

9E燃机发电机同期系统技改可行性探索

夏际先

(大唐苏州热电有限责任公司, 江苏 苏州 215214)

摘 要: 同期装置是并网时使用的一种设备, 通过微调调整待并发电机组与系统的电压、频率尽可能达到一致(同步表中显示为偏差夹角不能大于 20°)。如果并网时电压、频率不达到一致, 会发生非同期并列, 会严重损坏发电机或变压器, 对系统造成相当大冲击, 严重时烧毁设备, 因此, 同期系统至关重要。燃气轮机发电机组作为国外引进型机组, 同期系统在设计应用中, 通常采用软件计算的方式进行同期鉴别, 并直接出口合闸主断路器。由于国外制造厂同期系统的设计理念与国内电力系统反事故措施存在差异, 本文将针对 9E 型燃气机组同期配置进行分析, 并提出相关改造方案。

关键词: 燃机发电机; 同期系统; 技术改造; 可行性探索

0 引言

某燃机电厂 $2 \times 200\text{MW}$ 级燃气—蒸汽联合循环机组, 燃气轮机为美国 GE 公司生产的 9E 型; 发电机型号为: QFR-135-2J, 接线型式为单星形; 主变压器型号为: SF-170000/110, 变比 $121 \pm 2.5\% / 13.8\text{kV}$, 连接组别 Yd11。同期并网操作采用燃机控制系统 MarK VI 中软件功能实现, 且没有加装同期鉴定闭锁继电器, 不符合反措要求。按照国家电网生(2007)883_号《国家电网公司发电厂重大反事故措施》第 11.9.1 条“微机自动准同期装置应安装独立的同期鉴定闭锁继电器”, 特制订燃机发电机同期系统技术改造方案。

1 同期系统现状分析

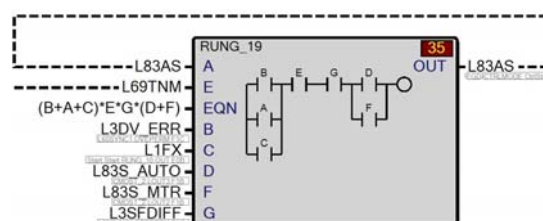
近年来, 在发电机同期控制系统设计中存在取消自动准同期回路中同期检测闭锁的情况; 其理由是: 同期控制装置已微机化并“设计严密”, 由于取消同期检测闭锁“有利于使发电机的并网过程不致因允许频差过小产生频差符号交替变换而延缓并网过程”。

同样, 燃气轮机发电机组作为国外引进型机组, 其先进的工业制造水平和较为完备的集成化、智能型保护控制系统赢得了普遍赞誉。但作为核心技术, 燃气轮机控制系统诸多功能模块的内部计算方式和逻辑组态情况尚未完全向用户开放。由于缺乏深入研究, 这对于国内多数燃机电厂维护人员来说无异

于“暗箱”操作。针对这种情况, 发电厂如何保证重大操作万无一失、如何规避涉网风险? 制定相应的反事故措施势在必行。同期并网操作的安全性是其中一个关键课题。

1.1 9E 型燃气轮机同期系统软件逻辑

根据对该电厂燃气轮机控制系统 MarK VI 逻辑组态情况的分析(见图 1), 同期判别的关键因素为: 发电机-系统频差在 $0.05 \sim 0.4\text{Hz}$ 、压差(二次值)在 $0 \sim 2\text{V}$ 范围内, 开放燃气轮机控制系统同期允许功能。



注: L83AS 为自动同期允许, L3SFDIFF 为频差功能块、L3DV_ERR 为压差功能块。

图 1 燃气轮机同期系统软件逻辑框图

燃机控制系统 MarK VI 软件的同期判别功能本身具有很强的逻辑性, 但这只是基于同步电压、频率等相关的外部条件接入控制系统时精确无误。笔者就曾在燃气轮机发电机并网调试过程中, 遇到一些问题。

问题一: 同步电压接线错误

在将系统电压和机端电压引入控制系统 MarK VI 卡件时, 由于电气安装人员将二者的公共点接错, 相当于同步电压互差 180° , 所幸当时为假同期试验,

电源点是单一的，同期点捕捉不到，故软件逻辑判别失败，未出口合闸断路器。若发生在机组并网操作时，控制系统捕捉到所谓的“同期点”将会是互差 180° 的两个电源点，此时若非同期并列成功，将是发电机与系统之间压差最大(2倍额定电压)的时刻，对机组和电网的冲击是最严重的，后果不堪设想。

