

一种基于图形化编程的无功动态补偿装置的研制

李慧杰¹, 戴国安², 王海军², 李啸骢¹

(1. 广西大学电气工程学院, 广西 南宁 530004; 2. 许继电气直流输电系统部, 河南 许昌 461000)

摘要: 通过对供电系统特点及无功补偿原理的分析, 提出了一种无功动态补偿的设计方法, 利用图形化编程技术的优势, 开发了无功动态补偿装置。

关键词: PWM 逆变器; 无功动态补偿; 图形化编程

中图分类号: TM714.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)04-0075-03

0 引言

随着中国电力系统的发展, 尤其是电力市场的建立, 对电能质量的要求越来越高, 相关的标准越来越严格。非线性负荷产生大量的谐波和负序分量, 当这些谐波和负序分量进入电力系统后, 对系统造成极大危害, 严重影响了电力输配电系统的电能质量。这样的“电能污染”已越来越成为广泛关注的问题。针对上述问题, 不少专家学者已经研制出了一些补偿装置进行就地补偿, 避免对相邻用户和供电系统的影响。传统的补偿方式是采用由可调谐 LC 滤波器和高通滤波器组成的用于提高功率因数和抑制谐波的并联无源滤波器。现在比较常用的无功补偿装置有两种: 一是开关投切电容器组, 但是当空载时, 并联的电容器组向系统倒送无功, 而电力部门对无功补偿装置实行“反反正计”, 使功率因数达不到 0.9 标准; 开关投切电容器组还产生涌流和电磁暂态, 造成过电压, 实际运行曾出现过用开关投切电容器组而引发的系统过电压事故; 二是使用晶闸管控制电抗器 (TCR), 但价格贵, 占地面积大, 谐波含量大。

基于这些因素, 本文提出了一种开发手段先进、性能高、成本低, 适用于静止无功补偿的装置, 它采用先进的 IGBT 器件、高频 PWM 逆变技术和数字控制技术, 以较高的可靠性和优良的性能价格比, 满足无功补偿和馈线电压控制的需要。

1 无功动态补偿装置的总体设计

本文中所提出的无功动态补偿装置的基本结构如图 1 所示。

该无功动态补偿装置由信号控制电路、PWM 逆变器、变压器等部分组成。控制电路通过实时检测母线电压和电流来计算母线的无功功率, 通过控制

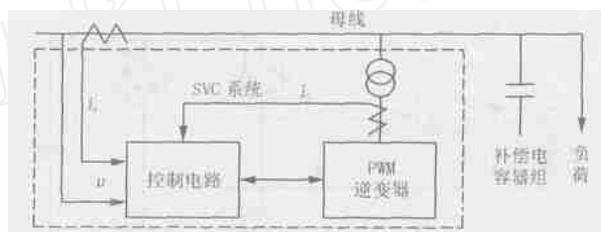


图 1 无功动态补偿装置的基本结构

Fig. 1 Fundamental structure of dynamic reactive power compensation device

PWM 逆变器来控制本装置注入母线的无功功率的大小, 从而使母线无功功率为零 (或最小), 达到无功动态补偿的目的。

1.1 混合型电能质量调节器

为了提高效率和降低成本, 本装置采用了如图 2 所示的混合型电能质量调节器, 若干个并联无源 LC 带通、高通滤波器起到无功补偿的作用, 分别对系统中的 5 次、7 次、高次谐波进行旁路。串联有源滤波器首先可以在电源侧和负荷侧之间隔离谐波, 迫使谐波电流流入并联无源滤波器, 另外由于采用串联有源滤波器, 电网电压没有直接加在电力电子器件上, 这样也就降低了电力电子器件的额定容量。通过控制回路的控制, 改变非正弦补偿电压 V_c 进行无功补偿和调整电压的作用。混合型电能质量调节器的配置方法降低了电力电子器件的容量和数量, 降低了成本, 同时也满足了系统功能要求。

1.2 PWM 逆变器

PWM 逆变器是本装置的核心部件, 它由单相 IGBT 全桥逆变电路构成, 其主要作用是产生补偿所需要的无功功率, 它既能产生正的无功功率, 也能产生负的无功功率。PWM 逆变器的工作原理可用图 3 和图 4 来说明。

工作时, 逆变器相当于交流电压源, 其输出电压为 u_i 。输入逆变器的电流为:

