

· 专论与综述 ·

发电机组一次调频在线测试与 AGC 性能考核系统设计

徐春雷¹, 徐 瑞², 仇晨光¹, 张小白², 钱玉妹¹, 刘俊伟²

(1. 国网江苏省电力公司, 江苏 南京 210024; 2. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏 南京 211106)

摘要: 电力市场环境下, 需要合理评价发电机组提供的调频辅助服务, 以保证市场公正公平。本文通过分析当前调频辅助服务考核中一次调频与自动发电控制(AGC)考核所面临的问题, 提出了一次调频在线测试与 AGC 控制性能考核系统架构和设计思路; 针对一次调频考核对过程数据的精度和时效性要求, 提出了基于电厂远控终端(RTU)和同步相量测量装置(PMU)多源数据的一次调频在线测试方法, 利用多源数据的时标校对、统计信息筛选完善考核结果的计算方式, 更加准确评估机组的一次调频性能; 提出了基于调节速率分布的调节精度计算方法, 通过调节精度修正因子建立速率与精度的联动机制, 以约束机组控制行为并引导其行为优化; 最后通过应用案例分析, 证明了所述方法的有效性。

关键词: 一次调频测试; 机组控制性能; 考核评价; 调节精度

中图分类号: TM734

文献标志码: A

文章编号: 2096-3203(2017)03-0001-06

0 引言

随着特高压交直流电网的建设和电力市场化改革的逐步推进, 电网对发电机组一次调频和自动发电控制(AGC)提出了更高要求, 与之相应的调频辅助服务考核与评价需求也更加迫切^[1]。电网通过建立和完善辅助服务考核评价系统, 引导电厂对发电机组调频控制行为优化, 对于提升电网运行控制性能、保证电网运行安全意义重大^[2]。

电力市场调频辅助服务是维持电网频率稳定、实时有功供需平衡的重要手段, 涵盖了一次调频和 AGC 两个重要环节。目前机组一次调频性能的测定采用基于电网频率扰动事件的在线监测和模拟频率扰动的在线测试两种方法。其中一次调频在线监测利用实时量测数据或高采样频度的同步相量测量装置(PMU)数据分析频率扰动中机组的一次调频动作功率, 计算和评估机组一次调频性能^[3-7]。模拟频率扰动的一次调频在线测试由调度下发一次调频测试指令, 电厂一次调频功能自动接入模拟频差信号, 测试和统计机组一次调频性能^[7,8]。然而, 一次调频在线监测对扰动事件的频率变化和频偏时间有较高要求^[3], 同时受到机组并网和一次调频投入状态、AGC 指令的影响, 该方法过多地依赖于大功率扰动事件, 具有一定随机性和不确定性, 无法作为常态化的考核手段; 一次调频在线测试则受调度与厂站间通信延时的影响, 难以准确识别一次调频动作时刻, 由于各厂站延时存在

差异, 其统计指标的优劣将直接影响考核的准确性和公正性。因此, 有必要完善一次调频考核功能, 形成对电网一次调频的有效监管, 切实发挥一次调频在突发性事故中的应急作用^[9]。

AGC 机组调节效能评估已初步形成了包含调节速率、调节精度、调节贡献量等指标的评价体系^[10-12], 并根据 CPS 标准对机组调节任务分解提出了机组性能评价标准^[13-15]。调节精度采取均值考核方式, 实际运行中, 部分机组对上调指令响应积极、下调指令响应不积极, 考核结果却满足要求, 这种调节行为严重影响了电网控制性能和电量进度安排, 失去了考核的公正性。调节精度考核无法体现机组调节速率的贡献, 亦无益于系统调节品质的提升。考虑到调节速率快的机组指令刷新间隔短, 承担了更多的扰动调整容量, 有必要建立速率与精度的联动机制, 使对电网有益的机组在精度考核中得以补偿。

本文针对当前机组调频辅助服务考核面临的问题, 提出了一次调频和 AGC 性能考核系统的建设方案, 通过对一次调频在线测试和 AGC 性能统计方法的改进和完善, 以提高考核准确性和控制性能评估的合理性。

