

超超临界机组发电机定子和转子接地保护方案

陈 俊, 陈佳胜, 张琦雪, 严 伟, 沈全荣

(南京南瑞继保电气有限公司, 江苏省南京市 211102)

摘要: 分析了传统发电机定子和转子接地保护应用在超超临界机组上的不足, 在此基础上提出了更加完善的定子和转子接地保护方案, 建议采用注入式定子接地保护和注入式转子接地保护原理, 实现不受发电机运行工况影响的定转子绝缘检测。

关键词: 超超临界机组; 注入式定子接地保护; 注入式转子接地保护

中图分类号: TM771

0 引言

随着电网容量的扩大、节能和提高机组效率的要求以及制造技术和材料质量的提高, 发展超超临界机组, 发挥其在节能环保等方面的优势, 已成为火电今后发展的方向。近年来国内开始大量装备超超临界 600 MW 和 1 000 MW 级火电机组。超超临界机组电气系统与超临界机组相比, 其优势主要体现在有关设备容量和电气参数的增大等方面^[1], 如机组容量增大、定子额定电压升高、定子电流增大、励磁电压升高等。

发电机定子单相接地和励磁回路一点接地是发电机较为常见的电气故障。超超临界机组的单机造价昂贵, 非正常停机损失大, 定子额定电压和转子额定电压高, 其定子和转子绕组的对地绝缘检测应更加引起重视。

本文分析了传统定子和转子接地保护方案应用到超超临界机组上的不足, 提出了更加完善的发电机定子和转子接地保护方案。

1 超超临界机组定子接地保护

1.1 常规机组定子接地保护方案

目前, 在常规机组上得到广泛应用的 100% 定子接地保护方案是由基波零序电压和 3 次谐波电压定子接地保护组合而成。基波电压型定子接地保护简单可靠, 但在发电机中性点附近存在死区, 并且随着定子绕组对地电容的不对称度增大, 保护的死区也扩大。3 次谐波电压型定子接地保护与机组的运行工况有关, 且随着定子绕组对地电容的增大, 灵敏度下降^[2-3]。此外, 据了解, 少量超超临界汽轮发电机气隙磁场正弦度较好, 定子绕组本体 3 次谐波极

小, 如河北某电厂 600 MW 火电机组, 正常运行时其机端电压互感器开口三角的 3 次谐波电压甚至小于 0.05 V, 严重影响 3 次谐波电压型定子接地保护的灵敏度和可靠性。

1.2 超超临界机组定子接地保护方案

超超临界机组单机容量增大, 为了减小定子电流, 提高了定子额定电压, 一般可达 24 kV~27 kV, 如国内已投运的华能玉环电厂 1 000 MW 超超临界机组, 其定子额定电压高达 27 kV。根据前面的分析, 3 次谐波电压型定子接地保护应用在超超临界机组上存在一定的不足, 为了更好地保障机组安全运行, 要求配置更加完善的 100% 定子接地保护方案。

1.2.1 注入式定子接地保护原理

超超临界机组大多采用发电机中性点经变压器电阻接地方式, 为应用注入式定子接地保护原理创造了条件。

注入式定子接地保护通过辅助电源装置将 20 Hz 低频电压加在负载电阻上, 并通过接地变压器将低频电压信号注入到发电机定子绕组对地的零序回路中, 如图 1 所示。

在发电机定子绕组绝缘正常的情况下, 注入的电流主要表现为电容电流; 当发生接地故障后, 注入电流出现电阻性电流。检测注入的电压、电流信号, 经过滤波和测量环节的补偿, 通过导纳法可计算出接地故障的过渡电阻, 从而判定接地故障。

此外, 注入式定子接地保护还采用了独立于电阻判据且与辅助电源无关的零序电流判据, 直接反映流过中性点接地设备的零序电流, 采用与频率无关的算法, 保护 80% 左右范围内的定子接地故障。

与传统定子接地保护相比, 注入式定子接地保护具有以下优点: 保护范围为 100% 的定子绕组单相接地, 包括发电机中性点, 无保护死区; 整个定子

绕组各处具有相同的保护灵敏度,不受接地位置影响;可监视定子绕组绝缘的缓慢老化;保护不受发电机运行工况的影响,在发电机静止、启停过程、空载运行、并网运行、甩负荷等各种工况下均能可靠工作。