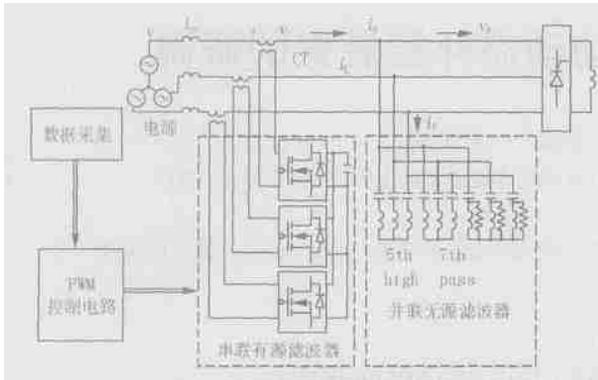


图2 混合型电能质量调节器

Fig. 2 Regulator of hybrid power quality

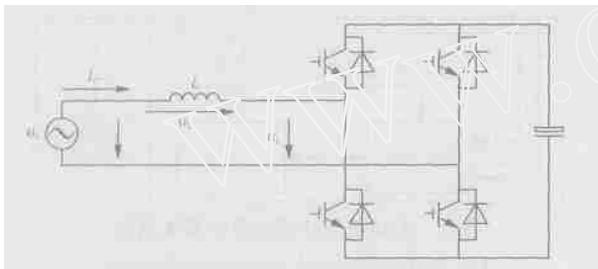


图3 PWM 逆变器工作示意图

Fig. 3 Diagram of PWM inverter

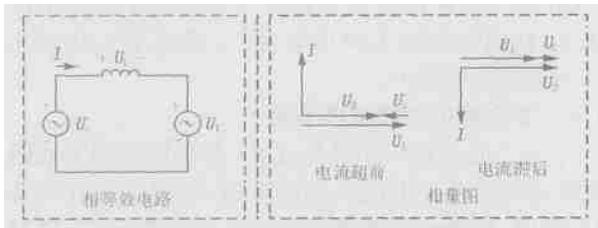


图4 PWM 逆变器等效电路图

Fig. 4 Equivalent circuit of PWM inverter

$$I_c = \frac{U_i}{j\omega L} = \frac{U_s - U_i}{j\omega L}$$

通过同步电路控制,使 U_i 与 U_s 同频同相,然后改变 U_i 的幅值大小,不仅可以控制电流 I_c 的大小,而且还能控制该电流是超前还是滞后电压 90° 。当 U_i 大于 U_s 时,电流超前电压 90° ,逆变器产生容性无功功率;当 U_i 小于 U_s 时,电流滞后电压 90° ,逆变器产生感性无功功率。本装置除补偿功率因数外,还具有稳定馈电线路电压和抑制电压闪变的功能。

1.3 图形化软件开发

国内常规的软件开发大多都是在开发人员对硬件系统非常了解的前提下,直接使用硬件支持的语言进行编程。这种软件开发方式的缺点是软件编程复杂,软件出错率高;由于每个人都有自己的编程习

惯,由不同人员编写的程序很难集成到一起,并且软件的维护和升级也对某些软件工程师有较大的依赖性。而 ABB、西门子等国际大公司都选择图形化编程的方法。

本装置的开发过程借鉴了国外大公司的经验,使用图形化编程技术。在我们使用的开发软件中,提供了大量的基本函数,每个函数都采用模块化编程技术,其接口参数有严格的定义。在专用的设计软件上,各种逻辑、计算等基本函数被封装起来,以图元的形式表示成各种可视化的函数块,这些函数块保存在相应的函数库中。软件开发人员在开发过程中考虑各种功能的需要,通过调用函数库中的各个函数块,使用逻辑连线将各个函数块连接起来就形成了最终的程序。

本装置的完整程序由一个主程序和 10 个功能包组成。主程序中主要定义了机箱整体结构、机箱中各插件位置、各功能包名称、接口名称以及各种中断时间等。功能包是用来实现各种逻辑功能的子单元,整个装置的所有功能由多个功能包共同完成,每个功能包实现一种或几种功能,他们都有自己独立的名称。

整个装置的软件开发结束以后,对主程序和所有的功能包进行编译,如果出现语法错误,软件会给出相应的报告文档。如果没有语法错误,就可以通过专用的编程器下载到程序存储卡(该程序存储卡正常运行时插于处理器插件上)中。除此以外,通过图形化编程软件,程序的调试也非常方便,通过调试串口可以在编程软件上在线显示和修改各个函数块连接点的值,以此测试各个功能的执行情况。

