

「发电厂」

国外电厂直流系统镉镍蓄电池选型设计

文/山东电力工程咨询院有限公司 周占平 李晓庆

镉镍碱性蓄电池在国内发电厂、变电站已经极少采用，但在国外电厂中仍有部分应用，镍镉碱性电池具有放电倍率高、安装方便、使用寿命长和环境温度适应性强等优点。给出了印度尼西亚某 2×150 MW工程机组直流电源系统的负荷统计，并详细论述了蓄电池个数、类型和容量的选择计算，同时简单介绍了镍镉碱性蓄电池的安装维护。

目前国内发电厂直流电源系统的蓄电池组几乎全部采用阀控式密封铅酸蓄电池。阀控式密封铅酸蓄电池的选型设计、生产制造和运行维护等方面相对成熟。但随着我国各行各业国际化进程的发展，电力行业也越来越多地开发国际市场。电力行业标准DL/T 5044—2014版中提到“镉镍碱性蓄电池目前国内发电厂、变电站中已经极少应用，但在国外项目中仍有部分应用”。印度尼西亚、巴基斯坦和塞尔维亚等火力发电项目的标书文件中明确要求直流电源系统蓄电池采用镉镍蓄电池(Ni Cad batteries)。主要探讨国外发电厂直流电源系统镉镍蓄电池的选型设计。

火力发电厂直流系统用蓄电池比较

1. 蓄电池类型

电力工程直流电源系统中的蓄电池形式主要有铅酸蓄电池和镉镍碱性蓄电池。铅酸蓄电池按不同的分类方式还可分为固定型排气式、富液式和防酸隔爆式等，文中铅酸蓄电池皆指采用AGM技术的阀控式密封铅酸蓄电池。镉镍碱性蓄电池按放电电流大小，主要还可分为低倍率、中倍率、高倍率和超高倍率放电型。

2. 阀控式密封蓄电池和镉镍碱性蓄电池的优缺点

阀控式密封铅酸蓄电池的优点是放电性能好，技术指标先进，占地面积小和维护工作量小等；缺

点是使用寿命相对较短，对环境温度要求较高。阀控式密封铅酸蓄电池纵然有诸多优点，但这两个主要缺点却是在国外项目应用中的“硬伤”。

由国内公司总承包的国外发电项目，蓄电池设备一般在国内招标采购。阀控式密封铅酸蓄电池的寿命一般在10年左右，对于发电厂来说增加了后期设备更换的费用。而镍镉碱性电池的使用寿命远高于阀控式密封铅酸蓄电池。另外，巴基斯坦、印度尼西亚等国环境温度较高，一般环境温度要求按 50°C 设计。阀控式密封铅酸蓄电池对环境温度要求 $20\sim 25^\circ\text{C}$ ，温度每升高 10°C ，寿命将减少一半，低温运行时则容量降低。而镍镉碱性电池温度适应性强，在 50°C 高温时仍能放出约90%容量，如图1所示。100%蓄电池容量为在 $25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 环境温度下测定。

镍镉碱性电池具有放电倍率高、安装方便和使用寿命长等优点，但它的单体电压低，进而使电池数量增加，需要设调压装置，具有易爬碱等缺点。

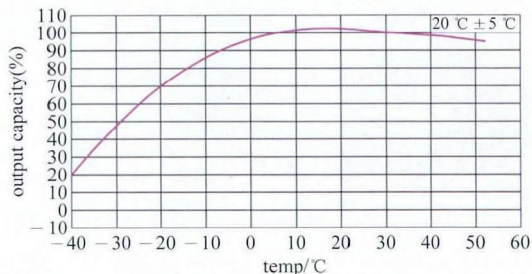


图1 镍镉蓄电池温度与放电容量曲线

表1给出了700 A·h中倍率镍镉蓄电池在不同时间放电电流值,可见镍镉碱性电池初期瞬时放电倍率可达到30倍以上,可满足直流电动机初期起动电流大的要求。表1中放电电流单位为A。

