

# 发电厂 AVC 系统存在问题及解决方案

龚恺恺

(浙江浙能镇海发电有限责任公司, 浙江 宁波 315208)

**摘要:**介绍了新泓口发电厂 AVC(自动电压无功控制)子站系统的配置情况, 针对调试过程及实际运行中发现的问题, 着重从 AVC 主站与子站的采样偏差、高压厂用变压器档位、无功分配策略、AVC 与 RTU(远程终端)的通信、KVM 延长器、AVC 投退时机等方面入手, 查找原因并给出解决方案, 提高了 AVC 的投入率和调节合格率, 并对同类机组 AVC 的调试和运行维护提出几点建议。

**关键词:** AVC; RTU; 配置; 无功分配; 策略

中图分类号: TM762

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2015)08-0034-04

## Problems in Application of AVC in Power Plant and the Countermeasures

GONG Kaikai

(Zhejiang Zheneng Zhenhai Power Generation Co., Ltd., Ningbo Zhejiang 315208, China)

**Abstract:** The paper introduces configuration of AVC substation system in Xinhongkou power plant. In view of problem in commissioning and actual operation, the paper investigates problems and the solutions in terms of sampling deviation of AVC master station and substation, tap position of high-voltage auxiliary transformer, allocation strategy of reactive power, communication of AVC and RTU, KVM extender, switching time of AVC to improve the service rate and adjustment qualified rate of AVC. Furthermore, the paper proposes several operation and maintenance advices for AVC of the similar units.

**Key words:** AVC; RTU; configuration; reactive power allocation; strategy

电厂侧 AVC 是用于与调度 AVC 主站共同完成对发电厂母线电压调控的系统。新泓口发电厂在安装调试和实际运行过程中, 遇到 AVC 主站与子站的采样偏差、高压厂用变压器(厂变)档位、无功分配策略、AVC 与 RTU 的通信、KVM 延长器、AVC 投退时机等问题, 通过查找原因并提出解决方案, 提高了 AVC 投入率和调节合格率。

## 1 新泓口发电厂 AVC 系统概况

新泓口发电厂建设规模为 2×350 MW 级燃气-蒸汽联合循环供热机组, 采用“一拖一”多轴布置的装机方案。11 号、21 号发电机型号均为 QFN-252-2, 12 号、22 号发电机型号均为 QF-100-2。

电厂 AVC 系统选用南瑞继保公司的 PCS-9700 厂站监控系统, 其 2 套主备冗余的 AVC 主机布置在 GIS 楼网络继电器室, 4 台 AVC 下位机测控装置 PCS-9705B 随各机组分别布置于对应

的电气保护室内, 集控室值长台设置 2 台远程操作显示器。2 套 AVC 系统同时接收省调主站下达的 220 kV I 段、II 段母线目标电压值, 和每条母线的无功参考上/下限值; AVC 主机根据目标电压值, 计算出电厂机组应承担的总无功出力, 在充分考虑各种约束条件后, AVC 主机将总无功功率合理分配给每台机组, 由 AVC 下位机测控装置输出增/减磁脉冲至 MARK VIe(11 号、21 号机组)和 DCS(12 号、22 号机组), MARK VIe 和 DCS 再分别向对应发电机的励磁系统发送增/减磁信号以调节发电机无功功率, 从而使电厂 220 kV I 段、II 段母线达到目标电压值。

## 2 AVC 系统调试运行中的问题及解决方案

### 2.1 省调主站与电厂子站 220 kV 母线电压采样值偏差大

在与省调 AVC 主站调试核对数据过程中,

发现省调 AVC 主站和电厂 AVC 子站画面上的 220 kV 母线电压相差 0.3 kV 左右, 而省调 AVC 考核的调节死区为 0.5 kV, 严重影响了电厂 AVC 的调节合格率。

