

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Параметры соединительных кабелей и питающих трансформаторов

Таблица П1.1

**Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток *, А, для проводов и кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

\* Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Таблица П1.2

**Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных**

Сечение токопроводящей жилы, мм <sup>2</sup>	Ток, А, для кабелей				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	при прокладке				
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Примечание. Допустимые длительные токи для четырехжильных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по табл. 1.3.7, как для трехжильных кабелей, но с коэффициентом 0,92.

**Таблица П1.3**

**Удельное сопротивление (прямой последовательности) кабелей с алюминиевыми жилами при температуре проводников 65°C, мОм/м**

Сечение жил, мм <sup>2</sup>		R <sub>уд</sub>	X <sub>уд</sub>	
фазных	нулевой		трехжильный кабель	четырёхжильный кабель
3x4	2,5	9,610	0,092	0,098
3x6	4	6,410	0,087	0,094
3x10	6	3,840	0,082	0,088
3x16	10	2,400	0,078	0,084
3x25	16	1,540	0,062	0,072
3x35	16	1,100	0,061	0,068
3x50	25	0,769	0,06	0,066
3x70	35	0,549	0,059	0,065
3x95	50	0,405	0,057	0,064
3x120	50	0,320	0,057	0,064
3x150	70	0,256	0,056	0,063
3x185	70	0,208	0,056	0,063
3x240	-	0,160	0,055	-

Примечание. Для кабелей с медными жилами приведенные в таблице значения активного сопротивления следует уменьшить в 1,7 раза.

**Таблица П1.4**

**Активное индуктивное сопротивления, мОм, трансформаторов 6(10)/0,4 кВ**

Мощность трансформатора, кВ·А	u <sub>k</sub> , %	X <sub>1T</sub> =X <sub>2T</sub>	X <sub>0T</sub>	r <sub>1T</sub> =r <sub>2T</sub>	r <sub>0T</sub>	Z <sub>T(1)3</sub>
Соединение обмоток «звезда/звезда с нулем»						
100	4,5	64,7	581,8	31,5	253,9	260,0
160	4,5	41,7	367,0	16,6	150,8	162,0
250	4,5	27,2	234,9	9,4	96,5	104,0
400	4,5	17,1	148,7	5,5	55,6	65,0
630	5,5	13,6	96,2	3,1	30,3	43,0
1000	5,5	8,5	60,6	2,0	19,1	27,0
1000	8,0	12,6	72,8	2,0	19,1	33,6
1600	5,5	4,9	37,8	1,3	11,9	16,6
Соединение обмоток «треугольник/звезда»						
100	4,5	66,0	66,0	36,3	36,3	75,3
160	4,5	43,0	43,0	19,3	19,3	47,0
250	4,5	27,0	27,0	10,7	10,7	30,0
400	4,5	17,0	17,0	5,9	5,9	18,7
630	5,5	13,5	13,5	3,4	3,4	14,0
1000	5,5	8,6	8,6	2,0	2,0	9,0
1000	8,0	12,7	12,7	1,9	1,9	12,8
1600	5,5	5,4	5,4	1,1	1,1	5,7

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Расчетные кривые для нахождения токов короткого замыкания в цепях 0,4 кВ

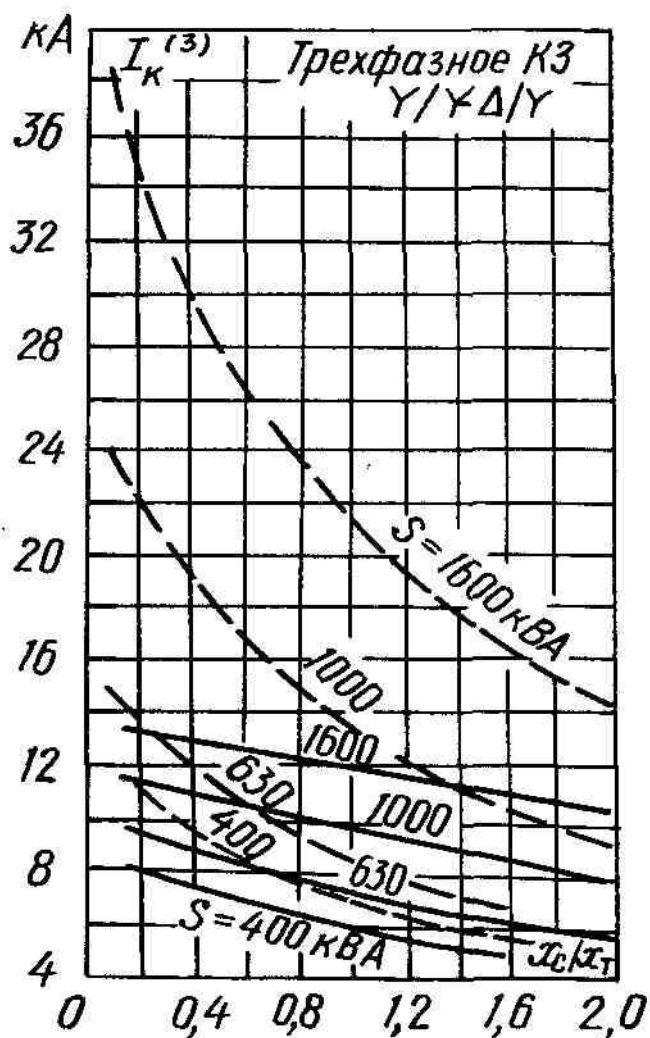


Рис.П2.1. Расчетные кривые для нахождения токов КЗ в сети 0,4 кВ

(сплошные линии - с учетом переходных сопротивлений  $R_n = 15$  мОм; штриховые - металлическое КЗ)

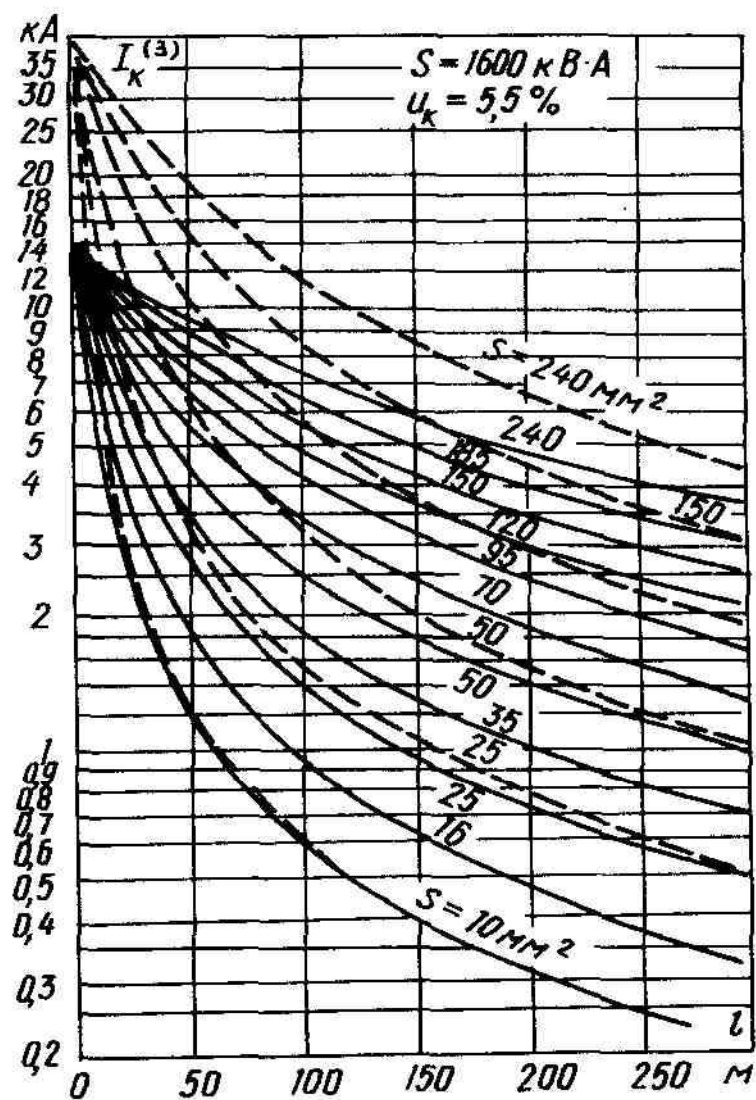


Рис.П2.2. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 0,1 \text{ кОм}$  и мощности трансформатора 1600 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_n = 15 \text{ мОм}$ , штриховые – металлическое КЗ)

