

大型发电机-变压器组微机保护配置探讨

蔡继东, 王热, 席斌

(天津大唐盘山发电有限责任公司设备工程部, 天津 301900)

摘要: 以新投产的国产 600 MW 汽轮发电机-变压器组为例, 重点介绍了几种相关大机组保护的特点, 并对调试、生产过程中发现的问题进行了分析, 提出了解决办法和建议, 以供参考。

关键词: 大型机组; 微机保护; 保护配置

中图分类号: TM773 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)15-0068-03

0 引言

随着电力系统的发展, 大容量机组不断增多。大型发电机组不但结构复杂, 而且价格昂贵, 一旦故障, 检修期长, 造成的经济损失也是巨大的。因此, 发电机-变压器保护的配置应充分考虑到以上大机组的特点, 最大可能地保证机组安全和最大限度地缩小故障范围, 尽可能避免不必要的停机, 特别要避免保护的误动或拒动, 配置可靠性、灵敏性、选择性和快速性都很好的保护装置。

1 设备概况及保护配置

天津大唐盘山发电有限责任公司 3、4 号机组, 发电机为哈尔滨电机厂生产的 QFSN - 600 - 2 YH 型汽轮发电机, 额定电压 20 kV, 额定容量 600 MW, 三机无刷旋转励磁, 出口安装断路器。主变压器为保定变压器厂生产的 DFP - 240000/ 500 型强迫油循环风冷变压器, 额定容量为 3 × 240 MVA, 主变高压侧为一个半断路器接线, 高厂变为低压侧分裂绕组变压器, 两台机组分别于 2001 年和 2002 年投产。发电机变压器组保护主要采用美国 GE 公司生产的微机型保护, 保护的配置由华北电力设计院设计, 主要保护配置如下:

发电机差动保护、发电机 95% 定子接地、发电机 15% 定子接地、发电机匝间保护、发电机负序电流保护、失磁保护、逆功率保护、过激磁保护、过电压保护、低频保护、过频保护、发电机电压制动过流、失步保护、阻抗保护、发电机定子断水保护、主变差动保护、主变相过电流、主变高压侧零序过流、主变低压侧封母接地保护、主变负序过流、短引线保护、高厂变差动保护、高厂变复合电压过流、高厂变负序过流、主变压力释放、瓦斯保护、油温保护; 高厂变压力释放、瓦斯保护、油温保护等。

保护配置能综合反映机组异常运行工况, 满足文献[1]对大机组微机保护配置要求, 主要电气量保护基本实现双重化要求, 发-变组保护共分 3 面屏, 具体布置如表 1。

表 1 主要电气量保护配置

Tab. 1 Allocation of principal electrical information protection		
A 屏	B 屏	C 屏
发电机 DCP 保护一套 DEC 扩展模块一台	发电机 DCP 保护一套 DEC 扩展模块一台	高厂变 SR745 保护两套 MIV 电压继电器两块
主变压器 SR745 保护一套 MIV 电压继电器一块	主变压器 SR745 保护一套 MIV 电压继电器一块	阻抗保护 LPSO 一套

2 发电机出口断路器对保护配置的影响

发电机安装出口断路器当机组正常起、停时不需切换厂用电, 只需操作发电机开关, 极大地提高了厂用电可靠性。同时在保护配置和作用方式上与常规电厂中发电机出口仅安装负荷开关方式不同, 不配置发电机变压器大差保护, 而是发电机和变压器各配置两套完全相同的差动保护和差流速断保护, 其优点在于:

- 1) 机组在发生发电机开关以内故障时(如发电机、汽机、锅炉故障), 只需跳开发电机开关, 厂用电源不会消失, 也不需切换, 提高了厂用电的可靠性, 同时减轻了操作人员的工作量和紧张度。
- 2) 对保护主变压器、高压厂用变压器有利。对于主变压器、高压厂用变压器发生内部故障时, 由于发电机励磁电流衰减需要一定时间, 在发电机-变压器组保护动作切除主变压器高压侧断路器后, 发电机在励磁电流衰减阶段仍向故障点供电, 而装设发电机开关后由于能快速切开发电机开关, 从而使主变压器受到更好的保护, 这一点对于大型机组非常有利。
- 3) 发电机开关以内故障只需跳开发电机开关,

