

大型蓄能电站黑启动功能介绍及建议

李海波，仇 岚

（华东宜兴抽水蓄能有限公司，江苏 宜兴 214205）

摘 要：简要介绍电力系统黑启动的定义，抽水蓄能机组在黑启动过程中的作用，详细描述了宜兴抽水蓄能电站黑启动对设备的要求和试验情况。最后对黑启动试验进行分析，并提出相应建议。

关键词：蓄能电站；黑启动；厂用电；负荷

1 概述

江苏宜兴抽水蓄能电站位于江苏省宜兴市西南郊约 10km 的铜官山区，距上海、无锡、常州分别为 200km、75km 和 71km。电站总装机容量为 1000MW，以 2 回约 6km 的 500kV 出线接入岷珠变，在电网中承担调峰、填谷、调频、调相和事故备用等任务。电站主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房洞室群、地面开关站和中控楼等组成。

电站安装了 4 台单机容量为 250MW 的混流可逆式水泵水轮机—发电电动机组，发电电动机和主变压器采用单元接线。每两台主变高压侧接入一套地下 500kV GIS 联合单元，经 500kV 高压 XLPE 电

缆接入地面 500kV GIS。地面 GIS 共两回进线、两回出线，接线型式为内桥接线。厂用电接线采用在 #1～#4 机端各引接一台高压厂用变压器，分别接至 I、II、III、IV 段 10kV 母线，引自 35kV 施工（永久）变电所 10kV 一回作为厂用电的备用电源接至 V 段母线上，另设两台专用柴油发电机分别作为机组黑启动和渗漏排水泵备用电源。电站装设一套变频启动装置（SFC）作为水泵工况的主启动装置，背靠背作为电站备用启动方式。宜兴抽蓄电气主接线简图如图 1 所示。

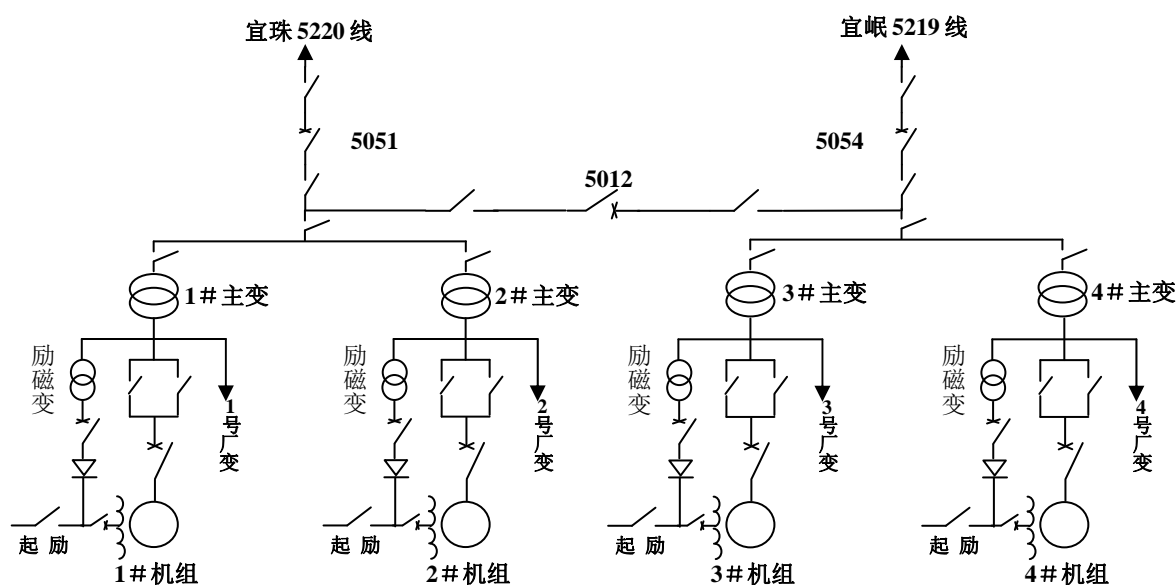


图 1 宜兴抽蓄电气主接线简图

2 黑启动定义及作用

2.1 黑启动释义

所谓黑启动，是指整个系统因故障停运后，系统全部停电，处于全“黑”状态，不依赖别的网络帮助，通过系统中具有自启动能力的发电机组启动，

带动无自启动能力的发电机组, 逐渐扩大系统恢复范围, 最终实现整个系统的恢复。

2.2 黑启动的作用

一方面源自电网对黑启动的需求, 电网为应对电网垮网等大面积停电事故, 起用机组黑启动功能。另一方面源自电站自身的需求。如蓄能电站处于地下厂房, 在失去外来电源的情况下, 地下厂房失去照明, 仅有直流照明, 同时地下厂房大量渗漏水不能正常排出, 从而会导致发生水淹厂房事故发生。为确保厂用电, 这时候起用机组黑启动功能发电, 可以保证厂用电供应, 从而保证交流照明和渗漏排水泵等设备正常供电, 防止水淹厂房事故的发生。