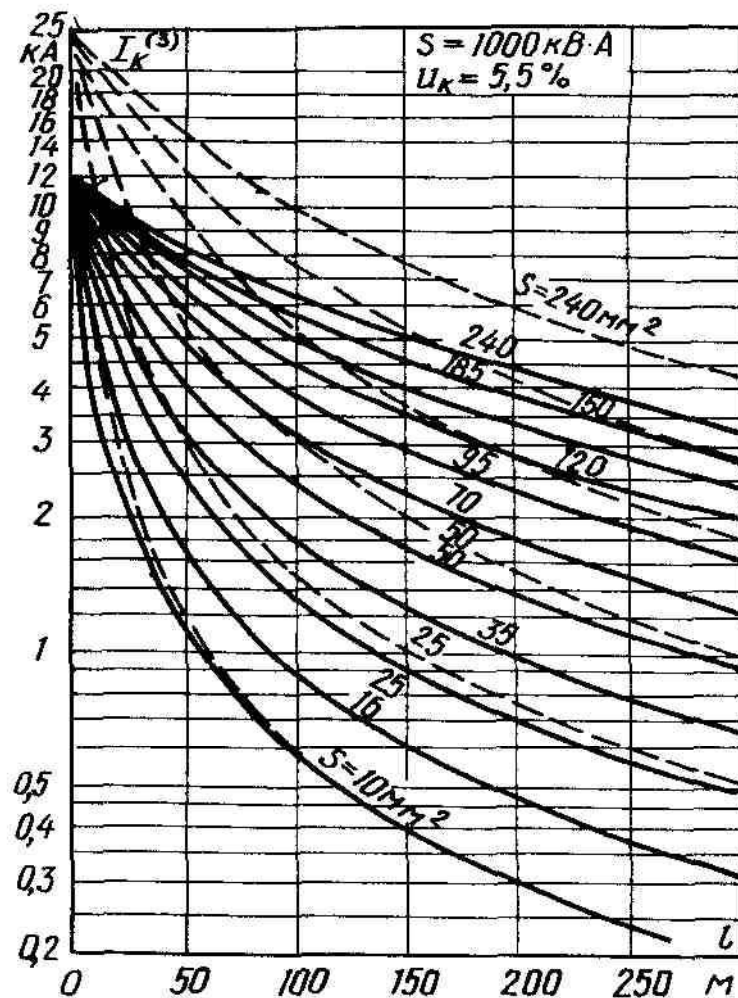


Рис.П2.3. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 0,1$  и  $x_T$  и мощности трансформатора 1000 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15$  мОм, штриховые – металлическое КЗ)

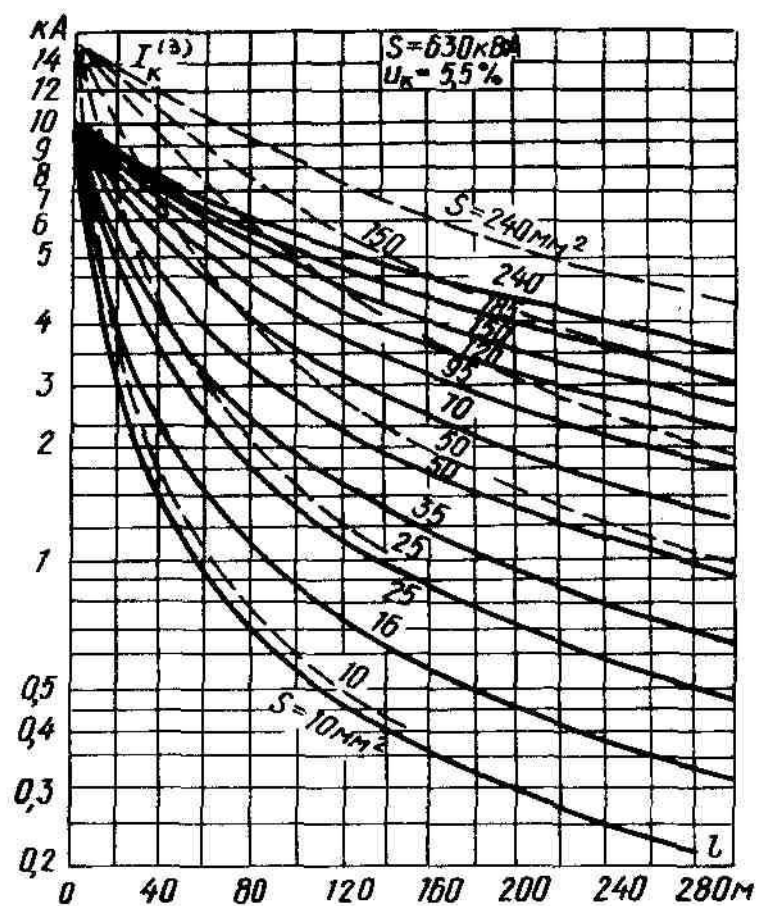


Рис.П2.4. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 0$ ,  $x_T$  и мощности трансформатора 630 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_n = 15 \text{ мОм}$ , штриховые – металлическое КЗ)

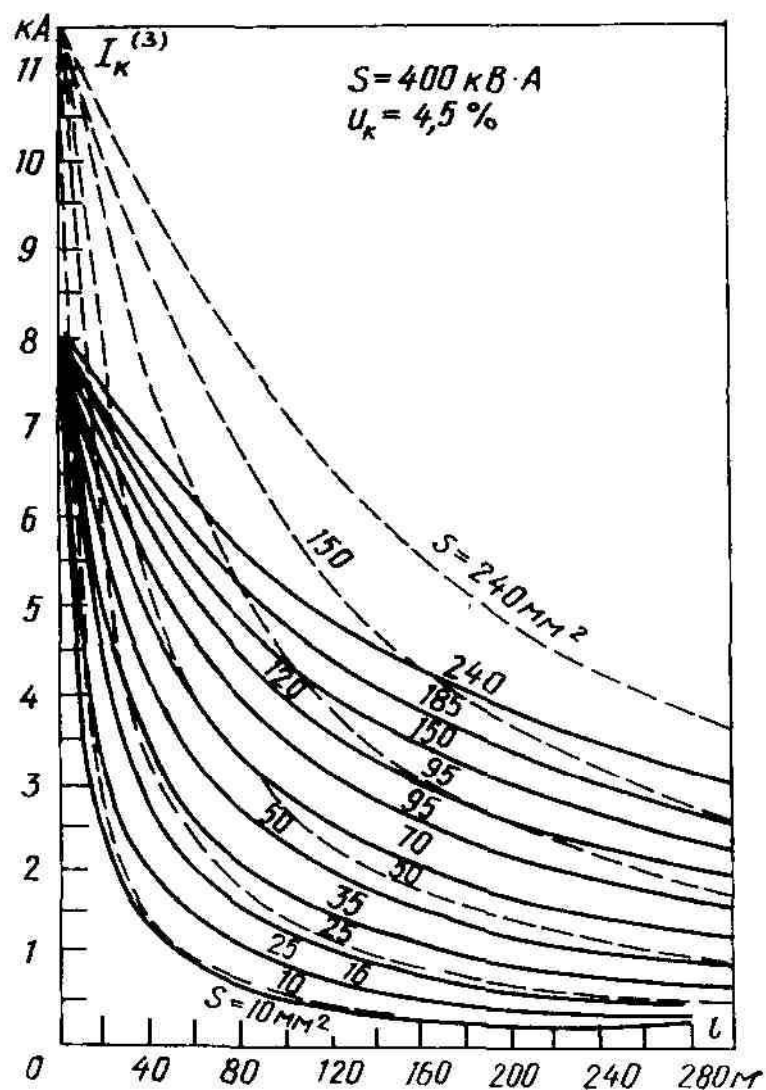


Рис.П2.5. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 0, I x_T$  и мощности трансформатора 400 кВ·А (сплошные линии - с учетом переходных сопротивлений  $R_n = 15 \text{ м}\Omega$ , штриховые - металлическое КЗ)

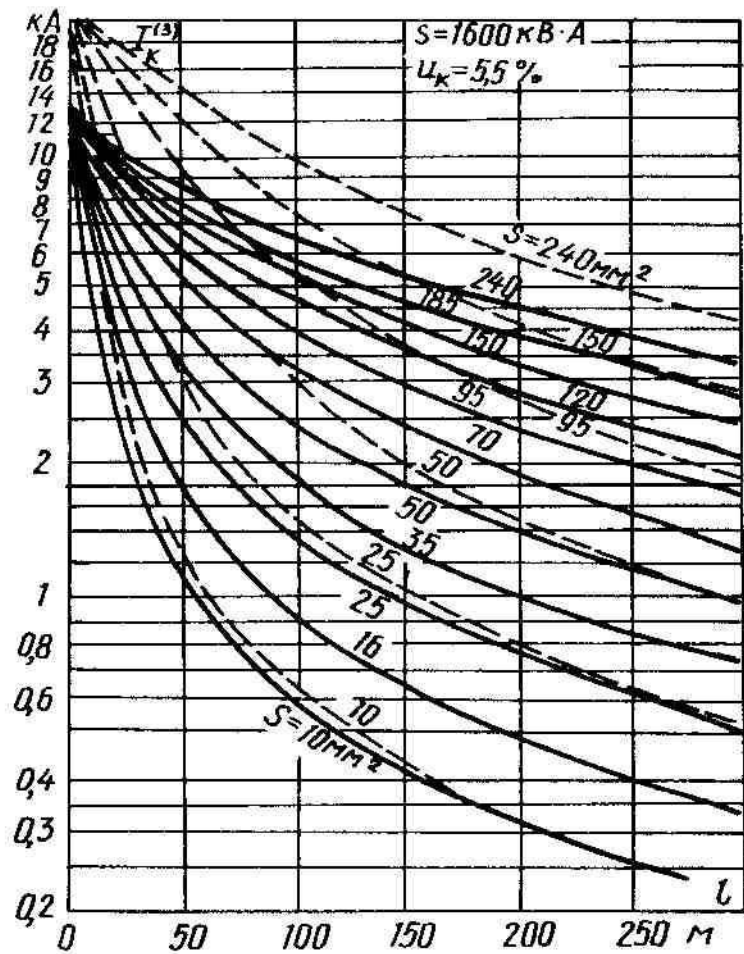


Рис.П2.6. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = x_T$  и мощности трансформатора 1600 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15 \text{ мОм}$ , штриховые – металлическое КЗ)