通过我们的实践,可以明显地感觉到图形化编程具有如下的优点:使软件的开发周期明显缩短,开发效率大大提高;可以让软件设计人员能将更多的精力放在装置功能的实现上,而不用过多地在硬件资源的分配上浪费时间。

由于各种逻辑的实现是通过图形化元件连接完成的,所以软件的调试、阅读也更加容易,一个人编写的程序其他人很容易就能看明白,软件的出错率也降到最低。

2 装置的主要特点

2.1 范围补偿

既能补偿正的无功功率,又能补偿负的无功功率,容量为 Q 的补偿装置其无功控制范围为 $-Q \sim +Q$ 。通过连续快速地控制无功,使补偿后的系统

功率因数接近 1, 实现实时稳定馈电线路电压, 抑制电压闪变。

2.2 全数字化控制技术

双 CPU 控制。其中, 无功功率控制芯片采用 32 位高速电力电子专用处理器 PP7; 人机接口控制采用 32 位 CPU (AMD486), 实现用户信息管理。数字化控制, 可以大大简化硬件电路, 提高了装置的可靠性; 使得调试简单, 现场维护方便; 使装置具有完善的故障自诊断和监控功能; 使装置软件在线升级方便。

2.3 模块化结构

系统核心部件 PWM 逆变器采用模块化结构。正常工作时, 各模块均分功率, 当某一模块发生故障时, 该模块自动切除, 不影响其它模块的正常运行。通过增加 PWM 逆变器模块的数量, 可以很方便地扩大补偿系统的容量。每个模块功率为 500 kVA, 本装置单机最多可并联 6 个模块, 容量可达 3 MVA。

2.4 系统配置灵活

本装置在设计时便充分考虑了无功补偿的实际情况, 具有十分灵活的系统配置方式。它既可单独使用, 也可与固定补偿电容器组联合使用。对已具有固定电容器补偿设备的供电所, 只增加适当容量的 WGK-2000, 而对原系统不做任何改动, 便可达到瞬时功率为 1 的动态补偿目的。合理选择 WGK-2000 和固定补偿电容器组的容量, 用户可获得所需要的功率因数, 使补偿系统的性价比达到最优。

2.5 人机界面友好

大屏幕液晶, 全中文菜单, 实时显示补偿装置的运行模式和工作状态, 以简明的语言向用户提供详细的运行参数和故障报警信号。

2.6 在线故障诊断

系统工作时, 如果发生故障, 装置将会采取相应

的步骤做安全处置, 同时以“故障信息”显示在 LCD 显示器上, 让使用者或维修人员快速得知故障所在。

2.7 监控功能

提供标准 RS232C 接口, 可以实现远程微机监控。

提供网络接口, 可以将补偿装置直接连接到任何基于 TCP/IP 的计算机网络。通过这种方式可以用计算机网络来实现远程管理补偿装置。

3 结论

图形化编程, 使产品开发周期大大缩短, 软硬件平台统一, 且保护配置灵活, 程序设计透明, 调试维护方便。利用图形化编程的优势, 使得该装置保护功能完善, 信息网络化、智能化, 且人机界面友好、运行稳定、动作正确可靠, 深受用户信赖。

参考文献:

- [1] 李致恒. 城乡电力网无功补偿技术 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1989.
LI Zhi-heng. Reactive Power Compensation Technique for Power System in the City and Countryside [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1989.
- [2] Lie T T. Method of Identifying the Strategic Placement for Compensation Devices [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1995, 10(3).

收稿日期: 2004-06-09; 修回日期: 2004-08-16

作者简介:

李慧杰(1969-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统自动控制技术;

戴国安(1973-), 男, 本科, 主要从事继电保护专业的研究工作; E-mail: daiguon@swjtu.xj.com

王海军(1977-), 男, 本科, 主要从事电力图形程序与设计方向的研究工作。

Development of one kind of dynamic reactive power compensation device based on graph-oriented programming technique

LI Hui-jie¹, DAI Guo-an², WANG Hai-jun², LI Xiao-cong¹

(1. College of Electrical Engineering, Guangxi University, Nanjing 530004, China;

2. Department of DC Transmission System, XI Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: In accordance with the characteristics of power transmission system and the principles of reactive power compensation, this paper proposes a new method about the dynamic reactive power compensation design. With the superiority of graph-oriented programming which is based on SIEMENS technique, a kind of dynamic reactive power compensation device is developed. It has perfect reliability and advanced technique.

Key words: PWM inverter; dynamic reactive power compensation; graph-oriented programming