

新乡电网黑启动试验的具体实践

申家琪, 李曼岭, 胡红线, 刘峰

(新乡市供电公司, 河南 新乡 453002)

摘要: 全过程描述了新乡电网的黑启动试验。分析了地区电网开展黑启动试验的困难, 从试验启动电源自启动机组、被启动机组、试验路径的选择、试验方式安排等四方面介绍了本地区电网黑启动试验的具体做法, 记录了试验过程和分析结果。试验的成功验证了其做法的有效性和合理性。对同类型电网黑启动试验有很好的借鉴意义。

关键词: 地区电网; 黑启动; 试验; 具体实践

Concrete practice of black start of Xinxiang power grid

SHEN Jia-qi, LI Man-ling, HU Hong-xian, LIU Feng

(Xinxiang Power Supply Company, Xinxiang 453002, China)

Abstract: This paper describes the test of black start of Xinxiang power grid. The difficulties of test of black start of Xinxiang power grid are analyzed. From choosing self-start of generator, the started generator, road of test, and test arrangement, the concrete practice is introduced. The process and result of the test is recorded and analyzed. The validity and rationality of the concrete practice are demonstrated by the successful test. There is much in our method that the others can make use of.

Key words: district power grid; black start; test; concrete practice

中图分类号: TM712 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2009)18-0120-04

0 引言

黑启动^[1]就是整个电网因事故导致全部停运后, 不依靠别的网络帮助, 通过系统中具有自启动能力机组的启动, 来带动无自启动能力的机组启动, 而后逐渐扩大系统的恢复范围, 最终用尽量短的时间来恢复整个系统的运行和对广大用户的供电。它是电力系统安全措施的最后一道关口。

随着大电网日益强大, 其防范和抵御事故的能力明显提高, 但也使得发生大面积停电和全网停电后电网的恢复过程变得空前复杂。为接受国外的一些大停电事故^[2-4]的经验和教训, 在电网大面积停电或全停后能快速而有序地恢复, 事先必须制定“黑启动”方案, 从而最大限度地减少因停电而带来的经济损失。

黑启动的成功很大程度上取决于自启动机组和被启动机组的技术条件和电网结构。而黑启动的试验受负荷、电网方式、调度关系等诸多条件的限制难以开展, 长期以来, 黑启动都仅仅停留在“方案”阶段。真实模拟电网全黑状态, 真正实现由“自启动机组”成功启动“被启动机组”, 也就使“黑启动”从“方案”走到了“实战”, 这是质的变化, 是重大

突破。

本文介绍了新乡电网开展黑启动试验的成功经验, 重点介绍了黑启动试验对启动电源点的选择与确定依据、黑启动试验路径的选择、黑启动试验方式安排等一些具体做法, 有很好的实用价值。

1 新乡电网概况

新乡地区电网是河南电网的一个重要组成部分, 截至2007年底, 新乡供电公司拥有固定资产原值27.47亿元, 管辖变电站44座。其中, 500 kV变电站2座, 220 kV变电站7座, 110 kV变电站34座, 35 kV变电站1座, 总容量4 800 MVA。供电区共有发电厂22座, 装机总容量2 746 MW。其中统调3座, 装机容量2 470 MW, 地方及企业自备19座, 装机容量276 MW; 其中水电厂1座, 火电厂21座; 其中接入220 kV及以上3座, 装机容量2 200 MW, 接入110 kV 2座, 装机容量318 MW, 接入35 kV及以下18座, 装机容量228 MW。

目前, 全供电区初步形成了以500 kV网架为主干、以220 kV单双混合环网运行的电源网络、以110 kV辐射网运行的电网供电方式。供电区有铁路牵引站、煤矿、化纤厂、钢铁等重要用户, 2007年

度网供最高负荷达到 1581 MW。

2 具体实践

2.1 黑启动电源点即“自启动机组”的选择方案与确定依据

作为黑启动电源的电厂需满足^[5]: 调节性能好、启动速度快、具备进相运行能力; 因此一般优先选用直调电厂作为启动电源, 其次选用用户电源, 尽量选择接入较高电压等级的电厂, 这样有利于快速恢复其他电厂。

新乡供电区内具有“黑启动”能力的地方发电厂共有五个, 潭头水电站、三郊口水电站、宝泉水电站、石门水电站以及塔岗水电站, 其中, 除潭头水电站外, 其它四座水电站装机容量都很小, 不具备向外供电启动外部电网的能力。潭头水电站装机容量为 $4 \times 2\,500\text{ kW}$, 由一条全长 12.548 km 的 35 kV 潭薄线(型号为: LGJ-185)与系统连接, 加之水源较充沛, 水库蓄水量大, 丰水期(每年的七、八月份)可以满发, 枯水期(每年的一、二月份)的发电量也在 3 000 kW 左右, 具有良好的无功电源支持, 能保证外送线路末端电压水平, 所以, 我们将潭头水电站确定为新乡电网黑启动电源点。

