

变电站电压无功综合控制的研究

全庆贻, 颜钢锋

(浙江大学电气学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 为适应不同电压等级、配置的变电站, 提出了一种有应用价值的、在当地后台计算机的监控系统中实现的电压无功综合控制方法。分析了电压无功控制(VQC)原理, 考虑了分接头的变化及电容器组的投切对无功和电压的综合影响, 针对电压、无功的各种运行控制区域以及不同的运行时段给出了相应的调节策略。

关键词: 电压无功控制; 实时数据库; 变电站自动化

中图分类号: TM714.2

文献标识码: B

文章编号: 1003-4897(2001)10-0022-04

1 引言

电力系统的运行电压水平取决于系统无功功率的平衡, 维持电网正常运行下的无功功率平衡是改善和提高电压质量的基本条件。对于联系电网和用户的变电站来说, 其主要的任务是保证安全、经济、优质地向用户提供合格的电能, 而且保证变电站用户端的电压接近额定值, 对提高全网电压质量有着现实的重要意义。

目前已有各种电压无功控制装置, 通过连接到该装置的各种信号接线, 能自动控制一个变电站的电压无功变化^{[1][2][3]}。在文献^[3]中, 对九区域图进行了更细致的划分, 可以防控制震荡。这种方式虽在一定程度上可以满足变电站的运行要求, 具有自己的数据采集装置和控制装置, 能实时控制, 但信息量不全, 不能得到全站的信息, 得不到完善的输出, 且硬件成本高。

现已软件实现的电压无功控制方案中, 文献^[4]把九区域图也进行了细致划分, 但在其规定的区域2、3、4、14、15和16, 没有考虑在用电高峰和低谷及其之间转化时的情况; 文献^[5]的缺点为所用的调节原理和方式简单, 能处理的信号少, 且需专门的数据采集装置; 文献^[6]针对传统九区域图依据用电高峰和低谷的不同情况进行了改进, 但只是在理论上, 因其所需数据多, 因而在一般方案中实现困难。总之, 一般情况下软件实现方法由于不是利用实时数据, 缺点是存在通讯延时, 及时性不够, 而且调节功能的实现依靠数据采集装置、通信装置的完好, 独立性不强。

本文针对以上不足, 在自行开发的变电站实时数据库管理系统的基础上, 提出了一种新的电压无功控制(VQC)调节方法, 并已在当地计算机后台监

控系统中实现。

2 VQC 调节原理

变电站采用改变分接头档位和投切电容器组来改变本站点的电压和无功。

以一台变压器为例来分析各种情况下的电压与无功调节方式。电压(U)取值于主变的低压侧对应的母线电压, 无功(Q)取值于主变的低压侧无功。其控制策略表见表1。

表1 控制策略表

动作类型	升主变分接头	降主变分接头	投电容器	切电容器
U_D 及 Q 变化	U_D 下降, Q 增加	U_D 上升, Q 减少	U_D 上升, Q 减少	U_D 下降, Q 增加

调节原理在传统九区域图的基础上进行了改进, 见图1。其主要的改进是在1、3、5、7区域。

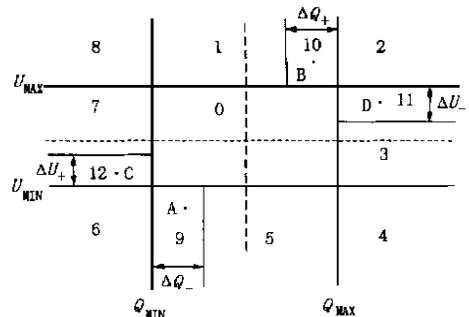


图1 运行控制区域图

如果运行点在图1所示的A点, 按照控制策略, 应先降档位。但若A点的无功与 Q_{MIN} 比较接近, 降档位后, 则运行点有可能进入7区。这样, 在运行点进入7区后, 如果没有电容器组可切, 根据控制策略, 又要升档位。这样, 运行就有可能回到5区

中的 A 点附近,这样,装置或程序就有可能不停地发出降档位 升档位 降档位 升档位 ..的操作指令,使运行点不停地在 5 区和 7 区之间震荡,造成严重后果。另外,与 A 点类似的运行点还有 B、C、D 等。

为了避免上述情况的发生,对九区域图进行了更为细致的划分,将 1 区中靠近 Q_{MAX} 、3 区中靠近 U_{MAX} 、5 区中靠近 Q_{MIN} 、7 区中靠近 U_{MIN} 的运行点划分出来,分别作为一个单独的区域来进行控制。

