

炼油厂
电气设计计算手册
下 册

编写：张印海

校对：赵易之

天津石油化工总厂设计室

一九七八年七月

目 录

第八章 直流操作电源	1
一、蓄电池直流电源	1
1、蓄电池组选择	1
2、充电设备选择	4
二、硅整流电容储能操作电源	9
1、交流电源	9
2、硅整流方式	9
3、直流系统	9
4、电容器选择	10
5、实 例	13
第九章 硅及可控硅整流	18
一、硅二极管的选择与整流	18
1、单相半波整流线路	18
2、单相全波整流线路	19
3、单相桥式整流线路	20
4、三相桥式整流线路	20
5、举例	22
6、查 表	23
二、可控硅的选择与整流	23
1、可控硅元件	23
2、单相半波可控硅整流	24
3、单相双半波可控硅整流	25
4、单相桥式可控硅整流	26

5、三相半控桥式整流	27
6、可控硅元件电压的选择	28
7、可控硅元件电流的选择	29
三、硅整流元件及可控硅串并联	29
1、硅元件的串联	29
2、硅元件的并联	31
四、硅整流二极管及可控硅保护	31
1、过电压保护	31
2、过电流保护	36
五、触发电路	37
1、可控硅对触发电路的要求	37
2、单结晶体管触发电路	37
3、三相整流可控硅触发电路	41
第十章 车间高低压变配电所二次结线	44
一、6(10)KV 变配电所高压部分	44
1、车间高压配电室高压二个进线二次保护图	44
2、车间高压配电室高压母线联络二次保护图	46
3、车间高压配电室电压互感器二次保护图	47
4、高压(6KV)电动机二次保护图	49
5、变压器(6KV/Q 38KV)二次保护图	50
6、车间高压配电室操作电源直流供电原理图	50
二、低压380V二次图	54
1、车间三台变压器低压进线开关二次接线图(I段)	54
2、车间三台变压器低压进线开关二次接线图(II段)	55
3、车间三台变压器低压进线开关二次接线图(III段)	56

4、车间三台变压器低压侧母联开关二次接线图 (I—II 段)	56
5、车间三台变压器低压侧母联开关二次接线图 (II—III 段)	57
6、低压电动机自启动电机二次接线图	57
7、车间三台变压器低压侧母联开关二次接线图	58
第十一章 交流电动机启动、调速、制动	73
一、交流鼠笼感应电动机启动	73
1、交流鼠笼感应电动机启动方式和启动条件	73
2、交流鼠笼感应电动机的启动方法	73
二、交流鼠笼感应电动机的制动	81
1、动力制动	81
2、反接制动	82
三、交流绕线型感应电动机的启动	83
四、交流鼠笼感应电动机调速	86
1、交流鼠笼感应变极电动机	86
2、交流异步电动机	86
3、电磁调速异步电动机	89
第十二章 厂内防雷及接地	93
一、防雷	93
1、建、构筑物的防雷分类	93
2、建、构筑物的防雷措施	93
3、特殊构筑物的防雷措施	95
4、防雷装置	98
5、架空电力线路的保护	99
6、变电所的保护	100
7、避雷针的保护范围	107

二、接地与接零	109
1、接地类型	109
2、接地线的选择	110
3、接地网的布置	111
4、接地装置计算	113
第十三章 照 明	117
一、照明方式	117
二、灯具选择	117
三、照明容量计算	118
四、灯具布置	128
五、照明灯具高度	128
六、照明装置供电	128
七、照明设计规则	129
八、布线方式选择	130
九、电线管的选择	133
第十四章 逻辑电路	145
一、门电路	145
1、“或门”电路	145
2、“与门”电路	145
二、反相器	146
三、射极跟随器	148
四、双稳态触发器	148
五、数码寄存器	150
六、显示电路	150
1、氖灯显示电路	150
2、数字管显示电路	151

第八章 直流操作电源

在11万站及6(10)KV变电所中,开关的控制,继电保护,自动装置和信号装置等用电所需的操作电源,应能保证在正常情况和事故情况下不间断供电。过去一般均采用蓄电池组作为变电所的操作电源。但采用蓄电池组缺点很多,维护管理很复杂,建设投资大,使用寿命不长。近年来,推广用硅整流器配合电容储能装置或复式整流装置取代蓄电池组。实践证明,这两种操作电源投资少,设备简单,维护容易,基本上可以满足工矿企业变电所操作方面的要求,宜推广采用。