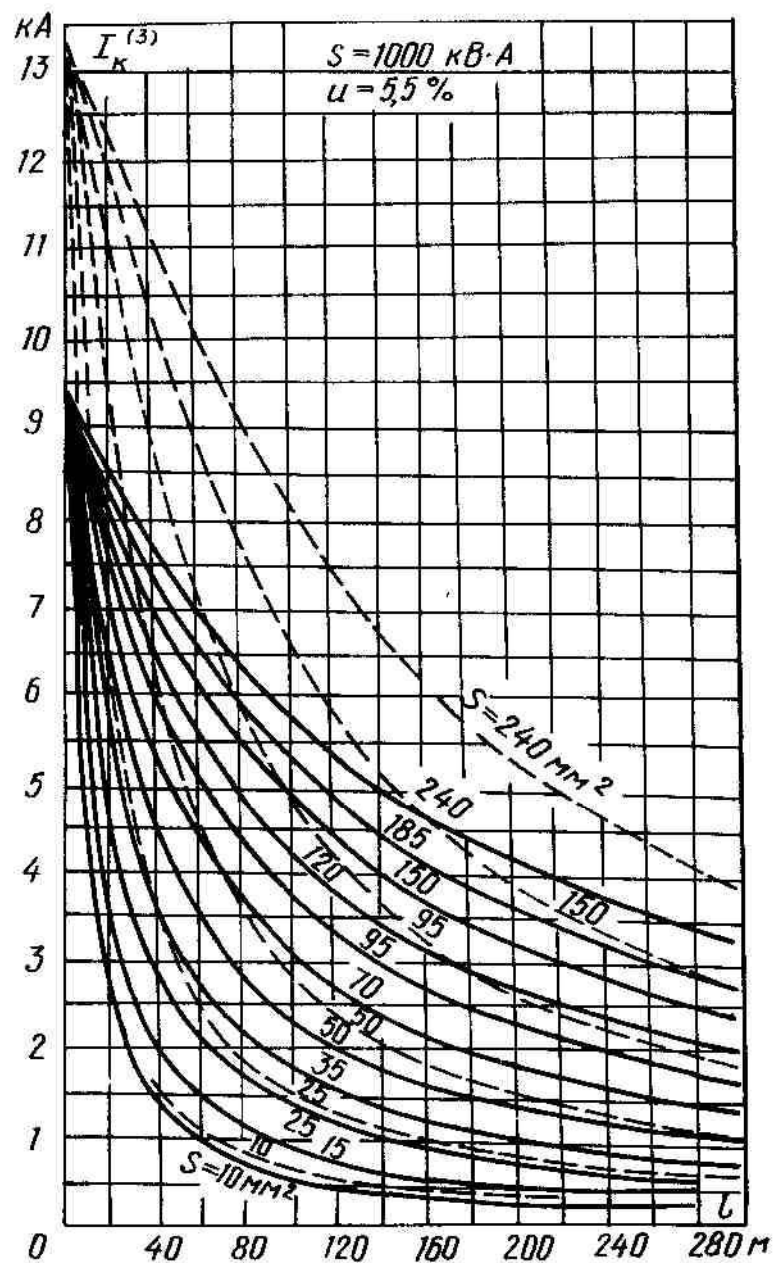


Рис.П2.7. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = x_T$  и мощности трансформатора 1000 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15 \text{ мОм}$ , штриховые – металлическое КЗ)

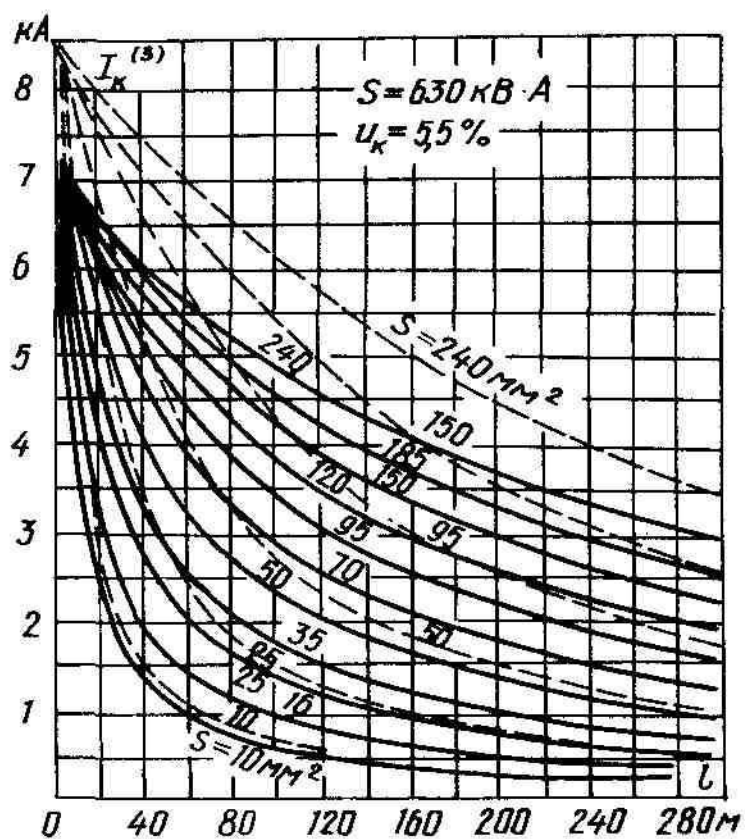


Рис.П2.8. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = x_T$  и мощности трансформатора 630 кВ·А  
 (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15 \text{ мОм}$ ; штриховые – металлическое КЗ)

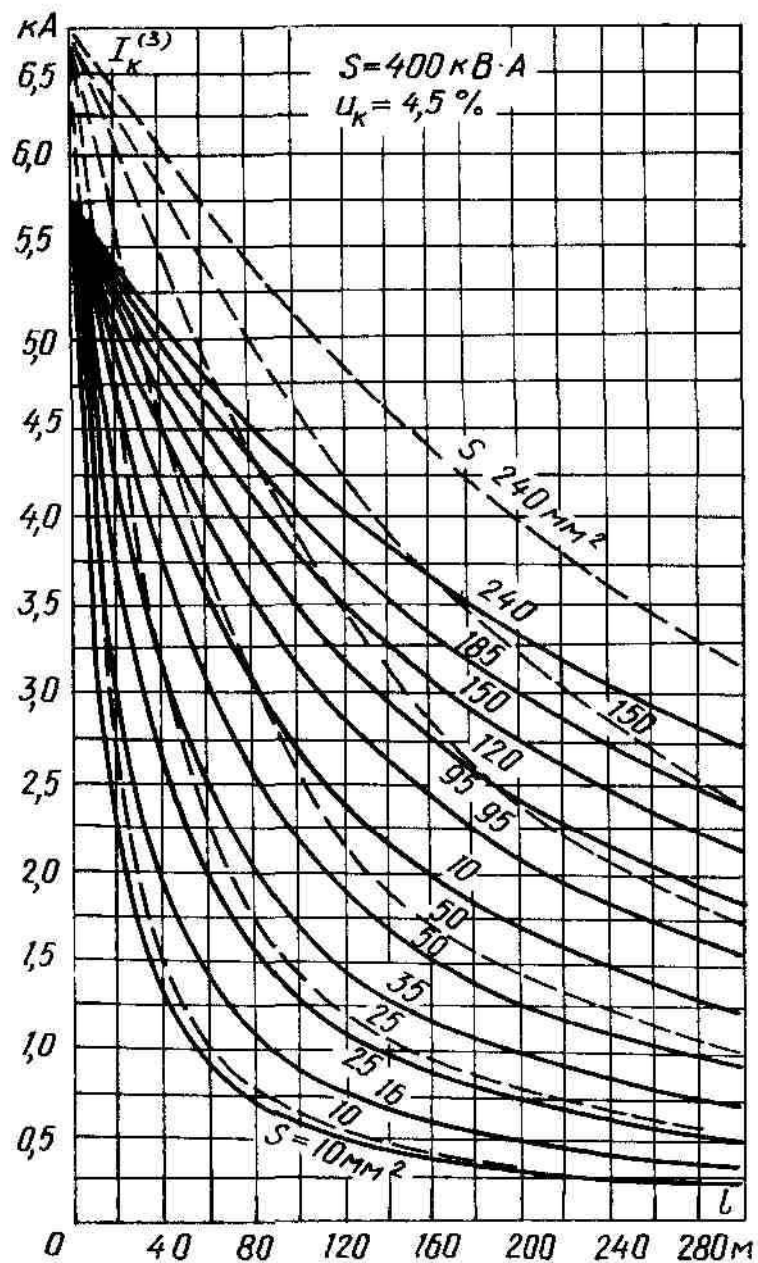


Рис.П2.9. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = x_T$  и мощности трансформатора 400 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_{II} = 15 \text{ мОм}$ ; штриховые – металлическое КЗ)

