

自动电压控制系统 (AVC) 在发电厂侧的应用

唐建惠¹, 张立港², 赵晓亮²

(1. 河北省电力研究院, 河北 石家庄 050021; 2. 河北国华定洲电厂, 河北 定州 073000)

摘要: 随着调度自动化的不断发展以及用户对电压质量要求的提高, 自动电压控制技术 (AVC 技术) 不断在电网运用。电厂 AVC 自动调控装置是电网 AVC 系统的子系统, 通过与调度端的通信联系, 接受调度命令, 实现自动调压功能。它既能配合电网的无功优化控制, 实现电网无功优化, 又能实现电厂的独立控制, 改善母线电压水平。以定洲电厂为例, 介绍了自动电压控制系统 (AVC) 在电厂的安装配置情况、调压原理、软件设置以及现场试验情况。

关键词: 自动电压控制; 电厂; 配置; 试验

Application of the auto-voltage-control in power plants

TANG Jian-hui¹, ZHANG Li-gang², ZHAO Xiao-liang²

(1. Hebei Electric Power Research Institute, Shijiazhuang 050021, China;

2. Guohuadingzhou Power Plant, Dingzhou 073000, China)

Abstract: With the development of auto-dispatch and the improvement demand of voltage quality, the application of AVC technology in grid is more applied. AVC instrument in power plant is a subsystem of grid AVC system. According to the command from dispatch, it can accomplish the auto voltage regulation. It can not only optimize the reactive power in grid, but also control the bus voltage of power plant independently and improve its voltage level. Taking Dingzhou Power Plant as an Example, this paper describes the AVC equipment setting, voltage regulation principle, software configuration and AVC equipment testing data.

Key words: auto-voltage-control; power plants; configuration; test

中图分类号: TM76 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)04-0032-04

0 引言

电力系统自动电压自动控制系统 (AVC) 是电网调度自动化的组成部分, 运用网络技术和自动控制技术, 对发电机的无功进行实时跟踪调控, 对变电站的无功补偿设备及主变分接头进行调整, 有效控制区域电网的无功潮流, 改善电网供电水平。

电厂侧自动电压控制系统 (AVC 系统) 是电网自动电压控制系统的子系统, 安装于电厂控制室, 一方面配合电网自动化调度系统, 实现电网无功优化, 另一方面, 通过独立控制各机组的无功出力, 改善母线电压水平, 实时调节电厂高压侧母线电压。

本文以河北国华定洲电厂 2*600 MW 机组为例, 描述了电厂侧 AVC 设备的配置和试验情况。

1 系统概述

该厂 2007 年开始 AVC 技改工作, 采用山东某公司产品, 系统由上位机和下位机两部分构成。每个

节点有一台上位机, 该节点上挂接的每台发电机各有一台相应的下位机。上位机通过 RTU 通道与设于调通中心的主站通信, 向主站系统上传所需的实时信息, 接受主站端的控制指令, 并与多个下位机间实现闭环运行, 优化分配各机组实时输出的无功; 或根据预置的高压侧母线的电压曲线, 离线完成厂站端无功电压的优化控制。下位机接受上位机下传的控制指令, 通过调节发电机励磁电流, 实现发电机的自动电压控制。

通讯控制软件装在上位机中, 上位机安装在机柜中。后台机上安装数据库软件、计算模块软件和人机界面软件, 方便值班人员监控。

系统配置示意图如图 1。

针对此次工程, 国华定洲发电厂的配置方案如下:

1) 国华定洲电厂为一期 2 台 600 MW 机组, 每台机组配置 1 台下位机 (AVC-1 装置) 对相应的机组进行控制, 2 台下位机、2 台交换机、2 个 Modem 箱, 2 台工控机 (上位机) 共同组成一面机柜。

