

1 000 MW 机组电气技术特点研究

李辰龙,单华,杨宏宇,杨春
(江苏方天电力技术有限公司,江苏南京 211102)

摘要:随着经济高速增长和对环境的要求日益提高,低煤耗的百万机组得到了广泛和持续的发展。针对这一现象,文中阐述了百万机组的结构特点,介绍了所配置的电气自动化设备内容,详细分析了国家标准规程和反事故措施文件对继电保护配置的技术要求,并探讨了一些主要保护所存在的注意事项,同时结合目前条件提出了建议。

关键词:1 000 MW 机组;电气自动化设备;继电保护配置

中图分类号:TM621.7+1

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2012)06-0055-03

截至目前,江苏省93个同调电厂,总装机容量6 244.3万kW,其中百万kW超超临界火电机组已有12台,总装机容量为1 200万kW,占省装机总容量的19.22%。百万千瓦超超临界火电机组已经成为大型火电机组的趋势。

1 百万 kW 机组发电机组的特点

百万kW机组与中小型机组相比具有明显的优越性,但是,由于机组容量的增大,其结构、参数和运行特性都发生了显著变化,因而也带来了一些新的问题。百万kW机组主要参数变化如下:

(1) 同步电抗 X_d 增大。由于发电机有效材料的利用率提高,线负荷增大,导致与线负荷成正比的电抗 X_d 增大, X_d 的增大导致发电机静过载能力减小,因而在系统受到扰动时,易于失去静稳定。电抗的增大,还使发电机平均异步转矩降低。例如中小型汽轮发电机的平均异步转矩的最大值可达额定转矩的2~3倍,而大型机组的平均异步转矩的最大值一般约为额定转矩。因而大型发电机组失磁异步运行时,滑差大,从电力系统吸收感性无功功率多,允许异步运行的负载小,时间短。

(2) 定子电阻相对减小,定子时间常数 T_a 增大。一般中小型发电机 $T_a=0.10\sim 0.16$ s,而国产1 000 MW汽轮发电机的 T_a 为0.7s。 T_a 的增大,使定子非周期电流的衰减变慢,从而对电力系统安全、可靠运行提出了更为严峻的挑战,并且恶化了电流互感器和断路器等元件的运行条件^[1-5]。

(3) 机组惯性常数 H 降低。大容量发电机组的体积并不随其容量成比例增大,采用气体或液体直接冷却的绕组与间接冷却绕组相比,有效材料利用率高,在定子和转子的尺寸没有明显增大的情况下,汽轮发电机的单机容量急剧增大,因而导致发电机组惯性常数明显降低。机组惯性常数 H 是一个

重要参数,当其他条件相同时,在过剩转矩作用下 H 愈小,角度 δ 改变愈快,发电机易于失去同步。然而 H 值的增大,技术上复杂且造价昂贵^[4]。

2 百万 kW 机组电气继电保护配置

已经建成的和在建的百万kW机保护配置有以下特点:发变组与高压备用变压器均采用微机型保护装置。其中电量保护双重化,从电流和电压回路、直流电源、保护出口继电器及电缆均完全独立。

3 百万 kW 机组电气值得注意的事项

3.1 发电机组性能的要求

系统频率在50.5 Hz到48.5 Hz变化范围内应连续保持恒定的有功功率输出;系统频率下降到48 Hz时有功功率输出减少一般不超过5%机组额定有功功率。对低于额定频率带负载运行的300 MW及以上的汽轮发电机,应装设低频保护。保护动作于信号,并有累计时间显示。对高于额定频率带负载运行的100 MW及以上汽轮发电机或水轮发电机,应装设高频保护。保护动作于解列灭磁或程序跳闸。

3.2 发变组保护

1 000 MW机组的继电保护和安全自动装置,目前使用的有国产及进口两大类。进口的有GE,ABB,SIEMENS等公司的产品;南瑞继保的RCS-985及国电南自的DGT-801在国产的较为常见。江苏省内600 MW及以上容量的机组中应用GE公司的发变组保护较多。以GE公司为代表的国外保护装置有以下特点:硬件设备总体使用年限长;均采样单CPU、单采样通道运行,硬件一旦损坏,保护立即出口,误动作可能性高;保护逻辑灵活需现场进行组态调试,部分保护功能无法满足电网相关规程的要求,增加了电网运行风险。比如失步保护不判别震荡中心位置,只能通过联系厂家修改逻辑,增加主变电抗线,实现此功能。则后期运行及维护繁琐。

