

文章编号: 1006-4729(2007)02-0147-04

国产数字电液控制系统应用现状分析

李 平, 彭道刚, 杨 宁

(上海电力学院 电气与自动化工程学院 上海 200090)

摘 要: DEH 控制系统作为一个已经在电厂得到普遍应用的汽轮机控制系统, 在引进、消化、发展的过程中曾经出现过多种形式, 一段时间内还在电力系统中形成争议. 着重介绍了目前国内电厂所普遍应用和曾经应用过的几种 DEH 控制方式, 并加以比较, 分析了各种方式的优缺点, 并根据目前电厂控制系统的现状推断其发展趋势.

关键词: DEH 现状; 发展趋势

中图分类号: TM571.6+5 文献标识码: A

Analysis of the Status Quo of Domestically made Digital Electric Hydraulic Control System in Power Plants

LIPing PENG Dao-gang YANG Ning

(School of Electric Power and Automation Engineering Shanghai University of
Electric Power Shanghai 200090 China)

Abstract As an available turbine control system, Digital Electric Hydraulic control System has had various control forms in the process of being introduced, digested and developed. Furthermore, it has caused arguments when used in electric power system over the time. The introduction of the popular and ever used forms of DEH control methods are studied in focus, then their advantages and disadvantages are compared. Finally, the developing trend on the basis of the current status of DEH Control System in power plant is deduced.

Key words: DEH; current status; trend

在电厂的控制系统中, DEH 控制系统作为整个电厂的一个子系统, 直接控制汽轮机装置, 直接与电厂的负荷和汽轮机保护回路相关. 在电厂的所有控制系统中, DEH 是一个长期以来独立于分散控制系统 (Distributed Control System, DCS) 之外的子系统. 本文着重分析和探讨 DEH 系统在电厂使用的现状和发展趋势.

1 DEH 系统

DEH 系统的概念是由美国西屋公司

(Westinghouse) 最早提出的. 以河南省姚孟电厂为代表的一批用户, 最早将该系统引入中国, 从而引发了电力系统关于汽轮机控制的一场革命. 从 DCS 系统的发展历程看, 早在 1950 年, 美国 Leeds & Northrup 公司就已经提出, 并在全球范围内设计和制造了第一套锅炉控制系统, 即 DCS 的前身^[1]. 而 DEH 控制系统的产生和发展相对较晚, 这主要由于国外电厂设备的设计生产水平、辅机设备的制造情况和使用情况比较好, 一般不需要设置该系统, 只需将汽轮机作为一个性能稳定、动

作可靠的大型执行机构进行控制就可以满足电厂实际控制的需要.另外,DCS的设计生产厂商一般都不是汽轮机的制造商,难以获得汽轮机完整而准确的数学模型,不可能也没有必要针对汽轮机的控制设计单独的控制系统.而美国西屋公司是专业的汽轮机设计制造商,因此,当有对汽轮机控制系统进行单独设计的需求时,便率先开发设计了 DEH控制系统,由此对整个汽轮机的控制产生了深远的影响.

进入 20 世纪 80 年代,随着中国生产力水平的不断提高,电力行业迎来了第一个发展高峰,国外的先进技术不断引进,其中就包括锅炉、汽轮机等大型设备的制造技术,以上海汽轮机厂和哈尔滨汽轮机厂为代表的大型电力设备制造企业先后引进了美国西屋公司的汽轮机制造技术,同时 DEH 控制系统也作为其配套设备被引进.

在引进美国西屋公司 DEH 技术的同时,国内开始并逐步加强了该系统的国产化研发之路.以上海发电设备成套研究所为代表的一批工程技术人员在上海市闵行电厂开始了该系统的设计研发工作,经过几年的不懈努力,终于解决了其中最关键的汽轮机调节阀门的伺服控制和阀门管理等核心问题.在国内 3 大汽轮机厂的配合下,在学习研究美国西屋公司的 DEH 系统,进而吸收消化下,国产 DEH 的样机终于诞生了.第一台国产 DEH 系统在湖北汉川电厂投运成功并稳定运行,这标志着国产 DEH 系统的设计和生 产宣告成功,具有里程碑的意义^[2].

DEH 技术的国产化,对国内电力系统的发展产生了深远的影响.由于其价格仅相当于进口系统价格的 1/3 在填补国内空白的同时也为国家节约了大量的外汇.根据电厂设备的一些特殊环境因素和使用习惯,DEH 系统的设计也正在不断修正和完善之中,使其更加人性化.

2 DEH 系统的功能及其改进

以 300 MW 机组为例,进口 DEH 系统大致包括以下几个功能.

(1) 转速控制 控制汽轮机转速为 0 ~ 3 000 r/m.

(2) 并网带初负荷 机组并网,带 3% ~ 5% 的初负荷,即让调节汽门在原来位置的基础上开 3% ~ 5%.

(3) 负荷控制 控制汽轮机从初负荷到 300 MW.

(4) 超速保护 一是电超速保护,103% 保护,只关调节汽门,不关主汽门,延时后恢复,使机组转速维持在 3 000 r/m;二是 110% 超速保护,110% 保护,关主汽门和调节汽门,机组转速到 0 r/m.