表1 700 A·h中倍率镍镉蓄电池放电电流

End off voltage V/ cell	Hours							Minutes					Seconds				
	10	8	5	3	2	1.5	1	30	20	15	10	5	1	30	5	1	
1.00	71.0	88.2	140	229	335	404	523	741	866	947	1 070	1 294	1 804	2 017	2 405	2 545	
1.05	70.5	87.5	139	226	295	357	471	628	713	787	894	1 060	1 471	1 655	1 950	2 102	
1.10	69.4	86.1	137	204	263	316	394	507	587	635	716	854	1 192	1 331	1 569	1 667	
1.14	67.7	84.0	132	179	226	270	318	406	467	506	577	690	966	1 073	1 239	1 277	

镍镉碱性蓄电池的选型

镍镉碱性蓄电池的选型主要包括蓄电池个数确定、蓄电池容量计算、蓄电池形式选择及蓄电池充放电时的直流电源系统直流母线电压校验等。以印度尼西亚某燃煤电厂2×150 MW工程机组直流电源系统为例。

直流电源系统标称电压为220 V。由直流电源供电的负荷包括6.6 kV以及380 V开关柜保护控制,直流电动机,直流应急照明等。综合考虑到蓄电池的初期放电能力及持续放电能力选择中倍率镍镉碱性蓄电池。蓄电池单体电压1.2 V,放电终止电压 $U_m=1.1$ V,浮充电压 $U_f=1.42$ V,均充电压 $U_c=1.55$ V。

蓄电池个数的选择需要满足

$$U_f n < 1.05 U_n \quad (1)$$

$$U_c n < 1.10 U_n \quad (2)$$

$$U_m n \geq 0.875 U_n \quad (3)$$

式中, U_n 为直流系统标称电压,单位为V; n 为蓄电池个数,单位为只。

经式(3)计算蓄电池个数确定为175只。此时,直流电源系统直流母线浮充电压及均充电压均不能满足式(1)和式(2),直流电源系统母线应配置降压装置。

镍镉碱性蓄电池的容量计算

蓄电池的容量计算关系到直流电源系统的安全可靠,容量计算应首先进行直流负荷统计,直流负荷统计时应考虑负荷系统、电动机起动电流倍数、直流负荷持续时间和随机负荷等。

印度尼西亚某工程的直流负荷统计表如表2所示。

容量计算方法采用IEEE 1115—2014 IEEE Recommended Practice for Sizing Nickel-Cadmium Batteries for Stationary Applications中推荐公式及

表2 印度尼西亚某燃煤电厂2×150 MW工程主厂房机组直流负荷统计表

序号	负荷名称	装置		负荷 系数	计算 电流 /A	经常 负荷 电流/A	time&current (A) of discharge in the accident				
		容量/kW	电流/A				持续/min				随机 5s
							(early初期)	1~30	30~60	60~90	
1	应急照明	2.40		1.00	10.91		10.91	10.91	10.91		
2	事故润滑油泵电动机	22.00		0.90	105.88		235.29	105.88	105.88	105.88	
3	顶轴油泵电动机	55.00		0.90	264.71		588.24	264.71	264.71	264.71	
4	热工用直流电源		22.00	0.60	13.20	13.20	13.20	13.20	13.20		
5	机组6.6 kV段经常负荷	41 × 0.5		0.60	5.59	5.59	5.59	5.59	5.59		
6	机组6.6 kV段冲击负荷		35 × 1.5	0.60	31.50		31.50				
7	机组PC段经常负荷	12 × 0.06		0.60	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96		
8	机组PC段冲击负荷	6 × 0.015		0.60	0.25		0.25				
9	保护、控制屏柜	2.00		1.00	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09		
10	变压器冷却器控制箱		9.00	0.80	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		
11	发电机励磁	2.70		0.80	9.82	9.82	9.82	9.82	9.82		
12	随机负荷									10.00	
	电流统计/A					46.86	913.05	428.36	428.36	370.59	10.00
						I_c	I_1	I_2	I_3	I_4	I_r