表 1 潭头水电站水轮发电机铭牌参数

Tab.1 Parameters of generator of Tantou hydraulic power station

型 号	TSW 173/74-10	额定励磁电压:	100 V
额定功率	2 500 kW	额定励磁电流	300 A
额定电压	6 300 V	额定功率因数	0.8
额定电流	286.4 A	定子绕组接线	Y
额定转速	600 转/分	定子最高温度	105 °C
飞逸转速	1 065 转/分	转子最高温度	120 °C
相 数	3 相	额定频率	50 Hz

表 2 潭头水电站变压器铭牌参数

Tab.2 Parameters of transformer of Tantou hydraulic power station

型 号	SF7500/38.5	额定电压	38 500/6 300 V
额定容量	7 500 kVA	空载电流	0.15%

2.2 “被启动机组”的选择

辉县电厂是离潭头水电站最近的一座地方火电厂, 装机 $3 \times 12\text{ MW}(\#1 \sim \#3) + 2 \times 50\text{ MW}(\#4 \sim \#5)$, 其中 3 台 12 MW 机组接入 35 kV 系统电压, 2 台 50 MW 机组接入 110 kV 系统电压。考虑到方便快捷, 随机选择同型号、同厂家的三台 12 MW 机组中的#3 机组作为最先被启动机组。其主要参数如表

3。

表 3 辉县电厂#1-#3 汽轮发电机铭牌参数

Tab.3 Parameters of #1-#3 generator of Huixian thermal power station

型 号	QF-12-2	功率因数	0.8
额定功率	12 000 kW	额定转速	3 000 转/分
额定电压	6 300 V	效 率	97%
额定电流	1 374.7 A	接 法	Y

2.3 黑启动试验路径的选择

黑启动试验方案的选择要注意^[5]: 操作步骤少; 不同电压等级之间的变换少; 距离下一个电源点近, 尽快恢复本地区电网的主力电厂, 建立相对稳定的供电系统; 便于主网架的快速恢复。

由于黑启动试验是在运行设备上进行的试验, 试验路径的选择应充分考虑隔离试验设备与运行设备, 同时路径要尽可能短、操作要简便、试验造成的对外停电要最小。

由潭头水电站至辉县电厂可行的启动路径有两条可供选择: 1. 潭头水电站—35 kV 薄壁变—35 kV 上八里变—35 kV 洪洲变—110 kV 百泉变 35 kV 南北母—35 kV 西郊变—辉县电厂 35 kV 南母(图 1)。2. 潭头水电站—35 kV 薄壁变—110 kV 冀屯变—110 kV 百泉变—35 kV 西郊变—辉县电厂 35 kV 南母(图 2)。

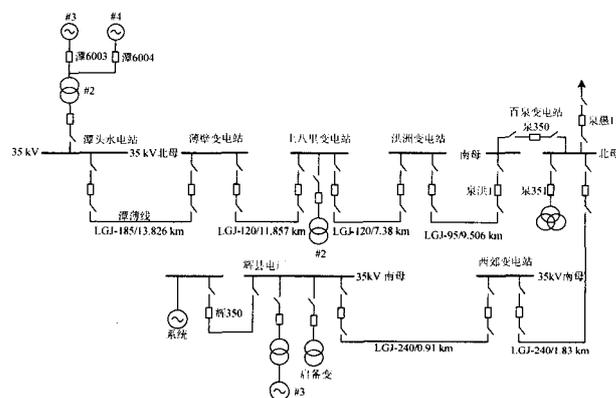


图 1 黑启动试验路径 1

Fig.1 Route 1 of test of black-start

对比两方案, 路径 2 较短, 操作简便, 但其中需两次 110~35 kV 电压变换, 另外由于辉县电网固有接线方式的原因, 该试验路径必然对外造成三个乡镇大面积停电, 损失负荷约 10 MW。这样也就否定了它的可行性。

这样我们从中选取了方案 1, 一是这一方案对外停电最少, 二是这一方案较为直接, 也较易实现。

本次试验是从潭头水电站机组自启动，零起升压，送电至辉县电厂 35 kV 母线，到启动#3 机组(12 MW) 结束。沿途线路全长 45.31 km；涉及两座电厂：潭头水电站和辉县电厂；五座变电站：辉县局所属 35 kV 薄壁变、上八里变、洪洲变、西郊变和新乡供电公司属 110 kV 百泉变；总计影响负荷约 5~6 MW。

