

# 智能配电网无功优化应用研究

杜 兵

(宜宾电业局, 四川 宜宾 644000)

**摘 要:**无功优化是降低网损、提高电压质量的重要措施,分析了分散调压和无功优化的差异,构建了一种智能配电网无功优化系统,将潮流计算与灵敏度分析相结合,形成无功优化最优控制策略,实现全网电压无功优化,同时,对无功补偿设备进行实时监控。

**关键词:**无功优化;潮流计算;配电网

**Abstract:** Reactive power optimization is the important measures for reducing the network losses and improving the quality of voltage. The differences between decentralized voltage regulation and reactive power optimization are analyzed. A reactive power optimization system of intelligent distribution network is constructed which combines power flow calculation with sensitivity analysis to obtain the optimal control strategy of reactive power optimization and realize the reactive power optimization of whole network. At the same time, the real-time monitoring is carried out for reactive power compensation equipment.

**Key words:** reactive power optimization; power flow calculation; distribution network

**中图分类号:** TM761 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2010)06-0034-02

## 0 引 言

社会的现代化进程日益扩大,对电能的需求飞速膨胀,电网结构也日趋复杂。社会的发展对电力企业提出了更高的要求,一方面要保证电网本身的安全性和可靠性,并尽可能地降低无功损耗,提高电网运行经济性;另一方面,要满足用户对电能高质量的要求。这种矛盾的存在必然要求引入新的技术以改善电能质量,提高电网本身的智能化水平。

电力系统无功优化是保证系统安全性、稳定性、经济性、降低网络有功损耗、提高电压质量的重要措施。但这些措施的实施,又反过来对电网的稳定和经济运行产生影响,两者相互作用,共存于电网这个高度复杂、关乎国计民生的重大网络之中。因此,必须在电能质量和电网经济运行之间寻找平衡点,有效的方法是对电网的电压和无功进行优化控制<sup>[1~3]</sup>。

## 1 无功优化的现状

中国目前大多数地区电网采用分散调整的方式实施无功电压控制,即在各变电站内利用本身所具有的无功资源实施对变电站电压无功控制<sup>[4]</sup>。比较常用的方法是根据系统当前的运行状态在九区图<sup>[5]</sup>上

所处的位置来决定相应的控制方案,调节变压器的分接头挡位或者投切电容器,从而保证一定的电压合格率和功率因数。这种方法相对简单,但是难以完全实现全范围的无功电压最优控制。就单个站而言,提高了电压合格率和电容器利用率,但是在二级有载调压电网会出现电压频繁调整,容易造成电压调节不合理现象。随着城市配网的不断扩大,越来越多的电网中的有载调压分接开关和电容器补偿装置投入使用。为了充分发挥此类设备的作用,必须从当前的人工调节方式转变为利用专家决策系统进行自动调节的方式。

## 2 传统无功补偿方法存在的问题

无功补偿其目前的补偿方法存在的问题如下。

### 2.1 变电站无功补偿容量问题

无功补偿容量配置不合理,大多数变电站补偿电容分组投切,不能根据负荷变化需要做到就地平衡,高负荷时功率因数太低,低负荷时又出现补偿。

### 2.2 存在无功向配电网倒送现象

无功倒送会增加电网损耗,加重配电线路负担,尤其是采用固定电容器补偿方式的,可能在负荷低谷时造成无功倒送。如果一个城市 10 kV 及以下配电网长期以来无功补偿不足,由此造成的电网线损

严重。

### 2.3 无功补偿监测不力

无功补偿都是通过置于现场的无功补偿装置进行,现场装置的工作情况不能及时报送监控中心,导致管理人员对无功补偿装置性能监测滞后,不仅容易引起事故,同时系统不能根据现场情况自动调节补偿装置的投切容量,以达到更好的补偿效果。

## 3 无功优化新思路的提出

随着电力调度自动化程度的不断提高,通道可靠性的增强以及变电站设备遥控功能的不断成熟完善,建立基于调度自动化 SCADA(监控与数据采集)系统的全局无功电压优化集中控制系统已经成为可能。

这里提出的研究思路是将潮流计算<sup>[6]</sup>与灵敏度分析相结合,实现配电网电压无功优化运行与调节设备动作次数的最佳组合,从而提高系统电压稳定性,降低网损和可靠减少设备动作次数,同时,系统对无功补偿设备的分布情况、工作情况、投切状态等进行实时展示和评估。

