

基于模糊控制理论的变电站电压无功综合控制装置的设计

王磊,黄纯,郭上华,曹国剑

(湖南大学电气与信息工程学院,湖南 长沙 410082)

摘要:介绍了一种基于模糊控制理论的变电站电压无功综合控制装置的设计思路及硬软件的实现方法。本装置采用离线优化与模糊控制相结合的方法对变电站电压无功进行综合控制,从而有效减少了有载调压分接头和并联电容器组的调节次数,提高了系统的调节能力和电压质量。

关键词:电压无功控制;模糊控制;变电站;信号采集

中图分类号:TM761 文献标识码:B 文章编号:1003-4897(2003)08-0040-03

1 引言

目前电力系统主要以变电站为单位通过电压无功综合控制设备(VQC)来调节电压合格和无功功率就地平衡。国内已有的电压无功综合控制设备广泛采用九区域分区控制方式对电压无功进行综合控制。这种控制的无功调节边界是固定的,无法反映电压对无功的影响,而实际上无功的调节边界是受电压影响并在一定程度上服务于电压调节的模糊边界。引入模糊控制原理,实现无功边界的模糊化,可以有效减少有载调压变压器分接头动作次数,减小电压波动,提高电压质量。本文结合模糊控制理论介绍了一种变电站电压无功综合控制装置的设计思路及其硬件软件的实现方法。此装置由上位工控机综合控制系统和下位单片机数据采集系统构成,可对1台有载调压变压器(3卷)和4组并联电容器进行综合控制。

2 基于模糊决策的变电站综合控制策略

选择变压器二次侧电压偏差 U 、系统无功偏差 Q 作为模糊控制器的输入变量,选择作用于变压器分接头和电容器组投切的开关量作为模糊控制器的输出变量,从而构成2输入2输出的一阶模糊控制系统。模糊控制器的模糊推理与去模糊化采用MIN-MAX法及重心法,模糊控制系统的结构图如图1所示。

考虑到模糊子集对论域应有较好的覆盖程度,按论域中元素总数为模糊子集总数的2~3倍的规律,定义模糊输入变量 X_1 (电压偏差)、 X_2 (无功偏差)和输出变量 U_2 (电容器组投切控制量)的模糊集论域为 $[-6, +6]$,输出变量 U_1 (分接头控制量)的模糊集论域为 $[-4, +4]$ 。选择电压偏差 (U) 的模

糊词集为 {NB, NZ, PZ, PB}。分接头控制量 (nT) 的模糊词集为 {DOWN, UC, UP};其中 UP 表示升分接头(即增大变比减小电压),UC 表示分接头不动作,DOWN 表示降分接头(即减小变比增大电压)。选择无功偏差 (Q) 和电容器投切的控制量 (Q_c) 的模糊词集为 {NB, NM, NS, Z, PS, PM, PB}。对于电容器组的投切,正表示投电容,负表示切电容。

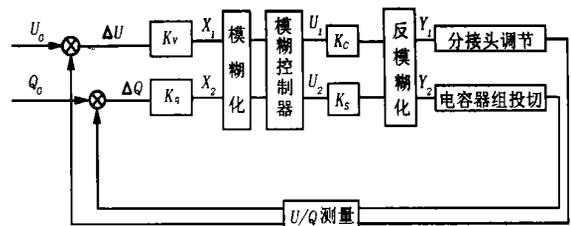


图1 模糊控制系统的结构图
Fig.1 Structure of fuzzy control system

由于无功的调节边界应该是受电压影响并在一定范围内服务于电压调节的,因此无功边界不应该是固定的(即一条直线),而应该是一条受电压状态影响的斜线。与电压关联的无功边界电压无功综合控制九区图如图2所示。

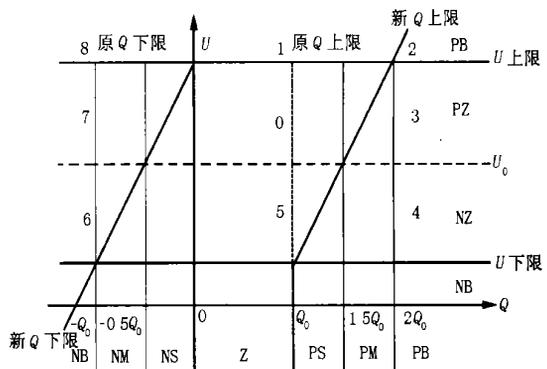


图2 与电压关联的无功边界电压无功综合控制九区图
Fig.2 Nine regions for voltage & reactive power comprehensive control based on reactive power verge associate with voltage

