

AVC 三级协调控制状态监控软件设计与实现

王光增¹, 叶永青¹, 黄 健¹, 赵冠军¹, 孔晓峰¹, 朱承治²

(1. 金华电业局, 浙江 金华 321017; 2. 浙江省电力公司, 浙江 杭州 310017)

摘要:经过多年的实践与改进,金华电网自动电压控制(AVC)系统已经实现了与省调、县调 AVC 系统的三级协调控制。为实时监控各级 AVC 系统的协调工作状态,设计并开发了一种 AVC 三级协调控制状态监控软件。首先分析了三级 AVC 系统协调控制机理,然后确定了需要监控的状态量及该软件的功能模块,最后介绍了该软件的设计与实现方案。实践结果表明,该软件能够为监控、调度以及 AVC 专责管理人员提供很好的参考。

关键词:电压;无功;功率因数;自动电压控制

中图分类号:TP273;TM732

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2011)04-0472-04

Design and implementation of AVC three-level cooperation state monitoring software

WANG Guang-zeng¹, YE Yong-qing¹, HUANG Jian¹,
ZHAO Guan-jun¹, KONG Xiao-feng¹, ZHU Cheng-zhi²

(1. Jinhua Electric Power Bureau, Jinhua 321017, China;

2. Zhejiang Electric Power Corporation, Hangzhou 310017, China)

Abstract: Based on the practice experience and incessant improvement these years, automatic voltage control(AVC) system in Jinhua power grid has achieved the three-level cooperation with AVC systems in province power grid and county power grids. In order to monitor the state of the cooperation of the three-level AVC systems, an AVC three-level cooperation state monitoring software was designed and developed. Firstly, the cooperation mechanism of the three-level AVC systems was analyzed. Then the data to be monitored and the functional modules of this software were determined. At last, the design and implementation of this software were introduced. Practice experience indicates that this software could provide useful reference to monitoring center, dispatching center and AVC system managers.

Key words: voltage; reactive power; power factor; automatic voltage control(AVC)

0 引 言

电压是电力系统的重要运行指标,也是电能质量的重要指标,而无功又是控制电压的决定性因素。随着社会经济的发展和人们生活对电能质量需求的不断增长,电压无功优化控制受到愈来愈多的重视^[1-9]。电力系统规模的不断扩大、电网互联紧密度的不断加强以及电力系统复杂程度的不断提高,使得电压无功优化控制的规模越来越大,原来仅在变电站侧装设电压无功自动控制装置(Voltage Quality Control, VQC)进行无功补偿已不能满足需要,电网统一的自动电压控制系统(Automatic Voltage Control, AVC)的研究和应用已经得到越来越多的研究人员和各级电网公司的重

视^[10-12]。自动化技术的发展使 AVC 得到了有效的应用,不仅提高了电压无功控制水平,也提高了控制效率(人工投切、调档)。AVC 已成为目前电压无功控制追求的最高级形式。

浙江电网及其所辖地区电网也在积极开展 AVC 系统的研究与应用^[13-16]。金华电网 AVC 单机系统于 2004 年正式投入运行,2006 年完成了分布式二级控制改造^[17],2009 年实现了与浙江省调 AVC 系统的对接。目前,金华电网 AVC 系统已成为省地县三级协调控制的重要中间环节,在优化本级电网电压和无功的同时,执行省调 AVC 系统下达的调节指令,并向县调 AVC 系统下发合理的期望指标。

AVC 省地县三级协调控制模式下,地区电网需要

对三级 AVC 系统的协作情况进行有效的监控,确保各级 AVC 系统实现期望指标。在实现省地协调控制之前,地区电网可利用 SCADA 系统,根据省调下发的固定考核指标对关口功率因数进行监控。但是,在省地协调控制模式下,省调实时下发新的考核指标,而 SCADA 系统无法获取该指标信息,监控和调度人员也就无法实时判断关口功率因数的越限情况。同样,在地调 AVC 系统直接控制 10 kV 电容器的模式下,监控人员只需要关注电容器投退情况即可,但是实现地县协调控制后,地调 AVC 系统不再直接下令投退 10 kV 电容器,而是给县调 AVC 系统实时下达考核指标,这就需要实时监控县调 AVC 系统执行地调 AVC 系统指令的情况。尤其是在 AVC 系统出现异常时,对这些信息的监控显得更加重要。