## 4 配电网无功优化系统设计

### 4.1 实现原理

配电网无功优化系统通过 SCADA 系统或独立的无功补偿装置监控系统采集全网各节点运行电压、无功功率、有功功率等在线数据,并依据全网历史资料,以配电网区域电能损耗最少、设备动作次数最少为约束条件,运行优化算法,形成相应控制策略,对有载调压变压器分接开关、无功补偿设备投切进行控制。系统控制指令借助调度自动化系统的“四遥”功能,通过调度控制中心自动执行,或通过独立的无功补偿装置监控系统下达和执行控制策略,从而实现地区电网电压无功优化运行。

### 4.2 系统结构

#### 4.2.1 无功补偿装置监控子系统

无功补偿装置监控子系统基本体系结构如图 1 所示,包括通讯控制、数据处理、数据库和数据分析等功能模块,负责采集无功补偿装置所在工作点的电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、频率等多种电气参数的测量,并获取无功补偿装置自身的工作情况,包括动作次数、当前电容器的投切组数、设备温

度、工作电压、电流等。另一方面,系统根据数据分析模块下达的控制指令完成现场电容器组的投切,真正实现区域配电网的无功优化。同时,系统设置报表分析、故障报警等功能,进一步扩展系统功能。

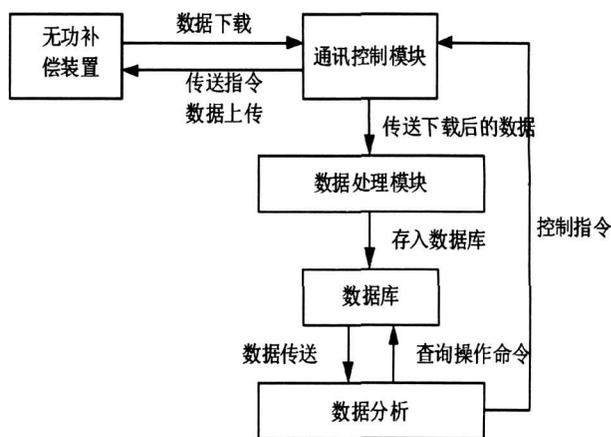


图 1 无功补偿装置监控子系统体系结构图

#### 4.2.2 无功优化智能分析软件子系统

无功优化智能分析软件如图 2 所示,该软件系统首先从 SCADA 系统或独立的无功补偿装置监测子系统获取数据,包括:馈线的电网结构与配电变压器的基础参数、馈线出口及配电变压器日有功与无功负荷曲线数据、馈线所带配电变压器低压无功补偿装置的补偿容量、组数等信息。经过网络拓扑分析、潮流计算和无功优化计算,并最终形成变电站主变压器分接头开关调节指令和无功补偿装置投切指令,通过 SCADA 系统或独立的无功补偿装置监控子系统下达给执行机构,实现无功优化。

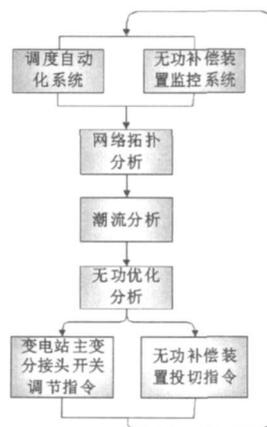


图 2 无功优化智能分析软件体系结构图

#### 4.2.3 系统管理

系统管理是管理系统的用户、权限、基础参数、日志、数据库等,主要包括用户与权限管理、日志管理、

(下转第 80 页)

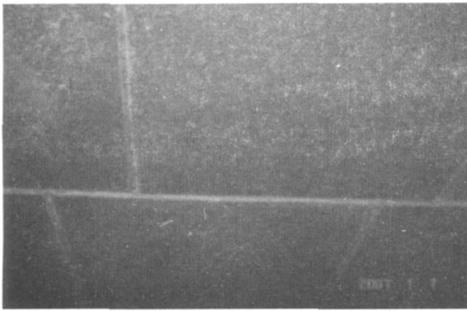


图 6 运行一年后炉膛上部耐火材料

择生产质量好的耐火材料厂家的产品,严格按照耐火材料的施工工艺及生产厂家的技术要求进行施工、浇注,严格按照耐火材料的生产厂家提供的养护曲线完成耐火材料的养护,在锅炉正常启动、停炉及负荷变化过程中,严格按照耐火材料的生产厂家提供的升温、降温速度控制锅炉的升温、降温速度,只有从设计

