

响洪甸抽水蓄能机组及其保护特点的分析

唐云龙¹, 魏晓强¹, 刘志文¹, 郭宝甫¹, 李刚²

(1. 许继电气公司, 河南 许昌 461000; 2. 响蓄公司, 安徽 合肥 230009)

摘要: 简单介绍了响洪甸蓄能电站以及机组配置和机组参数的一些情况, 以及 WFB800 发变组继电保护装置的技术特点。针对响洪甸蓄能电站发电机组的具体情况, 以及抽水蓄能机组换相、变极、工况切换频繁等的一些特点, 介绍了 WFB800A 发变组继电保护装置在响洪甸蓄能电站发电机组保护实现上的应用, 说明了如何实现机组主保护、后备保护、异常运行保护的配置方案, 并叙述了特殊运行工况以及此种运行工况下保护的选择及实现方法。说明了在实现本工程机组保护时必须注意的几个环节。本工程机组保护的实现为进一步认识抽水蓄能电站机组保护奠定了坚实的基础。

关键词: 抽水蓄能; WFB800; 换相; 变极; 保护配置

Characteristics analysis of Xianghongdian pumped storage generator set and its protection

TANG Yun-long¹, WEI Xiao-qiang¹, LIU Zhi-wen¹, GUO Bao-fu¹, LI gang²

(1. XJ Electric Company, Xuchang 4610002, China; 2. Xiangxu Company, Hefei 230009, China)

Abstract: This paper introduces the Xianghongdian pumped storage power station, the distribution and parameters of generator sets simply and the character of WFB800. According to the features of Xianghongdian pumped storage generator set, and the phase change, the pole change, the operating style switch high frequency, it introduces the WFB800A how to implement the protection of pumped storage generator set and how to implement configuration scheme for main protection, backup protection, abnormal operation protection and special protection. In this paper, the special operation style is discussed, especially its protection selection. Several key techniques are pointed out to the project, the protection implementation of the project paves the way for implementing the protections of pumped storage generator set.

Key words: pumped storage generator set; WFB800; phase change; pole change; protection distribution

中图分类号: TM772 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)09-0086-03

0 引言

响洪甸抽水蓄能公司(简称响蓄公司)电站属于混合式蓄能电站,共有2台机组,单机容量40 MW。发电电动机与变压器采用单元接线,发电电动机机端电压10.5 kV,主变压器与发电电动机之间设有换相开关,主变压器高压侧接入220 kV系统至六安220 kV变电所。

抽水蓄能机组与常规机组的主要区别是前者运行方式多,工况转换频繁,同时在一次设备上要增加抽水启动装置、换相开关和启动母线等,这些都给继电保护功能的实现带来了困难。

迄今为止,我国抽水蓄能机组保护基本上由国外进口。响蓄公司电站的抽水蓄能机组则采用的是国产化保护,该机组的二次保护设备均由许继电气公司提供,首套机组保护装置采用的是许继电气的第一代微机保护装置WFB-300,至今已运行近8年,随着元器件的逐渐老化,难以保证机组和电网的安

全稳定运行,新一代微机保护改造势在必行,改造任务由许继电气公司承担。鉴于国内抽水蓄能机组保护的国产化程度不高,本文将介绍响蓄公司机组保护原有的设计和现在的改造工作,以期能为抽水蓄能机组保护的国产化做些工作。

1 工程及保护配置介绍

1.1 工程介绍

响蓄公司电站发电机/电动机由东方电机股份有限公司提供,发电机/电动机较之普通发电机特殊,可以实现40/36变极运行,变极可通过定子变极真空开关的切换来实现。在发电和低水头抽水状况下电机以40极运行,转速为150转/分;在高水头抽水状况下电机以36极运行,转速为166.7转/分。目前国内的大部分抽水蓄能机组都是一种转速运行,靠定子变极实现高低转速运行还很少见,这是响洪甸蓄能电站机组的一大特点。每台发电/电动机设置4个定子变极真空开关、2个转子变

极真空开关, 变极换相示意图如图 1 所示。图 1 中, K1、K2 为换相开关, K3、K4、K5、K6 为变极开关, 当开关 K1、K4、K5 处于“合”位时, 机组处于发电运行状态; 当开关 K2、K4、K5 处于“合”位时, 机组处于电动机低水头抽水运行状态; 当开关 K2、K3、K6 处于“合”位时, 机组处于电动机高水头抽水运行状态。