(5) RUNBACK 功能 100% RUNBACK 功能;50% RUNBACK 功能.

(6) 辅助回路功能 功率回路投入/切除;调节级压力回路投入/切除.

(7) 在线阀门试验 单侧油动机试验;单个油动机试验.

(8) ATC (Automatic Trip Control) 功能.

国产 DEH 系统在吸取国外公司经验的前提下,针对国内机组的特点,改进和完善了以下 9 大功能.

(1) 摩擦检查 在汽轮机转速为 50 r/m 时检查汽轮机的轴瓦等安装情况,通过 DEH 显示画面观察轴瓦温度、振动等参数,以代替原来运行人员采用探棒到汽轮机机头听声音判断运行情况的方式.

(2) 阀门管理 为达到线性控制,保证负荷的稳定控制,在软件中采用反凸轮曲线将阀门的凸轮特性平衡,从而得到一条适合计算机控制的线性阀门特性曲线进行控制.

(3) 自动准同期 汽轮机转速达到 3 000 r/m 时,投入该回路,通过和准同期装置的连接,接收准同期装置自动发出的转速增减信号,快速搜索并达到网频,具备并网条件.同期的转速控制速率可根据用户要求自动设置.

(4) 甩负荷和小岛试验 根据用户要求设置的甩全负荷和甩部分负荷的试验,需配合旁路系统进行.

(5) 经验曲线的启动 由于 ATC 一般无法实现,可以由汽轮机厂提供该汽轮机的最佳运行曲线,由 DEH 中国软件程序控制汽轮机的启动曲线.

(6) 一次调频 在汽轮机的负荷控制中,网频的变化可以通过调节相应汽轮机汽门的开度来维持汽轮机的稳定运行.在 DEH 系统中转速不等率在线可调 (3% ~ 6% 范围内),不同于机械转速不等率,一旦安装调试结束后在线无法改变.灵活

的电子转速不等率可保证汽轮机在最佳工况下进行调峰。

(7) 机炉协调和 AGC 当 DEH投入 CCS协调控制回路后, DEH即由 DCS通过锅炉侧进行控制, 即通过锅炉参数的变化来控制相应的 DEH调门开度以达到调节负荷的目的, 而 AGC就是汽轮机控制的最好方式, 即由电网的中调直接指令机组进行负荷的升降, 以满足稳定电网的要求。

(8) Emergency Trip System (ETS) 功能的进入^[3] ETS以往一直作为一个单独的系统存在于汽轮机保护回路中, 最早的方式是通过继电器回路来完成, 即对汽轮机超速保护, 属于跳机保护。现已广泛地应用于 DEH系统中, 只需对原来的 DEH液压部套进行适当的改进即可。

(9) 可靠性设计^[4] 将控制回路的转速信号与保护回路的转速信号来源分开, 同时采用三选二的方式保证转速控制和保护的可靠性; 重要的控制参数如主蒸汽压力、调节级压力等均采用三选二的冗余; 阀门控制回路一一对应, 因为高压纯电调的 DEH采用液压部套, 尤其是油动机均为双侧进油, 控制时每个伺服控制回路对应一个油动机, 以保证一旦出现故障不会影响整个 DEH的控制; 油动机的位置反馈信号采用冗余配制, 即两个 LVDT信号进行高选, 一个出现故障不会影响油动机的控制; 超速的三级保护, 即 103% 保护, 110% 保护, 机械超速保护, 可根据用户的要求和机组的不同, 通过组态灵活设置具体保护的動作转速。

通过上述功能的设计, 使 DEH系统能够真正满足国内机组的需要, 国内 DEH厂商也能相对方便快捷地获取国产机组的第一手运行资料, 及时进行系统改造。

3 国产 DEH系统的应用

根据机组大小的不同及其对汽轮机控制的不同要求, 综合经济性因素, 经过 20 多年的开发和实践, 以及近 10 年在电厂改造机组上的不断实践和完善, 国产 DEH应用大致分为以下 4 种。

3.1 伺服直流电机控制型 DEH

该类型 DEH主要用于小型电厂机组中, 成本要求比较低, 对控制精度的要求也不高, 实现了远程手操作代替现场运行人员手动操作同步器进行

冲转和带负荷操作, 采用高精度的直流伺服电机来驱动同步器装置, 从而提高了控制精度。

其优点是成本低 (一般可以控制在 10 万元以内), 改造的工作量小, 简单易行。缺点是控制精度受直流伺服电机的影响比较大, 属于非线性控制操作。

目前国内只有极少数电厂用户采用该类型的 DEH系统。

3.2 电液转换器型 DEH

此类型的 DEH系统已经广泛应用于 50 MW 及以下机组, 一般由汽轮机厂成套, 国内最有代表性的是 WOODWARD 的 DEH控制器。它在主机设计时已经考虑了相关的控制回路设计, 即由电液转换器来控制阀门的开度, 控制信号由计算机完成, 直接接到 DCS系统中, 也可由单独的控制计算机与 DCS系统进行通讯。计算机发出的电控制信号通过电液转换器转换成油压信号, 以控制阀门的开度。同样, 行程的反馈信号与控制信号形成一个闭环控制回路, 以保证整个系统的控制精度和快速相应度。