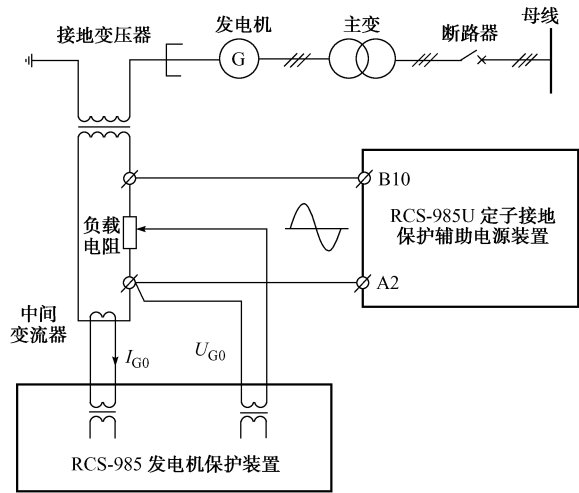


图 1 注入式定子接地保护原理

Fig. 1 Principle of voltage injection type stator earth fault protection

1.2.2 超超临界机组 100%定子接地保护双重化配置方案

超超临界机组保护应按双重化配置,如果直接采用双套注入式定子接地保护,只能使用同一个注入低频电源,一旦电源失效,2套定子接地保护的保护区均不再是 100%,为了构成可靠的双重化 100%定子接地保护,宜一套采用传统基波零电压型+3 次谐波电压型 100%定子接地保护方案,另一套采用注入式定子接地保护原理。

采用该方案后,即使定子绕组对地电容较大或定子绕组本体 3 次谐波电压极小,使 3 次谐波型保护灵敏度受到影响时,另一套注入式定子接地保护原理不受影响,仍能够可靠保障机组安全运行,消除了传统方案可能存在的隐患。此外,本方案另一个突出的优点是定子绕组有 80%左右的范围实现了三重化接地保护,即使在辅助电源出现异常退出运行时,定子绕组仍然有 80%左右的范围有双重接地保护。

2 转子接地保护方案

2.1 常规机组转子接地保护方案

常规机组的转子接地保护一般集成在机组保护装置内,需通过高压长电缆将转子电压引入机组保护屏,增加了励磁回路的复杂性和故障概率。

乒乓式(切换采样式)转子接地保护原理,由于

其具有保护灵敏度高且一致、可测量转子接地位置的优点,而得到了广泛应用。但乒乓式转子接地保护原理必须在发电机加入励磁之后才能投入,缺乏无励磁状态下的转子绝缘监测功能。

此外,对于无刷励磁机组,可能只引出转子绕组的一端,由于转子电压无法引出,无法采用乒乓式转子接地保护原理。

2.2 超超临界机组转子接地保护方案

2.2.1 保护的安装位置

超超临界机组额定转子电压较高,可达 500 V,强励时更高且有明显的交流分量,直接取出比较危险,且电缆也不好选择。

GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》第 6.1.2 条要求“二次回路的工作电压不宜超过 250 V,最高不应超过 500 V”。建议超超临界机组转子接地保护就地安装在励磁系统室内,失磁保护所需的转子电压宜采用分压器降压或经变压器传变后接入发电机保护装置,避免高压电缆长距离引线,简化了励磁回路,也节省了长距离高压控制电缆的费用。

2.2.2 保护原理的选择

超超临界机组可能采用静态励磁系统或旋转励磁系统。对于旋转励磁系统,可能无法同时引出转子绕组两端,无法应用乒乓式转子接地保护原理,而注入式转子接地保护原理与机组的励磁方式无关,转子绕组只引出一端时也能提供绝缘检测,适用性更强,值得在超超临界机组上推广。

图 2 和图 3 分别为双端和单端注入式转子接地保护原理图。在转子绕组的一端(或两端)与大轴之间注入偏移方波电源,通过测量方波电压 2 种状态下的转子泄漏电流,计算转子接地电阻的阻值。上述双端和单端注入式转子接地保护原理具有灵敏度高且一致,并可在无励磁状态下正常工作的特点。对于双端注入方式,还可测量转子一点接地位置,为故障排查提供参考。

