

· 电路与控制 ·

一种反射单元不对称规则采样法步进电机控制技术

王 储

(中国电子科技集团公司光电研究院, 天津 300308)

摘 要: 对反射单元中步进电机的控制技术做了阐述, 对比了自然采样法、对称规则采样法、不对称规则采样法的特点, 指出不对称规则采样法的重要作用, 并结合实际应用, 叙述了不规则采样法步进电机控制技术的关键步骤, 指出翻转点的选取和防死区设置的关键作用, 最后通过反射单元的实际应用明确了不规则采样控制技术在实现快速、准确、高鲁棒性的步进电机控制中的应用价值。

关键词: 步进电机; SPWM; 不规则采样法

中图分类号: TN709

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2016)-03-0054-03

A Stepping Motor Control Technology Based on Reflection Element Asymmetric Regular Sampling Method

WANG Chu

(Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300308, China)

Abstract: The stepping motor control technology in reflection element is introduced. The sampling methods such as natural sampling method, symmetrical and asymmetrical regular sampling methods are compared, the importance of the asymmetrical regular sampling method is presented. And combined with practical application, the key steps of the control technology of the stepping motor with irregular sampling method are described. Choosing turning point and the key function of anti-dead-zone setting are presented. The application value of the technology in the realization of fast, accurate and high robust stepping motor control is defined through the practical application of the reflection element.

Key words: stepping motor; sine-wave pulse width modulation (SPWM); irregular sampling method

反射单元要实现快速、准确、平稳的翻转, 步进电机对其应用起到关键作用。步进电机是一种将离散的电脉冲信号转换成角位移或转速的精密电磁机械装置。它输出的位移量跟输入的脉冲数目成正比、转速与脉冲频率成正比, 但步进电机一般步距角较大, 往往满足不了某些高精密度定位和加工等方面的要求。这就需要通过细分控制来减小步距角、提高分辨率、增加电机运行平稳性并有效地避免失步。

SPWM 通常的实现方式是基于对称规则采样

法, 仅仅采用扫描方式实现, 但是规则采样法不能准确的逼近和还原正弦调制波形, 因此要想得到高精度的 SPWM, 必须采用不对称规则采样法。

1 主要内容及要求

SPWM(正弦波脉冲宽度调制)技术指通过改变 PWM 输出的脉冲宽度, 使输出波形的平均值接近于正弦波的控制方式, 也就是把正弦波等效成一系列等幅不等宽的矩形脉冲波形, 其脉冲宽度是由正弦

波和三角载波自然相交生成的,其波形原理示意图如图1所示。

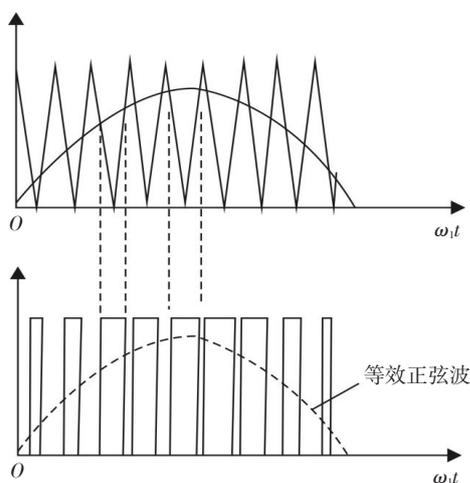


图1 SPWM波形原理

产生的方法有很多种,但较典型的主要有:自然采样法、对称规则采样法、不对称规则采样法。自然采样法是最基本的方法,所得到的SPWM波形很接近正弦波,但这种方法要求解复杂的超越方程,需要花费大量的计算时间,难以在实时控制中在线计算。

对称规则采样法,其原理示意图见图2。设计简单、计算量小,在实际工程中得到了广泛的应用。但对称规则采样法只在三角载波的顶点或底点位置对正弦波采样而形成阶梯波,不能准确地逼近和还原正弦调制波形。

