

# 基于 SSTLF与 AGC的机组出力调度系统设计

张锋<sup>1</sup>, 张怡<sup>2</sup>, 周剑波<sup>1</sup>, 吴劲晖<sup>1</sup>

(1. 浙江电力调度通信中心, 浙江 杭州 310007; 2 浙江电力职业技术学院, 浙江 杭州 310015)

**摘要:** 从浙江电网实际负荷特点及浙江 AGC的应用现状出发, 提出了基于超短期负荷预测的机组出力调度系统的构想。该系统通过调度员的参与能够实现全网机组出力的实时合理调节, 从而达到提高浙江电网守口水平的目标。文章进一步介绍了该出力调度系统的总体结构和设计方案, 并介绍了目前成功应用于浙江电网的几种超短期负荷预测方法。文章认为该出力调节系统具有较强的实用性, 在国内电网中具有普遍的通用性。

**关键词:** 超短期负荷预测; 自动发电控制; 调度; 机组出力

**中图分类号:** TM73 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)07-0070-05

## 0 引言

浙江电网是华东电网的一个重要组成部分, 当前华东电网对江苏、浙江、安徽和上海的联络线交换功率考核采用的是北美 CPS (Control Performance Standard) 标准<sup>[1]</sup>。在执行 CPS 标准时, CPS 不合格将带来巨额电量考核罚款, 如何提高 CPS 合格率成为三省一市一个需要重点关注的问题。对浙江 CPS 分析的结果表明, CPS 不合格造成罚款的点主要集中在 5:00~8:00、11:00~12:00、17:00~18:00 以及 21:40~次日 0:10, 这些恰好是系统负荷快速上升或者下降的时段。针对这种情况, 如果调度员能够提前预知未来的超短期负荷走势, 并且通过操作一套实用的机组出力调度系统, 就可以使机组出力尽可能跟踪系统负荷变化趋势, 从而避免因 CPS 指标不合格带来的电量罚款的问题。

负荷预测目前按照预测时间的长度一般分为长期、中期、短期和超短期负荷预测<sup>[2]</sup>。超短期负荷预测着重预测 5 min、10 min 或 15 min 以后的电网负荷值, 用于指导机组出力的经济分配和快速机组的启停。目前超短期负荷预测的方法很多, 比较常用的有时间序列、卡尔曼滤波、线性外推以及神经网络法等, 一种应用于浙江电网的基于负荷趋势的负荷求导法经实践证明也具有很好的效果。

常规的自动发电控制 (AGC) 是一个控制滞后的调节过程<sup>[3]</sup>。其原理是当系统频率或联络线功率偏离计划值时, 产生区域控制偏差 (ACE), AGC 系统根据 ACE 的大小对可控机组发出负荷调节命令, 机组响应控制命令后, 系统频率或联络线交换功率逐渐恢复到原计划值。不难看出, 这是一个先有

偏差, 再进行调节的过程, 其出力调节周期一般为 8~12 s, 负荷快速变化时, AGC 容量可能出现跟不上负荷变化的情况。另一方面, 系统中能快速响应的可调机组容量 (例如水电、燃气机组) 是非常有限而宝贵的, 希望将这一部分资源充分用于调节系统中负荷的快速随机变化。浙江电网 AGC 实际运行表明, 在常规 AGC 控制策略下, 当系统负荷处于长时间爬坡 (向上或向下) 过程中, 响应速度较快的机组逐渐接近其调节上限或下限, 而响应速度较慢的机组 (如火电机组) 仍有较大的调节裕度, 从而使系统丧失向上或向下的快速调节能力。

不难设想, 为避免出现上述情况, 如果将超短期负荷预测的结果应用于机组出力的超前调节, 对调节性能强、响应速度快的机组 (如水电), 可以按区域控制偏差 ACE 来进行调节; 对调节速度相对较慢的具有远动调节能力的 AGC 机组, 可以依据超短期负荷预测的结果由计算机根据机组特性、网络约束等参数, 每隔 5~15 min 在线计算各机组应执行的发电曲线 (进一步可以向经济调度控制 EDC 发展); 对于不具备远动调节的机组, 出力调度系统通过计算也按照 5~15 min 的时间间隔给出一个参考调节出力, 供调度员分析, 并利用电话或其它信道通知电厂加减出力。这样, 全网机组都可以参与到负荷变化跟随中来, 不仅可以有效地避免负荷变化快时段的罚款问题, 还可以减少 AGC 机组的无谓调节, 提高机组的使用寿命, 同时还可以充分发挥调度员的实时监控作用。