2) AVC 系统与省调的通讯: 与省调的通讯方式可采用网络通讯方式 (采用 104 规约), 通过数据网连接。

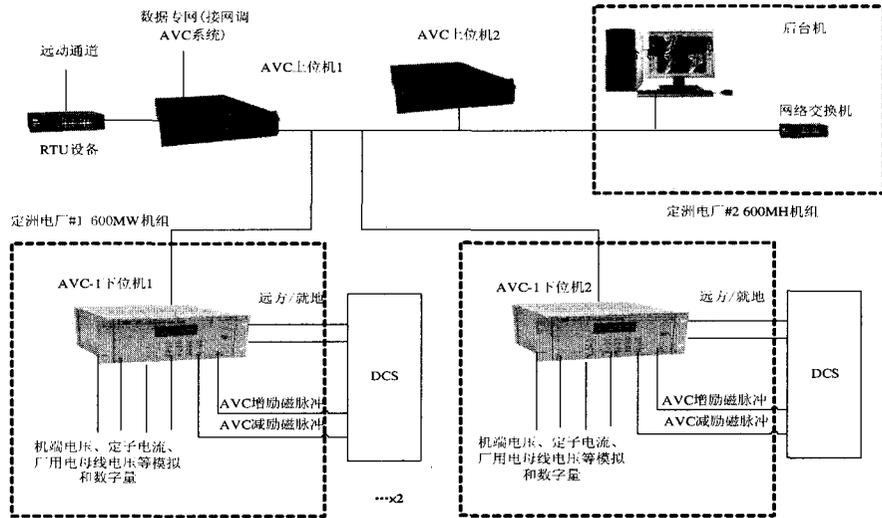


图 1 国华定洲电厂 AVC 系统配置结构示意图

Fig.1 Configuration of AVC system in Guohuadingzhou Power Plant

3) 从 RTU 并入所需要采集的信号 (包括母线电压、机组功率等模拟量, 升压站断路器位置信号、发变组保护动作信号等开关量) 到 AVC 系统。其它模拟量和开关量: 定子电流、厂用母线电压、发电机励磁回路故障信号、AVR 模式信号, AVR 手动/自动信号、AQR 模式信号, AQR 手动/自动信号、AVR 故障退出运行信号等从 DCS 输出取得。

4) 在各机组敷设采集遥测、遥信量的电缆。AVC-1 装置可以采集 10 路 4~20 mA 的遥测量和 10 路遥信开关量。AVC-1 装置需要采集的遥测量一般

包括机组的机端电压、定子电流、厂用电 I 段、II 段母线电压等; 遥信量一般包括“远方/就地”(“远方”指的是 AVC 控制系统侧, 即自动控制方式。“就地”指的是电厂自身的 DCS 控制系统, 即手动控制方式。)

AVC 装置以脉宽调节方式输出至发电机组的励磁调节控制系统。但当 AVC 装置异常或约束条件成立时, AVC 功能自动退出, 并遥控输出一个无源接点信号至机组的 DCS 系统。AVC 系统框图如图 2 所示。

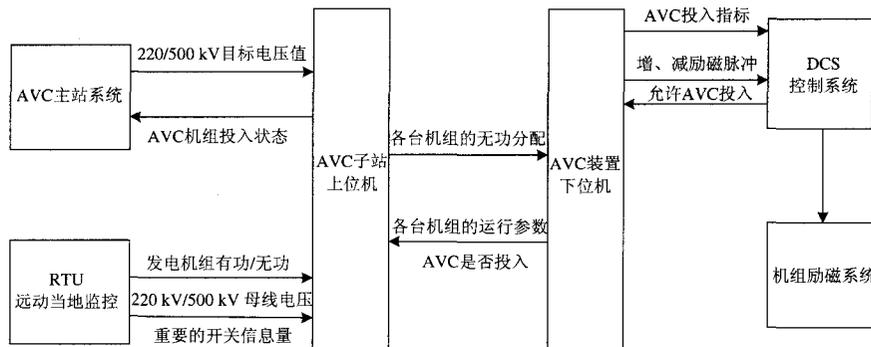


图 2 国华定州电厂自动电压控制 (AVC) 系统框图

Fig.2 Block diagram of AVC system in Dingzhou Power Plant

2 电厂侧自动电压控制原理

2.1 高压侧母线无功目标值

设当前高压侧母线电压为 U^i , 母线上所有机组送入系统的总无功为 Q^i 。要求调节的高压侧母线电

压目标值为 U^j ，需向系统送出的总无功为 Q^j 。系统电抗用 X 表示，则机组送入系统的总无功调节目标值为：

$$Q^j = U^j \cdot \left(\frac{U^j - U^i}{X} + \frac{Q^i}{U^i} \right) \quad (1)$$

