

变电站蓄电池容量计算和算法改进

田羽¹, 何仲¹, 范春菊²

(1. 上海电力设计院, 上海 200025; 2. 上海交通大学电气工程系, 上海 200240)

摘要: 根据工程实际数据, 使用 HOXIE 算法和电压控制两种方法计算蓄电池容量, 寻求两种方法的异同和联系。分析中发现电压控制法对于较复杂的蓄电池放电过程的计算存在不准确的地方, 经过探讨对电压控制法提出了改进方案, 改进后的电压控制法在复杂放电过程中也可以得到精确的计算结果。同时使用现有 220 kV 变电站参数, 为 220 kV 变电站直流系统研究提供了较实际的详细数据。

关键词: 直流系统; 蓄电池; 电压控制法; 电流法; 负荷统计

Storage battery capacity calculation and algorithm improvement

TIAN Yu¹, HE Zhong¹, FAN Chun-ju²

(1. Shanghai Electric Power Design Institute Corporation, Shanghai 200025, China;

2. Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: On the basis of practical data in 220 kV substation, HOXIE method and voltage control method are used in storage battery capacity calculation. Similarities and differences between two methods are found. It is also found that there is inaccuracy in complex storage battery discharge calculation when using voltage control method. Furthermore this paper proposes improvement scheme for voltage control method, which makes voltage control method accurate in complex discharge. At the same time the present 220 kV substation parameter provides practical data for DC system research.

Key words: DC system; storage battery; voltage control method; current method; load statistics

中图分类号: TM744 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)22-0210-04

0 引言

直流系统在变电站中为控制、信号、继电保护、自动装置及事故照明, 交流不停电电源等提供直流用电^[1]。直流系统的可靠与否对变电站的安全运行起着至关重要的作用, 是变电站安全运行的保证。发电厂和 110 kV 及以上变电所通常用蓄电池做直流电源。直流系统的重要性决定了直流电源要有高度的可靠性和稳定性, 电源容量和电压质量均应在最严重的事故情况下保证用电设备能可靠工作。因此发输变电电气设计中蓄电池容量计算十分关键。

目前新建变电站一般采用无端电池直流系统。选择合适的蓄电池容量首先需要变电站的直流负荷进行统计, 并参照直流系统设计规程明确各种直流负荷的计算时间。使用蓄电池容量算法求取蓄电池的容量, 选取合适的蓄电池。

目前国内文献关于变电站直流系统的研究^[2-11]

已经开展了一段时间, 但是多集中在 110 kV 的变电站研究上^[2-3], 而 220 kV 变电站由于二次设备复杂得多, 直流系统的负荷统计也更难把握。本文在收集 220 kV 变电站直流系统实际运行数据的基础上, 做了完整的直流负荷统计。更重要的是, 目前国内常用蓄电池容量算法有阶梯电流法和电压控制法, 这两种计算方案, 有的时候结果是一致的, 而有的时候结果相差很大, 没有一个统一的理论体系。本文在公式推导的基础上对电压控制法提出新的改进。

下面在 220 kV 典型变电站基础上首先对直流负荷进行统计分析, 然后分别使用 HOXIE 算法和电压控制法计算蓄电池的容量。之后对两种算法进行对比分析, 并对事故放电时间持续到 2h 的情况, 对原有电压控制法的公式进行了改进。然后深入分析了两种方法的联系, 指出其本质区别, 解决了两种方法在计算上的差异问题。

1 直流负荷统计

以一个 220 kV 变电站典型设计为例进行负荷统计, 该站的规模是: 主变压器额定容量为 3×240 MVA, 三绕组 220/110/35 kV, 220 kV 为双母线单分段接线, 共 12 回线; 110 kV 为单母线三分段接线, 共 12 回出线; 35 kV 为单母线六分段接线, 共 30 回出线, 6 组电容补偿装置, 2 台站用变。二次

设备采用变电站自动化系统, 配置微机保护、测控装置等。

《GB/T15145-94 微机线路保护装置通用技术条件》功率消耗部分对直流电源回路要求是: 正常工作时不大于 50 W, 保护动作时不大于 80 W。而通过查阅资料发现目前各大厂家生产的微机保护、测控装置的直流功耗都能满足上述要求, 正常时在 25~40 W, 动作时多在 40~60 W。