## 1 系统基本情况

机组出力调度系统实质上是一个建立在能量管

理系统 EMS 基础上的高级应用系统,目前成熟的 EMS 系统一般都具有以下几个特点<sup>[4]</sup>:

1) 友好、易于使用和维护的标准图形用户界面 GUI,使用户能够快速地熟悉、掌握和运用系统的各项功能,顺利完成电力系统的各项调度任务(实用性)。

2) 采用分布式结构,即结构与功能的分布,实现了数据分布和对数据的分布式处理,利于提高高级应用软件的可扩展性(可扩展性)。

3) 采用模块化结构,对不同类型的数据建立不同的库,实行程序和数据的严格分离,利于提高整个软件系统的可靠性(先进性和可靠性)。

4) 数据库系统,完整地描述了电力系统网络元件的数学模型,具有良好的安全性、透明性和严格的一致性。实时库的访问和检索按设备名进行,速度快,实时性好;历史库采用商用数据库,实现对历史数据的检索、归档等管理(安全性和可靠性)。

5) 提供一个开放式环境,这里包括操作系统、

开放式体系、数据库系统及其用户接口、网络通信标准(开放性)。

基于以上特点,可以将出力调度系统作为一个独立模块建立在如图 1 所示的系统中。出力调度系统利用来自 EMS 的 SCADA 实时负荷数据,通过自身算法提供的状态估计模块处理数据后,送入系统运算分析,并将处理结果通过局域网送入相应的 AGC 模块,控制 AGC 机组的出力调节,同时提示调度员用电话或其它方法通知非 AGC 机组的出力调节。

## 2 系统构成及接口设计

### 2.1 系统构成及配置

目前,EMS 系统一般都基于局域网设计,各个功能模块分别运行在不同的工作站。机组出力调度系统是其中的一个典型实时在线应用子模块,其详细的系统构成和配置情况如图 1 所示。

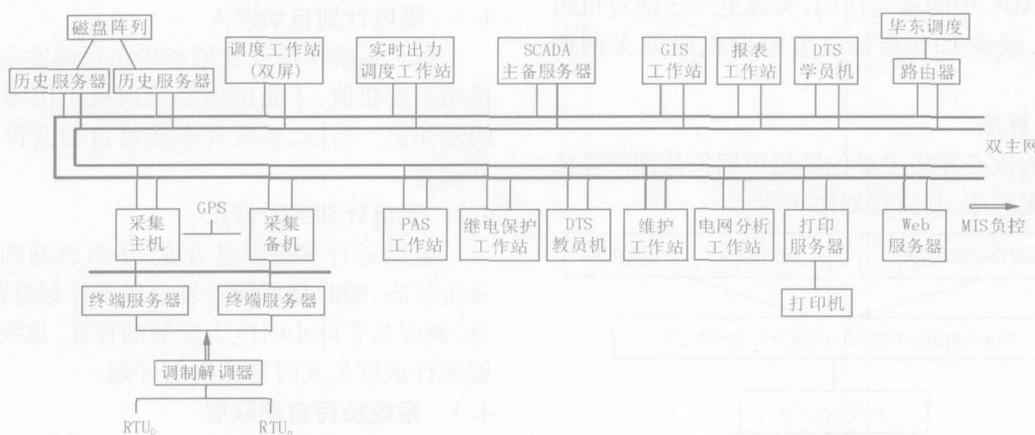


图 1 实时出力调度系统在 EMS 系统中的配置情况

Fig 1 Real-time generation control system in the EMS

### 2.2 系统基本信息流程

该实用化出力调度系统的正常运转,需要调度通信中心各个部门的通力合作,其一般流程如图 2 所示。

### 2.3 数据库接口

除了规定用 SQL 和 D/AS 访问数据库外,IEEE 并未对数据库本身做出规定,EMS 厂商都是自己开发实时数据库管理系统,为了更好地处理历史数据,建议采用实时数据库管理系统和商用数据库管理系统相结合来分别实现实时库和历史库的方式。实时库存放 SCADA 采集的实时数据并以一定周期刷新,可供局域网上各种实时在线应用使用;历史库存

