

提高大型发电机变压器组保护 双重化配置可靠性方案研究

张劲松¹,高 波¹,徐雨舟²

(1.江苏省电力设计院,江苏 南京 210024;2.国电南自凌伊公司,江苏 南京 210013)

摘要: 目前,我国发电机变压器组(简称发变组)保护装置的正确动作率相对线路保护还比较低。微机发变组保护采用双重化配置后,防误动的紧迫性更加突出,同时一些配置未作明确规定造成实际工程中的混乱。在充分研究相关规定的基础上,结合工程实际提出了加强保护装置硬件冗余度,简化后备保护,按进线“四统一”设计,就近设置转子接地保护,合理配置直流电源及出口跳闸方式等提高大型发变组保护双重化配置可靠性的意见和建议。

关键词: 机组保护; 保护配置; 可靠性

中图分类号: TM 772

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)06-0020-03

0 引言

根据原国家电力公司颁发的《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》^[1]及《“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》^[2](简称《实施细则》),结合《继电保护和安全自动装置技术规程》^[3](简称《规程》),发电机变压器组(简称发变组)保护应采用双重化配置(或双套配置),但是,从继电保护的选择性、灵敏性、速动性、可靠性四方面要求结合目前机组运行效果看,发变组微机保护装置采用双重化配置(或双套配置)后,提高了保护装置的选择性、灵敏性、速动性,却未提高可靠性。可靠性包括可信赖性和安全性。可信赖性强调不拒动,安全性强调不误动,以往往往强调保护装置的可信赖性,其实强调的是可信赖性,主要还是从被保护设备发生故障时保护不应拒动方面考虑较多,因为发变组保护装置的正确动作率和线路保护相比还较低。

《实施细则》在强调保护配置双重化增加误动几率的同时并没有给出降低保护误动的方法或原则,这一方面揭示出防误动问题是保护双重化配置需要解决的难点,也成为设计、制造部门的工作重点;另一方面,由于缺少统一的指导原则,不同部门根据自己的理解采取了不同的防误动措施,造成保护可靠性方面一定程度的差异。本文结合多年的发变组保护设计经验,就大型发变组保护双重化配置中提高可靠性的一些技术问题提出了相应的解决方案。

1 发电机保护运行情况

统计资料表明^[4]:2004 年 100 MW 及以上发电机保护共动作 581 次,其中正确动作 568 次,不正确动作 13 次(误动),正确动作率为 97.76%。2000~

2004 年间,我国 100 MW 及以上发电机保护共发生不正确动作事件 80 次,其中误动 79 次。造成发电机保护不正确动作的原因有运行管理责任(误碰、误接线、误整定、误操作等),制造部门责任(制造不良、原理缺陷、芯片损坏和电源故障等)以及设计部门责任(设计接线不合理)等。从这些信息看,保护双重化后面面临的防误动问题远比防拒动要严峻得多。

现在火力发电机组容量不断增大,原来 200 MW、300 MW 机组已经发展到 600 MW 机组及 1000 MW 级机组,机组保护的误动对电力系统的影响也越来越大,因此必须对发变组保护如何避免误动提出更高的要求。

2 双重化配置存在的问题

目前,发变组继电保护设计、制造、安装、调试和运行均将《实施细则》作为指导性文件,但是对双重化配置的含义和《实施细则》有关条款的理解和执行还存在着一些分歧。按《实施细则》规定:100 MW 及以上容量的发变组微机保护应按双重化配置保护(非电气量保护除外)。大型发电机组和重要发电厂的启动/备用变压器保护宜采用保护双重化配置。

同时还规定^[2]:

a. 双重化配置的保护装置之间不应有任何电气联系;

b. 每套保护装置的交流电压、交流电流应分别取自电压互感器和电流互感器互相独立的绕组,其保护范围应交叉重迭,避免死区;

c. 保护装置双重化配置还应充分考虑到运行和检修时的安全性,当运行中的一套保护因异常需要退出或需要检修时,应不影响另一套保护正常运行;

d. 为与保护装置双重化配置相适应,应优先选用具备双跳闸线圈机构的断路器,断路器与保护配合的相关回路(如断路器、隔离刀闸的辅助接点

等),均应遵循相互独立的原则按双重化配置。

《实施细则》明确规定启动/备用变压器保护可按双重化配置,对高压厂用变压器和励磁变压器并未作明确规定,但是对于大容量发变组,高压厂用变压器和励磁变压器与发电机、主变压器采用离相封闭母线直接连接,因此,高压厂用变压器和励磁变压器的保护应与发电机、主变压器一致,也可以采用双重化配置。

