

浅析前湾燃气轮发电机继电保护配置及运行情况

王文志, 余芳

(深圳广前电力有限公司, 广东 深圳 518051)

摘要: 介绍了燃气轮发电机电气部分的特殊性, 阐述了燃气机组特有的静止变频器的的工作原理及保护配置, 分析了专为机组变频启动所配置的低频过流和启停机保护的设计思想, 并介绍了在机组运行的不同阶段, 发电机保护的投退情况。对发电机机端电压互感器谐振、SFC故障、励磁系统参数不匹配等曾经引起机组启动失败的案例进行了分析和总结, 提出一些解决方法, 介绍了检修经验, 提高了燃机电厂的电气检修水平。

关键词: 燃气轮发电机; 静止变频器; 出口断路器; 保护配置; 发电机保护

Study on relay protection and its operational performance of Qianwan gas turbine generator

WANG Wen-zhi, YU Fang

(Shenzhen Guangqian Electric Power Co., Ltd, Shenzhen 518051, China)

Abstract: This paper introduces the special electric part of gas turbine generator at first and presents the operational principle of SFC and its relay protection configuration. Then it analyses the design philosophy of low frequency over current and starting up protection relay. It also lists the different relays using time on various stage of generator running. At last, it focuses on the operational performance and ever-happened typical faults of gas turbine generator, such as PT resonance oscillation, SFC fault, parameter of field system not matching, etc. It puts forward some suitable measures and maintenance experiences, so as to improve the maintenance quality of gas turbine power plant.

Key words: gas turbine generator; static frequency converter; GCB; protection configuration; relay protection of generator

中图分类号: TM774 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)11-0130-03

0 引言

深圳前湾电厂燃气轮机为三菱 M701F 型。发电机本体、励磁系统、发电机变频启动装置等主机设备由三菱电机和东方电机有限公司组成的联合体供货。发电机额定输出为 409.7 MW, 出口电压 20 kV。发变组保护采用许继电气有限公司生产的 WFB800 型微机发变组保护装置, 励磁装置采用 ABB 公司生产的 UNITROL5000 型微机励磁装置。一期三台机组于 2007 年 4 月全部投入商业运行。

1 燃机电厂的特殊性

燃气轮发电机组与常规燃煤电厂相比主要有三方面不同: ① 无法实现自启动, 需要装设专门的启动设备和相应的断路器及隔离开关。前湾电厂装设的启动设备就是静止变频器 (SFC), 即通过 SFC 拖动同步发电机作为同步电动机提供驱动力矩。② 发电机出口装设有断路器 (GCB), 其作用除了能缩小事故范围、简化厂用电设备的切换操作以及减少高压断路器的操作次数外, 还能避免主变压器低压

侧和厂用电变压器高压侧绕组在发电机启停期间的分流问题, 有助于提高静止变频器的利用率。③ 联合循环机组作为调峰机组, 一般“两班制”运行, 启动次数频繁, 而且每次启动时都需要在低频低压工况下运行约 23 min, 因此, 除了常规的发电机保护之外, 有必要针对此特殊运行工况, 装设一些发电机保护和可能对引起误动的保护进行闭锁, 使发电机可靠、安全运行^[1]。

2 保护配置

2.1 静止变频器的保护配置

深圳前湾燃机电厂 SFC 结构如图 1 所示。

前湾燃机电厂 SFC 配置有下列保护:

- 1) 谐波滤波器柜: 熔断器熔断、电容故障、过热、过流、冷却风机故障。
- 2) SFC 变压器: 比率差动保护、压力释放、油位低、温度高故障。
- 3) 整流器柜: 脉冲丢失、触发脉冲放大器故障、缺相、逆变器过流、电容器故障、冷却风机故障。
- 4) 直流电抗器柜: 温度高、冷却风机故障。

5) 逆变器柜: 脉冲丢失、触发脉冲放大器故障、逆变器过流、过电压、低电压、电容器故障、温度高、风机故障。

6) SFC控制盘: 控制电源电压低、高压触发脉冲电源电压低、位置传感器回路过流、控制回路故障、加速时间过长、超速故障。

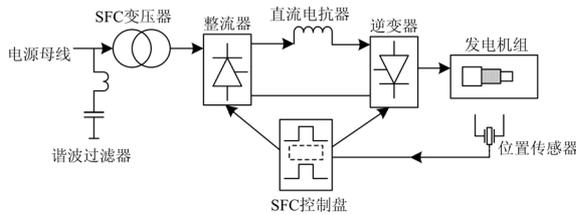


图1 前湾燃机电厂 SFC 结构图
Fig.1 Simplified system diagram of SFC

可见, 三菱的SFC已经配备有完善的保护系统。然而, 这些保护主要针对其自身出现的异常和故障而设置, 对启动期间的发电机故障不能完全实现有效的保护, 因此不能免除专用发电机保护装置的职责, 同时也应注意SFC内部故障对发电机运行的影响。燃气轮发电机组的启停机保护配置方案必须与SFC内部固有的保护配置和控制功能相互协调, 既要尽量简化发电机启动期间的保护配置方案, 也要保证整个保护范围内无“死区”。