不需跳主变压器高压侧 500 kV 开关,对系统的电网结构影响较小,对电网有利。

保护的出口方式为: 发电机全停出口。跳发电机出口断路器、灭磁、关闭主汽门、启动发电机出口断路器失灵; 发变组全停出口。跳 500 kV 断路器 1DL、2DL、跳发电机出口断路器、跳 6 kV 工作进线开关、灭磁、关闭主汽门、启动 500 kV 断路器失灵、启动厂用电快切装置; 解列灭磁出口。跳发电机出口断路器、灭磁、启动发电机出口断路器失灵。

3 变压器非电气量保护的改进

自机组投产以来,根据文献[2]和《“防止电力生产重大事故的二十五项重点要求”继电保护实施细则》要求,对非电气量保护进行了改进和完善。

在原设计中,主变压器和高厂变的非电气量保护接点直接进入装置内部电源回路,经 30 V 左右直流弱电回路进入微机保护装置,容易受到干扰,对机组安全稳定运行存在隐患。根据文献[2]要求,通过增加启动功率较大的非快速中间继电器,使非电气量信号改为经过 110 V 直流电压回路启动中间继电器,由中间继电器节点启动出口,提高了可靠性,另外根据反措要求将变压器油温保护和压力释放保护改投发信号。同时严格按照细则要求将非电气量保护和电气量保护用直流电源分开。

4 发电机匝间保护存在不足

高灵敏单元件横差保护,具有发电机相间短路、匝间短路和定子绕组开焊的保护功能,特别简单,灵敏度高^[3]。这无疑是发电机匝间短路保护的最好方案,但是,目前国产 300 MW 及以上汽轮发电机组,均为每相两并联分支,机组中性点一般只引出 3 个端子,无法安装横差保护,而匝间短路的过程对定子绝缘的损坏是十分严重的,考虑到 600 MW 机组的重要性,只能采用其它方案的匝间保护,因此我厂设置了专门的匝间短路保护,通过检测机端三相电压自产的零序电压量,用负序功率方向进行闭锁,用作发电机内部匝间短路和定子绕组开焊故障的保护。

应用纵向零序电压原理的匝间保护,要求发电机中性点与机端 PT 中性点经电缆相连接,当电缆接地时相当于发电机定子接地,人为地增加了故障环节,另外还需增加区别发电机内外部故障的判据(如负序功率方向),该保护无 PT 断线闭锁,一旦发生 PT 断线,则有发生拒动或误动的可能性,同时负序

功率方向在系统出现扰动,如远方故障跳闸后重合闸过程中可能存在的三相不同时而造成的扰动以及机组同期并网过程的冲击都容易引起误动。因此应考虑增加其它判据,使匝间短路保护更加完善。

5 接地保护的配置

主设备接地故障是电厂常见的故障之一。为避免主设备进一步损坏,需装设相应的接地保护。我厂接地保护配置见图 1,具体分为以下 3 种。

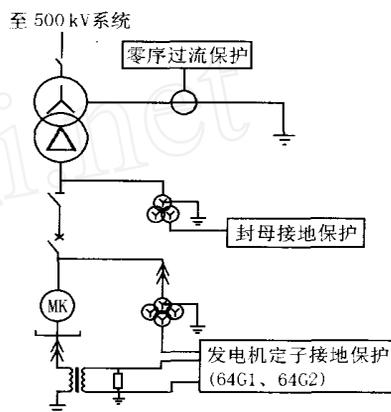


图 1 接地保护示意图

Fig. 1 Schematic diagram of earth protection

5.1 发电机定子接地保护

定子绕组单相接地是发电机最常见的一种故障,规程要求大中型发电机组应装设 100% 保护区的定子接地保护,我厂采用基波零序过电压和三次谐波零序电压共同构成 100% 定子接地保护。

基波零序过电压保护从接于发电机中性点的隔离变压器处取得零序电压,用于反映发电机定子绕组单相接地故障。

基波零序电压型定子接地保护可以在发电机单相接地电流很小时采用,这是其突出优点,但由于在定子绕组单相接地时,零序电压与中性点到故障点的绕组占一相全部绕组的百分比呈线性关系,因此从原理上讲该保护必然存在“死区”。其保护区一般为 90% ~ 95%。因此单独采用零序过电压构成 100% 定子接地保护存在不足。