其中:

U_+ :分接头档位下调一档或投电容引起的电压变化量中最大的一个;

U_- :分接头档位上调一档或切电容引起的电压变化量中最大的一个;

Q_+ :分接头档位下调一档或投电容引起的无功变化量中最大的一个;

Q_- :分接头档位上调一档或切电容引起的无功变化量中最大的一个。

按照下面的控制策略进行控制:

0 区:若电压小于(上限+下限)/2,且无功大于(上限+下限)/2,投电容。

1 区:升档位;若在最低档,则切电容。

2 区:升档位;若在最高档,则切电容。

3 区:投电容;若无电容可投,则降档位。

4 区:投电容;若无电容可投,则降档位。

5 区:降档位;若在最低档,则投电容。

6 区:降档位;若在最低档,则投电容。

7 区:切电容;若无电容可切,则升档位。

8 区:切电容;若无电容可切,则升档位。

9 区:降档位;若在最低档,则切电容。

10 区:升档位;若在最高档,则切电容。

11 区:不操作。

12 区:不操作。

而对于 1 区、10 区、5 区和 9 区,这几个区域的主要调节对象是主变分接头,而对在不同时段优先投切电容的重要意义有所忽视。就无功而言,在不同的时段尚有不同的要求。

峰时段功率因数越高越好,只要变电站不向系统倒送无功。谷时段由于电压、无功的变化特点,分两种情况考虑:(1)在峰时段转入谷后的某一时段 $T_g < t < T_q$ (如:22:00 < t < 22:30),以及谷即将转入峰的某一时段 $T_l < t < T_f$ (如:7:15 < t < 8:00),前者系统无功由不足向过剩过渡,后者系统无功由过剩

向不足过渡,在该两时段电容器可按边界条件 $U_{MN} < U < U_{MAX}$ 和 $Q_{MIN} < Q < Q_{MAX}$ 投切;(2)在谷的其他时段 $T_q < t < 24:00$ 及 $0:00 < t < T_l$ (如 22:30 < t < 24:00及 $0:00 < t < 7:15$),系统无功已明显过剩,不允许再有电容器投入。

则对这几个区间的改进的控制规律总结如下:

(1) 峰时段选择 之一

电压越下限时,应先投电容器直至功率因数等于 1,才降分接头;电压越上限时则升分接头。

电压越下限时,应先投电容器,直至功率因数等于 1,才降分接头;电压越上限时若切除电容器后仍有 $\frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q + Q_N)^2}} > \cos \phi_L$,则切电容器,否则升分接头(P 、 Q 为电压越限时受端实测有功和无功, Q_N 为相应电容器额定无功)。

在 VQC 现场运行中,若能满足分接头调节次数要求,则 优于 ,取 ;若 不能满足分接头调节次数要求,则 优于 ,取 。取 还是取 ,可通过设置参数由程序自动识别。

(2) 谷时段中除 $T_l < t < T_f$ 外电压越下限时,应降分接头;而电压越上限时,应先切电容器,待切除所有电容器后,才考虑升分接头。

(3) 当谷时段 $t = T_q$ (如:22:30)时,将所有电容器组切除,然后在第二天 $t = T_l$ (如 7:15)后,电容器可按边界条件投入。

另外,由于供电电压的重要性还应考虑到:

(4) 无论在哪个时段,假如发生电压越限时变压器分接头已处于极限位置,则牺牲无功合格率,强行投或切补偿电容器组,直至电压合格。

综上所述,电压无功综合控制的基本控制规律为:

0 区:若电压小于(上限+下限)/2,且无功大于(上限+下限)/2,投电容。

1 区:在峰时段时,方案 1 为升分接头,方案 2:若切除电容器后仍有 $\frac{P}{\sqrt{P^2 + (Q + Q_N)^2}} > \cos \phi_L$,则

切除电容器,否则升分接头。具体选择哪一个方案原则见上面的分析;在谷时段时,应先切除电容器,待切除所有电容器后,才考虑升分接头。

2 区:升档位;若在最高档,则切电容。

3 区:投电容;若无电容可投,则降档位。

4 区:投电容;若无电容可投,则降档位。

5 区:在峰时段时,应先投电容器,直至功率因数等于 1,才降分接头;在谷时段时,除 $T_l < t < T_f$

外,应降分接头。

- 6区:降档位;若在最低档,则投电容。
- 7区:切电容;若无电容可切,则升档位。
- 8区:切电容;若无电容可切,则升档位。
- 9区:降档位;若在最低档,则切电容。
- 10区:升档位;若在最高档,则切电容。
- 11区:不操作。
- 12区:不操作。