一、蓄电池直流电源

1. 蓄电池组选择

变电所用的蓄电池一般采用固定式铅酸蓄电池。目前国产的固定式铅酸蓄电池有两种,一种是G型(或GG型)开启式蓄电池,另一种为GGF型(或GGM型)防酸隔爆式蓄电池。两者相比,GGM型(或GGM型)具有下列优点:能防止酸雾逸出电池外部,电池本身可免除爆炸的危险,即具有防酸隔爆的特性。能量高、寿命长,安装方便,维护工作可大为减少。蓄电池室耐酸等级可降低,其建筑造价因之也可降低,因此宜优先采用。

作为合闸、控制、保护及信号的蓄电池组电压宜采用220V,以减小电缆截面,节省有色金属。变电所用的蓄电池通常采用一组,并按浮充方式运行。

(1) 蓄电池组容量的选择:

蓄电池组容量应按下列两个条件进行计算,取两者中的较大者作为所选用蓄电池的容量。

a、按事故持续放电容量选择,事故放电容量按下式确定。

$$Q_f = K_k(I_{jc} + I_{sg})t_s \quad \dots\dots\dots 8-1$$

式中: Q_f — 在事故持续时间为 t_s 小时内蓄电池的放电容量
(A·h)

K_k — 可靠系数, 一般采用 1.1

I_{jc} — 经常负荷(A) 如常接继电器, 信号灯及其他经常接入直流系统的用电设备。

I_{sg} — 事故负荷(A) 主要指同时跳闸台数电流总和及事故照明负荷。

t_s — 事故持续时间(h), 对于变电所一般采用 1 h。

计算出来的容量 Q_f 为蓄电池一小时的放电容量, 根据这个容量查蓄电池技术规范, 表 8-1、2, 即可得出蓄电池的额定容量。

b、按冲击电流选择: 冲击电流按下式确定:

$$I_{max} = I_{jc} + I_{sg} + I_{hz} \quad \dots\dots\dots 8-2$$

式中: I_{max} — 瞬时最大电流(A)

I_{hz} — 合闸电流最大的断路器合闸冲击电流(A)

在一般变电所中, 可以考虑一台断路器的合闸电流。

根据以上计算结果, 即可选出蓄电池的最大放电电流, 查蓄电池技术规范表 8-1、2, 即可确定所需蓄电池的额定容量。

(2) 蓄电池数目的计算,

蓄电池数目的选择, 应保证直流母线电压在事故放电终了和充电末期均能比额定电压高 5%。蓄电池总数按下式确定:

$$n = \frac{U_m}{U_{fm}} \quad \dots\dots\dots 8-3$$

式中: n — 蓄电池总数

U_m — 母线电压(V)为 1.05 倍额定电压

U_{fm} — 事故放电末期每个蓄电池的电压(V)

事故放电末期蓄电池的电压可参照蓄电池放电电压特性曲线，见图 8-1，图中曲线是按 36A·h 的蓄电池作出的，如果所选择的蓄电池容量不同时，可按下表换算后再查曲线：

$$I_f = (I_{jc} + I_{sg}) \frac{36}{Q_e} \quad \dots\dots\dots 8-4$$

式中： I_f — 相当于 36A·h 蓄电池的放电电流(A)

Q_e — 所选用蓄电池的额定容量(A·h)即 10h 放电容量。

实际上，变电所的蓄电池，一般是按冲击电流来选择其容量，经常负荷及事故负荷均较小。因此放电末期电压 U_{fm} 一般可取 1.95V，对于 220V 蓄电池组，其总数为 $230/1.95 = 118$ 个。

基本电池数：

$$n_0 = \frac{U_m}{U_{cm}} \quad \dots\dots\dots 8-5$$

n_0 — 基本蓄电池数

U_{cm} — 充电末期每个蓄电池的电压，取平均值 2.6V。

对于 220V 蓄电池组，其基本电池组为 $230/2.6 = 88$ 个。

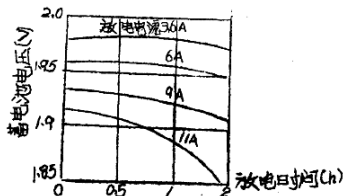
端电池数： $n_d = n - n_0 \quad \dots\dots\dots 8-6$