为满足大容量机组这一要求,弥补基波零序过电压的不足,增加了一套三次谐波电压的定子接地保护,取机端三次谐波电压和中性点三次谐波电压的复合量来构成接地保护。

动作判据:

$$V_{n3} / [(V_{p3}/3) + V_{n3}] > 0.15 \quad (1)$$

其中: V_{n3} 为发电机中性点三次谐波电压; V_{p3} 为发电

机端三次谐波电压。

该保护灵敏地反映靠近机端和中性点附近的单相接地故障,与基波零序电压接地保护配合实现发电机定子绕组接地的 100% 保护。此方案接线简单,不用增加一次设备,从原理上讲,不仅消除了零序电压定子接地保护的固有“死区”,而且它们原理和所用模拟量不同,具有动作重叠区,从而提高了定子接地保护的可靠性。

2001 年 11 月 8 日下午 13:58,3 号发电机三次谐波电压的定子接地保护动作,原因是运行人员未合发电机中性点地刀,当发电机启机后负荷升到 200 MW 时,保护动作,发电机全停出口。公式(1)可简化为 $V_{n3} = V_{p3}/17$ 。发电机正常运行时,发电机定子线圈端部和发电机定子线圈尾部都会产生三次谐波电压,其值都随负荷而变化,正常运行时机尾三次谐波值大于机端三次谐波值。事故时由于发电机中性点接地刀未合,机端三次谐波电压正常,并且随负荷的增加而增加,机尾三次谐波由于中性点刀闸未合所以仅是一个感应量,因此随着负荷的增加,很快达到了 $V_{n3} = V_{p3}/17$,造成保护动作,对装置本身而言是正确动作。

5.2 主变高压侧零序过流

主变零序过电流保护取自主变高压侧接地中性线,采用简单的定时限过电流保护,反映主变高压侧绕组及引出线的接地故障,并作为系统接地保护的后备保护。

5.3 主变低压侧封母接地保护

该保护从主变低压侧的电压互感器取得的三相电压自产零序电压,主要用于反映机组解列后,主变低压侧至发电机出口断路器之间的封闭母线的单相接地故障。

6 加强电流互感器选型方面工作

电流互感器的选型工作至关重要,尤其是差动保护用电流互感器。在调试过程中,根据当时新提出的中国电力行业标准《电流互感器和电压互感器选择及计算导则》要求,对主变压器差动保护的电流互感器按暂态特性要求重新进行计算校核。由于短路容量的增大,B 屏主变压器差动保护所用的 500 kV 升压站的 5P 级电流互感器在保护区外严重故障时,有可能发生铁心饱和,造成保护误动。为此,将主变压器差动保护的 5P 级电流互感器改接至主变压器 500 kV 侧套管 CT,经计算这组套管 CT 在 500 kV 区外故障时,仅流过本机组提供的短路电流,铁

心不会饱和,不会造成误动。所剩短引出线加装了南瑞公司生产的差动保护装置,该保护装置具有抗 CT 饱和功能,不会造成误动。经过此改造,极大地提高了机组安全稳定运行水平。

7 不足之处

由于客观原因,保护配置仍存在一些不足之处,如主变高压侧零序过流保护、主变高压侧中性点零序 CT 仅有一个,两套变压器保护共用交流电流回路,不符合保护双重化配置的要求。发电机变压器保护出口采用传统的方式,分为发电机全停、解列灭磁、发变组全停等,每一个出口对应一组继电器,叫做出口继电器,这样需配置大量的中间继电器,接线复杂。总之,不足之处还需继续完善。

8 结论

天津大唐盘山发电有限责任公司作为京津唐电网内的最大发电机组,其地位和作用不言而喻,继电保护对机组安全稳定运行的作用更加显著。因此必须不断完善保护装置的功能,进一步提高其可靠性、灵敏性、快速性、选择性。同时还应提高继电保护维护、调试人员的素质。

参考文献:

- [1] DL 400-91, 继电保护和安全自动装置技术规程 (Relay Protection & Technical Regulator for Safe automatic Device) [S].
- [2] 中国华北电力集团公司 (North China Power Group Company). 华北电网反事故措施汇编 (一) (Compilation of Anti-accident Measures of North China Power Grid, Part One) [Z]. 1998.
- [3] 王维俭 (WANG Wei-jian). 电气主设备继电保护原理与应用 (Application & Theory for Relay Protection of Main Electrical Equipment) [M]. 北京: 中国电力出版社 (Beijing: China Electric Power Press), 1996.