1 系统架构

发电机组一次调频在线测试与 AGC 性能考核系统(简称考核系统)与 AGC 应用共享机组模型、网络通信和人机界面, 由调度侧和厂站侧两层级主体构成, 通过调度侧与厂站侧的数据交互、电厂远控终端(RTU)和 PMU 数据并行处理, 完成数据处

收稿日期: 2017-01-02; 修回日期: 2017-03-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51577031)

理和考核统计功能。由于一次调频性能统计对量测数据的准确性和时效性要求较高,考虑到 PMU 每秒 25 帧以上高频度量测以及 GPS 对时的优势,可弥补 RTU 量测的通道延时和采样频度低的缺点,而 RTU 量测接入数据更全面,可覆盖全部并网机组,因此充分利用两类数据优势进行计算分析。其系统架构如图 1 所示。

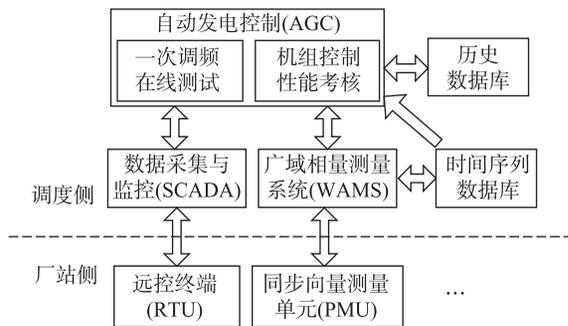


图 1 考核系统架构

Fig.1 Framework of assessment system

厂站侧 RTU 执行调度侧数据采集与监视(SCADA)下发的遥调和遥控指令,并上送机组遥测、遥信量至调度侧;PMU 实时采集厂站功率、相位、相角等信息并上送至调度侧广域监测系统(WAMS)。调度侧接收和处理厂站侧 RTU 上送遥测、遥信量以及 PMU 数据,计算一次调频、AGC 性能指标并将统计结果存入历史库。历史数据库用于存储 RTU 量测数据、测试记录和统计结果;时间序列数据库用于存储 PMU 数据。

2 系统功能

2.1 软件数据流程

考核系统根据机组控制模式确定机组运行状态,当机组一次调频测试允许和远方控制开启时,可分别投入一次调频测试或 AGC,执行一次调频在线测试和 AGC 性能考核数据流程,如图 2 所示。

一次调频测试采取人工触发方式,当机组控制模式修改为增负荷(PFRUP)、减负荷(PFRDN)或特性参数后,首先执行一次调频遥控测点和点号的安全性校验,校验通过后依次下发一次调频投入、增负荷/减负荷/特性参数测试信号并开始测试;测试开始后,监视机组有功功率和负荷指令、记录并存储测试数据;测试时间定时结束后,下发一次调频测试退出信号使机组退出测试,待测试屏蔽定时结束后恢复机组测试前控制模式。其中,测试屏蔽定时的目的是给机组缓冲恢复的时间,避免火电机组锅炉主蒸汽压力尚未恢复而再次投入测试。