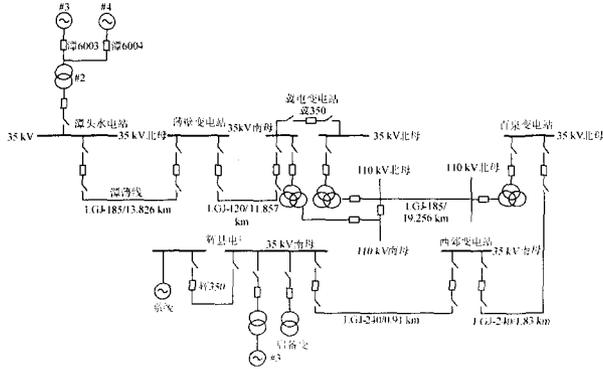


图 2 黑启动试验路径 2

Fig.2 Route 2 of test of black-start

2.4 黑启动试验方式安排

- a. 潭头水电站全停
- b. 薄壁变 35 kV 北母停电 (35 kV 单母分段接线，不影响负荷供电。)
- c. 上八里变 35 kV 母线停电 (约 2 MW 负荷全停，供电范围包括上八里镇和八里沟景区。)
- d. 洪洲变 35 kV 母线停电 (负荷可全部转移至它变供电，不影响负荷)
- e. 百泉变 35 kV 南、北母停电 (需停电负荷约 3~4 MW，供电范围包括盘上六个乡和拍石头乡，停电范围较大。)
- f. 西郊变 35 kV 南母停电 (35 kV 南、北母双母线接线，不影响负荷)
- g. 辉县电厂 35 kV 南母停电 (35 kV 南、北母双母线接线，不影响负荷)

3 试验过程

- 10:17 潭头水电站#3、#4 机停机，电网进入黑状态；
- 11:07 潭#3 机开机，潭 6003 加入运行。
- 11:12 潭#4 机开机，潭 6004 同期加入运行，两机并列，母线电压 6 kV，频率 50 Hz。
- 11:16 潭#2 主变加入运行，潭 35 kV 母线电压 38.5 kV。
- 11:17 35 kV 潭薄线加入运行。
- 11:40 薄壁变电站，检查运行方式正确，35 kV 北

母电压 38.5 kV，频率 50.5 Hz。

- 12:10 上八里变电站，检查运行方式正确，10 kV 母线电压 10.7 kV，频率不显示(无频率表)，上#2 主变空载运行。
- 12:37 洪洲变电站，检查运行方式正确，35 kV 母线电压 39.8 kV，频率 50.7 Hz。
- 13:04 泉愚 1 停止运行。
- 13:05 泉 351 停止运行，解除备用。
- 13:07 泉洪 1 加入运行，百泉变 35 kV 南母电压 37 kV。
- 13:21 西郊变电站，检查运行方式正确，35 kV 南母电压 37 kV，频率 49.9 Hz。
- 13:31 辉县电厂，检查运行方式正确，辉 35 kV 南母电压 37 kV。
- 13:34 辉县电厂启备变加入运行。
- 13:35 启动辉#3 炉。
- 14:12 辉#3 机与潭头水电站并网。
- 14:13 辉 350 恢复备用，同期加入运行与系统并列。
- 14:26 与系统并网成功，母线电压 39.5 kV，频率 50 Hz。

4 试验结果分析

此次“黑启动”试验从“自启动机组”开始启动到启动“被启动机组”成功，历时 5 小时 47 分钟，“黑启动”有效时间 2 小时 53 分钟。

整个试验过程进展顺利，由潭头水电站#3、#4 机自启动建立的独立电网相对比较稳定，潭头水电站机组运行平稳，调频调压灵活，频率和电压均能维持在合格范围，没有出现大的波动。

各个参加试验的单位和部门配合密切、组织得力，各运行值班人员和操作人员到位及时、行动迅速、操作规范，切实做到了准确、有序、迅速地恢复电网运行。

5 结论

黑启动试验之所以难以开展，关键在于要在实际运行的主电网中隔离出参与试验的一部分孤立电网，这一具有黑启动能力的孤立电网在黑启动成功后，要能实现与主电网同期并网。本文通过对新乡电网黑启动试验的详尽描述，归纳出了地区电网黑启动试验的一般具体做法，对地区电网开展黑启动试验具有较好的现实指导和借鉴意义。

参考文献

[1] 李坚. 电网运行及调度技术问答 [M]. 北京: 中国电

力出版社, 2004.

LI Jian. Questions and Answers of Power System Dispatch and Operation[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2004.

- [2] 印永华, 郭建波, 赵建军, 等. 美加“8. 14”大停电事故初步分析以及应吸取的教训[J]. 电网技术, 2003, 27(10): 8-11, 16.