收稿日期: 2003-11-06; 修回日期: 2003-12-02

作者简介:

蔡继东 (1977 -), 男, 本科, 助理工程师, 主要从事电力系统继电保护工作; E-mail: CJD123com2002@yahoo.com.cn

王 热 (1966 -), 男, 本科, 工程师, 主要负责电气专业工作;

席 斌 (1971 -), 男, 本科, 工程师, 主要负责继电保护专业工作。

(下转第 78 页 continued on page 78)

当接收到键盘中断时,系统立即响应并根据按下键执行相应的操作,完成后退出键盘中断程序。

5 应用结果

一般的8位A/D转换器(如AD574)转换时间为25 μ s,而ADuC812为12位单电源的A/D转换器,转换时间5 μ s,因此采用图3的采样电路可以提高采样的速度和精度。根据图3在中小型配电站的电力监控系统应用效果来看,实测采样速度比8031和ADS74构成的系统提高5倍,精度提高10个百分点;而且其结构简单,抗干扰的能力强,不会产生误动作,在电网波动较大时有自保护功能。

参考文献:

- [1] 余永权,等(YU Yong-quan, et al). 单片机在控制系统中的应用(The Application of the Microcontroller in the Control System) [M]. 北京:电子工业出版社(Beijing:Publishing House of Electronics Industry),2003.
- [2] 刘书明,等(LIU Shu-ming, et al). 数据采集芯片ADuC812原理与应用(The Principle and Application of the

Data Acquisition Chip ADuC812) [M]. 西安:西安电子科技大学出版社(Xi'an:Xi'an University of Electronics Technology Press),2000.

- [3] 何立民(HE Li-min). MCS-51系列单片机应用系统设计系统配置与接口技术(The Application and Design System Allocation and Interface Technology of Series MCS-51 Microcontroller) [M]. 北京:北京航空航天大学出版社(Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press),1990.
- [4] 杨传谱,孙敏,杨泽富(YANG Chuan-pu, SUN Min, YANG Ze-fu). 电路理论——时域与频域分析(Electric Circuit Theories——Time Domain and Frequency Domain Analysis) [M]. 武汉:华中理工大学出版社(Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press),1998.

收稿日期: 2004-06-08; 修回日期: 2004-06-16

作者简介:

马涛(1963-),男,高级讲师,多年从事电气工程研究、开发与物理教学工作;E-mail: matao8100@163.com

来清民(1961-),男,副教授,长期从事电气工程研究、开发与物理教学工作。

Application of data acquisition chip ADuC812 in power system monitoring

MA Tao¹, LAI Qing-min², LIANG Jia-sheng³, ZHOU Wei-wei⁴

(1. Mechanical Engineering, Sanmenxia Vocational Technology Institute, Sanmenxia 472000, China; 2. Physics Department, Henan Education Institute, Zhengzhou 450003, China; 3. Yishui Power Supply Company, Yishui 276400, China; 4. Power Engineering Consultation Institute, Jinan 250013, China)

Abstract: Combined with the application of data acquisition chip ADuC812 in power system measuring, the chip's characteristic is put forward. The ADuC812 chip-based measuring system is of real-time processing, stable performance and lower cost. The proposed system employs LCD to display the real-time values of frequency, voltage and current with AC sampling, and what's more, it can make a sound&light alarming for overvoltage and undervoltage.

Key words: ADuC812; AC sampling; power system monitoring; control

(上接第70页 continued from page 70)

Discussion on the configuration of microprocessor-based protection in large generator-transformer unit

CAI Ji-dong, WANG Re, XI Bin

(Equipment Engineering Department, Tianjin Datang Panshan Power Generator Co., Ltd, Tianjin 301900, China)

Abstract: Taking the newly employed domestic-made 600MW generator-transformer sets as example, this paper emphasizes the features of several relevant protections for large generator sets. Problems existing in debugging and operating are analyzed, and the proposals are put forward.

Key words: large unit; microprocessor-based protection; protection configuration