电厂 220 kV 母线电压由 NCS(网络监控系统)的母线测控装置采集, 再通过网络与 RTU 主机通信, 由 RTU 主机分别将母线电压值送至省调主站和电厂 AVC 子站。经检查发现, RTU 主机送省调的母线电压值为 A 相电压采样值乘以  $\sqrt{3}$ , 而送电厂 AVC 子站的母线电压值为 AB 相的线电压采样值, 由于 220 kV 母线电压不完全平衡, 相与相之间有时存在 0.2 kV 的偏差, 经过  $\sqrt{3}$  的系数放大后, 偏差就会达到 0.3 kV。

针对该问题, 将 RTU 主机送省调的母线电压也更改为 AB 相的线电压采样值后, 省调 AVC 主站和电厂 AVC 子站画面上的 220 kV 母线电压采样值基本一致。由于省调 AVC 主站是在收到的电厂 AVC 子站母线电压实时采样值的基础上, 加上或减去逻辑运算后的偏差量再下发电压指令的, 因此省调主站与电厂子站 220 kV 母线电压采样值偏差越小, AVC 的调节合格率越高。

## 2.2 6 kV 厂用母线电压采样跳变

每套联合循环机组设有 6 kV A 段、B 段母线, 额定工作电压为 6.3 kV。厂用母线电压由 AVC 下位机测控装置从 6 kV 母线 TV 直接采集, PCS-9705B 测控装置每周波采样 80 点, 每 0.1 s 刷新 1 次后台监控系统数据, 参与 AVC 的闭锁逻辑控制。

在试验中发现, 由于厂用电母线上接有燃机发电机励磁变压器、LCI 隔离变压器、凝结水泵变频器等设备, 因此母线电压谐波含量较高, 而测控装置的交流采样频率较高, 经常出现母线电压采样值 0.1~0.15 kV 幅值的跳变, 导致厂用母线电压提前到达上调节(6.6 kV)或下调节(6.3 kV)闭锁定值, 闭锁了 AVC 对机组的调节, 从而影响调节合格率。

考虑到普通交流电压变送器为了获得平滑的直流输出, 其内部都有较大的滤波电容, 且一般响应时间为 300~400 ms, 其秒级的响应时间相对于 AVC 分钟级的调节时间可以忽略不计, 因此现场将 6 kV 厂用母线电压更改为通过普通变送器采集, 并将变送器的 4~20 mA 信号送至 PCS-

9705B 测控装置, 利用变送器固有的响应时间, 滤掉电压尖峰变化量。更改采样方式后, 厂用母线电压采样值显示稳定且无跳变, 平稳达到厂用母线电压上下调节闭锁定值, 提高了 AVC 的调节合格率。

## 2.3 高压厂变档位不合理

在停机状态下, 6 kV 厂用电系统由 220 kV 母线电压经主变压器和高压厂变 2 次降压获得。主变压器为无载调压(档位置于 235.95/15.75 kV), 高压厂变为有载调压(变比为  $15.75 \pm 4 \times 2.5\% / 6.3$  kV)。由于电厂处于电网负荷末端, 在停机状态下 220 kV 母线电压较低(一般在 225~228 kV), 因此高压厂变档位一般置于第 6 档(即 15.75-2.5%/6.3 kV), 将 6 kV 母线电压控制在 6.16~6.24 kV。在机组运行并且投入 AVC 后, 发现当厂用母线电压达到 6.6 kV 上调节闭锁值时, 机组无功及机端电压距离闭锁上限值还有很大裕量, 严重影响了 AVC 系统的无功调节能力。调整高压厂变档位至第 5 档(即 15.75/6.3 kV)之后, 厂用母线电压上下调节闭锁、机组无功上下调节闭锁、机组机端电压上下调节闭锁基本同步, 提高了 AVC 的调节合格率。