2.2 发电机保护配置

SFC投入运行期间发电机需装设的保护如下:

1) 低频过流保护

在燃气轮机变频启动过程中发电机的机端电压只有3.4 kV, 仅为发电机额定电压的17%, 但是其运行频率较低, 对应的交流电抗较小, 因此发电机输送到短路点的低频短路电流仍相当大, 可能会严重烧毁发电机^[2]。由于常规工频保护装置内的小变流器对低频电流传变效果差以及一些工频算法会出现较大误差, 所以发电机的常规保护可能拒动, 无法消除这个发电机输送到短路点的电流, 会严重损坏发电机本身。因此, 在SFC投入运行期间有必要装设低频过流保护。前湾电厂的低频过流保护采用频率跟踪以及适用于低频的特殊算法以保证采样的精度, 其出口快速动作于全停。

2) 起停机保护

为防止SFC直流侧发生接地烧坏发电机中性点接地变压器, 在投入SFC前, 会先拉开发电机中性点接地刀闸, 因此SFC直流侧发生接地故障时不会产生很大的故障电流, 因此也无需安装SFC直流侧接地保护。

因为发电机中性点接地刀闸被断开, 定子接地保护失去作用, 虽然SFC投入运行期间, 机端电压

及频率较低, 但仍可能出现较大的发电机定子单相接地故障电流。起停机保护作为发电机升速尚未并网前的定子接地短路故障的保护。保护采用基波零序电压原理, 其零序电压取自发电机机端PT。该保护经发电机出口断路器辅助触点控制, 在发电机并网前, 保护投入, 并网后保护自动退出。

2.3 变频启动对主变差动保护的影响

主变压器差动保护必须考虑启机、并网和向厂用变压器倒送电三种运行方式对保护性能的影响, 并合理选择保护的动作用行为。SFC投入运行时, 机端电流成为主变差动保护的差电流, 此差电流小于主变差动定值整定时考虑躲开的最大不平衡电流, 所以SFC正常运行时保护不会误动, 而且GCB断开时, 主变仍带厂用电运行, 所以不必退出主变差动保护。

2.4 发电机保护投退情况

发电机保护投退情况详见表1。

表1 发电机保护投退情况一览

Tab.1 Application list of generator relay protection

保护名称	SFC投入运行时	SFC退出运行但发电机没有并网期间	发电机并网后
发电机差动	√	√	√
定子匝间	√	√	√
低压记忆过流	×	√	√
定子过负荷	√	√	√
过激磁	√	√	√
发电机失磁	×	√	√
逆功率	×	√	√
发电机失步	×	√	√
发电机突加电压	√	√	×
发电机频率	×	√	√
100%定子接地	×	√	√
发电机起停机	√	√	×
发电机低频过流	√	×	×
转子接地	√	√	√
GCB失灵启动	×	×	√
定子过电压	√	√	√

注: √表示保护投入, ×表示保护退出。

3 运行情况

3.1 谐振的影响

SFC是一套晶闸管整流逆变系统, 其逆变侧中性点不接地, 该系统提供的三相电源存在大量的谐波, 在发电机升速过程中SFC输出电源的频率逐步升高。在工频条件下, 电磁式电压互感器的感抗远

远大于系统的容抗,但在低频条件下,电磁式电压互感器的感抗 $j\omega L$ 下降,系统容抗 $1/j\omega C$ 上升,为两参数的匹配而引发PT铁磁谐振提供了可能。前湾燃机电厂发电机出口装有三组电磁式电压互感器,其中1PT和2PT一次侧绕组中性点直接接地,3PT一次绕组中性点接在接地变压器隔离开关的发电机侧,为匝间保护专用PT。三台机组在启机过程中,曾先后因为PT谐振引起发电机匝间保护、启停机定子接地保护动作跳闸,3号机的1PT和2PT还因为谐振而烧毁。上述问题在1PT和2PT高压绕组中性点加装消谐电阻后得到解决。消谐电阻除了能限制PT中的电流,还特别能限制断续弧光接地时流过PT的高幅值电流,亦能减小每相PT上的电压(相当于改善PT的伏安特性),起到消耗能量及抑制谐振的作用,可以限制通过PT绕组的电流从而抑制PT的饱和程度。当相对地电压升高,随着电流的增大,电阻分压比相应增大,减小PT的分压比,降低饱和作用^[3]。

