

工厂电气设计手册

GONGCHANG DIANQI SHEJI SHOUC

上 册

1971

第六章 保护控制设备的选择及配线

6-1 按周围环境特征选择保护控制设备型式

一、保护控制设备构造型式的选择

表 6-1

序号	周围环境特征		允许采用的电器型式				
			开启式	保护式	防尘式	密封式	防爆式
1	干燥		(1)	○			
2	潮湿		(2)	○			
3	特别潮湿			(4)		○	
4	有不导电灰尘的	易排除, 并对绝缘无害的	(2)	○	○		
		难排除, 并对绝缘有害的	(3)	(4)	○	○	
5	有导电灰尘的		(3)	(4)	○		
6	有化学腐蚀的			(4)		○	
7	高温		(1)	○			
8	有火灾危险的	H-1		(4)		○	
		H-2	(3)	(4)	○	○	
		H-3	(3)	(5)	○		
9	有爆炸危险的	Q-1		(4)			○
		Q-2		(4)			○
		Q-3		(4)		○	
		G-1		(4)			○
		G-2		(4)	○	○	

续表6-1

序号	周围环境特征		允许采用的电器型式				
			开启式	保护式	防尘式	密封式	防爆式
10	室外	露天	(6)	(6)		○	
		在保护棚下		○	○		

注：1. ○表示推荐采用。

2. ()表示允许在一定条件下使用，括号内数字为规定条件，见下述说明：

(1) 装在保护箱柜内或有围栏的控制屏上，仅允许运行人员接触。

(2) 装在可以锁门的控制箱柜内，或装在特别隔开房间内的控制屏上，该房间仅允许运行人员进入。

(3) 装在用不燃材料制成的防尘式控制箱柜内。

(4) 装在邻近适于安装该类设备的房间，或单独的配电室内。

(5) 装在与可能堆积易燃品的地方保持适当的距离处，使易燃品不致因电气设备可以产生的火花而引起燃烧。

(6) 装在适合于户外使用的控制箱柜内。

3. 空格内表示不准或不推荐使用。

二、有爆炸和火灾危险场所的等级划分

1. 爆炸和火灾危险等级的划分

表 6-2

场所等级	场 所 情 况
(1) 含气体或蒸汽—空气爆炸混合物的爆炸危险场所	
Q-1	在正常情况下能短期或周期地形成爆炸性混合物的场所
Q-2	在正常情况下不能形成，而仅在不正常情况下才形成爆炸性混合物的场所
Q-3	在正常情况下不能形成，而仅在不正常情况下能局部地形成爆炸性混合物的场所
(2) 粉尘或纤维—空气爆炸性混合物的爆炸危险场所	
G-1	在正常情况下能短期或周期地形成爆炸性混合物的场所
G-2	在正常情况下不能形成，而仅在不正常情况下才能形成爆炸性混合物的场所

续表6-2

場所等級	場 所 情 况
(3) 火 灾 危 险 場 所	
H-1	在生产过程中产生、使用、加工、贮存或转运闪点高于場所内周围环境温度的可燃液体而在量上和配置上能引起火灾的場所
H-2	在生产过程中能形成不在爆炸极限范围内的悬浮状可燃粉尘(或可燃纖維)与空气形成的混合物、堆积状可燃粉尘(或可燃纖維)而在量上和配置上能引起火灾的場所
H-3	在生产过程中产生、使用、加工、贮存或转运固体状可燃物质而在量上和配置上能引起火灾的場所

2. 气体或蒸气-空气爆炸性混合物的分级和分组

(1) 按传爆能力分为3级,以数字2.3.4表示,见表6-3。

(2) 按自燃温度分为5组,以字母a, b, c, d, e表示,见表6-4。

表 6-3

爆炸性混合物的級別	間隙长度为25毫米时即能传爆的間隙宽度,(毫米)
2	大于0.6
3	大于0.4至0.6
4	等于或小于0.4

表 6-4

爆炸性混合物的組別	自燃温度(°C)
a	大于450
b	大于300至450
c	大于200至300
d	大于135至200
e	自100至135

(3) 常见的气体或蒸气-空气爆炸性混合物分级和分组的实例见表6-5。

表 6-5

名 称 級別	組別	a	b	c	d	e
2		氨、甲烷、丙酮、乙烷、苯、醋酸、醋酸乙酯、一氯化碳、甲醇、丙烷、甲苯	乙醇、异醋酸戊酯、正丁烷、醋酸酐、正丁醇、环氧己烷	汽油、正己烷	乙醚、乙醛	
3		乙烯、市用煤气				
4		氢、水煤气	乙炔			二硫化碳