3 VQC的实现

3.1 实时数据库系统

本实时数据库系统是在 Windows NT4.0 平台上,用 Visual C++ 5.0 开发的。实时库常驻内存。在按照数据共享、与程序分离的通用原则的基础上,根据变电站的运行要求和特点,满足数据安全性、数据一致性的要求的条件下设计开发的。其特点如下所述:

- 采用层次加关系的数据模型,具有很高的实时响应性能和可靠性;
- 采用 C/S 工作方式、多线程、管道和邮件槽技术,实现与应用程序的通信和数据库的同步更新及实时数据在线监视;
- 数据定义、维护程序与实时运行程序分离,并通过管道实现在线维护;
- 充分利用 VC++ 5.0 提供的数据结构实现了数据的合理组织和快速检索;
- 具有良好的人机接口,操作灵活、使用方便;
- 采用面向对象技术,明显提高了软件的质量、可靠性、可维护性、可扩充性、执行速度和开发速度。

3.2 VQC的功能及实现

电压无功综合自动控制部分作为实时库运行程序的一个后台程序,与实时库同时运行。这部分程序结合 Visual C++ 5.0 的特点,用面向对象的编程思维在实时库运行程序中作为一个子线程运行。

首先定义了电压无功综合控制类,其数据成员分别对应其所需要的数据量,例如母线电压、主变低压侧无功、峰时间、谷时间、功率因数、分接头已调次数、已投电容器组链表和已切电容器组链表等,还有电压和无功限值,这些限值可以根据运行情况进行人工改变。类的成员函数分别完成了诸如数据通信、判断越限、投切电容、升降分接头等功能。在实现这些功能的同时判断各种闭锁条件,如遥信信号闭锁、遥测值闭锁、保护信号闭锁,档位连调闭锁。

然后定义电压无功综合控制线程。电压无功综

合控制部分作为一个线程在运行程序运行时启动,通过管道和实时数据库进行数据交换,其框图见图2。本线程可以根据得到的遥信数据进行再处理,可自行判断变电站的运行方式(并列或解列),本方案能满足以下基本的控制功能:

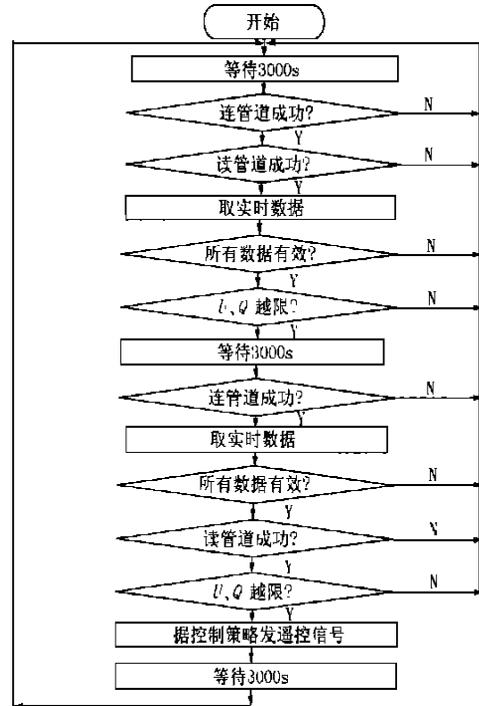


图2 电压无功控制线程

(1)当控制目标母线电压运行值在其允许变动(整定值)范围内时,以控制投切并联电容器(电抗器)组为主,并能防止发生投切震荡;

(2)当被控主变压器无功负荷小于与该主变压器相连母线上每组电容器容量(或整定值)时,以控制调节主变压器有载调压开关位置为主;

(3)当被控母线电压运行值超过允许变动(整定值)范围,而主变压器有载调压分接开关位置已处在上限(或下限)时,利用电容器(电抗器)组的调压作用,对电容器(电抗器)组实行强投或强切调节控制;

(4)控制有逆调压和运行方式自适应功能;

(5)控制参数具有可设置性;

而本方案除了能够完成以上基本功能外,还能够完成以下功能:

(6)主变档位在极限位置时,不越限动作;

