

高海拔变电站蓄电池及 UPS 容量选择及修正

龙 军, 周婉亚, 唐 俊

(西南电力设计院有限公司, 四川 成都 610021)

摘要:高海拔地区环境温度、空气密度及气压低,在选择变电站站用蓄电池及 UPS 容量时应进行必要的修正,以满足变电站的用电需求。结合阿里与藏中联网工程的某 500 kV 变电站项目,对高海拔变电站蓄电池及 UPS 容量选择进行了探讨分析,希望能为类似工程提供参考。

关键词:高海拔; 蓄电池; 充电装置; UPS

中图分类号:TM912 **文献标志码:**A **文章编号:**1003-6954(2021)03-0035-03

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20210307

Capacity Selection and Correction of Storage Battery and UPS in High-altitude Substation

Long Jun, Zhou Wanya, Tang Jun

(CPECC Southwest Electric Power Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610021, Sichuan, China)

Abstract: Because the ambient temperature, air density and atmospheric pressure in high altitude area is very low, a necessary correction should be done when selecting the capacity of storage battery and uninterruptible power supply (UPS) for substation in high altitude area in order to improve the climate adaptability of storage battery and UPS. The capacity selection of storage battery and UPS in a 500 kV substation of Ngari power grid and central Tibet power grid interconnection project are discussed and analyzed in the hope of providing a reference for similar projects.

Key words: high altitude; storage battery; charging device; uninterruptible power supply (UPS)

0 引言

阿里与藏中联网工程某 500 kV 变电站位于西藏日喀则地区,海拔 4100 m,多年平均气温 2 ℃,年最低气温的多年平均值为 -26.3 ℃。根据相关规范,变电站直流电源系统设置了两组 220 V 阀控式密封铅酸蓄电池和 3 套高频开关电源模块型充电装置,不间断电源系统(uninterruptible power supply, UPS)按 2 套冗余配置。

高海拔地区温度与气压低,变电站站用蓄电池组及 UPS 设备工作环境较低海拔地区有所不同,设备性能会受到一定影响。为满足高海拔地区变电站站用直流电源的用电要求,有必要对蓄电池组及 UPS 容量选择进行修正计算。

1 蓄电池容量选择修正

阀控式密封铅酸蓄电池有效放电容量与温度相关,在低温条件下,蓄电池中电解液的物理及化学活性降低,导致放电时化学能与电能间的转换效率下降,有效放电容量降低^[1]。因此,高海拔严寒地区蓄电池容量选择时需要考虑温度的影响,根据需要修正蓄电池容量。

根据 DL/T 5044—2014《电力工程直流电源系统设计技术规程》^[2](下面简称“直流技规”)第 8.2.1 条,蓄电池室内温度宜为 15 ~ 30 ℃,并在附录 C.2 中提出当蓄电池的环境温度低于此值时,应考虑调整蓄电池温度修正系数。直流技规规定,蓄电池容量选择计算中可靠系数由裕度系数、老化系数及温度修正系数的乘积确定,一般情况可靠系数 = 裕度系

数×老化系数×温度修正系数=1.15×1.10×1.10≈1.4,即规程在蓄电池容量选择计算公式中已考虑了一定的温度修正系数且取值1.10。根据GB/T 19638.1—2014《固定型阀控式铅酸蓄电池 第1部分:技术条件》^[3]第6.17.5条,当放电期间蓄电池平均表面温度不是基准25℃时,蓄电池温度修正系数 K_t 表达式见式(1)。

$$K_t = \frac{1}{1 + \lambda(t - 25)} \quad (1)$$

式中: λ 为温度系数,变电站蓄电池容量按10h放电率标称容量 C_{10} 计算时, λ 取0.006; t 为放电过程蓄电池平均表面温度,根据直流技规推荐的温度修正系数 $K_t=1.10$,可反推出 t 取值约为10℃,即选取10℃作为蓄电池室可能出现的最低温度来考虑,适用于绝大部分工程的实际情况。

由于该500kV变电站在海拔4100m左右,处于高海拔严寒地区,为提高直流电源系统的可靠性,宜根据蓄电池室可能出现的极端低温情况,调整蓄电池容量选择计算时的温度修正系数。

