

基于 CPS 统计特性的自适应自动发电控制策略

刘 奇¹, 刘 斌², 余 涛³

(1. 广东电网公司 电力调度通信中心, 广东 广州 510600;

2. 广东电网公司 中山供电局, 广东 中山 528400;

3. 华南理工大学 电力学院, 广东 广州 510640)

摘要: 提出了基于 CPS 统计特性的自适应自动发电控制(AGC)策略, 对自适应控制系统结构和 CPS/DCS 控制器的设计均进行了阐述, 重点阐述了可随电网结构、运行方式和实际需要变化的自适应 CPS 控制参数调节规律。该自适应 AGC 策略的设计完全面向 NARI 所提出的控制性能标准(CPS)控制规律, 解决了 NARI 控制规律中参数自动整定问题, 并可快速、简便地在电网公司现有的 AGC 系统上升级实现。借鉴引用了以经济性和指标性为主的优化控制方法。研究表明, 该自适应 AGC 策略可在保证 CPS 考核合格率的同时有效减轻发电厂的调节压力。

关键词: 控制性能标准; 自动发电控制; 自适应控制; 统计特性; 控制策略

中图分类号: TM 76

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2010)12-0074-05

北美电力可靠性委员会(NERC)在 1996 年推出了控制性能标准 CPS(Control Performance Standard)^[1], 这种标准基于控制区域对整个电网频率的贡献进行评价, 以整个电网的电能质量和安全稳定运行成为控制目标, 从而使大多数区域的利益得到保证。

现有 CPS 标准下的自动发电控制(AGC)策略大多数为基于传统方式、增益固定的 PI 负反馈控制结构。许多情况下, 典型的设计固定反馈控制器的方法往往会导致不太理想的控制特性, 被控系统模型的不确定程度同时也限制了理想控制设计的应用。因此有必要寻找 AGC 自适应控制参数调节规律, 优化 CPS 控制策略, 使其对系统工况的变化具有良好的适应性, 提高 CPS 调节控制水平。

1 CPS 控制策略简述^[2-8]

CPS1 要求对于某区域电网在某一段时间(如 10 min)内满足^[1]:

$$\frac{\sum (P_{ave-min} \Delta f_{ave})}{10 B_i n} \leq \varepsilon_1^2 \quad (1)$$

其中, $P_{ave-min} = \Delta P + B \Delta f$; $P_{ave-min}$ 为 1 min 内区域控制偏差(ACE)的平均值; Δf_{ave} 为 1 min 频率偏差的平均值; B_i 为控制区域的频率偏差系数; ε_1 为互联电网对全年 1 min 频率平均偏差的均方根的控制目标值; n 为该时段内的分钟数。

则这一段时段 CPS1 的指标的统计公式为

$$K_{CPS1} = \left(2 - \frac{\sum (P_{ave-min} \Delta f_{ave})}{10 B_i \varepsilon_1^2} \right) \times 100 \% \quad (2)$$

K_{CPS1} 的物理意义: 当 $P_{ave-min} \Delta f_{ave} \leq 0$ 时, $K_{CPS1} > 200 \%$, 表示该控制区在这 1 min 是低频多送(或少用), 或高频少送(或多用), 显然对电网频率是有利的, 基于 CPS 的 AGC 控制一般不动作; 当 $P_{ave-min} \Delta f_{ave} > 0$ 时, 则恰好相反, 此时需要启动 AGC 进行调节, 所有能够进行功率调节的 AGC 机组均进入调节模式, 迅速向 ACE 绝对值减少的方向调节。

因此 K_{CPS1} 统计值的大小直接反映电网频率与联络线交换功率执行的优劣情况。

此目标函数为: 通过 AGC 机组的优化调节, 使互联电网联络线功率偏差量和由控制区反映到频率变化的功率缺额变化最小, 从而得出 CPS 值最优。

2 基于 CPS/DCS 的自适应 AGC 结构

通过深入研究, 广泛比较国内外已有 CPS 控制规律, 充分考虑 CPS 指标的统计特性, 广东电网采用以下基于 CPS/DCS 的自适应 AGC 控制结构^[9], 如图 1 所示。