一次调频考核进程在测试结束后,通过访问历

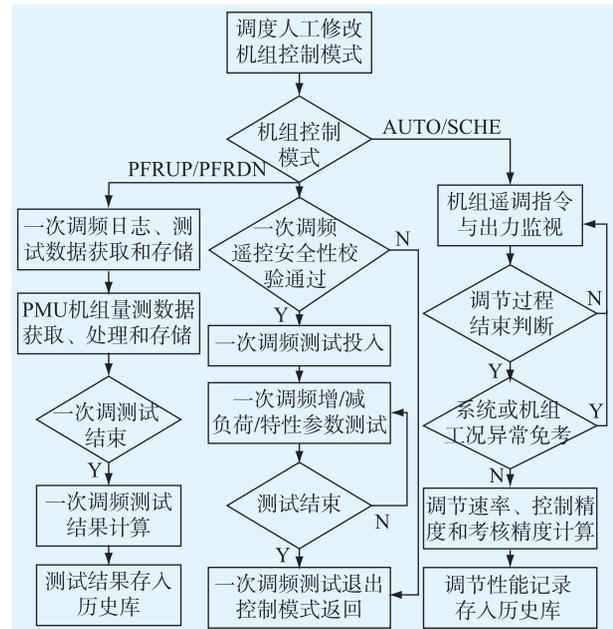


图 2 考核系统软件数据流程

Fig.2 Data flow of assessment system software

史库获取日志、测试过程机组 RTU 有功功率、负荷指令和频差等数据,以及时间序列数据库机组 PMU 量测数据,分别计算调频测试结果;综合两测试结果数据计算本次测试的考核结果,用于月度考核。

AGC 机组控制性能考核分为投运率统计、调节速率精度统计和可调范围测试 3 个模块。其中,调节速率精度统计实时监视自动模式(AUTO)、计划模式(SCHE)机组的控制指令和出力变化,并判断指令响应过程中系统或机组有无异常(如频率跳变或机组退出 AGC),若异常则对本次控制指令实施免考,调节过程结束后计算调节速率和调节精度,该结果将用于调节速率和精度的季度均值、方差的计算。可调范围测试根据机组出力所处区间给出可上测或可下测状态,控制模式修改为调节范围测试后,则自动下发控制指令将出力带到调节上限或调节下限,以检查机组的最大可调区间是否满足要求。

2.2 一次调频在线测试与考核

2.2.1 一次调频在线测试原理

以火电机组为例,一次调频测试通过对机组数字电液(DEH)和协调控制系统(CCS)控制回路改造^[8,16,17],使其在开始一次调频增、减负荷测试后断开机端频率量测(或汽轮机转速信号),在 50 Hz 额定频率基础上自动叠加 ± 0.1083 Hz 频差,根据 DEH 和 CCS 侧一次调频特性函数的负荷指令,调节汽门开度自动增加或减少机组出力,以模拟频率扰动时一次调频动作情况。一次调频测试原理如图 3 所示。

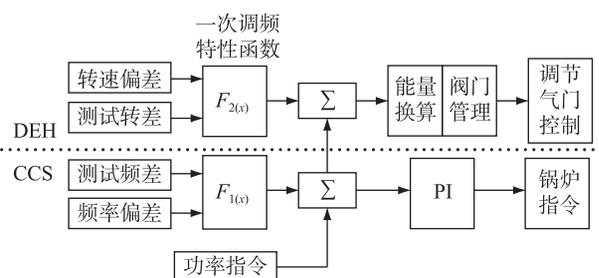


图3 一次调频测试原理

Fig.3 Diagram of primary frequency regulation test principle

测试开始后机组自动上送 49.8~50.2 Hz 频率和与之对应的负荷指令,以获取 DEH 或 CCS 侧一次调频特性函数。

2.2.2 一次调频在线测试性能统计分析

一次调频在线测试对机组一次调频最大调节量、平均调节量、调频响应指数进行统计,主要考核机组的一次调频响应效果,考核指标为机组一次调频响应时间、15 s、30 s 和 45 s 一次调频响应指数。其中一次调频响应时间的计算公式为:

$$t_{RT} = t_{MT} - t_{ST} \quad (1)$$

式中: t_{RT} 为一次调频响应时间(s); t_{MT} 为一次调频动作时间,取机组有功出力变化时刻; t_{ST} 为一次调频起始时间,取机组负荷指令变化时刻。

一次调频响应指数计算公式为:

$$I_{dpa_T} = \int_{t_1}^{t_1+T} (P - P_0) dt / \int_{t_1}^{t_1+T} (P_{des} - P_0) dt \quad (2)$$

$(T = 15, 30, 45)$

式中: I_{dpa_T} 为一次调频响应指数; T 为计算周期(s); t_1 为测试起始时刻; P_{des} 为期望调节功率; P_0 为测试起点功率; P 为测试过程中实际出力。