双重化配置是为了提高保护装置的可靠性,但是发变组保护是否要求与线路保护一样,采用不同原理的双重化保护,《实施细则》未作明确规定。由于目前保护装置的多样化,增加了实际工程中保护配置和保护原理选择的难度。

2.1 保护装置和原理的选择

随着计算机软、硬件技术的进步,主、后备一体化保护装置应用广泛。所谓主、后备保护一体化就是将主保护和后备保护功能及异常运行保护同时集成在一台保护装置中,主、后备保护共享一组被保护设备的模拟量和开入量,共享保护装置的硬件资源。这种一体化装置虽然二次回路简单,但是其硬件冗余度不够,当硬件的某个环节出现问题时这套装置的所有主、后备保护和异常运行保护将全部失效。特别是当另一套保护因异常需要退出或检修时,危及机组的正常运行。因此,在满足经济指标的条件下应提高一体化装置的硬件冗余度,当一套保护装置中有2个相互独立的硬件系统同时工作时,通过逻辑“与”可有效减少保护误动,而当其中一个硬件系统故障时另一个仍能完成所有的主、后备保护和异常运行保护功能。

双重化保护装置的配置一般为2套电气量保护配置在两面柜(每面柜保护均采用双重化配置),非电量保护配置在第三面柜。但是,不同业主、设计院对保护双重化设置有不同的理解和要求。有些业主要求,保护装置应尽量提供灵敏度,在任何情况下保证发电厂内部设备的安全,所以在选择设备时,要求2套保护装置采用不同原理乃至要求不同厂家的保护装置;有些业主要求2套保护装置的原理、配置、接线应一致,便于运行、维护、检修。笔者认为,有必要对国内发变组保护装置进线“四统一”设计,因为不同制造厂采用不同保护原理时对保护装置的输入量需求不同,其端子排接线完全不同,不同原理也会造成不同的整定值,对设计、调试、运行人员的要求较高,容易造成误碰、误接线、误整定、误操作等人为因素造成的保护不正确动作,从而人为因素造成保护不正确动作占的比例很大。

2.2 转子接地保护

目前,国内广泛采用的转子接地保护原理主要有乒乓开关式和直流注入式2种^[5-7]。由于无法实现乒乓开关间的严格同步,2套乒乓开关式转子接地保护并列运行时,其动作方程不再成立,必然导致

保护误动;2套注入式转子接地保护同样不能并列运行。如果采用乒乓开关式和直流注入式保护并列运行,不满足实现乒乓开关原理和直流注入式原理的条件,因此从原理上禁止双套运行,所以目前无论采用何种原理的转子接地保护都很难实现保护配置的双重化,要实现双重化只能通过当一套保护故障退出转子接地保护时,手动切换投入另一套转子接地保护。

另外,由于大容量机组的励磁电压都很高,一般其额定励磁电压都在400V以上,强励时更高。转子接地保护要将发电机励磁绕组的正、负极电压直接接入保护屏,一方面不满足《火力发电厂、变电所二次接线设计技术规程(DL/T5136-2001)》总则“电压250V以上回路不宜进入控制和保护屏”的规定,另一方面将励磁回路通过电缆连接到保护屏,延长了发电机转子主回路,降低了励磁回路的可靠性。所以当励磁系统集成有可靠的转子接地保护时,建议取消发变组保护装置中的转子接地保护;当励磁系统未集成转子接地保护或集成转子接地保护不能满足要求时,建议将发电机转子接地保护就地安装在励磁系统旁。

