

# 三峡左岸电站发电机 - 变压器组继电保护的配置

周 强 汪祖祿 长江水利委员会设计院 武汉 (430010)

**【摘要】** 三峡左岸电站发电机-变压器组的继电保护技术设计方案,自1994年3月以来,由三峡开发总公司多次组织国内著名专家教授对其进行审查,并委托长江水利委员会会同清华大学、华中理工大学对其主保护进行灵敏度模拟计算,于1997年8月形成了向国外招标的最终方案,得到了国外投标商的积极响应和配合,并在第一次设计联络会上得到了外商的确认。简要介绍了三峡左岸电站发电机-变压器组主保护的选取和其他后备保护的配置方案。

**【关键词】** 主保护 保护配置 灵敏度 单元结线

## 概述

三峡电站发电机-变压器组由单机容量700MW的发电机和780MVA的主变压器组成单元结线,发电机和变压器之间无断路器(预留发电机断路器的安装位置),两发电机-变压器组在变压器高压侧(500kV侧)相连组成联合单元,直接接至厂坝之间的GIS封闭母线,500kV母线为1 $\frac{1}{2}$ 结线方式。

三峡左岸电站的14台机组及其附属设备已于1997年9月签订采购合同,由两大集团中标,其中GEC ALSTHOM和ABB组成的集团提供8台机组(继电保护设备由ABB网络伙伴提供),VGS集团提供6台机组(继电保护设备由SIEMENS公司提供)。机组均为水冷方式,定子每相为5分支结构,采取自并励励磁方式。

由于发电机机端并接了厂用变压器和励磁变压器,在配置发电机-变压器组保护时,连同厂用变压器和励磁变压器的保护一并考虑。

## 1 对继电保护的基本要求

三峡电站是举世瞩目的跨世纪工程,其单机容量和装机容量不仅在我国目前是最大的,在当前世界上也是大型电站之一,因此,对电

站设备的技术要求很高。继电保护装置是保障机组安全可靠运行的重要设备之一,为此,为了保证保护系统的可靠性、灵敏性、速动性和选择性,在招标文件中对继电保护装置提出了以下几个方面的基本要求:

(1) 保护系统的形式为数字式,组成保护的微处理器采用适合于工业环境中使用的高可靠性、低功耗、抗干扰性能强的通用型工业微机,其故障间隔平均时间(MTBF)应大于30000h。

(2) 保护配置采用两个独立子系统的双重化结构,对两个独立保护子系统中同一功能的保护尽量使其原理不同而主要性能指标相近。两个子系统分别配置在两个保护盘上,每个保护盘设有主保护和后备保护,每个保护盘的直流操作电源、交流电流/电压输入、跳闸和信号输出均相互独立,因此完全可以独立运行。

(3) 保护系统软件和硬件具有自动检测和长期监视功能、容错功能和动作记录存储功能,某一子系统的部分软件或硬件故障均不影响该系统其他部分和另一子系统的正常工作。保护采用模块化体系结构,同型式的模块具有互换性。

(4) 保护具备完善的抗干扰措施,能有效防止高压直流换流站暂态及谐波对保护的影响。

(5) 保护系统具有事件顺序记录及故障录波功能,并配有外接PC串行接口,PC机具有打印接口,能记录及输出事件的时间(事件记

录分辨率 5ms, 并带有时标)、地点、故障类型, 并能整定保护系统。保护的计算机能与电站计算机监控系统时钟同步, 同步误差不大于 1ms。

(6) 保护系统可通过通讯接口接受来自电站计算机监控指令, 并向电站计算机监控系统输出保护系统的设定及运行信息。

(7) 保护系统在电流互感器及电压互感器二次回路开路、电力系统振荡、发电机启动和停机过程、直流电源投切操作、直流回路一点接地、保护装置元件故障、大气过电压和电磁干扰以及在采用电气制动时均不误动作。

## 2 发电机和变压器主保护的确定

三峡电站每一发电机 - 变压器组的继电保护设置在机旁单元控制室的两块保护盘上 (A 盘和 B 盘)。根据上面所提出的要求, 每块盘都含有发电机、变压器、厂用变压器和励磁变压器的主保护和后备保护。

为了反映发电机相间和匝间 (包括同相同分支匝间及同相不同分支间) 的短路故障以及分支断线、定子绕组端部开焊等故障, 曾在技术设计中提出装设不完全差动保护、发电机不平衡保护和定子不对称故障保护, 分别配置在 A 盘和 B 盘上。但不完全差动如何构成没有解决, 因而不完全差动在中性点侧用的电流互感器的变比也不能确定, 同时也影响发电机中性点不平衡保护的接线方式及其使用的电流互感器的变比和型式。对定子不对称故障保护提出采用转子二次谐波启动的定子负序功率故障分量方向区分内外故障的原理构成, 但考虑到国外尚无这种原理的保护, 最好由投标厂商推荐成熟的方案。