YIN Yong-hua, GUO Jian-bo, ZHAO Jian-jun, et al. Preliminary Analysis of Large Scale Blackout in Interconnected North America Power Grid on August 14 and Lessons to be Drawn[J]. Power System Technology, 2003, 27(10): 8-11, 16(in Chinese).

- [3] 胡学浩. 美加联合电网大面积停电事故的反思和启示[J]. 电网技术, 2003, 27(9): 2-6.

HU Xue-hao. Rethinking and Enlightenment of Large Scope Blackout in Interconnected North America Power Grid[J]. Power System Technology, 2003, 27(9): 2-6(in Chinese).

- [4] 唐葆生. 伦敦南部地区大停电及其教训[J]. 电网技术, 2003, 27(11): 1-5, 12.

TANG Bao-sheng. Blackout in South of London and Its Lessons[J]. Power System Technology, 2003, 27(11): 1-5, 12 (in Chinese).

- [5] 林济铿, 么莉, 孟宪朋, 等. 天津电网黑启动试验研究[J]. 电网技术, 2008, 32(5): 59-62.

LIN Ji-keng, YAO Li, MENG Xian-peng, et al. Test Research of Black Start of Tianjin power Grid[J]. Power System Technology, 2008, 32(5): 59-62(in Chinese).

收稿日期: 2008-10-22; 修回日期: 2008-12-06

作者简介:

申家琪(1972-), 男, 本科, 工程师, 从事电力系统电网运行方式工作;

李曼岭(1968-), 女, 本科, 高级工程师, 从事电力系统电网运行方式工作; E-mail: tongxinhlly@126.com

胡红线(1975-), 男, 本科, 工程师, 从事电力系统电网调度运行管理工作。

(上接第 115 页 continued from page 115)

5 基于 B/S 模式的工作票系统实际应用

目前该系统已投入天津军粮城电厂发电有限公司使用。期间 20 万机组的供热改造, 由于本系统的投入使用, 大大减轻了现场工作人员由于开工作票所带来的劳动强度。

07 年 9 月军粮城电厂归属改革, 原先属于国网新源公司, 改革后属于华电集团, 相应的工作票的内容及流转也有所变化。军粮城依据电厂新的要求, 在页面及接口模块作相应的修改, 即已实现相应的改动。

6 结论

本文在对传统的 web 三层结构进行改进的基础上, 以 .NET 为软件平台设计开发了一套基于 B/S 模式的实用化工作票系统。系统提供了手工填写和标准票两种开票方式, 并实现了工作票流转过程中不同级别权限的控制以及对工作票的管理等。该工作票系统具有较强的适应性及灵活性。该系统实际应用的良好效果, 证明了本文系统的有效性和正确性。

参考文献

- [1] 张国立, 于美菊. 电力企业网上工作票传输系统的研究与实现[J]. 软件天地, 2006, 22(7-1): 296-298.
ZHANG Guo-li, YU Mei-ju. The Research and Realize of the Electric Power Enterprise's Work Ticket System[J]. The Software, 2006, 22(7-1): 296-298.
- [2] 吴宁, 闫相国, 潘克非. 自主可视化电气工作票系统[J].

电工技术杂志, 2002, (5): 42-44.

WU Ning, YAN Xiang-guo, PAN Ke-fei. Independent Visualization Electrical Work Ticket System[J]. Electrotechnics Journal, 2002, (5): 42-44.

- [3] 戚宇林, 段东兴. 基于 Intranet 的工作票自动生成与管理信息系统[J]. 华北电力大学学报, 2002, 29(1): 52-54.

QI Yu-lin, DUAN Dong-xing. Auto-produced and Management System for Work Projects Based on Internet[J]. Journal of North China Electric Power University, 2002, 29(1): 52-54.

- [4] 敖丽敏, 张启安, 王树大, 等. 基于过程性知识的电气工作票专家系统[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(1): 44-47.

AO Li-min, ZHANG Qi-an, WANG Shu-da, et al. Procedural-knowledge-based Expert System for Transmission and Distribution Networks Electrical-work-order[J]. Journal of China Agricultural University, 2005, 10(1): 44-47.

- [5] 胡迎松, 彭利文, 池楚兵. 基于 .NET 的 Web 应用三层结构设计技术[J]. 计算机工程, 2003, 29(8): 173-175.

HU Ying-song, PENG Li-wen, CHI Chu-bin. Design Technology of Three-tier Architecture on Web Application Based on .NET[J]. Computer Engineering, 2003, 29(8): 173-175.

收稿日期: 2008-09-25; 修回日期: 2009-04-29

作者简介:

王为臣(1970-) 男, 本科, 工程师, 研究方向为电网调度计划;

林济铿(1967-), 男, 博士, 研究方向为电力系统定性分析及控制, 人工智能在电力系统中的应用; E-mail: mejkln@126.com

郭奎奎(1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力系统仿真。