

广东电网电厂 AVC 子站建设研究

李 钦, 温柏坚

(广东省电力调度中心, 广东 广州 510600)

摘要: 从广东电网自动电压控制系统建设的角度出发, 对电厂 AVC 子站的整体设计, 应接入 AVC 主站的信息, 控制模式的切换逻辑, 控制的安全性和可靠性考虑以及异常处理原则等工程实施问题进行了研究, 为实现省调 AVC 主站对众多电厂 AVC 子站的协调控制给出了解决方案。

关键词: 电力系统; 自动电压控制; AVC 电厂; AVC 子站

Research of the construction of AVC substation of power plant of Guangdong power grid

LI Qin, WEN Bai-jian

(Guangdong Power Grid Dispatching Center, Guangzhou 510600, China)

Abstract: According to the construction of Automatic Voltage Control System of Guangdong power grid, some problems appeared in engineering application such as the whole structure design of AVC substation of power plant, the measurements of the AVC master station's requirement, the consideration of the safety and reliability of control, the switching logical of control schema, and the principle of exception handling, etc, are analyzed. And this paper presents a solution for the AVC master station to control different AVC substations of power plants coordinated.

Key words: power system; automatic voltage control; AVC; AVC substation of power plant

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)21-0038-05

0 引言

广东电网是一个典型的受端大电网, 外电送入广东的总量约为广东电力总量的 1/3, 落点需大量的无功支撑, 无功电压问题突出。在广东电网内部, 无功资源分布不均, 无功在不同电压等级间流动量大, 损耗大, 而且不能完全实现无功分层分区平衡, 不同区域、不同季节的电压调控难度大。因此, 要解决广东电网面临的日益突出的无功电压管理问题, 一方面除了要解决无功资源合理配置外, 另一方面需要尽快进行自动电压控制系统 AVC (Automatic Voltage Control) 的建设, 实现在全局层次上对电网无功电压分布进行综合的在线决策、调度和管理, 实现电网的安全、优质、经济运行^[1]。

目前国内得以工程实施的网省级 AVC 系统一个最主要的控制环是由运行于电网调度中心的 AVC 主站和运行于电厂的 AVC 子站共同组成^[3-5], 其中, AVC 主站通过采集全网的信息进行无功电压优化决策, 是 AVC 的“大脑”; AVC 子站通过对本地机组励磁调节器的调节实现主站下发的控制目标, 是 AVC 的“手脚”, 亦即分级电压控制模式中

所指的一级电压控制器^[6]。

当前, 国内对电厂 AVC 子站的研究开发日趋成熟, 电厂 AVC 子站的实现具有多种方式, 典型的有采用独立的 AVC 控制系统实现, 在电厂 RTU 中实现, 在电厂的 DCS/NCS 系统中实现等, 这些实现方式各有特点, 并都已得到工程应用, 在电厂调频中发挥着重要作用。

随着广东电网电厂 AVC 子站建设的铺开, 省调 AVC 主站将面对分布在全网各处的不同厂家不同型号的电厂 AVC 子站。省调 AVC 主站要实现对所有电厂 AVC 子站进行协调控制, 同时保证控制的安全性和可靠性, 首先需要解决以下问题:

(1) 电厂 AVC 子站应具有什么样的控制模式和运行方式;

(2) 电厂 AVC 子站应提供给主站什么信息;

(3) 电厂 AVC 子站应怎样进行控制模式的切换;

(4) 如何提高省调 AVC 主站对电厂 AVC 子站控制的安全性与可靠性;

(5) 电厂 AVC 子站应考虑哪些安全约束;

(6) 电厂 AVC 子站在异常发生时, 应采用什么

了保证控制的安全,对机组无功的单个调节步长有着严格的限制,这样就使得在负荷快速变化期间,如果主站直接下发机组无功出力目标来进行调压,其两次控制命令的下发间隔将非常小,遥调控制量将很大,对遥调通道的占用甚至可能影响到 AGC 的调节,而以电压作为目标值,则不存在此问题。

(3) 电厂变高侧母线电压是评估主网电压安全和电能质量的重要指标,电网的运行方式人员和调度人员都习惯以电厂变高侧母线电压作为电厂的考核目标或调度目标;以电压为控制目标,一方面便于方式人员进行方式安排,另一方面也便于调度人员根据电网运行的实际情况对自动调压进行干预。

因此,一般情况下,广东电网电厂 AVC 子站主要以全厂电压控制模式运行。

同时,考虑到由于电网方式安排,电厂短期内由合母运行转为分母运行方式等情况,电厂拓扑结构发生变化将影响 AVC 子站进行全厂电压控制。为了保证控制的持续性和可靠性,由 AVC 主站在方式变化前人工将电厂 AVC 子站切换为单机无功控制模式进行控制。