(1) 双数据源时标校对。分析测试过程中 RTU 数据与 PMU 数据的匹配关系,以确定各数据源一次调频起始时间和起点功率。首先查找 PMU 负荷指令变化时刻,该时刻 PMU 量测的时标即为一次调频测试起始时间,相同时标的 PMU 有功功率即为起点功率。考虑到同一物理时间、同一测点的 RTU 和 PMU 量测偏差最小,选取相同采样间隔的 N 个连续量测数据,两者累计绝对误差最小时,可确定 RTU 量测 t_1 与 PMU 量测 t_2 为同一时刻,公式为:

$$f_{min} = \sum_{i=0}^N [|P_{RTU,t_1+i} - \text{avg}(P_{PMU,t_2+i})|] \quad (3)$$

式中: N 为统计数组维数; P_{RTU,t_1+i} 为 RTU 在 t_1+i 时刻的量测值; $\text{avg}(P_{PMU,t_2+i})$ 为 PMU 在 t_2+i 时刻的量测均值。由 PMU 量测的起始时间利用式(3)计算 RTU 量测起始时间,并确定 RTU 量测的起点功率。

(2) 双数据源考核结果统计。确定各数据源的

一次调频测试起始时间和起点功率后,按照式(2)分别计算一次调频响应指数。根据各机组特性确定一次调频响应指数考核要求,以燃煤机组为例,其一次调频考核要求如表 1 所示。

表 1 一次调频响应指数考核指数
Table 1 Requirements of primary frequency control response index

指数考核要求	参数
15 s 调频指数	0.4
30 s 调频指数	0.6
45 s 调频指数	0.7

数据源优先选择满足考核指数要求,且与考核指数偏差最小的数据源,该数据源的测试结果作为本次测试考核结果。考核指数偏差公式为:

$$I_{dev} = I_{chk_T} - I_{dpa_T(RTU/PMU)} \quad (T = 15, 30, 45) \quad (4)$$

式中: I_{chk_T} 为一次调频考核指数; $I_{dpa_T(RTU/PMU)}$ 为 RTU 或 PMU 数据的一次调频测试响应指数。

电网对机组一次调频的月度考核优先采用本月基于频率扰动事件的在线监测结果,若本月无有效监测结果,则采用一次调频在线测试的方法,将测试结果作为机组本月的一次调频考核结果。若本月进行多次一次调频在线测试,则利用式(4)在多个测试结果中筛选出一次调频考核结果。

2.3 AGC 机组控制性能考核评估

2.3.1 机组调节速率与调节精度分布特性

调节速率和调节精度通常采取指令响应跟踪的计算方式^[11],而电网工况瞬息万变,指令更新频繁,机组调节速率受锅炉蓄热、燃烧率等因素的影响^[16,18]。某省网燃煤机组调节速率与调节精度的分布呈现近似幂函数的分布特性,1.5%调节速率处存在拐点,如图 4 所示,调节速率高于爬坡速率时调节精度反而下降,原因大致如下。

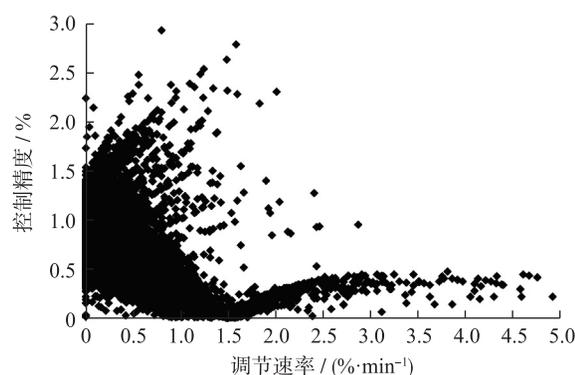


图4 机组调节速率与调节精度的分布关系

Fig.4 Relationship of regulation rate and control precision

(1) 统计死区的设置问题。机组出力进入精度

统计死区时触发计算,若该值小于机组的控制死区,出力调整至目标出力控制死区后无法触发计算,调整时间延长,调节速率会变差;若该值大于机组控制死区时,将过早触发计算,调节精度会变差;

