

自动发电控制算法的几点改进

高 宗 和

(国家电力公司电力自动化研究院, 南京 210003)

摘要:常规的电力系统自动发电控制(AGC)软件不能完全满足实际应用的要求。文中在大量实际工程应用的基础上,提出了对常规 AGC 算法的几点改进,包括 AGC 控制周期、AGC 控制策略、AGC 数据库模型、AGC 机组控制模式、区域控制偏差(ACE)平滑处理等方面。这些改进在多个网、省调 EMS 的实际应用中被证明是切实可行和有效的。

关键词:电力系统;自动发电控制;控制模式

中图分类号: TM 761

0 引言

随着电网自动化水平不断提高,常规的自动发电控制(AGC)^[1,2]不能完全适应电网实际运行的需要。近几年来,南京南瑞集团公司根据国内电网的特点,结合工程应用的实际要求,对常规 AGC 软件做了若干重要的改进,形成了新一代 AGC 软件包。该软件包相继投入西北、广东、重庆、云南、广西等网、省调运行,并在实际运行中得到进一步完善。

1 AGC 控制周期

增加 AGC 执行周期和机组控制周期,与 AGC 控制周期一起协调完成 AGC 控制过程,其目的是在保证 AGC 调节品质的前提下尽量减少下发控制命令的次数。

AGC 的执行周期一般为 1 s~8 s,由调度员设定。在每个执行周期内,AGC 更新实时数据、计算 ACE、执行性能监视等。AGC 的执行周期最小可设置为 1 s。AGC 控制周期也由调度员设定,应为执行周期的整数倍,一般为 4 s~16 s。在每个 AGC 控制周期,除完成执行周期的各任务外,还要计算 AGC 控制下的各机组的基点功率,并根据系统当前区域控制偏差(ACE)大小给机组分配调节量,从而得到机组的目标出力,但是否下发控制命令还取决于机组控制周期。

机组控制周期是可变的,它由 AGC 控制周期和机组的实发控制命令共同决定。在每个 AGC 控制周期都计算机组的目标出力,如果机组已响应上次的控制命令,则将本次的控制命令立即下发,但对应的调节增量受给定的每次最大调节量的限制;如果机组未响应上次的控制命令,本次控制命令暂不下发。机组每次下发的最大调节量为人工设定值,一

般对于功率设定值控制方式的机组,可取较大的值,以免给机组频繁下发控制命令。因为在设定值控制方式下,当 ACE 已过零而机组仍未响应上次下发的控制命令时,为避免产生过调,AGC 可以下发一个更正命令,该命令即为机组的当前实际出力。对于脉冲升降控制方式,由于下发的是增量调节命令,一旦下发后无法更改,应取较小的值。

机组是否已响应上次的控制命令有 2 个判据:
①根据上次的控制命令所对应的调节增量和给定的机组响应速率计算的响应该控制命令的时间已过;
②该时间未到,但机组实际出力已达到控制目标。

2 AGC 控制策略

一般来说,机组 i 的调节功率 P_{Ri} 及其目标出力 P_{Di} 分别为:

$$P_{Ri} = \frac{\alpha_i P_1}{\sum \alpha_j} + \frac{\beta_i P_P}{\sum \beta_j} \quad (1)$$

$$P_{Di} = P_{Bi} + P_{Ri} \quad (2)$$

其中 α_i 为经济分配系数; β_i 为比例分配系数; P_P 和 P_1 分别为 ACE 比例分量和积分分量; P_{Bi} 为基本功率。

在不同的 AGC 控制区域应采用不同的 AGC 控制策略:

a. 死区。调节功率中不存在 ACE 比例分量 P_P ,但由于基本功率 P_{Bi} 和 ACE 积分分量 P_1 的作用,仍有可能下发控制命令。

b. 正常调节区。不考虑 ACE 的方向,直接将目标出力 P_{Di} 作为控制命令下发到电厂。

c. 次紧急调节区。类似于正常调节区,但如果机组的目标出力 P_{Di} 不利于系统 ACE 向减小的方向变化,控制命令暂不下发。

d. 紧急调节区。此时系统情况非常紧急,减小 ACE 是 AGC 面临的最迫切的任务。取基本功率 P_{Bi}

为当前实际出力 P_{Gi} ; 取比例分配系数 β_i 为机组的实际响应速度 γ_i , 则:

$$P_{Ri} = \frac{\alpha_i P_I}{\sum \alpha_j} + \frac{\gamma_i P_P}{\sum \gamma_j} \quad (3)$$