问题二：控制系统软件逻辑出错

同样是在该电厂燃气轮机调试过程中，由于当时控制系统调试人员对电气专业知识并不十分熟悉，在逻辑组态中存在失误，致使同步电压在任意相角差下均会误出口。后经多次讨论分析，修正软件程序后恢复正常。

这个问题说明：不能完全排除控制系统硬件或软件会出现故障造成误动作的情况。

1.2 9E型燃机发电机同期系统电气回路

1.2.1 同步电压回路

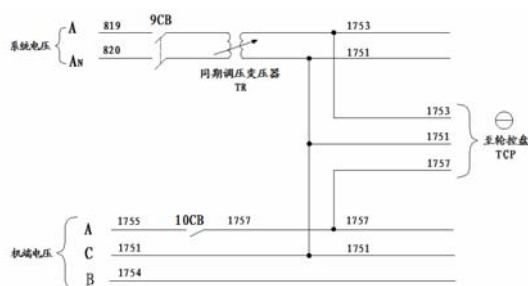


图2 改造前同步电压回路接线图

1.2.2 同步二次电压差 ΔU 的平衡问题

燃机发电机机端电压互感器变比为13.8/0.1kV；燃机主变变比为121/13.8 kV、系统母线电压互感器变比为110/0.1kV。这就意味着机端二次电压100V折算至主变高压侧一次电压为121kV，而系统母线二次电压100V折算母线一次电压为110kV，因此同步电压存在幅值差异，在接入同期系统时应考虑平衡问题。

具体的做法是：在系统侧同步二次电压回路中接入隔离变压器TR，经过隔离后，非极性端可以跟发电机侧同步二次电压的非极性端直接接地作为共地点。一是为了防止公共接地点引起TV短路、绝缘损坏，二是平衡同步二次电压差。隔离变压器型号为：BK-50VA，110V $\pm 2 \times 2.5\%$ /100V，五档抽头。实际接线选用110/100V的变比抽头，从而实现降压同步的功能。

1.2.3 同步电压相角差 δ 的平衡问题

由于主变压器的连接组别为Yd11，高、低压侧

线电压之间的 30° 相角差。为此，系统侧同步电压取自母线TV开口三角形A相100V电压 U_{AN} 、发电机侧二次电压取A、C相的线电压 U_{AC} ，两个二次电压的幅值、相角是一样的。从而实现硬接线转角，平衡二者之间的相角差。

2 同期系统技术改造方案

2.1 同期闭锁的功能作用和重要性

由于控制发电机并网操作的重要性，保证发电机并网操作的安全性是放在首位的。

改造后的燃机发电机同期系统由于具有了同期闭锁功能，可以避免非同期合闸情况的发生。如：在发电机未励磁的情况下误合主断路器；直流操作回路、燃气轮机控制系统或自动准同期装置等出现故障时误合主断路器。

2.2 改造方案

增设同期闭锁功能的方案：将系统侧电压和发电机侧电压分别引入独立安装的同期鉴定闭锁继电器，其输出触点串入主断路器合闸回路，当同步电压相角差大于 20° 时断开合闸回路，防止非同期并列。

当做试验时要合主断路器可以投入试验压板并按下试验按钮将该继电器接点短接，使合闸回路接通。增加这个回路既保证了运行的安全性，也考虑到试验操作的方便性。

注意事项：

a.继电器长期带电引起线圈过热。防范措施一是选用防护式并联电阻器；二是在机组正常并网运行后断开同期电压回路空气开关（9CB、10CB），使同期闭锁继电器退出运行。

b.继电器线圈断线后，影响机组并网。防范措施一是考虑增加继电器线圈断线信号回路，以便直观检查到故障。二是停机时定期检查、并网前测量继电器线圈阻值。

2.3 同期鉴定闭锁继电器的选型

经过可靠性和经济性比较，决定选择许继电气公司的电磁型DT-1/200同期检查继电器（同期电压为100V）。

2.3.1 工作原理

该继电器采用瞬时动作电磁型继电器原理构成，在磁系统两个极上绕有两个线圈，一个磁极上的内层线圈与另一个磁极上的外层线圈串联，构成

电气上互不相连但漏磁相差不大的两组线圈。有一对动断接点和一对动合接点。

继电器反应加在两组线圈上的两个电压的向量差。刻度是以动作角度 δ 表示的， δ 角的调整范围为 20° 到 40° 。只要加在两组线圈的电压大小、相位、和频率相差等能满足整定的动作角度 δ 角的调整范围，继电器的动断接点打开，动合接点闭合，表明DT-1/200型继电器两线圈所加的电压同期，从而达到同步检查的目的。