该工程蓄电池室建筑节能设计按严寒(C)区标准执行,室内供暖采用对流式电暖器供暖,设计温度值为20℃。在冬季如发生蓄电池室电暖器故障,由于站址偏远且远期无人值班,如处理不及时可能出现蓄电池室较长时间无法采暖的极端情况。文献[4]中,在严寒冬季对长春市某采用低温电热膜辐射供热系统取暖的7层节能住宅断电后的室内温度变化进行了实测。实测结果表明,采用低温电热膜辐射供热系统的房间在断电后,夜晚室内温度会较快下降,而到了白天由于太阳辐射的作用室内房间温度又会缓慢上升,但整体温度会逐步降低。断电3天后,各房间室内温度均从断电前的20℃左右下降至12℃左右。所述工程蓄电池室为单层单体建筑且采用对流式电暖器供暖,建筑物蓄热能力相对较差,在无供暖期间蓄电池室温度降低速度势必较快,蓄电池室可能出现的极端最低温度主要与运行人员处置时间紧密相关。为确保可靠,该站 t 按-10℃选取,此时对应的温度修正系数为

$$K_t = \frac{1}{1 + 0.006(-10 - 25)} \approx 1.27 \quad (2)$$

因此,可靠系数=裕度系数×老化系数×温度修正系数=1.15×1.10×1.27≈1.61。

该站直流负荷统计如表1所示。

表1 变电站直流负荷统计

单位:A

经常负荷 电流	事故放电时间及放电电流		
	0~1 min (初期)	1~120 min (持续)	5 s (随机)
79.9	185.1	157.1	4

蓄电池组采用阀控式密封铅酸蓄电池,依据直流技规蓄电池容量选择计算如下:

蓄电池个数为

$$n = 1.05 \times \frac{U_n}{U_f} = 1.05 \times \frac{220}{2.23} \approx 103.6, \text{取 } 104 \text{ 只}$$

式中: U_n 为直流系统标称电压,取220V; U_f 为单体蓄电池浮充电压,取2.23V。

单体蓄电池事故放电末期终止电压为

$$U_m \geq 0.875 \frac{U_n}{n} = 1.851, \text{取 } 1.87 \text{ V}$$

根据蓄电池容量阶梯算法,蓄电池各阶段的计算容量公式为

$$C_{cn} = K_k \left[\frac{1}{K_{c1}} I_1 + \frac{1}{K_{c2}} (I_2 - I_1) + \dots + \frac{1}{K_{cn}} (I_n - I_{n-1}) \right]$$

其中:

事故初期负荷计算容量为

$$C_{c1} = 1.61 \times \frac{185.1}{1.18} = 252.6 \text{ Ah}$$

事故持续期负荷计算容量为

$$C_{c2} = 1.61 \times \left(\frac{185.1}{0.334} + \frac{157.1 - 185.1}{0.336} \right) = 758.1 \text{ Ah}$$

随机负荷计算容量为

$$C_r = 1.61 \times \frac{4}{1.27} = 5.1 \text{ Ah}$$

式中: K_k 为可靠系数,取1.61; $I_1 \sim I_n$ 为各阶段放电电流;可靠系数 $K_{c1} \sim K_{cn}$ 为蓄电池放电终止电压1.87V对应的各阶段容量换算系数,按直流技规表C.3-3选取。

由于事故持续期计算容量最大,蓄电池计算容量为 $C = C_{c2} + C_r = 758.1 + 5.1 = 763.2 \text{ Ah}$,可选择容量为800Ah的阀控式密封铅酸蓄电池。

2 直流充电装置额定电流选择修正

随着海拔升高空气密度及压力降低,以空气对流传导散热的直流充电装置散热效率将下降,使得设备温度升高,进而影响产品和设备的额定输出^[5],因此高海拔地区的直流充电装置额定电流选

择计算时应考虑一定的修正系数。

目前,国内电力行业常用的设计类标准中对于高海拔对直流充电装置容量的影响未做规定,直流充电装置主流设备厂家对于高海拔容量修正研究也较为有限,建议工程设计时可依据 GB/T 32593—2016《轨道交通 地面装置 变电所用电力电子变流器》(等同于 IEC 62590—2010)^[6]的相关要求执行。该标准第 5.2.2.4 条提出“电力电子变流器仅用空气作为冷却媒质或热转移媒质时,正常海拔不超过 1000 m。对于工作海拔超出 1000 m 但检验海拔为正常海拔的变流器,工作海拔每超出正常海拔 100 m,自然冷却的变流器在电流能力检验结果基础上降低 1% 使用,强迫冷却的变流器在电流能力检验结果基础上降低 1.5% 使用”,所述变电站直流充电装置采用智能风扇冷却,属于强迫冷却方式,按上述要求充电装置额定电流修正系数 K_I 可按式(3)计算。