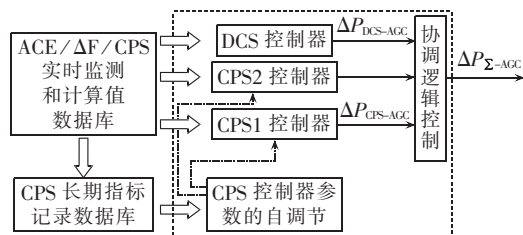


图 1 CPS DCS 的自适应 AGC 结构

Fig.1 Adaptive AGC structure of CPS/DCS

图 1 所示的基于 CPS/DCS 的 AGC 控制器主要由以下 7 部分构成。

a. CPS1 控制器: 用于对电网 CPS1 指标的实时

控制。

b. CPS2 控制器:用于对电网 ACE 和 CPS2 的实时控制。

c. DCS 控制器:用于在电网发生大扰动时的紧急恢复控制。

d. 协调逻辑控制:根据电网当前的状态来协调 CPS1、CPS2 和 DCS 各个控制器的输出。一般的协调逻辑是在 DCS、CPS2 和 CPS1 中引入 ACE 控制区域和优先权来划分,其权限是 DCS>CPS2>CPS1。

e. CPS 控制器参数的自调节:通过分析 CPS 的历史完成记录,每月或每年对 CPS 的动作死区和控制增益进行适当“放松”调整(如动作死区变大,控制增益调小)或“收紧”调整(如动作死区变小,控制增益调大)。

f. ACE/ Δf /CPS 实时监测和计算值数据库:主要用来实时采集电网当前的 ACE、 Δf 和 CPS1 瞬时值,其数据为 CPS/DCS 各个子控制器提供电网的状态反馈量。

g. CPS 长期指标记录数据库:主要用来记录和统计每日、每月和每年的 CPS 完成率,为“放松或收紧系统”提供基础数据。

由图 1 可知,所提出的新型 AGC 结构,其核心应该是 CPS1 和 CPS2 控制器、DCS 控制器和 CPS 控制器参数自调节器等 3 个部分,以下将分别进行阐述。

2.1 CPS 控制器的设计

目前广东电网已经采用了 NARI 的基于 CPS 的 AGC 控制器,即已经包含了图 1 所提出的完整控制结构中的主要部分:CPS1/CPS2 控制器和相关的数据库^[10-11]。仿真研究显示,NARI 所提出的控制规律能有效地提高 CPS1 和 CPS2 指标,是一个设计良好的 CPS 控制器。因此,从工程实用和控制理论的角度认为,可以在 NARI 所提供的 AGC 策略上进行发展,逐步形成图 1 显示的自适应控制系统。

为了统一数学符号,定义 CPS 控制器的输出为 $\Delta P_{\text{CPS-AGC}}$ 。

2.2 DCS 控制器的设计

DCS 控制器是为了适应大故障扰动的 AGC 子控制器。继续沿用基于小扰动而设计的 PID 控制规律会在控制对象工作点大范围变化时,控制品质出现恶化的趋势^[12-15]。在研究 NARI 所提出的 CPS 控制器时,发现有这样一个事实:即当扰动变大时,如果依靠原来的 CPS 控制器是无法满足 DCS 指标的。因此,一般而言,国内外都会重新设计 DCS 控制器。

由于 DCS 控制器要求的是电网在大扰动后 15 min 后 ACE 能恢复到零或扰动前的水平。大扰动标准是本控制区域内该扰动产生的 ACE 大于或等于 80% 最严重单一故障所产生的 ACE 值,多重故障发生在时间间隔在 1 min 内的被视为单一故障。因