在浮充电时接于直流母线上的蓄电池数：

$$n_{fc} = \frac{U_m}{U_{fc}} \quad \dots\dots\dots 8-7$$

式中： U_{fc} — 单个蓄电池浮充电时电压取 2.15V。

图 8-1
蓄电池放电
电压特性。



2 充电设备选择

(1) 充电设备: 充电设备的电流包括蓄电池组的最大充电电流和直流系统的经常负荷电流 I_{jc} , 在变电所中蓄电池组的最大充电电流可采用 10 h 放电率的放电电流。

充电设备的电流为:

$$I_{cd} = 0.1Q_e + I_{jc} \quad \text{8-8}$$

蓄电池在充电末期, 其电压可能达到 2.7 V, 故充电设备的高电压应为:

$$U_{cd} = 2.7n \quad \text{8-9}$$

式中: n — 蓄电池总数。

实际上, 对 220V 蓄电池组 $U_{cd} = 320V$

因此充电设备的容量按下式计算:

$$P_{cd} = U_{cd} \cdot I_{cd} = U_{cd} (I_{jc} + 0.1Q_e) \cdot 10^{-3} (KW) \quad \text{8-10}$$

(2) 浮充电设备: 浮充电设备容量应按蓄电池组的经常负荷电流及自放电电流来选择, 其工作电压一般与充电设备采取一致。

浮充电设备的工作电流为:

$$I_{fc} = I_{jc} + 0.15 \frac{Q_e}{36} (A) \quad \text{8-11}$$

浮充电设备的容量按下式计算:

$$P_{fc} = U_{cd} \cdot I_{fc} = U_{cd} (I_{jc} + 0.15 \frac{Q_e}{36}) \cdot 10^{-3} (KW) \quad \text{8-12}$$

蓄电池组的充电与浮充电设备, 目前均采用成套硅整流装置。见表 8-3、4。

表 2-1 G 型开启式蓄电池技术数据

型 号	额 定 电 压 (V)	额 定 容 量 (A·h)	10h 放电		1h 放电		最大 放电 电流 (A)	极板片数		最大外形尺寸 (mm) 长×宽×高	220V 蓄电池组 (118个)	
			电压 (V)	容量 (A·h)	电压 (V)	容量 (A·h)		正 极 板	负 极 板			
G-72	2	72	7.2	72	7.2	36	36	2	3	155×220×305	2.43	7.67
G-108	2	108	10.8	108	10.8	54	54	3	4	170×220×305	3.32	10.62
G-144	2	144	14.4	144	14.4	72	72	4	5	215×225×305	4.90	13.334
G-180	2	180	18.0	180	18.0	90	90	5	6	240×230×305	4.96	15.694
G-216	2	216	21.6	216	21.6	108	108	3	4	200×225×490	5.95	20.050
G-288	2	288	28.8	288	28.8	144	144	4	5	215×225×490	6.82	24.308
G-360	2	360	36.0	360	36.0	180	180	5	6	265×235×490	7.28	30.444
G-432	2	432	43.2	432	43.2	216	216	6	7	285×235×490	9.56	34.928
G-504	2	504	50.4	504	50.4	252	252	7	8	320×225×490	10.68	41.182
G-576	2	576	57.6	576	57.6	288	288	8	9	365×225×490	12.53	46.728
G-648	2	648	64.8	648	64.8	324	324	9	10	390×225×490	14.22	52.180
G-720	2	720	72.0	720	72.0	360	360	10	11	430×225×490	16.31	57.348

表 1-2 GGF 型防酸隔爆式蓄电池技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定容量 (A·h)	1.8V 放电率终止			1.75V 放电率终止			大电流放电终止			最大外形尺寸 mm			价 格 (元/个)
			电 流 (A)	容 量 (A·h)	电 流 (A)	电 流 (A)	容 量 (A·h)	电 流 (A)	电 流 (A)	电 压 (V)	持 续 时 间 (s)	长	宽	高	
GGF-30	2	30	3	30	13.5	13.5	13.5	4.5	4.5	1.0	10	100	123	225	6
GGF-50	2	50	5	50	22.5	22.5	22.5	7.5	7.5	1.0	10	136	123	225	6.5
GGF-100	2	100	10	100	45	45	45	15.0	15.0	1.0	10	120	158	355	14.0
GGF-150	2	150	15	150	67.5	67.5	67.5	22.5	22.5	1.0	10	157	158	355	21.0
GGF-200	2	200	20	200	90	90	90	30.0	30.0	1.0	10	194	158	355	28.0
GGF-300	2	300	30	300	135	135	135	45.0	45.0	1.0	10	162	209	544	42.0
GGF-400	2	400	40	400	180	180	180	60.0	60.0	1.0	10	199	209	544	56.0
GGF-500	2	500	50	500	225	225	225	75.0	75.0	1.0	10	236	209	544	70.0