注:表6-5中爆炸性混合物的危险程度是按数字和字母的顺序递增的。

3. 与爆炸危险场所毗连而用墙相隔的场所等级的划分

表 6-6

爆炸危险场所的等级	毗连而用墙相隔的场所等级	
	相隔一道有门的墙	相隔两道有门的墙(通过走廊或套间)
Q-1	划作Q-2级	无爆炸和无火灾危险
Q-2	划作Q-3级	无爆炸和无火灾危险
Q-3	无爆炸和无火灾危险	
G-1	划作G-2级	无爆炸危险
G-2	无爆炸危险	

6-2 熔断器的选择

一、熔断器熔体电流的确定

1. 按回路的正常运行情况

熔体额定电流 I_{er} 应不小于回路计算电流 I_{js} $I_{er} \geq I_{js}$

2. 按回路的起动情况

(1) 单台电动机回路 $I_{er} \geq \frac{I_{qd}}{a}$

(2) 配电干线回路 $I_{er} \geq \frac{I_{qd1} + I_{js(n-1)}}{a}$

式中: I_{qd} ——电动机起动电流(安);

I_{er} ——熔体额定电流(安);

I_{qd1} ——回路中最大一台电动机的起动电流(安);

$I_{js(n-1)}$ ——回路中除去起动电流最大的一台电动机外的计算电流(安);

a ——系数, 详见表 6-7;

[6-4]

表 6-7

熔断器型号	熔体材料	熔体电流	α 值	
			电动机轻载起动	电动机重载起动
RTO	铜	50安及以下	2.5	2
		60~200 安	3.5	3
		200安以上	4	3
RM10	锌	60安及以下	2.5	2
		80~200安	3	2.5
		200安以上	3.5	3
RM1	锌	10~350安	2.5	2
RL1	铜、银	60安及以下	2.5	2
		80~100安	3	2.5
RC1A	铅、铜	10~200安	3	2.5

注：1.上表系根据熔断器特性曲线分析而得。

2.轻载起动时间按 6~10 秒考虑，重载起动时间考虑 15~20 秒。

3. 熔断器与熔断器之间的配合

为了保证动作的选择性，一般要求前一级熔体电流应比下一级熔体电流大两至三级。

二、熔断器额定电流的确定

1. 按熔体的额定电流及产品样本所列的数据即可确定熔断器的额定电流。

2. 按短路电流选择

熔断器的最大开断电流应大于安装熔断器之回路的冲击短路电流有效值。由于熔断器经受回路的冲击短路电流时，一般在 0.01 秒内熔断，所以需用冲击短路电流有效值来校验。通常制造

〔6-5〕

厂提供熔断器的开断电流为周期分量有效值,对于接自 1000 千伏安及以下变压器的低压线路,用短路电流周期分量有效值来校验可满足要求。

$$I_{k.d.r} \geq I_d$$

式中: $I_{k.d.r}$ ——熔断器开断电流;

