

# 基于变电站通讯管理机的电压无功控制装置

胡斌, 彭爱国, 晏先云, 张丰春

(烟台东方电子信息产业股份有限公司, 山东 烟台 264000)

**摘要:** 电压是电能主要质量指标之一。维持电力系统的电压在允许的范围内变动, 对保障电力设备的正常安全运行和系统自身的安全至关重要。无功电力是影响电压质量的一个重要因素。电力系统的无功补偿与无功平衡, 是保证电压质量的基本条件。本文介绍一种基于变电站通讯管理机的电压和无功自动调节装置, 该装置采用逻辑表达式和可编程脚本技术分别实现调节设备闭锁和主变运行方式识别, 具有极大的灵活性和适应性。

**关键词:** 电压无功控制(VQC); 变电站通讯管理机; 编程脚本; 控制策略; 自动调节

## Realizing substation voltage and reactive power control by using communication manager

HU Bin, PENG Ai-guo, YAN Xian-yun, ZHANG Feng-chun

(Yantai Dongfang Electronics Information Industry Group Co., Ltd, Yantai 264000, China)

**Abstract:** Voltage is an important quality index for power systems. It is necessary to keep voltage change within an allowable range for power systems to ensure both operation safety and system safety of power equipments. Reactive power is an important factor that exerts great influence on quality of voltage. As well, reactive power compensation and reactive power balance are fundamental conditions for power systems. In this paper, a voltage and reactive power auto-adjust device is constructed which is based on communication management machine of power station. Logical expression and programming script techniques are adopted in this device to realize adjustment device closedown and recognize active execution pattern. The given device is rather flexible and adaptable.

**Key words:** voltage and reactive power control(VQC); substation communication manager; programming script; control policy; auto-adjust

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)18-0065-04

## 0 引言

电压是电能主要质量指标之一。维持电力系统的电压在允许的范围内变动, 对保障电力设备的正常安全运行和系统自身的安全至关重要。无功电力是影响电压质量的一个重要因素。电力系统的无功补偿与无功平衡, 是保证电压质量的基本条件。有效的电压控制和合理的无功补偿, 不仅能保证电压质量, 而且还提高了电力系统运行的稳定性和安全性, 充分发挥经济效益。为此, 各级变电站担当着电压和无功调节的重要任务, 尽量保证无功的就地平衡。以前的控制是手动调节, 随着变电站自动化程度的提高, 现在使用较为普遍的是由微处理器构成的自动调节装置来完成, 该类型的装置在手动的调节上有了进步, 但它仍有着以下主要缺陷:

a. 各区控制策略有限, 在有限的方式外不能根据具体的要求设定。

b. 针对不同的接线方式的变电站、不同的要求自适应性欠佳, 功能的增加需软硬件的双层增加。

c. 闭锁信息量较少, 不容易扩充。

随着变电站综合自动化的不断发展, 对电压无功调节装置的自动化程度的要求越来越高、调节方式的要求越来越灵活。

本文针对上述问题, 根据参考文献[1]介绍的四种控制策略和三种控制方式, 提出了基于通讯管理机的电压无功综合控制装置(以下简称装置), 无需增加二次电缆和任何硬件设备, 采用逻辑表达式和可编程脚本技术分别实现调节设备的闭锁和主变运行方式的识别, 能较好适应不同变电站多种接线方式, 并采用灵活的可配置的区域控制策略, 能很好地解决以上问题。

## 1 整体结构

本装置由通讯管理机、测控装置、保护装置、

当地后台监控、打印机等设备,组成了一个多输入多输出的闭环自动控制系统,如图1所示。

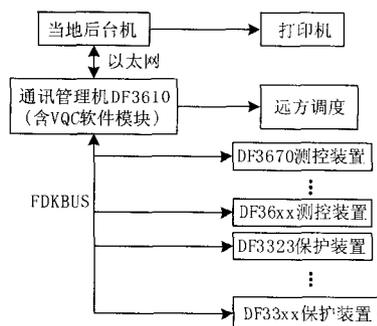


图1 电压无功控制系统结构

Fig.1 Voltage and reactive power control system structure

通讯管理机与当地后台机通过以太网连接,一台通讯管理机可以通过 FDKBUS 现场总线连接多台保护装置和(或)测控装置,既可集中组屏也可分散安装。

### 1.1 通讯管理机

通讯管理机 DF3610 选用的是 300 M 主频、128 M 内存、16 M 电子盘的 PC104 模块。其主要功能:接收保护测控装置的实时/非实时数据、与当地后台机和远方调度通讯、电压无功控制、小电流接地选线等。