此,首先定义一个新的与 DCS 指标有关的 ACE 阈值: $P_{\text{ACE-DCS}}$ 。这个阈值一般是根据电网的演变而逐步调整。为了便于研究,暂考虑该值与 ACE 紧急区域阈值相等。

从工程实用性和对 NARI 控制系统的继承角度考虑,提出依然利用经典的 PID 控制规律进行 DCS 控制器设计。

为了提高 AGC 系统对大扰动的暂态前期响应能力和后期恢复能力,提出采用以下控制规律作为 DCS 控制器,其控制输出 $\Delta P_{\text{CPS-AGC}}$ 可以用下式求取:

```

If
|DACE| ≥ Dmin & |PACE| ≥ PACE-Emergency
Then
ΔPDCS-AGC = -(GP-DCSPACE + GD-DCSDACE + GI-DCSIACE)
And ΔPCPS-AGC Blocked
If PAVE-min ≤ PACE-Predisturbance
Then ΔPDCS-AGC = 0
And ΔPDCS-AGC Activated

```

其中, P_{ACE} 为 ACE 的实测值, D_{ACE} 为 ACE 的微分值(在数字控制算法中为差分), I_{ACE} 为 ACE 积分值(无饱和作用且积分值在 15 min 考核期内不清零), D_{min} 为最小动作微分值, $P_{\text{ACE-Emergency}}$ 为 ACE 紧急控制区阈值。

由于 DCS 控制器实际上是大扰动下的 AGC 恢复控制器,因此,在大扰动发生后 ACE 的变化率 D_{ACE} 和绝对变化值 P_{ACE} 都会大幅变化,由此可以定义其阈值作为 DCS 控制器的启动标志,同时 CPS 控制器出口闭锁;当 ACE 恢复到了故障前的水平,则认为 DCS 控制达到考核要求,DCS 控制器控制权转交给 CPS 控制器。

需要说明的是,选择 ACE 平均值而不选 ACE 实时值作为 DCS 控制达标的判别,是为了避免 ACE 实时值在阈值附近波动,导致 CPS 和 DCS 控制频繁切换而引起的“震颤”现象,选择平均值则可以保证 CPS 和 DCS 控制之间的平稳切换。

DCS 控制器中主要的控制参数为比例增益 $G_{\text{P-DCS}}$ 、微分增益 $G_{\text{D-DCS}}$ 和积分增益 $G_{\text{I-DCS}}$ 。经过仿真研究,可以得到以下参数整定原则。

a. 比例增益系数和积分增益系数的变化规律与下文第 3 节中 CPS 控制器中的 G_{P} 和 G_{I} 一致,因此,可以选择 G_{P} 和 G_{I} 取值范围中 80% 最大值作为 DCS 参数。

b. 微分控制具有明确的物理含义:仅对扰动所引起 ACE 具有很大变化率(微分值很大)的时段具有明显控制作用,而当 ACE 进入平稳变化(微分值很小)时,其作用大为削弱。尽管微分增益系数 $G_{\text{D-DCS}}$ 的增加有利于系统进入稳定状态,但是由于微分控制抗干扰能力很差,微分增益系数 $G_{\text{D-DCS}}$ 不宜整定过大。

为了检验所提出的 DCS 控制器的有效性,进行了仿真研究,仿真波形如图 2 所示(扰动为三广直流满负荷单极闭锁, $G_{\text{P-DCS}}=1.6$ 和 $G_{\text{I-DCS}}=4$)。

