

第3章 低压电器、导线、电缆及电线管的选择

牟世鹏

第1节 低压电器的选择

(一) 选择的一般要求

1. 按正常工作条件选择

1) 电器的额定电压应不低于所在网络的额定电压。电器的额定频率应符合所在网络的额定频率。

2) 电器的额定电流应不低于所在回路的负载计算电流。

3) 切断负载电流的电器，应校验其断开电流，接通或断开启动尖峰电流的电器应校验其接通、开断能力和操作频率。

4) 保护电器还应按保护特性选择。

2. 按短路工作条件选择

1) 可能通过短路电流的电器，应能满足在短路条件下的动稳定和热稳定的要求；

2) 断开短路电流的电器还应满足在开断短路电流条件下的动稳定和热稳定的要求。

3. 按使用环境选择

各种电器的选用应满足实际环境条件的要求。

1) 电工产品的使用环境，按各类环境中影响电工产品的主要环境因素确定各因素的等级，并结合各产品的环境条件，从而设计出相应防护类型的产品，电工产品的使用环境条件，如表3-1-1所示。

此外，还制定了电机、低压电器外壳防护等

表3-1-1 电工产品使用环境条件

环境因素	普通型	热带型		高原型		冶金型	化工防腐型	煤矿防爆型	工厂防爆型	
		湿热	干热	(参考举例)						
海拔高度 (m)	<1000	<1000	<1000	2000	4000		<1000			
空气温度	年最高 (°C)	40	40	45	35	25	(60)	40	35	40
	年最低 (°C)	+5、-10 -25、-40	0	-5	+5、-10、-25、-40	(-25、-40)	-40			
	年平均 (°C)	(20)	25	30	15	5				
	月平均最高 (°C)	(35)	35	43	30	20				
	日平均 (°C)	(30)	35	40	25	15				
	最大日温差 (°C)	(30)		30	30	30				
空气相对湿度 (%)	90(25°C)	95(25°C)	10(40°C)	90(15°C)	90(5°C)	90(25°C)	90(25°C)	90~97(25°C)	90(25°C)	
冷却水最高温度 (°C)	(30)	33	35							
1m深地下最高温度 (°C)	(25)	32	32	22	16					

环境因素	普通型	热带型		高原型		冶金型	化工防腐型	煤矿防爆型	工厂防爆型
		湿热	干热	(参考举例)					
最大降雨强度 (mm/10min)	(30)	50		30	30		50		
最大风速 (m/s)	(30)	35	40	△	△				
露、雪、霜、冰	△	△	△	△	△		△		△
盐 雾	△	△	△						
灰尘与砂尘	△		○(户外) △(户内)	△	△	○	△	○	△
霉 菌		○						○	△
有害动物	△	○	○						
腐蚀性气体							见表11-7		△
腐蚀粉尘							△		△
酸雾、碱雾							○		
爆炸性混合物								○	○
冲 击						△		○	
振 动						○			

注：1.除相对湿度栏外括号中的数据是参考值。

2.符号○表示由制造厂考虑，而△是由用户提出具体要求时制造厂可考虑。

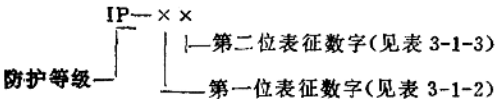
表3-1-2 第一位表征数字表示的防护等级

第一位表征数字	简 称	防 外 物 技 术 要 求
0	无 防 护	没有专门的防护
1	防护大于50mm的固体	能防止直径大于50mm的固体异物进入壳内 能防止人体的某一大面积部分（如手）偶然或意外地触及壳内带电或运动部分，但不能防止有意识地接近这些部分
2	防护大于12mm的固体	能防止直径大于12mm的固体异物进入壳内 能防止手指触及壳内带电或运动部分
3	防护大于2.5mm的固体	能防止直径大于2.5mm的固体异物进入壳内 能防止厚度（或直径）大于2.5mm的工具、金属线等触及壳内带电或运动部分
4	防护大于1mm的固体	能防止直径大于1mm的固体异物进入壳内 能防止厚度（或直径）大于1mm的工具、金属线等触及壳内带电或运动部分
5	防 全	能防止灰尘进入量达到影响产品正常运行的程度 完全防止人体触及壳内带电或运动部分
6	尘 密	完全防止灰尘进入壳内 完全防止人体触及壳内带电或运动部分

表3-1-3 第二位表征数字表示的防护等级

第二位表征数字	简 称	防 外 物 技 术 要 求
0	无 防 护	没有专门的防护
1	防 滴	垂直的滴水应不能直接进入产品内部
2	15° 防 滴	与铅垂线成15°角范围内的滴水应不能直接进入产品内部
3	防 淋 水	与铅垂线成60°角范围内的淋水应不能直接进入产品内部
4	防 溅	任何方向的溅水对产品应无有害的影响
5	防 喷 水	任何方向的喷水对产品应无有害的影响
6	防海浪或强力喷水	猛烈的海浪或强力喷水对产品应无有害的影响
7	浸 水	产品在规定的压力和时间下浸在水中, 进水量应无有害的影响
8	潜 水	产品在规定的压力下长时间浸在水中, 进水量应无有害的影响

级。第一种防护是防止固体异物进入壳内及防止人体触及壳内带电或运动部分的保护(见表3-1-2), 第二种防护是防止水进入壳内达到有害程度的防护(见表3-1-3)。它们通常用下列方法表示:



2) 多尘场所。多尘场所作业的厂矿, 其空间含尘浓度的高低随作业性质、破碎程度、空气湿度、风向等不同而有很大差异。多尘场所中灰尘量值用在空气中的浓度(mg/m^3)或沉降量($\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$)来衡量。灰尘沉降量分级如表3-1-4所示。

表3-1-4 灰尘沉降量分级

级别	灰尘沉降量(月平均值) [$\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$]	说 明
I	10~100	清 洁 场 所
II	300~550	一 般 多 尘 场 所
III	≥550	多 尘 场 所

