

# 基于 DSP TMS320F2812 静止无功发生器控制系统的 设计

鲍晓娟 郝瑞祥 游小杰 叶斌

(北京交通大学电气工程学院, 北京 100044)

**摘要** 设计了一种以DSP TMS320F2812为核心的静止无功发生器的控制策略, 给出了硬件电路和软件流程的具体实现方案。理论分析和实验结果表明, 该控制系统具有良好的工作性能, 验证了所提出控制方案的有效性。

**关键字:** 数字信号处理器; TMS320F2812; 静止无功发生器; 无功补偿

## Design of Control System for SVG Based on DSP TMS320F2812

Bao Xiaojuan Hao Ruixiang You Xiaojie Ye Bin

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

**Abstract** Designed the control system of SVG based on DSP TMS320F2812, and given the control strategies of hardware circuit and software work flow. Theoretical analysis and experimental results show that the control system has good performance, and demonstrate the effectiveness of the proposed control approach.

**Key words:** DSP; TMS320F2812; SVG; reactive power compensation

## 1 引言

静止无功发生器(Static Var Generator, 简称SVG)具有连续调节、调节范围大、响应速度快、控制精度高、运行可靠等优点, 是目前性能最好的动态无功补偿装置, 代表了无功补偿装置的发展方向。SVG控制的关键, 在于无功电流指令的计算和产生无功电流的方法。本文采用基于DSP TMS320F2812的数字控制系统, 实现了基于旋转坐标变换的无功电流指令计算和无差拍方法产生无功电流。所采用的控制系统具有运算速度快、精度高、集成度高、电路设计简单和电磁兼容性好等优点。

## 2 SVG 控制系统

SVG控制系统以TMS320F2812为核心, 它是美国德州仪器(TI)公司近年最新推出的一款用于控制的高性能、多功能、高性价比的32位定点DSP芯片, 是目前控制领域最先进的处理器之一<sup>[1]</sup>。其主频最高可达150MHz, 单个指令周期为6.67ns, 提高了控制系统的控制精度和芯片的处理能力, 可以很好满足SVG控制系统的实时控制要求, 并提供浮点数学函数

库, 从而可以在定点处理器上方便的实现浮点运算。该芯片带有128K×16位的片上Flash存储器, 和18K×16位的单周期访问RAM(SARAM)。其片内外围设备主要包括: 两个事件管理器(EV)模块, 可以完成PWM信号产生、信号指示和故障保护等功能; 一个2×8通道12位模数转换(ADC)模块, 可以完成数据采集; 三个独立的32位CPU定时器, 以及多达56个独立编程的GPIO引脚, 可外扩大于1M×16位程序和数据存储器。另外, TMS320F2812内核采用哈佛总线结构, 可以实现对程序和数据空间的同时操作, 因而可兼顾数字控制和快速运算的双重功能<sup>[2]</sup>。

基于TMS320F2812的SVG控制系统结构图如图1所示。该系统具有硬件设计简单、集成度高、电磁兼容性好等优点。

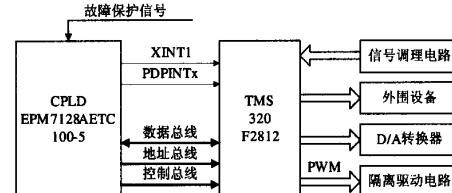


图1 基于TMS320F2812的SVG控制系统结构图

### 3 基于 TMS320F2812 的控制系统算法

补偿无功的关键是无功电流的检测与补偿电流的控制，目前已有多 种方法被提出，如基于瞬时无功理论的  $p-q$  和  $i_p-i_q$  法<sup>[3]</sup>。本文采用基于对电压、电流同时进行旋转坐标变换和投影变换的无功电流检测方法，如图 2 所示。其中 abc/dq 代表旋转坐标变换，LPF 为低通滤波器。输入为待测电源电压  $u_a$ 、 $u_b$ 、 $u_c$  和三相电流  $i_a$ 、 $i_b$ 、 $i_c$ ，电流信号经 d-q 正变换、低通滤波得到基波正序电压矢量  $u$  和电流矢量  $i$ ，再经投影变换和 d-q 反变换，得到三相基波正序无功电流分量  $i_a^*$ 、 $i_b^*$ 、 $i_c^*$ ，即 SVG 的补偿电流指令值。