表8-3 蓄电池浮充电用硅整流设备

型 号	交流输入		直流输出		浮充稳压范围 (V)	调压设备	外形尺寸 (mm) 宽 × 深 × 高	参考价格 (元)
	相数	电压 (V)	电压 (V)	电流 (A)				
GCA-8/6-72	1	220	6~72	8	—	多点开关	500×470×225	500
GCA-15/0-72	1	220	0~72	15	—	调压器	690×370×580	1200
GCA-15/0-165	1	220	0~165	15	—	调压器	800×400×500	1100
GVA-25/110-165	3	380	110~165	25	110~130	电抗器	500×550×1500	4500
GVA-50/110-165	3	380	110~165	50	110~130	"	650×700×1500	5500
GVA-12/220-330	3	380	220~330	12	220~300	"	500×550×1500	4500
GVA-25/220-330	3	380	220~330	25	220~300	"	650×700×1500	5500
GVA-50/220-330	3	380	220~330	50	220~300	电抗器	650×700×1500	7500

表 8-4 蓄电池浮充电压可控硅整流设备

型 号	交流输入		直流输出		整流线路	外形尺寸 (mm) 宽 × 深 × 高	参考价格 (元)
	相数	电压 (V)	电压 (V)	电流 (A)			
KGCA-15/0-72	1	220	0-72	15	单相桥式半控	600×350×400	900
KGCA-15/0-165	1	220	0-165	15	单相桥式半控	525×305×395	1400
KGCA-50/198-360	3	380	198-360	50	三相桥式	800×550×2360	14000
KGCA-70/198-360	3	380	198-360	70	三相桥式	800×550×2360	9000
KGVA-135/198-330	3	380	198-330	135	三相桥式	560×800×2360	
KGVA-20/198-330	3	380	198-330	20	三相桥式	550×800×2360	
KGVA-70/230-360	3	380	230-360	70	三相桥式半控	800×550×2360	10000

目前操作电源发展方向是硅整流装置，有关蓄电池标准图不再介绍，以下就介绍硅整流电容储能操作电源。

二、硅整流、电容储能操作电源（见图 8-3）

1. 交流电源

硅整流装置所用的交流侧电源要求更可靠。一般至少应有两个独立电源分别向两台整流器供电，其中之一最好是与变电所没有直接关系的电源（如变电所附近有低压网络）。若没有这种条件，对于 35KV 变电所，可以把一台 35/0.4KV 的所用变压器接在 35KV 电源线路断路器外侧，为主供电源，另一台接 6KV 侧为备电源。对于 6(10)/0.4KV 变电所，两台整流变压器交流电源，可分别接至两段低压母线上。对于 110KV 变电站可采用两台 110/0.23KV 操作变压器分别接至进线断路器外侧。

2. 硅整流方式

硅整流装置的容量一般按合闸电流最大的一台断路器确定。对由 110/√3/0.23KV 单相变压器供电的硅整流装置采用单相桥式接线，其余情况均采用三相桥式接线。单相整流不如三相整流波形好，如在直流系统接有干簧继电器时要求直流比较纯，必须采取电容滤波。但单相整流加电容滤波电压要升高，一般为 $V_c = \sqrt{2} \times 1.1 \times 220V$ ，这对保护继电器寿命是不利的？可是对减少储能电容有好处。三相整流加滤波电容时，这种现象不为明显。

3. 直流系统：

两台硅整流器装置，如果考虑互为支援，可选相同容量的整流器，但怕合闸部分出线影响控制，信号部分，则在直流母线两段之间装一硅二极管，可使合闸的一段母线可向控制，信号第二段供电。控制、信号第二段母线不能向合闸的第一段母线供电，主要保

信号部分的可靠性。

当电力系统发生短路故障时，会引起交流电源电压下降，因而直流电压也相应下降。此时利用并联在保护回路中的电容器 C_I 、 C_{II} 的储能来动作继电保护和使断路器跳闸。