本研究详细介绍了金华电网 AVC 省地县三级协调控制状态监控软件的设计开发方案。

1 AVC 省地县三级协调控制模式

金华电网 AVC 系统同时与浙江省调 AVC 系统、金华电网所辖县(市)调 AVC 系统通信,是 AVC 省地县三级协调控制的中间环节。

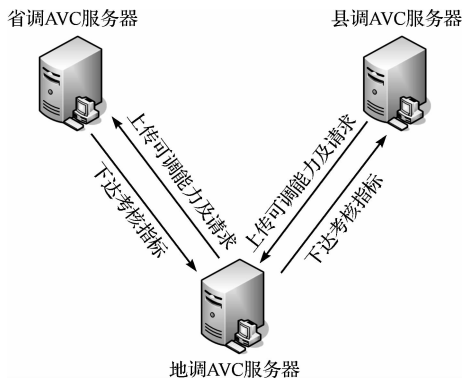


图1 AVC省地县三级协调控制示意图

省调 AVC 系统向地调 AVC 系统下达功率因数的考核指标;地调 AVC 系统向省调 AVC 系统上报可调节能力及请求,并向县调 AVC 系统下达功率因数的考核指标。县调 AVC 系统执行地调 AVC 系统的考核指标并向地调 AVC 系统上报可调节能力及请求。AVC 省地县三级协调控制的框架结构如图 1 所示,具体的协调机制可以表述为:

(1) 省调 AVC 系统:实时优化计算 220 kV 变电站层面地调与省调的交换无功,向地调 AVC 系统下达变电站高压侧母线电压、关口无功或关口功率因数等目标指令。在正常情况下尽量维持各变电站无功就地平衡,在 220 kV 电网电压越限且电厂失去调节能力的

情况下,牺牲地调电网的无功平衡参与主网调压。

(2) 地调 AVC 系统:将所辖各 220 kV 变电站可投/切电容器容量上传至省调 AVC 系统,同时还向省调 AVC 系统提出所希望的关口电压。在满足省调 AVC 下发的 220 kV 变电站关口无功和母线电压目标指令的前提下,实时优化本级电网电压和无功。若仅通过调整地调调度权限范围内的电容器和变压器分接头无法达到预期效果,则在综合考虑县调 AVC 系统提供的无功调节能力基础上,给县调下达各 110 kV 变电站合理的期望指标。

(3) 县调 AVC 系统:从县(市)电网角度出发,在满足地调 AVC 系统下达的考核指标前提下,实时优化本级电网电压和无功,并根据县(市)电网当前的运行情况,向地调 AVC 系统上报县调所辖范围内各 110 kV 变电站的无功调节能力。当电压不合格而本身又无调节手段时,向地调 AVC 系统申请通过调节上级厂站的设备加以改善。

2 需求分析与功能设计

2.1 省地协调实时数据监视及历史数据查询

当省调 AVC 系统与地调 AVC 系统通信正常时,省调 AVC 系统每隔 5 min 向地调 AVC 系统下达功率因数考核指标及调节指令,即实时考核指标;若地调 AVC 系统短时退出与省调 AVC 系统在线协调时,使用当天零点之前收到的随电压作阶段式浮动的功率因数考核指标,即日随电压考核指标;若过零点未收到日随电压考核指标,则使用离线定义的随电压作阶段式浮动的功率因数考核指标(即离线考核指标),如表 1 所示。

表1 离线考核指标

母线电压/kV	关口功率因数	备注
$U > 236$	$0.95 \geq \cos \varphi \geq 0.90$	高电压
$236 \geq U > 233$	$0.97 \geq \cos \varphi \geq 0.94$	
$233 \geq U \geq 223$	$1.00 > \cos \varphi \geq 0.95$	正常电压
$223 > U \geq 220$	$1.00 > \cos \varphi \geq 0.96$	
$220 > U$	$1.00 > \cos \varphi \geq 0.97$	低电压

地调 AVC 系统在接收省调 AVC 系统控制命令的同时,也实时向省调 AVC 系统发送地调的可调节能力。因此,AVC 省地县三级协调控制状态监控软件需实时获取并展示如下信息:

(1) 省调 AVC 系统下发的关口功率因数实时考核上限、下限、调节指令(包括上调、下调和保持)及下

发时间;

(2) 省调 AVC 系统下发的关口功率因数日随电压考核上限、下限;

(3) 省调 AVC 系统下发的关口功率因数离线考核上限、下限;

(4) 地调 AVC 系统实际采用的关口功率因数考核上限、下限(根据与省调 AVC 系统的通信情况确定);

(5) 地调 AVC 系统上报的关口功率因数上限、下限及上报时间;

(6) 关口实时功率因数;

(7) 关口实时电压;

(8) 关口功率因数越限情况(根据实际采用的考核指标判断)。

为在 AVC 系统调节失败后分析具体原因,AVC 省地县三级协调控制状态监控软件需具备以上信息的历史记录查询功能。

2.2 地县协调实时数据监视及历史数据查询

与 AVC 省地协调控制不同,地县协调控制过程中没有日随电压考核指标和离线考核指标,地调 AVC 系统向县调 AVC 系统实时下达合理的期望指标。县调 AVC 系统实时向地调 AVC 系统上传县调的无功调节能力。因此,AVC 省地县三级协调控制状态监控软件需实时获取并展示如下信息:

