

# 南京地区电网黑启动继电保护的配置及整定

曹海欧, 张量, 陈久林, 许扬

(江苏省电力试验研究院, 江苏 南京 210036)

**摘要:** 针对南京地区黑启动系统方式, 在分析黑启动路径保护配置以及黑启动系统短路电流的基础上, 研究黑启动初期单电源方式以及小机组带黑启动路径零升过程中线路保护的整定, 确认了距离保护作为黑启动单电源方式下黑启动路径的主保护; 并分析了黑启动过程中变压器保护以及发电机逆功率保护的定值调整方法。

**关键词:** 黑启动; 整定计算; 线路继电保护

## The protection scheme and settings during power black-start of Nanjing district

CAO Hai-ou, ZHANG Liang, CHEN Jiu-lin, XU Yang

(Jiangsu Electric Power Research Institute, Nanjing 210036, China)

**Abstract:** By analyzing the features of the power black-start system of Nanjing district, based on the protective devices of black-start system and the result of short circuit calculation of black-start system, the corresponding relaying protection scheme is presented. The paper puts emphasis on the research to the line protection setting with single power source during the initial stage of black-start course. Besides, this paper discusses the setting principles of transformer protection and reverse power protection during power black-start course.

**Key words:** black-start; relay setting; line protection

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)03-0068-03

## 0 引言

随着电力系统跨区域互联, 电网的规模越来越大, 各子系统之间相互影响越来越强烈, 局部系统故障可能会导致大面积的停电事故, 甚至整个系统的崩溃瓦解。华中电网“7.1”大停电事故以及国际上发生的美、加大停电和莫斯科大停电为电网的安全运行敲响了警钟。作为大停电事故后重要且有效的恢复措施, 电力系统黑启动成为研究的热点, 各电网公司这几年都开展了黑启动的试验研究。

按照《220~500kV 电网继电保护装置运行整定规程》要求, 继电保护配置应满足可靠性、速断性、选择性以及灵敏性的基本要求。但黑启动试验系统与正常运行系统差异很大, 这个阶段系统的主要特征是: 系统的网架结构十分薄弱, 短路电流也很小, 频率和电压变化大, 控制十分困难, 系统抗扰动能力差, 难以确保故障后的稳定运行。因此, 在制定适用于黑启动继电保护方案时, 应以避免或减轻故障对电力设备的损害为根本原则, 达到尽可能保

证设备安全的目的, 而不考虑保护之间的逐级配合<sup>[1,2]</sup>。

## 1 南京地区黑启动方案

南京地区黑启动系统如图(1)所示, 利用外部电源启动小机组, 通过小机组远距离带大机组的厂用负荷, 最后启动大机组, 主要分三个步骤:

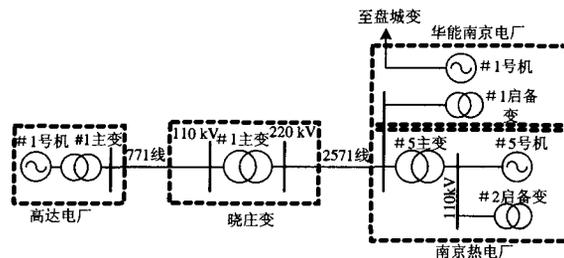


图1 南京地区黑启动路径图

Fig.1 The black-start system of Nanjing district

第一步: 利用外接电源车启动南京高达电厂(简称高达) #1 柴油机组(44.8 MVA)到额定转

速,手动调节高达电厂#1号机励磁装置经黑启动路径(771线、晓庄#1主变、2571线)带南热#5号主变、#2启备变零升。

第二步:利用黑启动系统带南京热电厂(简称南热)厂电负荷,启动南热#5号机(150MVA),并与黑启动小系统并网。

第三步:利用黑启动系统带华能南京电厂(简称华京)厂电负荷,进而启动华京电厂#1号机组(376 MVA),华京电厂#1号与运行系统并网。

## 2 线路保护配置及定值

### 2.1 黑启动线路保护总体配置方案

黑启动路径中两条线路(771线以及2571线)的主保护为高频方向保护,后备保护为距离保护以及方向零序保护。区内故障时,高频方向保护要求线路两侧能够判断到故障相对保护安装处的位置,并发允许信号或者闭锁信号给对方<sup>[1]</sup>。在高达机组与南热机组并列运行时,两条线路的高频方向保护可确保全线速动。黑启动过程中,高达机组单电源运行方式下,弱电源侧保护方向元件很可能不动作,高频保护因此会拒动。因此在这种模式下,有必要调整线路的主保护,由距离保护或者零序保护作为主保护实现线路全线速动。

