

新型分布式直流电源在 110kV 变电站的应用研究

A new Distributed DC Power Supply Application in 110kV Substation

李宾皓¹, 李超群², 周贤培³

1. 国网上海电力公司 (上海, 200120); 2. 上海电力设计院有限公司 (上海, 200025)
3. 深圳市泰昂能源科技股份有限公司 (深圳, 518057)

Li Bing-hao¹, Li Chao-qun², Zhou Xian-pei³

1.State Grid Shanghai Municipal Electric Power Company (Shanghai, 200120);
2.Shanghai Electric Power Design Institute Co., LTD (Shanghai, 200025);
3.Shenzhen Tieon Energy Technology Co.,Ltd (Shenzhen Guangdong, 518057)

摘要: 本文介绍一种采用并联智能电池组件的新型分布式直流电源, 与传统直流电源相比, 提高了蓄电池使用寿命、减少了维护工作量和直流系统绝缘故障点。针对 110kV 变电站的直流负荷情况、分布特点, 对应用方案进行分析研究。将两种直流电源方案从技术、经济两个方面进行论证分析, 为用户提供更多的方案选择。

关键词: 分布式直流电源 绝缘故障 并联智能电池组件

Abstract : This paper introduces a new distributed DC power supply parallel intelligent battery assembly, it compared with the traditional DC power supply to improve the service life of the battery, reduce the maintenance and DC system insulation fault point. In this paper, according to the 110kV substation DC load and the characteristics of distribution. Two kinds of DC power supply scheme from two aspects of technology, economy analysis, provide more choices for the user.

Keywords: Distributed DC power supply , Insulation fault , Parallel intelligent battery assembly

[中图分类号] TM63 [文献标识码] A 文章编号: 1561-0349 (2015) 03-0052-04

0 引言

直流电源系统是变电站的能源核心, 在交流电源正常时, 为控制设备、信号回路、事故照明、继电保护装置、自动装置以及逆变电源等, 提供可靠的直流电源。当变电站用交流电源失电时, 由蓄电池组为站用直流负荷提供后备电源, 保证变电站所有一次、二次设备的安全运行。

由于直流电源在变电站中的重要地位, 使得直流系统自身的可靠性及安全性直接影响着整个变电站的安全运行。尽管在现有技术水平上已经对直流电源的稳定可靠有了很高的保障, 但在实际应用中, 由于电力系统应用直流电源的特殊性, 特别是控制回路和保护回路的应用, 使得直流电源的故障成为电力系统更大的故障隐患, 即直流系统接地故障危害。

标准《DL/T459-2000 直流电源柜订货技术条件》中规定各电压等级系统的绝缘水平整定值, 如表 1 所示。

表 1 直流系统绝缘水平整定值

输出电压 V	普通绝缘监 察装置 kΩ	输出电压 V	普通绝缘监察装 置 kΩ
220	25	110	7

如直流系统的绝缘降低, 将会造成系统正母线、负母线接地或正负母线短路。直流正极接地, 有造成继电保护误动作的可能, 因为一般跳闸线圈 (如出口中间继电器线圈和跳闸、合闸线圈等) 均接负极电源, 若这些回路再发生接地或绝缘不良, 就会引起继电保护误动作。直流负极接地与正极接地同一道理, 如回路中再有一点接地就可能造成继电保护

拒绝动作,使事故越级扩大。两极两点同时接地,将跳闸或合闸回路短路,不仅可能使熔断器熔断,还可能烧坏继电器的接点。故直流系统绝缘一直是系统维护的重中之重。但因为直流馈线电缆过多、电缆沟铺设,也使绝缘降低点的检测成为最难的环节。因此,本文将从如何避免由于电缆使用过多而引起的绝缘检测点增多的问题入手研究,引入中新型的分布式直流电源方案,从而决定直流系统绝缘故障点难以全面检测的问题根源。

1 传统直流电源状况分析

传统直流系统由交流进线单元、蓄电池组、充电装置、调压硅链、监控系统、馈线开关等部分构成,系统构成原理简图如图1所示。

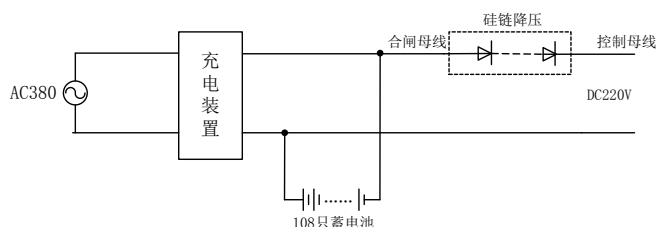


图1 传统直流系统原理图

传统直流电源系统分成充电柜、馈线柜、蓄电池组。因为蓄电池的串联使用,直流电源均集中安装在变电站的控制室中。充电装置与蓄电池组并联于系统的母线上,通过馈线屏中的馈线开关,将直流电源分配至各用电负荷,系统的供电为辐射状。但各电压等级的保护测控、交换机等设备离控制室距离较远,需要用大量的直流电缆,将直流电源从控制室引至直流用电设备。这使得变电站的电缆沟内塞满了各类一次/二次电缆,在加大了变电站维护难度的同时,也增加了系统出现故障的风险。

