基于TMS320F2812处理器的移相全桥开关的设计

吴亮亮,楼佩煌,孙勇 (南京航空航天大学 机电学院,江苏 南京 210016)

摘 要: 对定点 32 位数字信号处理器 TMS320F2812 的 EV 模块进行研究,给出了移相全桥控制方式主电路和工作波形,介绍了基于 TMS320F2812 的移相全桥软开关的设计与实现方法。该方法已经在一个高频功率逆变的工程应用中被证明可行,应用效果良好。

关键词: 数字信号处理器: TMS320F2812 芯片; EV 事件管理模块: 移相全桥 中图分类号: TM73: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1007-3175(2009)07-0011-03

Design of Phase-Shifted Full-Bridge Switch Based on TMS320F2812

WU Liang-liang, LOU Pei-huang, SUN Yong

(College of Mechanical & Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: After the event manager (EV) module of 32-bit fixed-point DSP, TMS320F2812 was studied and this paper gave the main circuit of the phase-shifted full-bridge control and its working waveforms, introduction was made to the design for the phase-shifted full-bridge soft switch based on TMS320F2812 and the corresponding implement method. It has been proved that this method is feasible and effective in a high frequency inverter project.

Key words: DSP; TMS320F2812; EV module; phase-shifted full-bridge

0 引言

TMS320F2812数字信号处理器是TI公司推出的32位定点DSP控制器,是目前控制领域的最高性能的处理器之一,具有精度高、速度快、集成度高等特点,能够为不同的控制领域提供高性能的解决方案,其最高工作速度可达到150 MIPS(每秒百万条指令)。TMS320F2812的EV(事件管理器)模块可以产生不同要求的PWM(脉宽调制)信号来控制数字电机,捕获单元能够用来确定电机转子的转速。因此,EV模块在工业驱动器中得到十分广泛的应用。

硬开关以PWM驱动信号的占空比来调节输出电压的大小,开关瞬间存在很大的损耗,噪声大,可靠性低,效率低^[1]。而移相全桥软开关通过改变两臂对角线上下管驱动电压移相角的大小来调节输出电压,通过储能元件电感*L*和电容*C*的谐振,使开关中的电流或开关两端的电压按正弦或准正弦的规

律变化,当电流变化到零的时候使开关关断,当电 压变化到零时使开关开通,开关是在零电压或零电 流的条件下完成开或关的过程,使开关上的开通和 关断损耗理论上等于零。

本文通过对TMS320F2812的EV模块以及移相全桥软开关的研究,提出了从软件上实现移相全桥软开关的移相方法,并在实际工程应用中得到了实现,使用效果良好。

1 移相全桥控制方式主电路和工作波形

移相全桥控制的主电路如图1所示,它是由四只开关管 V_1 至 V_4 ,反并联二极管 D_1 至 D_4 ,输出变压器Tr等组成。输入直流电压为u,输出交流电压为 u_0 ,变压器Tr的初级绕组接于两个桥臂中点A和B两点,变压器的初级绕组匝数为 W_1 ,次级绕组匝数为 W_2 ,变压器匝数比为 $K=W_1/W_2$, i_p 为初级电路中的电流, i_s 为次级电路中的电流。

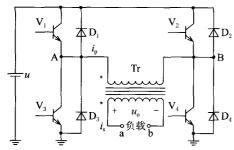


图1 移相全桥控制主电路

移相全桥控制方式是开关管 V_1 和 V_3 轮流导通,各导通180°电角;开关管 V_2 和 V_4 也轮流导通,各导通180°电角。但是开关管 V_1 和 V_4 、 V_2 和 V_3 不是同时导通, V_1 和 V_3 分别先于开关管 V_4 和 V_2 导通,两者的导通相差为 α 电角,其中开关管 V_1 和 V_3 分别先于开关管 V_4 和 V_2 导通,故将开关管 V_1 和 V_3 组成的桥臂称为超前臂, V_2 和 V_4 组成的桥臂称为滞后臂。

电感负载时的电压和电流波形如图2所示,可以看出,电压 u_{AB} 和 u_{o} 不会发生畸变。 u_{AB} 方波电压的脉宽仅与移相角 a 有关,当 a =0°时, u_{AB} 的脉宽为180°电角的方波。a 越大,则 u_{AB} 波形的脉宽越窄。

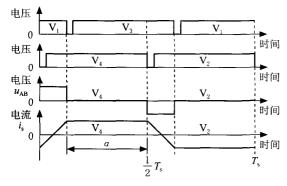


图2 电感负载时的工作波形

本文通过使用TMS320F2812的EV模块的比较单元,通过控制PWM波高低电平触发的时间,成功实现了对移相全桥控制方式的移相角的控制。

2 TMS320F2812实现移相的控制

TMS320F2812的事件管理器模块EVA和EVB各有8路PWM输出,包括3对由完全比较单元产生的同步的死区可编程PWM信号以及由通用定时器比较器产生的2路PWM信号,由通用定时器产生的这两路PWM信号可以彼此独立,也可以同步。考虑到在移相全桥控制中需要4路同步的PWM信号,因此选择事件管理器的完全比较单元来产生4路PWM驱动信号^[2]。

完全比较单元可以产生对称PWM信号和非对称PWM信号。对称PWM信号相比非对称PWM信号的优势在于每个PWM周期的开始和结束处有两个无效的区段。当使用正弦调整时,对称PWM信号产生的谐波比非对称PWM信号产生的谐波更小。因此,采用事件管理器的完全比较单元来产生4路对称的PWM信号。设驱动V,至V。的PWM信号分别为PWM1至PWM4。

