

智能平行控制在火电厂热工自动化的应用

陈德海¹ 蒋 薇² 孙坚栋³ 蔡钧宇⁴

1. 3. 杭州意能电力技术有限公司 浙江 杭州 310014

2. 4. 国网浙江省电力有限公司电力科学研究院 浙江 杭州 310014

摘要: 由于近年来中国的经济建设的进一步推进, 各种科学技术的发展也取得了突破性的进展, 智能控制快速发展, 同时它在各个领域当中的使用范围还在进一步的拓展, 在火电厂热工自动化当中的广泛应用显示出了重要的地位, 为火作智能化工艺的实现提供了极好的工艺支撑与工艺保证, 就火电厂热工智能化本身而言来说, 其具有相当的重要性, 而智能控制技术在其中的运用从相当的意义上推进着智能化科学技术的发展, 对其发展显示出了巨大的推进意义。

关键词: 火电厂热工自动化智能控制运用

引言: 智能化火电厂控制模式中, 需要以改善系统漏洞为标准, 注重自动化智能应用, 提升火电厂的管理质量和安全效率。按照智能控制模式标准, 实施有效的技术分析, 及时控制火电厂热工自动化的应用模式需求, 及时调整智能控制, 确保火电厂综合应用的实施。

1 火电厂的热工自动化概念

所谓火力发电厂的热工自动化控制系统, 其含义就是通过运用设计和管理有关的自动仪表和装置(包括计算机系统)是火力发电厂的热力生产系统实现开环的和(或)环的控制、管理, 使之安全、经济、高效地运行的技术措施。主要指的是对有关的技术参数及其在大型火电厂热力学环境中的数据处理、进行报警和监控、计算、以及进行自动维护方面的操作, 一般不需要人直接参与的, 而是利用智能化的仪表和监控装置来完成^[1]。热工自动化有效保证了热工装置的安全性, 并改善了设备的机械性能, 从劳动强度上降低了对工人的工作压力, 使工人的生活环境也获得了改善。

2 提高热工自动化控制系统的意义

火电厂发电, 由众多的设备共同完成, 发电机组的热工自动化控制系统在整套设备运行中的角色十分关键, 这不但为发电机组的设备提供了一个优越的运行环境, 同时, 当机组系统遇到意外情况后可通过与其他装置间的连接实现过载保障功能, 从而最大程度的保障机组系统不致遭受更严重的破坏。当设备恢复正常工作后, 就能够通过对参数的监测和大数据分析, 掌握了目前设备运行的真实情况, 为机组设备参数的调整与制定提供了重要依据^[2]。所以, 热工自动控制关系着整个火电厂的安全运行、稳定工作, 以及企业的经济效益。

3 智能控制技术的主要分类

3.1 智能平行控制

平行控制系统基于真实系统的物理模型基础建立相应的平行虚拟系统, 其理论核心为应用人工系统进行建模和表示, 在人工系统中模拟真实系统的变化过程, 通过计算实验进行分析和评估, 平行系统进行自适应调整并自动寻找系统运行的最优参数, 最后借助平行执行实现对真实系统的控制和管理。

平行控制系统已在城市综合交通领域、乙烯长安全生产领域、以及面向安全的社会计算与管理领域等领域率先应用, 在中国智慧电厂的建设浪潮中形成了基于平行控制理论的智能发电平行控制体系, 该体系总体划分为平行智能控制系统与平行智能管理系统二大部分, 因发电厂系统多且复杂, 需针对不同的实际控制需求开发不同功能的平行控制器, 并逐步协同控制目标形成整体的平行智能控制系统^[3]。

3.2 模糊控制

模糊控制主要是模拟人脑的思考模式, 并采用模糊推理的方式, 完成对复杂过程的管理。模糊控制主要使用模糊数学和模糊语言中的表达形式, 并遵循模糊推理的一般原理, 利用计算机手段进行模糊控制。模糊控制器拥有较完善的系统控制结构, 主要有如下的一些优点: 首先, 无需建立严格的数学模型, 操作人员可通过操作方法和相应的技术资料加以控制; 第二, 有很好的鲁棒性, 可以有效处理传统控制方法的本构非线性、时滞和时变系统中的研究问题; 第三, 可以运用过程化模拟人的思考方法解决的研究问题, 对信息准确性要求较小, 更适合于对复杂控制系统的研究问题。