响蓄公司电站机组在抽水工况启动时采用背靠背 (BTB) 或用静止变频器 (SFC) 同步启动方式, 这种启动方式相对于异步启动来说对电网的冲击较小, 对机组无特殊要求^[1]。同步启动过程使得机组在一较长的时间内处于低频运行过程状态, 这一低频运行工况对机组保护提出了更高的要求。

1.2 保护配置介绍

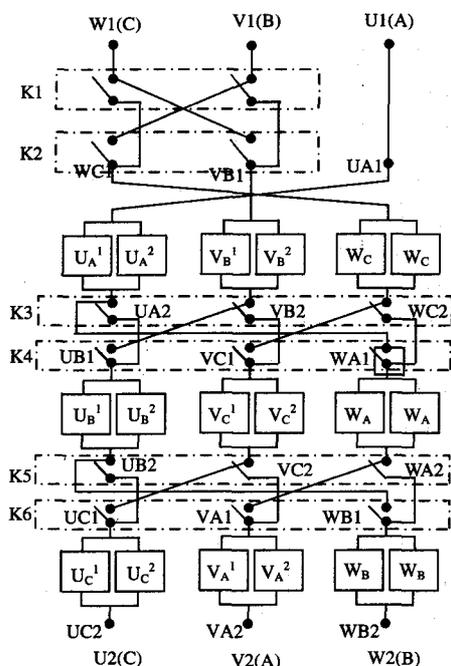


图 1 变极换相示意图

Fig.1 The diagram of phase and pole change

为保证机组保护的改造顺利进行, 针对此工程, 采用了 WFB-800 微型发变组保护装置。WFB-800 微机发变组保护装置是许继电气“九五”国家重大技术攻关项目研制而成的新一代微机保护装置, 它继承了 WFB-100 型保护装置的优点和成功的运行经验, 并融入先进的计算机技术和保护原理。装置采用新型 DSP 高速处理器、实时多任务系统平台、汉字图形化人机接口、模块化软件设计、三个 CPU 并行智能处理技术等^[2]。保护判据先进可靠; 装置性能稳定, 对外接口方便通用; 保护配置方便灵活, 操作维护方便容易。

根据响蓄公司电站的发变组一次设备实际情况, 同时依据“反措”规程以及应厂家要求, 主变保护配置双重化。实现响洪甸抽水蓄能电站一台机组保护的保护装置包括: WFB-801 装置完成一台发电机/电动机的全部电气量保护; WFB-802 装置完成一台主变压器、一台厂用变压器以及励磁变压器的全部电气量保护, 两个 WFB802 箱实现主变的双重化保护; WFB-804 装置完成机组全部非电量类保护; ZSZ-811 装置为操作箱, 完成发变组高压侧断路器操作功能。具体的保护功能不再详细介绍。

2 抽水蓄能机组保护的特点

2.1 机组变极换相对保护的影响

响蓄公司抽水蓄能机组可正、反 2 个方向运转, 它是通过换相开关改变相序达到正转或反转。抽水工况下, 2 种转速的转换, 是通过定转子真空变极开关改变极数。换相和倒极会影响取自换相开关以下 TA 和 TV 的电流电压相序 (以发电工况相序为正相序)。如图 1、图 2 所示, 响蓄公司电站不同于常规抽水蓄能机组换相方式 (A、C 两相换相), 它是 B、C 两相换相, 工程应用中应值得注意。主变差动保护用 TA7, TA5, TA4 分列换相开关两侧, 因此它必须根据运行工况自动进行相序转换; 主变其它保护功能因所用电流电压量均取自换相开关上方的 TA、TV, 因此不受影响。发电/电动机组保护功能用 TA、TV 取自换相开关下方, 因此涉及到序分量及阻抗类的发电/电动机组保护功能都要受换相的影响。机组变极运行是实现抽水运行工况时高低转速之间的转换, 变极运行对变压器主保护没影响, 原则上对发电机主保护也没影响, 但对于响蓄公司电站机组来说有一点必须值得注意, 如图 1 所示, 在物理位置上, 机端电流相序从左至右是 A→B→C, 机尾电流相序从左至右是 C→A→B, 因此在实现发电/电动机保护功能时应注意模拟量通道上的对应关系。

2.2 机组运行工况对保护的影响

响蓄公司电站机组运行工况繁多, 目前电站机组运行工况有: 机组静止状态、发电状态、发电方向调相状态、高转速抽水状态、低转速抽水状态、抽水方向调相状态、一拖一 (背靠背同步启动) 状态、SFC 启动状态、电制动状态。响蓄电站由监控系统提供给机组保护装置的开入量共计有 9 路, 分别为发电开入、电动高转速开入、电动低转速开入、发电拖动开入、电动启动开入、调相开入、电制动开入、导水叶开启开入、停机倒送电开入, 保护装置通过对这些开入量的正确识别, 自动辨别出机组的运行状态, 由机组的运行状态来指导保护装置的