I_d ——回路的三相短路电流周期分量有效值 (参阅第二章短路电流计算)。

三、熔断器安秒特性曲线

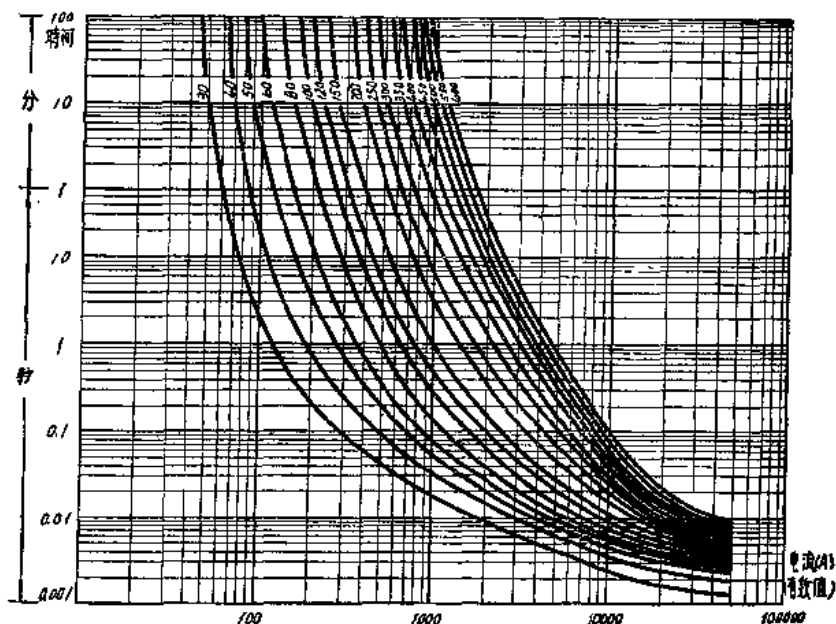


图6-1 RTO 系列熔断器安秒特性曲线

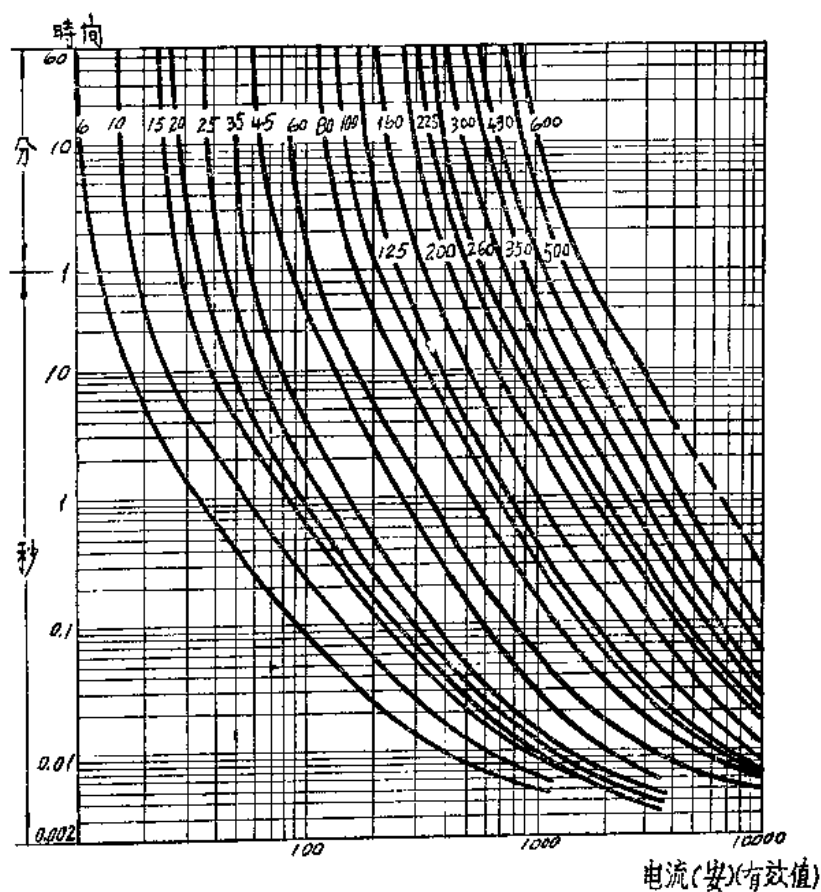


图6-2 RMI0 系列 380 伏熔断器安秒特性曲线

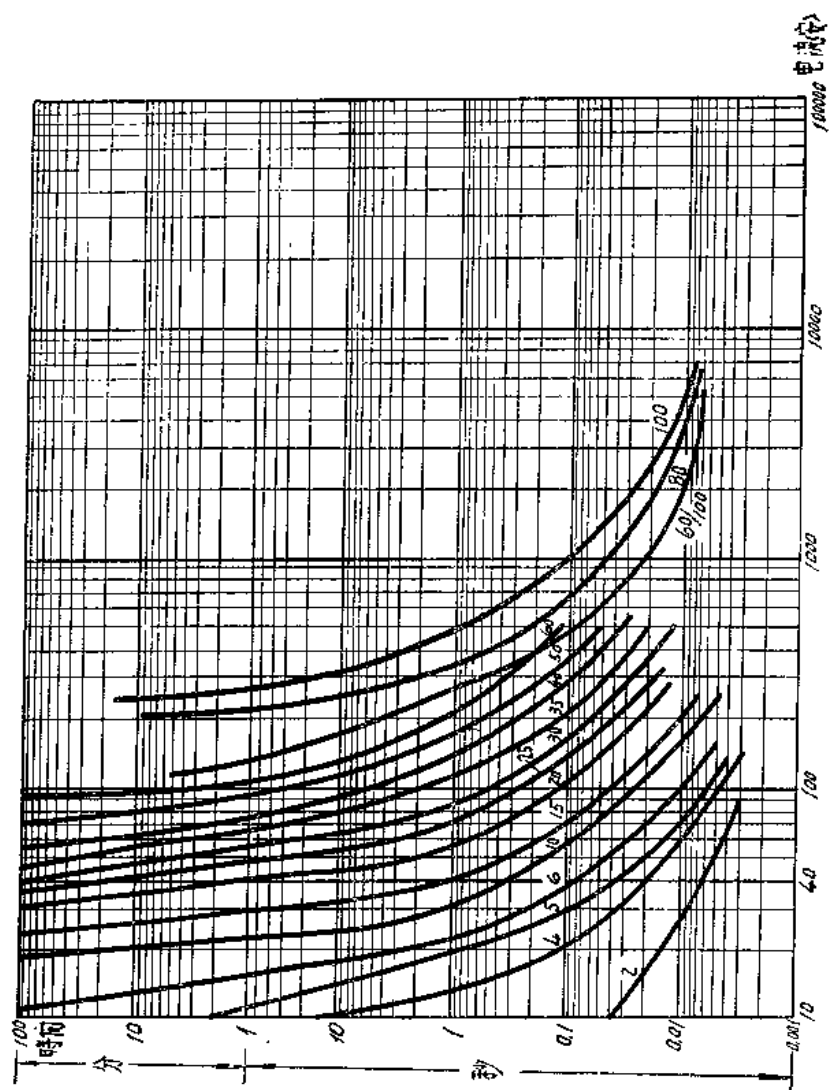


图6-3 RL1 系列熔断器安秒特性曲线

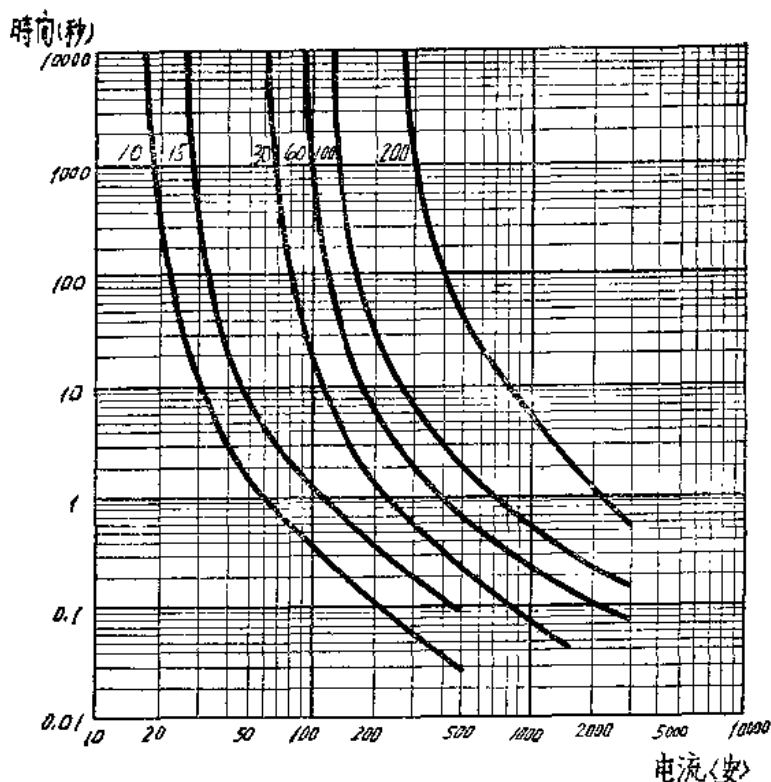


图6-4 RC1A 系列熔断器安秒特性曲线

6-3 自动空气开关的选择

一、自动空气开关瞬时脱扣器电流的确定

1. 瞬时脱扣器的整定电流应大于回路最大尖峰电流。

(1) 单台电动机回路

$$I_{zd} \geq K I_{qd}$$

式中: I_{zd} ——自动空气开关脱扣器瞬时动作整定电流 (安);

I_{qd} ——电动机起动电流 (安);

K ——可靠系数，考虑整定误差及起动电流容许变化。动作时间在 0.02 秒以上的自动空气开关采用 1.35（如 DW 型）；动作时间在 0.02 秒以下的自动空气开关采用 1.7（如 DZ 型）。

