

苏北黑启动电源工程的实施及试验

王旭峰

(徐州华润电力有限公司,江苏 徐州 221142)

摘要:电网黑启动是指整个电网因故障全部停电后,通过本电网中具有自启动能力的机组启动,逐渐扩大电网失电的恢复范围,最后达到用尽量短的时间来恢复全网的运行和对用户的供电。文中通过对彭城电厂黑启动工程的实施及成功试验,说明了300 MW大机组作为黑启动电源是完全可行的。

关键词:黑启动;江苏电网;路径;试验

中图分类号:TM715

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)01-0048-03

随着电力系统的发展、电网规模不断扩大,电网的安全对国民经济的稳定和发展起着越来越重要的作用。但伴随着电网发展的同时,潜在的大电网全停事故发生的几率也在增加。近年来在国际上发生的美加大停电、莫斯科大停电及我国海南电网全停等典型事故都为电网的安全运行敲响了警钟。江苏电网近年来的高速发展,500 kV及220 kV分层分区工作顺利实施都为电网的安全经济运行打下了可靠的基础,但同时也看到自然灾害等不可抗拒的因素完全有可能造成江苏电网全网或部分地区电网的崩溃。黑启动是指在电网或局部电网全停的时候,主网出现联络中断,通过启动具有自启动能力的发电机组来作为“星星之火”,带动没有自启动能力的发电机组,然后逐步扩大系统的恢复范围,最后实现整个系统恢复正常运行。为保证电网安全,防止因电气事故导致电网大面积瓦解,2008年上旬,江苏省电力公司下发指示在彭城电厂设立黑启动电源点,要求彭城电厂1号、2号机组作为黑启动时的电源点,3号机组出线作为苏北黑启动电源至彭城电厂的输送通道。经过一年多紧张的施工及前期准备工作,苏北黑启动电源通道工程于2009年底全部完成。

1 苏北黑启动工程简介

苏北黑启动工程包括苏北黑启动电站及彭城电厂侧2个部分。苏北黑启动电站部分包括位庄变2台12.5 MW燃油机组、位庄变0号主变、位庄变220 kV母线;彭城电厂侧部分包括220 kV彭位2611线、彭位2611支线(220 kV电缆)、220 kV母线、01号启动变及1(2)号机组部分。

1.1 苏北黑启动电源路径图

苏北黑启动电源路径如图1所示。

1.2 彭城电厂黑启动部分前期工程建设

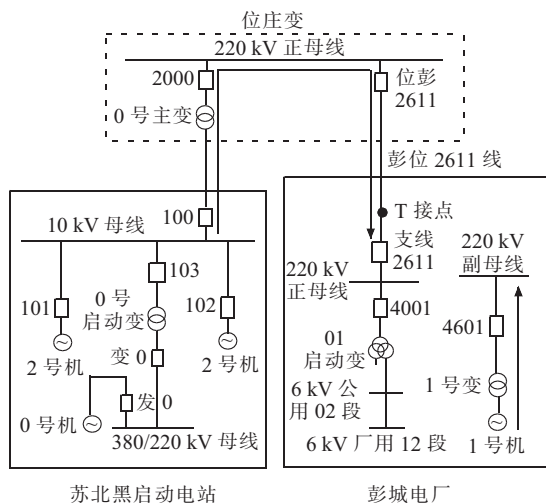


图1 苏北黑启动电源路径图

(1) 因需要利用彭城电厂3号机组(彭位2611)线路(11.638 km)作为苏北黑启动电源至彭城电厂的输送通道,所以要在3号主变间隔出线处T接一根总长约700 m,电缆截面400 mm²的220 kV高压电缆到一期220 kV升压站黑启动电源进线间隔。

(2) 在彭城电厂220 kV升压站新建1个220 kV黑启动电源间隔,主要设备是1台ABB的高压断路器、3台西安西电电力电容器有限责任公司的隔离开关、3只上海MWB公司的电流互感器、3只西安电瓷研究所的金属氧化锌避雷器。

(3) 新设2套线路保护。2套线路保护非黑启动期间不投用,彭位2611线路的保护通过3号机组彭位2611线路保护来完成,黑启动期间,2611线路保护停用,2611线路及2611支线(220 kV电缆)的保护通过光纤切换至新建黑启动2套线路保护完成。如图2所示。

(4) 为了保证江苏电网瓦解时1号和2号机组的顺利启动,根据江苏省电力试验研究院有限公司的计算结果,彭城电厂部分6 kV大容量的电机不能直接启动,需要增设变频装置。根据要求,分别对厂6 kV电动给水泵及引风机电机安装了变频器;2台