直流系统绝缘降低的情况大部分发生在馈线电缆上,馈线电缆长期处于电缆沟内,因受潮、老化、鼠咬的影响,外部绝缘层破损、老化而致使绝缘度降低。直流系统绝缘降低会发出绝缘降低告警,由绝缘检测仪监测是否为母线绝缘问题,同时巡检各直流馈线支路漏电情况,并检测出绝缘降低的极性。但实际上,即使监测出是哪一路电缆出现绝缘异常,也难在几十根数十m长的电缆中准确地找到绝缘降低点。

直流系统的直流馈线电缆越多,出现系统绝缘降低的风险也就越大,系统维护也越难。因此,直流系统绝缘故障报警,一直是令直流系统维护人员最为头疼的问题。

2 新型分布式直流电源系统

110kV变电站中的直流用电设备分布相对比较散,但是却又主要集中分布于110kV GIS设备室、35kV开关室、10kV开关室、控制室这几个区域。

针对直流负荷的这种分布情况,本文设计一种新型的分布式直流电源系统。该系统根据各设备室的负荷大小及负荷类型进行设计,不同的设备室均配置一套直流电源。采用并联电池供电的直流系统,主要由 N 块电源模块各配套一只12V的蓄电池组并联组成,系统输出电压DC110V/220V。其系统原理图如图2所示。

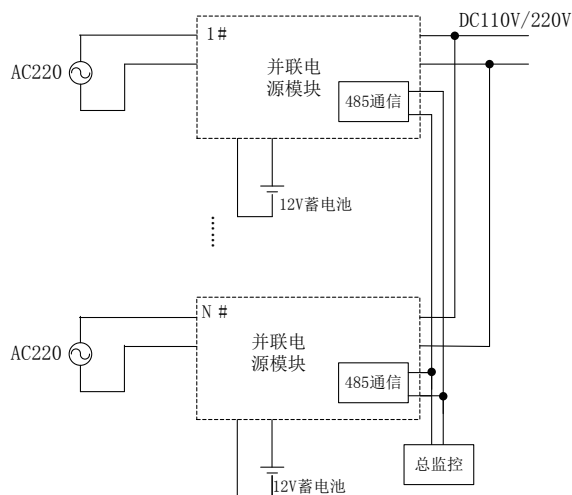


图2 分布式直流系统原理图

分布式直流电源较传统直流电源具有如下特点:

(1) 直流电源就近布置,减少直流馈线电缆的使用,大大地减少变电站直流电源系统电缆的一次投资;

(2) 较少的直流馈线电缆,降低发生绝缘故障的可能性。即使直流系统出现绝缘降低的情况,因电源就近布置,直流电源少、相互分散独立,检查起来也更为容易,这将提高变电站供电的可靠性;

(3) 蓄电池独立使用,通过并联电源模块并联,各蓄电池之间无直接联系。系统可以实现不同类型、新旧蓄电池的混合使用,提高蓄电池的使用效率;

(4) 系统中蓄电池之间为相互独立的,可由模块自身对蓄电池进行在线自动全容量核容,减少系统维护工作量,降低系统维护费用。定期的核容工作,提高直流系统供电的可靠度。

3 新型分布式直流电源在110kV变电站的应用

下面以某一110kV变电站的实际工程情况举例,说明此类系统方案设计及计算过程。该变电站的直流负荷主要分布在110kV GIS设备室、10kV开关室、控制室3个区域。在此对每个设备室的负荷类型及负荷大小进行统计。

3.1 110kV GIS设备室分布电源选型计算

3.1.1 直流负荷统计

其中110kV GIS设备室的直流负荷如表2所示。

表 2 110kV GIS 设备室直流负荷表

序号	负荷名称	装置容量 W	负荷系数或同时率	计算容量 W	事故放电时间			
					随机		持续 /min	
					5s	0~1	1~60	60~120
1	10kV 线路保护测控	1200	0.6	720		√	√	√
2	10kV 主变保护测控	150	0.6	90		√	√	√
3	10kV 站变保护测控	50	0.6	30		√	√	√
4	10kV 电容器保护测控	150	0.6	90		√	√	√
5	10kV 母线保护测控	150	0.6	90				√
6	10kV 分段备自投	75	0.6	45		√		
7	10kV 分段保护测控	75	0.6	45	√			
8	10kV 间隔层交换机	240	0.6	144				