由图2可以得出,移相角 α 产生的原因就是因为PWM信号之间(PWM1和PWM4,PWM3和PWM2)存在一个导通时间差 Δt 。可以得出,导通时间差 Δt ,移相角 α 和PWM信号的周期T。之间存在如下关系:

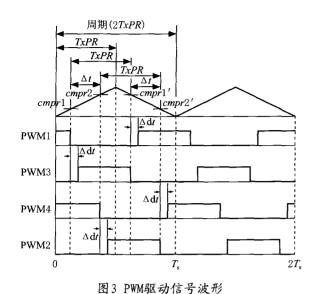
$$\Delta t = \frac{a}{360} \times T_{\rm s} \tag{1}$$

在移相全桥控制中,上下被控桥臂绝对不能同 时导通, 否则会由于短路而击穿, 这种现象称为 "短通",因而需要一对在任意时刻都不能有重叠 的驱动信号。在实际运用中,为了严格保证不发生 "短通",允许一个器件开启前另一个器件已完全 关闭这样的延时存在, 所需的延时时间由功率转换 器的开关特性以及在具体应用中的负载特性决定,这 种延时就是死区。在功率逆变电路中,"短通"主 要是由于同一相位的上下臂由同一个PWM信号的正 反相控制,开关管在状态切换过程中开启快于闭 合,对于FET管(场效应晶体管)尤其突出,从而导 致开关管的上下桥臂同时导通。虽然在一个PWM周 期内同时导通的时间非常短,流过的电流也是非常 有限, 但在频繁开关过程中功率管会产生很大的热 量,并且会影响功率逆变和供电线路,因此,在系 统设计中要绝对避免这种情况。死区控制为避免功 率逆变电路中的"短通"提供了有效的控制方式。

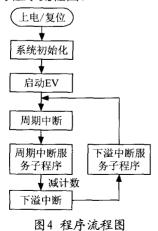
根据以上分析,可以得到四路驱动PWM信号波形,如图3所示。其中TxPR为周期寄存器的值,由于采用的是对称PWM波形,其实现方式采用的是连续增减计数,故其实质计数周期值为 $2\times TxPR$ 。cmpr1和cmpr1'分别为比较寄存器CMPR1的在一个周期内的增计数和减计数的计数值,<math>cmpr2和cmpr2'为比较寄存器CMPR2的在一个周期内的增计数和减计数的计数值。 Δt 为导通时间差, Δdt 为死区延时时间。为实现各180°电角导通,它们存在如下关系:

$$\Delta t = cmpr2 - cmpr1 = cmpr1' - cmpr2'$$
 (2)

$$TxPR = cmpr1 + cmpr1' = cmpr2 + cmpr2'$$
 (3)



为了实现在周期计数过程中,增计数和减计数 时候的比较匹配值的数学关系,有两种方法。第一 种是在两次比较匹配的时候触发比较中断, 在增计 数的比较中断服务程序里将比较匹配值改为减计数 需要的比较匹配值, 在减计数的比较中断服务程序 里将比较匹配值改为下一周期的增计数需要的比较 匹配值。第二种方法是采用了定时器周期中断和下 溢中断, 在定时器周期中断触发后, 周期中断服务 程序里将原来的增计数的比较匹配值更改为减计数 需要的匹配值, 在下溢中断触发的时候, 在下溢中 断服务程序里将原来的减计数的比较匹配值更改为 下一周期增计数需要的比较匹配值。对比这两种方 法发现, 用比较中断的时候, 四个比较匹配需要四 个中断服务程序,而由于是基于同一个定时器的关 系,用周期中断和下溢中断只需要两个中断服务 程序, 为了减少代码的执行量, 选择了第二种方 法[3-4]。图4为程序流程图。



以下为两个中断服务子程序
interrupt void tlpint_isr(void)
{
 EvaRegs. CMPR1=cmpr1';
 EvaRegs. CMPR2=cmpr2';
 EvaRegs. EVAIFRA. bit. T1PINT=1;
 PieCtr1Regs. PIEACK. all=PIEACK_GROUP2;
}
//下溢中断服务子程序
interrupt void tlufint_isr(void)
{
 EvaRegs. CMPR1=cmpr1;
 EvaRegs. CMPR2=cmpr2;
 EvaRegs. EVAIFRA. bit. T1UFINT=1;
 PieCtr1Regs. PIEACK. all=PIEACK GROUP2;

3 结语

本文通过对目前控制领域的先进的处理器TI的 32位定点DSP TMS320F2812的EV模块和功率逆变电路中的移相全桥软开关的研究,成功实现了利用 DSP实现移相的目的。本文只是对电角是180°进行了分析,其他角度的电角分析方法基本一样,程序的其他部分以及在设计过程中遇到的某些问题因为篇幅的限制没有做详细的介绍。该方法已经在实际的有高频功率逆变的项目中得到检验和应用,效果良好。

参考文献

- [1] 刘凤君. 现代高频开关电源技术及应用[M]. 北京: 电子工业出版社,2008: 123-126.
- [2] Texas Instruments Incorporated. TMS320C28X系列 DSP的CPU与外设[M]. 张卫宁,译. 北京:清华大学 出版社,2005.
- [3] 苏奎峰,吕强,常天庆,张永秀.TMS320X281xDSP 原理及C程序开发[M].北京:北京航空航天大学出 版社,2008.
- [4] 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, 2006.

修稿日期: 2009-05-16