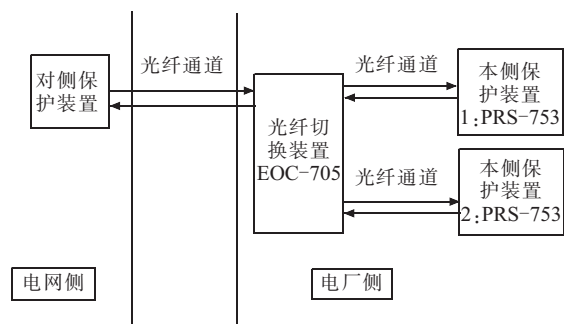


图2 光纤通道及切换装置

电动给水泵(电机功率为5 500 kW),加装2台功率为4 000 kW的高压变频器;2台引风机(电机功率为2 000 kW),加装2台功率为2 000 kW的高压变频器。

2 苏北黑启动(彭城电厂侧)工程启动试验

2009年底,苏北黑启动电源工程全部竣工,进入启动试验阶段。

2.1 试验前期准备工作

(1) 彭城电厂制定了1号、2号机组相关黑启动变频器的定期启停试验工作规定,以确保黑启动试验时变频设备的可靠投运。

(2) 根据江苏省电力公司有关黑启动试验要求,组织彭城电厂主要生产技术人员共同讨论分别编制了1号机组和2号机组作为电源点的黑启动试验方案,并根据彭城电厂实际情况,多次组织相关人员开会讨论完善方案,以确保黑启动试验顺利实施。

(3) 积极参加江苏省电力公司组织的黑启动会议,并根据会议精神及相关单位专家意见,组织生产部门人员学习讨论,多次对试验方案进行修改完善。

(4) 组织全公司生产部门相关人员学习领会方案内容,并成立了公司黑启动试验组织机构。

(5) 根据黑启动试验调度实施方案,组织人员编写了相关试验操作票及试验时相关专业技术措施、事故预案、注意事项等。

2.2 相关系统保护定值修改

2.2.1 保护定值计算

因受试验条件的限制,彭城电厂01号启动变由对侧柴油发电机独立提供电源,当黑启动试验期间彭城电厂试验机组6 kV厂用母线或01号启动变低压分支故障时继电保护装置无动作灵敏度,为保证黑启动试验顺利进行和试验期间设备安全,01号启动变继电保护定值需做相应调整^[1]。

(1) 根据江苏省电力调度中心提供的数据,彭城母线正序阻抗为0.783 262(标么值),三相短路容量为1.276 712。

(2) 根据调度中心提供的数据,彭城母线零序

阻抗为0.163 9(标么值),短路容量为6.101 3,01号启动变提供零序短路电流为0.363 653 kA。

(3) 01号启动变低压侧三相短路电流为 $I_k^{(3)} = 7 498$ A。

(4) 01号启动变低压侧两相短路电流为 $I_k^{(2)} = 6 493$ A,单机运行时 $I_k^{(2)} = 3.87$ A,A分支、B分支过流定值 $I_{gl,dz} = 5.4$ A,而现有启动变速断电流定值为14.5 A。

(5) 01号启动变低压侧A分支、B分支过流黑启动期间负荷统计:按12 000 kW考虑,最大负荷电机按照启引风机2 000 kW(电泵已改装变频)考虑的电流定值 $I_{gl,dz}$ 为4.5 A。综合考虑A分支、B分支过流定值5.4 A,0.5 s(与6 kV负荷保护时间配合)。

(6) 01号启动变差动保护(对侧带变压器零起升压,不考虑变压器励磁涌流),按照对侧一台柴油发电机运行12 MW时额定电流进行整定, $I_n = 1 154$ A;启动电流按照0.8倍 I_n 整定, $I_n = 1.54$ A;拐点电流按照1.2倍 I_n 整定, $I_n = 2.4$ A。

(7) 01号启动变复合低压过流保护。01号启动变低压侧两相短路折算到高压侧电流为169 A,电流定值为0.35 A,动作时间为0.8 s(与分支过流时间配合)。

(8) 01号启动变零序过流保护。根据江苏省电力调度中心提供 $3I_0 = 363$ A。电流定值为0.6 A,动作时间为1.5 s(与线路零序三段时间配合)。

2.2.2 保护定值修改清单

根据以上计算结果,黑启动试验期间需将相关保护定值修改,如表1所示。

2.3 黑启动试验过程

表1 黑启动试验期间保护定值

保护名称	启动电流/A	动作时间/s	备注
零序过流保护	0.6	1.5	—
差动	1.54	—	拐点电流2.4 A
分支过流定值	5.4	0.5	—
复合低压过流	0.35	0.8	—

根据江苏省电力调度中心统一安排,江苏电网苏北黑启动试验于2010年4月23日正式开始,试验时以彭城电厂2号机组作为黑启动电源点。

2.3.1 黑启动试验路径

苏北黑启动电站(位庄变)1号、2号机组→苏北黑启动电站10 kV 1号母线→位庄变0号主变→位庄变220 kV正母线→220 kV彭位2611线路、220 kV彭位2611支线→彭城电厂220 kV正母线→彭城电厂01号启动变→彭城电厂6 kV公用01段→彭城电厂6 kV厂用21段→彭城电厂400 V厂用