3.3 专家控制

专家控制技术实现了国家控制系统原理、方法和专家系统思想、工艺的有效融合, 在具体应用上, 专家控制能够模拟专业思想, 从而完成系统的智能管理。专家

控制技术主要涉及二部分结构，即专业数据库、推理结构，而专家控制的过程就是先从专业数据库选取知识，然后再放到推理结构中，根据某一逻辑原则展开推理，从而对企业进行有效管理。专家控制系统的主要优势表现在以下几点：弹性度高，系统能够选择控制率值进行管理，也能够设定为可调节、易于管理的值；稳定性好，即使控制系统环境并不理想，比如误差量大或是非线性条件等，也能够保证良好的控制系统稳定性。

4 智能平行控制原理

火电机组生产过程控制区的智能化依赖于大数据智能与机理建模的有机融合，以及以运行操作为核心的智

能诊断与人机协作。平行控制论是目前处理复杂系统智能管理问题和协调优化的最高效理论体系之一，涉及到复杂系统的控制和管理问题，而控制实质上又是一个人因关系的复杂管理问题，在该技术架构下主要研究了复杂过程模拟、测试和控制的ACP技术。ACP方法包括人工系统(Artificial systems)、计算实验(Computational experiments)和平行执行(Parallel execution)。人工模式是指构建和现实模式不等价的模式；综合试验是在人工控制系统上开展各种试验，对系统做出研究和预报；平行实施是完成人工控制系统与实际工作的迭代调整，用平行实施的方法对系统的工作做出合理的。

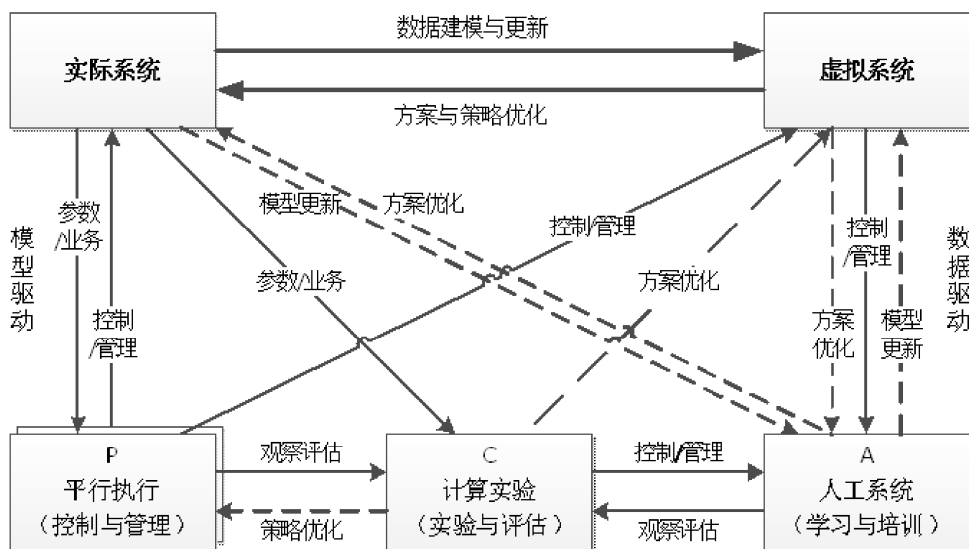


图1 智能平行控制原理

5 智能平行控制在火电厂热工自动化的应用

智能平行控制系统采用步序控制的方法实现智能自动化，全过程包括数据采集、建模、控制参数调整和优化控制器的平行执行，具体试验过程如下：

5.1 机组负荷稳定在550MW左右投入智能平行控制系统，系统第一步触发伪随机序列模块发出伪随机序列信号，在随机的时段分别发出-1.5℃和1.5℃的阶跃信号，持续时间为900秒，叠加至导前温度设定值指令上。系统同时触发时段数据采集模块记录实时数据。

5.2 智能平行控制系统数据采集完毕，系统第二步触发人工系统进行模型辨识，根据采集的时段数据，辨识出具体的模型特性参数，增益为1.4，惯性时间为203.42，纯迟延时间为54.53；辨识模块适应度值由30变化为21.43，说明辨识准确度提高。此时，出口温度为569.32℃，温度设定值为570℃，减温水调阀开度为18.68%，仿真系统设定值、被控量和控制量均为0。