2.3.2 技术数据

a.额定电流：每组绕组均为0.1A。

b.整定刻度：在额定电流下，继电器动作相角差的整定刻度为 20° 、 25° 、 30° 、 35° 、 40° 。

c.返回系数：按角度计算不小于0.8。

d.功率消耗：每个绕组不大于3VA。

e.绝缘强度：导电部分对于外壳的绝缘耐受2kV，50Hz交流电压历时1min试验。

f.断开容量：在交流电路中触点的断开容量为250VA。

g.附件变阻器采用BC1-150H-1800 Ω 旋臂式滑线变阻器(防护式)。

2.4 改造后的同步电压回路

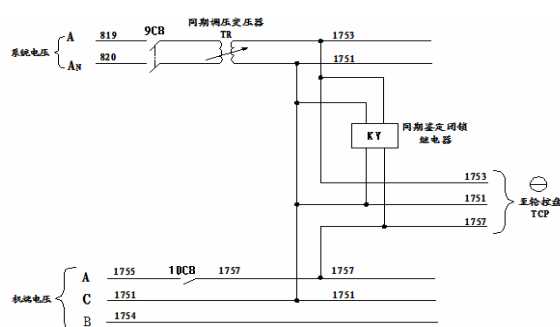
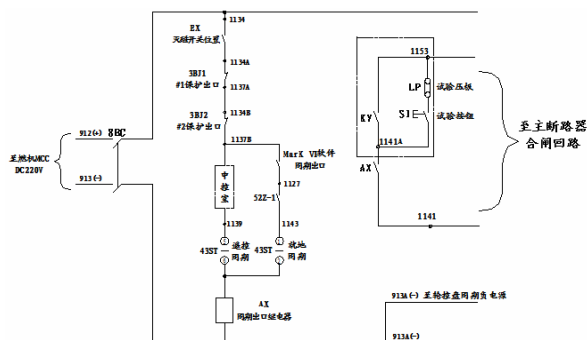


图3 改造后同步电压回路接线图

2.5 改造后的同期合闸回路



注：虚框内为新增元件及接线，其中KY为同期鉴定闭锁继电器，LP为试验压板，S1为试验按钮。

图4 改造后同期合闸回路

2.6 定值整定

考虑到今后改进的部分，可以中控室电子间新增一台微机型同期装置，用常规DCS同期操作。定值整定可以参考以下定值单(见表1)。

表1 定值整定参数

序号	定值名称	整定值
1	被并两侧允许电压差 ΔU_{set}	$\pm 0.05 U_N$
2	被并两侧允许频率差 Δf_{set}	0.15Hz
3	同步点合闸前时间 $t_{ah.set}$	80ms
4	恒定导前角 $\delta_{ah.set}$	20°
5	同步闭锁角 $\delta_{atr.set}$	20°
6	自动调频的脉冲时间 $\Delta T_{f.set}$	0.1~0.2s
7	自动调压的脉冲时间 $\Delta T_{u.set}$	0.1~0.2s

3 结束语

对于发电机并网操作，安全是始终要放在首位考虑的，其快速性应放在次要位置。不允许由于任何原因引起同期系统误出口而又经过同期鉴定闭锁而引发发电机非同期并网事故。燃气轮机发电机组作为国外引进型机组，虽然其控制系统较为先进，但再先进的装置或软件都不能保证“万无一失”，故在发电机同期系统中增设独立的同期鉴定闭锁功能是十分必要的。

参考文献：

- [1] Turbine Products MKVIe - Standard 7191 Macro Libraries. GE燃气轮机控制系统组态。
- [2] 国家电网公司. 国家电网生〔2007〕883号《国家电网公司发电厂重大反事故措施》[Z].
- [3] 高春如. 大型发电机组继电保护整定计算与运行技术（第二版）[M]. 北京：中国电力出版社，2010.
- [4] 康健. 关于同期闭锁功能必要性的探索 [J]. 湖北电力, 2008(03).

作者简介：

夏际先（1978-），男，工程师、技师，现就职于大唐苏州热电有限责任公司，主要从事燃气轮机发电设备管理工作，E-mail: xjx6625@163.com。