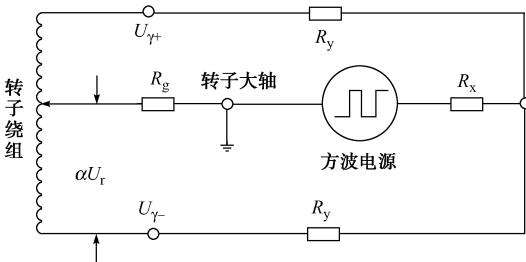


图 2 双端注入式转子接地保护原理

Fig. 2 Principle of one end voltage injection type rotor earth fault protection

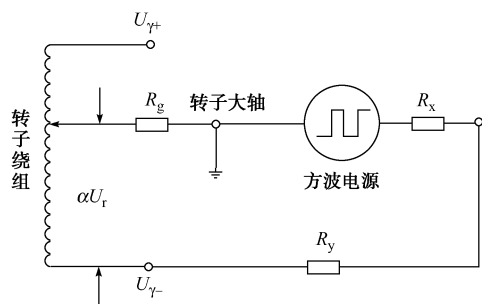


图3 单端注入式转子接地保护原理

Fig. 3 Principle of two ends voltage injection type rotor earth fault protection

与乒乓式转子接地保护原理相比,注入式转子接地保护原理突出的优点是可在静止或未加励磁状态下正常工作。江苏某电厂 600 MW 超超临界机组,在 2007 年 7 月 2 日停机期间,由于室内空调温度设置太低,导致励磁系统可控硅整流柜内有结露,引起转子绕组回路接地,就地安装在励磁系统室的 RCS-985 注入式转子接地保护装置正确动作发信,在励磁调节器一次设备经干燥处理绝缘恢复正常后,机组正常投入运行,避免了整流柜短路故障事故的发生和经济损失。

2.2.3 转子接地保护双重化配置方案

就地安装的转子接地保护应采用双重化配置,采用 2 个独立的保护装置。为了避免 2 套转子接地保护之间相互影响,正常运行时只投一套,另一套作为冷备用^[4]。

对于可同时引出转子绕组两端的机组,双套配置的转子接地保护宜采用不同原理,一套采用注入式转子接地保护原理,另一套采用乒乓式转子接地保护原理,2 种不同原理之间可以相互验证,正常运行时只投入其中 1 套。当投入运行的转子接地保护动作报警时,可切换到另一套保护,验证第一套保护的动作为,提高绝缘检测的可信度。

对转子绕组只能引出一端的机组,由于无法应用乒乓式原理,双套配置的转子接地保护均采用如图 3 所示的单端注入式转子接地保护原理,正常

运行时投入其中一套,需要时切换到另一套。

3 结语

超超临界机组对定子和转子对地绝缘检测的要求更加苛刻,宜采用注入式定子、转子接地保护原理,实现不受机组运行工况影响的定转子绝缘检测,转子接地保护宜就地安装在励磁系统室。本文提出的发电机定子、转子接地保护方案已应用于多台超超临界 1 000 MW 级机组。

参考文献

- [1] 赵剑雄. 对华能玉环电厂 1 000 MW 超超临界机组电气问题的考虑. 电力设备, 2005, 6(2): 63-66.
ZHAO Jianxiong. Consideration of electrical problem of 1 000 MW super-supercritical unit for Huaneng Yuhuan Power Plant. Electrical Equipment, 2005, 6(2): 63-66.
- [2] 张琦雪, 陈佳胜, 陈俊, 等. 大型发电机注入式定子接地保护判据的改进. 电力系统自动化, 2008, 32(3): 66-69.
ZHANG Qixue, CHEN Jiasheng, CHEN Jun, et al. Improvement on criterions of stator earth fault protection with voltage injection for large-sized generator. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(3): 66-69.
- [3] 邵能灵, STENZEL I J. 故障分量发电机定子单相接地保护应用研究. 电力系统自动化, 2005, 29(17): 59-63.
TAI Nengling, STENZEL I J. New differential protection research for generator stator single phase ground fault. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(17): 59-63.
- [4] 沈全荣, 何雪峰, 沈俭, 等. 大型发变组微机保护双重化配置探讨. 电力系统自动化, 2002, 26(10): 69-72.
SHEN Quanrong, HE Xuefeng, SHEN Jian, et al. Discussion of the large generator-transformer unit redundant sets of protection scheme. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(10): 69-72.

陈俊(1978—),男,通信作者,硕士,工程师,主要研究方向:电气主设备微机保护。E-mail: chenj@nari-relays.com

陈佳胜(1975—),男,硕士,工程师,主要研究方向:电气主设备微机保护。

张琦雪(1974—),男,博士,高级工程师,主要研究方向:电气主设备微机保护。

Generator Stator and Rotor Earth Fault Protection Scheme of Ultra-supercritical Generating Unit

CHEN Jun, CHEN Jiasheng, ZHANG Qixue, YAN Wei, SHEN Quanrong

(Nanjing NARI-Relays Electric Co. Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: This paper analyzes the shortage of conventional generator stator and rotor earth fault protection applied to ultra-supercritical generating unit. A novel stator and rotor earth fault protection scheme is proposed subsequently, and voltage injection type stator and rotor earth fault protection are commended, which are immune to the operating condition of generator.

Key words: ultra-supercritical generating unit; voltage injection type stator earth fault protection; voltage injection type rotor earth fault protection