电网黑启动模式下,大量民用负荷已经失去,通讯自动化等往往也不畅通,应尽量避免让保护人员赶到现场耽误时间而影响整个黑启动过程<sup>[3]</sup>。因此,在黑启动过程中,把771线路、晓庄变#1主变以及2571线路当作一条线路考虑,晓庄变定值不变,通过调整高达电厂侧771线路保护(LFP941B)定值达到保护771线路、晓庄变#1主变、晓庄变母线以及2571线路的目的。

在黑启动过程下,应达到尽可能保证设备安全,取消线路保护中振荡闭锁距离保护功能;另外考虑重合闸对黑启动这种小系统产生很大的冲击,极有可能导致小系统崩溃,在黑启动过程中停用线路保护重合闸功能。

### 2.2 方向零序保护定值整定

方向零序保护受运行方式影响较大,考虑到双机模式下,有纵联方向保护作为主保护。在单机运行方式下,能否通过调整高达电厂侧771线路的方向零序保护定值使作为黑启动路径的主保护?

据计算,黑启动过程中单机运行方式下,晓庄变110kV母线单相接地时,高达771线路保护感受到的零序电流为238(A);晓庄变220kV母线单相接地时,高达771线路保护感受到零序电流为85.6(A);南热220kV母线单相接地时,高达771线路

保护感受到零序电流为31.4(A)。考虑到高达771线路保护装置最小精工电流80(A),方向零序定值取:80(A)/0(s)。

晓庄变110kV母线单相接地时,灵敏度 $k = 238/80 = 2.975$ ;

晓庄变220kV母线单相接地时,灵敏度为 $k = 85.6/80 = 1.07$ ,灵敏度不够;

南热220kV母线单相接地时,没有灵敏度。

因此,在黑启动单机运行方式下,771线高达侧的方向零序保护只能够保护771线路,不能作为晓庄#1主变以及2571线的主保护,需要由距离保护实现单机模式下的全范围速断。

### 2.3 距离保护定值整定

距离保护受系统的运行方式变化影响较小,通过保护范围确定保护定值。黑启动路径正序阻抗、零序阻抗如图2、3所示(归算到110kV的阻抗值)。



图2 黑启动路径的正序阻抗图

Fig.2 Positive sequence impedance of black-start path

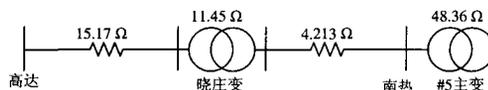


图3 黑启动路径的零序阻抗图

Fig.3 Zero sequence impedance of black-start path

黑启动路径正序阻抗为:

$$5.64 + 6.991 + 1.712 = 14.34 (\Omega)$$

黑启动路径零序阻抗为:

$$15.17 + 11.45 + 4.213 = 30.83 (\Omega)$$

考虑到单机运行方式下,距离保护作为黑启动路径的主保护,高达771线路距离保护按照保护到南热220kV母线整定,相间距离保护及接地距离保护对南热220kV母线有灵敏度。相间距离I段:定值取40Ω/0s,相间距离II段:定值取40Ω/0.6s;接地距离I段:定值取50Ω/0s,接地距离II段:定值取50Ω/0.6s。同时距离保护作为南热#5主变的后备保护,相间距离III段:定值取100Ω/1.5s,接地距离III段:定值取120Ω/1.5s。保证在黑启动过程中发生故障后,保护能可靠动作,保护设备的安全。

### 2.4 零升过程中的线路保护

黑启动试验中,高达机组带771线路、晓庄#1主变、2571线路、南热启备变零升过程到70%额定电压之前,保护装置判断为PT断线状态,进而闭锁

纵联方向保护、距离保护、方向零序保护。

这种状态下,由高达 771 线路保护的 PT 断线过流功能作为零升初始阶段的线路保护,按照躲黑启动过程中的最大潮流整定,并对南热 220 kV 母线故障有 2 倍的灵敏度。在零升过程的开始阶段系统故障时,由于短路电流太小,PT 断线过流保护也可能不动作,这时运行人员通过监盘能够判断黑启动系统是否故障。