通常当灰尘和砂尘沉积在绝缘表面时, 会因吸

潮而使电气绝缘性能下降, 而导电性能强的灰尘更容易造成绝缘漏电或短路现象。当电气触头上有砂尘沉积时, 接触电阻即增大, 甚至引起触头烧坏。酸性或碱性的腐蚀性灰尘均易潮解, 从而使电工产品的金属零部件产生腐蚀。

对于存在非导电性灰尘的一般多尘场所, 宜采用防尘型(IP5X)电器。对于多尘场所或存在导电性灰尘的一般多尘场所, 宜采用尘密型(IP6X)电器。

(二) 刀开关的选择

刀开关按线路的额定电压、计算电流及断开电流选择, 按短路电流校验其动、热稳定。

刀开关断开负载电流不应大于制造厂容许断开的电流值。一般结构的刀开关通常不允许带负载操作, 但装有灭弧室的刀开关, 可不频繁带负载操作。

刀开关所在线路的三相短路电流不应超过制造厂规定的动、热稳定值。其值见表3-1-5。

表3-1-5 刀开关(机械工业部标准)动、热稳定性和保安性技术数据

额定工作电流 (A)	1 s 热稳定电流有效值 (kA)		电动稳定电流峰值 (kA)		极限保安电流峰值 (kA)	
	中央手柄式	杠杆操作式	中央手柄式	杠杆操作式	中央手柄式	杠杆操作式
$I_N \leq 100$	6	7	15	15	30	30
$100 < I_N \leq 250$	10	12	20	25	40	40
$250 < I_N \leq 400$	20	20	30	40	50	50
$400 < I_N \leq 630$	25	25	40	50	60	60
$630 < I_N \leq 1000$	30	30	50	70		95
$1000 < I_N \leq 1600$		35		90		110

(三) 熔断器的选择

首先应根据实际使用条件确定熔断器的类型，包括选定合适的类别和分断范围。具体参数的确定原则如下：

1. 按正常运行电流选择

熔断体额定电流 I_f 大于线路计算电流 I_c ，即

$$I_f \geq I_c$$

2. 按起动尖峰电流选择

属于该类性质的负载如电动机，它在起动时电流很大，因此选择时必须保证当电动机起动时熔体不会熔断，而在运行时又能对短路等故障起到应有的保护作用。保护电动机用熔体的选择可分两种情况：一为单台电动机，二为多台电动机。

(1) 单台电动机用熔体 对具有较大热惯性材料的熔体（如铅锡合金熔体）熔体的额定电流可按下式选择：

$$I_f \geq (1.0 \sim 1.2) I_N$$

式中 I_f ——熔断体的额定电流（A）；

I_N ——电动机的额定电流（A）。

若用热惯性较小材料的熔体材料（铜、银、锌等）时，则

$$I_f \geq \frac{I_{st}}{\alpha}$$

式中 I_{st} ——电动机的起动电流（A）；

α ——计算系数，见表 3-1-6。

表 3-1-6 计算系数 α

运行状况	起动时间 (s)	α 值
起动次数少	< 4	3~3.5
起动次数少	5~8	2.5
起动频繁、负载较	40	1.6~2

电动机的起动电流按下式确定：

1) 全电压起动

$$I_{st} = KI_N$$

式中 I_{st} ——电动机的起动电流（A）；

I_N ——电动机的额定电流（A）；

K ——起动电流倍数，一般笼型电动机 $K = 6 \sim 7$ 。

2) 用起动补偿器起动

$$I_{st} = K_1^2 KI_N$$

式中 K_1 ——起动补偿器所接抽头百分数。

3) 用 Y/△ 起动器起动

$$I_{st} = \frac{1}{3} KI_N$$

(2) 多台电动机共用熔断器 若用一组熔体来保护同时起动的几台电动机

$$I_f \geq \sum_{i=1}^n I_{st}$$

式中 I_{st} ——各台电动机起动电流。

若用一组熔体来保护不是同时起动的几台电动机时

$$I_f \geq \frac{I_{st, \max}}{\alpha} + \sum_{i=1}^{(n-1)} I_{st}$$

式中 $I_{st, \max}$ ——最大一台电动机或同时起动的一组电动机的起动电流；

I_{st} ——除最大一台电动机外各台电机额定电流；

α ——计算系数（见表 3-1-6）。

为计算方便熔断器熔体电流也常按下式计算：

不经常起动或起动时间不长（如一般机床电动机）情况下

$$I_f = I_{st} / (2.5 \sim 3) \quad (A)$$

经常起动或起动时间较长（如起重机电动机）情况下

$$I_f = I_{st} / (1.6 \sim 2.0)$$

式中 I_{st} ——电动机的起动电流。

如按起动情况求得的熔体电流低于线路计算电流，则仍按正常运行情况选用。

用于交流装置的快速熔断器的熔体电流须按交流装置容量考虑，小容量（晶闸管额定电流不超过 200 A）时可按下式选用：

$$I_f = 1.57 I_{s,0N}$$

式中 $I_{s,0N}$ ——晶闸管额定电流（平均值）（A）。

(3) 熔断器动作选择性的配合 熔断器与熔断器之间的配合，一般情况下可按时间-电流特性不相交或上一级熔断器的熔体电流与下一级熔断器的熔体电流之比不低于熔断器的选择比的原则选用。

(4) 额定电压、分断电流的确定 熔断器的额定电压不应低于线路额定电压，但当熔断器用于直流电路（如变频器控制电路中的直流部分）时，因没有电流过零点帮助灭弧，故在同样电压下，熔断器在直流电路中的总动作时间比在交流电路中长些。为此，制造厂除生产少数直流熔断器专供此用外，常采用重新确定交流熔断器额定电压（一般是