1.3 运行方式

电厂 AVC 子站的运行方式按照是否接收中调 AVC 主站实时下发的控制目标进行控制,可以分为中调控制,电厂控制和 AVC 功能退出三种。

中调控制方式,即 AVC 子站接收中调 AVC 主站实时下发的控制目标进行全厂电压控制或单机无功控制。正常情况下,电厂 AVC 子站投入运行后,都应投入中调控制方式。

电厂控制方式,即 AVC 子站不接收中调 AVC 主站下发的控制目标,而是按照电压计划曲线进行电厂就地控制,满足主网的调压要求。其中,电压计划曲线是由中调 AVC 主站生成或由方式人员制定后,通过调度数据网自动下发给 AVC 子站。当电厂与中调的远动通道中断或者中调 AVC 主站发生故障时,AVC 子站自动切换到电厂控制方式进行控制。

AVC 功能退出,即 AVC 子站停止控制,并可随时接受命令投入中调控制方式或电厂控制方式。当电网或设备发生紧急故障时,根据调度运行人员进行故障处理的需要,可以将 AVC 子站切换到 AVC 功能退出方式。

2 电厂 AVC 子站工程实施中的关键问题

2.1 子站运行工况接入

为使中调 AVC 主站掌握 AVC 子站运行工况,需要从电厂接入以下信息,包括:

(1) AVC 子站与 RTU/NCS 通信异常信号:在电厂的 RTU/NCS 系统中,对与 AVC 子站的通信链路是否异常或中断进行监视,并将通信异常信号上送中调。

(2) AVC 功能运行/退出信号。

(3) AVC 远方/就地信号:AVC 远方表示 AVC 子站为中调控制,AVC 就地表示 AVC 子站为电厂控制。

(4) 对应各机组的 AVC 下位机运行/退出信号。

(5) 对应各机组的 AVC 下位机是否异常信号:该异常信号由机组相关保护信号,机组励磁异常信号,机组调节无效信号等反映机组 AVC 下位机无法正常对机组进行调节的信号合并而成。

(6) 对应各机组的 AVC 下位机上调节闭锁信号。

(7) 对应各机组的 AVC 下位机下调节闭锁信号。

2.2 控制量反馈

为了使中调 AVC 主站及时地掌握子站的控制情况,电厂 AVC 子站需将下列控制信息反馈给主站。

(1) 控制命令原值:即 AVC 主站下发的设定目标值。由于遥调命令的下发涉及到 AVC 主站、中调前置机、电厂 RTU/NCS 系统、电厂 AVC 子站,环节较多,并经历了中调前置机到电厂 RTU/NCS 系统、电厂 RTU/NCS 系统到 AVC 子站的两次码值转换,因此,要求 AVC 子站通过远动通道返回控制命令原值,一方面可以在信号调试过程中方便维护人员检查整个通讯链路、码值转换等是否正确;另一方面,正式运行后,AVC 主站可以通过对下发的指令和接收到的返回命令进行校核,来保证控制的安全性。

(2) 实际执行值:即 AVC 子站根据其控制策略,调节步长约束及安全约束,实际执行的目标设定值。以全厂控制模式为例,当 AVC 子站接收到中调下发的电压指令后,采取逐步逼近的闭环调节,在 AVC 子站设定的单步调节量限制下,计算出相应的机组无功调节目标,当单步调节完毕后,再重新计算下一步的机组无功调节目标并进行调节,直到母线电压达到中调下发的电压设定值死区范围内,AVC 子站需将此过程中实际执行的电压设定值和机组无功设定值返回给中调 AVC 主站,便于 AVC 主站掌握机组调节过程,更好地协调各电厂 AVC 子站进行无功电压控制,同时这也是 AVC 主站对已发命令的校核手段之一。

2.3 子站控制模式切换逻辑

为了保证在电厂 AVC 子站功能投退和控制模

式切换期间电网运行的平稳, 本文对电厂 AVC 子站的功能投退与控制模式切换逻辑进行了设计。

1) AVC 子站投入运行时, 应首先运行在电厂控制方式, 按照中调 AVC 主站下发的当日电压计划曲线进行电压调节。如没有中调实时下发的当日电压计划曲线, (1) 电厂可根据中调方式要求的电压运行限值制定本地电压上下限曲线, 并按此曲线进行电压调节; (2) 如没有本地电压上下限曲线, AVC 子站需退出运行或者 AVC 子站功能闭锁, 不进行任何调节。