容量计算表格, 容量计算如表3所示。

上述计算基于环境温度25℃, 蓄电池容量确

定为803 A·h, 蓄电池容量应考虑设计裕度1.2及

老化系数1.25, 最终蓄电池容量为1 200 A·h。

表3 印度尼西亚某燃煤电厂2×150 MW工程主厂房机组直流蓄电池容量计算统计表

(1) Period	(2) Load (Amperes)	(3) Changes in Load(Amperes)	(4) Duration or Period(Minutes)	(5) Time to End of Section(Minutes)	(6) Kt Factor	(7) Temperature Derating Factor	(8) Required Section Size (3) × (6) × (7) = Rated Ah				
							Positive Values	Negative Values			
Section 1- First 1 Periods only- If A2>A1, go to Section 2- Yes/No											
1	A1 =	A1 − 0 =	913.05	M1 =	1.00	t = M1 =	1.00	0.55	1.25	627.72	
Section 2- First 2 Periods only- If A3>A2, go to Section 3- Yes/No											
1	A1 =	913.05	A1 − 0 =	913.05	M1 =	1.00	t = M1 + M2 =	30.00	1.40	1.20	1 533.92
2	A2 =	428.36	A2 − A1 =	− 484.69	M2 =	29.00	t = M2 =	29.00	1.38	1.20	− 802.64
Total											731.28
Section 3- First 3 Periods only- If A4>A3, go to Section 4- Yes/No											
1	A1 =	913.05	A1 − 0 =	913.05	M1 =	1.00	t = M1 + M2 + M3 =	60.00	1.47	1.15	1 543.51
2	A2 =	428.36	A2 − A1 =	− 484.69	M2 =	29.00	t = M2 + M3 =	59.00	1.47	1.15	− 819.36
3	A3 =	428.36	A3 − A2 =	0.00	M3 =	30.00	t = M3 =	30.00	1.40	1.20	0.00
Total											724.14
Section 4- First 4 Periods only- If A5>A4, go to Section 5- Yes/No											
1	A1 =	913.05	A1 − 0 =	913.05	M1 =	1.00	t = M1 + M2 + M3 + M4 =	90.00	1.81	1.14	1 883.98
2	A2 =	428.36	A2 − A1 =	− 484.69	M2 =	29.00	t = M2 + M3 + M4 =	89.00	1.80	1.14	− 994.58
3	A3 =	428.36	A3 − A2 =	0.00	M3 =	30.00	t = M3 + M4 =	60.00	1.47	1.15	0.00
4	A4 =	370.59	A4 − A3 =	− 57.77	M4 =	30.00	t = M4 =	30.00	1.40	1.20	− 97.06
Total											792.35
R	AR =	10.00	AR − 0 =	10.00	MR =	0.08	t = MR =	0.08	0.42	1.29	11.71

比较将同样的负荷统计表应用于阀控式铅酸蓄电池的容量计算, 容量计算方法采用阶梯算法, 得出阀控式铅酸蓄电池容量为1 300 A·h, 同样考虑设计裕度及老化系数后容量为2 000 A·h。

可见在相同外部条件下, 选择镍镉碱性蓄电池其容量较阀控式铅酸蓄电池容量小。

镍镉蓄电池的安装维护

镍镉蓄电池一般采用落地架式安装, 因中倍率镍镉蓄电池单组最大容量为1 000 A·h, 1 200 A·h 蓄电池组需要由两组600 A·h 蓄电池组并联组成。

镍镉蓄电池能满足免维护或少维护的要求, 不会产生腐蚀性气体, 正常运行一般不需维护。但在蓄电池正常运行时应对蓄电池的参数、充电装置的参数等进行合理设置, 避免对蓄电池造成过充、欠充、电压过高和电流过大等现象。

蓄电池组应配置在线监测装置对每一只电池

进行参数的在线监测。当某一只电池有问题时, 可将该电池撤出运行, 对其进行蒸馏水清洗, 电解液更换并重新活化后继续投入运行; 当然, 也可以直接更换掉问题蓄电池, 而不用整组报废。

而阀控式铅酸蓄电池当单只蓄电池有问题影响整个蓄电池组时只能一次性全部更换, 不能仅把性能指标不够的蓄电池单独更换下来, 否则会因蓄电池的内阻不平衡而影响整组电池的发挥, 缩短整组电池的使用寿命。

结束语

依托印度尼西亚某发电厂项目, 依据IEEE标准, 对直流电源系统镍镉碱性蓄电池的选型及容量计算做了简要论述, 并得出选择镍镉碱性蓄电池具有放电倍率高, 温度适应性好, 电池容量较阀控式铅酸蓄电池容量小, 安装维护方便等优点。**EA**

(收稿日期: 2016.05.30)

(编辑: 刘群彦)