降低)或给出有关特殊的办法满足具体电路的需要。在选用这种用途的熔断器时,应注意制造厂提供的直流电路数据。

熔断器的最大分断电流应大于线路中可能出现的峰值短路电流有效值。

目前常用的熔断器产品有RM1、RM10系列无填料密闭管式熔断器(额定电流不超过600A),RT0系列有填料封闭管式熔断器(额定电流达1000A),RL1系列螺旋式熔断器(额定电流不超过200A)和RLS1、RS0、RS3等三个系列的快速熔断器。另外,还有RC1A插入式熔断器和R1玻璃管式熔断器(额定电流分别不超过100A

和10A),主要用于小型设备或网络末端小电流线路中。

常用的熔体有熔片和熔丝两种。熔片一般用铅、锡、铝等制成片状,在片上标注该熔片的额定电压和额定电流。熔丝一般制成圆形或扁形丝状。常用的有青铅合金丝、铅锡合金丝及铜丝三种,依不同的直径(或尺寸)而有着不同的安全电流。表3-1-7为铅、锡合金丝规格,表3-1-8为青铅熔丝规格,表3-1-9为铜熔体规格,表3-1-10为熔断器的极限分断能力,表3-1-11为常用熔断器、熔管额定电流与熔体额定电流的选择表。

表3-1-7 铅锡合金丝(铅75%、锡25%)规格

直径 (mm)	近似英规线号①	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	近似英规线号①	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.508	25	2	3	1.63	16	11	16
0.5	24	2.3	3.5	1.83	15	13	19
0.61	23	2.6	4	2.03	14	15	22
0.71	22	3.3	5	2.34	13	18	27
0.813	21	4.1	6	2.65	12	22	32
0.915	20	4.8	7	2.95	11	26	37
1.22	18	7	10	3.26	10	30	44

① 英规即SWG,下同。

表3-1-8 青铅熔丝规格

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	近似英 规线号	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	截面积 (mm ²)	近似英 规线号	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.08	0.005	44	0.25	0.5	0.98	0.75	20	5	10
0.15	0.018	38	0.5	1	1.02	0.82	19	6	12
0.2	0.031	36	0.75	1.5	1.25	1.23	18	7.5	15
0.22	0.038	35	0.8	1.6	1.51	1.79	17	10	20
0.25	0.049	33	0.9	1.8	1.67	2.19	16	11	22
0.28	0.062	32	1.0	2	1.75	2.41	15	12	24
0.29	0.066	31	1.05	2.1	1.98	3.08	14	15	30
0.32	0.08	30	1.1	2.2	2.4	4.52	13	20	40
0.35	0.096	29	1.25	2.5	2.78	6.07	12	25	50
0.36	0.102	28	1.35	2.7	2.95	6.84	11	27.5	55
0.4	0.126	27	1.5	3	3.14	7.74	10	30	60
0.46	0.166	26	1.85	3.7	3.81	11.4	9	40	80
0.52	0.212	25	2	4	4.12	13.33	8	45	90
0.54	0.229	24	2.25	4.5	4.44	15.48	7	50	100
0.6	0.28	23	2.5	5	4.91	18.93	6	60	120
0.71	0.4	22	3	6	6.24	21.57	4	70	140
0.81	0.52	21	3.75	7.5					

表3-1-8 铜熔体规格

1-1 表

直径 (mm)	截面积 (mm ²)	近似英 规线号	额定电流 (A)	熔断电流 (A)	直径 (mm)	截面积 (mm ²)	近似英 规线号	额定电流 (A)	熔断电流 (A)
0.234	0.043	34	4.7	9.4	0.7	0.385	22	25	50
0.254	0.051	33	5	10	0.8	0.5	21	29	58
0.274	0.059	32	5.5	11	0.9	0.6	20	37	74
0.295	0.068	31	6.1	12.2	1	0.8	19	44	88
0.315	0.078	30	6.9	13.8	1.13	1	18	52	104
0.345	0.093	29	8	16	1.37	1.5	17	63	125
0.376	0.111	28	9.2	18.4	1.6	2	16	80	160
0.417	0.137	27	11	22	1.76	2.5	15	95	190
0.457	0.164	26	12.5	25	2	3	14	120	240
0.508	0.203	25	15	29.5	2.24	4	13	140	280
0.558	0.245	24	17	34	2.5	5	12	170	340
0.6	0.283	23	20	39	2.73	6	11	200	400

表3-1-10 熔断器的极限分断能力

型 号	熔管额定电流 (A)	极 限 分 断 能 力		备 注
		回路电压为 380 V 时 的交流电流周期分量有 效值 (A)	cosφ	
RM7	15	2000	0.7	广州第一电器厂的数据
	60	5000	0.5	
	100~190	20000	0.35	
RM10	15	1200		
	60	3500		
	≥100	10000		
RT0	50~600	50000	>0.3	
RT10	20~100	50000	0.25	宁波开关厂的数据
RT11	100~400	50000	0.25	闽清电瓷厂的数据
RC1A	5	250	0.8	上海金山电器厂的数据
	10	750		
	15	1000		
	30	1500	0.7	
	60	4000	0.6	
	100、200	5000		
RL1	15~60	25000	≥0.3	上海金山电器厂的数据
	100、200	50000		

表3-1-11 常用熔断器熔管额定电流与熔体额定电流的选择表

熔断器熔管额定电流 (A)	熔体额定电流(A)						
	RM7	RM10	RT0	RT10	RT11	RC1A	RL1
5						2, 5	
10						2, 4, 6, 10	
15	6, 10, 15	6, 10, 15				6, 10, 15	2, 4, 6, 10, 15
20				6, 10, 15, 20			
30				20, 25, 30		20, 25, 30	
50			5, 10, 15, 20, 30, 40, 50				
60	15, 20, 25, 30, 40, 50, 60	15, 20, 25, 35, 45, 60		30, 40, 50, 60		40, 50, 60	20, 25, 30, 35, 40, 50, 60
100	60, 80, 100	60, 80, 100	30, 40, 50, 60, 80, 100	60, 80, 100	60, 80, 100	80, 100	60, 80, 100
200	100, 120, 150, 200	100, 125, 160, 200	80, 100① 120, 150, 200		100, 120, 150, 200	120, 150, 200	100, 125, 150, 200
300					200, 250, 300		
350		200, 225, 260, 300, 350					
400	200, 250, 300, 350, 400	150①, 200①, 250, 300, 350, 400	150①, 200, 250, 300, 350, 400		300, 350, 400		
600	400, 450, 500, 550, 600	350, 430, 500, 600	350①, 400①, 450, 500, 550, 600				