### 3 变压器保护配置

正常运行时,晓庄变#1 主变的差动保护启动值为:  $0.8I_e$ ,黑启动过程中,高达#1 号机组单机运行方式下时,晓庄变#1 主变 220 kV 侧两相短路时短路电流为  $0.77I_e$ ,差动保护不能保护到整个变压器内部故障,变压器内部故障主要靠“瓦斯”保护以及高达电厂侧的 771 开关距离保护。

高达、南热、华京电厂侧的变压器保护,由于小系统方式下的短路电流较小,仍然以瓦斯保护作为主保护,同时根据短路电流计算结果调整差动保护的启动值以及后备保护定值。

### 4 逆功率保护定值调整

在黑启动过程中,当南热#5 机组与高达#1 机组并网后,两台机组所带负荷只有南热的厂用电,所需的有功功率很小(8 MW),当励磁电流或角功稍有不平衡,两台机组就有可能一台发出有功而另一台吸收有功,很容易导致逆功率保护动作。湖北电网黑启动过程中在两台机组并列时逆功率保护误动作<sup>[3]</sup>。因此在黑启动过程中,考虑大负荷上来之前,将逆功率保护临时改投信号,待华京电厂的厂用负荷(22 MW)上来之后再南热机组以及高达机组的逆功率保护恢复。

### 5 结语

黑启动系统的主要特点是系统容量小,短路水

平较正常时大为减少,本文针对南京地区的黑启动试验讨论了黑启动方式下保护配置方案。在设计黑启动过程保护方案时,应注意两个方面:

a. 结合黑启动路径的具体情况,变电站定值尽量不调整,通过调整电厂定值达到保护变电站目的,以缩短黑启动的准备时间,便于在今后系统一旦全停时定值修改工作能快速实施;

b. 尽可能地保证在黑启动过程中,所有电气设备的保护都能有一定的灵敏度,以免造成不但黑启动不成功,反而造成设备烧损,更加延误系统的恢复。

建议作为黑启动厂站中需要调整定值的保护装置应设置一个专用黑启动定值区,以备黑启动时能快速投入。

### 参考文献

- [1] 李阳坡,等.电力系统黑启动过程中线路继电保护运行分析[J].华北电力大学学报,2006,(2).  
LI Yang-bo. Operation Analysis of Transmission Line Protection During Power System Black-start[J].Journal of North China Electric Power University,2006,(2).
- [2] 李阳坡,等.电力系统黑启动过程中线路继电保护的配置与整定[J].电力系统自动化,2006,30(7).  
LI Yang-bo,et al. Determination of Line Protection Scheme and Setting during Power System Black-start [J].Automation of Electric Power Systems,2006,30(7).
- [3] 刘江平,等.合理制订电网黑启动过程的继电保护方案[J].华北电力,2002.  
LIU Jiang-ping, et al. Rationally Designing Relaying Protection Scheme for Power System Black-start[J]. Hu-bei Electric Power,2002.

收稿日期:2007-04-28; 修回日期:2007-11-19

作者简介:

曹海欧(1979-),男,工程师,从事继电保护调试工作;  
E-mail:cho@jsepc.com.cn

张量(1970-),男,高级工程师,从事电网研究工作;  
陈久林(1970-),男,高级工程师,从事继电保护调试工作。

(上接第 63 页 continued from page 63)

- [9] 李恩宽,梁川.密切值法在水环境质量综合评价中的应用[J].云南水力发电,2005(3):9-10,17.  
LI En-kuan,LIANG Cuan. Intimate Data Method in Synthetical Evaluation about Water Environment Quality[J].Yunnan Water Power,2005(3):9-10,17.
- [10] 楼文高.基于密切值法的书刊印刷企业经济效益综合评价与排序[J].北京印刷学院学报,2002,10(4):15-17.  
LOU Wen-gao. Economic Performance of Comprehensive Evaluation and Row Preface in Print Enterprise Based on intimate data method [J]. Journal of Beijing Institute of Graphic Communication,2002,10(4):15-17.

收稿日期:2007-07-25; 修回日期:2007-08-12

作者简介:

黄静(1972-),女,讲师,在职硕士,主要从事电类课程教学。研究方向为电能质量及电力市场; E-mail: hjjh\_jm@163.com

马宏忠(1962-),男,教授,主要从事电力设备故障分析、状态监测、故障诊断等方面的研究工作;

纪卉(1982-),女,在读硕士,主要从事电力设备故障诊断、监测、分析等方面的研究工作。