经过招标、咨询和交流等一系列技术活动, 初步确定在不完全差动保护、不平衡保护、裂相保护和完全纵差保护 4 种保护中确定 3 种, 并且还要相应地确定其接线方式、所用电流互感器的变比及型式。为此, 针对三峡机组定子绕组内部各种短路情况, 利用 ABB 及 VCS 两

公司提供的水冷 5 分支机组的电气参数及结构参数、特性曲线在清华大学和华中理工大学的数学模型上分别进行了灵敏度的计算工作。选取的故障方式主要是匝间短路和相间短路, 选取的故障点多达 10 个, 最少匝数 1 匝, 最多匝数 12 匝。

从计算结果可以看出, 对匝间短路而言, 不平衡保护和裂相保护的灵敏度相当, 并且均高于不完全差动保护; 对相间短路而言, 完全纵差保护和裂相保护较高, 不平衡保护灵敏度也满足要求, 不完全差动保护一般情况也满足要求, 但在个别情况下较差。鉴于这一情况, 三峡机组的主保护在 A 盘上设置了发电机完全纵差保护和裂相保护; 在 B 盘上设置了中性点不平衡保护。裂相保护由定子每相 5 分支中的第 1、2、3 分支组共用的 CT 和第 4、5 分支组共用的 CT 反极性差接组成三相式保护, CT 变比分别为机端 CT 变比 (30000/1A) 的 3/5 和 2/5 (即 18000/1A 和 12000/1A)。中性点不平衡保护接在定子每相 1、2、3 分支组成的星形和 4、5 分支组成的星形的中性点连线上 CT 的副边, CT 变比为 500/1A。发电机保护均采用 5P20 等级 CT。

在主变压器上设置两套差动保护, 分装在 A 盘和 B 盘上。每套差动保护的电流分别取自主变高压侧和机端 CT 的不同绕组上, 用于差动保护的 CT 为具有暂态特性的小气隙结构型式 (TPY 型)。对变压器差动保护还要求具有能躲过涌流时二次谐波和过励磁时三次及五次谐波的能力, 并能在保护内部用软件补偿两侧 CT 变比误差和由主变绕组接线型式引起的角度误差。

发电机定子一点接地故障保护采用在发电机中性点接地变压器二次侧注入低频信号的方式, 对两家中标公司, 注入的低频频率不同, ABB 公司采用的是注入 12.5Hz 信号, VCS 公司采用的是注入 20Hz 信号, 同时两家公司均辅以机端零序电压, ABB 公司还接入了中性点零序电压。

### 3 其他保护的设置

在保护盘 A 上除配置了发电机完全纵差保护、裂相保护、主变差动保护及定子一点接地保护外,还配置了下列保护:

发电机失磁保护  
 发电机失步保护  
 定子过电压保护  
 定子过负荷保护  
 发电机后备保护  
 断路器保护(包括三相不一致及失灵)  
 主变零序保护  
 厂用变压器过流保护  
 厂用变压器过负荷保护  
 励磁变压器过流保护  
 励磁变压器过负荷保护  
 PT 断线闭锁装置  
 CT 断线闭锁装置

开关量输入(包括主变冷却器电源消失和全停、主变内部故障引起的油压过高、主变轻瓦斯动作、厂用变冷却器电源消失和全停、厂用变内部故障引起的油压过高、厂用变轻瓦斯动作、励磁变冷却器电源消失和全停、励磁变内部故障引起的油压过高、励磁变轻瓦斯动作)

在保护盘 B 上除配置了发电机中性点不平衡保护、主变压器差动保护及定子一点接地保护外,还配置了下列保护:

发电机失磁保护  
 发电机负序电流保护  
 发变组过激磁保护  
 励磁绕组一点接地保护  
 励磁绕组过负荷保护  
 上导轴承绝缘监视装置  
 主变零序保护  
 厂用变压器差动保护  
 励磁变压器差动保护  
 PT 断线闭锁装置  
 CT 断线闭锁装置  
 开关量输入(包括主变重瓦斯动作、主变温

度升高、厂用变重瓦斯动作、厂用变温度升高、励磁变重瓦斯动作、励磁变温度升高)