① 尽可能不采用。

(四) 断路器的选择

断路器(原称自动开关)是一种不仅可以通、断正常负载电流、电动机工作电流和过载电流,而且可以分断短路电流的开关电器。

选用时首先根据具体使用条件选择使用类别,其次选择具体参数,可按额定工作电压、额定电流、脱扣器整定电流和分励、欠压脱扣器的电压、电流等几个参数分别进行,并需对短路特性和灵敏系数进行校验。

1. 额定工作电压和额定工作电流的确定

断路器的额定工作电压和额定工作电流应分别不低于线路的额定电压和计算电流。额定工作电压与通断能力及使用类别有关,同一类断路器可以有几个额定工作电压和相对应的通断能力及使用类别。

2. 长延时脱扣器整定电流的确定

所选断路器的长延时脱扣器整定电流应大于或等于线路的计算负载电流,可按计算负载电流的1~1.1倍确定;同时应不大于线路导体长期允许电流的0.8~1倍。

3. 瞬时或短延时脱扣器整定电流的确定

所选断路器的瞬时或短延时脱扣器整定电流应大于线路尖峰电流。配电断路器可按不低于1.35倍尖峰电流的原则确定,电动机保护电路当动作时间大于0.02s时可按不低于1.35倍起动电流的原则确定,如果动作时间小于0.02s,则应增加为不低于起动电流的1.7~2倍。这些系数是考虑到整定误差和电动机起动电流可能变化等因素而定的。

4. 短路通断能力和短时耐受能力校验

断路器的额定短路分断能力和额定短路接通能力应不低于其安装位置上的预期短路电流。当动作

时间大于 0.02 s 时,可不考虑短路电流的非周期分量,即把短路电流周期分量有效值作为最大短路电流;当动作时间小于 0.02 s 时,应考虑非周期分量,即把短路电流第一周期内的全电流作为最大短路电流。

(五) 交直流接触器的选择

接触器用途广泛,应根据不同的使用条件,正确地选择产品类型和容量等级,才能保证接触器在控制系统中长期可靠运行。

1. 型式的确定

常用接触器多为空气电磁式,型式的确定主要依据电路情况而定选极数和电流。三相交流电路中一般选三极接触器,单相及直流系统中则常用两极或三极并联,当交流接触器用于直流系统时,也采用各极串联方式,以提高分断能力。

2. 主电路参数的确定

选用时需确定主电路参数,主要有额定工作电压(含频率)、额定工作电流(或额定控制功率)、额定通断能力和耐受过载电流能力。

3. 控制电路、辅助电路参数的确定

接触器的线圈电压应按选定的控制电路电压确定,一般情况下多用交流控制,当操作频繁时则常选用直流(220、110V两种)。

接触器辅助触头种类及数量一般可在一定范围根据系统控制要求确定其常开、常闭数量及组合型式,同时应注意辅助触头的通断能力,当触头数量和其他额定参数不能满足系统要求时,可增加接触器式继电器以扩大功能。

一般情况下,回路有 1~5 个接触器时,控制电压可采用 380V,当回路超过 5 个接触器时,控制电压采用 220 或 110V,此时均需加装隔离用的控制变压器。

4. 动、热稳定校验

当线路发生三相短路时,其短路电流不应超过接触器的动、热稳定值;当使用接触器切断短路电流时还应校验其分断能力。

5. 允许动作频率校验

根据操作次数校验接触器所允许的动作频率。接触器在以下频繁操作时,实际操作频率超过容许值、密接起动(电机起动后尚未达到稳定速度就立即停电,之后又再次起动并反复进行)、反接制动及频繁正反转,为了防止主触头的烧蚀和过早损

坏,应将触头的额定电流降低使用(一般可降一个电流等级或选大 1~2 档),或改用重任务型接触器。这种接触器由于采用了银铁粉末冶金触头材料,改善了灭弧措施,因而在同样的额定电流下能适应更繁重的工作。

(六) 热继电器的选择

热继电器常作为一般工业中的长期或断续运转交流电动机的运行和起动过程中的过载保护之用,有的还可作断相保护。

1. 整定电流的确定

一般情况下,按电动机额定电流选择热继电器热元件型号规格,热元件的额定电流常取电动机额定电流的 1.05 倍。根据热继电器保护特性选择留有一定上下调整范围的整定电流。当电动机长期过负载 20% 时应可靠动作,且继电器的动作时间必须大于电动机长期允许过负载及起动的的时间。整定电流常取电机额定电流的 1.2 倍。

2. 电流互感器的确定

对于起动时间较长的电动机,为防止误动作,常选用速饱和电流互感器和热继电器配合使用。

3. 温度对电流的影响

当环境温度与厂家规定的最高温度不符时,对无补偿的热继电器(如 JR2 型)应按下式修正:

$$I_t = I_{35} \sqrt{\frac{95-t}{60}}$$

式中 I_t ——环境温度为 t °C 时的额定电流(A);