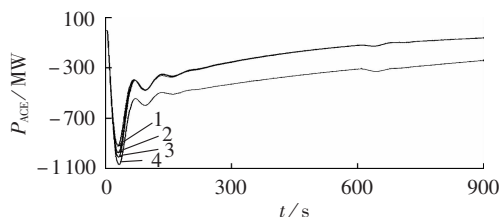


图 2 DCS 的 ACE 控制响应

Fig.2 Response of DCS to ACE control

由图 2 可以得到以下结论:

a. 在备用容量允许的条件下,利用 DCS 控制器可以比单纯使用 CPS 控制器更有效地恢复 ACE,从而提高 DCS 指标的完成合格率;

b. 微分控制的引入可有助于 ACE 动态特性的改善,微分增益系数 G_{D-DCS} 的增加将能明显减少 ACE 初期的振荡幅度。

这里需要说明的是,当整个控制区域电网的 DCS 可用备用容量(15 min 内可以开出进行调整的发电容量)相对大故障失去的发电出力明显不足时,即使 DCS 控制器的积分增益系数整定的再大,控制输出再大,都会受实际电网的出力限制而无法完成 AGC 控制目标。

另一方面,DCS 指标的完成单单依靠 AGC 显然也是不经济的,因为任何一个电网都不可能为一个预想大故障预留太多可调备用,所以必须结合本区域内的低频减载等安稳系统来协助完成 DCS 控制指标。

3 基于 CPS 统计特性的自适应 AGC 规律

在反馈控制和最优控制系统中,通常假设被控对象的数学模型是已知的而且是确定的线性系统。然而实际上多数受控对象的数学模型难以确定,时刻都在变化的复杂电力系统就是这样的一个系统。对于这样一个数学模型高度不确定、非线性的动力系统,采用经典 PID 控制或其他不依赖于数学模型的控制方法是必有选择。

对于 NARI 所提出的 CPS 控制器,它采用 PI 控制原理,其控制参数的物理意义简单明确,但是 PI 控制参数及各个死区、限幅环节的定义缺乏严格的整定原则,更多是采用一种工业上的经验来整定。尽管仿真研究和实际运行均说明,NARI 所提出的 AGC 策略是有效的,但其控制参数的整定工作仍然困扰着电网调度运行人员。这就在客观上要求能提出一种具有参数自调节或自动寻优的控制规律,即自适应控制系统。

根据严格的控制理论,自适应控制系统应该包括下列 3 个基本功能:

a. 辨识受控对象的结构和参数或性能指标的变化,以便精确地建立被控对象的数学模型或当前的实际性能指标;

b. 综合出一种控制策略或控制规律,以便确保受控系统达到期望的性能指标;

c. 自动地修正控制器的参数以保证所综合出的控制策略在被控对象上得到实现。

本文提出的自适应 AGC 控制系统的控制性能目标是 CPS 标准,不同于一般的过程控制系统的误差积分性能指标,如绝对误差积分(IAE)和时间与绝对误差乘积积分(ITAE)指标等。对于 IAE 和 ITAE 指标,所采用的控制策略是为了使受控对象在受扰后的 IAE 或 ITAE 最小,因此控制规律的优劣与否完全取决于控制系统的动态特性(衰减律、超调量、调节时间和振荡频率等)。

CPS 标准具有明显的统计特点,相对于整个考核时段很小的某一时段 ACE 和 CPS1 实时值不合格,并不会意味着该考核时段 CPS2 和 CPS1 不合格。换言之,CPS 标准对 AGC 系统的动态特性要求并不苛刻,只要满足 CPS1 和 CPS2 综合指标即可。反过来说,过分追求电网 ACE 和 Δf 的动态特性而将控制参数整定得过大并没有太多意义,反而,过大的 PI 参数会带来发电厂机组的调节难度。

因此,提出利用 CPS 标准中的统计特性,采用参数自调节的方法来自动整定 CPS 控制器中的主要控制增益参数,最终形成能自动适应电网结构和运行方式变化的自适应控制系统。

从实际工业应用的角度来看,基于参数辨识或参考模型的自适应控制系统设计方法并不很适用于电力系统 AGC 系统。在此,提出一种非常简单、实用的自适应参数调节律。

3.1 利用工业整定方法整定 PI 参数

对 NARI 提出的 CPS 控制规律的数学分析,该控制器可分解为一个对联络线功率偏差和一个对电网频率偏差的 PI 控制器。因此,首先可按工程整定法,如 Ziegler & Nichols 法、稳定边界法或衰减曲线法来整定 CPS 控制器中的 2 个 PI 控制器进行参数初始整定,并记为 G_{P0} 、 G_{CPS0} 和 G_{I0} 。