（2）配电干线回路

$$I_{zd} \geq K(I_{qd1} + I_{js(n-1)})$$

式中： I_{zd} ——自动空气开关脱扣器瞬时动作整定电流（安）；

K ——可靠系数，采用 1.3；

I_{qd1} ——回路中最大一台电动机的起动电流（安）；

$I_{js(n-1)}$ ——回路中除去最大一台电动机外的计算工作电流（安）。

（3）按短路电流校验脱扣器整定电流的灵敏度

$$K_L^{(2)} \leq \frac{I_d^{(2)}}{I_{zd}} \quad K_L^{(1)} \leq \frac{I_d^{(1)}}{I_{zd}}$$

式中： $I_d^{(2)}$ ——电动机进线端或车间配电箱母线上两相短路电流（安）；

$I_d^{(1)}$ ——电动机进线端或车间配电箱母线上单相短路电流（安）；

$K_L^{(2)}$ ——两相短路灵敏系数，采用 2；

$K_L^{(1)}$ ——单相短路灵敏系数，对 DZ 型自动空气开关采用 1.5，其它型自动空气开关采用 2。

二、自动空气开关热脱扣器电流的确定

1. 热脱扣器的额定电流必须大于回路的计算电流。在采用复式脱扣器时，并需与瞬时脱扣器的整定电流相配合。