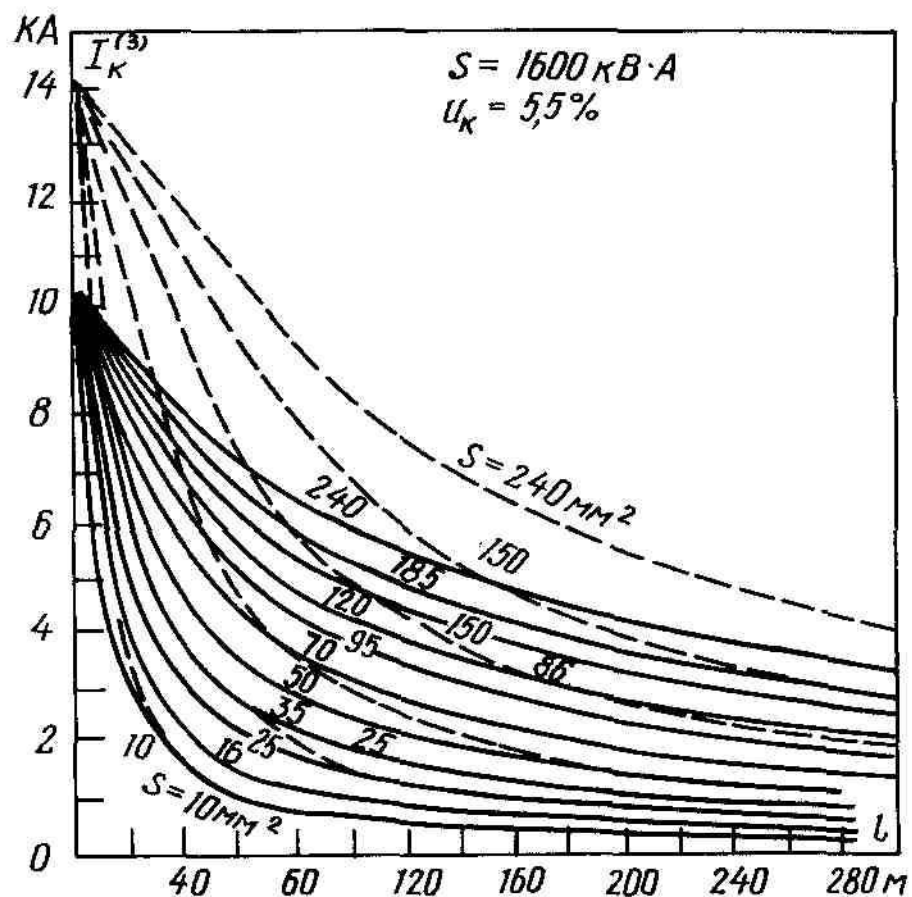


Рис.П2.10. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 2 x_T$  и мощности трансформатора 1600 кВ·А (сплошные линии - с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15 \text{ м}\Omega$ , штриховые - металлическое КЗ)

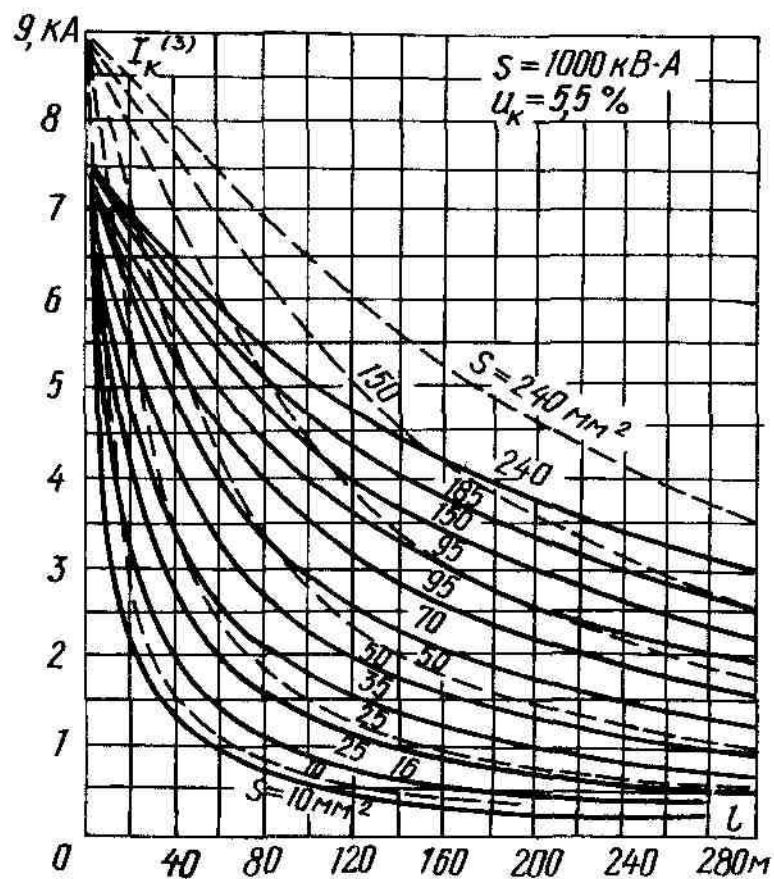


Рис.П2.11. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 2 x_T$  и мощности трансформатора 1000 кВ·А (сплошные линии - с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15$  мОм; штриховые - металлическое КЗ)

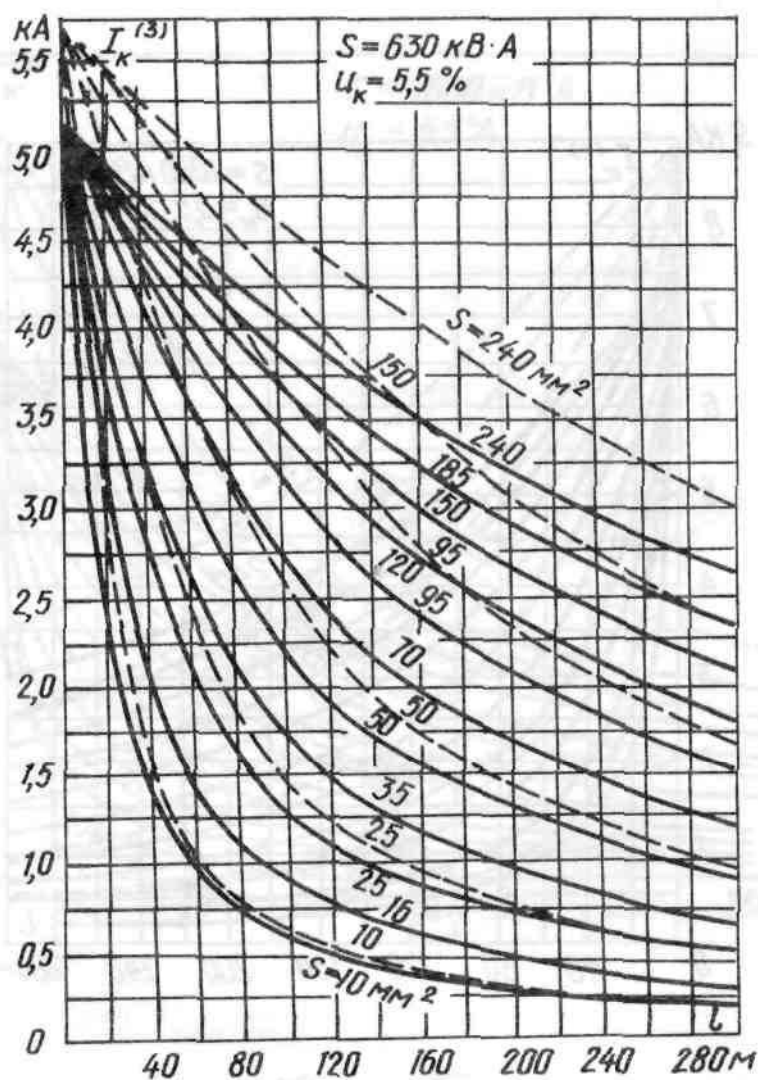


Рис.П2.12. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 2 x_T$  и мощности трансформатора 630 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_\Pi = 15 \text{ мОм}$ , штриховые – металлическое КЗ)