根据与电压关联的无功边界电压无功综合控制九区图各区控制的基本策略、所选择的输入输出变量的模糊词集和隶属度函数的特点以及电压无功联调必须遵守的规程规定,可得模糊控制器的控制策略表如表 1 所示。

表 1 模糊控制器的控制策略表

Tab. 1 Strategy of fuzzy control

U	NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
NB	DOWN Z	DOWN Z	DOWN Z	DOWN Z	DOWN Z	DOWN Z	DOWN PM
NZ	UC NM	UC Z	UC Z	UC Z	UC PS	UC PM	UC PB
PZ	UC NB	UC NM	UC NS	UC Z	UC Z	UC Z	UC PM
PB	UP NM	UP Z	UP Z	UP Z	UP Z	UP Z	UP Z

设计中还应考虑变压器分接头及电容器的躲扰动时间。变压器分接头躲扰动时间即从发现电压越限到越限状况保持至分接头动作出口的时间,必须大于分接头动作时间(10 s)的 2 倍。取电压、无功越限后延时 30 s 进行调节。电容器躲扰动时间应小于变压器分接头躲扰动时间,以确保电容器优先动作,取电容器躲扰动时间为 10 s。为了有效避免失压或轻载、空载的情况下对系统的调节,还可运用离线优化的方法,根据系统无功参数预测优化的结果进行辅助控制。

3 变电站综合控制装置的设计

变电站电压无功综合控制装置作为一种在线自动监控装置,由工控机和单片机系统组成。本装置中工控机充当上位机完成数据计算及存储、离线优化、模糊控制、显示、打印、通讯等功能;下位单片机负责模拟量和开关量的采集、数据的上传及控制指令的执行。采用工控机作为硬件环境,将具体的计算、判别、优化、控制等功能由软件来实现,从而避免了绝大多数的硬件开发工作,降低了开发难度和成本。下面主要介绍下位单片机采集系统的硬件和软件设计。

3.1 下位机信号采集系统硬件设计

系统由单片机 80C196KC、可编程外围芯片 PSD934F2、A/D 转换器 MAX197、串行通信芯片 MAX232 等相关器件组成。共同构成一个由微处理系统、A/D 转换器、I/O 输入输出接口、通信接口等组成的独立运行的单片机信号采集系统,可完成数据采集、开关量控制、串行通讯等功能。总体框图参见图 3。

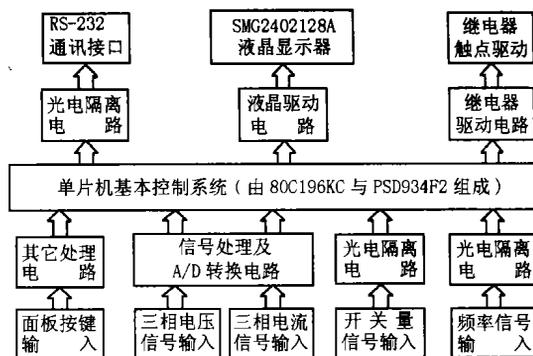


图 3 下位单片机采集系统总体框图

Fig. 3 Block diagram of microprocessor acquisition system

3.1.1 输入通道

由于当前运行的变压器多为中压侧调压(三卷变压器)或低压侧调压(两卷变压器),因此选用变压器中低压侧电压作为电压无功控制装置的考核电压,选用高压侧无功作为电压无功控制装置的无功判据。分别同步采样变压器高压侧两相电流(应选用主变高压侧套管 CT 二次侧电流)、高压侧两个线电压(用于计算无功功率)和中低压侧线电压(用于计算电压数值),用于计算母线电压和无功功率。为保证采样计算的准确度要求,可采用前置低通滤波电路滤去电压、电流信号中的直流和高次谐波分量。

开关量输入取自相应设备的辅助常开触点,用于识别现场开关的状态。主要开关量有:主变中低压侧断路器、中低压母线母联断路器、电容器组断路器和隔离刀闸、主变分接头档位信号、继电保护信号等开关量。输入接口采用 3 片三态缓冲器 74LS244 扩展,可以采集 24 个开关量。开关量信号经光电隔离再经过 74LS244 缓冲后通过数据总线输入单片机 80C196KC。