I_{35} ——环境温度为 35°C (厂家规定) 时的额定电流(A);

t ——环境温度(°C)。

4. 返回时间的确定

根据电动机的起动时间,按大于或等于 3、5 及 8 s 返回时间,选取 6 倍额定电流下具有相应可返回时间的热继电器。一般热继电器在 6 倍额定电流下的可返回时间与动作时间有如下关系:

$$t_r = (0.5 \sim 0.7) t_a$$

式中 t_r ——热继电器在 6 倍额定电流下的可返回时间(s);

t_a ——热继电器在 6 倍额定电流下的动作时间(s);从冷态开始,对于 JR0、15、16 系列该值大于 5 s。

5. 其他

1) 需要断相保护时,宜选用带差动导板的三

相热继电器（如JR0-D）。

2) 由于在电动机启动次数较多时，热继电器可能误动作，因此在控制重复短时工作制的笼型和绕线转子异步电动机时，不宜用热继电器作过载保护。

3) 相数的确定

- ① 一般情况下可选用两相结构的热继电器；
- ② 有下列情况之一者可选用三相结构的热继电器：

a. 电网电压均衡性差；
b. 工作环境恶劣，很少有人看管的电动机；
c. 与大容量电动机并联运行（公用同一组熔断器或供电变压器）的小容量电动机。

4) 该继电器要远离发热电器（如电阻器）安装。

5) 与热继电器连接的铜导线截面大小将影响其动作性能，因此连接导线要满足如下搭配：

继电器额定电流 (A)	10、20、40、60、100、150
所需连接导线截面积 (mm ²)	2.5、4、6/10、16、25、35

6) 下列情况可不使用热继电器：如必须使用也要设法短接，使其避开启动电流，以免误动作。

- ① 操作次数过多、过于频繁（如点动）；
- ② 工作时间短、间歇时间长（如机床刀架或工作台的快速移动）；
- ③ 启动时间过长、过载可能性小（如排风扇）。

(七) 保护继电器的选择

电气控制电路中，保护继电器种类很多，这里只介绍几种常用型。

1. 过电流继电器

过电流继电器可做电路的过载保护，对于频繁操作的电动机，通常用电磁式过电流继电器作短路保护，此时可按下述要求选择：

- 1) 根据电流种类，选择继电器的型式。
- 2) 继电器额定电流应大于或等于电动机的额定电流。

3) 继电器动作电流应整定为(1.1~1.3)倍电机启动电流。启动电流的确定原则：对于绕线转子电动机或直流电动机，取其额定值的(2~2.5)倍，对于笼型电动机，则取其额定值的(5~7)倍。继电器的动作电流还应留有一定的上下限调整

范围。

4) 经常有人操作的电动机宜选用自动复归式过电流继电器；而经常无人操作处则宜选用手动复归的过电流继电器。

2. 欠电流继电器

欠电流继电器多用于直流电动机的励磁回路作弱磁超速保护。其选用原则如下：

1) 继电器额定电流大于或等于电动机的额定励磁电流；

2) 继电器的释放电流为电动机最小励磁电流的85%，且留有一定的上下限调整范围。

3. 堵转保护用过电流继电器

重复短时运转的笼型异步电动机，用过电流继电器和热电器均不能起过载保护作用。所以选用带延时的过电流继电器组成堵转保护环节，其延时时间略大于电动机的启动时间，其整定值应使其在电动机长期过载或堵转时，继电器动作，而在电流接近额定电流时继电器应释放。常用高返回系数的过电流继电器，有JL14-JG、JL15型。JL14-JG的负载持续率FC为40%，当FC大于40%时，应当将线圈的额定电流选大一档。

4. 过电压继电器

电气回路中，过电压保护多用于直流发电机端电压的保护，目前常用的JT3系列直流电压继电器，其选择条件如下：

1) 当控制系统过电压时，加在继电器线圈两端的电压不应超过额定值。

2) 过电压继电器的动作整定值一般为线路额定电压的(1.1~1.15)倍。JT3线圈的额定电压为220V而吸合动作电压是它的30%~50%，当用于220V线路上作过电压保护时，线路的过电压将超过继电器的额定电压值，为了能保护线路过电压，又不使继电器的电压超过其额定值，通常在线圈回路中串一电阻R。其计算方法如下：

假定吸引电压为继电器线圈额定电压 U_k 的40%，则

$$0.4U_k = (1.1 \sim 1.15)U_N \frac{R_k}{R_k + R}$$

$$R_k = (2.75 \sim 2.88) \frac{U_N}{U_k} R_k - R_k$$

式中 U_k ——继电器线圈额定电压(V)；

U_N ——控制系统线路额定电压(V)；

R_k ——附加电阻(Ω)；

R_k ——继电器线圈电阻(Ω)。

5. 欠电压继电器

电动机回路设置欠电压保护的目的在于当电源电压显著降低或完全消失时将电动机从线路上切除,以防止电源电压恢复时,电动机自启动而引起设备及人身事故的发生。同时也能保护电动机不致因长时间低电压而超载运行。其选择条件是根据线路电压而定。一般控制系统对释放电压无特殊要求。

当用接触器作起动控制设备时,在线路电压显著降低(降低40%以上)时,接触器起欠电压保护作用而自动地将电动机从线路上切除。

第2节 导线、电缆及 电线管的选择

(一) 导线截面的选择

1. 选用原则

电气装备用电线、电缆来进行输送电能,传递各种信号。500V以下低压电线、电缆的选用原则是:

1) 电力负载为长期工作制的供配电线路,导线截面按半小时最大负载电流来选择。

电力负载为长期工作制的用电设备,其导线截面按用电设备的额定电流选择。

电力负载为反复短时工作制的用电设备,即一个周期的总时间不超过10min,工作时间不超过4min,其导线截面允许的电流按下列情况确定:

① 截面积小于或等于 10mm^2 的铝线及截面积小于或等于 6mm^2 的铜线,其允许电流按长期工作制的负载计算;

② 截面积大于 10mm^2 的铝线或截面积大于 6mm^2 的铜线,其允许电流为长期工作制时的允许电流乘以 $0.8/\sqrt{FC}$ 。

电力负载为短时工作制的用电设备,其工作时间不超过4min,停歇时间内,电线或电缆能够冷却到周围环境温度,则电线或电缆的允许电流按反复短时工作制的规定计算,否则应按长期工作制计算。