## 2.4 无功分配策略不合理

PCS-9700 厂站监控系统提供了 4 种无功分配策略。

(1)等功率因数: 把控制各台机组功率因数相等作为调节目标。当电厂机组参数一致、有功出力相近时, 其等同于相似调整裕度策略。

(2)相似视在功率: 把控制各台机组视在功率相等作为调节目标。当电厂机组参数一致时, 有功出力大的机组少发无功, 有功出力小的多发无功, 这样各机组电流相近, 有利于从总体上降低机组和主变压器的损耗。

(3)等无功备用: 使所有发电机的无功运行点至其无功上、下限的距离有相同的百分比。

(4)相似调整裕度: 把控制各台机组具有相等的无功上、下备用裕度作为目标。电压需要升高时, 具有较多无功备用的机组多增发无功; 电压需要降低时, 具有较多无功备用的机组多减发无功, 此策略可保证电厂有最大的无功备用。

电厂 AVC 系统原本采用相似调整裕度策略, 由于 4 台发电机组容量不一致, 在 AVC 调节过

程中，导致 12 号、22 号发电机组无功基本不调节，而 11 号、21 号发电机组无功剧烈调节，不利于机组的安全稳定运行，更改为等无功备用策略后，所有机组的无功基本按照同百分比上下调节，调节效果良好。

## 2.5 AVC 与 RTU 通信故障

电厂 AVC 系统需要接收升压站内 RTU 采集到的发电机组、升压站相关电气设备的运行数据及调度部门下发的 220 kV 母线目标电压指令，并将电厂 AVC 子站的遥信(例如子站的远方控制模式)、遥测(例如目标电压返回值)通过 RTU 传至省调 AVC 主站。

电厂南瑞 AVC 与升压站惠安 RTU 之间的通信模式为：当 AVC 作为子站与省调联系时，由 RCS-9798G 远动通信装置利用有线网络与惠安 RTU 通过 104 规约通信，将 AVC 的遥信、遥测传至 RTU，再由 RTU 上送至省调 AVC 主站，并接收 RTU 转发的省调 AVC 主站下发的母线电压目标值、死区、无功上下限等值；当 AVC 与惠安 RTU 建立联系时，由南瑞 RCS-9794 通信装置利用串口线与惠安 RTU 装置通过 101 规约通信，AVC 接收 RTU 转发过来的发电机、220 kV 母线的遥测和遥信值。

2014 年 5 月 7 日，南瑞 AVC 的 RCS-9798G 更改配置重启后，在调试过程中与省调 AVC 主站对点时，省调 AVC 主站无法收到电厂 AVC 子站的遥信和遥测信号，造成省调 AVC 主站收到的电厂 AVC 子站状态与当地监控后台的实际状态不符。

强制 RTU 装置内 AVC 子站的遥信点，发现省调 AVC 主站端相应变位无误，由此判断 RTU 与省调 AVC 主站间通信并无异常，而是惠安 RTU 和南瑞 RCS-9798G 远动通信装置之间的通信出现了故障。通过抓取报文和现场试验发现：RCS-9798G 重启约 30 s 后，硬件通信端口就打开处于监听状态，但是通信进程需要 4 min 后才能够完成，在此期间，RCS-9798G 在通信进程未完全启动的情况下，一旦发现有外部通信报文(惠安 RTU 发送过来的通信报文)介入，RCS-9798G 会自行将端口关闭。RCS-9798G 关闭端口后会使得 RTU 的通信主站软件判断为通信失败，RTU 在间隔数秒后会再次申请连接，而 RCS-9798G 在

关闭端口数秒后也会打开端口，为其通信子站软件响应主站询问做准备，在收到惠安 RTU 再次申请通信连接的报文后，又自行将通信端口关闭。如此反复几次后，惠安 RTU 装置软件将接南瑞 RCS-9798G 的端口闭锁为未激活状态后，不再发出询问，导致通信故障。

针对上述情况，考虑到南瑞 RCS-9798G 的软/硬件启动时间无法更改，因此将惠安 RTU 通信主站软件内判断链路重启后的再次询问时间修改为 5 min，用来躲过 RCS-9798G 通信进程的 4 min 启动时间；并在 RCS-9798G 通信进程未完成启动前，在惠安 RTU 中对 RCS-9798G 发送过来的报文帧做延时和滤波处理。经上述修改后，现场多次重启 RCS-9798G 装置，均通信正常。