放历史数据,可供局内各职能部门进行生产管理和报表分析。通过访问实时库中的遥测表和遥信表就可以在局域网中挂接各种电力系统实时分析软件。

### 2.4 机组出力实时编制系统

系统中的机组出力计划是运方科在考虑负荷、电网运行方式、机组检修计划等实际情况制定出的安全经济方案。但该方案一般以 15 min 为基本单位,且该方案制定时所依赖的负荷预测一般以日为单位进行,故而其精度大多不能满足实时调度考核的需求。机组出力实时调度系统以该出力计划为参照蓝本,根据超短期负荷预测结果加以修正,在调度台上实时形成新的机组出力方案并通过各种渠道送

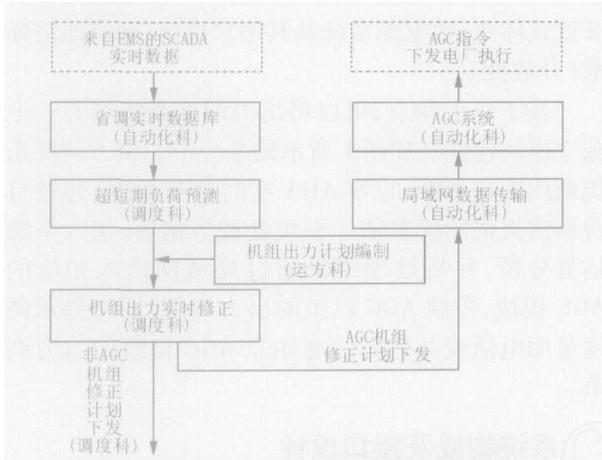


图 2 实时出力调度系统基本信息流程

Fig 2 Basic information flow chart of the real-time generation control system

到各发电厂执行。

根据 CPS 罚款时间段集中的规律,调度员可以选择是否运行该实时出力调度系统,从而充分发挥调度员在 AGC 中的参与作用,实现更经济地对机组进行调度,减少 CPS 指标良好时段机组的无谓调节。

### 2.5 核心算法

系统的核心算法主要包括超短期负荷预测算法与出力分配算法,其流程如图 3 所示。

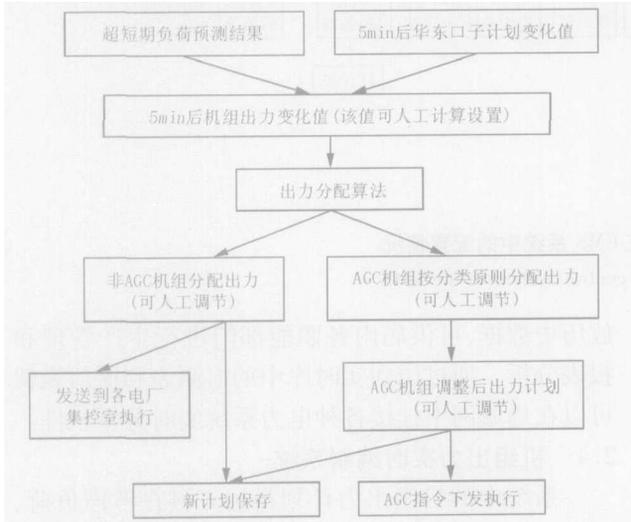


图 3 实时出力调度系统算法流程

Fig 3 Algorithmic flow chart of the real-time generation control system

超短期负荷预测算法的思想是在线监视当前负荷水平并根据历史经验预测下一时刻负荷值。要求算法能够做到在线修正,数据刷新周期短,预测精度尽量高。

出力分配算法是将超短期负荷预测算法预测出来的系统负荷,按照需要分配到各个发电厂的各台机组中去。分配算法的指导目标根据各个单位的要求有所不同,以浙江电网为例,在考虑安全约束的前提下,电力市场模式下要求出力分配以购电成本最小为目标,而在非市场模式下则以全网发电成本最低为目标。在经济调度控制 EDC 软件功能强大的基础上,可以将该分配算法与 EDC 相结合,共同实现负荷的最优分配。

### 3 浙江电网超短期负荷预测 SSILF 简介

超短期负荷预测结果的准确与否,直接决定了该系统的性能指标,是该系统的重中之重。目前超短期负荷预测的方法很多,浙江电网常用的有时间序列法<sup>[5]</sup>、卡尔曼滤波法<sup>[6]</sup>、启发式方法<sup>[7]</sup>、线性外推法<sup>[7]</sup>、负荷趋势法<sup>[8]</sup>等。

### 4 系统主要功能特点

#### 4.1 受电计划自动读入

综合系统负荷变化值和华东总调发来的口子交换功率变化值,才能得出系统内机组出力需要调整的变化值。所以,系统要求能够自动获得口子计划并储存。

#### 4.2 受电计划实时修正

电网运行状态瞬息万变,华东总调调度员根据系统状态,随时都可能对省市口子计划进行修改;另外,调度员省际小时电力交易的存在,也要求系统能够允许调度员实时修正受电计划。