表 1 直流负荷统计

Tab.1 Table of DC loads

负荷名称	220 kV 设备 / W	110 kV 设备 / W	35 kV 设备 / W	合计 / W	负荷系数	直流负荷电流 / A
保护装置	$54 \times 40 = 2160$	$14 \times 40 = 560$	$38 \times 25 = 950$	3 670	0.6	20.02
控制电源	$24 \times 40 = 960$	$14 \times 40 = 560$		1 520	0.6	8.29
公共设备	故录 3×200 , GPS 2×100 , 子站 500, 自动化			3 600	0.6	21.82/12.73
事故照明				5 000	1.0	45.45
UPS				5 000	0.6	27.27
断路器跳闸					1.0	118.5
断路器自投					1.0	12

根据变电站规模和直流负荷的大小, 统计在表 1 中。其中保护装置按照每个馈线每回路 1 个, 220 kV 主变按每台 4 个, 考虑后备保护。测控装置 35 kV 不单独考虑。公用部分包括故障录波 3 个, 保护管理子站 1 个, GPS 装置 2 个。断路器的跳闸电流按照 1.5 A 计算。负荷系数全部参照直流系统设计技术规程中给出的系数进行计算。在负荷统计中, 将事故放电时间分为 0~1 min, 1~60 min, 60~120 min, 并对应电流 I_1 、 I_2 、 I_3 , 事故放电计算时间有无人值班和有人值班之分。有人值班自动化负荷按照 4 000 W 计算, 无人值班自动化计算按照 3 000 W 计算。将表 1 中的电流数据, 参照《电力工程直流系统设计技术规程》给出的直流负荷统计计算时间表, 划分到上述三个时间段, 并累计为 I_1 、 I_2 、 I_3 电流值并汇总至表 2。表 2 求出的各个放电时间段的直流负荷电流可以直接代入蓄电池容量算法中进行计算。

表 2 放电时间电流

Tab.2 Circuit in discharge time

	有人值班变电站 / A	无人值班变电站 / A
I_1 (0~1 min)	241.35	186.81
I_2 (1~60 min)	122.85	68.31
I_3 (60~120 min)	0	113.76
I_R (随机 5 s)	12	12

2 蓄电池个数的确定

确定蓄电池的个数主要应该考虑两个因素。一

个因素是事故放电末期应维持直流母线的电压值, 按照规程放电末期直流母线电压应该不低于 85% 标称电压。第二个因素是事故放电末期允许的每个蓄电池的最低电压值, 即终止电压的高低。对于变电站的直流系统负荷, 要求电压稳定, 电压波动较小, 终止电压取 1.80 V。此时电池个数为:

$$n = \frac{0.85 \times 110}{1.80} = 52 \quad (1)$$

3 HOXIE 法计算蓄电池容量

国际上广泛采用的是 HOXIE 计算方法, 在国内称为阶梯电流法。此方法概念清楚, 计算精度较高。它的原理是保证蓄电池终止电压不低于最低允许电压的前提下来计算蓄电池的容量。

HOXIE 计算方法的公式如式 (2)~(5) 所示。由于目前新建变电站多选用阀控式密封铅酸蓄电池, 这里从阀控式密封铅酸蓄电池对应的选择系数表中选取系数代入公式计算, 可靠系数 K_K 取 1.4, 具体如下:

$$Q_1 = K_K \frac{1}{K_{C1}(1')} I_1 = 1.4 \times \frac{1}{1.43} I_1 \quad (2)$$

$$Q_2 = K_K \left[\frac{1}{K_{C1}(60')} I_1 + \frac{1}{K_{C2}(59')} (I_2 - I_1) \right] = \quad (3)$$

$$1.4 \times \left[\frac{1}{0.598} I_1 + \frac{1}{0.6} (I_2 - I_1) \right]$$

$$Q_3 = K_k \left[\frac{1}{K_{C1}(120)} I_1 + \frac{1}{K_{C2}(119)} (I_2 - I_1) + \frac{1}{K_{C3}(60)} (I_3 - I_2) \right] = 1.4 \times \left[\frac{1}{0.374} I_1 + \right. \quad (4)$$

$$\left. \frac{1}{0.375} (I_2 - I_1) + \frac{1}{0.598} (I_3 - I_2) \right] \\ Q_R = K_k \frac{1}{K_{CR}(5)} I_1 = 1.4 \times \frac{1}{1.45} I_R \quad (5)$$