## 2.6 KVM 延长器与主机不匹配

电厂 AVC 主机采用 NEC 公司的 EXP481A 服务器，放置于 GIS 升压站的网络继电器室，由于运行值班的集控室距离网络继电器室的电缆路径距离为 200 m，投产时采用中间光缆传输，两头光电转换，网线分别插入放置于集控室的 SUN RAY3 的 KVM 延长器和网络继电器室的 NEC 主机网口，利用标准的交换式以太网技术，将视频信号通过主机的网口传至 KVM 延长器，再将显示器、鼠标、键盘接至 KVM 延长器，用于运行人员在集控室监视和操作 AVC 系统。在实际运行中，发现每隔 22 天会出现 SUN RAY3 的 KVM 延长器与 NEC 主机通信中断，且无法自动恢复连接，从而导致集控室无法监视和操作 AVC 系统，只有就地重启 NEC 主机后才能再次连上。为确认集控室远程显示器无显示时，网络继电器室 NEC 主机显示输出是否正常，在 NEC 主机柜临时加装了 1 套显示器鼠标键盘，发现当 KVM 延长器与 NEC 主机通信中断导致集控室显示器无显示时，NEC 主机中的显示及操作一切正常。因此，考虑取消主机输出的虚拟视频信号通过网络传输的模式，新增 1 套 KVM 延长器设备，直接将 NEC 主机输出的视频信号通过显卡硬件口收集到 KVM 延长设备(发送端)，然后通过光纤直连的方式传送至集控室的 KVM 延长器(接收端)，再将显示器鼠标键盘接至 KVM 延长器(接收端)。由于采用光纤直连的方式，集控室直接通过 2 个 KVM 延长器完成对 NEC 主机视频信号的发送与接收，

表1 AVC投退历史记录

日期	机组号	机组并网时间	AVC投入时间	AVC投入时 机组负荷/MW	机组达到最低技术 出力的时间	实测母线电压与目标 母线电压跟踪效果	机组启动 状态
2014年12月15日	21	5:49	6:40	80	6:50	良好	热态启动
	22	6:24	6:34	40	6:40		
2014年12月17日	21	6:01	8:15	80	8:25	6:45至8:15效果差	温态启动
	22	6:38	6:45	40	6:58		

因此只要 NEC 主机就地显示和操作正常,则集控室的显示和操作也正常。

### 2.7 AVC投退时机选择不合理

根据规定,在机组负荷达到最低技术出力以上才进行 AVC 考核,电厂上报省调的 11 号、21 号发电机最低技术出力为 148 MW,12 号、22 号发电机最低技术出力为 52 MW。新泓口发电厂《AVC 系统运行操作规定及技术说明》规定,机组启动时,11 号、21 号发电机在负荷大于 100 MW 时投入 AVC 系统,12 号、22 号发电机在负荷大于 40 MW 时投入 AVC 系统。

按照 AVC 系统运行操作规定,已经考虑到在机组达到最低技术出力之前并留有一定裕量的情况下提前投入机组 AVC,但在实际运行过程中按此规定操作的 AVC 调节效果并不太理想。

选取 2 次较为典型的 AVC 投退历史记录(见表 1),经数据分析可知,12 月 17 日在 22 号机组达到最低技术出力时,21 号机组虽然已经并网运行但还未投入 AVC 控制,而省调 AVC 主站下发的电厂 220 kV 母线目标电压值及无功上下限是按并网机组的无功能力计算的,因此下发的指令已将 21 号机组的无功能力考虑在内。而此时 21 号机组由于未参与 AVC 调节,因此无功出力将维持不变,从而影响母线电压的调节合格率。21 号机组由于还未到最低技术出力,免于考核,但由于 22 号机组早就已经达到了最低技术出力,因此将影响 22 号机组的 AVC 调节合格率。