### 1.2 测控装置

DF3600 系列测控装置采用 32 位工业级处理器和高可靠性的嵌入式实时多任务操作系统 VxWorks。主要功能:采集变电站各种测量模拟量和开入量、与通讯管理机通讯、接收 GPS 时钟等。

### 1.3 保护装置

DF3300 系列保护装置采用 16 位 AD 转换芯片和 32 位工业级 MCU 芯片。主要功能:采集变电站各种保护模拟量和开入量、保护功能的实现、与通讯管理机通讯、接收 GPS 时钟等。

## 2 电压无功装置特点

本文设计的基于通讯管理机的电压无功装置具有以下特点:

- 结构简单,电压无功控制需要的模拟量和开关量通过通讯管理机从网络上获得,节省大量二次电缆,减少投资。
- 控制容量大,可以控制 3 台主变(两圈或三圈),16 台电容器(或电抗器)。
- 控制方式和控制策略的实现灵活,维护方便。
- 采用可编程脚本自动识别变电站主变运行方式,可以适应变电站各个电压等级各种主接线形式的需要。

e. 可视信息量大,监控屏幕上可实时显示主变运行区域、主变档位、动作信息、闭锁信息、设备运行状态、模拟量、开关量等。

f. 具有仿真功能,在不加任何外部交流量和开关量的情况下,建立变电站电压无功控制功能的仿真模型进行各种试验,观察各区的所有动作过程。

g. 较完备的闭锁恢复功能,当系统出现异常时能及时报警并闭锁,当系统异常恢复时,能自动恢复调节。

## 3 电压无功的调节原理

文献[8]对目前变电所电压和无功自动调节的各种判据进行了综述分析。据此,本电压无功控制软件模块通过获取通讯管理机中各主变各侧母线开关状态、电压和无功功率,对运行方式和运行区域进行识别和处理,当检测到电压和(或)无功越限,经过一定延时(可整定)后即发出控制命令,调节变压器分接头和(或)投切电容器组,将电压和无功控制在给定范围之内。

### 3.1 逻辑表达式

为了实现电压无功控制功能的可配置性和灵活性,采用逻辑表达式方式来表达所需要的诸如压板状态、母联状态、主变运行状态、主变和电容器闭锁条件等,逻辑表达式支持“+”、“-”、“\*”、“/”、“(”、“)”、“!”和“sqrt”运算符,还支持 YX(DevID,Offset)、YC(DevID,Offset)和常数(整数或小数),表达式实时分析计算。

### 3.2 接线方式的识别

#### 3.2.1 主变运行状态识别

变电站各主变运行状态识别是用逻辑表达式表示并实时计算该表达式来实现,可以适应各种模拟量和(或)数字量的组合态,(如可以加入隔离刀闸位置、接地刀闸位置等)。

#### 3.2.2 运行方式识别

变电站主变的运行方式千变万化,为能识别不同接线形式变电站主变的各种运行方式,本文采用可编程脚本方式进行自动识别主变的各种运行方式。可编程脚本是由将遥测、遥信、遥控等 SCADA 数据按照一定的语言规范进行相互转换、处理的一种语言,编程脚本经过编译后由通讯管理机实时解释执行。对一个具体的变电站的主变接线方式,在现场根据用户提供的主变可能的运行方式,只需编写主变运行方式的脚本即可。此方式具有极大的灵活性和适应性,能适应主变的任何接线方式。

#### 3.2.3 运行区域识别

通过判主变高侧的无功功率和目标侧(对两圈

变目标侧为低压侧, 对三圈变目标侧由用户指定为(低压侧或高压侧)的电压来识别主变运行在哪个区域。主变高侧无功功率上下限由定值整定(针对全站)并根据变压器容量按比例分配, 当有两台或三台主变并列运行时, 则将并列的所有变压器虚拟成一台变压器, 该虚拟变压器的高侧无功功率为并列的所有变压器高侧无功功率之和, 该虚拟变压器具有两个(两台主变并列)或三个(三台主变并列)分接头, 调节时同步调节。提供多种运行区域划分方式供用户选择, 如九区域划分方式、十三区域划分方式和十七区域划分方式等, 也可以根据用户的特殊需求增加新的区域划分方法, 并且每种区域划分方式中的每个运行区域的控制策略可以由用户指定, 具有较强的适应性。