$$K_I = (1 - 1.5\%)^{(H-1000)/100} = 0.626 \quad (3)$$

式中, H 为充电装置工作海拔,为 4100 m。

按直流技规要求,充电装置额定电流应按以下 3 个状态进行计算选择。

$$1) \text{浮充电: } I_r = (0.01I_{10} + I_{jc})/K_I \approx 128.9 \text{ A} \quad (4)$$

$$2) \text{初充电: } I_r = (1.0I_{10} \sim 1.25I_{10})/K_I \\ \approx 127.8 \sim 159.7 \text{ A} \quad (5)$$

$$3) \text{均衡充电: } I_r = (1.0I_{10} \sim 1.25I_{10} + I_{jc})/K_I \\ \approx 255.4 \sim 287.4 \text{ A} \quad (6)$$

式中: I_r 为充电装置输出电流, A; I_{10} 为蓄电池 10 小时放电率电流, 800 Ah 蓄电池 $I_{10} = 0.1C_{10} = 80$ A; I_{jc} 为经常负荷电流,根据表 1 取 79.9 A;

综上,充电装置额定电流按满足均衡充电的要

求可取值 280 A。因此该站单只充电模块额定电流选用 40 A,全站共设置 3 套额定电流为 7×40 A 高频开关充电装置,其中 1 套公用;由于设有公用充电装置,充电模块不再冗余配置。

3 UPS 容量计算及修正

以往工程中 UPS 电源容量计算一般采取简单的负荷容量累加,并考虑一定的裕度后进行容量选择。DL/T 5491—2014《电力工程交流不间断电源系统设计技术规程》^[7]发布后,对 UPS 负荷计算和容量选择给出了计算公式,并明确了 UPS 容量选择的高海拔降容系数。

根据 DL/T 5491—2014 附录 C.1 和 C.2 的计算公式,该站 UPS 负荷统计见表 2。

表 2 中各负荷有功功率 P_i 在 UPS 容量选择计算时,由于设备未订货而无法取得具体参数,工程设计时一般按以往类似工程和厂家典型设备功率确定;各负荷的换算系数 K 按参考文献[7]附表 C.1.2-1 规定数值选择,功率因数 $\cos \varphi_i$ 按文献[7]附表 B 的推荐值选择;各负荷的负载铭牌容量 $S_i = \frac{P_i}{\cos \varphi_i}$;计算负荷有功功率 $P_c = K S_i \cos \varphi_i$;计算负荷

无功功率 $Q_c = K S_i \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i}$ 。

根据表 2 可得出:

UPS 计算负荷总有功功率为

$$P_c = \sum K S_i \cos \varphi_i = 8.0 \text{ kW} \quad (7)$$

UPS 计算负荷总无功功率为

$$Q_c = \sum K S_i \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_i} = 3.4 \text{ kvar} \quad (8)$$

表 2 变电站 UPS 负荷统计

负荷名称	有功功率 P_i/kW	换算系数 K	功率因数 $\cos \varphi_i$	负载铭牌容量 S_i/kVA	计算负荷有功功率 P_c/kW	计算负荷无功功率 Q_c/kvar
监控主机柜 × 2	0.8 × 2	0.7	0.98	1.63	1.12	0.23
综合应用服务器	0.8	0.7	0.98	0.82	0.49	0.10
数据服务器	0.8	0.7	0.98	0.82	0.49	0.10
智能辅助系统主机柜	1.0	0.7	0.98	1.02	0.70	0.14
调度数据网 × 2	1.0 × 2	0.7	0.95	2.11	1.40	0.46
通信负荷	1.0	0.7	0.98	1.02	0.70	0.14
火灾报警主机	2.0	0.8	0.8	2.50	1.60	1.20
主变压器消防控制柜 × 2(预留)	0.5 × 2	0.8	0.8	1.25	0.80	0.60
操作员站 × 4	0.25 × 4	0.5	0.9	1.11	0.50	0.24
网络打印机 × 2	0.1 × 2	0.5	0.6	0.33	0.10	0.13