3.1.2 并联智能电池组件数量计算

单个并联智能电池组件输出功率为 440W，短时间 60s 可输出 1100W，为直流负荷提供短时的冲击负荷。

事故负荷功率： $P_1=1415 \times 0.6=849$ ；

模块数量： $n=P_1/P_w=849/440=1.93$ ；

$N=1.93/0.8=2.41$ ，考虑容量及实际安装， N 取 4

3.1.3 蓄电池容量计算

由于组件均流的作用，每个电池提供 $1/N$ 的负荷功率。

(1) 单个蓄电池放电电流： $I_s=(P_1 \div N \div \eta) \div U$

其中： P_1 为直流负荷事故负荷容量；

N 为直流系统选择模块数量；

η 为电池的放电效率，取值 0.85；

U 为蓄电池额定电压，取值 12V。

$I_s=(849 \div 4 \div 0.85) \div 12=20.8$ (A)

(2) 蓄电池容量

$$C_c = K_{rel} \frac{I_s}{K_c}$$

$$C_c = K_{rel} \frac{I_s}{K_c} = 1.4 \times 20.8 / 0.429 = 67.9(\text{Ah})$$

蓄电池容量取 12V/70Ah，可以满足两小时的后备时间要求。

其中：

K_{rel} 为可靠系数， $K_{rel}=1.39$ ，取 1.40

3.2 10kV 开关室分布电源选型计算

3.2.1 10kV 开关室直流负荷统计

10kV 开关室直流负荷统计如表 3 所示。

表 3 10kV 开关室直流负荷统计表

序号	负荷名称	装置容量 W	负荷系数或同时率	计算容量 W	事故放电时间			
					随机		持续 /min	
					5s	0~1	1~60	60~120
1	主变保护	360	0.6	216		√	√	√
2	主变测控	120	0.6	72		√	√	√
3	110kV 线路保护测控	315	0.6	189		√	√	√
4	110kV 母线保护	120	0.6	72		√	√	√
5	110kV 自愈	120	0.6	72				√
6	110kV 间隔层交换机	80	0.6	48		√	√	√
7	110kV GIS 柜	300	0.6	180		√	√	√

3.2.2 并联智能电池组件数量计算

统计直流负荷表中负荷情况：

事故负荷功率： $P_2=1415 \times 0.6=8$ ；

模块数量： $n=P_2/P_w=849/440=1.93$ ；

$N=1.93/0.8=2.41$ ，考虑容量及实际安装， N 取 4

3.2.3 蓄电池容量计算

(1) 单个蓄电池放电电流： $I_s=(P_2 \div N \div \eta) \div U$

其中：

P_2 为直流负荷事故负荷容量；

N 为直流系统选择模块数量；

η 为电池的放电效率，取值 0.85；

U 为蓄电池额定电压，取值 12V；

$I_s=(1254 \div 4 \div 0.85) \div 12=30.7$ (A)

(2) 蓄电池容量

$$C_c = K_{rel} \frac{I_s}{K_c}$$

$$C_c = K_{rel} \frac{I_s}{K_c} = 1.4 \times 30.8 / 0.429 = 100.2(\text{Ah})$$

蓄电池容量取 12V/100Ah，可以满足两小时的后备时间要求。

3.3 控制室分布电源选型计算

3.3.1 控制室直流负荷统计

控制室直流负荷统计如表 4 所示。

表 4 控制室直流负荷统计表

序号	负荷名称	装置容量 W	负荷系数或同时率	计算容量 W	事故放电时间			
					随机		持续 /min	
					5s	0~1	1~60	60~120
1	公用测控	60	0.6	36		√	√	√
2	故障录波及网络分析装置	200	0.6	120		√	√	√
3	GPS	80	0.6	48		√	√	√
4	站控层交换机	80	0.6	48				√
5	110kV 主变、线路动作	1320	1	1320	√			
6	UPS	4000	0.6	2400		√	√	√
7	通信	2400	0.8	1920		√	√	√