### 3.3 目标侧的控制

电压无功调节目目前最普遍的依据是九区图。本文在九区图的基础上进行了适当的优化, 以避免频繁调节。

本文按电压优先的原则进行调节, 当无功功率和电压不能同时满足要求的情况下优先考虑电压合格, 当两者都不能满足的情况下以减少设备动作次数的策略控制, 延长设备寿命。

功率因数与系统无功潮流没有一一对应的关系, 在低负荷时功率因数波动较大, 考虑到此, 统一按照无功功率调节。当给定定值为功率因数时, 自动转化无功功率进行调节。

为避免低负荷情况投切电容器(或电抗器), 设置一个低负荷定值, 当主变高侧电流低于此值时不再投切电容器(或电抗器)。

另有几个定值是闭锁调节功能, 当系统电流、电压出现异常将闭锁, 这些定值需用用户整定。

#### 3.3.1 九域控制原理

优化后的九区图如图 2,  $\Delta U$  为投切电容器对电压的影响量。其中  $\Delta Q$ 、 $\Delta U$  为系统自动计算。

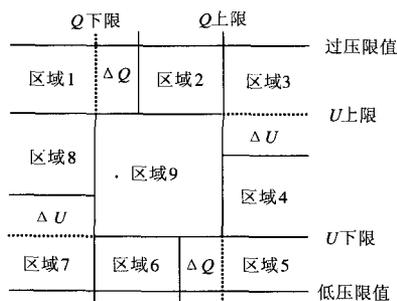


图 2 九区域图

Fig.2 Nine-zone diagram

九区域图默认的控制策略如表 1 所示。

表 1 九区域图默认控制策略

Tab.1 Default control strategy based on nine-zone theory

区号	越限情况	控制策略
1	电压正超无功负超	切电容; 如无电容可切, 调分接头降压
2	电压正超无功正常	调分接头降压; 如无分接头可调, 切电容
3	电压正超无功正超	调分接头降压
4	电压正常无功正超	投电容
5	电压负超无功正超	投电容; 如无电容可投, 调分接头升压
6	电压负超无功正常	调分接头升压; 如无分接头可调, 切电容
7	电压负超无功负超	调分接头升压
8	电压正常无功负超	切电容
9	电压无功均正常	不动作

#### 3.3.2 十三域控制原理(如图 3)

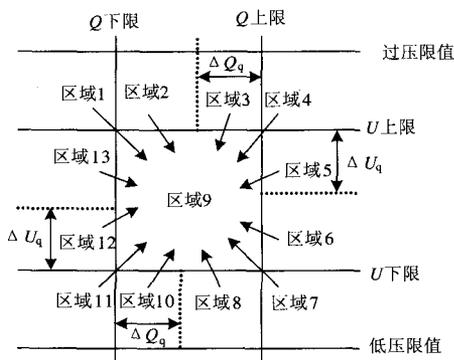


图 3 十三区域图

Fig.3 Thirteen-zone diagram

说明:

$\Delta U_q$ : 投切一组电容器(或电抗器)引起的电压最大变化量

$\Delta Q_q$ : 投切一组电容器(或电抗器)引起的无功最大变化量。

十三区域图默认的控制策略如表 2 所示。

表 2 十三区域图默认控制策略

Tab.2 Default control strategy based on thirteen-zone theory

区号	越限情况	控制策略
1	电压正超无功负超	切电容; 如无电容可切, 调分接头降压
2	电压正超无功正常	切电容
3	电压正超无功正常	调分接头降压
4	电压正超无功正超	调分接头降压
5	电压正常无功正超	调分接头降压; 如无分接头可调, 投电容
6	电压正常无功正超	投电容
7	电压负超无功正超	投电容; 如无电容可投, 调分接头升压
8	电压负超无功正常	投电容
9	电压无功均正常	不动作
10	电压负超无功正常	调分接头升压
11	电压负超无功负超	调分接头升压
12	电压正常无功负超	调分接头升压; 如无分接头可调, 切电容
13	电压正常无功负超	切电容