(1) 地调 AVC 系统实时下发的关口功率因数考核上限、下限及下发时间;

(2) 县调 AVC 系统实时上报的关口功率因数上限、下限及上报时间;

(3) 关口实时功率因数;

(4) 关口实时电压;

(5) 关口功率因数越限情况。

为在 AVC 系统调节失败后分析具体原因,AVC 省地县三级协调控制状态监控软件需具备以上信息的历史记录查询功能。

2.3 数据展示方式

AVC 省地县三级协调控制状态监控软件提供两种方式的数据展示功能:报表展示及曲线展示。

报表展示方式将所有变电站同一个时间断面上的数据展示在一个报表界面内,并按照可设定的周期刷新,如图 2 所示。该种方式的优点在于展示数据精确,能够清楚地判断数据的微小变化,并方便不同变电站数据的对比,其缺点在于只能展示某一个时间断面上的数据,无法展示数据的变化趋势。

变电站名称		离线考核上限	离线考核下限	日考核上限	日考核下限	实时考核上限	实时考核下限
1	宾王变	1	0.95	1	0.95	0.970179	0.9365
2	曹家变	1	0.95	1	0.95	0.969797	0.9406
3	大元变	1	0.95	1	0.95	0.96296	0.9196
4	东阳变	1	0.95	1	0.95	0.970853	0.9222
5	方岩变	1	0.95	1	0.95	0.9776	0.9247
6	丰安变	1	0.95	1	0.95	0.958746	0.9241
7	黄村变	1	0.95	1	0.95	0.978853	0.9296
8	建德变	1	0.95	1	0.95	0.963355	0.8701
9	江湾变	1	0.95	1	0.95	0.968171	0.9120

图 2 报表展示方式

曲线展示方式将某一个变电站各指标信息 24 h 内的数据动态展示在曲线上,如图 3 所示。其优点在于能够直观地展示数据的变化趋势,但与报表展示方式相比,该方式在一个界面上只能展示某一个变电站的数据,且精度上低于报表展示方式。

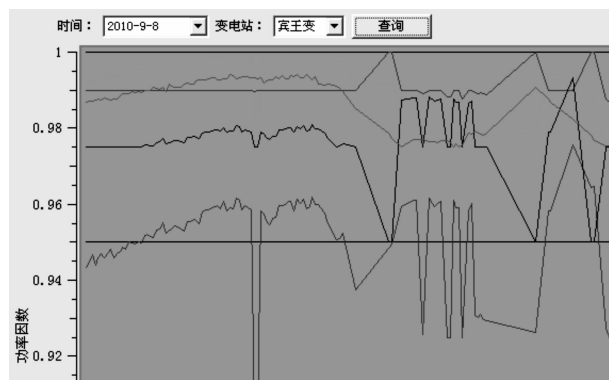


图 3 曲线展示方式

AVC 省地县三级协调控制状态监控软件同时提供这两种数据展示方式,AVC 专责管理人员可结合二者的特点,对 AVC 系统运行情况进行判断和分析。

2.4 越限告警

当省地县通信中断或者 AVC 系统内部出现异常时,AVC 省地县三级协调控制可能会失败,从而引起关口功率因数越限。AVC 省地县三级协调控制状态监控软件应当具备告警功能(包括语音告警及提示框告警),在连续出现几个(可设定)越限点后提醒 AVC 专职管理人员尽快查明原因并恢复 AVC 系统的正常控制。

2.5 考核统计

在 AVC 省地县三级控制模式下,省调定期考核地调 AVC 系统执行省调 AVC 系统指令的合格率,并将结果下发给地调。AVC 省地县三级协调控制状态监控软件也对该考核结果进行统计,一方面可以与省调考核结果进行对比,另一方面可以在一个考核周期结束之前实时关注考核情况。

同时,地调也对县调 AVC 系统执行地调 AVC 系统指令的合格率进行考核。AVC 省地县三级协调控制状态监控软件对该考核结果进行统计,作为对县调 AVC 运行管理工作考核的依据。

3 软件开发与应用

AVC 省地县三级协调控制状态监控软件基于 Qt 构架开发。Qt 构架具有很好的跨平台特性,因此,该软件既可以在 UNIX 系统上编译运行,也可以在 Windows 系统上编译运行。