3.2 启机过程中 SFC 控制程序出错

2008年,SFC拖动发电机启动过程中,逆变柜#1冷却器电源回路因一相接触不良而导致热偶保护动作,#1冷却器停运,引起SFC系统报“次要故障”,整个SFC运行上应不受到次要故障影响,但SFC的控制程序有漏洞,现场实际和理论程序不相吻合,即在运行中遇到次要故障报警信息后,既不跳机,也不再执行下一指令。所以燃机仍保持高盘转速,无法下降到点火转速进行点火,由运行人员手动停燃机。事后,多次模拟次要故障发生,试验结果相同。目前等待三菱方面确认并更新程序。

3.3 SFC 谐波滤波柜故障

2007年曾发生起机过程中因谐波滤波柜过热而跳机,检查发现温度控制器器身较重,垂直安装,加之谐波滤波装置在运行过程中振动较大,导致温度控制器底座和控制器之间接触不良,控制器失电而发出“谐波滤波器温度高”信号导致启机失败,重新选择安装方法处理后类似情况没再发生。

为防止滤波器过流损坏,谐波滤波柜配有过流保护。SFC启动时频率不断上升,输出谐波频谱比较宽,基本上涵盖了所有频谱分量^[3],所以谐波保护器容易受到谐波干扰而损坏引发误动,目前五次谐波保护器已经更换过两台,正在考虑换型。

3.4 启机过程中 SFC 系统过电压跳闸

投产前调试期间,考虑到励磁系统的伏/赫兹(V/f)限制应与发变组保护相配合,将其整定为105%,在变频启动过程中,因控制精度问题,励磁系统 V/f 限制动作,动作后SFC无法将励磁系统由恒流方式切换到恒压方式,导致SFC逆变器过压保

护动作跳机。因此,根据变频启动的实际需要将励磁系统的 V/f 限制定值改为115%,类似情况没有再发生。

3.5 SFC 选择多次后程序出错

2009年,对SFC的切换开关盘进行了改造,将原来不易隔离的切换刀闸更换为小车开关。改造完后,正常开机过程中,SFC两次出现“整流器开相、过流”重要故障而跳机,先后对开关本体、位置传感器、脉冲回路、CT回路、电源模块、定值等一一检查,均未发现异常。考虑到切换开关盘改造后曾多次进行模拟试验(即分别选择#1SFC拖#1~#3机、#2SFC拖#1~#3机,检查新安装的开关及一、二次回路是否能够和原系统正确配合动作),选择后又没有执行正常的开机流程,可能引起程序出错,于是将SFC控制柜重启,之后类似情况没有再发生。

4 结论

燃机电厂是我国清洁能源、先进技术的代表,其自动化程度提高的同时,也对检修人员的设备维护能力提出了更高的要求。因此,有必要对其构造和工作原理全面了解,确保设备安全可靠运行。本文介绍了燃气轮机特殊的继电保护配置,并对其运行情况及典型故障进行了分析和总结,针对故障提出一些解决方法,以期与同行进行交流与探讨。

参考文献

- [1] 刘斌. 静态变频器在惠州 LNG 电厂的应用[J]. 湖北电力, 2007, 31(2): 54-57.
LIU Bin. Application of static frequency convertor to Huizhou LNG power plant[J]. Hubei Electric Power, 2007, 31(2): 54-57.
- [2] 刘志文, 赵斌. 大容量燃气轮发电机在启动过程中继电保护应采取的措施[J]. 继电器, 2006, 34(20): 16-19.
LIU Zhi-wen, ZHAO Bin. Relay protection measures adopted by large scale gas turbine generator during its start-up[J]. Relay, 2006, 34(20): 16-19.
- [3] 曹亚龙, 张毅超. 发电机出口电压互感器发生铁磁谐振问题的分析[J]. 广东电力, 2008, 21(8): 64-66.
CAO Ya-long, ZHANG Yi-chao. Analysis of ferroresonance problem in voltage transformer of generator outlet[J]. Guangdong Electric Power, 2008, 21(8): 64-66.

收稿日期: 2009-08-03; 修回日期: 2009-10-21

作者简介:

王文志(1977-),男,电气工程师,硕士研究生,从事电气检修工作; E-mail: wangwenzhi@126.com

余芳(1979-),女,电气工程师,硕士研究生,从事电气检修工作。