因此,为提高 AVC 的调节合格率,在整个升压站第一台机组并网时,AVC 可在该机组到达最低技术出力前投入,但在第二台机组要并网运行时,则该机组的 AVC 最好在并网后就立即投入,这样可以使得新并网机组尽快提供无功出力支持,参与对母线电压的调节,从而保证母线电压的调节合格率。在此之后新并网的机组参照第二台机组执行。

### 3 AVC系统调试及运行的几点建议

基于实际调试及运行经验,对如何提高 AVC 系统的投入率和调节合格率,提出以下几点建议:

(1)电厂 AVC 子站中 220 kV 母线电压采样要与 RTU 装置送省调的母线电压采样同源,如均以采集 AB 相的线电压为准,电厂 AVC 子站 220 kV 母线电压实测值推荐通过 AVC 与 RTU 装置通信获得,以保证省调 AVC 主站与电厂 AVC 子站中参与逻辑运算的母线电压数值保持一致,而不建议送省调 AVC 主站由测控装置采样、送电厂 AVC 子站的由电压变送器采样。

(2)电厂 AVC 子站中的厂用母线电压采样宜采用电压变送器或具有滤谐波功能的测控装置,以避免因厂用母线电压谐波对采样造成跳变而导致 AVC 提前上调节或下调节闭锁,从而影响 AVC 的调节合格率。

(3)合理选择高压厂变有载调压的档位。在 AVC 调节时,应将高压厂变档位置于“机端电压额定值/厂用电压额定值”档,以保证厂用母线电压、机组无功功率和机端电压基本同步达到上调节或下调节闭锁定值,从而最大程度地发挥机组参与 AVC 调节的能力,提高 AVC 的调节合格率。

(4)根据机组的容量及配置合理选择 AVC 的无功分配策略。AVC 厂家一般都会提供几种不同的无功分配策略供电厂选择,电厂需根据机组实际容量及运行工况合理选择无功分配策略,既保证每台机组的安全稳定运行,又保证每台机组的无功调节能力得到充分利用。

(5)RTU 与 AVC 最好采用同一厂家的产品。调试过程中应多模拟各类故障及可能出现的各种运行工况,尤其是不同厂家设备之间的通信调试,比如确认 RTU 与 AVC 之间的通信在掉电重启后是否正常。

(下转第 44 页)

(上接第 37 页)

(6)尽量不采用 KVM 延长器。如主机与操作台距离较远时,可以采用在操作台上增加一台操作员站的方式。如确实需要采用 KVM 延长器,则应将主机与操作台显示器距离控制在 80 m 以内,这样 KVM 延长器之间可直接采用网线连接,采用网线连接的 KVM 延长器应经过市场考验并已广泛应用。

(7)合理选择 AVC 投退时机。在保证机组安全运行的情况下,待机组并网后,确认机组各类参数在正常运行范围时,即可投入 AVC;在机组停机时,待到达解列负荷,再退出 AVC。AVC 投入越早,退出越晚,越有利于提高 AVC 的投入率和调节合格率。

## 参考文献:

- [1] 曹天明.浅谈影响电厂 AVC 合格率的因素及解决方法[J].电气工程与自动化,2013(3):32-33.
- [2] 李传波,段周朝,郑卫东.自动电压控制系统 AVC 在华能玉环电厂的工程设计[J].电气技术,2009(11):73-76.
- [3] 龚文强,陈晓强,陈海清.惠州液化天然气电厂无功电压自动控制装置的应用[J].广东电力,2011,24(6):75-79.
- [4] 雷惠博.电量变送器及其检测装置[M].北京:中国电力出版社,1999.

---

收稿日期:2015-03-30

作者简介:龚恺恺(1981),男,工程师,从事电力系统继电保护和自动装置管理工作。

(本文编辑:方明霞)