3.2 CPS 指标计算和统计

CPS 指标可以通过计算机进行实时计算并进行合格律统计。CPS 指标分析是一天每 10 min 进行一次统计分析(即 144 点/d)。CPS1 和 CPS2 分析以是否合格和指标裕度大小 2 个方面来衡量。

3.3 CPS 控制器评价

从 CPS 统计特性的角度考虑,并不会根据某个 CPS 指标实时值不合格就进行控制器参数调节,而是 24 h 内继续保持该控制参数不变来进行参数评价:

a. 计当日 24 h 内的 CPS 合格率,并更新当月预期的 CPS 合格率;

b. 分析当日的 CPS 合格率是否达到考核要求。

3.3.1 CPS 合格率不满足考核要求

GPS 合格率若不满足考核要求,则必须“收紧”控制系统。

a. 若是 CPS2 指标不满足要求,则步进增大 G_I (步进幅值可为 $5\% G_{I0}$);若增大 G_I 达到了理论最大推荐值或已令 ΔP_I 控制分量进入饱和状态,仍无法提高 CPS2 合格率,则加大积分限幅 $I_{\max}$ 定义。

b. 若是 CPS1 指标不满足要求,则步进增大 G_P 和 G_{CPS} (步进幅值可为 $5\% G_{P0}$ 和 $5\% G_{CPS0}$);若增大 G_P 和 G_{CPS} 已达到了理论最大推荐值仍无法提高 CPS1 合格率,则收紧 ACE 死区定义。

3.3.2 CPS 合格率满足考核要求

GPS 合格率若满足考核要求,则可以考虑“放松”控制系统:

a. 逐步缩小 G_I (缩小幅值可为 $5\% G_{I0}$),并检查 $P_{AVE-\min}$ 与 $\pm L_{10}$ 之间的距离是否仍有足够裕度(可根据本电网无意交换电量约束来定义);

b. 逐步缩小 G_P 和 G_{CPS} (缩小幅值可为 $5\% G_{P0}$ 和 $5\% G_{CPS0}$),并检查 CPS1 向下靠近 100% 之间的裕度是否仍在允许范围内(一般建议在 150% 以上较佳)。

3.4 省(区)电网 AGC 策略的整体评价

全网 AGC 策略的整体评价应该是 2 个方面:

a. 是否有利于电网 CPS 考核合格率的达标,且有利于电网奖罚电量效益的提高;

b. 是否有利于网内 AGC 机组的调节成本的下降、减少不必要机组的过调和反复调节。

若偏重于电网公司 CPS 考核合格率和效益的提高,则整个自适应系统应该偏重“收紧”系统;若偏重 AGC 机组的调节成本下降,则整个自适应系统则应该偏重“放松”系统。或者,电网公司和发电厂可以在以上自适应律上采取一种“折中”的解决方案:即电网公司在 CPS 达标后即不再追求一味地提高 CPS 合格率,而是在不牺牲 CPS 达标的前提下,逐步“放松”AGC 策略。

为了验证所提出的 AGC 策略,现对其进行了仿真研究。仿真对象选择南方电网,所推荐的 AGC 策略设在广东电网,其他省电网采用传统 AGC 策略,典型日负荷曲线选择 2006 年运行方式,扰动采用一组按