(2) 指令定时的设置问题。机组在指令定时结束后触发计算,即便不响应控制指令,其控制偏差仍为调节步长,此时调节精度计算结果不可信。

2.3.2 基于速率分布的调节精度计算

建立调节速率与调节精度的联动机制,通过调节速率识别不响应和响应慢的机组并对调节精度修正。某省网的燃煤机组的调节速率概率分布呈现截尾正态分布特性,如图5所示。

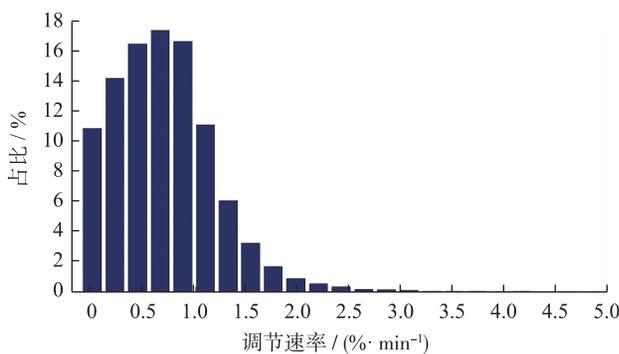


图5 机组调节速率概率分布

Fig.5 Distribution probability of regulation rate

根据截尾正态分布与原正态分布函数关系,得出:

$$\begin{cases} \mu = \sigma_0 \varphi\left(\frac{-\mu_0}{\sigma_0}\right) / \psi\left(\frac{\mu_0}{\sigma_0}\right) + \mu_0 \\ \sigma = \sqrt{\sigma_0^2 + \mu_0^2 + \frac{\mu_0 \sigma_0}{K_c} \varphi\left(\frac{-\mu_0}{\sigma_0}\right) - \mu^2} \end{cases} \quad (5)$$

式中: μ 为调节速率的季度统计均值; σ 为调节速率的季度统计方差; μ_0, σ_0 分别为原正态分布均值与方差; K_c 为截尾条件概率系数; $\psi(x)$ 为标准正态分布函数; $\varphi\left(\frac{-\mu_0}{\sigma_0}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\mu_0^2}{2\sigma_0^2}}$ 。

调节精度参考省内调节速率的分布特性对其数值修正,修正的结果作为考核精度,计算公式为:

$$P'_{pre,i} = p P_{pre,i} \quad (6)$$

式中: $P'_{pre,i}$ 为考核精度; p 为调节精度的修正因子; $P_{pre,i}$ 为修正前的调节精度。调节精度修正因子 p 的计算方法如表2所示,表中 V 为调节速率。

利用式(6)对机组的升降控制指令分类计算调节速率和修正调节精度,根据调节速率对调节精度奖优罚劣,长期低于标准区间要求机组,则需要总结提升机组自身性能和优化控制行为。

表2 调节精度修正因子

Table 2 Modifying factor of control precision

调节速率区间	调节速率分布	p
惩罚区间	$V < \mu - 2\sigma$	4
可容忍区间	$\mu - 2\sigma \leq V < \mu - \sigma$	1.5
标准区间	$\mu - \sigma \leq V \leq \mu + \sigma$	1
奖励区间	$V > \mu + \sigma$	0.6

2.4 应用情况

考核系统已在某省调投入实际运行,投运以来运行情况良好,一次调频考核综合在线监测与在线测试结果为一调频月度考核提供了有效的数据支持,AGC调节精度考核的细化有效约束了电厂的控制行为,发挥了考核结果的约束和指导作用。

某机组一次调频测试曲线如图6所示,调度投入一次调频增出力测试模式后模拟低频扰动,机组一次调频动作,有功出力上调,在恢复额定频率后出力恢复。从现场数据分析来看,RTU比PMU数据存在约4~10s的数据延时。