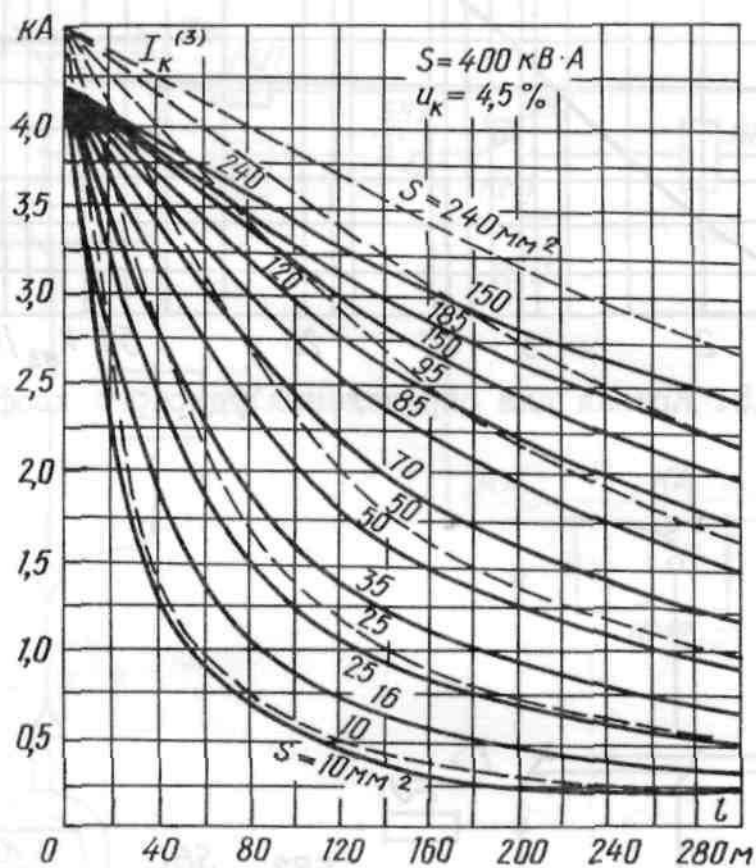
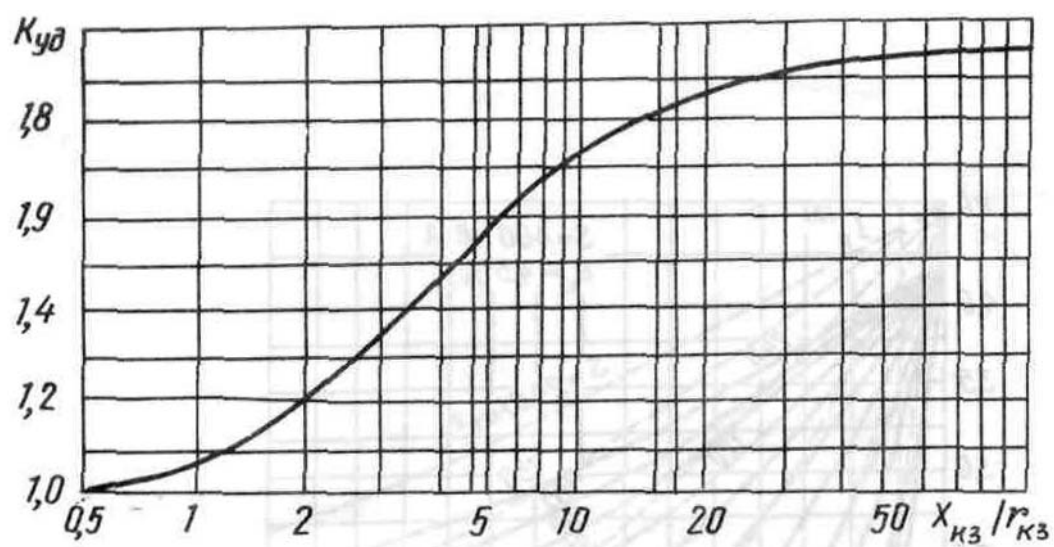


Рис.П2.13. Токи трехфазных КЗ в зависимости от длины и сечения кабелей с алюминиевыми жилами при  $x_c = 2 x_r$  и мощности трансформатора 400 кВ·А (сплошные линии – с учетом переходных сопротивлений  $R_{\Pi} = 15 \text{ мОм}$ , штриховые – металлическое КЗ)

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Ударный коэффициент тока короткого замыкания в цепях  
0,4 кВ





ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Исходные данные расчета радиальной схемы электроснабжения потребителей

N	Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	Параметры														
1.	Мощность янтарного трансформатора $S_{\text{ном}}$ , кВт	1600	1000	630	400	1600	1000	630	400	1600	1000	630	400	1600	
2.	Напряжение КЗ, $U_{\text{к}}$ В	5,5	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5	4,5	5,5	
3.	Соотношение сопротивлений питающей системы и трансформатора, $X_{\text{с}}/X_{\text{т}}$	0,1	0,1	0,1	0,1	1	1	1	1	2	2	2	2	0,1	
4.	Длина соединительного кабеля - $\ell$ , м	$\ell_1=100$	$\ell_2=100$ $\ell_3=20$	$\ell_2=70$ $\ell_4=50$	$\ell_5=20$ $\ell_6=50$	$\ell_5=50$ $\ell_7=30$	$\ell_6=100$ $\ell_8=50$	$\ell_9=30$ $\ell_{10}=10$	$\ell_9=50$ $\ell_{11}=20$ $\ell_{12}=10$	$\ell_9=60$ $\ell_{11}=30$ $\ell_{13}=15$	$\ell_1=150$	$\ell_2=80$ $\ell_3=40$	$\ell_2=20$ $\ell_4=20$	$\ell_5=10$ $\ell_6=10$	
5.	Материал кабеля	Al	Al	Cu	Cu	Al	Al	Cu	Cu	Al	Al	Cu	Cu	Al	
6.	Номер двигателя	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M1	M2	M3	M4	
7.	Тип электродвигателя	AMP 355M6	AMP 180M4	AMP 225M4	AMP 160S2	AMP 160M4	AMP 132M2	AMP 250S2	AMP 200L2	AMP 180S2	AMP 355S6	AMP 200L4	AMP 200M4	AMP 180S	
8.	Номинальная мощность, $P_{\text{ном}}$ , кВт	200	30	55	15	18,5	11	75	45	22	160	45	37	22	
9.	Номинальное линейное напряжение - $U_{\text{ном.л.}}$ , В	660	380	380	380	660	220	660	380	220	380	660	380	660	
10.	$\eta$ , %	94,5	92	92,5	90	90,5	88	93	92	90,5	94	92,5	92,5	90,5	
11.	Коэффициент мощности - $\cos \varphi$	0,9	0,87	0,89	0,89	0,89	0,9	0,9	0,88	0,89	0,9	0,89	0,89	0,87	
12.	Кратность пускового тока двигателя - $K_{\text{т}}$	7	7	7,5	7	7	7,5	7,5	7,5	7	7	7,5	7,5	7	
13.	Время пуска двигателя - $t_{\text{п}}$ , с	10	2	5	4	3	1	8	7	5	10	5	6	4	
14.	Масса - min	0,5		ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА И ИХ										0,2	0,5
				0,2		0,4		0,1		0,8					
15.	Объем - min		0,6	0,1	0,4			0,2		0,3		0,9	0,1		
16.	Коммутационная износостойкость - max	0,5	0,4		0,4	0,8		0,8	0,8		0,2		0,5	0,5	
17.	Механическая износостойкость - max			0,9		0,2	0,6		0,1	0,7		0,1	0,2		