#### 4.3 系统负荷自动获取

要求系统能够有独立模块自动从调度所 EMS 系统中的实时及历史数据库中获取需要的数据并更新自身对应数据库。

#### 4.4 历史负荷查询

系统可以查询数据库包含的任一天历史负荷,供运行人员参考。

#### 4.5 历史数据样本维护

系统应具备初步的状态估计功能,能实现坏数据的自动剔除,同时也能够为运行人员人工维护样本提供友善开放的用户接口,以便为负荷预测子模块更准确地进行预测提供历史数据样本。

#### 4.6 系统子模块间数据传输

从系统构成不难看出,系统各个子模块之间具有相当的独立性。例如,出力实时分配与超短期负荷预测就可以是相互独立的软件。在机组出力实时

调度中,出力实时调度子系统依赖下一个调度时段的超短期负荷预测结果安排各机组的出力,因此保证该子系统获得负荷预测结果至关重要。实现该方案的方法是保证负荷预测软件提前一定时间启动,通过进程间实时数据传输向出力调度子系统发送负荷预测结果并将该结果保存在出力调度子系统的自备数据库中。同时,出力调度子系统启动后应首先检查判断是否收到要调度时段的负荷预测数据以确保系统正常工作,当负荷预测数据丢失时,要发出相应提示报警要求运行人员进行干预。

#### 4.7 负荷变化率监视

统计分析日负荷曲线变化趋势,并高亮显示曲线变化斜率大的部分,供调度运行人员参考,总结负荷规律。

#### 4.8 预测误差统计

能够显示超短期负荷预测子模块中采用的各种预测方法的误差统计特性,可以调出历史预测结果进行误差统计分析,以便分析总结各预测方法的优缺点,从而进一步提高超短期负荷预测的精度。

#### 4.9 出力分配调度

出力的分配不仅要考虑系统的经济性,更为重要的是要考虑系统的安全性。在保证满足系统动静稳定限额以及输电网络接线等约束条件下进行出力分配,当有相关约束不能满足时,应提示调度运行人员,调度运行人员可以根据自身判断进行干预。

#### 4.10 机组管理

反映系统机组运行的实际情况,出力预测的结果只能在进入该出力调度系统管理的机组间进行分配。当系统机组恢复或失去出力调节能力时,要求能够在机组管理中实现该机组的增删,从而保证出力调度的正确性。

#### 4.11 快速 AGC 机组出力调度

根据区域控制偏差 ACE 来进行调节,并将调节量保存形成报表供运行人员参考。

#### 4.12 非快速 AGC 机组出力调度

在考虑这些机组出力加减速率和超短期负荷预测结果的基础上,形成各自的调节量并形成报表供运行人员参考。

#### 4.13 不具备远动调节的机组出力调度

在考虑超短期负荷预测结果和 AGC 机组调节情况的基础上,形成各机组的调节量。其原则是保证最大限度地发挥 AGC 调节能力,一般是在负荷快速爬升阶段将 AGC 机组出力调节至其可调范围下限,在负荷快速下降阶段将 AGC 机组出力调节至其

可调范围上限,在不能判断趋势情况下将 AGC 机组出力调节至其可调范围中间区域。非远动机组调节量可以通过调度员电话通知相关电厂,在运行过发电侧电力市场的浙江省也可以通过 MGC (Market Generation Control) 通道告知电厂。

#### 4.14 安全的自由投退

在负荷变化率小、CPS 罚款量少的时段,一般应选择退出该系统以避免 AGC 机组的频繁无谓调节。要求系统投退时段,机组出力能够平稳过渡,不发生突变。

## 5 结语

机组出力实时调度系统主要供省市值班调度员使用。通过该系统,调度员可以对发电厂机组出力进行更有效更合理的管理调整。该系统的使用可以使调度员从经验型转变为监控分析型,改变以往调度员仅依靠个人经验完成出力调整决策的方式,使调度员从简单的按照联络线口子偏差进行机组出力调整判断,过渡到对系统负荷的趋势特点了然于胸。