2.3 匝间保护

由于大容量火电机组不具备装设横差保护的條件,只能采用纵向基波零序和故障分量负序方向原理的匝间保护^[8-10],但现场一般仅能装设一组匝间保护专用电压互感器,2套保护同时采用纵向基波零序原理时无法实现电气量的完全隔离,而且当专用电压互感器发生高压侧断线时,2套保护的匝间保护有可能同时误动。为避免上述问题建议采取以下2种处理方法。

a. 对于新建工程可设置2组专用电压互感器,2套保护采用纵向基波零序原理,同时设置负序方向闭锁经延时动作于跳闸。

b. 建议选择故障分量负序方向保护作为内部匝间故障的主保护,其电压、电流可以取自机端不同的电流互感器和电压互感器。

为防止其他类型的发电机内部故障时匝间保护误动,可增加纵向基波零序电压判据作为辅助判据,在满足主保护判据及辅助保护判据时动作于跳闸。

目前,匝间保护还不是很可靠,因此在发电机制造厂明确其绕组同相不同槽的情况下,也可考虑不装设匝间保护,同时应强化定子接地保护。

2.4 程序逆功率保护

程序逆功率保护由于其定值仅为额定功率的1%,保护用电流互感器在低负荷条件下不能满足保护装置对测量精度的要求,造成程序逆功率保护误动时有发生。为保证程序逆功率保护电流回路的测量精度,建议程序逆功率保护电流回路采用高精度的电流互感器。

2.5 简化后备保护

从微机保护的工作机理分析,主保护和后备保

护处理的是同一组数据信息,采用的是同样的处理算法,两者的区别仅仅体现在判据的差别和不同的程序模块。当硬件系统发生故障或外部互感器回路异常时,一次设备将同时失去主保护和后备保护,保护装置将无法发挥其后备保护作用。从软件的可靠性而言,任何保护装置的主保护均已经过严格的动模和静模试验,同一台保护装置内仅某一个保护软件出现漏洞的概率极低。因此,主保护已采用双重化配置的情况下,希望后备保护在主保护因为软件故障拒动时发挥作用是不现实的,同时不必要的后备保护只会在被保护对象事故时增加保护装置的计算负担。另外,从目前发电机变压器等电气一次设备的制造质量及安全可靠性已经有大幅提升,电气主接线向简单、可靠、清晰的方向发展,所以如何简化保护双重化后备保护应成为研究课题。

2.6 直流电源配置

根据《火力发电厂、变电所直流系统设计技术规定》,对于容量为 300 MW 及以上的发电厂,每台机组一般均设置 2 组蓄电池组对控制负荷供电。《实施细则》中对双重化电量保护的直流电源供电方式未作明确规定,设计单位及制造厂商也就根据自己的理解和经验确定保护装置的供电方式:

a. 直流系统 A 段向 A 套保护装置供一路电源, B 段向 B 套保护装置供一路电源;

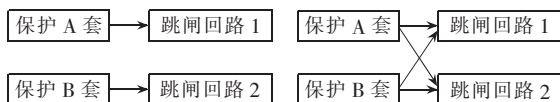
b. 直流系统 A 段向 A、B 套保护装置各供一路电源, B 段也向 A、B 套保护装置各供一路电源;

c. 直流系统 A 段向 A 套保护装置供 2 路电源, B 段向 B 套保护装置供 2 路电源,此种供电方式其实仅仅提供电缆备用。

对于双重化电量保护直流电源供电方式,建议采用方式 a;如果每套保护装置有 2 个逆变电源模块的也可采用方式 b;对于非电量保护屏,应采用方式 b;启动/备用变压器保护装置应采用方式 b。

2.7 出口跳闸方式

《实施细则》第 6.3 条明确规定:“2 套完整的电气量保护和非电量保护的跳闸回路应同时作用于断路器的 2 个跳闸线圈”,同时 2.11 条又规定“双重化配置的保护装置之间不应有任何电气联系”。如果按《实施细则》要求 2 套保护同时作用于断路器的 2 个跳闸线圈,就不能避免 2 套保护装置之间的电气联系,因此对于出口跳闸方式在实际工程中引起了不少混乱。目前,双套保护装置的出口跳闸方式有 2 种,如图 1 所示。