№	Варианты Параметры	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.	Мощность питающего трансформатора $S_{\text{пит}}$ , кВт	000	630	400	1600	1000	630	400	1600	1000	630	400	1600	1000	630	400	1600	1000
2.	Напряжение КЗ, Ук I	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5
3.	Соотношение сопротивлений питающей системы и трансформатора, $X_c/X_t$	0,1	0,1	0,1	1	1	1	1	2	2	2	2	0,1	0,1	0,1	0,1	1	2
4.	Длина соединительного кабеля - $\ell$ , м	$\ell_3=80$ $\ell_7=20$	$\ell_5=20$ $\ell_8=20$	$\ell_9=30$ $\ell_{10}=5$	$\ell_9=50$ $\ell_{11}=40$ $\ell_{12}=20$	$\ell_9=20$ $\ell_{11}=40$ $\ell_{13}=10$	$\ell_1=50$	$\ell_2=50$ $\ell_3=20$	$\ell_2=80$ $\ell_4=100$	$\ell_3=120$ $\ell_6=10$	$\ell_3=50$ $\ell_7=5$	$\ell_5=20$ $\ell_8=10$	$\ell_9=150$ $\ell_{10}=50$	$\ell_9=130$ $\ell_{11}=50$	$\ell_9=60$ $\ell_{11}=40$	$\ell_2=80$ $\ell_3=10$	$\ell_5=180$ $\ell_6=100$	$\ell_9=110$ $\ell_{10}=10$
5.	Материал кабеля	Al	Cu	Cu	Al	Al	Cu	Cu	Al	Al	Cu	Cu	Al	Al	Cu	Cu	Al	Al
6.	Номер двигателя	K5	K6	K7	K8	K9	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K2	K4	K7
7.	Тип электродвигателя	AMP 132M4	AMP 132S4	AMP 250M4	AMP 200L6	AMP 160M2	AMP 315S6	AMP 200M6	AMP 180M6	AMP 250S6	AMP 160M6	AMP 132S6	AMP 280M6	AMP 255M6	AMP 315M6	AMP 280S6	AMP 160S6	AMP 355S6
8.	Номинальная мощность, $P_{\text{ном}}$ , кВт	11	7,5	90	30	18,5	100	22	18,5	45	15	5,5	90	30	110	55	7,5	132
9.	Номинальное линейное напряжение - $U_{\text{ном.л.}}$ , В	380	220	660	380	220	220	380	220	660	380	220	660	380	220	660	220	660
10.	$\eta$ , %	87,5	87,5	94	90	90,5	93	90	89,5	92,5	88	85	93	90,5	93	92	87	93,5
11.	Коэффициент мощности - $\cos \varphi$	0,87	0,86	0,89	0,85	0,9	0,92	0,83	0,85	0,86	0,85	0,8	0,9	0,81	0,86	0,86	0,75	0,85
12.	Кратность пускового тока двигателя - $K_T$	7,5	7,5	7,5	6,5	7	6	6,5	6,5	6,5	6,5	7	6,5	6	6	6	5,5	6,5
13.	Время пуска двигателя - $t_0$ , с	3	2	6	4	2	9	5	4	3	2	1	10	6	10	8	3	10
14.	Масса - $m$	ВЕСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ																
15.	Объем - $m$	0,6	0,1	0,4			0,2		0,3		0,9	0,1		0,6	0,1	0,4		
16.	Коммутационная износостойкость - $m$	0,4		0,4	0,8		0,8	0,8		0,2		0,5	0,5	0,4		0,4	0,8	
17.	Механическая износостойкость - $m$		0,9		0,2	0,6		0,1	0,7		0,1	0,2			0,9		0,2	0,6

ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Схемы защиты и управления асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