正确运行。

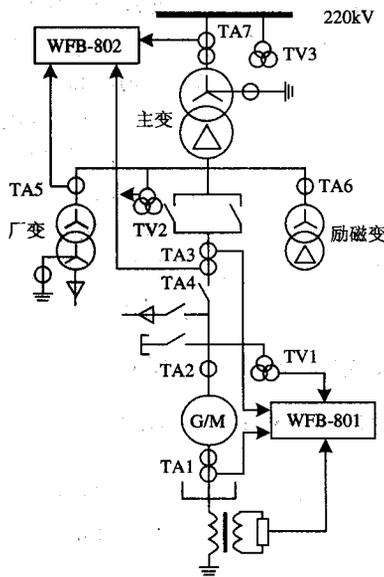


图2 主接线及机组保护配置图
Fig.2 The connection and distribution diagram

2.3 主保护及特殊保护

2.3.1 比率制动差动保护

发电机比率制动式差动保护采用多折线比率制动特性，并设有灵敏动作区，保证区内发生弱故障时可以可靠灵敏的动作，区外故障造成不平衡电流较大时可靠不动作。灵敏动作区的动作时间比一般动作区略长。发电机差动保护在启动、被启动、电制动、机组停机倒送电状态时闭锁。

变压器比率差动保护的動作特性曲线，也采用多段多区域设置方式，为了保证变压器在重负荷下发生内部轻微故障、高阻接地类故障以及在振荡中故障时差动保护的灵敏度，配置有增量差动保护来弥补常规比率差动保护反应上述类型故障灵敏度的不足。在变压器保护中，经过多次实验以及现场运行证明，采用的先进励磁涌流识别方式能可靠的识别涌流和故障。此外，无论在变压器保护还是在发电机保护中，保护装置应用了具有自主专利的基于“虚拟制动量”TA饱和识别技术，能快速的判别出故障的区内外类型以及可靠的识别TA的饱和与否。变压器差动保护在电动工况时换相。

2.3.2 次同步过流保护

响蓄公司电站机组电动启动时采用同步启动方式，即采用变频装置(常用SFC)或是背靠背(B-T-B)方式，在整个启动过程当中，机组在很长一段时间内都处于低频运行状态。被拖动的机组均需在启动之始即施加励磁电流，因此定子绕组中的电流频率及幅值都将随着机组转速的变化而变化。启动过程

中频率变化对电流互感器传变特性及继电器和保护装置中的感性、容性元件的影响，势必会影响保护装置的稳态和暂态工作特性，使其存在拒动或误动的风险。

国内外现在普遍的做法是在启动过程中闭锁了绝大多数保护，比如差动保护、过流保护、定子接地保护（因为设置有150 Hz阻波电路）、负序电流保护、失磁失步保护等。因此，在启动过程中应设置专门的保护，这就是次同步过流保护（低频过流保护）。针对次同步过流保护，保护装置采用了与频率无关的模拟量有效值算法，保证了电流量计算的正确性。同时在硬件上保护装置所用变流器的铁芯是采用高导磁率的铁芯，这种变流器在低频时有较高的一次转换到二次的精度特性。次同步过流保护在机组启动和被启动过程中投入，其余闭锁。

2.3.3 低功率保护

低功率保护是专为机组处于抽水运行工况时而设的保护。在抽水工况时，机组转子自上向下看为反时针旋转；若因系统故障等原因突然失去电源，则电动机的抽水动力将消失，水流将转为水压作用下的倒泻，转子顺时针旋转，使机组转为发电工况，变成发电机空载运行状态，此时无电磁制动力矩，将会产生飞逸，这对机组和输水管都很危险。为防止这一现象的发生，应设置低功率保护。低功率保护在机组停机倒送电状态、调相（发电，抽水）、发电、电制动、起动、断路器未合闸、断路器跳闸、导叶关闭时闭锁。

2.3.4 低频保护

防止机组处于电动抽水运行工况时，系统出现低频的保护。在机组启动、被启动、电制动、机组停机倒送电状态、断路器跳闸后，发电（非发电调相）时闭锁。

其它各类保护的功能及闭锁投入措施不再详细叙述。

2.4 特殊运行方式保护的实现

响蓄公司电站机组有时在停机状态下需手动做带电试验，此时遇到了如下的困难：按照正常的微机保护装置做法，机组在停机时，受到监控送来的“停机倒送电”触点闭锁，使机组在做带电试验时处于无保护状态，这样一旦出现故障，会使机组受到意想不到的损失。本次改造时，响蓄公司明确提出希望在这方面做出改进。