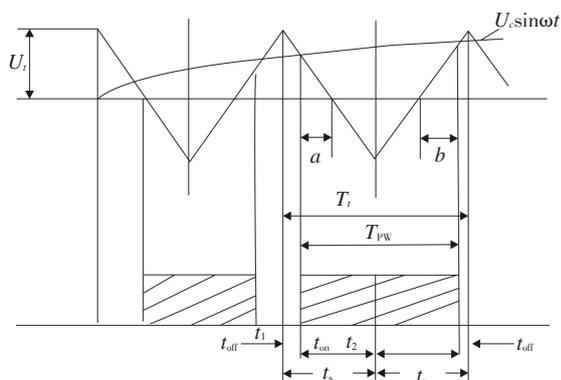


图2 规则采样法

不对称规则采样法,其原理示意图见图3。这种方法即在三角载波的顶点位置又在底点位置对正弦波进行采样,由采样值形成阶梯波,则此阶梯波

与三角波的交点所确定的脉宽,在一个三角波的周期内的位置是不对称,称为不对称规则采样法。文中采用不对称规则采样法,实现高精度的SPWM波形。

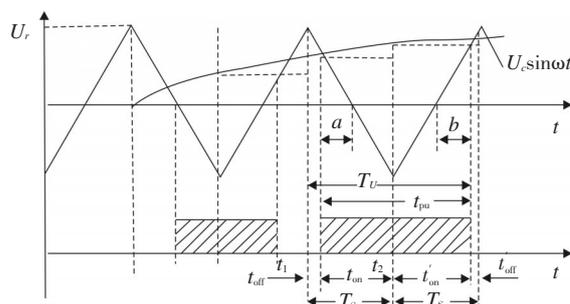


图3 不规则采样法

2 实现方案

采用TI公司推出的电机控制的高速数字信号处理芯片TMS320F2812,为了方便SPWM信号的产生,此芯片专门设计了EV事件管理器模块,结合此DSP芯片的外部事件管理模块,可方便地产生6路带有可编程死区和输出极性的PWM波形。不对称规则采样法,需要共同使用EV事件管理器的定时器的周期中断和下溢中断来共同完成,具体实现方式如下。

2.1 调用系统初始化模块

初始化的内容包括:系统工作寄存器的初始化设置、多功能外围端口的初始化、通用定时器和最佳工作频率的选取和设置、事件管理器模块的初始化、所需中断及其优先级的初始化设置。

2.2 生成翻转点时刻表

不对称规则采样法的数学模型,正弦波为 $U_c \sin \omega t$,如图3中, t_1 和 t_2 分别是两次采样时刻,他们决定了SPWM波上的通和断时间分别是 t_{on} , t_{off} , 和 t'_{on} , t'_{off} 。由于三相步进电机控制中要求三相输出电压对称,因此要求有三个相位角互差 120° 的正弦调制波与同一组三角载波相交,每一采样周期对应的角度为 $360^\circ/2N = 180^\circ/N$, N 为载波比 (N 通常根据工程经验取值20~100之间,需根据负载特性情况选取合适的数值)。 U_r 是三角载波峰值, T_c 是三

角载波周期,定义 $M=U_c/U_r$,即正弦波峰值与三角波峰值之比,称为调制度。下面以A相为例,结合原理图并根据三角形相似关系可得出

$$\begin{cases} t_{on} = \frac{T_c}{4}(1 + M \sin \frac{\pi}{N}k)(k=0,2,4,\dots,2N-2) \\ t_{on}' = \frac{T_c}{4}(1 + M \sin \frac{\pi}{N}k)(k=1,3,5,\dots,2N-1) \end{cases} \quad (1)$$

在顶点采样时,即当 k 为偶数时A相脉宽为

$$t_{on} = \frac{T_c}{4}(1 + M \sin \frac{\pi}{N}k)(k=0,2,4,\dots,2N-2) \quad (2)$$