2. 检验热脱扣器在过负荷时是否可靠地动作。

3. 热脱扣器在电动机正常起动时不应动作。

[6-10]

三、自动空气开关额定电流的确定

1. 自动空气开关及其脱扣器的额定电流 I_e 应不小于回路的计算工作电流 I_{js}

$$I_e \geq I_{js}$$

2. 按短路电流校验

(1) 在 0.02 秒以上动作的自动空气开关 (如 DW 型)

$$I_{kd} \geq I_d$$

式中: I_d ——回路的短路电流周期分量有效值 (安);

I_{kd} ——自动空气开关开断电流 (周期分量有效值) (安)。

(2) 在 0.02 秒以下动作的自动空气开关 (如 DZ 型)

$$I_{kd} \geq I_c$$

式中: I_c ——短路开始第一周期内的全电流有效值 (安);

I_{kd} ——自动空气开关开断电流 (冲击电流有效值)。如制造厂提供的开断电流为峰值时, 可按峰值校验。

6-4 电缆及导线与保护装置的配合

为了使熔断器及自动空气开关等保护装置在网络过载或短路时能可靠地保护电缆及导线, 电缆及导线的允许持续电流与熔断器熔体电流、自动空气开关脱扣器整定电流之间须有如表 6-8 所列的关系。