本软件需要获取省调 AVC、地调 AVC、县调 AVC 3 个系统的数据,其数据获取流程设计如图 4 所示。省调 AVC 系统在本本地创建对应于各地调的指令文件后,通过省地通信通道发送到地调 AVC 服务器。县调 AVC 系统在本本地创建请求文件后,通过地县通信通道上传到地调 AVC 服务器。地调 AVC 系统在本本地创建包含实时关口功率因数和实时关口电压的文件。AVC 省地县三级协调控制状态监控软件远程读取地调 AVC 服务器上的相关数据文件,经过计算、比较,将结果以报表和曲线的形式展示给用户,并将各个时间断面的数据进行存储以备历史查询。该软件可根据用户输入的查询条件,将历史数据提取出来并以报表和曲线的形式展示。在 AVC 系统调节失败后,该软件将发出语音报警。

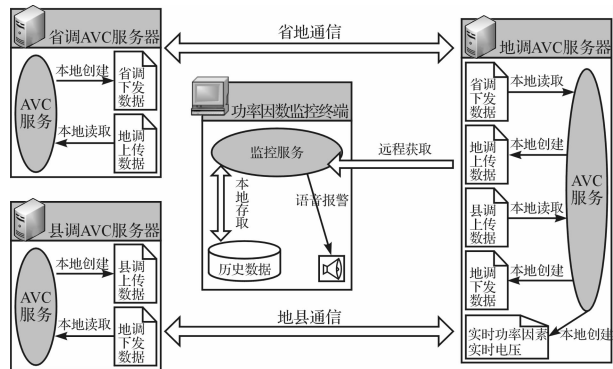


图 4 数据获取流程

AVC 省地县三级协调控制状态监控软件已在金华电网投入试运行。目前,该软件运行稳定,为 AVC 专责管理人员提供了很好的参考。

4 结束语

AVC 省地县三级协调控制模式下,地区电网需要对三级 AVC 系统的协作情况进行有效的监控,确保各级 AVC 系统实现期望指标。本研究详细介绍了金华电网 AVC 省地县三级协调控制状态监控软件的设计

和开发方案。该软件具备省地协调实时数据监视及历史数据查询、地县协调实时数据监视及历史数据查询、报表及曲线数据展示、越限告警、考核统计等功能,已在金华电网投入试运行。实践表明,该软件能够为监控、调度以及 AVC 专责管理人员提供很好的参考。

参考文献(References):

- [1] 曹胜利,李兰村.一种新型的无功功率自动补偿器[J].机电工程,2010,27(2):100-103.
- [2] 朱连欢,邱海锋,周浩.低压 TSC 动态无功补偿系统若干问题的探讨[J].机电工程,2009,26(5):101-104.
- [3] 刘向军.基于专家系统的变电站电压无功综合控制[J].机电工程,2008,25(2):100-103.
- [4] 江岳文,郭宗仁.模糊控制在 PLC 控制的无功补偿系统中的应用[J].机电工程,2003,20(1):45-47.
- [5] HONG Y Y, SUN D I, LIN S Y, et al. Multi-year multi-case optimal AVR planning[J]. IEEE Transaction on Power Systems,1990,5(4):1294-1301.
- [6] DEEB N, SHAIDEPOUR S M. Linear reactive power optimization in a large power network using the decomposition approach[J]. IEEE Transaction on Power Systems,1990,5(2):428-435.
- [7] MANLOVANI J R S, GARCIA A V. A heuristic method for reactive power planning[J]. IEEE Transaction on Power Systems,1995,11(1):68-74.
- [8] GRANVILLE S. Optimal reactive dispatch through interior point methods[J]. IEEE Transaction on Power Systems,1994,9(1):136-146.
- [9] AOKI K, FAN M, NISHIKORI A. Optimal var planning by approximation method for recursive mixed-integer linear programming[J]. IEEE Transaction on Power Systems,1988,3(4):1741-1747.
- [10] 朱军飞,唐寅生,周全仁.电网 AVC 分层控制[J].电力设备,2002,3(4):28-31.
- [11] 方朝雄,林玉琳,苏毅.福建电网自动电压控制系统技术实现探讨[J].福建电力与电工,2002,22(4):21-25.
- [12] 许文超,郭伟,李海峰,等. AVC 应用于江苏电网的初步研究[J].继电器,2001,31(5):23-26.
- [13] 李丰伟,蔡振华. AVC 在宁波电网的应用研究[J].浙江电力,2008(6):27-29.
- [14] 杨晓雷,钱啸.嘉兴电网分层分区协调控制 AVC 系统的开发和应用[J].浙江电力,2010(5):25-27.
- [15] 单鹏珠,俞鸿飞,朱辰.浙江电网水电厂 AVC 功能设计及其应用[J].水电自动化与大坝监测,2010,34(2):6-8.
- [16] 张扬.浙江省电压无功状况分析及建议[J].浙江电力,2002(1):1-3.
- [17] 张立群.地区电网无功电压分布式二级控制系统在金华电网中的应用[J].计算机时代,2008(3):30-32.