国内设备商提供的发变组保护装置有以下特点:硬件设备总体使用年限短;均采样双 CPU、双采样通道串联运行,某个硬件损坏,保护不会立即出口,除非相同设备也损坏,误动作可能性低;保护逻辑已固化不需要现场编写,保护原理先进,保护原理基本满足电网相关规程的要求。则后期运行及维护简单。

3.2.1 发电机主保护

目前,国内在建和已运行的百万 kW 级汽轮发电机组,其发电机中性点和出线侧均通常只引出 3 个端子,如图 1 所示。不可能安装横差保护、不完全差动保护和裂相横差保护,所以在对定子绕组匝间短路和开焊故障只能装纵差保护和纵向零序电压匝间保护以弥补其不足。在这方面应持续关注发电机中性点引出方式的新方案,提高主保护方案的性能。现在保护都是双重化配置,可靠性得到提高,但也增加误动可能,所以无论发电机出口有没有开关都建议不要配置发变组大差动保护。如华能金陵电厂和中电投常熟电厂百万 kW 机组都取消了大差保护。

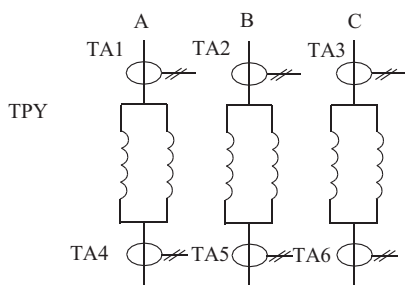


图 1 传统的中性点侧引出 3 个端子装设完全纵差保护

3.2.2 失步保护

对于百万 kW 发变组,电抗较大,惯性时间常数较小,机组易于发生振荡,而且振荡中心常位于发电机附近,对机组和厂用电产生严重影响。因此,对于百万 kW 级机组要装设失步保护。在短路故障、系统同步振荡、电压回路断线等情况下,保护不应误动作。通常保护动作于信号。当振荡中心在发电机变压器组内部,失步运行时间超过整定值或电流振荡次数超过规定值时,保护还动作于解列,并保证断路器断开时的电流不超过断路器允许开断电流。相关规程要求:多台并列运行机组的失步保护滑极次数定值不能完全相同。

3.2.3 频率保护

按 DL/T 684—1999 的规定,当频率异常保护需要动作于发电机解列时,其低频段的动作频率和延时应注意与电力系统的低频减负荷装置进行协调。一般情况下,应通过低频减负荷装置减负荷,使系统频率及时恢复,以保证机组的安全;仅在低频减负荷装置动作后频率仍未恢复,从而危及机组安全时才

进行机组的解列。因此,要求在电力系统减负荷过程中频率异常保护不应解列发电机,防止出现频率连锁恶化的情况。其中机组低频率保护的定值应低于系低频减载的最低一级定值。

3.2.4 失磁保护

失磁机组从系统吸取无功功率,可能使电网电压下降,失磁机组电磁功率摆动,造成各机组间及系统部分振荡。对励磁电流异常下降或完全消失的失磁故障,应按下列规定装设失磁保护装置:不允许失磁运行的发电机及失磁对电力系统有重大影响的发电机应装设专用的失磁保护。对汽轮发电机,失磁保护宜瞬时或短延时动作于信号,有条件的机组可进行励磁切换。失磁后母线电压低于系统允许值时,带时限动作于解列。当发电机母线电压低于保证厂用电稳定运行要求的电压时,带时限动作于解列,并切换厂用电源。有条件的机组失磁保护也可动作于自动减出力。当减出力至发电机失磁允许负荷以下,其运行时间接近于失磁允许运行限时,可动作于程序跳闸。相关规程要求:各单位对失磁保护定值整定必须保证发电机失磁时可靠跳闸。同时失磁保护应与励磁系统“低励限制线”配合,保证后者先于失磁保护动作^[2]。

3.3 励磁系统

目前,300~600 MW 机组基本都采用静态励磁,而对于百万机组励磁,静态励磁和旋转励磁都有运用。如已建成的华能金陵电厂和国电泰州电厂采用的是静态励磁,而在建的中电投常熟电厂和国电谏壁电厂都是旋转励磁的方式。由于百万机组的 X_d 增大,静稳储备降低,失磁故障增多,失磁对特大机组的影响增大,因此对失磁保护的可靠性要求提高。同时转子电压通常大于 500 V,强励时会更高,直接取出比较危险,电缆也不好选择,建议失磁保护不采用转子电压判据,转子接地保护安装在励磁系统屏柜内。静态励磁没有主励磁机时滞环节,碳刷励磁属高起始快速响应励磁系统,即励磁直接调节输出电流的大小,技术指标高,响应快,性能参数好。由于没有旋转部件。运行可靠性高,调整、维护简单,检修方便。而旋转励磁没有碳刷和滑环,没有接触部件的磨损,所以没有碳粉和铜粉末引起对机组的污染,绝缘寿命长。同时,励磁机独立供电,可靠性增加,不会出现机端短路时,故障电流迅速衰减。但由于转子回路不能接入灭磁设备,无法实现直接灭磁,所以灭磁时间较长。