工业企业的电力网络, 仅当网络的工作情况, 电缆和导线有可能发生长期过负荷时, 才须设过负荷保护。

工业企业的生活福利场所、仓库, 以及宿舍照明线路须考虑过负荷保护装置, 此时导线及电缆长期允许持续电流应不小于保护装置额定电流的 125%。

在有爆炸危险场所，表 6-8 所列的数据不适用于供电给鼠笼型电动机的分支线路。

表 6-8

保护装置	无爆炸危险场所			有爆炸危险场所	
	过负荷保护		短路保护	橡皮绝缘	纸绝缘电缆
	橡皮绝缘 电缆及导线	纸绝缘电缆	电缆及导线	电缆及导线	
电缆及导线允许持续电流 I					
熔断器熔体 电流 I_{er}	$I_{er} \leq I$	$I_{er} \leq I$	$I_{er} \leq 3I$	$I_{er} \leq 0.8I$	$I_{er} \leq I$
自动开关热 脱扣器整定 电流 I_{zd}	$I_{zd} \leq I$	$I_{zd} \leq 1.25I$	$I_{zd} \leq 1.5I$	$I_{zd} \leq I$	$I_{zd} \leq 1.25I$
自动开关电 磁脱扣器整 定电流 I_{sd}			$I_{sd} \leq 4.5I$		

6-5 鼠笼型电动机起动电压的计算

一、电动机直接起动的条件

鼠笼型电动机的起动有直接起动及降压起动两种方式。直接起动是最简单和最可靠的起动方式，投资省，起动时间短，但具有较大的起动电流。一般当电动机容量大于供电变压器容量的 20% 以上时，电动机直接起动可能会引起供电母线电压降超过允许值，影响其他电气设备的正常工作。

电动机能否直接起动的条件是：

1. 电动机起动时，变电所母线电压降不超过允许值：电动机经常起动时母线允许最大电压降为 10%，电动机不经常起动 [6-12]

时为 15%。

2. 供电设备的短时过负荷应不超过最大允许值。对于供电变压器，每天起动 6 次，连续时间不超过 15 秒，变压器的负荷率小于 0.9 时，最大起动电流为 4 倍。

二、电动机起动电压的计算

1. 电动机起动时母线电压：

计算时假定变压器高压侧容量为无限大，同时电动机投入后变压器达满负荷运行，于是起动时母线平均电压为：

$$U_{2*} = \frac{1 + 0.6X_*}{1 + X_* \left(\frac{\sqrt{3} U_d \times 0.93 I_Q + S_b - 0.85 P_d}{S_b} \right)}$$

式中 U_{2*} ——电动机起动时母线电压标么值（以额定电压值为基准）；

X_* ——变压器电抗标么值（以本身容量为基准）；

U_d ——被起动电动机额定电压（KV）；

I_Q ——被起动电动机起动电流（A）

P_d ——被起动电动机额定容量（KW）；

S_b ——变压器额定容量（KVA）。

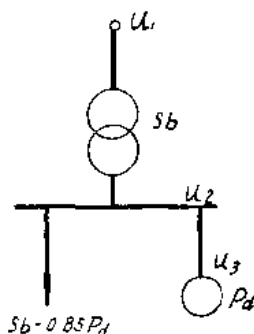


图6-5 结线原理图

2. 电动机起动时电动机端电压：

对于高压电动机，一般只需考虑起动时母线电压。对于低压电机，如果线路较长，就需要计及电动机至母线的一段线路中电压损失，此时可以先按上式求得起动时母线电压，然后按下式求

得电动机起动端电压:

$$U_{3*} = \frac{U_{2*}}{1 + \frac{\sqrt{3} I_D (0.4 r_0 + 0.85 x_0) l}{U_d \times 10^6}}$$

式中: U_{3*} ——电机起动时端电压标么值 (以额定电压值为基准);

r_0 ——线路比电阻 (毫欧/米) 或 (欧/公里);

x_0 ——线路比电抗 (毫欧/米) 或 (欧/公里);

l ——线路长度 (米);

I_D ——起动电流 (安)。

3. 线路阻抗值:

架空线路 r_0 及 x_0 参见表 4-9。

低压电缆线路及室内导线的 r_0 及 x_0 参见表 6-9:

