цепи** – графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения элементов, и показывающее их соединение.

**Ток утечки** – электрический ток, протекающий по изоляции сети.

**Фаза** – (в электротехнике) одна из электрических цепей, входящая в состав многофазной цепи, характеризующаяся сдвинутой по времени ЭДС (напряжением) по отношению к другим цепям (фазам).

**Щит** – низковольтное защищенное комплектное устройство, состоящее из нескольких шкафов.

**Электрическая цепь** – совокупность устройств, предназначенных для прохождения электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятий об ЭДС, силе тока и напряжении.

**Электрическое соединение** – соединение участков электрической цепи в узел.

**Электродвижущая сила (ЭДС)** – разность потенциалов на концах проводника, возникающая вследствие его перемещения в магнитном поле (например, в генераторах) или нахождения в переменном магнитном поле (например, в трансформаторах).

**Электротехническое устройство (ЭУ)** – промышленное изделие, предназначенное для выполнения определенной функции при решении комплексной задачи производства, распределения и использования электрической энергии.

**Электрооборудование** - совокупность электрических устройств, объединенных общими признаками. Признаками объединения в зависимости от задач могут быть: назначения, например, технологическое; условия применения, например, в тропиках; принадлежность объекту, например, станку, цеху.

**Электрооборудование** [ГОСТ Р МЭК 61140-2000, пункт 3.3] - Любое оборудование, предназначенное для производства, преобразования, передачи, аккумулирования, распределения или потребления электрической энергии, например машины, трансформаторы, аппараты, измерительные приборы, устройства защиты, кабельная продукция, бытовые электроприборы.

**Электроустановка** – совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования ее в другие виды энергии.

**Энергоустановка** - Комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенный для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии [ГОСТ 19431, статья 24].

**Электроустановка** - Энергоустановка, предназначенная для производства или преобразования, передачи, распределения или потребления электрической энергии [ГОСТ 19431, статья 25].

**Ящик электротехнический** – защищенное низковольтное *электротехническое устройство*, предназначенное для соединения или разветвления проводов, кабелей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Чунихин, А.А.** Электрические аппараты / А.А. Чунихин. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. - 720 с.
2. **Беляев, А.В.** Выбор аппаратуры, защиты и кабелей в сетях 0,4 кВ / А.В. Беляев. – Л.: Энергоатом. издат. Ленингр. отд-ние, 1988.– 176 с.
3. **Штейнике, Г.А.** Электрические аппараты автоматических устройств: учебное пособие / Г.А. Штейнике. – ГПИ им. А.А. Жданова. Горький. Ч.1 – 1967; Ч.2 - 1975. - 165 с.
4. **Родштейн, Л.А.** Электрические аппараты: учебник для техникумов / Л.А. Родштейн. – 4-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1988.-420 с.
5. **Могилевский, Г.В.** Гибридные электрические аппараты низкого напряжения / Г.В. Могилевский. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 232 с.
6. Основы теории электрических аппаратов: учеб. для вузов по спец. «Электрические аппараты» / под ред. И.С. Таева. – М.: Высш. шк., 1987.- 352с.

### *Интернет сайты ведущих производителей электрооборудования и электротехнических фирм, осуществляющих комплексные поставки*

1. ЗАО “Контактор”, г.Ульяновск, <http://www.kontaktor.ru>
2. ОАО “Сигнал”, г.Ставрополь, <http://www.signalrp.ru>
3. ОАО “Чебоксарский электроаппаратный завод” (ОАО “ЧЭАЗ”), г.Чебоксары (ЧЭАЗ&BENEDIKT), <http://www.cheaz.ru>
4. ОАО “Электроаппарат”, г.Курск, <http://www.kear.ru>
5. ОАО Кашинский завод электроаппаратуры, <http://www.kzepusk.chat.ru>
6. Представительство Шнейдер электрик, <http://www.schneider-electric.ru>, быстрый доступ <http://www.se.com.ru>
7. Представительство SIEMENS, <http://www.siemens.ru/ad/cd>, <http://www.salonrofi.nnov.ru>
8. Представительство АВВ, <http://www.abb.ru/ibs>, <http://www.ntknn.ru>
9. Представительство Моэллер, <http://www.moeller.ru>
10. Представительство Легран, <http://www.legrand.ru>
11. Электрощитовое оборудование <http://www.uzola.ru> и <http://konti.nnov.ru>
12. Компания ЭТМ, <http://www.etm.ru>
13. Корпорация ДЭК, <http://www.dek.ru>
14. Интерэлектрокомплект, <http://www.iek.ru>
15. ПО Элтехника, <http://www.elteh.ru>
16. Журнал “Новости электротехники”, <http://www.news.elteh.ru>
17. Группа компаний «ЭЛЕКТРО-ПРОФИ»: <http://www.electroprofi.ru>
18. Компания “Балтэнерго”, <http://www.baltenergo.spb.ru>
19. ЗАО "АСТРО-УЗО" (ЗАО создано на базе Московского Энергетического института (МЭИ), <http://www.uzo.ru>