(a) 出口跳闸方式 1 (b) 出口跳闸方式 2

图 1 双套保护装置出口跳闸方式

Fig.1 Trip output mode of redundant protection

图中出口跳闸方式 2 满足《实施细则》规定,但不能避免 2 套保护装置之间的电气联系,并且容易造成 2 组直流系统在保护装置内误并联而导致直流系统故障。为简化接线,并且实现 2 套电气量保护之间电气的完全隔离,建议 2 套电气量保护分别作用于各自对应的跳闸线圈(如图 1 出口方式 1),非电量保护同时动作于 2 个跳闸线圈。跳闸出口宜直接接至跳闸线圈,以保证断路器可靠动作。

3 结论

本文从发电机变压器组保护设计的角度提出了保护双重化配置后出现的一些问题,得出如下结论:

a. 保护配置双重化在提高保护装置的选择性、灵敏性、速动性的同时,防误动的能力没有提高,这对设计、制造和运行维护管理部门提出了更高的要求;

b. 保护配置双重化应选用安全性高的继电保护装置,并遵循相互独立的原则,从电源到出口都不应该有任何电气联系;

c. 转子接地保护有条件时可采用在励磁系统就地实现方案,减少转子回路与外部的电联系。

参考文献:

- [1] 国家电力公司. 防止电力生产重大事故的二十五项重点要求[M]. 北京:中国电力出版社,2000.
- [2] 国家电力公司. “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[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [3] 国家技术监督局. GB14285-93 继电保护和安全自动装置技术规程[S]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [4] 周玉兰,王玉玲,赵曼勇. 2004 年全国电网继电保护与安全自动装置运行情况[J]. 电网技术,2005,29(16):42-48.
ZHOU Yu-lan, WANG Yu-ling, ZHAO Man-yong. Statistics of operation situation of protective relays and automation devices of power systems in China in 2004[J]. Power System Technology, 2005, 29(16): 42-48.
- [5] 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,1996.
- [6] 郭光荣. 发电机转子励磁绕组接地保护[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(20): 73-76.
GUO Guang-rong. The earth-fault protection for generator rotor field coil[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(20): 73-76.
- [7] 姚翔. 发电机转子一点接地乒乓式微机保护的研究[J]. 电力自动化设备, 2000, 20(6): 27-28.
YAO Xiang. Study on ping-pong type microcomputer protection for one-point grounding fault of generator exciting rotor[J]. Electric Power Automation Equipment, 2000, 20(6): 27-28.
- [8] 王维俭,侯炳蕴. 大型机组继电保护[M]. 北京:水利电力出版社,1989.
- [9] 史世文. 大型机组继电保护[M]. 北京:水利电力出版社,1987.
- [10] 李玉海,李久红,张小庆,等. 纵向零序电压型发电机匝间保护的几个问题[J]. 西北电力技术,2000(4):21-26.
LI Yu-hai, LI Jiu-hong, ZHANG Xiao-qing, et al. Study on longitudinal zero-sequence-voltage inter-turn fault protection[J]. Northwest China Electric Power, 2000(4): 21-26.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

张劲松(1963-),男,江苏东台人,高级工程师,主要从事火力发电厂继电保护设计工作(E-mail:zhangjingsong@jspdi.com.cn);

高波(1979-),男,江苏南京人,工程师,主要从事火力发电厂继电保护设计工作(E-mail:gaobo@jspdi.com.cn);

徐雨舟(1978-),男,江西上饶人,工程师,硕士,主要从事电力系统元件保护开发、研究工作(E-mail:xyz@sac-china.com.cn)。

Research on reliability of redundant protection configuration
for large generator-transformer set

ZHANG Jing-song¹,GAO Bo¹,XU Yu-zhou²

(1.Jiangsu Electric Power Design Institute,Nanjing 210024,China;

2.Nanjing Guodian Nanzi Lingyi Electric Power Automation Co.,Ltd.,Nanjing 210013,China)

Abstract: Compared with line protections,the correct action rate of generator - transformer set protections is lower. Since the application of redundant protection configuration,it has become more urgent to prevent misoperations and clearly define the protection configurations. Based on the study of relevant regulations and combined with field experiences,some suggestions are provided to enhance its reliability;increase protection hardware redundancy,simplify backup protection,design according to input line ‘four unification’,set rotor grounding protection locally,rationally configure DC power supply and trip-output mode,etc.

Key words: generator protection; protection configuration; reliability