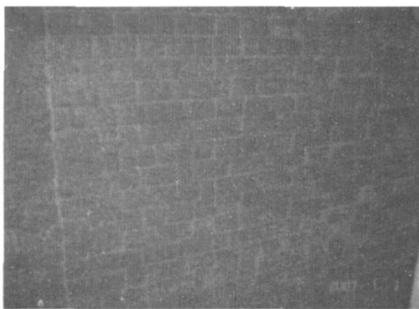


图 7 运行一年后分离器入口耐火材料

到使用全过程进行了有效的质量控制,大型 CFB 锅炉耐火材料的寿命和性能才能得到保证,也才能保证 CFB 锅炉的正常运行。

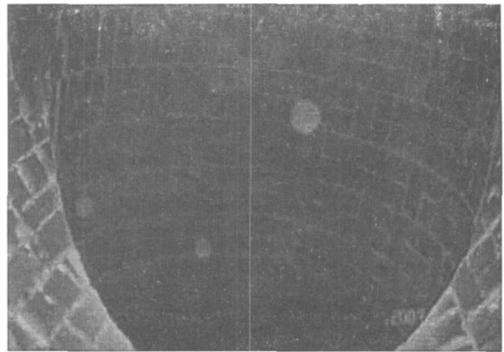


图 8 运行一年后回料器耐火材料

### 参考文献

[1] 法国阿尔斯通提供的循环流化床锅炉运行与维护手册 [Z]

#### 作者简介:

袁 杰 (1968), 男, 四川宜宾人, 工程师, 四川省电力工业调整试验所四川通能电力科技有限公司开发部副经理, 从事循环流化床机组的调试、测试和新技术研发等工作。

张文清 (1969), 男, 四川成都人, 工学学士, 高级工程师, 四川白马循环流化床示范电站有限责任公司生技部主任, 从事 300 MW 循环流化床机组技术管理工作。

(收稿日期: 2010-09-13)

(上接第 35 页)

数据备份与恢复、基础参数设置、接口管理等子功能模块。其中基础参数设置模块负责设置采集参数类型、采集点、采集周期、统计指标等, 接口管理为外部系统提供开放的数据接口, 便于功能扩展。

## 5 结论和展望

电力系统无功潮流分布是否合理, 不仅关系到电力系统向电力用户提供电能质量的优劣, 而且还直接影响电网自身运行的安全性和经济性, 这在与用户直接相关的配电网中显得尤为重要。由于电网容量的增加, 对电网无功要求也与日俱增, 若无功电源容量不足, 系统运行电压将难以保证。此外, 网络的功率因数和电压的降低将使电气设备得不到充分利用, 降低了网络传输能力, 并引起损耗增加。

进行配电网的区域无功优化研究, 合理选择无功补偿点以及补偿容量, 通过新的技术手段和科学的计算方法, 在全网范围内实现全局无功补偿, 对当前的

电网企业具有重要的现实意义: 一是能够有效地维持系统的电压水平, 增强系统的电压稳定性, 提升电网企业的服务水平; 二是解决好配电网无功补偿的问题, 有效避免大量无功的远距离传输, 降低线损, 增加售电量, 提高电网企业的经营效益。

### 参考文献

- [1] 许苑, 王科. 电力系统无功优化综述 [J]. 机电信息, 2010(18): 153-154.
- [2] 王淳, 程浩忠, 陈昱. 配电网动态无功补偿的整体优化算法 [J]. 电工技术学报, 2008, 23(2): 109-114.
- [3] 杨丽徒, 丁荣刚, 王西训. 工业企业配电网无功电源的两阶段优化规划 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2010, 22(2): 32-36.
- [4] 李忠诚. 地区电网电压无功优化运行控制系统的应用研究 [D]. 硕士学位论文, 山东大学, 2007.
- [5] 孙宏斌. 电力系统全局无功优化控制的研究 [D]. 博士学位论文, 北京: 清华大学, 1996.
- [6] 兰强, 方勇杰, 鲍颜红, 等. 基于 EEAC 的考虑暂态安全稳定约束的最优潮流计算 [J]. 电力系统自动化, 2010, 4, 34(8): 34-38.

(收稿日期: 2010-10-20)