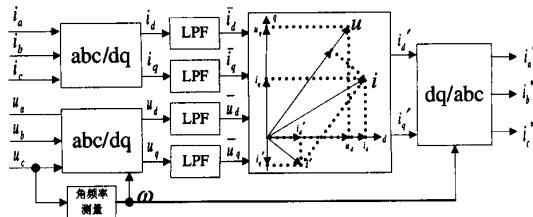


图 2 补偿电流指令计算原理

补偿无功电流采用无差拍电流控制方法。该方法通过调节逆变桥门极控制脉冲占空比来调节补偿电流，其原理是：在每一个开关周期的开始时刻，采样 SVG 产生的电流  $i$ ，并且根据下一控制周期开始时刻 SVG 的补偿电流指令值  $i^*$  和电路中电压等参数，计算出逆变桥开关时间，通过控制逆变桥开关，使逆变器输出电流  $i$  在下一周期开始时刻等于指令电流  $i^*$ <sup>[4]</sup>。

采用 TMS320F2812 作为控制器，通过 PWM 指令控制各相桥臂开关器件的开通和关断，使逆变器输出电流在一个控制周期内跟踪达到指令电流参考值，整个控制算法的完成仅需要 80μs。

### 4 软件设计流程

系统软件主要由主程序、捕获中断子程序和定时器 T1 下溢中断子程序三部分组成。主程序负责完成系统控制寄存器的初始化工作，程序流程如图 3 所示。捕获中断子程序用来测量电网频率，程序流程如图 4 所示。定时器 T1 下溢中断子程序完成系统的控制算法，即电压电流信号采样、过流过压保护、无功电流指令提取、IGBT 三相桥臂上管的开通时间计算等（如图 5 所示），其中定时器 T1 的周期设置为 100μs。

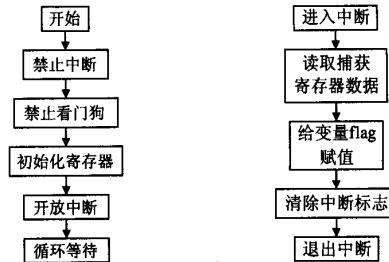


图 3 主程序流程图



图 4 捕获中断子程序流程

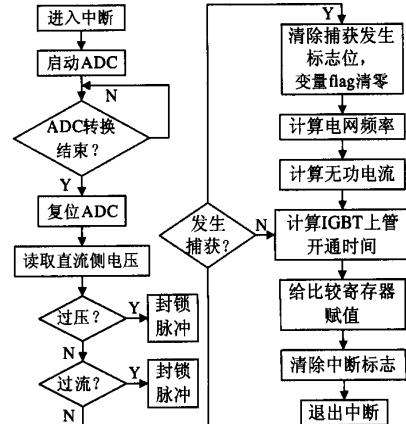


图 5 定时器 T1 下溢中断子程序流程图

### 5 实验结果和波形

实验系统结构如图 6 所示，由主电路和控制电路两部分组成。主电路的功率器件选用三菱公司的 IPM 模块 PM50RSA120，控制电路以 TMS320F2812 为核心，由 DSP 控制板、霍尔传感器及信号调理电路、IGBT 驱动板等三部分构成。

实验装置的容量为 1kvar，其电路参数为：电源相电压 110Vrms /50Hz，直流侧电容 4700μF，电感 1.26mH，直流侧参考电压 250V，开关频率 10kHz。实验结果如图 7、图 8 所示。图 7 所示上波形为直流侧电压，下波形为逆变桥输出电流。由图 8 可以看出，采用无差拍方法产生的无功电流可以实时控制 SVG 发出超前三相电压的无功电流，具有很好的动态性能。