3 宜兴电站黑启动分类及设备要求

3.1 试验情况的黑启动

该情况是模拟500kV失电和地方供电失去的情况, 机组一般都在停机稳态, 而且500kV和厂用电的开关及闸刀位置一般都根据试验情况放置好, 而且一般在试验之前试验机组的自用盘仍然带电。此时黑启动条件中有部分条件需要模拟: 1) 500kV失电, 该条件需要500kV的三把开关全部拉开且两条母线均无压, 在试验情况下该条件只能强制。2) 球阀油系统 ready 信号丢失。

3.2 500kV 失电且无法恢复, 但地方供电仍可供电情况下的黑启动, 即半黑情况

该情况下电站开始时500kV失电, 只有10kV的V母带电, 其他母线的馈线开关都因失压脱扣而跳开, 400V电源均已失去。此时可能导致机组不能黑启动的原因有: 1) 机组不在停机稳态; 2) 机组15.75的闸刀位置不满足黑启动条件; 3) 500kV开关闸刀位置不能满足黑启动条件; 4) 中压气系统 ready 信号丢失; 5) 球阀油系统 ready 信号丢失; 5) 冷却水系统 ready 信号丢失; 6) 10kV开关在分位

3.3 500kV 及地方供电均失去情况下的黑启动, 即全黑情况

该情况下, 电站将失去所有电源, 400V和10kV的大多数开关会因为失压脱扣而跳闸, 此时不能执行黑启动的原因有: 1) 机组不在停机稳态; 2) 机组15.75的闸刀位置不满足黑启动条件; 3) 500kV开关闸刀位置不能满足黑启动条件; 4) 中压气系统 ready 信号丢失; 5) 球阀油系统 ready 信号丢失; 6) 冷却水系统 ready 信号丢失; 7) 10kV开关在分位。

3.4 黑启动前的设备要求

(1) 地下厂房 220V 直流系统蓄电池组(1200Ah×2)、地面开关 220V 直流系统蓄电池组(200Ah×2)及上水库 220V 直流系统(80Ah×2)蓄电池组容量应能保证满足黑启动试验过程最大负荷需要, 且满足全厂停电时带事故负荷时间大于1h。全厂停电时隔离与黑启动无关的直流负荷后, 能带事故照明及黑启动负荷时间大于2h。

(2) 地下厂房 48V 直流系统蓄电池组(90Ah×2)、中控楼 48V 直流系统蓄电池组(300Ah×2)、地面开关 48V 直流系统蓄电池组(90Ah×2)及上水库通信用 48V 直流系统蓄电池组(90Ah×2)容量应能保证满足全厂失电情况下带负荷时间大于4h。

(3) 计算机监控系统设有可靠的 UPS 电源, LCU05 及 LCU09 UPS 电源能确保维持2h以上的持续供电时间。

(4) 地面开关站燃油储备应满足柴油发电在机组黑启动运行时, 能带1台机组自用配电盘全部负荷连续运行8h要求。

(5) 柴油发电机启动用蓄电池为24V, 容量满足厂用电丢失后的黑启动柴油发电机启动要求。

(6) 全厂失电时, 事故照明电源分别取自地下厂房220V直流逆变电源和地面开关站220V直流逆变电源。地下厂房、地面开关220V直流系统蓄电池组应能维持全厂失电时, 隔离与黑启动无关的直流负荷后, 带事故照明时间大于2h。

(7) 日常工作中, 全厂区域内移动通讯无死角, 中控室制与网调及省调通信畅通。在全厂停电的情况下, 中控室制与网调及省调通讯在4h内不会中断, 全厂区域内移动通讯30min内不会中断。

(8) 励磁系统为 ABB UNITROL5000 型号, 具备机组零起升压功能, 满足机组小系统稳定运行要求。

(9) 调速器系统油压及油量满足机组一次启停要求, 具备事故失电时自行快速关闭导叶的能力; 调速器系统能满足小系统运行稳定要求。

(10) 发电机推力轴承直流注油泵在交流源失电时具备自启动能力, 且在全厂失电情况下能连续运行1h。

4 宜兴电站黑启动试验介绍

根据《江苏电网黑启动方案》，宜兴电站作为苏南电网 500kV 电压等级黑启动电源点，第一阶段宜兴电站黑启动利港电厂，第二阶段斗惠分区全面恢复，第三阶段恢复苏南各分区，第四阶段苏南子系统恢复。为做好江苏电网黑启动试验配合衔接工作，宜兴电站于 2008 年 11 月 14 日进行了电站#2 机黑启动试验、2010 年 10 月 8 日~10 日进行了电站#3/#4 机黑启动试验、2011 年 4 月 3 日~6 日进行了电站#1/#2/#3/#4 机黑启动试验。