限于篇幅省略十七域控制原理。

## 4 完善的闭锁和告警

### 4.1 操作异常闭锁

当对设备调节出现异常时,则闭锁对该设备的调节,并发出带动作前后故障电量的详细动作报告,闭锁需手工解除。

### 4.2 系统异常闭锁和告警

当系统运行异常时,闭锁对所有设备的调节并发报警信号,以避免异常情况的扩大和对一次设备的冲击,系统恢复正常时自动延时解除闭锁和报警。为此设置了多个闭锁定值(如高侧过/低电流闭锁、目标侧过/低电压闭锁等),以避免误动作。

### 4.3 设定闭锁

在每台主变分接头和电容器参数中均配有两个逻辑表达式,一个为自动复归闭锁逻辑表达式,当此表达式的计算结果为真时,闭锁该设备的调节并告警,当计算结果为假时,恢复此设备的调节和告警,通过此表达式可以实现诸如瓦斯告警、 $3U_{0}$ 越限等各种自动复归闭锁告警;另一个为手动复归闭锁逻辑表达式,当此表达式的计算结果为真时,闭锁该设备的调节并告警,当计算结果为假时,仍闭锁此设备的调节,此闭锁需手工解除,通过此表达式可以实现诸如保护动作、设备故障等需要手工归复的闭锁。

### 4.4 人为闭锁

为每台设备配置一个控制软压板,另外再配置一个总控制软压板,每个设备只有在总控制软压板和该设备的控制软压板均投入时才能进行调节,任一软压板退出即闭锁该设备的调节;当总控制软压板退出时,闭锁对所有设备的调节。投退某设备配置的软压板,不影响其他设备的调节,控制软压板可以由当地后台或远方调度通过通讯投退。

## 5 结语

近年来国家对电力企业的经营情况的考核加重了电压运行合格率的考核力度,为了维持电力系统的电压在允许的范围内变动,提高经济效益,采用基于通讯管理机的电压无功控制装置,无需增加任何硬件设备,具有较好的实用性。现场服务时只需使用参数配置软件对通讯管理机中的电压无功参数进行维护就可,在江西萍乡 220 kV 跑马坪变电站、青海西宁 110 kV 城东变电站的使用中,对电压和无功的控制运行效果良好。随着地区电网电压无功优化控制系统的实施,本装置如和地区电压无功控制系统配合,实现电压、无功定值等的动态调整,则

装置功能将更加完善。

## 参考文献

- [1] 庄侃沁,李兴源.变电站电压无功控制策略和实现方式[J].电力系统自动化,2001,25(15):47-50.  
ZHUANG Kan-qin,LI Xing-yuan. Strategies and Implementation Modes of Voltage and Reactive Power Control for Substations[J]. Automation of Electric Power Systems,2001,25(15):47-50.
- [2] 盛戈皓,涂光瑜,罗毅.人工智能技术在电力系统电压无功控制中的应用[J].电网技术,2002,26(6):22-27.  
SHENG Ge-hao,TU Guang-yu,LUO Yi. Application of Artificial Intelligence Techniques in Reactive Power/Voltage Control of Power System[J]. Power System Technology,2002,26(6):22-27.
- [3] 孙文生,张明军.基于操作动作效果预算比较的电压无功综合控制原理[J].继电器,2006,34(2):35-40.  
SUN Wen-sheng,ZHANG Ming-jun. Study on Voltage and Reactive Power Control Based on Operation Effect Calculation and Comparison[J]. Relay,2006,34(2):35-40.
- [4] 蔡凯.电压无功综合控制装置控制原理的新讨论——由“九区图”到“五区图”[J].电力系统自动化,2004,28(19):92-95.  
CAI Kai. New Discussion on Synthetical Control of Voltage and Reactive Power from Nine-zone Theory to Five-zone Theory[J]. Automation of Electric Power Systems,2004,28(19):92-95.
- [5] 朱春明,刘明波,裴爱华,等.变电站电压无功控制范围的整定计算方法[J].电力系统自动化,2003,27(8):70-74.  
ZHU Chun-ming,LIU Ming-bo,PEI Ai-hua,et al. Setting Method for Control Range of Voltage and Reactive Power in Substations[J]. Automation of Electric Power Systems,2003,27(8):70-74.
- [6] 段海峰,李邢原,宋永华.一种基于模糊逻辑的电压无功控制策略[J].电力系统自动化,1997,21(6):23-26,33.  
DUAN Hai-feng,LI Xing-yuan,SONG Yong-hua.The Control Strategy of Voltage and Reactive Power Based on Fuzzy Logic[J].Automation of Electric Power Systems,1997,21(6):23-26.
- [7] 程浩忠,吴浩.电力系统无功与电压稳定性[M].北京:中国电力出版社,2004.  
CHENG Hao-zhong,WU Hao.Reactive Power and Voltage Stability for Power System[M]. Beijing:China Electric Power Press,2004.
- [8] 厉吉文,李红梅,等.变电所电压和无功自动调节判据的研究[J].中国电力,1995,28(7):12-15,40.  
LI Ji-wen,LI Hong-mei,et al. Study and Analysis on Substation Voltage and Reactive Power Automatic Regulating Criteria[J]. Electric Power,1995,28(7):12-15,40.