目前国内一些生产中小型汽轮机的汽轮机厂, 如南京汽轮机厂、杭州汽轮机厂、青岛汽轮机厂、武汉汽轮机厂等均在汽轮机出厂时配制有该类型的 DEH系统。

3.3 低压纯电调 DEH

这是一种由汽轮机厂提出, 得到 DEH制造商广泛采用并成功应用于中小型机组改造的 DEH系统。与高压纯电调不同的是, 它不单独设置油系统, 而是延用透平油系统, 因此, 保留了大多数汽轮机的出厂配制。同时, 从经济性的角度而言, 相对高压纯电调 DEH其价格将大大降低。

伺服控制回路采用低压透平油系统, 伺服阀的选择必须适用于油质较差的条件。目前广泛采用的是 MOOG公司的 DDV阀, NAS8级即能满足启动要求。

一般低压透平油 DEH的一个调门对应两个单侧进油的低压油动机, 一个 DDV阀控制两个油动机的行程, 也有部分用户采用与高压纯电调相同的一个 DDV阀对应一个低压油动机, 能实现对阀门的管理, 有利于提高整个系统的控制精度。

该类型的 DEH系统主要用于装机容量在

135 MW 及以下的机组改造中。

3.4 高压纯电调 DEH

一般机组为引进型汽轮机,即西屋型的上海汽轮机厂、哈尔滨汽轮机厂的汽轮机、日立型的东方汽轮机厂汽轮机、阿尔斯通型的北京重型电机厂汽轮机。虽然各种汽轮机的调门个数不尽相同,但原理基本相同。其区别如下。

(1)西屋型 2个高压主汽门,6个高压调门,4个中压调门,2个中压主汽门。高压主汽门参与控制,启动中存在阀切换。

(2)日立型 2个高压主汽门,4个高压调门,4个中压调门,2个中压主汽门。高压主汽门不参与控制,没有阀切换。

(3)阿尔斯通型 中压缸启动为主要方式,启动中存在切缸的方式。

高压纯电调 DEH的特点是一个调门对应一个油动机,一套伺服机构,任何一个调门的损坏不会影响到整个机组的启动。

高压纯电调是针对 DEH的液压部套,即采用高压抗燃油的独立油系统。采用高压抗燃油主要是因为汽轮机的调门在启动的过程中温度比较高,透平油燃点低,无法满足要求。而采用独立油源是对油质清洁度的保证,防止了伺服阀出现卡涩而造成调门无法正常调节。

伺服控制回路采用高压抗燃油系统,油质得到保证,因此可以选择控制精度高的伺服阀。目前广泛采用的是 MOOG公司的伺服阀,油质必须达到 NAS级才能满足启动的要求。

在上述几种 DEH系统的设计和配制中,高压抗燃油 DEH系统在控制上更加复杂而精确,液压系统的设计也更完善,充分考虑了 DEH系统对控制的快速、精确、安全等各种因素。因此,国内 100 MW及以上机组基本都采用这种 DEH控制方式。其自身的优点也保证了 DEH系统能够很好地与

DCS系统进行机炉协调控制^[5]。

4 DCS和 DEH一体化的应用趋势

长期以来,DEH一直作为一个特殊的子系统独立于 DCS系统以外,在招标过程中也往往作为两个不同的系统。随着国内自动化水平的不断提高,DEH控制系统的许多核心技术不断成熟和公开化,越来越多的 DCS厂商具备了设计和生产 DEH系统的能力。由 DCS厂商成套,甚至由 DCS系统来完成和实现 DEH的功能已成为 DEH发展和推广的一个重要趋势。

DEH系统的简单化也是另一个重要发展趋势。汽轮机制造技术的不断成熟和发展,加上工艺水平的不断提高,汽轮机作为一个大型执行器成为可能。目前,在电力系统中越来越多的用户提出一键式启动要求,未来 DEH必将与其他执行机构一样被 DCS系统自动远程控制。因此,DEH将在真正意义上成为 DCS系统的一个子回路,但缺点是设备的体积较大,控制参数较多。

将 DEH作为 DCS系统的一个子系统来进行全厂的分散控制,可以方便电厂技术人员的掌握和操作,同时又可以减少电厂的人员配制,克服了 DCS系统与 DEH系统可能出现的接口问题。

参考文献:

- [1] 王爽心. 汽轮机数字电液控制系统 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005
- [2] 上海新华控制技术有限公司. 电站汽轮机数字式电液控制系统——DEH [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005
- [3] 朱越添. 茂名热电厂 5号机组 DEH和 ETS的应用与维护 [J]. 广东电力, 2006 19(3): 61-63.
- [4] 杨旭, 王志英, 科林. 5号机组 DEH控制系统介绍 [J]. 内蒙古石油化工, 2006 32(3): 35-37.
- [5] 李鑫, 何建华. 国产引进型 300 MW机组数字电调系统应用若干问题的探讨 [J]. 电力设备, 2000 (3): 29-31.