5.3 智能平行控制系统建模完毕，系统第三步触发仿

真实验系统进行仿真实验，更新完模型参数后，仿真设定值由0变至5，仿真被控量为0，仿真控制量由0变化至11.2，再变化至3.56，进行仿真控制实验。

5.4 仿真被控量由0变化至5；15:40:24，仿真设定值由5变化至0，仿真被控量为5，仿真控制量由3.56变化至-7.8，再变化至-0.1；15:43:51，仿真被控量由5变化至0。

表1 仿真实验控制性能表

| 设定值变化 (℃) | 纯迟延时间 (s) | 稳定时间(s) | 过调量 (℃) | 衰减率(%) |
|-----------|-----------|---------|---------|--------|
| 0→5 | 60 | 207 | 0.01 | 99 |
| 5→0 | 60 | 205 | -0.01 | 99 |

5.5 智能平行控制系统仿真实验完毕，系统第四步触发平行执行系统进行平行执行，在实际控制模块中更新完最新模型参数后，温度设定值为由570℃变化至565℃，出口温度为571.14，减温水阀开度由29%变化至39.9%，再变化至23.7%，进行实际系统定值扰动试验。

5.6 出口温度由571℃变化至564.6℃；16:00:34，温度设定值为由566℃变化至571℃，出口温度为565.2℃，减温水阀开度由20.9%变化至2.4%，再变化至20.4%；16:02:20，出口温度由565.4℃变化至571.5℃，出口温度稳定在设定值30秒后，智能平行控制系统执行步序完

毕，汽温控制系统进入正常运行状态。

表2 现场定值扰动试验控制性能表

| 设定值变化 (℃) | 纯延迟时间 (s) | 稳定时间(s) | 过调量 (℃) | 衰减率(%) |
|-----------|-----------|---------|---------|--------|
| 570→565 | 52 | 210 | -1 | 99 |
| 566→571 | 53 | 203 | 0.3 | 99 |

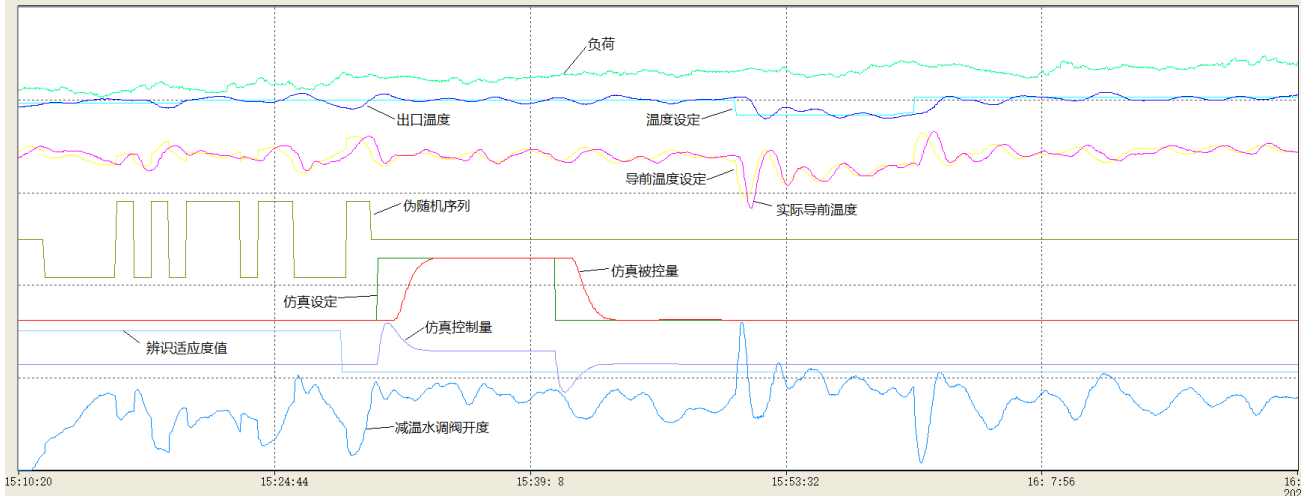


图2 汽温智能平行控制系统运行过程图

5.7 为验证汽温控制系统品质，机组处于AGC运行状态，负荷由587MW变化至540MW，将出口汽温设定值设为569℃，稳定运行1小时，观察出口NO_x的稳态控制情况，记录减温水调阀的波动情况和控制品质响应情况。