### 4 继电保护配置图

ABB 公司提供的继电保护配置见图 1, VGS 公司提供的继电保护配置见图 2。图中保护功能代号的说明见表 1。

表 1 继电保护功能代号说明

87G	发电机完全纵差保护
87GUP	发电机裂相保护
60G	发电机不平衡保护
64G	发电机定子一点接地保护
40G	发电机失磁保护
78G	发电机失步保护
11G	发电机后备保护
51G	定子过负荷保护
59G	定子过电压保护
51GR	发电机负序电流保护
24G	发变组过激磁保护
64E	励磁绕组一点接地保护
38/51	上导轴承绝缘监视装置
51EL	励磁绕组过负荷保护
87T	主变压器差动保护
51TN	主变压器零序保护
52B	断路器保护
87ST	厂用变压器差动保护
51ST	厂用变压器过流保护
51STL	厂用变压器过负荷保护
87ET	励磁变压器差动保护
51ET	励磁变压器过流保护
51ETL	励磁变压器过负荷保护
95	PT 断线闭锁装置
96	CT 断线闭锁装置
80TH	主变压器重瓦斯
80TL	主变压器轻瓦斯
54T	主变压器冷却系统故障
63T	主变压器油压过高
49T	主变压器温度升高
80STH	厂用变压器重瓦斯
80STL	厂用变压器轻瓦斯
54ST	厂用变压器冷却系统故障
63ST	厂用变压器油压过高
49ST	厂用变压器温度升高
80ETH	励磁变压器重瓦斯
80ETL	励磁变压器轻瓦斯
54ET	励磁变压器冷却系统故障
63ET	励磁变压器油压过高
49ET	励磁变压器温度升高

(下转 57 页)

16.2k 同时复归全站 70 只信号继电器时, 复归继电器电流为 1A 左右, 我们按段系统和段系统信号继电器各设一只复位继电器, 确保远方复归时, 不至烧毁 F 触点。

### 3 对主站软件的一些要求:

3.1 对于有些干扰信号宜采用延时发出的方式, 对遥测量进行“过滤”。如“控制回路断线”, 见图 3。在开关分、合的过程中, TWJ 和 HWJ 在切换时有同时失磁过程, 因此经短延时后可躲过干扰信号。

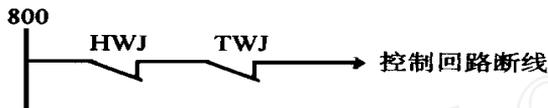


图 3 控制回路断线信号

3.2 遥调可由主站发令通过执行继电器实现其电压升、降。为确保遥调的正确性, 对有载调压控制应加入以下功能:

- (1) 实时显示电压档位;
- (2) 应有自动闭锁错误调压功能;
- (3) 应有滑档急停功能。

3.3 操作对象的提示功能 传统开关的操作过程中均有闪光灯对操作者予以提示, 遥控时, 被控对象应给出闪光提示, 以提醒远方操作者注意, 防止误操作。

## 4 小结

变电站实施无人值班无疑是电力生产管理上的一大革命, 由于目前对无人值班的改造尚无统一方案, 各地在执行过程中应借鉴兄弟单位的经验和教训, 结合本地实际开展。作好调研和规划是有必要的。

防盗、防火问题是我们面临的棘手问题, 我们正设法解决。

王勇, 男, 29 岁, 研究生, 现从事变电专业的管理与研究工作。

## SUMMARY OF IMPROVEMENT ON 110kV UNATTENDED SUBSTATION FOR CITY POWER NETWORK

Wang Yong (Xiangfan Power Supply Bureau, Hubei, 441002)

**Abstract** According to the requirement of unattended substation, some idea in practice are presented and the improving schemes of three 110kV unattended substations are introduced in detail.

**Keywords** Substation Unattended Improvement

(上接 44 页)

周强, 男, 30 岁, 工程师, 现从事电气二次系统

的设计工作。

王祖禄, 男, 59 岁, 高级工程师, 现从事电气二次系统的设计工作。

## GENERATOR TRANSFORMER RELAY PROTECTION SYSTEM FOR THREE GORGES PROJECT LEFT BANK POWER STATION

Zhou Qiang Wang Zulu (Changjiang Water Resources Commission, 430010, Wuhan, China)

**Abstract** The technical design scheme of generator - transformer relay protection system for Three Gorges Project Left Bank Power Station has been studied since March 1994. In August 1997, the last bidding scheme has been decided, and the scheme has been confirmed by the contractors on the first design liaison meeting. In this paper, the authors state the selecting of main protections and the scheme of back - up protections briefly for generator - transformer in Three Gorges Project Left Bank Power Station.

**Keywords** Main Protection Protection Scheme Sensitivity Unit Connection