2) 当 AVC 子站由电厂控制方式切换为中调控制方式时, (1) 对于全厂电压控制模式, AVC 子站首先取母线当前电压作为初始设定值; (2) 对于单机无功控制模式, AVC 子站首先取机组当前无功出力作为初始设定值。同时, 与中调通讯中断计时器清零, 如指定时间内未收到新的设定值命令, 按通讯中断原则处理。

3) 当 AVC 子站由中调控制方式切换为电厂控制方式时, 同 AVC 子站投入运行时的处理原则。

4) 当 AVC 子站由全厂电压控制模式切换为单机无功控制模式时, AVC 子站应首先取机组当前无功出力作为初始设定值。

5) 当 AVC 子站由单机无功控制模式切换为全厂电压控制模式时, AVC 子站应首先取母线当前电压作为初始设定值。

采用以上策略, 可以使得在电厂 AVC 子站投退和控制模式切换期间, 不会对电网运行造成波动。

2.4 指令校核原则

为了防止电厂 AVC 子站接收到错误的设定值命令而误控, 同时避免无功电压控制给电网造成大的波动, 电厂 AVC 子站对于 AVC 主站下发的指令需按照以下几项限制值进行有效性校核及处理:

- 1) 母线电压容许设定的最大值/最小值;
- 2) 母线电压单次最大调节量;
- 3) 机组无功容许设定的最大值/最小值;
- 4) 机组无功单次最大调节量。

中调控制方式下, 当中调 AVC 主站下发的母线电压设定值或机组无功设定值超过以上四项限制值的约束时, AVC 子站应将该次命令判为非法命令, 并维持 15 min 内最后一次下发的正常设定值, 如无 15 min 内最后一次下发的正常设定值, 则自动切换到电厂控制方式。

电厂 AVC 子站首先需检查主站下发的设定值命令是否在允许的设定范围内, 如不在允许的设定范围内, 应采取相应的处理策略, 如在允许的设定范围内, 应检查该指令与当前值相比, 是否超过单

次最大调节量, 如超过, 应采取相应的处理策略。

2.5 双量测设计

为了保证 AVC 控制的安全性和可靠性, 防止由于量测的原因造成 AVC 子站系统误调节, AVC 子站对用于无功电压控制的电厂变高侧母线电压和机组无功出力等关键量测必须具备双量测并进行双量测处理。对于每一个关键量测, 都具有“是否主量测”与“是否有效量测”两个可人工设置的属性, 当双量测均为有效量测时进行双量测偏差检查, 当 AVC 子站检测到双量测偏差大于允许的限值时, 应暂停 AVC 控制, 同时相应机组的 AVC 下位机的上调节或下调节闭锁信号应为闭锁, 如检查发现为测量装置问题, 可将故障量测置为无效量测, 此时故障恢复期间为仅有一个有效量测, 不再进行双量测偏差检测, 恢复相应的 AVC 控制。如双量测偏差小于允许的偏差限值, 此时需选取其中一个量测作为主量测, 主量测的选取原则为必须与中调 AVC 主站所选主量测同源。

2.6 安全约束的考虑

为了保证电网和设备的运行安全, AVC 子站必须考虑充分的安全约束, 在安全约束达到时采取必要的措施进行处理, 并及时反馈给 AVC 主站。AVC 子站考虑的安全约束主要包括:

- 1) 出现低频振荡;
- 2) 母线电压或机组无功出现大的扰动;
- 3) 机组保护信号;
- 4) 变高侧母线电压约束;
- 5) 机组机端电压约束;
- 6) 机组机端电流约束;
- 7) 机组转子电流约束;
- 8) 机组有功约束;
- 9) 机组无功约束;
- 10) 用电母线电压约束。

当 AVC 子站检测到系统出现低频振荡, 或母线电压, 机组无功出现大的扰动时, 应暂停 AVC 控制, 并置相应机组的 AVC 下位机上、下调节闭锁信号为闭锁状态; 当 AVC 子站检测到机组相关保护信号时, 应暂停相应机组的 AVC 控制, 并置相应机组的 AVC 下位机上调节、下调节闭锁信号为闭锁状态。

AVC 子站在检查相关电气量约束是否越限时可采取“两道防线”的方式, 第一道防线为各电气量的闭锁值, 当检查到电气量越闭锁值时, 置相应机组的 AVC 下位机上调节或下调节闭锁信号为闭锁状态, 暂停相应方向上的控制, 当电气量恢复到闭锁值范围内时, 可自动清除闭锁状态; 第二道防线为电气量的限制值, 限制值范围包含闭锁值范围,

