

文章编号: 1003-7837(2006)04-0301-04

# 基于 DSP 的双 PWM 变频调速系统的设计

邱 涛, 陈林康, 徐立慰

(广东工业大学, 广东 广州 510090)

**摘 要:** 与不可控整流的交—直—交变频调速系统相比, 双 PWM 变频调速系统采用可控 PWM 整流技术, 提高了变频调速性能. 介绍了基于 TI 公司 DSP 芯片 TMS320LF2407 的双 PWM 变频调速系统的设计方法, 给出了基于 TMS320LF2407 的设计框图和软件流程图, 对外围器件的选取也做了扼要介绍, 并对双 PWM 变频调速的应用和发展趋势做了展望.

**关键词:** 双 PWM; 整流; 逆变; 数字信号处理(DSP)

**中图分类号:** TM921.5 **文献标识码:** A

变频调速以其优异的启动制动性能、高效节能、高功率因数、广泛的适用范围等优点而被认为是具有发展前途的调速方式, 并有取代直流调速的趋势.

根据不同场合对控制精度的要求不同, 可以采用不同的控制电路和控制技术. 但无论采用哪种控制策略, 都存在电磁干扰(Electro Magnetic Interference-EMI)和谐波污染的电力公害, 以及谐波电流大、功率因数低、直流回路需要大的储能电容、再生能量不能回馈电网等问题<sup>[1]</sup>, 新型变频器应努力克服这些问题.

## 1 双 PWM 变频器的的工作原理

双 PWM 变频器是在交—直—交控制系统中, 将整流部分用可控开关管取代整流二极管, 逆变部分不变, 即整流和逆变均采用 PWM. 设计中所用的开关管均采用 IGBT 作为功率开关元件.

双 PWM 变频调速系统具有以下特点<sup>[1]</sup>: 可实现电网侧输入功率因数近似为 1, 消除了谐波污染; 可实现电动机的四象限运行; 能量转换效率高, 能量可双向流动. 其主电路拓扑结构如图 1 所示.

双 PWM 控制电路的主电路与一般的交—直—

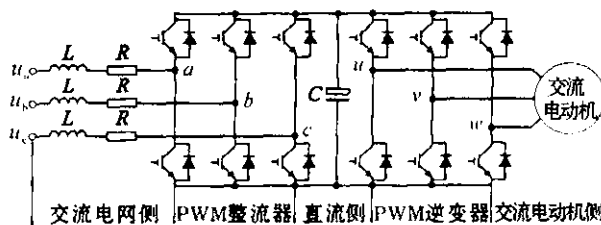


图 1 双 PWM 变频调速的主电路拓扑结构

Fig. 1 Main configuration of dual-PWM variable-frequency speed regulation system

交控制系统的不同之处是, 交—直部分可控. 在系统结构上, 三相整流器和三相逆变器均采用 PWM 调制技术, 功率开关器件 IGBT 始终处于开通或关断工作状态, 使整流器三相输入电流接近正弦波, 谐波成分非常小即交流输入侧的电流与电压同相位, 从而解决了整流器由于输入电流畸变而引起的功率因数下降的问题, 实现了功率因数近似为 1.

功率开关器件 IGBT 与二极管反并联, 使 PWM 整流部分不仅能工作在整流状态, 而且能逆运行, 实现能量双向流动. 当 PWM 整流部分从电网吸取电能时, 工作在整流状态; 而当 PWM 整流部分向电网传输电能时, 工作在有源逆变状态. 所谓单位功率因

数是指:当 PWM 整流部分工作于整流状态时,其网侧电压、电流同相;当 PWM 整流部分工作在有源逆变状态时,其网侧电压、电流反相<sup>[2]</sup>.

## 2 双 PWM 变频器的硬件设计

双 PWM 变频器的核心控制元件采用美国德州仪器(TI)公司生产的 TMS320LF2407 DSP 芯片<sup>[3]</sup>.该芯片不仅具有普通信号处理器的高速运算功能,而且还有丰富的片内外设,如通用定时器、脉宽调制 PWM 电路、捕捉器、光电编码器接口、A/D 转换器、串行通信接口、看门狗等,这些片内外设为 DSP 应用于电动机控制提供了方便.尤其是它具有两个事件管理器,共 12 路 PWM 输出,正好用于控制双 PWM 变频系统的 12 个开关管.