$$P_{Di} = P_{Gi} + P_{Ri} \quad (4)$$

3 AGC 数据库模型

AGC 数据库主要由 2 类记录组成, 分别描述发电模型(如图 1 所示)和交换模型(如图 2 所示)。

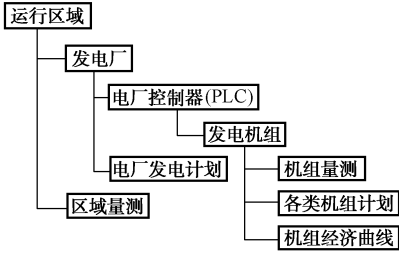


图 1 AGC 数据库的发电模型

Fig. 1 Generation data structure in AGC database

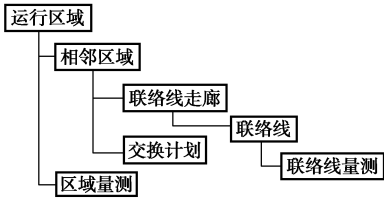


图 2 AGC 数据库的交换模型

Fig. 2 Interchange power data structure in AGC database

值得强调的是, AGC 的控制对象是 PLC 而非机组, 也就是说 AGC 计算和下发控制命令给 PLC。PLC 的下层记录才是机组, 因此在建立 AGC 数据库时, 可根据实际需要在 1 个 PLC 下插入 1 个或多个机组记录, 从而实现对单机、多机及全厂的 AGC 控制。AGC 在每个执行周期将各机组参数聚集得到 PLC 参数, 从这个意义上说, PLC 是这些机组的一个等值机。例如 PLC 的发电出力是各机组之和; 只要有一台机组 AGC 远方可控, PLC 就可投入 AGC; 所有机组都停运, PLC 就停运; PLC 的调节上(下)限等于可控机组的调节上(下)限与不可控机组的实际出力之和等。

4 AGC 机组控制模式

在常规 AGC 机组控制模式的基础上, 增加了 WAIT 模式、PROP 模式和 LDFC 模式。

4.1 WAIT 模式

当 PLC 不在遥调状态下时, 可设置 WAIT 控制模式。AGC 不断向处于 WAIT 模式下的 PLC 发设点控制命令, 且控制命令始终是 PLC 的当前出

力, 当实际出力发生一定变化(如 5%)时, 重新下发一次命令, 其目的是进行设点跟踪。由于在上一次 PLC 投入 AGC 时, 最后下发的一个 AGC 控制命令仍保留在 RTU 中, 如果不更新这一信号, 在下次投 AGC 时将对机组造成冲击。而当 PLC 转为遥调状态时, 自动由 WAIT 控制模式转换成预先指定的缺省的自动控制模式。从这两层意义上讲, WAIT 控制模式实际上是投入 AGC 之前的一种准备模式, 一旦投入这种模式, 调度员只需“等待”。一般来说, 处于自动控制模式下的 PLC, 当远方遥信信号表示退出 AGC 控制时, PLC 模式自动转换为 MANU, 而在 MANU 模式下的 PLC 如需再投入 AGC, 需要人工设置。由于遥信信号不稳定, 常会造成机组频繁退出 AGC。为了解决这一问题, 可设置当遥信信号表示 PLC 退出 AGC 控制时自动转 WAIT 模式, 这样当信号恢复正常时就可自动重新投入 AGC, 避免了调度员的频繁操作, 而当 PLC 真正退出 AGC 时可将 WAIT 模式置为 MANU 模式。

4.2 PROP 模式

PROP 模式下机组的基本功率按相同可调容量比例分配, 类似于经济调度模式, 只是发电需求不是按等微增率分配, 而是按等可调容量比例分配。

机组 i 的可调容量比例 P_{Pi} 定义为:

$$P_{Pi} = \frac{P_{\max i} - P_{Bi}}{P_{\max i} - P_{\min i}} \times 100\% \quad (5)$$

其中 $P_{\max i}$ 为机组 i 调节容量上限; $P_{\min i}$ 为机组 i 调节容量下限; P_{Bi} 为机组 i 的基本功率。

处于这种模式下的所有机组具有相同的 P_{Pi} , 且各机组的基本功率之和等于当前实际出力之和, 因而可以求解各机组的基本功率 P_{Bi} 。设置这种模式是为了使各机组间同步增减负荷, 以避免速度快的机组很快到达调节上、下限而失去调节能力。

4.3 LDFC 模式

AGC 根据超短期负荷预报的结果, 自动调整 LDFC 模式下的机组发电计划^[3], 并下发到电厂, 机组在电厂的控制下执行修改后的发电计划。非 AGC 机组也可以设置为 LDFC 模式, 从而根据系统负荷变化趋势提前增减负荷, 减轻 AGC 机组的调节负担, 达到合理使用 AGC 资源的目的。

超短期负荷预报预测的是下一时刻(如 15 min)的系统负荷, 从而计算出下一时刻系统用电负荷的变化量 ΔP_L 。由于联络线交换功率将按预定的计划运行, 因此要考虑下一时刻的联络线计划交换功率的变化量 ΔP_T 。根据 ΔP_L 和 ΔP_T , 可以得到系统中需要调整的总的发电出力的变化量 ΔP_G 。另外, 系统中的一部分机组(设总数为 m) 可能是按日计划或调度员给定值运行, 从 ΔP_G 中扣除这类机组预期的出力变化量 $\sum_{j=1}^m \Delta P_{gj}$, 即为 LDFC 模式的机组需要承