2) 操作回路应用铜线,在下列场合尚须用多芯控制电缆;

- ① 线路复杂、数量多而集中;
- ② 重要的连锁与操作回路。

3) 下列线路须用铜芯线:

① 移动设备的线路,经常有振动的用电设备线路;

② 有腐蚀作用的场所(含大量碱性、酸性气体及严重盐雾处);

③ 有专门规定的场所。

4) 电线、电缆的最小截面积:

① 明敷时,铜线不小于 1mm^2 ,铝线不小于 2.5mm^2 ;

② 穿管敷设,铜线不小于 1mm^2 ,铝线不小于 2.5mm^2 。

但动力线路(含接至定子、转子、电柜、励磁绕组及制动器等电路)铜线截面积不小于 1.5mm^2 ;

③ 移动设备用的橡套电缆铜芯截面积不小于 2.5mm^2 。

5) 连接电动机转子和起动电阻器的电线或电缆截面按下列条件选择:

① 起动后转子电刷短接,起动转矩不超过50%额定转矩的轻起动时,按转子额定电流的35%选择截面积。其他情况按转子额定电流的50%选择。

② 起动后转子电刷不短接,按转子额定电流选择导线或电缆的截面积,转子的额定电流和电线的允许电流按电动机的工作制确定。

③ 对于反复短时工作制的JZR、JZ型电动机,其直流动力制动回路的电线或电缆截面积按表3-2-1考虑。

表3-2-1 动力制动回路导线截面积选择

三相异步电动机型式	JZR绕线转子型	JZ笼型
动力制动电流 I_b	$I_b = 2.5I_0$	$I_b = 2.5I_0$
非强迫通风时等效长期电流	$0.4I_b$	$0.4I_b$
强迫通风时等效长期电流	$0.6I_b$	$0.6I_b$

注: I_0 —定子三相空载电流(A);

I_b —动力制动的直流电流(A)。

6) 当所选择的电线、电缆截面积大于 95mm^2 时,宜改为用两根小的截面积代替。

7) 电线、电缆截面积选择后满足允许温升、电压损失及机械强度等要求。

2. 按允许温升选择导体截面积

1) 长期工作制负载 电线、电缆按发热条件

所允许电流应大于或等于线路的计算电流。这是保证电线、电缆的实际工作温度不超过允许值的充分条件。

① 线芯的允许温度如表 3-2-2 所示。

表3-2-2 低压电线和电缆的线芯允许工作温度

电线名称	周围环境温度 (°C)	线芯允许工作温度 (°C)
铜芯或铜芯橡皮绝缘电线	25	65
铝芯或铜芯塑料绝缘电线	25	65

② 当敷设处周围温度不是表 3-2-2 所规定的值时, 则其载流量应乘以校正系数 K 。 K 值由下式求出:

$$K = \sqrt{\frac{T_1 - T_0}{T_1 - 25^\circ\text{C}}}$$

式中 T_0 ——敷设处的实际温度 (°C);

T_1 ——电线、电缆长期允许工作温度 (°C)。

为了查找方便, 表 3-2-3 列出了 10 多种环境温度情况下的 K 值供查阅。

③ 常用电线、电缆在几种不同敷设方式下长期连续 100% 负载下的载流量列在表 3-2-4~表 3-2-9 中。表中所列空气中敷设包括室内、沟内。表中间载流量除注明者外均指单根的。

表3-2-3 电线、电缆敷设在不同温度时的校正系数 K

周围环境温度 (°C)	5	10	15	20	25	30	
线芯允许工作温度 (°C)	+65	1.22	1.17	1.12	1.06	1	0.935
	+70	1.2	1.15	1.10	1.05	1	0.94
周围环境温度 (°C)	35	40	45	50	55		
线芯允许工作温度 (°C)	+65	0.865	0.79	0.706	0.61	0.5	
	+70	0.885	0.815	0.745	0.666	0.577	

2) 断续、短时工作制负载 绝缘导线、电缆在短时、断续负载下所允许通过的电流应为长期工作所允许载流量的 K_s 倍。

① 断续负载时

$$K_s = \sqrt{\frac{1 - e^{-T/\tau}}{1 - e^{-FC/\tau}}}$$

式中 T ——断续负载全工作周期内的工作时间 (min);

τ ——绝缘导线或电缆的发热时间常数;

FC ——负载持续率。

当 $T > 10\text{min}$, 或 $FC > 0.65$ 时 K_s 取 1。

表3-2-4 500V及以下塑料绝缘电线空气中敷设长期连续100%负载下的载流量

电线型号: BLV、BV、BVR、RVB、

RVS、RFB、RFS

线芯允许工作温度: +65°C

周围环境温度: +25、+30、+35、+40°C

(A)

标称截面积 (mm ²)	铝 芯				铜 芯			
	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C
0.75	—	—	—	—	16	15	14	13
1.0	—	—	—	—	19	18	16	16
1.5	19	18	16	15	24	22	21	19
2.5	25	23	21	19	32	30	28	25
4	32	30	28	25	42	39	36	33
6	42	39	36	33	55	51	48	43
10	59	55	51	47	75	70	65	59
16	80	75	69	63	105	98	91	85
25	105	98	91	83	138	128	119	109
35	130	121	112	103	170	159	147	134
50	165	154	143	130	215	201	186	170
70	205	192	178	159	265	248	229	209
95	250	234	216	197	325	304	281	256

表3-2-5 500V及以下橡皮绝缘电线空气中敷设长期连续100%负载下的载流量

电线型号: BLXF、BXF、BLX、BX、

BXR、BBLX、BBX

线芯允许工作温度: +65°C

周围环境温度: +25、+30、+35、+40°C

(A)