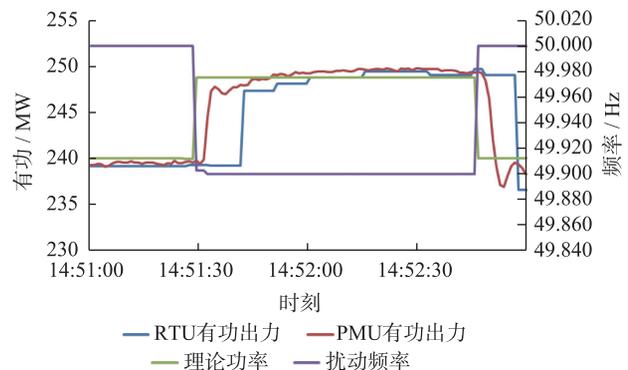


图6 机组一次调频增出力测试曲线

Fig.6 Primary frequency control up test of unit

两套数据计算一次调频考核结果如表3所示。RTU数据量测的考核结果指标计算偏高,与考核指数比较后取PMU量测统计结果。

表3 一次调频测试结果对比

Table 3 Primary frequency regulation response result

数据源	起点功率 / MW	期望调节量 / MW	15 s 调频指数	30 s 调频指数	45 s 调频指数
RTU	239.40	8.81	0.897	0.961	1.031
PMU	239.91	8.81	0.874	0.955	0.998

某日省内部分机组调节速率、调节精度、调节速率因子和修正后的考核精度平均值如表4所示。调节速率快的精度得以提升,调节速率慢的精度下降,调节精度指标更加直观展示机组的调节性能。

表 4 机组考核精度计算结果

Table 4 Calculation results of unit assessment accuracy

机组名称	装机容量/ MW	调节速率/ (%·min ⁻¹)	调节精 度/%	平均调节 速率因子	考核 精度/%
XK_1	300	0.47	0.34	1.91	0.78
HH_3	330	0.35	0.95	2.39	2.64
JC_8	330	0.18	1.13	2.99	3.57
CS_4	330	0.74	0.54	1.48	1.08
NR_1	600	1.85	0.37	0.91	0.46
KS_1	600	1.09	0.29	0.98	0.36
CJG_1	660	0.64	0.57	1.39	0.88
CJG_2	660	0.50	0.64	1.54	1.09
LSG_1	660	0.58	0.58	1.49	0.99

修正后的调节速率与调节精度分布关系如图 7 所示,一定程度上消除了 1.5% 调节速率拐点的影响,调节速率高于爬坡速率时调节精度提升,不响应控制指令或调节速率慢的机组精度下降明显。

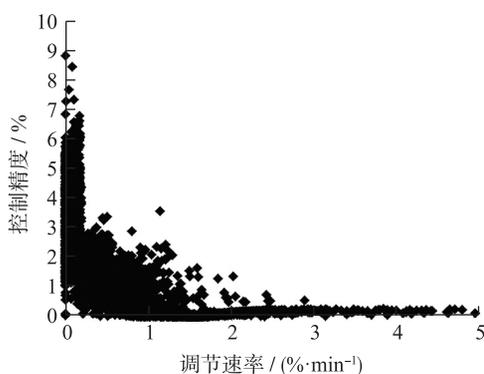


图 7 修正后的机组调节速率与调节精度的分布关系

Fig.7 Relationship of modified regulation rate and control precision

3 结语

电力市场辅助服务是涉及电力系统可靠运行、市场模式、辅助服务定价与结算的复杂课题,本文从一次调频在线测试、AGC 控制性能评估优化方面展开研究,建立了考核系统的软件架构,对机组一次调频考核和 AGC 性能统计方法进行了完善,为调频辅助服务考核与评价提供了可参考的技术解决方案。该系统与一次调频在线监测、AGC 应用相辅相成,共同为辅助服务考核提供技术支持,由于一次调频在线测试采用阶跃频差信号,对于电网实际频率扰动的模拟和一次调频动态特性分析仍略显不足。随着未来电力交易现货市场的建成,电力调频向实时电能交易、调频服务交易过渡,有待进一步拓展和丰富调频性能测试和统计、调频效能动态核算等相关内容的研究。

参考文献:

- [1] 滕贤亮,高宗和,朱斌,等.智能电网调度控制系统 AGC 需求分析与关键技术[J].电力系统自动化,2015,39(1): 81-87.
TENG Xianliang, GAO Zonghe, ZHU Bin, et al. Requirements analysis and key technologies for automatic generation control for smart grid dispatching and control systems[J]. Automation of Electric Systems, 2015, 39(1): 81-87.
- [2] SHAHIDEHPOUR M, YAMIN H, LI Zuyi. 电力系统的市场化运营:预测、计划与风险管理[M].杜松怀,文福拴,李扬,等译.北京:中国电力出版社,2005.
SHAHIDEHPOUR M, YAMIN H, LI Z. Market operations in electric power systems: forecasting, scheduling and risk management[M]. DU Songhuai, WEN Fushuan, LI Yang, et al trans. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [3] 郑涛,高伏英.基于 PMU 的机组一次调频特性参数在线监测[J].电力系统自动化,2009,33(11): 57-61, 71.
ZHENG Tao, GAO Fuying. On-line monitoring and computing of unit PFR characteristic parameter based on PMU[J]. Automation of Electric Systems, 2009, 33(11): 57-61, 71.
- [4] 李端超,陈实,陈中元,等.发电机组一次调频调节效能实时测定及补偿方法[J].电力系统自动化,2004,28(2): 70-72.
LI Duanchao, CHEN Shi, CHEN Zhongyuan, et al. Real-time measurement and reward method of the efficiency of generator run primary frequency regulation[J]. Automation of Electric Systems, 2004, 28(2): 70-72.
- [5] 杨建华.华中电网一次调频考核系统研究与开发[J].电力系统自动化,2008,32(9): 96-99.
YANG Jianhua. Research and development of assessment system of primary frequency regulation in Central China Power Grid [J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(9): 96-99.
- [6] 高林,戴义平,王江峰,等.机组一次调频参数指标在线估计方法[J].中国电机工程学报,2012,32(16): 62-69.
GAO Lin, DAI Yiping, WANG Jiangfeng, et al. An online estimation method of primary frequency regulation parameters of generation units[J]. Proceedings of the CSEE, 2012, 32(16): 62-69.
- [7] 马鸿杰,苏凡,沈丛奇,等.发电机组一次调频性能在线测试功能的开发与实施[J].华东电力,2012,40(8): 1420-1423.
MA Hongjie, SU Fan, SHEN Congqi, et al. Online testing function development and implementation for generator primary frequency regulation performance [J]. East China Electric Power, 2012, 40(8): 1420-1423.
- [8] 顾建群,李汛.1000 MW 超超临界机组一次调频控制逻辑及一次调频在线测试应用[C]//2013 年中国电机工程学会年会论文集,成都,2013: 1545-1551.
GU Jianqun, Li Feng. 1000 MW ultra supercritical unit primary frequency modulation control logic and online test application [C]// 2013 Annual conference of China Electrical Engineering Society, Chengdu, 2013: 1545-1551.