蓄电池容量应等于 $\max\{Q_1, Q_2, Q_3\} + Q_R$ 。即公式(2)~(5)中的最大值叠加随机负荷。

综上 220 kV 典型中心站蓄电池容量为:有人值班变电站计算容量 306 Ah,无人值班变电站计算容量 362 Ah。均可选择容量为 400 Ah 的蓄电池。

4 电压控制法误差分析及其改进

电压控制法蓄电池容量按满足事故全停电状态下的持续放电容量:

$$C_C = K_k \frac{C_S}{K_{CC}} \quad (6)$$

其中, K_{CC} 为容量换算系数,对应于不同放电终止电压和要求的放电时间。

电压控制法的优点是公式上直观简单,但是有的时候会与阶梯电流法的计算结果差异很大。仔细观察就会发现电压控制法的问题所在。在蓄电池计算中要注意的是放电容量应与其对应的容量换算系数相除。所谓对应是指,在 T 时间段内的放电容量,应该除以 T 时间的容量换算系数。这里的 T ,应该是一个放电时间阶段,也就是说 T 时间内的负荷电流值应该是一个恒定的量。

审视电压控制法的公式可以看出,它是只能计算放电时间为 1 h 的蓄电池的容量。而对于部分负荷需要 1 h 电源,另一部分负荷需要 2 h 电源的负荷模式,其实存在两个放电时间阶段,若仍然代入公式(6)进行计算,分母取 2 h 放电时间,计算结果就会出现较大的偏差。这是由于其中仅参与第一个小时放电的负荷电流与分母 2 h 的系数不对应引起的。

按照电压控制法的物理意义,可以将存在 1 h 放电电流和 2 h 放电电流的模式进行分解,理解成两个容量的叠加,并将每个容量与其容量系数对应起来。推导出适用于三个放电阶段的电压控制法的计算公式:

$$C_C = K_k \left[\frac{C_2(2h)}{K_{CC}(2h)} + \frac{C_3(1h)}{K_{CC}(1h)} - \frac{C_2(1h)}{K_{CC}(1h)} \right] \quad (7)$$

其中: $C_2(2h)$ 为电流 I_2 与时间 2 h 的乘积, $C_3(1h)$

为电流 I_3 与时间 1 h 的乘积, $C_2(1h)$ 为电流 I_2 与时间 1 h 的乘积,可靠系数 K_k 取 1.4, K_{CC} 从容量系数表中查到,将本文中的数据代入得到:

$$C_C = 1.4 \left[\frac{2I_2}{0.748} + \frac{I_3}{0.598} - \frac{I_2}{0.598} \right]$$

至此电压控制法应根据不同的放电模式选取不同的公式计算,若 1 min 的冲击电流后,仅有单一放电时间,则选用公式(6)进行计算。若冲击电流后,尚存在两个放电阶段,即 1~60 min 负荷电流和 60~120 min 负荷电流,两个大小不等的电流则应选用公式(7)进行计算。

综上,用改进的电压控制法计算得到 220 kV 典型中心站蓄电池容量为:有人值班变电站计算容量代入公式(6)得出 306 Ah,无人值班变电站计算容量代入公式(7),得到 362 Ah。均可选择容量为 400 Ah 的蓄电池。这与 HOXIE 的计算结果相仿。

5 总结 HOXIE 与电压控制法的联系

通常在计算中,电压计算法的计算容量略小于 HOXIE 方法的计算容量。这是因为电压输入法忽略了初始 1 分钟放电电流消耗的容量。此外,考虑到

$$K_C = \frac{K_{CC}}{t} \quad (8)$$

其中: K_{CC} 是电压控制法中使用的容量系数,而 K_C 是电流控制法中使用的容量换算系数,将公式(8)代入公式(4)中,就会发现,电压法是将 HOXIE 的公式进行了变形得到的,而本质上是一致的。

不同点在于,电压法将 1 min 的计算阶段忽略,从而简化了计算。因此对于工程上的计算是比较适用的,但是其准确程度不如电流法。此外,电压法只提供了 1 h 放电的计算公式。虽然本文推导出了 2 h 放电的计算容量公式,但是仍然忽略了 1 min 的冲击电流。

6 结论

本文在直流负荷分析的基础上,对 220 kV 典型变电站中心站进行了蓄电池容量计算。本文采用 HOXIE 和电压控制法两种方法进行计算,同时对两种方法的异同与联系进行了探讨,提出电压控制法的改进和补充。找到了两种计算方法在原理上的联系,将两种方法计算结果的偏差进行了比较。形成较为完整的直流系统容量计算的理论。对 220 kV 变电站的直流系统设计有一定的实用价值。