必须指出，采用电容器储能措施后，各断路器的直流控制系统中的信号灯及重合闸继电器，应分开由信号回路供电，使这些元件不消耗电容器的储能。

还应指出：在 110KV 变电站 35KV 及 6KV 出线可公用一组电容器，但不能和上一级断路器保护电源混用。因 35KV 或 6KV 出线故障，保护装置动作，而断路器机构失灵拒绝动作时，此时由于跳闸回路，长时间接通，而将电容器所储能量很快耗掉，以致起后备作用的上一级保护装置无法动作。因此，35KV 及 6KV 级保护电源应和上一级断路器保护电源分开。一般来说有几级保护就需几组电容。

由于控制系统中的信号灯分开由信号回路供电，因此二次回路较复杂，寻找直流接地较麻烦，同时控制系统中正极熔断器无灯光监视，这都是采用电容储能跳闸装置的缺点。对于后一个问题，目前有几种解决的办法：

- (1) 采用双极自动开关代替控制回路熔断器；
- (2) 采用 RX_1 型报警式熔断器。
- (3) 对于就地控制的开关柜采用定期检查方式。

4 电容器选择

- (1) 电容器种类选择：

目前多采用 CD-1B 型，选择请参考电容器规范表。

电解电容器技术规格

型 号	电 压 V	容 量 (μF)	寿 命 充放电次数 2— 30 1次	外 形 尺 寸 (mm)	价 格 (元/台)
CD-1B	350	800	< 5万次	$\varnothing 65 \times 120$	12
CD-1B	450	500	< 5万次	$\varnothing 65 \times 120$	12.6
CD-1B	450	200	5~10万次	$\varnothing 50 \times 120$	14

对于直流电压220V时，三相桥式线路可选用电压为350V电容器。单相桥式整流线路可选用电压为450V电容器。

采用电解电容器时应注意在使用前进行“老练”。一般电解电容器，产品出厂到用户使用，有一段较长时间，由于电解电容器内有电解液，而电解电容器的极间绝缘是靠铝片上的氧化层，电容器不用时电解液容易损坏氧化层。因此，在使用前应进行“老练”，否则加上额定电压后容易击穿烧坏。所谓“老练”就是预先充电，使损坏的氧化层逐渐得到恢复，即在使用前，使电容器逐渐加压，可按每小时升100V的速率升至额定电压，然后绝持几小时，再检查其是否发热，如有发热则表明该电容器漏电流很大，不宜使用。

(2) 电容器计算：

断路器跳闸的最低电压为65% U_e ，计算取70% U_e ，故跳闸线圈消耗功率为：

$$P_T = 0.7U_e \times 0.7I_e = 0.49U_e I_e \text{ (W)} \quad \dots\dots\dots 8-13$$

跳闸线圈消耗能量为：

$$W_T = 0.49U_e \cdot I_e \cdot t_1 \text{ (W} \cdot \text{S)} \quad \dots\dots\dots 8-14$$

式中： I_e — 跳闸线圈额定电流(A)

t_1 — 断路器固有跳闸时间(S)一般取 0.1 秒

U_e — 跳闸线圈额定电压(V)

继电器消耗能量为:

$$A_2 = P_2 \cdot t_2 \quad (\text{W} \cdot \text{S}) \quad \dots\dots\dots 8-15$$

式中: P_2 — 继电器消耗功率, DS-110 型时间继电器为 30W,
DS-110 C 型时间继电器为 12 W。

t_2 — 保护时限(S)。

所需总能量为:

$$A = K_1(A_1 + A_2) \quad (\text{W} \cdot \text{S}) \quad \dots\dots\dots 8-16$$

式中: K_1 — 断路器同时跳闸台数

电容器容量为:

$$C = K_2 \frac{2A}{U_c^2} \times 10^6 \quad (\mu\text{F}) \quad \dots\dots\dots 8-17$$

式中: U_c — 电容器充电电压, 三相桥式整流为 230 V

K_2 — 电容器有效系数, 一般取 1.5

在电容器放电过程中, 消耗能量最大的是时限较长的时间继电器。
一般 DS-110 型继电器在起动时需要一定的起动电流, 起动后维持
其时间元件动作的电流是较小的。因此可以采用附加电阻的办法来减
小继电器动作过程中能量的消耗。一般 30 W 可减到 7.5 W, 如图
8-2。

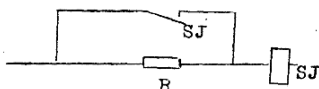


图 8-2

从目前许多使用单位的运行情况来看, 整流器采用三相桥式, 安
装 6000 μf 。整流器采用单相桥式, 安装 3000 μf 。对可能同时跳