为569℃，稳定运行1小时，观察出口NO_x的稳态控制情况，记录减温水调阀的波动情况和控制品质响应情况。

表3 机组AGC运行汽温控制性能表

| 设定值 (℃) | 负荷变化 (MW) | 正向偏差量 (℃) | 反向偏差量 (℃) |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| 569 | 587→540 | 1.5 | -1.8 |

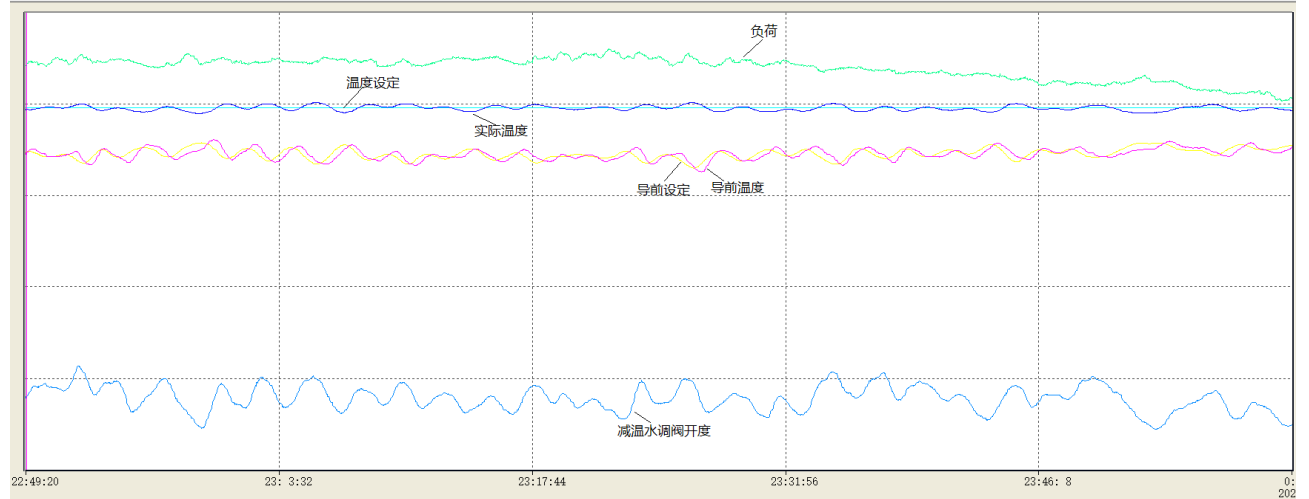


图3 机组AGC运行时汽温控制性能图

结语

机组汽温智能平行控制系统试验基于平行控制理论，自动实现了平行控制的三个基本要素（人工系统、仿真实验和平行执行），通过程控方式，按步序自动完成人工系统建模、仿真实验和平行执行。在人工系统阶

段，系统自动触发激励信号并完成数据采集，在仿真实验阶段，系统自动完成数学模型的阶跃响应实验；在平行执行阶段，系统自动完成实际控制模块模型更新并进行现场阶跃试验，待试验完成后，系统投入正常运行，较好地实现了汽温控制的智能自动化过程。

在实践开发的过程中,智能管理技术已取得了相当优秀的成果,同时也在实际运行中进行了有效的探索与改进,同时也引入了越来越广泛的应用领域当中,如在火力发电厂热过程监控系统中引入了智能管理技术,就可以有效克服管理中存在着多样化的困难,因此,随着智能管理技术的进一步普及,对火力发电厂热工自动化系统的控制效率需求也将会进一步增加。所以,必须要重视智能控制技术的开发,提高对智能控制关键技术

的研究力度,为火电厂的制定创造合理的基础。

参考文献

- [1]张卫宁.智能控制及其在火电厂热工自动化的应用[J].山东工业技术,2015(13):162-163.
- [2]马丹.智能控制及其在火电厂热工自动化中的应用[J].百科论坛电子杂志,2019(5):416-417.
- [3]尹峰.智能发电平行控制技术架构及核心应用[J].自动化博览,2019(09):42-47.