3.3.2 并联智能电池组件数量计算

单个并联智能电池组件输出功率为 440W，短时间 60s 可输出 1100W，为直流负荷提供短时的冲击负荷。

控制室中事故情况下直流负荷：

$$P_3 = 36 + 120 + 48 + 48 + 2400 + 1920 = 4572 ;$$

$$\text{冲击负荷: } P_c = P_3 + 1320 = 5892 ;$$

$$\text{模块数量: } n = 4572 / 440 = 10.4 ;$$

$$N = 10.4 / 0.8 = 13 , \text{ 为了便于布置, } N \text{ 取 } 14。$$

单个模块短时 60s 输出功率为 1100W， $1100 \times 14 = 15400 > 8412$ ，满足要求。

3.3.3 蓄电池容量计算

由于组件均流的作用，每个电池提供 $1/N$ 的负荷功率。

(1) 单个蓄电池放电电流：

$$I_s = (P_1 \div N \div \eta) \div U$$

其中：

P_{11} 为直流 0~120min 负荷事故负荷功率；

P_{12} 为直流 120~240min 负荷事故负荷功率；

N 为直流系统选择模块数量；

η 为电池的放电效率，取值 0.85；

U 为蓄电池额定电压，取值 12V。

$$I_{s1} = (4572 \div 14 \div 0.85) \div 12 = 32 (\text{A})$$

$$I_{s2} = (2400 \div 14 \div 0.85) \div 12 = 16.8 (\text{A})$$

(2) 蓄电池容量

$$C_{C1} = K_{\text{rel}} \frac{I_{s1}}{K_{C1}} = 1.4 \times 32 / 0.429 = 104.4$$

$$C_{C2} = K_{\text{rel}} \left[\frac{I_{s2}}{K_{C21}} + \frac{1}{K_{C22}} (I_{s1} - I_{s2}) \right]$$

$$= 1.4 \times \left[\frac{16.8}{0.239} + \frac{1}{0.429} (32 - 16.8) \right] = 148 (\text{Ah})$$

根据《电力工程直流系统设计手册》(第二版)第 60 页的表 4-8 中查到数据为： $K_{C120} = K_{C21} = 0.429$ ， $K_{C240} = K_{C22} = 0.239$ 。

考虑冲击负荷，计算蓄电池容量取 150Ah，可以满足通

信负荷 4h 的后备时间要求。

4 结论

在传统方案直流电源系统因蓄电池的串联使用，如按照分布式设计，将需要多配置一套蓄电池，这势必将会增加系统的成本及维护工作量。本方案中通过蓄电池的并联使用，在降低系统维护成本的同时，也提高了系统供电的可靠性。目前电力系统建设的方向是：模块化、智能化、大数据、云计算。该方案通过模块化的设计，提高设备之间的通用性，缩短系统生产周期，减少维护工作量。而智能化的实现是通过设备的自动化功能，以减少维护工作量，提高系统的可靠性，符合现在电网发展的要求。

参考文献

- [1] 王洪. 直流并联技术在电力系统应急电源中的研究[J]. 电源技术, 2013, 03: 492-494, 508.
- [2] 余靓. 浅谈 35kV-110kV 变电站直流系统运行和维护[J]. 电源技术应用, 2013, 03: 137.
- [3] 李嘉. DL/T459-2000 直流电源柜订货技术条件[S]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
- [4] 刘百震. DL/T5044-2004 电力工程直流系统设计技术规范[S]. 北京: 中国电力出版社, 2004.
- [5] 白中敏. 电力工程直流系统设计手册[M]. 第二版. 北京: 中国电力出版社, 2009, 04: 53-82.

作者简介

周贤培(1985.06-), 男, 学士, 工程师, 电气工程及其自动化

李宾皓(1973.04-), 男, 学士, 高级工程师, 电力系统自动化

李超群(1972.12-), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 电力系统自动化

北京首个大型地面光伏电站并入国家电网

近日，国家电网走进北京华电密云 20WM 光伏电站，进行跟踪式上门回访，了解光伏电站并网以来的整体运行情况。该光伏电站于 2 月 16 日正式并入国家电网，项目装机容量达 20WM，是目前北京地区首个大型地面光伏电站，也是荒滩治理与新能源建设有机结合，实现“变废为宝”的项目。

据悉，由于该项目工程时间紧、任务重，客户发电需求迫切，负责具体并网工作的国网北京电力接到客户报装申请后，成立专项服务工作组，主动上门，利用绿色通道为客户提供服务。专项服务工作组实时跟进了解客户需求，现场召开多次专题协调会，解决 4 项报装过程的技术等难题，有效缩短了业务流程办理时间。为确保该光伏并网工程快速落地，国网北京电力积极与建设单位、监理单位和当地乡镇政府沟通，不断加快施工进度。