表 6-9

线 芯 截 面 (mm ²)	$r_0(\Omega/\text{KM})$		$x_0(\Omega/\text{KM})$		线 芯 截 面 (mm ²)	$r_0(\Omega/\text{KM})$		$x_0(\Omega/\text{KM})$	
	铜	铝	明线敷设	穿管或 电 缆		铜	铝	明线敷设	穿管或 电 缆
16	1.17	1.95	0.29	0.0675	95	0.20	0.33	0.23	0.0602
25	0.76	1.25	0.27	0.0662	120	0.155	0.255	0.22	0.0602
35	0.54	0.89	0.26	0.0637	150	0.125	0.21	0.214	0.0596
50	0.38	0.63	0.25	0.0625	185	0.10	0.165	0.207	0.059
70	0.27	0.44	0.24	0.0612	240	0.08	0.132	0.20	0.0587

对于 6~10KV 电缆, 可近似取 $x_0 \approx 0.08$ 。

4. 计算示例:

试求 JS127-6 电动机 ($P_d = 185\text{KW}$, $I_D = 1900\text{A}$, $U_d = 0.38\text{KV}$) 由 SJL-560/10 变压器供电 ($u_d\% = 4.5\%$) 线路为两根 120mm^2 铝芯电缆, 长度 50M, 求直接起动时低压母线上电压降及电动机端电压降。

[6-14]

$$\text{解: } U_{2*} = \frac{1 + 0.6 \times 0.045}{1 + 0.045 \times \frac{\sqrt{3} \times 0.38 \times 0.93 \times 1900 + 560 - 0.85 \times 185}{560}} = 0.90$$

$$U_{3*} = \frac{0.90}{1 + \frac{\sqrt{3} \times 1900(0.4 \times 0.255 + 0.85 \times 0.0602) - \frac{1}{2} \times 50}{0.38 \times 10^6}} = 0.87$$

由计算可见, 电机起动时, 母线上压降达 10%, 电动机端压降达 13%。

三、按电源容量确定直接起动电动机的最大功率

1. 确定鼠笼型电动机直接起动的经验数据

表 6-10

电动机连接处电源	允许直接起动的鼠笼型电动机最大功率
小型发电站	每 1KVA 发电机容量为 0.1~0.12KW
变 电 所	经常起动时: 不大于变压器容量的 20% 不经常起动时: 不大于变压器容量的 30%
高 压 电 网	不超过电动机连接处电网三相短路容量的 3%
“变压器—电动机”组	电动机容量不大于变压器容量的 80%

2. 6(10)/0.4 KV 变压器允许直接起动鼠笼型电动机最大功率

表 6-11

变压器供电 的其它负荷	起动时允许电压降 (%)	供电变压器容量 S_b (KVA)					
		100	180	320	560	750	1000
		起动鼠笼型电动机的最大功率 P_d (KW)					
$S_{fh} = 0.5S_b$	10	22	40	75	115	155	215
$\cos \varphi = 0.7$	15	30	55	100	185	240	280
$S_{fh} = 0.6S_b$	10	17	30	75	100	130	185
$\cos \varphi = 0.8$	15	30	55	100	185	240	280

注: 1. 上表所列数据系指电机与变电所低压母线直接相连时参考数据, 当供电线路较长时, 则应按前页所列公式计算。

2. S_{fh} 及 $\cos \varphi$ 为变压器所供给的其它负荷 (千伏安) 及其功率因数。

6-6 鼠笼型电动机降压

起动设备的选择

电动机的起动当根据计算在变压器母线电压水平或变压器过负荷的倍数不允许采用直接起动时，才采用降压起动。

一、选择降压起动设备需满足的基本条件

1. 母线电压降不超过允许值；
2. 变压器的过热不超过允许值；
3. 电动机的端子电压需满足起动转矩要求。

$$U_{d*} \geq \sqrt{\frac{1.1 M_{j*}}{M_{qd*}}}$$

式中： M_{j*} ——生产机械的起动初始静态力矩标么值；

M_{qd*} ——电动机的起动转矩，标么值；

U_{d*} ——电动机端子电压，标么值；

1.1——安全系数。

表 6-12 常用生产机械所需力矩表

拖 动 机 械 名 称	所需起动静态力矩 (额定力矩的%)
离心式扇风机、鼓风机、空压机、水泵	30
往复式空压机、真空泵	40
皮带运输机	140~150
球磨机	120~130
持续额定容量的交、直流发电机	12
允许25%过负荷（与额定容量比）的交、直流发电机	18

[6-16]