由于这两种不同方式的励磁,使其在保护配置上有所不同,所以对于励磁方式的选择也是以后一个要努力研究的课题。在江苏省各电厂中 ABB 公

司生产的 UNITROL 励磁调节器最为常见。ABB 励磁系统有原装进口及国内组装两种设备,在现场实际运行中原装进口设备故障率低运行可靠,国内组装设备易发生故障。励磁系统交直流侧应设置刀闸,已防止单台整流柜故障时可以退出工作,机组可以继续运行。

3.4 同期系统

应注意在励磁系统出口回路中加装同步检查继电器,已有效防止非同期合闸。

3.5 厂用电快切系统

因 1 000 MW 机组容量大,厂用电失电易造成重大事故。手动切换时建议采样并联切换,先合备用开关,再分工作开关。检修人员需要定期检查厂用电快切系统各开关合分闸回路的完整性。在现场运行中曾发生厂用电失电后,备用开关合闸回路断线,造成厂用电切换失败。

3.6 保安电源系统

在 1 000 MW 机组中,保安电源失电易造成重大事故。每台机组均设计有一台柴油发电机组。柴油发电机不仅要定期进行启动维护,而且要定期进行带载切换试验(机组未并网时)。保安电源切换逻辑由柴油发电机组 PLC 控制,可聘请资深电气调试人员进行逻辑优化,已保证保护电源可靠性。

3.7 厂用直流系统及交流 UPS 系统

严格执行重要负荷分段供电的配置。如每套发变组保护用的直流电源要由不同直流段供电。为 DEH 提供的 3 个有功功率变送器的交流电源则要分段供电。

3.8 设备(保护)定值

200 MW 及以上并网机组的高频率、低频率保护,过电压、低电压保护,过励磁保护,失磁保护,失步保护,阻抗保护及振荡解列装置、发电机励磁系统(包括 PSS)等设备(保护)定值必须经有关调度部门审定。百万 kW 机组电厂在继电保护定值管理工作

中,更要加强对保护的特点的熟悉和了解,根据《大型发电机变压器继电保护整定计算导则》DL/T 684—1999 的规定、电网运行情况和主设备技术条件,认真校核涉网保护与电网保护的整定配合关系,并根据调度部门的要求,做好每年度对所辖设备的整定值进行全面复算和校核工作。当电网结构、线路参数和短路电流水平发生变化时,应及时校核相关涉网保护的配置与整定,避免保护发生不正确动作行为^[6]。

4 结束语

百万 kW 机组造价非常昂贵,发生故障对系统的影响也非常之大。只有对 1 000 MW 机组电气技术特点及注意事项有全面地了解,才能让机组更加安全稳定地运行。

参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理与应用[M].北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 杨莉. 百万 kW 机组发电机变压器组继电保护配置探讨[J]. 电力自动化设备,2006,26(10):1-3.
- [3] 赵琪. 百万 kW 超超临界机组汽机旁路选型情况介绍[J]. 热力透平,2008,06(37):1-2.
- [4] 何仰赞. 电力系统分析[M].武汉:华中科技大学出版社,2005.
- [5] 高红艳. 可灵活配置整定原则的继电保护整定计算软件的研究[J]. 电力系统保护与控制,2010,10(38):3-5.

作者简介:

- 李辰龙(1981),男,辽宁朝阳人,助理工程师,从事火电机组电气调试工作;
- 单华(1985),男,江苏宝应人,助理工程师,从事火电机组电气调试工作;
- 杨宏宇(1979),男,河南上蔡人,工程师,从事继电保护整定计算工作;
- 杨春(1979),男,江苏南京人,助理工程师,从事火电机组电气调试工作。

Research on Electrical Technical Features of 1 000 MW Unit

LI Chen-long, SHAN Hua, YANG Hong-yu, YANG Chun

(Jiangsu Frontier Electric Technologies Co.Ltd., Nanjing 211102,China)

Abstract: With the rapid growth of economic and increasing demands on the environment, the million units of low coal consumption has extensive and ongoing developments. On this phenomenon, the structural features of the millions of units and the content of electrical automation equipment are described in this paper. National standard procedures and the requirements which anti-accident measures file has for relay protection technologies are analyzed in detail. Some notes exiting in main protection are discussed, and advices combined with current conditions are given.

Key words: 1000 MW unit; electrical automation equipment; relay protection technologies