以 3 号机组为例介绍黑启动流程。

(1) 将 500kV 设备调整至如图 2 位置，操作顺序：

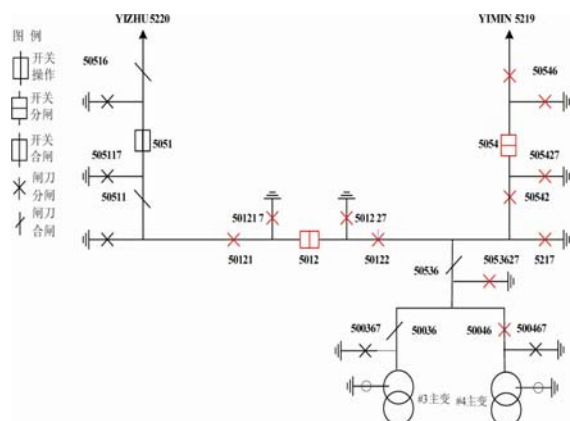


图 2 500kV 设备状态

- 1) 按图 2 和厂内标准操作票对 500kV 开关进行操作；
- 2) 确认 500kV 桥 II 引线在冷备用状态；
- 3) 确认#4 主变高压侧闸刀 50046 在分位；
- 4) 确认#4 主变高压侧地刀 500467 在合位；
- 5) 确认宜峨线 50542 闸刀在分位；
- 6) 确认宜峨线 5217 地刀在分位；
- 7) 确认 500kV 50122 闸刀在分位；
- 8) 确认 500kV 地刀 505467、505427、501227、500367、505367 在分位；
- 9) 本试验的 500kV 隔离点为 50122/50046/50542。

(2) 将 10kV 厂用电设备调整至图 3 位置，操作顺序：

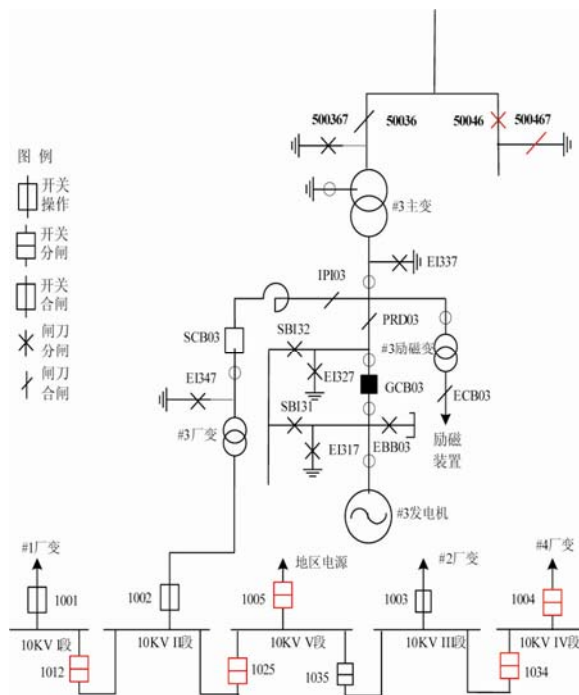
- 1) 按图 3 和厂内标准操作票对 10kV 开关进行操作；
- 2) 确认 10kV 进线开关 1001、1003 在合位；
- 3) 确认 10kV 进线开关 1002、1004 在分位；
- 4) 确认 10kV 母联开关 1012、1034、1025、

1035 在分位；

5) 将 10kV II 段下的负荷全部转移，空出 II 以备试验；

6) 分开 3 号厂变开关 SCB03；

7) 确认 3 号厂变开关 SCB03 在分位。



开始阶段上导摆度较大,然后随着时间逐步走低,下导和水导的摆度则是逐步增大,但随着时间趋于平稳。从附件中的趋势可以看到上导摆度在15min之后仍大于机组振动保护定值,但由于该定值只对GO、PO、SCP、SCT工况下有效,其它工况都是3倍频跳闸,因此在黑启动过程中机组下不会因为振动保护误跳机组。

(4) 试验除了机组的自用盘负荷没有另外安排其它负荷,因为首先不能影响电站其他机组及公用部分的正常运行,其次抽水蓄能电站的厂用电本来就比较小,无法对黑启动机组的调速器和励磁系统的稳定性做出有效的验证,该功能只有通过和电网的联调试验才能验证。

(5) 黑启动的机组完成带厂用电后,自用盘建议使用柴油机和厂用电分段运行的方式,这样可以提高机组用电的安全性,在机组停机时必须使用柴油机的电源,如果使用厂用电电源,电压和频率都

会随机组停机过程而降低,会危及设备。

(6) 在停止柴油机时,应首先将柴油机所带的负荷全部拉开后再停柴油机,防止因柴油机转速降低后再拉开,导致开关在低频情况下分闸而不能有效消弧。

参考文献:

- [1] 李红伟. 对大型蓄能电站黑启动功能项目设计的建议[J]. 水力发电,2009,35(01):43-44.

作者简介:

李海波(1980-),男,湖北武汉人,工程师,学士学位,华东宜兴抽水蓄能有限公司运行管理工作。E-mail: colorbo7395@sina.com;

仇 岚(1982-),女,湖北武汉人,工程师,学士学位,华东宜兴抽水蓄能有限公司生产技术管理工作, E-mail: qq_820524@yahoo.com.cn。