标称截面积 (mm ²)	铝 芯				铜 芯			
	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C
0.75	—	—	—	—	18	17	16	14
1.0	—	—	—	—	21	20	18	17
1.5	—	—	—	—	27	25	23	21
2.5	27	25	23	21	35	33	30	28
4	35	33	30	28	45	42	39	35
6	45	42	39	35	58	54	50	46
10	65	61	56	51	85	79	74	67
16	85	79	74	67	110	103	95	87
25	110	103	95	87	145	135	125	114
35	138	129	119	109	180	168	156	142
50	175	163	151	138	230	215	199	182
70	220	206	190	174	285	266	246	225
95	265	248	229	209	345	322	298	272
120	310	290	268	244	406	374	346	316
150	360	336	311	284	476	440	406	371
185	420	393	363	332	546	505	467	427
240	510	477	441	403	666	617	570	522
300	600	560	519	474	776	720	666	608
400	730	682	631	576	946	878	813	742

表3-2-6 500V及以下塑料绝缘电线穿金属管敷设长期连续100%负载下的载流量

电线型号: BLV、BV

线芯允许工作温度: +65°C

周围环境温度: +25、+30、+35、+40°C

(A)

标称 截面积 (mm ²)	根															
	2				3				4							
	铝		铜		铝		铜		铝		铜					
	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	
1.0	—	—	—	14	13	12	11	13	12	11	10	—	—	11	10	9
1.5	—	—	—	19	18	16	15	—	—	—	13	—	—	16	15	14
2.5	20	19	17	26	24	22	21	18	17	16	14	15	14	22	21	19
4	27	25	23	35	33	30	28	24	22	21	19	31	29	22	21	17
6	35	33	30	47	44	41	37	32	30	28	25	41	38	28	26	24
10	49	46	42	65	61	56	51	44	41	38	35	57	53	38	35	32
16	63	59	55	82	77	71	65	56	52	48	44	73	58	50	47	43
25	80	75	69	107	100	93	85	70	66	60	55	95	89	65	61	56
35	100	94	87	133	124	115	105	90	84	78	71	115	107	80	75	69
50	125	117	108	165	154	142	130	110	103	95	87	146	136	105	98	91
70	155	145	134	205	192	177	162	143	133	124	113	182	171	160	154	142
95	190	177	164	250	234	216	197	170	159	146	134	225	210	200	187	173
120	220	206	190	285	266	246	224	200	187	173	158	266	248	230	215	199
150	250	234	216	320	299	276	252	230	215	199	182	295	276	252	234	213

表3-2-7 500V及以下塑料绝缘电线穿塑料管敷设长期连续100%负载下的载流量

电线型号: BLV、BV

线芯允许工作温度: +65°C

周围环境温度: +25、+30、+35、+40°C

(A)

标称 截面积 (mm ²)	根															
	2				3				4							
	铝 芯		铜 芯		铝 芯		铜 芯		铝 芯		铜 芯					
	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1.0	—	—	11	10	9	—	—	—	—	11	10	9	—	—	—	—
1.5	—	—	16	15	14	—	—	—	—	15	14	13	—	—	—	—
2.5	18	17	24	22	21	16	15	14	13	21	20	18	14	13	12	11
4	24	22	31	29	27	22	21	19	17	28	26	24	19	18	16	15
6	31	29	41	38	36	30	28	25	23	36	34	32	25	23	22	20
10	42	39	56	52	48	44	38	36	33	49	46	42	33	31	29	26
16	55	51	72	67	62	57	49	46	42	65	61	50	44	41	39	35
25	73	68	95	89	82	75	65	61	56	85	80	74	57	53	49	45
35	90	84	120	112	105	95	80	75	69	105	98	91	70	65	61	55
50	114	106	150	140	122	119	102	95	88	132	123	116	90	84	78	71
70	145	135	185	173	162	146	130	121	112	167	156	146	115	107	100	91
95	175	163	230	215	199	182	158	148	138	205	192	180	140	131	122	111
120	200	187	265	248	232	209	185	173	162	240	224	210	165	154	142	130
150	240	224	305	285	267	251	215	201	186	280	262	245	195	182	171	156

表3-2-8 500V及以下橡皮绝缘电线穿金属管敷设长期连续100%负载下的载流量
 电线型号: BLXF, BXF, BLX, BX, BBLX, BBX
 线芯允许工作温度: +65°C
 周围环境温度: +25, +30, +35, +40°C

(A)

标称 截面 (mm ²)	根																			
	2				3				4											
	铝 芯		铜 芯		铝 芯		铜 芯		铝 芯		铜 芯									
	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	25°C	30°C	35°C	40°C	
1.0	—	—	—	15	14	13	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	—	—	—	20	19	17	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	21	18	17	28	26	24	22	19	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
4	28	26	22	37	35	32	29	25	23	22	20	18	16	15	14	13	12	11	10	9
6	37	35	32	49	46	42	39	34	32	29	27	24	22	20	18	16	15	14	13	12
10	52	49	45	68	64	59	54	46	43	40	36	33	30	28	26	24	22	20	18	16
16	66	62	57	86	80	74	68	59	55	51	47	43	40	37	35	32	30	28	26	24
25	86	80	74	113	106	98	89	76	71	66	60	56	52	47	45	42	40	37	35	31
35	106	99	92	140	131	122	111	94	88	81	74	68	64	59	56	52	49	45	41	38
50	133	124	115	175	163	151	138	118	110	102	93	84	77	72	67	61	57	52	48	44
70	165	154	142	215	201	186	170	150	140	130	119	108	100	94	87	79	72	66	61	56
95	200	187	173	260	241	225	205	180	168	156	142	128	118	110	102	93	84	77	72	66
120	230	215	199	300	280	260	237	210	196	182	166	150	138	128	120	110	102	93	84	77
150	260	241	225	340	318	294	268	240	224	210	190	174	160	148	138	128	118	108	100	92