当电气量在限制值范围内闭锁值范围外时,仍属于正常可接受,当电气量超过限制值范围时,AVC 子站可对机组无功设定值或母线电压设定值进行修正,使得电气量回到限制值范围内,具体策略为:全厂电压控制模式下,首先检查各机组的无功分配是否符合既定的无功分配策略(如各机组等功率因数分配),并进行相应调整;如仍存在电气量越限制值,则将变高侧母线电压按两个调节死区的步长进行反向修正,重新计算各机组的无功设定值,并进行调节,逐步缩小越限量,直至越限电气量回到限制值范围内。单机无功控制模式下,按两个调节死区的步长对机组无功设定值进行反向修正,逐步缩小越限量,直至越限电气量回到限制值范围内。

2.7 其它异常处理原则

AVC 子站还需按以下处理原则对运行过程中发生的异常进行处理:

1)与中调通讯中断:中调控制方式下,如 15 min 内未收到中调下发的设定值命令,判为通讯中断,此时,电厂 AVC 子站需自动切换为电厂控制方式按电压计划曲线进行本地控制。

2)AVC 装置故障、异常、失电:如该异常发生在 AVC 子站下位机,对应机组的 AVC 调节异常信号为异常,对应的机组不再进行无功调节;如该异常发生在 AVC 子站上位机,则所有机组的 AVC 下位机异常信号应为异常,所有机组不再进行无功调节。

3)当 AVC 子站检测到机组长期调节无效果时,对应机组的 AVC 下位机是否异常信号应为异常,暂停对该机组进行无功调节。

4)当机组 AVR 出现异常信号时,对应机组的 AVC 下位机是否异常信号应为异常,暂停对该机组进行无功调节。

5)全厂电压控制模式下,当 AVC 子站检测到合环运行的两段母线电压偏差大,如果两段母线电压量测均为有效量测,此时应暂停 AVC 控制,如检查发现为测量装置问题,应由人工将故障量测置为无效量测,此时,如一段母线无有效量测,修复期间,不再进行两段母线电压偏差检测,恢复相应的 AVC 控制。

3 结论

本文从广东电网自动电压控制系统建设的角度出发,对电厂 AVC 子站应具备的控制模式和运行方式,应接入 AVC 主站的信息,控制模式的切换逻辑,控制的可靠性和安全性考虑,安全约束考虑以及异常处理原则等问题进行了研究,并给出了一套工程

实施方案,这是省调 AVC 主站实现对众多不同厂家不同型号的电厂 AVC 子站进行协调控制的基础。

参考文献

- [1] 广东省电力调度中心,清华大学. 广东电网 AVC 系统方案研究报告[R].2006.
Guangdong Power Grid Dispatching Center, Tsinghua University. Research of AVC System for Power Networks of Guangdong Province[R]. 2006.
- [2] 广东省电力调度中心.广东电网发电厂 AVC 自动电压控制系统技术规范(试行)[Z].2007.
Guangdong Power Grid Dispatching Cente. Specification for the Construction of AVC Substation of Power Plant of Guangdong Power Grid(Trial Implementation[Z]. 2007.
- [3] 李端超,陈实,吴迪,等. 安徽电网自动电压控制(AVC)系统设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(8): 20-22.
LI Duan-chao, CHEN Shi, WU Di, et al. Design and Implementation of Automatic Voltage Control System for Anhui Power Network[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(8): 20-22.
- [4] 郭庆来,孙宏斌,张伯明,等. 江苏电网 AVC 主站系统的研究和实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(22): 83-87.
GUO Qing-lai, SUN Hong-bin, ZHANG Bo-ming, et al. Research and Development of AVC System for Power Networks of Jiangsu Province[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(22): 83-87.
- [5] 郭庆来,王蓓,宁文元,等. 华北电网自动电压控制与静态电压稳定预警系统应用[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(5): 95-98.
GUO Qing-lai, WANG Bei, NING Wen-yuan, et al. Applications of Automatic Voltage Control System in North China Power Grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(5): 95-98.
- [6] 孙宏斌,郭庆来,张伯明. 大电网自动电压控制技术的研究与发展[J]. 电力科学与技术学报, 2007,22(1): 7-12.
SUN Hong-bin, GUO Qing-lai, ZHANG Bo-ming. Research and Prospects for Automatic Voltage Control Techniques in Large-scale Power Grids[J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2007,22(1): 7-12.

收稿日期: 2008-07-24; 修回日期: 2008-08-06

作者简介:

李 钦(1980-),男,工程师,工学硕士,主要从事电网调度自动化系统的运行维护工作;E-mail: liqin99@gmail.com

温柏坚(1963-),男,高级工程师,工学硕士,主要从事电网调度自动化专业管理工作。