(7)系统电压取三相电压;

(8)电容器保护动作(包含开关未跳),电容器不投切;

(9)有载开关的调节次数超过设定时,不调;

(10) 有载调压变压器的分接头调节次数超过设定时间, 不调;

(11) 变压器滑档时有保护动作;

(12) 电容器投切实行轮换原则, 即保证最先投入者最先切除, 最先切除者最先投入, 轮换投切还考虑了运行方式的影响。还考虑了人工投切的电容也参加排队。

(13) 电容检修或保护动作将电容闭锁;

(14) 同一电容在小于放电时间内时, 不再次动作;

本方案可以根据运行方式和运行状态自动按照控制规律对系统进行控制。并在实时库系统的人机交互画面中实时地显示数据信息, 包括: 各母线电压, 主变无功功率, 主变开关的状态, 母联开关的状态, 主变分接头位置信息, 电容的投切情况等。以上全部内容都集中在一个画面中显示出来。

4 结束语

在当地后台机的实时数据库系统上实现 VQC 综合控制具有信息共享且全面、功能完善、适应性强、实时性好等特点。在已实现常规“四遥”(遥测、遥信、遥控、遥调) 功能的变电站中, 通过变电站的远

方数据采集设备 RTU 与当地后台计算机通信的方式, 在后台机上实现电压无功自动调节, 将有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 孙淑信, 游志成, 李小平, 等. 大型变电站微机自动调压系统的研究. 电力系统自动化, 1995, 19(7).
- [2] 杨仁刚, 杨名皓. 微型电压无功综合控制器. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第八届学术年会论文集, 1992, 10.
- [3] 赵登福, 张涛, 杨靖, 等. 新型变电站电压无功综合控制装置的研制. 全国高等学校电力系统及其自动化专业第十五届年会论文集, 1999, 11.
- [4] 周邛飞, 赵金荣. 电压无功自动控制软件及其应用. 电力系统自动化, 2000, 24(9).
- [5] 丁国光, 邱文华, 孙一民. 变压器有载调压和电容自动投切. 电力系统自动化, 1998, 22(4).
- [6] 严浩军. 变电站电压无功综合控制策略的改进. 电网技术, 1997, 21(10).

收稿日期: 2001-04-10

作者简介: 全庆贻(1976-), 男, 博士研究生, 研究方向为配电网自动化及信号处理; 颜钢锋(1959-), 男, 教授, 研究方向为配电网自动化及信号处理。

Voltage and reactive power control based on real - time database

TONG Qing-yi, YAN Gang-feng

(Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In order to fit for the substation of different voltage grade and structure, the article puts forward a Voltage and Reactive Power Control (VQC) method that runs in the monitoring system on the local background computer. The article analyzes the principle of VQC with taking into account the change of transformer's taps and the cut and input of the capacitor. The adjustment method is designed according to the different control area and running time area of voltage and reactive power.

Keywords: VQC; real - time data base; substation automation

欢迎订阅《机床电器》

——控制电器及应用技术杂志

《机床电器》是成都机床电器研究所主办、以介绍电气自动控制及电器制造和应用方面的新技术、新动态及实际应用成果和经验为主要内容、国内外公开发行的技术刊物。是我国机床电器(控制电器)、低压电器、各类控制电器和装置、数控系统、可编程控制器等制造和应用行业中一份颇有影响的刊物。

本刊坚持立足于生产实际, 求实、求新、求精地选登有关应用技术方面和制造技术的成果和经验, 及时报导国内外技术和产品信息。设有“专题综述”、“研究·开发”、“制造·测试”、“标准·可靠性技术”、“数控·数显”、“计算机·PLC应用”、“应用·交流”、“产品·市场”、“探讨·争鸣”、“国内外技术信息”、“技术讲座”等栏目。适合各行各业使用电器、生产电器、从事电气控制和自动化技术的广大技术人员、电工、设备管理维修人员和有关院校师生阅读。

本刊发布各类控制电器、装置、电工材料、试验检测设备、电工仪器仪表等产品介绍和广告, 欢迎惠顾。

本刊为双月刊, 大 16 开 56 页, 每期定价 5 元, 全年 30 元, 邮发代号 62 - 77。地址: 成都市水碾河一环路东四段 79 号《机床电器》杂志社; 邮编: 610061, 电话: 028 - 4465501, 传真: 028 - 4449187; Email: ntea@mail.sc.cninfo.net