机组出力实时调度系统,不仅替代了以往调度员依靠电话频繁发令调整出力的单一模式,大大减轻了调度员无谓的劳动负担使其能将更多精力放在电网安全管理中去,而且该系统也使得出力调整更加及时直观,尽可能在华东 CPS 考核中避免巨额罚款,能够产生直接的经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 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 De-xing. Study of CPS Standards in East China Power Grid [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(8): 41-44.
- [2] 牛东晓, 曹树华, 赵磊, 等. 电力负荷预测技术及其应用 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1999.  
NIU Dong-xiao, CAO Shu-hua, ZHAO Lei. The Methods and Application of Power System Load Forecasting [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [3] 高宗和, 丁恰, 温柏坚, 等. 利用超短期负荷预报实现 AGC 的超前控制 [J]. 电力系统自动化, 2000, 24(11): 42-44.  
GAO Zong-he, DING Qia, WEN Bo-jian, et al. AGC-in-Advanced Based on Super-short-term Load Forecasting [J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(11): 42-44.
- [4] 王明俊, 傅书惕, 吴玉生. 面向对象设计的开放式能量管理 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.

- WANG Ming-jun, FU Shu-ti, WU Yu-sheng Open Energy Management System Based on Object-oriented Technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [5] 张颖,高中文. 基于时间序列和神经网络的电力系统负荷预测[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2003, 8(1): 30-32
- ZHANG Ying, GAO Zhong-wen The Load Forecasting of Electric Energy Based on Time Sequence and Neural Network[J]. Journal of Harbin University of Science and Technology, 2003, 8(1): 30-32
- [6] 谢开,汪峰,于尔铿,等. 应用 Kalman滤波方法的超短期负荷预报[J]. 中国电机工程学报, 1996, 16(4): 245-249.
- XIE Kai, WANG Feng, YU Er-keng, et al Very-short-term Load Forecasting by Kalman Filter Algorithm[J]. Proceedings of the CSEE, 1996, 16(4): 245-249.
- [7] 杨争林,宋燕敏,曹容章,等. 超短期负荷预测在发电市场中的应用[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(11): 14-17.
- YANG Zheng-lin, SONG Yan-min, CAO Rong-zhang, et al Application of Ultra-short-term Load Forecasting in Power Market[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(11): 14-17.
- [8] 吴劲晖. 负荷求导法在电网超短期负荷预测中的实践[J]. 中国电力, 2003, 36(3): 81-82
- WU Jin-hui Practice of Load Derivation for Super-short Load Forecast in Power System [J]. Electric Power, 2003, 36(3): 81-82

收稿日期: 2004-07-12; 修回日期: 2004-08-05

作者简介:

张 锋 (1977 - ),男,硕士研究生,从事电网调度自动化及电网安全分析方面的工作。E-mail: zhang\_feng@dczpepc.com.cn

张 怡 (1978 - ),女,助教,从事计算机技术在电力系统自动化中的应用与教学工作;

周剑波 (1962 - ),男,工程师,从事电网调度与管理工作。

### Design of real-time generation control system based on SSILF and AGC

ZHANG Feng<sup>1</sup>, ZHANG Yi<sup>2</sup>, ZHOU Jian-bo<sup>1</sup>, WU Jin-hui<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Electric Power Dispatching and Communication Center, Hangzhou 310007, China;

2. Zhejiang Electric Institute, Hangzhou 310015, China)

**Abstract:** Taking account of the characteristics of power load and the applications of AGC units in Zhejiang power grid, a practical design of real-time generation control system based on super-short-term load forecasting is presented. With this control system, the target for improving the level of ACE (area control error) control is realized by modifying the commitment to all the generation units in real time. Super-short-term load forecasting methods applied in Zhejiang power grid and the architecture of this control system are introduced. It shows that this control system is practical and can be used in other power grid likewise.

**Key words:** super-short-term load forecasting (SSILF); automatic generation control (AGC); dispatching; unit commitment

(上接第 61 页 continued from page 61)

作者简介:

李正天 (1979 - ),男,硕士研究生,研究方向为电力系统

继电保护; E-mail: tianlz9806115@163.com

游大海 (1956 - ),男,教授,从事电力系统继电保护和综合自动化方面研究。

### Discussion of serial-port communication in microcomputer relay protection

LI Zheng-tian, YOU Da-hai

(Dept of Electrical Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Serial-port communication is one of the most important devices in microcomputer protective products of power system. According to IEC60870-5-103 norm, the paper proposes a feasible communication project which is convenient to developing a variety of protective products. The communication protocols and hardware structure are briefly analyzed. The communication software structure and its program flow chart are detailed and function test results are presented. The project is proved to be effective and reliable. And a series of relay products have been applied in production.

**Key words:** microcomputer protection; serial-port communication; communication protocols