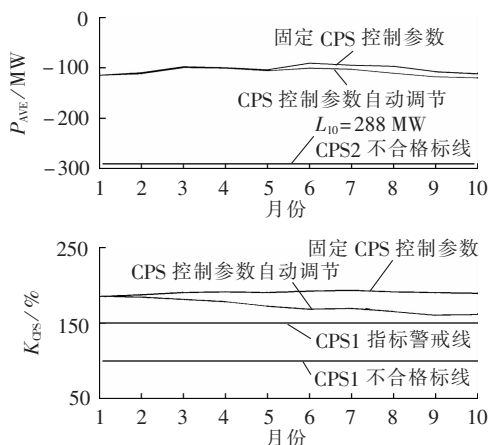


图 3 CPS 统计结果

Fig.3 Statistical result of CPS

日预先设定 144 个固定负荷扰动的数据,以此来比较控制效果。图 3 显示了整个考核期 (1~10 月) 的 ACE 平均值和 CPS1 变化效果。

通过仿真分析可知,本文提出的自适应 CPS 控制规律可实现对电网的“放松”控制,尽管增加了 ACE 平均值,但 CPS 不合格率并不会增加,且控制指令的调节频率和幅度均有明显下降。当选择对无意交换电量有限制时,也可以让系统再向“收紧”方向自动调节。

4 结语

所提出的自适应 AGC 策略,充分利用了 CPS 的统计特性,对电网结构、参数和运行方式具有良好的适应性,使整个互联电网的 CPS 调节实现了自适应控制,调度员在保证 CPS 合格率的基础上有效地降低了发电厂的调节压力。

参考文献:

- [1] 高宗和,腾贤亮,涂力群. 互联电网 AGC 分层控制与 CPS 控制策略[J]. 电力系统自动化,2004,28(1):78-81.
GAO Zonghe,TENG Xianliang,TU Liqun. Hierarchical AGC mode and CPS control strategy for interconnected power systems [J]. Automation of Electric Power Systems,2004,28(1):78-81.
- [2] 中国南方电网有限责任公司. 南方电网联络线功率与系统频率偏差控制与考核管理办法[R]. 广州:中国南方电网有限责任公司,2005.
China Southern Power Grid Co Ltd. Tie-line load & frequency bias control and check regulation [R]. Guangzhou: China Southern Power Grid Co Ltd,2005.
- [3] 汪德星. 华东电网实行 CPS 标准的探索[J]. 电力系统自动化,2000,24(8):41-44.
WANG Dexing. Study of CPS standards in East China power grid [J]. Automation of Electric Power Systems,2000,24(8):41-44.
- [4] 高宗和,滕贤亮,张小白. 互联电网 CPS 标准下的自动发电控制策略[J]. 电力系统自动化,2005,29(19):40-44.
GAO Zonghe,TENG Xianliang,ZHANG Xiaobai. Automatic generation control strategy under control performance standard for interconnected power grids [J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(19):40-44.
- [5] 贾燕冰,高翔,高伏英,等. 华东电网 CPS 标准控制策略现状及展望[J]. 华东电力,2007,35(9):16-21.
JIA Yanbing,GAO Xiang,GAO Fuying,et al. Status quo and prospects of control strategies of East China power grid under control performance standard [J]. East China Electric Power,2007,35(9):16-21.
- [6] 刘斌,王克英,余涛,等. PSO 算法在互联电网 CPS 调节功率中的应用[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(6):36-39,52.
LIU Bin,WANG Keying,YU Tao,et al. Study on the application of particle swarm optimization algorithm to power regulation of CPS in interconnect power grids [J]. Power System Protection and Control,2009,37(6):36-39,52.
- [7] 吴军基,孙奇,杨伟. 基于日电量平衡的自动发电控制策略[J]. 电力自动化设备,2006,26(5):15-19.
WU Junji,SUN Qi,YANG Wei. Automatic generation control strategy based on daily electric energy balance [J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(5):15-19.