六单元 IGBT 功率开关元件选用富士公司生产的 6MBP20RH060 智能功率模块<sup>[4]</sup>(IPM).该模块是先进的混合集成功率器件,由高速低功耗的 IGBT 芯片、优选的门极驱动及保护电路构成.与其他功率模块相比,IPM 可以使系统的硬件电路简单、可靠性高及缩短系统的开发时间.

IPM 将 IGBT 所需的外围电路都集成到模块内,所以它与 DSP 的连接非常简单.由于 IPM 对驱动电压和信号干扰的要求严格,为防止 IPM 损坏和误动作,因此 DSP 与 IPM 之间不能有直接的电气连接,可以采用美国安捷伦公司专为 IPM 等功率器件设计的高速光电耦合器 HCPL4504 作为输入信号的隔离器件.对于故障信号输出可用一般的光电耦合器,如 PC817 或 TPL521 作为隔离器件.

### 2.1 PWM 整流部分的设计

为提高功率因数和使能量可双向流动,采用可实现功率因数校正的控制电路.目前,普遍采用的控制方式是以电压反馈作外环,以电流反馈作内环的双闭环串级结构,其中电压反馈信号用于控制整流器的输出电压,电流内环则实现整流器网侧单位功率因数控制<sup>[2]</sup>.

图 2 是基于 TMS320LF2407 的高功率因数整流器的结构图.分别将由电流传感器和电压传感器采样来的模拟量限压后送入 TMS320LF2407 的 A/D 口,在 TMS320LF2407 中编程,实现三相静止坐标系变换到两相旋转坐标系及 PI 调节器的功能,减小了使用模拟器件所带来的偏差和温漂,提高了系统的可靠性.六路 PWM 控制信号来自 TMS320LF2407 的

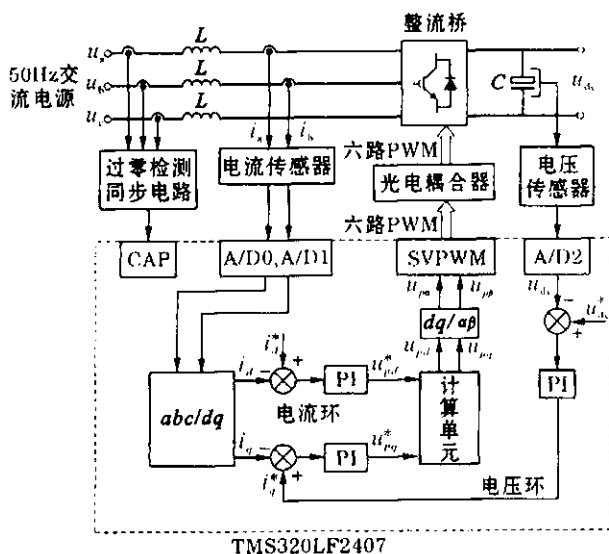


图 2 基于 TMS320LF2407 的高功率因数整流器

Fig. 2 High power factor PWM rectifier based on TMS320LF2407

事件管理器 A,由 TMS320LF2407 的 PWM1 ~ PWM6 (对应的 I/O 口为 IOPA6, IOPA7, IOPB0, IOPB1, IOPB2 和 IOPB3)输出.

### 2.2 PWM 逆变部分的设计

双 PWM 变频调速系统的逆变部分即电动机控制部分与普通电动机的控制模式基本相同,是采用磁场定向电压空间矢量(SVPWM)的控制方式,即将三相坐标系转换为两相坐标系,使交流电动机近似于直流电动机来进行控制.其特点是易于得到参考量和易于实现直接转矩控制<sup>[5]</sup>.