21 段。如图 1 所示。

2.3.2 彭城电厂侧试验过程

(1) 根据江苏省电力调度中心安排,2010 年 4 月 22 日 21:33,将彭城电厂 3 号机组从系统解列;4 月 23 日 00:35,2 号机组从系统解列。

(2) 4 月 23 日 09:15,彭城电厂侧黑启动试验系统相关运行方式全部调整完毕,黑启动试验正式开始。

(3) 黑启动电站 1 号机带彭城电厂侧 01 号启动变零升,零升前将 6 kV 厂用 21 段所带 21 号除尘变投入运行,随试验系统一起升压。(黑启动电源→220 kV 正母→01 号启动变→6 kV 公用 01 段母线→6 kV 厂用 21 段母线→21 号除尘变)。

(4) 11:00,零升结束,220 kV 正母线升压至 233 kV,6 kV 母线电压升为 6.35 kV,启动部分 400 V 辅机。

(5) 16:50,顺序启动彭城电厂循环水泵(1 600 kW)、凝结水泵(1 000 kW)、变频电泵(5 500 kW)等重要辅机设备。

(6) 17:30,苏北黑启动电站 2 号机并入试验小系统,无功未出现大幅度振荡,手动调整负荷及功率因数,进行 2 号机负荷的分配。

(7) 20:30,顺序启动彭城电厂侧引风机(2 000 kW 工频)、送风机(1 000 kW),至此彭城电厂所有厂用电负荷已带上,进入启动准备程序。黑启动电站所有负荷 1 号、2 号机平均分配,总有功 5 600 kW。

(8) 21:00,彭城电厂侧 2 号机组锅炉吹扫完成,点火正常。

(9) 23:22,彭城电厂侧 2 号发变组并列于 220 kV 副母线(大系统),初负荷为 1.3 MW,维持稳定运行,黑启动试验圆满成功。

2.3.3 相关参数

彭城电厂 2 号机组并入大系统时相关参数如表 2 所示。

3 结束语

(1) 由黑启动电站 1 号机组和 2 号机组组成的

表 2 2 号机组并入大系统时相关参数

测录参数	有效值	彭城 2 号 机并网前	彭城 2 号 机并网后
彭城电厂 220 kV 母 线电压 /kV	U_a	133.3	133.5
	U_b	132.8	133.4
	U_c	132.5	133.3
2 号机定子 电压 /kV	U_{ab}	19.65	19.62
	U_{bc}	19.58	19.55
	U_{ca}	19.58	19.62
2 号机定子 电流 /kA	I_a	—	1.27
	I_b	—	1.34
	I_c	—	1.29
频率 /Hz		49.99	50.00
2 号发电机有功 /MW		—	18
2 号发电机无功 /Mvar		—	22

小试验系统经受住了彭城电厂容量最大的 2 000 kW 引风机的启动冲击,彭城电厂 6 kV 母线电压从启动前的 6.28 kV,最低降到 5.00 kV,启动过程约 6.8 s,频率基本不变。送风机启动正常后,小系统自动恢复正常,运行稳定。

(2) 本次黑启动试验获得圆满成功,试验过程中黑启动电站未出现发电机自励磁现象,说明了作为启动电源点的黑启动电站具有黑启动的能力,充分验证了苏北黑启动电站能够作为江苏电网苏北地区黑启动的启动电源。

(3) 彭城电厂 2 号机组作为本次黑启动试验的主要电源点,顺利并入大系统,充分验证了本次黑启动试验方案及组织措施等的正确性。

本次黑启动试验的成功完成,为苏北电网乃至整个江苏电网应对大规模停电事故提供了保障,也为其他电厂乃至全国大容量火电机组作为黑启动电源的试点实施提供了参考。

参考文献:

[1] 崔家佩,孟庆炎,陈永芳,等.电力系统继电保护与安全自动装置整定计算[M].北京:水利电力出版社,1993.

作者简介:

王旭峰(1972-),男,江苏徐州人,工程师,长期从事电气技术管理工作。

Application and Test of the Black Start-up Power Project of Jiangsu Grid Generation Company

WANG Xu-feng

(Xuzhou China Resource Power Co.Ltd., Xuzhou 221142, China)

Abstract: After the power interruption caused by accident, the power network will gradually extend the recovery scope of power supply by starting up the power generation units having the capability of self start-up and finally achieves the goal of completely recovering the operation and power supply of the total power networks in the shortest time. According to the application and test results of the black start-up power project, the 300 MW power generation plants are proved to be able to play the role of black start-up power resource absolutely.

Key words: black start-up; Jiangsu Grid; path; test