- [8] 杨小煜,沈松林,吴杏平,等. 华北、东北联网后华北电网自动发电控制(AGC)及其考核的实现[J]. 电网技术,2001,25(7):60-62.
YANG Xiaoyu, SHEN Songlin, WU Xingping, et al. Implementation of automatic generation control in North China power grid and its assessment after interconnection of North China power grid with Northeast China power grid[J]. Power System Technology, 2001, 25(7): 60-62.
- [9] 余涛,陈亮,蔡广林. 基于CPS统计信息自学习机理的AGC自适应控制[J]. 中国电机工程学报,2008,28(10):82-87.
YU Tao, CHEN Liang, CAI Guanglin. CPS statistic information self-learning methodology based adaptive automatic generation control[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(10): 82-87.
- [10] 郑刚,刘嘉宁. 广东电网实施控制性能标准考核存在的问题分析[J]. 广东电力,2006,19(5):18-21.
ZHENG Gang, LIU Jianing. Analysis of problems existing in control performance standard assessment of Guangdong power grid[J]. Guangdong Electric Power, 2006, 19(5): 18-21.
- [11] 王炳焱,林少华,卢恩. 控制性能标准在广东电网中的应用[J]. 南方电网技术,2008,2(6):66-70.
WANG Bingyan, LIN Shaohua, LU En. Application of the control performance standards in Guangdong power grid[J]. Southern Power System Technology, 2008, 2(6): 66-70.
- [12] 刘奇,姚建刚,穆磊,等. 电力市场环境下的电网安全稳定问题[J]. 电力自动化设备,2003,23(11):73-76.
LIU Qi, YAO Jiangang, MU Lei, et al. Power network security and reliability issues in power market environment[J]. Electric Power Automation Equipment, 2003, 23(11): 73-76.
- [13] 贾德香,程浩忠,马鸿杰,等. 基于改进禁忌算法的区域控制偏差分区优化方法[J]. 电网技术,2007,31(7):1-5.
JIA Dexiang, CHENG Haozhong, MA Hongjie, et al. Region partitioning optimization of area control error based on improved tabu search algorithm[J]. Power System Technology, 2007, 31(7): 1-5.
- [14] 李滨,韦化,农蔚涛,等. 基于现代内点理论的互联电网控制性能评价标准下的AGC控制策略[J]. 中国电机工程学报,2008,28(25):56-61.
LI Bin, WEI Hua, NONG Weitao, et al. AGC control strategy under control performance standard for interconnected power grid based on optimization theory[J]. Proceedings of the CSEE, 2008, 28(25): 56-61.
- [15] 陈亮,马煜华,骆晓明. 广东电网AGC运行需求与控制模式探讨[J]. 电力自动化设备,2004,24(12):81-83.
CHEN Liang, MA Yuhua, LUO Xiaoming. Research on operation demand and control mode of AGC in Guangdong power grid[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(12): 81-83.

(编辑: 康鲁豫)

作者简介:

刘奇(1978-),男,湖南新邵人,工程师,硕士,主要从事电网调度运行工作(E-mail: jimhence@126.com);

刘斌(1980-),男,湖南新邵人,工程师,硕士,主要从事电网调度运行工作。

Adaptive AGC strategy based on statistical property of CPS

LIU Qi¹, LIU Bin², YU Tao³

(1. Power Dispatching and Communication Center of Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510600, China; 2. Zhongshan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Corporation, Zhongshan 528400, China; 3. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: The adaptive AGC strategy based on the statistical property of CPS is presented. The structure of adaptive control system and the design of CPS/DCS controller are introduced and the adjustment rules of adaptive CPS control parameters varying according to the power grid structure, operational mode and actual requirement are detailed. The design of adaptive AGC strategy is based on the CPS control rules of NARI, automatically sets its parameters and refers to the optimal control methods based on economic and indicative performances, which can be easily implemented on current AGC systems. Study shows that the proposed strategy effectively mitigates the AGC pressure of power plants while the CPS compliance is ensured.

This work is supported by the Natural Science Foundation of Guangdong Province of China (06300091) and Scientific and Technological Item of Guangdong Power Grid Corporation (JA5906160).

Key words: control performance standard; automatic generation control; adaptive control; statistical property; control strategy