因此，根据 U^i 、 Q^i 、 U^j 和 X 即可确定送入系统的总无功调节目标值 Q^j 。式 (1) 中系统电抗 X 为待定值。

2.2 系统电抗确定

根据如下方法计算：

$$(Q^{k+}/U^{k+} - Q^{k-}/U^{k-}) \cdot X = U^{k+} - U^{k-} \quad (2)$$

式 (2) 中， Q^{k-} 、 U^{k-} 、 Q^{k+} 、 U^{k+} 分别为所有机组第 k 次无功调整前后输入系统的总无功和高压侧母线电压。

2.3 无功在机组间的分配

按式 (1) 计算的总无功调节目标值，扣除不可调机组的无功出力，加上机组主变消耗无功及厂用电消耗无功后，将该目标值在所有可调无功出力的机组间进行优化分配。

根据当前运行点各发电机无功的上下限，以每台机的理想无功运行点为目标，将总目标值与总理想无功的偏差值，以每台机组的可调无功作为权系数，进行分配，得到每台机组的目标输出无功。

$$Q_{g, target} = \frac{Q_{g, max_d} + Q_{g, min_d}}{2} + \frac{(Q_{t, total} - \sum(Q_{g, max_d} + Q_{g, min_d})/2) \cdot (Q_{g, max_d} - Q_{g, min_d})/2}{\sum(Q_{g, max_d} - Q_{g, min_d})/2} \quad (3)$$

将在现场调试中，按平均、比例、等功率因数及向最佳无功运行点调节方式，为参与调压的不同机组分配无功目标值。综合应用上述几种分配方式，以获取最佳的无功分配效果。

2.4 机组升压变消耗无功的计算

按机端电流、主变阻抗，采用如下方法计算。

$$Q_T = 3 \cdot I^2 \cdot X_T \quad (4)$$

通过后台监控模块程序实现以下功能：数据采集和处理，控制操作，遥调功能，计算机统计功能，数据库建立和维护功能。

3 现场试验及数据分析

1) 系统首先设为开环运行方式，从后台机发出投入请求，在 DCS 侧由电厂方相关人员投入 AVC，

人工置入调整值进行调节。

a. 厂内调节电压试验

手动将 2 号机组的 AVC 下位机的“2 号机 AVC 投退把手”手动置合，从后台 MMI (人机界面) 将 2 号机组 AVC 投入。

考虑当前电压值，人工置入数据使 500 kV 母线电压上升或者下降既定幅度。AVQC 计算模块提出 2 号机无功调节方式，指令发出，调解成功，通过数据观察调解结果。现象分析：经过调节，电压达到要求，优化目标合理，指令执行成功，误差控制在要求范围内 (± 0.3 kV)。试验结果见表 1。

b. 录波试验

试验人员从上位机发请求命令，待投入 AVC 后，接收中调调节命令，将励磁的线解开，接入录波仪，观察接收到中调相关指令后，继电器动作方向是否正确无误。

表 1 厂内电压调节试验数据

Tab.1 The test data for voltage regulation in plant

调整指令	2 号机			
	调前无功 /Mvar	调后无功 /Mvar	调前电压 /kV	调后电压 /kV
增 0.5 kV	46	57	527.19	527.66
减 0.5 kV	61	49	527.40	526.85
增 0.9 kV	38	57	526.85	527.61
减 0.9 kV	62	40	526.99	526.12

试验发现，继电器动作方向准确无误，且脉宽符合要求。在试验过程中，机组的无功以及所对应得 500 kV 母线电压均在正常范围内波动，变化范围在计划中。试验结果见表 2。