表3-2-10 通用橡套软电缆的载流量

(A)

主线芯 截面积 (mm ²)	中性线 截面积 (mm ²)	YZ、 YZW、 YHZ型								YQ、 YQW、 YHQ型	
		2 芯				3 芯、 4 芯				2 芯	3 芯
		25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	25℃
0.5	0.5	12	11	10	9	9	8	7	7	11	9
0.75	0.75	14	13	12	11	11	10	9	8	14	12
1.0	1.0	17	15	14	13	13	12	11	10		
1.5	1.0	21	19	18	16	18	16	15	14		
2.0	2.0	26	24	22	20	22	20	19	17		
2.5	2.5	30	28	25	23	25	23	21	19		
4	2.5	41	38	35	32	36	32	30	27		
6	4	53	49	45	41	45	42	38	35		

主线芯 截面积 (mm ²)	中性线 截面积 (mm ²)	YC、 YCW、 YHC型							
		2 芯				3 芯、 4 芯			
		25℃	30℃	35℃	40℃	25℃	30℃	35℃	40℃
2.5	1.5	30	28	25	23	26	24	22	20
4	2.5	39	36	33	30	34	31	29	26
6	4	51	47	44	40	43	40	37	34
10	6	74	69	64	58	63	58	54	49
16	6	98	91	84	77	84	78	72	66
25	10	135	126	116	106	115	107	99	90
35	10	167	156	144	132	142	132	122	112
50	16	208	194	179	164	176	164	152	139
70	25	259	242	224	204	224	209	193	177
95	35	318	297	275	251	273	255	236	215
120	35	371	346	320	293	316	295	273	249

② 短时负载时

$$K_s = \frac{1.15}{\sqrt{1 - e^{-t/\tau}}}$$

式中 t ——短时负载的工作时间 (min)。

当 $t > 4\tau$ 或两次工作之间的停止时间小于 3τ 时, 系数 K_s 取 1。

应该指出的是这种计算方法是校正导线或电缆的载流量的, 而不是对用电设备的额定电流进行任何换算。导线和电缆的发热时间常数要在截面积选定后才能确定, 而校正系数是随发热时间常数而变化的。因此用校正系数试算法选择导线或电缆截面积是很不方便的, 常用查表法, 表 3-2-1~表 3-2-10。是常用导线和电缆的数据, 直接给出了校正后的载流量。这样, 只要把用电设备的额定电流与表中载流量相比, 即可很方便地选出了导线或电缆的截面积。

表3-2-11~13是穿管橡皮、塑料导线在断续负载或短时负载下的载流量。而表3-2-14~表 3-2-18

则是明敷橡皮、塑料绝缘导线、空气中敷设电缆在断续负载或短时负载下的载流量。表 3-2-19~表 3-2-20 列出常用电线、电缆的型号、名称及主要用途。

3. 按允许电压降校验电线和电缆

根据发热条件选择的电线、电缆, 为了保证设备的正常运行, 其电压降不得超过允许范围 (见表 3-2-21), 从而尚需按允许的电压降来进行校验。

(1) 直流线路的电压损失

$$\Delta U \% = \frac{200}{U} I_s R L$$

式中 U ——直流线路的额定电压 (V);
 I_s ——线路的计算电流 (A);
 R ——直流电阻 (Ω/km);
 L ——线路长 (km)。

(2) 单相交流线路的电压损失

$$\Delta U \% = \frac{200}{U_\phi} I L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

表3-2-11 橡皮、塑料绝缘(2根)穿管导线在断续负载下的载流量

(A)

导线 截面积 (mm ²)	导线发热 时间常数 (min)		环境 温度 (°C)	铝 芯						铜 芯						
	铝芯	铜芯		T = 1 min			T = 5 min			T = 1 min			T = 5 min			
				负 载 持 续 率 FC (%)												
	5	10		20	50	60	65	5	10	20	50	60	65			
1.5		2.5	30								73	52	37	24	20	19
			35								69	49	35	23	19	18
2.5	3.05	3.37	30	79	56	40	25	21	21	108	77	55	35	29	29	
			35	75	53	38	24	20	20	100	71	50	32	27	27	
4	3.51	4.02	30	108	77	55	35	30	29	143	101	72	46	39	38	
			35	100	71	51	33	27	27	134	95	68	44	37	36	
6	4.8	5	30	145	102	73	47	40	39	192	136	97	62	53	52	
			35	136	96	69	44	38	37	179	127	90	58	49	48	
10	5.28	6.17	30	205	145	103	66	57	55	271	192	136	87	75	73	
			35	188	133	94	60	52	50	250	177	126	80	69	67	
16	6.53	7.77	30	263	186	132	85	74	71	347	245	174	111	97	94	
			35	246	174	123	79	69	66	321	227	161	103	90	87	
25	9	10.75	30	349	247	174	111	98	95	459	325	231	147	130	125	
			35	322	228	161	103	91	88	424	300	213	136	120	115	
35	10.58	12.85	30	432	307	218	138	123	119	570	404	286	182	161	156	
			35	379	282	200	127	113	109	531	376	266	169	159	145	
50	13.6	16.65	30	545	385	273	173	155	149	717	508	360	228	204	197	
			35	506	357	253	161	144	138	664	471	333	211	189	182	
70	15	18.67	30	677	479	340	215	192	185	886	627	446	283	253	243	
			35	625	441	314	199	177	170	816	577	410	261	233	224	
95	18.6	23.17	30	824	585	413	262	235	226	1076	760	539	342	306	296	
			35	763	541	382	242	218	209	992	701	497	316	282	273	
120	19.2	23.83	30	948	673	477	301	271	260	1240	876	621	395	355	341	
			35	873	619	439	277	249	239	1147	810	575	365	329	316	
150	23	28.5	30	1074	760	539	340	306	296	1404	995	703	447	402	386	
			35	990	701	497	313	282	273	1302	923	652	414	373	353	