

海洋平台并网机组的控制模式优化

张庆丰（中海油（中国）有限公司天津分公司，天津 300459）

摘要：电网的稳定性对于电力系统而言，十分重要。而并网发电频率是否稳定，则是体现电网稳定性的重要指标之一。本文通过对并网发电机组调频控制理论进行介绍，对XX电网并网机组的控制模式优化方法进行分析，为该类电力系统的频率稳定问题提出新的解决思路。

关键词：调频模式；运行方式；可靠性；节能降耗；自动切换

0 引言

众所周知，电网频率是电能质量三大指标之一，电网的频率反映了发电有功功率和负荷之间的平衡关系，是电力系统运行的重要控制参数，与广大用户的电力设备以及发供电设备本身的安全和效率有着密切的关系。

1 发电机调频

频率的稳定性对电网的影响：电力系统的频率稳定问题是指，当系统频率下降时，发电设备的效率会降低、或产生功能异常；为了保护发电设备不受损害，当系统频率下降到一定程度时需要将发电机组解列，这样会造成发电功率下降，使频率进一步下降，如此恶性循环，最终造成系统频率崩溃。

2 一次调频

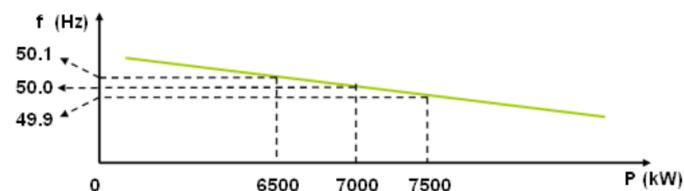
一次调频是由发电机的调速器的有差特性进行实时调节，其目的是完成负荷实时跟踪，将频率变动控制在允许的范围之内的方法。一次调频是控制系统频率的一种重要方式，但由于它的作用衰减性和调整的有差性，不能单独依靠一次调节来控制系统频率。

3 二次调频

当一次调频无法调节电网的频率波动，电网频率就会进入二次调频的频率范围，由机组调频器实时调节，目的是消除功率不平衡，使频率恢复到50Hz。电力系统中，系统二次调频的方法，笼统可分为有差调节和无差调节两大类。

3.1 有差调节

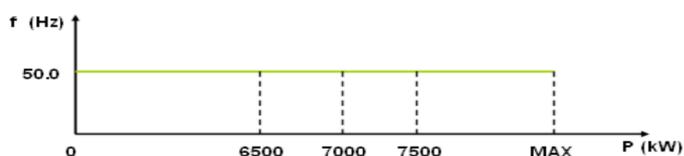
当发电机组负荷变动时，在机组达到新的平衡状态后被调量（转速）会发生相应的变化，调节系统不能完全消除调节参数与设定值的偏差，这种调节方式称为有差调节。



有差调节 P-f 关系示意图

3.2 无差调节

调差系数为零（ $\delta=0$ ）的调节称为无差。无差调节是以发电机的转速为调节目标，因此又称恒转速调节。



无差调节 P-f 关系示意图

以B型号燃气发电机组举例，当机组单机运行时，机组在无差调节模式下，机组负荷发生变化时，PLC自动调节燃调阀开度使燃机转速维持在100%NGP，发电机频率为50Hz，同时运行人员可以通过转速调节按钮来实现机组转速（发电机频率）调节；当机组在有差调节模式下，机组负荷发生变化时，PLC允许燃机转速维持在 $100 \pm 1.75\%$ NGP，发电机频率维持在 50 ± 0.875 Hz之间，而不去调节燃调阀的开度。

3.3 调差系数

空负荷（ $P=0$ ）的转速 n_a 与额定负荷（ $P=P_0$ ）转速 n_b 之差，与额定转速 n_0 之比称为调差系数 δ （或称不均匀度、速度变动率）。

$$\delta = \frac{n_a - n_b}{n_0} \times 100\%$$

相同类型、相同容量的机组的调差系数 δ 宜一致。调差率 δ 的实际涵义是，如A型号发电机组 $\delta=3.5\%$ ，则系统频率变化3.5%，将引起燃料调节阀位置变化100%。而B型号发电机组 $\delta=4\%$ ，那么对比起来，在该X电网中，两种机组的调整速度并不一致，B型号机组调整速度要快于A型号机组。

3.4 二次调频与其他频率调节方式的关系

由于响应时间的不同，二次调频不能代替一次调频的作用；而二次调频的作用开始发挥的时间，与一次调频的作用开始逐步失去的时间基本相当，因此，两者在时间上配合好，对系统发生较大扰动时快速恢复系统频

率相当重要。

4 海洋平台 XX 电网燃气透平自动调频控制模式选择

4.1 电网机组状况

机组名称	A 型号机组 (1 站)	B 型号机组 (2 站)	B 型号机组 (3 站)
装机容量	3×25MW	3×5.5MW	4×5.5MW

4.2 海洋平台 XX 电网对机组模式切换的原因及必要性

当机组并网运行时, 机组在无差调节模式下, 电网系统负荷发生变化时, 理论上, 系统负荷的增加(减少)量只由系统采用无差调节模式的机组承担, 机组通过 PLC 自动调节燃调阀开度使燃机转速维持在 100%NGP, 系统频率为 50Hz, 只有当无差调节机组没有及时接载(甩出)系统变化的负荷, 导致系统频率发生一定变化时, 采用有差调节的机组才会去接载(甩出)负荷。