- [9] 于达仁, 郭钰锋. 电网一次调频能力的在线估计[J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(3): 72-76.
YU Daren, GUO Yufeng. The online estimate of primary frequency control ability in electric power system[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(3): 72-76.
- [10] 韩少晓, 孙嘉, 延峰. AGC 机组辅助服务定量评估[J]. 电网技术, 2005, 29(18): 26-29.
HAN Shaoxiao, SUN Jia, YAN Feng. AGC generator auxiliary service quantitative evaluation[J]. Power System Technology, 2005, 29(18): 26-29.
- [11] 李端超, 江山立, 陈家庚, 等. AGC 机组调节效能定量评估与补偿方式研究[J]. 电网技术, 2001, 25(8): 15-19, 44.
LI Duanchao, JIANG Shanli, CHEN Jiageng, et al. Quantitative evaluation of regulation efficiency of generating sets with AGC and study on the compensation modes[J]. Power System Technology, 2001, 25(8): 15-19, 44.
- [12] 李丹, 梁吉, 孙荣富, 等. 并网电厂管理考核系统中 AGC 调节性能补偿措施[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(4): 107-111.
LI Dan, LIANG Ji, SUN Rongfu, et al. Compensation strategies of AGC regulation performance in plants management and assessment system[J]. Automation of Electric Systems, 2010, 34(4): 107-111.
- [13] 易仕敏, 陈青松, 文福拴, 等. 发电厂调节性能考核的新方法[J]. 电力系统自动化, 2007, 33(17): 96-100.
YI Shimin, CHEN Qingsong, WEN Fushuan, et al. A new method for regulation performance assessment of generation units[J]. Automation of Electric Systems, 2007, 33(17): 96-100.
- [14] 贾燕冰, 高翔, 高伏英, 等. 关于华东电网实行 SCPS 的探讨[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(1): 103-107.
JIA Yanbing, GAO Xiang, GAO Fuying, et al. Discussion on application of SCPS in East China Grid[J]. Automation of Electric Systems, 2008, 32(1): 103-107.
- [15] 邹斌, 许卫洪, 丁峰. 一种新的 AGC 机组绩效考评方法[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(11): 23-28.
ZOU Bin, XU Weihong, DING Feng. A new evaluation method for AGC generator performance[J]. Automation of Electric Systems, 2005, 29(11): 23-28.
- [16] 刘维烈. 电力系统调频与自动发电控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
LIU Weilie. Power system frequency modulation and automatic power generation control[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.
- [17] 陈刚, 谢军. 某 660 MW 机组一次调频试验控制逻辑分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(5): 68-73.
CHEN Gang, XIE Jun. Analysis on control logic of primary frequency modulation test in one 660 MW power unit[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2013, 32(5): 68-73.
- [18] 钱玉妹, 朱海兵, 徐田. 江苏电网 AGC 安全约束控制的实现与应用[J]. 江苏电机工程, 2012, 31(5): 9-12.
QIAN Yumei, ZHU Haibing, XU Tian. Implementation and application on AGC security constraints control of Jiangsu Power Grid[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2012, 31(5): 9-12.

作者简介:



徐春雷

徐春雷(1976—),男,江苏南通人,高级工程师,从事电力系统调度自动化工作;

徐瑞(1986—),男,山东宁阳人,工程师,从事电力系统运行与控制研究工作;

仇晨光(1977—),男,江苏盐城人,高级工程师,从事电力系统运行和控制工作;

张小白(1979—),女,安徽怀宁人,高级工程师,从事电力系统运行与控制工作;

钱玉妹(1963—),女,江苏吴江人,高级工程师,从事电力系统调度自动化工作;

刘俊伟(1983—),男,河南商水人,工程师,从事电力系统运行与控制研究工作。

Evaluation System Design of Online Test of Primary Frequency Regulation and AGC Performance for Generator Unit

XU Chunlei¹, XU Rui², QIU Chenguang¹, ZHANG Xiaobai², QIAN Yumei¹, LIU Junwei²

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China;

2. NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 211106, China)

Abstract: Under electricity market environment, frequency regulation auxiliary service provided by the generator set needs to be evaluated reasonably, to ensure fair and equitable market. By analyzing the problems faced by assessment of primary frequency regulation and automatic generation control (AGC), an assessment system architecture and design ideas of online test of primary frequency regulation and AGC control performance are put forward. According to requirements of process data precision and timeliness, a PFR online test method based on remote terminal unit (RTU) and phasor measurement unit (PMU) data is proposed. In order to assess the unit's frequency regulation performance more accurately; this method improves the calculation of assessment results using multi-source data time scale calibration and statistical information screening. Meanwhile a regulation method of adjusting precision based on the regulation rate distribution is proposed, through adjusting the precision correction factor to establish the linkage mechanism of rate and precision to control the behavior of the unit and guide its behavior optimization. Finally, the effectiveness of the method is proved by case analysis.

Key words: primary frequency regulation test; unit's control performance; assessment; regulation accuracy

(编辑 刘晓燕)