图 3 为基于 TMS320LF2407 的 PWM 电动机控制结构,它与整流部分共用一块 TMS320LF2407.两相电流的测量值经 Clarke 变换后得到  $\alpha$  和  $\beta$  轴系的量,经 Park 变换后,输出量与设定的参考值相比较,经 PI 调节后再经 Park 逆变换,得出的量就可以用来产生 SVPWM 的控制信号.采用 SVPWM 控制便于信号的数字化处理,具有转矩脉动小,噪音低,电压利用率高的优点.坐标变换、数字 PI 调节器及 SVPWM 的产生均在 TMS320LF2407 内实现,具有快速和可靠性高的特点.六路 PWM 控制信号来自 TMS320LF2407 中的事件管理器 B,由 TMS320LF2407 的 PWM7 ~ PWM12 输出(对应的 I/O 口为 IOPE1 ~ IOPE6).输出信号需经高速光电耦合器隔离后再输入 IPM.

图 3 基于 TMS320LF2407 的磁场定向控制结构图  
Fig.3 Control configuration of magnetic field orientation based on TMS320LF2407

3 双 PWM 变频器的软件设计

从硬件设计部分可以看出 基于 TMS320LF2407

化控制. 软件设计对于整个系统来说是比较重要的部分,其涵盖了 DSP 的初始化设计、防积分饱和的数字 PI 调节器设计、A/D 转换器的采样、光电编码器的采样和计算、Clarke 变换、Park 变换及其逆变换、SVPWM 的区间判别和定时器时间确定、各相关量的计算等. 限于篇幅,这里仅仅给出高功率因数整流器和磁场定向的 PWM 逆变控制软件流程图,如图 4 所示. 其中图 4( a )为 PWM 整流控制部分的程序流程图,图 4( b )为 PWM 逆变控制部分的程序流程图.

4 结 论

双 PWM 变频调速装置具有高功率因数及低谐波污染,尤其是能量的双向流动特性,非常适宜在位势负载,如电梯等设备上使用. 虽然其控制系统略显复杂,但采用高性能 DSP 可以实现系统的大部分功能. 随着电力电子技术、电动机变频控制技术和计算机控制技术的成熟,其应用前景会越来越广泛.

( b )PWM 逆变控制部分程序流程图  
( b ) Software flow diagram of PWM inverter  
的双 PWM 变频调速系统只需用于采集模拟量的电流传感器、电压传感器、光电编码器以及工作电源等少量的外部器件,控制系统的大部分功能均可在 TMS320LF2407 内实现,因此可以实现系统的全数字

( a )PWM 整流控制部分程序流程图  
( a ) Software flow diagram of PWM rectifier  
图 4 双 PWM 变频器控制软件流程图  
Fig. 4 Software flow diagram of dual-PWM variable-frequency speed regulation system

## 参考文献：

- [ 1 ] 陈国呈. PWM 变频调速及软开关电力变换技术[ M ]. 北京 :机械工业出版社 2001.
- [ 2 ] 张崇巍, 张兴. PWM 整流器及其控制[ M ]. 北京 :机械工业出版社 2003.
- [ 3 ] 何苏勤, 王忠勇. TMS320C2000 系列 DSP 原理及应用[ M ]. 北京 :电子工业出版社 2003.
- [ 4 ] 富士公司. IGBT-IPM 应用手册[ EB/OL ]. [ 2006-03-20 ]. <http://www.scut-co.com/maindoc/techtrade/fuji/documents/techsupport/RCH983/RCH983.pdf>.
- [ 5 ] 李华德. 交流调速控制系统[ M ]. 北京 :电子工业出版社 2003.

## A dual-PWM variable-frequency speed regulation system based on DSP

QIU Tao , CHEN Lin-kang , XU Li-wei

( Guangdong University of technology , Guangzhou 510090 , China )

**Abstract** : Compared to the uncontrollable AC-DC-AC in the conventional VF speed regulation , dual-PWM VF speed regulation system adopts controllable PWM rectifier technology to improve capability. The design of dual-PWM VF speed regulation which introduced in this paper is based on TI TMS320LF2407 DSP. The paper offers the design chart and software flow chart of the system based on TMS320LF2407 and introduces some apparatus which must be used in the design. And this paper brings forward the possible applications and development trend of the dual-PWM VF speed regulation techniques.

**Key words** : dual-PWM ; rectifier ; inversion ; digital signal processing( DSP )