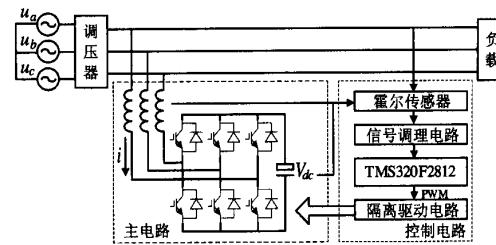


图 6 实验系统结构图

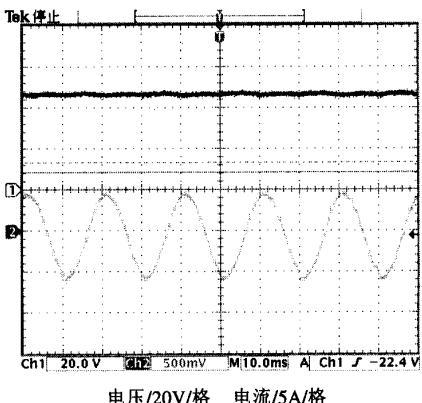
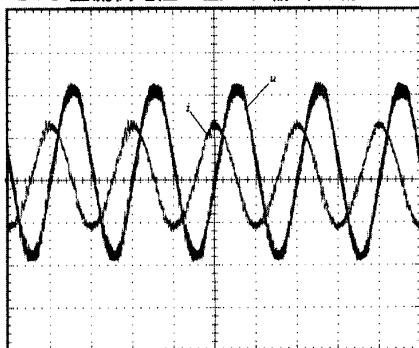


图 7 SVG 直流侧电压（上）和输出电流（下）波形



注：图中  $u$ 、 $i$ 、 $t$  坐标上每一小格分别为 50V、5A、10ms。

图 8 电源电压和补偿无功电流波形

## 6 结论

本文介绍了基于 DSP TMS320F2812 芯片的静

止无功发生器数字控制系统。该系统具有运算速度快、精度高、集成度高、电路设计简单和电磁兼容性好等优点。实验结果表明该系统能够较好地实现对无功电流的实时控制，达到快速跟踪电流的目的，其补偿效果好，动态响应快，基于该控制系统的静止无功发生器具有良好的工作性能。

## 参考文献

- [1] 苏奎峰, 吕强, 耿庆锋, 陈圣俭. TMS320F2812原理与开发.[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] TMS320C2812 Digital Signal Processors, Texas Instruments Incorporated, 2003.
- [3] 王兆安, 杨君, 刘进军. 谐波抑制和无功功率补偿.[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- [4] 游小杰, 李永东, Victor Valouch, 郝瑞祥. 并联型有源电力滤波器在非理想电源电压下的控制. [J]. 中国电机工程学报, 2004.

## 作者简介

鲍晓娟 (1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向为电力电子在电力系统中的应用。

### 新闻与动态

## 国内最大核能发电项目获国家立项

国家发改委日前同意山东海阳核电站一期工程开展前期工作, 这标志着历时 24 年的海阳核电站项目已经实现国家正式立项。

根据中国国家核电自主化工作领导小组的决定, 海阳核电项目确定为第三代核电自主化依托项目, 采用目前世界最先进的核电技术, 一期工程将建设两台百万千瓦级压水堆核电机组。海阳核电站规划容量为 600 万 kW 级核电机组, 并留有扩建条件, 分三期实施, 一期工程拟于 2010 年开始发电。

随着山东东部地区工业经济的快速发展, 到 2010 年

山东的电力需求为 5000 万 kW, 但目前供电能力只有 3000 万 kW。而核电的投建正好可以弥补电力缺口。据悉, 海阳核电站全部建成之后, 将成为迄今为止中国最大的核能发电项目。目前, 山东已规划建设 3 座核电站。其他两座分别位于威海荣成、威海乳山的 120km 的海岸线上。山东核电群的崛起将为整个华东地区输送电力。