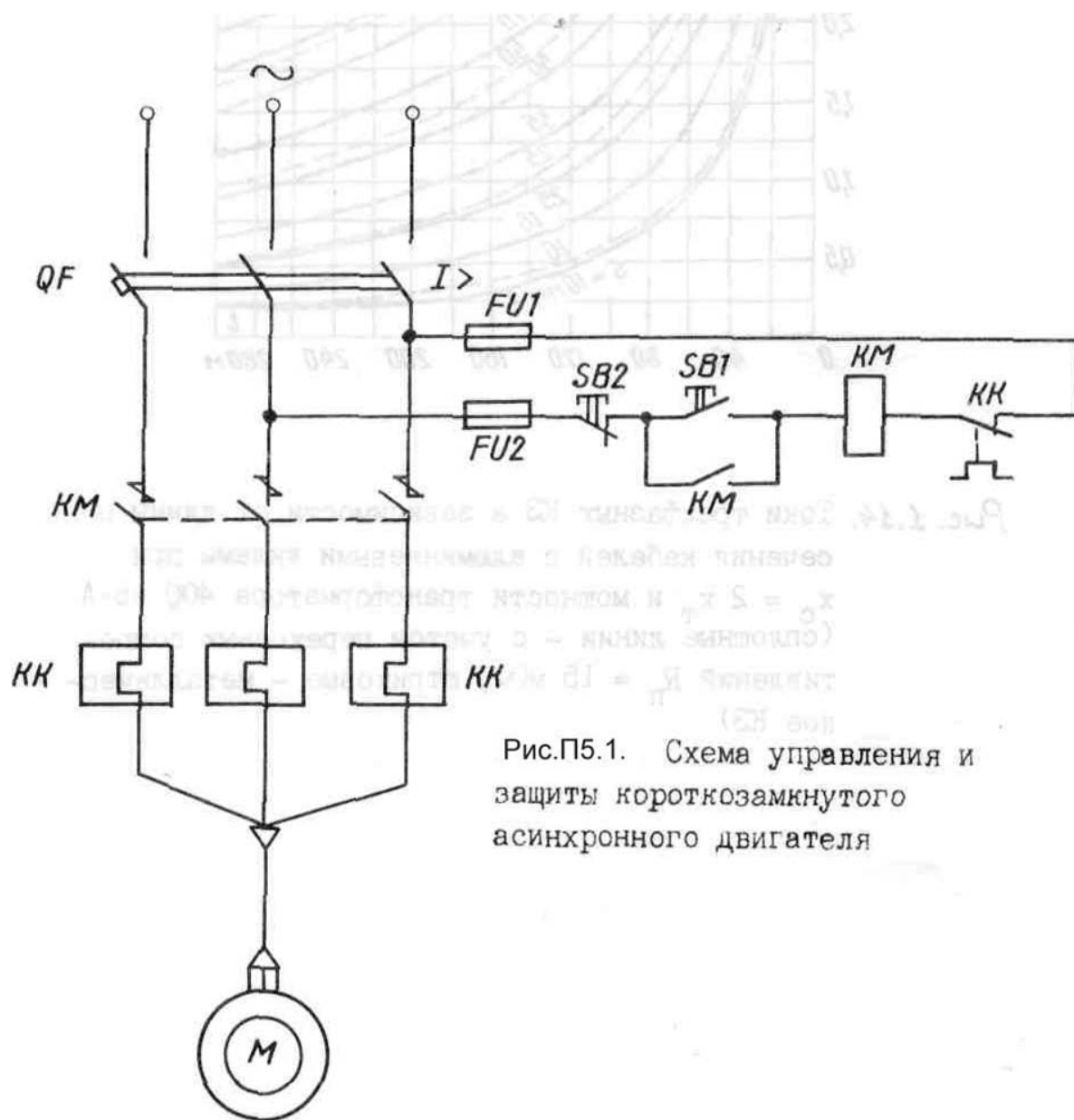


Рис.П5.1. Схема управления и защиты короткозамкнутого асинхронного двигателя

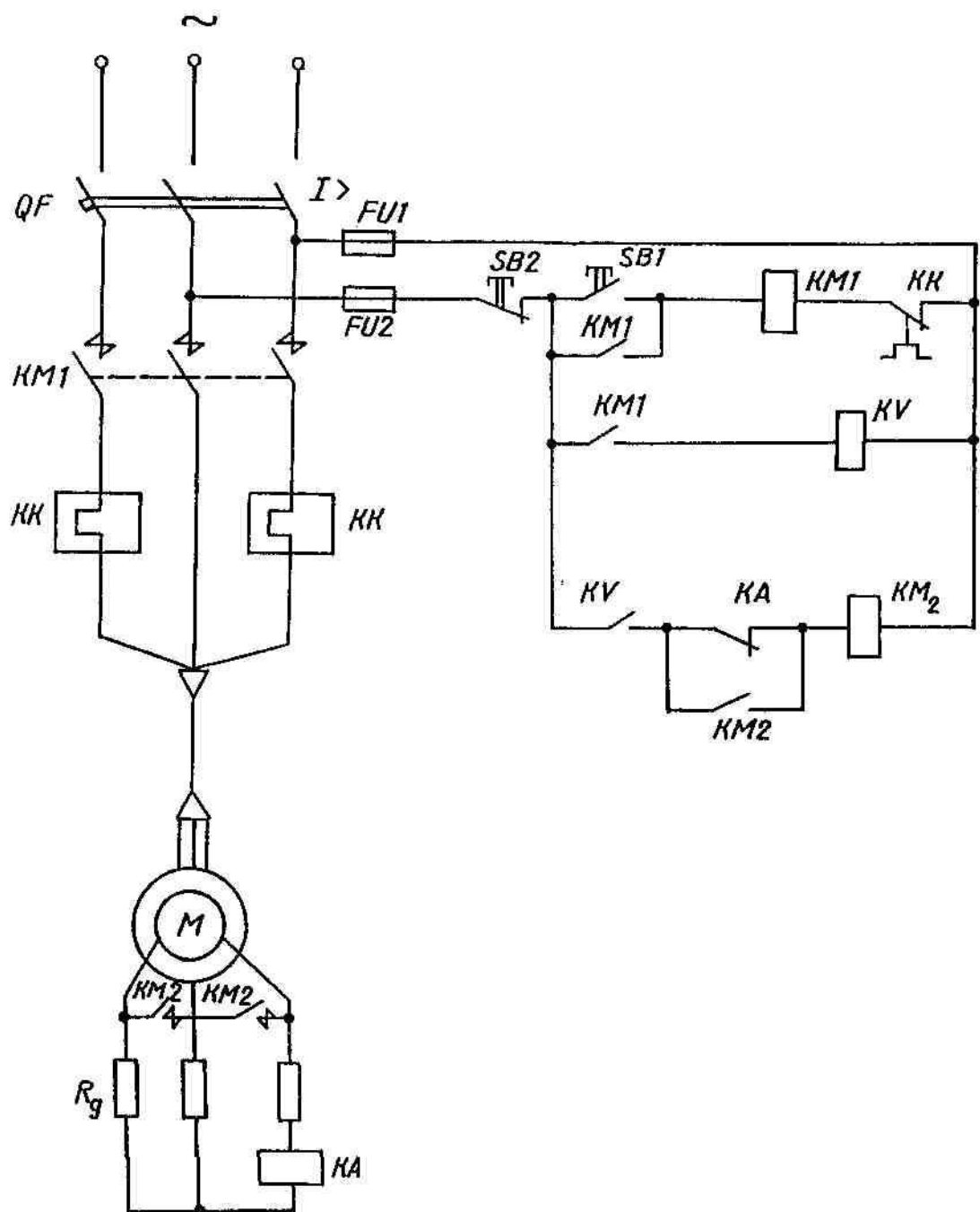


Рис.П5.2. Схема автоматического управления пуском асинхронного двигателя с фазным ротором в функции тока

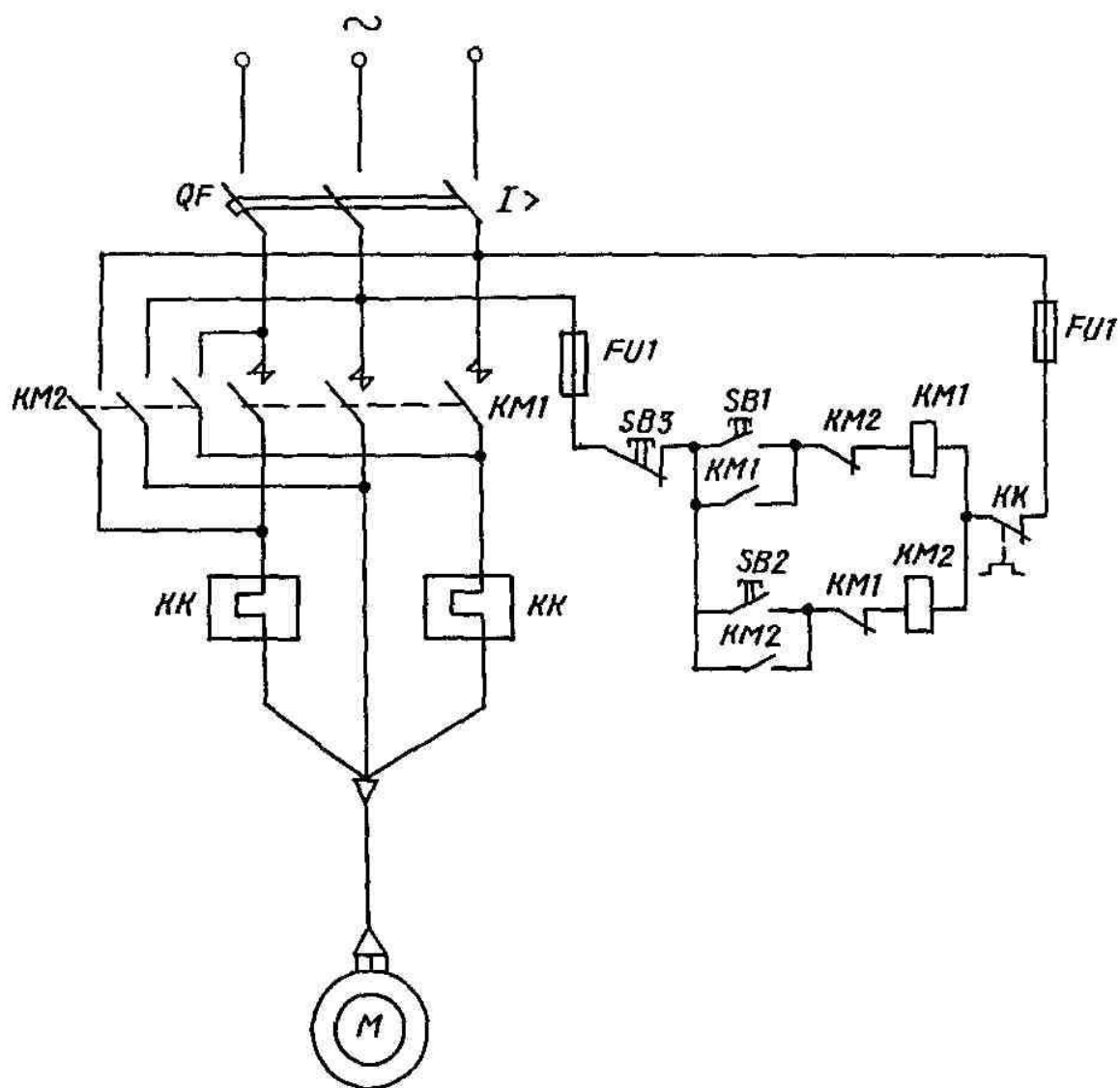


Рис.П5.3. Схема защиты и управления реверсивным приводом с короткозамкнутым асинхронным двигателем

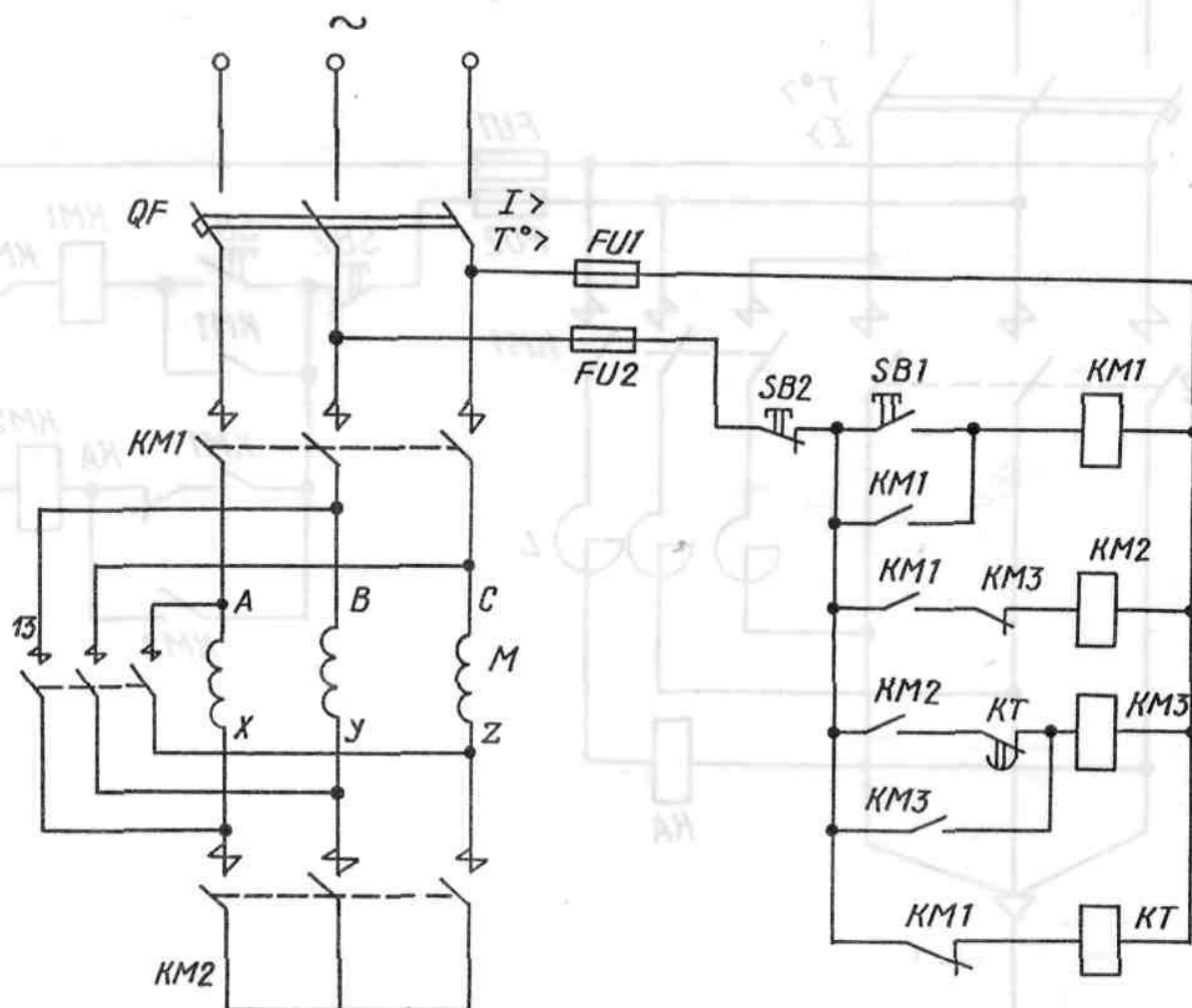


Рис.П5.4 Схема защиты и управления пуском короткозамкнутого асинхронного двигателя