参考文献

[1] 卓乐友. 电力工程电气设计手册[M]. 北京: 中国电力

- 出版社, 1991.
ZHUO Le-you. Electric design manual[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1991.
- [2] 夏红光. 110 kV 综合自动化变电站蓄电池容量的计算[J]. 继电器, 2004, 32 (18): 64-66.
XIA Hong-guang. Capacity calculation of storage battery in 110 kV integrated automation substation[J]. Relay, 2004, 32 (18): 64-66.
- [3] 王振动, 徐礼达. 110 kV 变电站蓄电池容量的选择[J]. 人民长江, 2007, 38 (5): 90-91.
- [4] 张殿科, 赵树海. 蓄电池在线监测仪的研制与应用[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (9): 80-81.
ZHANG Dian-ke, ZHAO Shu-hai. Research and application of storage battery on-line monitor[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (9): 80-81.
- [5] 黄海宏, 王海欣, 等. 二次放电在线检测蓄电池内阻[J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (15): 93-97.
HUANG Hai-hong, WANG Hai-xin, et al. Storage battery internal resistance on-line monitor with secondary discharge[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31 (15): 93-97.
- [6] 刘百震. 蓄电池组容量选择的计算方法[J]. 电力建设, 1989(6).
- [7] 鲍慧. 蓄电池运行检测与诊断系统[J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (14): 70-72.
BAO Hui. Monitoring and diagnosing system of storage battery[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (14): 70-72.
- [8] 国家电力公司电力规划设计总院. 阀控式密封铅酸蓄电池资料汇编[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
Electric Power Programming and Design Academy of the State Power. The information compilation of the VRLA battery[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [9] 董明, 魏秉政. 变电站直流系统运行现状及存在问题分析[J]. 继电器, 2006, 34 (3): 87-89.
DONG Ming, WEI Bing-zheng. Analysis of status and questions of DC power source in substation[J]. Relay, 2006, 34 (3): 87-89.
- [10] 郑宇. 220 kV 变电站直流系统改造实例及问题的处理[J]. 继电器, 2001, 29 (12): 58-59.
ZHENG Yu. Innovation on DC system of 220 kV substation[J]. Relay, 2001, 29 (12): 58-59.
- [11] 鲍玉川. 变电站直流系统设计及运行中需注意的几个问题[J]. 继电器, 1999, 27 (4): 61-62, 70.
BAO Yu-chuan. Some questions to be considered in design and operation on substation's DC system[J]. Relay, 1999, 27 (4): 61-62, 70.

收稿日期: 2009-11-16; 修回日期: 2010-01-25

作者简介:

田羽 (1979-), 女, 工程师, 硕士, 从事继电保护研究和变电站设计; E-mail: tytjoy@163.com

何仲 (1973-), 男, 高级工程师, 本科, 从事变电站设计;

范春菊 (1967-), 女, 副教授, 博士, 研究方向为继电保护和配电自动化。

(上接第 209 页 continued from page 209)

参考文献

- [1] 汤建红, 苏文博, 潘向华. 500 kV 变电站开关无故障跳闸事故分析[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(12): 77-79.
TANG Jian-hong, SU Wen-bo, PAN Xiang-hua. Research of non-fault trip accident in 500 kV substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2005, 25(12): 77-79.
- [2] 李刚, 刘平, 孙集伟, 等. 变电站及电厂直流系统二次回路干扰分析[J]. 华北电力技术, 2007 (9): 37-39.
LI Gang, LIU Ping, SUN Ji-wei, et al. Analysis of secondary circuit interference of DC system in substation and power plant[J]. North China Electric Power, 2007(9): 37-39.
- [3] 刘帆, 陈伯超, 卞利钢. 变电站二次电缆屏蔽层接地方式探讨[J]. 电网技术, 2003, 27(2): 63-67.
LIU Fan, CHEN Bai-chao, BIAN Li-gang. Discussion on shielded grounding mode of cables in secondary circuits of substations[J]. Power System Technology, 2003, 27(2): 63-67.
- [4] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护典型事故分析[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001.
National Electric Power Dispatching and Communication Center. Typical accidents analysis of power system protection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [5] 江苏省电力公司. 电力系统继电保护原理与实用技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
Jiangsu Electrical Power Company. Power system protection principle and practical technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

收稿日期: 2009-11-09; 修回日期: 2010-06-30

作者简介:

汤磊 (1984-), 男, 硕士, 主要从事电力系统继电保护方面的研究, E-mail: tanglei1020@126.com

高厚磊 (1963-), 男, 教授, 主要从事电力系统继电保护方面的教学和研究;

苏文博 (1959-), 男, 高工, 主要从事机组并网运行、继电保护运行和科研工作。