3.1.2 输出通道

开关量输出单元包括用于控制主变分接头调节的开关量(升、降、急停)和控制 1~4 组电容器投切的开关量以及报警信号等。下位单片机将上位工控机下达的控制指令经译码电路、光电隔离后驱动继电器动作,从而产生输出接电的动作。为了有效消除由于干扰而产生的误动作,采用译码器使每一种动作对应一个编码,只有动作指令与编码相同时才会产生动作。

3.2 下位机信号采集系统软件设计

下位机信号采集系统的软件开发使用 PLM-96 语言编写。PLM-96 语言是 Intel 公司设计的专用于

MCS-96 系列单片机开发的高级语言,它简单易学,源程序可读性好,编译得到的代码无论从效率还是运行速度上都不逊色于汇编语言。数据采集模块软件流程图如图 4。

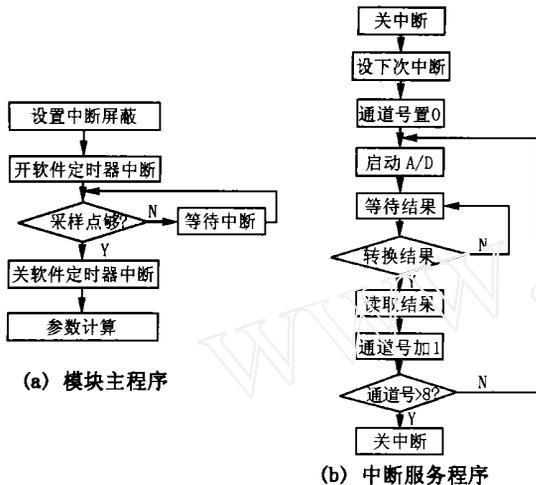


图 4 数据采集模块软件流程图

Fig. 4 Flow chart of signal acquisition module software program

4 结语

本文介绍的变电站电压无功综合控制装置具有自己独立的数据采集系统和控制操作系统,可以独

立运行并实现变电站内电压无功局部优化控制,具有实时性和独立性好的特点。采用模糊控制与离线优化相结合的方法,可大大减少电压波动,提高电能质量。在实验室仿真运行中显示可有效减少有载调压变压器分接头和并联电容器的动作次数。

参考文献:

- [1] 孙涵涛. Intel 16 位单片机[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.
- [2] 金若君,胡协和,卢慧芳. 基于 80C196KC 单片机综合电量变送器的实现[J]. 电测与仪表,2001,(9):8-10.
- [3] 李川香,王宝珍. 基于 80C196KC 的多功能电参数测试仪[J]. 电测与仪表,2001,(6):16-19.
- [4] 王志凯,郭宗仁,李琰. 基于神经网络的模糊控制在变电站综合控制中的应用[J]. 继电器,2002,(3):17-19.

收稿日期: 2003-02-19; 修回日期: 2003-05-26

作者简介:

王磊(1979-),男,硕士研究生,从事电力系统自动化、无功优化与控制等方面的研究工作;

黄纯(1966-),男,博士,副教授,从事电力系统自动化、谐波分析与抑制、微机保护等方面的教学与科研工作;

郭上华(1977-),男,硕士研究生,从事电力电子在电力系统中的应用、电能质量检测与抑制等方面的研究工作。

The design of voltage & reactive power comprehensive control device of substation based on fuzzy control theory

WANG Lei, HUANG Chun, GUO Shang hua, CAO Guo-jian

(College of Electricity & Information Engineering of Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: A design plan and the hardware & software realization of substation voltage & reactive power comprehensive control device are presented in this paper. Based on fuzzy control and off-line optimization methods, this device can effectively decrease day-adjusting times of the switching of on-load transformer and paralleled compensation capacitors in substation, and then improve the adjusting ability of power system and its voltage quality remarkably.

Key words: VQC; fuzzy control; substation; signal acquisition

(上接第 32 页)

收稿日期: 2003-04-25; 修回日期: 2003-07-16

作者简介:

李韶涛(1962-),男,工程师,工学学士,主要从事变电站的设计研究工作;

常胜(1965-),男,高级工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护的设计研究工作。

Analysis and study on 10 kV busbar protection of HV substation

LI Shao-tao¹, CHANG Sheng²

(1. Foshan Nanhai Electric Power Design Engineering Corp., Foshan 528200, China;

2. Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, China)

Abstract: The article analyses and discusses the current conditions and existing problems about 10 kV busbar protection of HV substation. On the discussion of necessity and feasibility of equipping fast busbar protection, two new protection schemes are given.

Key words: busbar protection; networks; substation