表 2 #2 机组试验数据

Tab.2 The test data for unit2

调整指令	2 号机			
	调前无功 /Mvar	调后无功 /Mvar	调前电压 /kV	调后电压 /kV
增 0.5 kV	46	47	527.19	527.18
减 0.5 kV	48	49	527.82	526.85
增 0.9 kV	38	36	526.63	527.61
减 0.9 kV	38	40	526.10	526.12

c. 实际调整试验

将增励以及减励的压板恢复，并把 AVQC 计算模块设置为闭环状态，实际接收中调命值进行调节，观察调节是否理想。试验数据如表 3。

2) 现象分析：经过调节，电压达到要求，优化目标合理，指令执行成功，误差控制在要求范围内 (± 0.3 kV)。

4 结束语

试验中发现装置自身存在的问题是: 装置本身没有自检后的正常/故障信号输出, 另外没有投入后的反馈信号输出。这两个问题不会影响装置的正常调节工作。

经试验证明, 该厂 2 号机组自动电压调节装置 (AVC) 在闭环条件能够正确接收主站下发的调节命令, 在规定时间内提出调节策略并能正确对励磁系统进行增、减磁调节。目前, 该系统正在进行厂内闭环运行, 在中调正式分配网段地址后, 可以根据电网调度的要求投入运行。

表 3 实际调整试验数据

Tab.3 The real value for voltage regulate test

电压指令	有功/MW	无功/Mvar	机端电压/kV	定子电流/A	厂用电 1/kV	厂用电 2/kV	母线电压/kV
245 (上升 0.5 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	357	52	20.448	10 332	6.067	6.212	526.92
135 (下降 0.5 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	357	63	20.459	10 336	6.101	6.234	527.40
239 (上升 0.9 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	357	61	20.432	10 356	6.098	6.189	527.15
139 (下降 0.9 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	357	50	20.322	10 364	6.063	6.154	526.66
239 (上升 0.9 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	358	45	20.336	10 435	6.056	6.156	526.46
139 (下降 0.9 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	357	68	20.563	10 445	6.112	6.243	527.30
139 (下降 0.9 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	358	69	20.455	10 321	6.114	6.241	527.81
139 (下降 0.9 kV)	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后	调节前后
	358	43	20.232	10 342	6.055	6.165	526.87

参考文献

- [1] 郭庆来, 孙宏斌, 张伯明, 等. 自动电压控制系统的公共信息模型扩展[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(21): 11-15.
GUO Qing-lai, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. Extension of Common Information Model for Automatic Voltage Control System[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(21): 11-15.
- [2] 孙阳盛, 郁惟镛, 倪向萍. 改进的变尺度法在自动电压控制 (AVC) 中的应用[J]. 继电器, 2004, 32(6): 27-30.
SUN Yang-sheng, YU Wei-yong, NI Xiang-ping. Application of Modified DFP in the Automatic Voltage Control (AVC)[J]. Relay, 2004, 32(6): 27-30.
- [3] 林晓春. 电网自动电压控制系统在地县级调度的应用

和实现[J]. 自动化技术与应用, 2007, 26(11): 108-109, 104.

LIN Xiao-chun. Voltage Control in the County Level Dispatch[J]. Techniques of Automation and Applications, 2007, 26(11): 108-109, 104.

收稿日期: 2008-04-18; 修回日期: 2008-05-30

作者简介:

唐建惠 (1970-), 女, 高级工程师, 主要从事电力系统自动化方面的研究工作; E-mail: zhang3@dys.hbpc.com.cn

张立港 (1974-), 男, 工程师, 从事继电保护方面的研究工作;

赵晓亮 (1976-), 男, 工程师, 从事继电保护方面的研究工作。

(上接第 31 页 continued from page 31)

- RUAN Zuo-wei, LI Xiang. A New Method of Identifying Power Network Topology Error[J]. Northeast Electric Power Technology, 2004, 1(3): 11-13.
- [6] Singh H, Alvarado F L. Network Topology Determination Using Least Absolute Value State Estimation[J]. IEEE Trans on Power Apparatus and Systems, 1995, 10(3).

收稿日期: 2008-04-07

作者简介:

吴振华 (1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力系统状态估计; E-mail: wuzhenhua266@yahoo.com.cn

王克文 (1964-), 男, 博士, 教授, 研究方向为电力系统稳定性分析与控制。