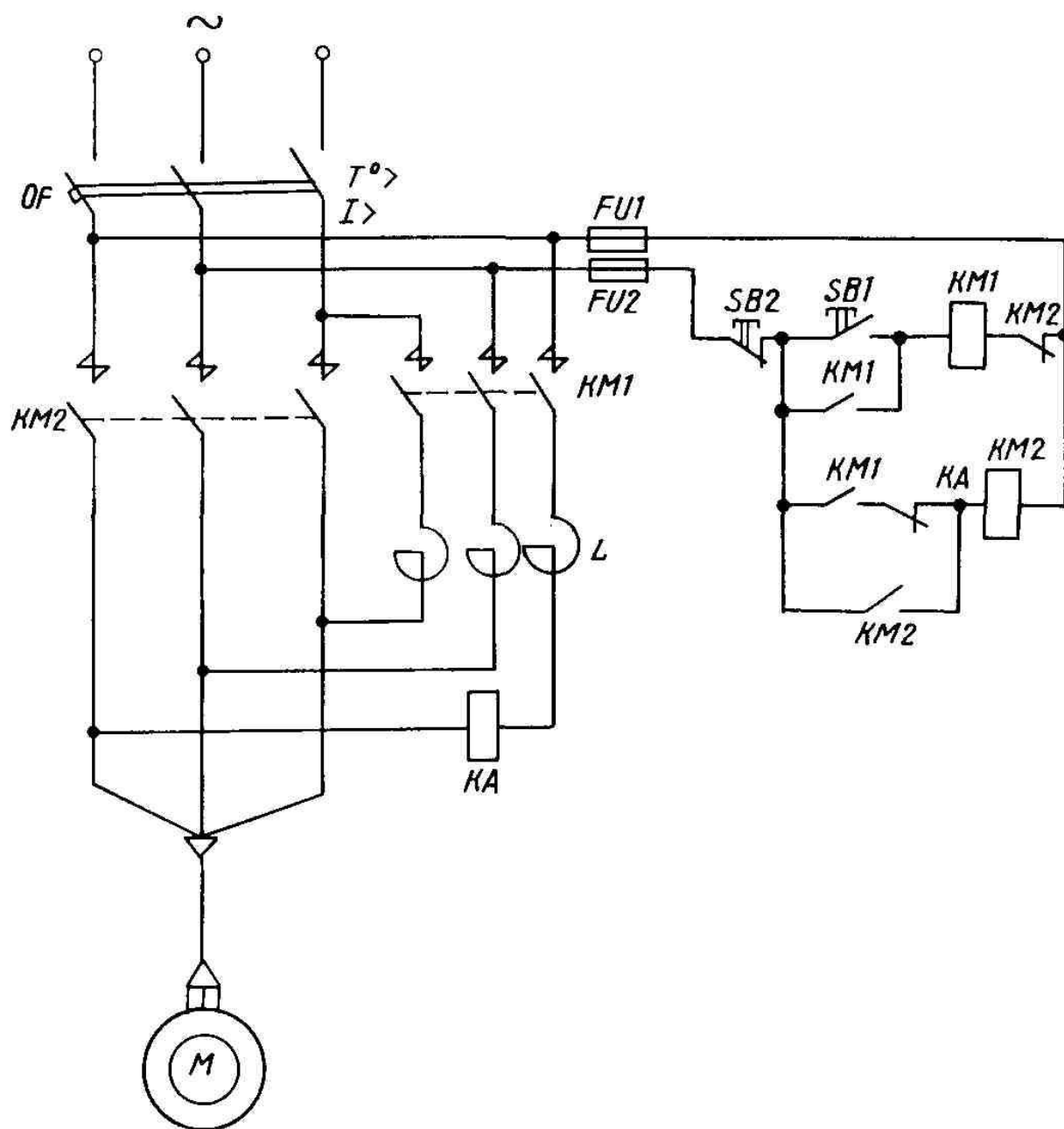


Рис.П5.5 Схема управления и защиты короткозамкнутого асинхронного двигателя

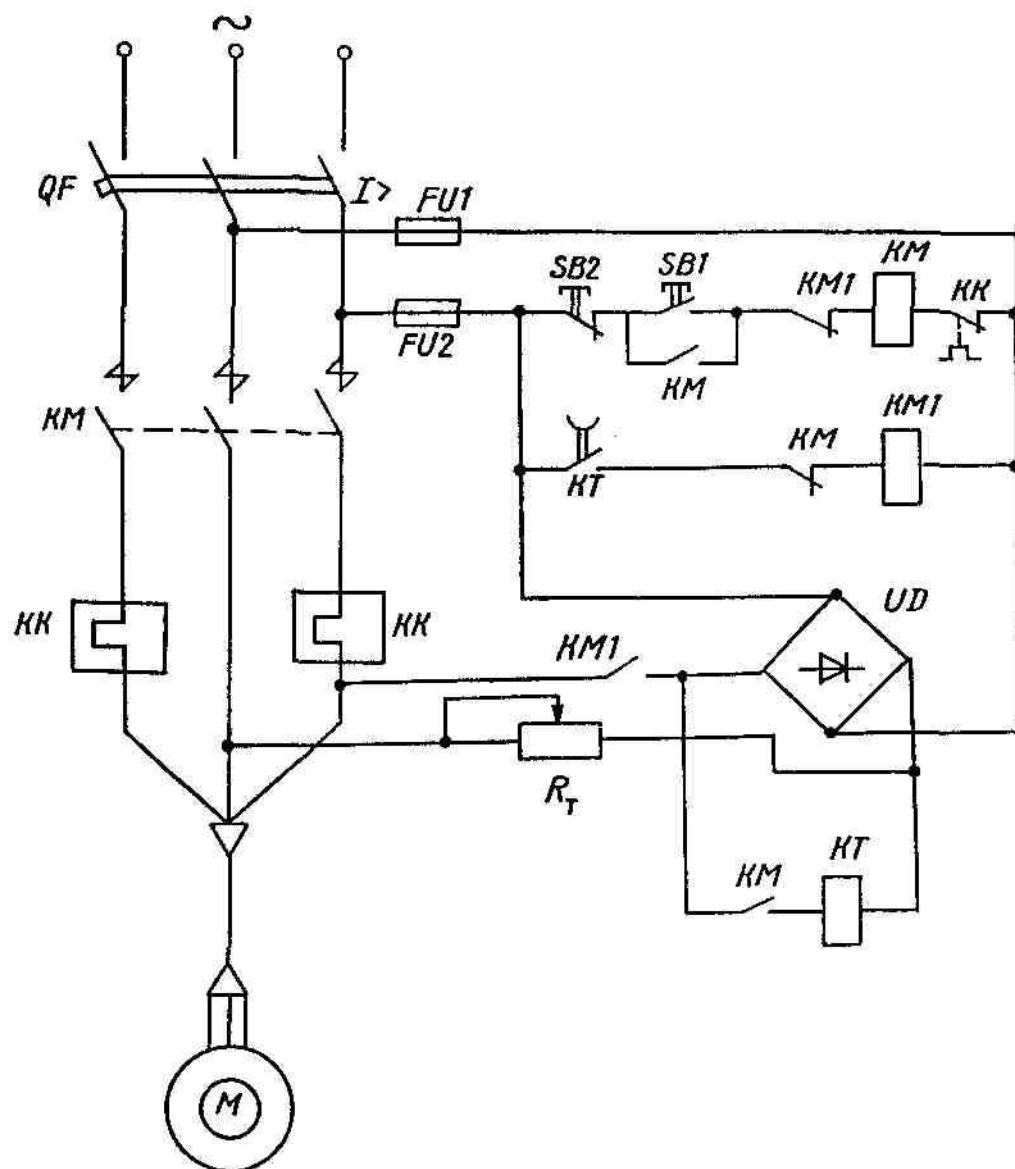


Рис.П5.6. Схема защиты, автоматического управления пуском и динамическим торможением короткозамкнутого асинхронного двигателя