在底点采样时,即当 k 为奇数时A相脉宽为

$$t_{on}' = \frac{T_c}{4}(1 + M \sin \frac{\pi}{N}k)(k=1,3,5,\dots,2N-1) \quad (3)$$

一个载波周期内A相脉宽为: $t_{on}^A = t_{on} + t_{on}'$

同理,可求得其他两相所对应的脉宽值,只是相位依次相差 120° 。

为了保证控制的实时性,把用到的交点(翻转点)时刻值事先计算出来,做成了一个数组放在数据存储器中。数组中存放的是翻转点时刻的值,每个载波周期有两个翻转点,数组的长度 Q 就是载波比 N 的两倍,即 $Q=2N$ 。三相波形互差 120° ,对其他两相的赋值可以在同一个数组中完成。

2.3 防死区设置

时间管理器EV采用专用的死区时间控制器,来设置死区时间的长短。设置死区时间的目的,是为了防止在任何操作的条件下,每个单元产生的两路PWM信号同时打开被控设备的上下设备引起的交叠,也就是为了防止后级驱动回路的直通烧毁功率管。

2.4 调用周期中断子程序

周期中断服务子程序的主要功能是,根据事先做好的存放在数据存储器中的正弦翻转时刻,依次周期得向比较寄存器送翻转时刻值,这样比较寄存器不断写入新的比较值,周期得按正弦规律调整脉冲宽度。周期中断就是当通用计数器的值和比较寄存器的值相等时,相应的比较中断标志位被置位产生的中断,其子程序完成向比较寄存器送第一个翻转时刻的值,即 t_{on}' 对应的计数值。

2.5 调用下溢中断子程序

下溢中断服务子程序的主要功能是,根据事先

做好的存放在数据存储器中的正弦翻转时刻,依次周期得向比较寄存器送翻转时刻值,这样比较寄存器不断写入新的比较值,周期得按正弦规律调整脉冲宽度。下溢中断就是当通用定时器计数器的值达到0000H时,定时器的下溢中断标志位被置位产生的中断,其子程序完成向比较寄存器送第二个翻转时刻值,即 t_{on}' 对应的计数值。

3 结论

反射单元的快速稳定控制是实现其用途的关键,介绍了系统初始化模块、生成翻转点时刻表、防死区设置、调用周期中断子程序等实际应用中的关键步骤,通过这些方法,可以实现步进电机的高准确性、高实时性和高鲁棒性的控制,同时详细介绍了工程实践的注意事项,使不规则采样法步进电机控制技术,可以实现反射单元按照预定的时间准确的完成任务,保证了任务的可靠性和安全性,具有很高的实用价值。

参考文献

- [1] 陈华林.基于单片机的电机控制系统研究[J]. 硅谷, 2014,10(6):5-9.
- [2] 贾达,邹益民.基于FPGA的电机控制模块[J]. 计算机工程与设计,2010(10):4-8.
- [3] 岳广臣.变频技术在电机控制中的应用[J]. 科技与企业, 2013(5):121-127.
- [4] 黄栋梁,王淦泉,陈桂林.TMS320C2X DSP电机控制系统的动态数据交换[J]. 数据采集与处理,2006(7):95-100.
- [5] 王国贵.DSP在电机控制中的应用及发展[J]. 硅谷,2010(7):32-35.
- [6] 刘超,谢方南.基于单片机的电机控制系统中上位机软件设计[J]. 变频器世界,2011(2):51-53.
- [7] 孙彩丽.机电一体化中的电机控制与保护[J]. 硅谷,2013(11):111-113.
- [8] 曹建文,门瑞霞,张爱玲. TMS320LF2407A电机控制板的电磁兼容分析及抗干扰对策[J]. 电气传动自动化,2006(9):22-27.
- [9] 周有为,刘和平.DSP在电机控制中的应用[J]. 微电机,2005(12):43-46.
- [10] 黄杰,黄秉,罗晓曙,等.基于ARM的多功能步进电机控制系统设计[J]. 信息技术,2009(6):99-105.