在 XX 电网内, EMS 系统对于电网机组的调整是属于二次调整。由于 A 型号机组与 B 型号机组的容量差值过大, A 型号机组的一次扰动就有可能导致 B 型号机组过载或逆功率; 很容易在有扰动时, 会被两类机组之间的差异造成扰动扩大, 进而引发溃网。为了解决 1 站平台 A 型号透平发电机较大负荷突增或者突卸时, 在 DROOP 模式下, 受 EMS 二次调节过慢从而无法正常稳定带载的问题

5 EMS 切换 A 型号发电机运行模式逻辑介绍

A 型号机组进行 DROOP 模式切换 ISOCH 模式的触发判断条件(以下条件为依次串联逻辑, 缺一不可)

① A 型号发电机带载值必须大于有功带载最低限 2000kW, 防止正常退机时误动作;

②正常在网且无通讯故障且无任何异常减载信号的 A 型号发电机 5 秒中内检测到有功功率突变 4000kW 以上;

③检测到电网频率在正常范围以外, 即大于 50.1Hz 或者小于 49.9Hz;

④三选一切换, 即 1 次只能切换 1 台发电机的运行模式, EMS 自动选择切换模式的机组。电网频率大于或等于 50Hz, 则切换在线 A 型号发电机中有功出力最大的一台; 电网频率小于 50Hz, 则切换在线 A 型号发电机中有功出力最小的一台;

⑤触发判断条件后, EMS 向对应的 A 型号机组(需处于 DROOP 模式)发出切换模式指令。

6 A 型号机组模式切回触发条件(以下条件为并联逻辑, 触发一条即切回)

① EMS 检测模式切换成功后, 且频率在稳定范围内(49.9-50.1Hz), 稳定保持 30 秒后, 向 A 型号机组发出模式切回指令, 并复位全部检测条件, 进行下一次检测。

此时间可在上位机画面中修改。

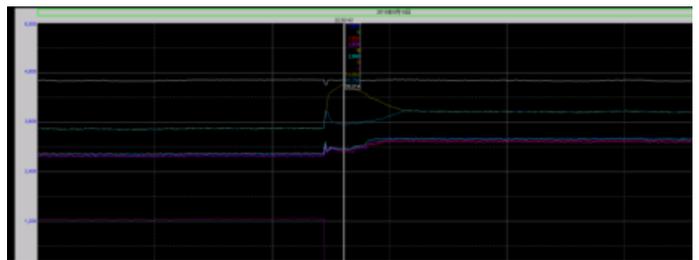
② EMS 检测模式切换成功后, 实时检测在网在线的 A 型号发电机有功出力, 如果发现任意一台 A 型号发电机有功出力大于 22000kW 或小于 2000kW, 则发出切回 DROOP 指令, 并复位全部检测条件, 进行下一次检测。

③ EMS 检测模式切换成功后, 实时检测在网在线的 B 型号发电机有功出力, 如果发现任意一台 B 型号发电机有功出力大于 5500kW 或小于 500kW, 则发出切回 DROOP 指令, 并复位全部检测条件, 进行下一次检测。

④ EMS 检测模式切换成功后, 如检测到机组模式变为了 DROOP(人为切回), 则同样发出切回 DROOP 指令, 并复位全部检测条件, 进行下一次检测。

7 EMS 切换 A 型号发电机运行模式测试

测试结果: 针对 A 型号机组三台进行了定向模式切换的测试, 各发电机运行工况为另外两台 A 型号机组带载 12000kW 左右, 均带载 TRIP 一台带载 4000kW 左右的发电机发电机。EMS 检测稳定的时间修改分别改为 10 秒、20 秒、30 秒、60 秒不等。每台机组都连续测试了 4 次, 发现各机组均能相对平稳的进行切换, 各发电机运行趋势如下图(只举例 A 型号 2 号机组截图):



8 月 15 日 22:02:42,

B 机切 DROOP 后发电机有功出力截图

8 结束语

关于海油平台组建的小电网机组的运行方式, 本人根据有差调节/无差调节的原理及 B 型号和 A 型号燃气透平组的控制原理, 提出了 XX 电网透平自动调频控制模式自动切投方案。此方案经过相关专家论证后得到了实施, 经过现场施工联合调试, 测试效果良好。本方案为解决类似的区域小电网大小机组搭配或不同厂家之间的机组频率调控问题提供了新的解决思路。

参考文献:

- [1] 郭进斋, 张立. 电网调度策略优化 [J]. 中国电力企业管理, 2010(2):69.
- [2] 后跃兴. 电网调度自动化系统技术的应用及发展趋势 [J]. 中国新技术新产品, 2010(5)160-161.
- [3] 田廓. 建设坚强智能电网的技术经济关键问题框架研究 [J]. 山西电力, 2010, 38(1):37-40.
- [4] 辜承林, 陈乔夫, 熊永前. 电机学 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2001.