此次改进的办法是用一个检修压板来手动控制几个保护的投退。在机组正常运行或停机时，检修

(下转第125页 continued on page 125)

5 其它功能

因为 L90 保护装置的远方直接跳闸信号 (DTT) 是以数字编码的方式传输到通讯设备, 并通过数字信道传至对侧, 而不是通过触点方式, 故在该条线路上未装设远方跳闸就地判别装置。

实际现场中, 两套远方跳闸回路相互独立, 由本侧线路断路器失灵动作或三相过电压动作启动远方直跳, 并利用各自的数字信道, 传送至对侧, 使对侧线路断路器三相跳闸, 保证故障切除的可靠性。

6 结束语

目前, 500 kV 线路保护的应用越来越广泛, 不同进口保护逐渐普及应用, 本文通过 GE 系列保护的应用情况, 通过保护的原理性分析, 旨在为今后本地区 500 kV 电网其它类型保护的应用提供一些参考, 同时也提供检修人员获得一些必要的调试信息。

(上接第 88 页 continued from page 88)

压板处于打开状态; 在机组停机倒送电状态下电厂技术人员做带电试验时把检修压板投入, 使机组处于有保护状态。检修压板无需控制太多的保护, 根据做带电试验的特点及过程, 检修压板控制过电压保护、次同步过流保护的投退即可保证在带电检修运行下的保护功能。

3 结论

抽水蓄能机组保护要比常规发电机保护复杂, 换相变极形式的存在、繁多的运行工况切换、特殊运行工况的存在等都对机组保护的正常运行产生影响。为保证响蓄公司抽水蓄能机组的正确可靠运行, 需要合理可靠地处理好以下环节:

a) 根据监控系统送给保护装置的接点开入, 正确可靠地识别机组运行工况;

b) 必须分析清楚换相和变极对保护的影响, 特别是换相相别、变极方式以及变极后机端和中性点的相位对应情况。

c) 同步启动 (BTB、SFC) 过程对保护的影响, 以及针对此过程的特殊保护和保护算法。

d) 指导机组保护正确运行的开入量在异常时

参考文献

- [1] 华东电网 500 kV 继电保护应用技术原则 (修订稿) [Z].
- [2] 李清波, 刘沛. 光纤纵差保护的应用及灵敏度的提高 [J]. 电力自动化设备, 2002, 22 (4): 21-24.
LI Qing-bo, LIU Pei. Application of Fiber Differential Protection and Sensitivity Improvement [J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22 (4): 21-24.

收稿日期: 2008-06-05; 修回日期: 2008-06-26

作者简介:

戴瑞海 (1976-), 男, 本科, 工程师, 主要从事设备检修、试验及安装管理工作; E-mail: dai_ruihai@wz.zpepc.com.cn

奚洪磊 (1979-), 男, 本科, 工程师, 主要从事继电保护专业管理工作。

李中恩 (1975-), 男, 大专, 工程师, 主要从事继电保护检修试验工作。

的逻辑闭锁措施。

经过改造后的响蓄公司机组保护已在现场投入运行, 运行情况良好。本工程的技术改造, 为国产微机保护在抽水蓄能机组上的应用提供了参考。

参考文献

- [1] 骆林, 马志云. 抽水蓄能电动发电机组背靠背启动过程仿真研究 [J]. 大电机技术, 2005, (6).
LUO Lin, MA Zhi-yun. Computer Simulation of BTB Starting for Pumped Storage Motor-generator [J]. Large Electric Machine and Hydraulic Turbine, 2005, (6).
- [2] WFB-800 技术说明书 [Z]. 2007.
Technology Interpretation Book of WFB-800 [Z]. 2007.
- [3] 吴正生, 吴柏勇. 响洪甸抽水蓄能电站蓄能机组启动方式的选择 [J]. 水利水电技术, 2000, (2).
WU Zheng-sheng, WU Bo-yong. The Start-up Style Selection of Xianghongdian Pumped-storage Station [J]. Water Resource and Hydropower Engineering, 2000, (2).

收稿日期: 2008-06-02; 修回日期: 2008-06-20

作者简介:

唐云龙 (1976-), 男, 工程师, 硕士, 主要从事电力系统主设备保护的研发工作。E-mail: yunlongt@xjgc.com