担的出力增量,此功率可按机组响应速率来分配。

设有 n 台机组被指定为 LDFC 模式,它们应承担的出力增量为:

$$\sum_{j=1}^n \Delta P_{gj} = \Delta P_L + \Delta P_T - \sum_{j=1}^m \Delta P_{gj} \quad (6)$$

设机组 i 处于 LDFC 模式,其响应速率(可以区分上升和下降方向)为 γ_i ,则机组 i 的出力增量应为:

$$\Delta P_{gi} = \frac{\gamma_i}{\sum_{j=1}^n \gamma_j} \sum_{j=1}^n \Delta P_{gj} \quad (7)$$

设机组 i 的当前出力为 P_{gi} ,则下一时刻的计划值可以表示为:

$$P_{ski} = P_{gi} + \Delta P_{gi} \quad (8)$$

在上述过程中,应根据机组的响应速率计算到下一时刻机组出力的最大可调节量,作为 ΔP_{gi} 的上限;应将机组的调节上、下限作为 P_{ski} 的上、下限。由这两个因素引起的未分配功率再根据同样的过程分配到其他 LDFC 模式的机组,最终仍未能分配的发电功率即为下一时刻预计的不匹配功率,这个信息非常有用,可以帮助调度员提前采取相应的措施。

5 ACE 动态死区

任何数值滤波方法只能减少 ACE 高频噪声的影响,而不能将其消除。因此,引入动态死区过滤器。动态死区的变化规律如下:当 ACE 处于静态死区时,动态死区立即停留在紧急调节区限值上;当 ACE 离开静态死区时,动态死区逐渐衰减到静态死区限值,类似于一个一阶滞后环节;动态死区到达静态死区后一直保持在静态死区,直到 ACE 回到静态死区。

用公式描述如下:

$$P_{ddb} = P_{db} + \frac{\Delta t}{T} (P_{em} - P_{db}) \quad (9)$$

其中 P_{ddb} 为 ACE 动态死区; P_{db} 为 ACE 静态死区; P_{em} 为 ACE 紧急调节区域限值; T 是一个给定值,表示当 ACE 突然增加时,动态死区从 P_{em} 降到 P_{db} 的时间,从这个意义上说, T 起着时间常数的作用; T 越小,动态死区到达 P_{db} 越快。

Δt 取值遵循下面的原则:当 ACE 小于 P_{db} 时, $\Delta t = T$; 否则每到一个 AGC 执行周期 T_{agc} , 令 $\Delta t = \Delta t - T_{agc}$, 当 Δt 为负时限制在 0。

图 3 说明了动态死区过滤器的输入、输出关系。ACE 在 0 附近的频繁波动代表着 ACE 的典型变化,但过滤器的输出维持在 0。这一处理方法更有效地消除了部分 ACE 高频噪声的影响,减少不必要的控制命令的下发。

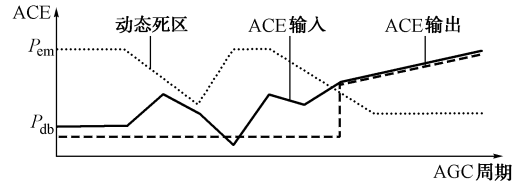


图 3 ACE 动态死区
Fig. 3 Dynamic deadband of ACE

6 结语

本文提出了对常规 AGC 算法的几点改进,这些改进有利于改善 AGC 控制性能,方便调度员使用,其有效性已得到大量工程实际应用的验证。

参考文献

- 1 高宗和(Gao Zonghe). SD-6000 能量管理系统中的实时发电控制(Real Time Generation Control in SD-6000 EMS). 见:中国电机工程学会年会(In: Conference of the CSEE). 苏州(Suzhou): 1997
- 2 周京阳,于尔铿(Zhou Jingyang, Yu Erkeng). 能量管理系统(EMS): 第五讲 自动发电控制(Energy Management System(EMS): Part Five Automatic Generation Control). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),1997,21(5)
- 3 高宗和,丁 恰,温柏坚,等(Gao Zonghe, Ding Qia, Wen Bojian, et al). 利用超短期负荷预报实现 AGC 的超前控制(AGC-in-advance Based on Super-short-term Load Forecasting). 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),2000,24(11)

高宗和,男,高级工程师,主要从事电力系统分析与控制的研究、开发与工程化工作。

SOME ALGORITHMIC IMPROVEMENTS ON AGC SOFTWARE

Gao Zonghe (Nanjing Automation Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: Traditional Automatic Generation Control (AGC) is not completely able to meet engineering requirements for practical applications. Based on the engineering experiences, some algorithmic considerations in AGC software are proposed in this paper, such as AGC control cycle, AGC control strategies, AGC model building, unit control mode, smooth filtering of Area Control Error (ACE), etc. These improvements have been implemented in the EMS of several large power systems. It has been shown that they are practical and valid.

Keywords: power systems; automation generation control (AGC); control mode