(下转第 72 页 continued on page 72)

### 3 结束语

(1) 对电能质量实施在线监测, 首要目的是减少因各种电能质量问题造成的经济损失。通过电能质量在线监测可以及时发现电网中存在的严重隐患, 可以有效地预防事故发生。

(2) 通过在线监测获取电能质量信息, 对电网中各种电气设施的抗干扰性能有充分了解, 为后续的电气设备入网提供必要信息。

(3) 电力市场环境下, 电能质量问题日益引起发电公司、电网公司与用户的共同关注。越来越多的电力用户向供电部门提出了高质量供电要求, 他们甚至通过签订供电合同和保证电能质量的协议等方式来保障自己的用电权益。构建电能质量监测网络, 将各监测点电能质量数据集中到电能质量监测中心分析和评估, 将评估结果作为治理电能质量问题的依据, 这在电力市场环境下显得尤为重要。

(4) 本文提出的集中分布式电能质量在线监测系统以及电能质量监测仪的设计思想, 对于构建一个有效的电能质量监控系统具有重要参考价值和指导意义。

#### 参考文献

- [1] 林海雪. 论电能质量标准[J]. 中国电力, 1997,30(3):9-10.  
LIN Hai-xue. Talk About the Electric Power Quantity Standard [J]. Electric Power, 1997,30(3):9-10.
- [2] 韩英铎, 黄民聪. 信息电力与 FACTS 及 DFACTS 技术[J]. 电力系统自动化, 2000,24(19):1-7.

HAN Ying-ze, HUANG Min-cong. Information Electric Power and FACTS and the Technique of DFACTS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000,24(19):1-7.

- [3] 林海雪. 现代电能质量的基本问题[J]. 电网技术 2001, 25(10):5-12.  
LIN Hai-xue. The Basic Problem of the Modern Electric Power Quantity[J]. Power System Technology, 2001, 25(10):5-12.
- [4] Bollen M H J. What is Power Quality? Electric Power Systems Research, 2003, 66(1):5-14.
- [5] 1159-1995 IS. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality[S].
- [6] 黄文清, 戴瑜兴. 基于 DSP 和虚拟仪器技术的电能质量监测系统[J]. 低压电器, 2005, (5): 32-35.  
HUANG Wen-qing, DAI Yu-xing. Design of Power Quality Monitoring System Based on DSP and Virtual Instruments[J]. Low-pressure Electric Appliances, 2005, (5): 32-35.

收稿日期: 2007-12-12; 修回日期: 2008-02-21

#### 作者简介:

李加升 (1965-), 男, 副教授, 主要研究方向为电能质量检测、信号处理、应用电子技术; E-mail: lijiaosheng@163.com

戴瑜兴 (1956-), 男, 教授, 博士生导师, 目前主要研究方向为电能质量检测、数字化系统设计理论与应用现代网络通信理论及应用;

黄文清 (1968-), 男, 博士, 研究方向为电能质量检测、现代信号处理、小波分析及电力载波通信。

(上接第 68 页 continued from page 68)

- [9] 严浩军. 变电站电压无功综合自动控制问题探讨[J]. 电网技术, 2000, 24(7): 41-43, 48.  
YAN Hao-jun. Some Problems on Integrated Control for Voltage and Reactive Power in Substations[J]. Power System Technology, 2000,24(7):41-43,48.

#### 作者简介:

胡斌 (1972-), 男, 工程师, 研究方向为继电保护及电力系统监控; E-mail: hubin@dongfang-china.com

彭爱国 (1972-), 男, 工程师, 硕士研究生, 研究方向为继电保护及电力系统监控;

晏先云 (1971-), 男, 硕士研究生, 高工, 研究方向为继电保护及电力系统监控。

收稿日期: 2007-11-13; 修回日期: 2008-01-09