

一种快速实用的电压空间矢量脉宽调制算法

吴恒亮, 陈艺峰, 姚 明, 王 南

(南车电气技术与材料工程研究院, 湖南 株洲 412001)

摘 要: 在分析电压空间矢量调制基本原理的基础上, 从 SVPWM 和 SPWM 的内在联系出发提出了一种电压空间矢量调制的新型算法。该算法无需进行坐标变换和扇区判断, 只需普通的四则运算, 非常便于计算机实现。

关键词: 电压空间矢量脉宽调制; 正弦脉宽调制; 算法

中图分类号: TM301.2

文献标识码: A

文章编号: 1671-8410(2012)01-0023-02

A Practical and Fast Algorithm for SVPWM

WU Heng-liang, CHEN Yi-feng, YAO Ming, WANG Nan

(CSR Institute of Electrical Technology & Material Engineering, Zhuzhou, Hunan 412001, China)

Abstract: It proposes a novel algorithm of voltage space vector pulse width modulation (SVPWM) based on the analysis of basic principle of SVPWM and the essential relationship between SVPWM and sinusoidal pulse width modulation (SPWM). This algorithm only uses normal arithmetic operation without co-ordinate transformations and sector judgment, which can be realized simply by computer.

Key words: SVPWM; SPWM; algorithm

0 引言

电压空间矢量脉宽调制(SVPWM)和正弦脉宽调制(SPWM)是2种常用的变流器调制方式。与传统的SPWM相比,采用SVPWM调制技术可提高15%直流电压利用率,且谐波抑制效果较好,算法简单,易于数字化控制的实现。传统的SVPWM方法复杂且计算量大,直接影响高精度实时控制,因此简化SVPWM的实现和计算有益于提高整个系统的响应速度和处理精度。

典型的SVPWM实质是对在三相正弦波中注入了零序分量的调制波进行规则采样的一种变型SPWM。本文根据SVPWM和SPWM的内在联系,通过分析SVPWM基本原理,得出一种简化的SVPWM算法。该算法直接利用三相相电压瞬时值,通过简单的四则运算来计算产生PWM波形,无需进行三角函数运算、坐标变换、扇

区判断和有效矢量作用时间计算等,算法形式简单实用,非常易于数字化实现。

1 SVPWM 基本原理

SVPWM基于伏秒平衡原则,从电动机的角度出发,通过控制基本电压空间矢量的作用时间来输出参考电压空间矢量。传统的电压矢量和扇区空间分布如图1所示。

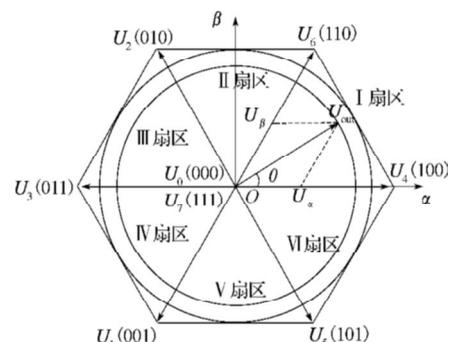


图1 电压空间矢量和扇区空间分布图
Fig.1 Distribution of voltage space vectors and sectors

收稿日期: 2011-10-08

作者简介: 吴恒亮(1982-),男,高级设计师,主要从事光伏变流器控制技术的研究。

传统SVPWM一般算法步骤为：将给定的ABC轴指令电压 U_{AO} 、 U_{BO} 和 U_{CO} 合成电压矢量 U_{out} ，并进行 α/β 变换，通过三角函数运算求出该合成电压矢量的角度 θ ，根据 θ 进行扇区判断从而确定有效的开关电压矢量。根据式(1)可计算出开关电压矢量作用时间。可见，常规的电压空间矢量算法繁琐，需进行大量浮点数运算，对处理器要求较高，同时计算精度也受到一定影响。

$$\left. \begin{aligned} T_1 &= \sqrt{3} \sin\left(\frac{\pi}{3} - \theta\right) \times |U_{ref}| \times T_s / U_d \\ T_2 &= \sqrt{3} \sin\theta \times |U_{ref}| \times T_s / U_d \\ T_0 = T_7 &= (T_s - T_1 - T_2) / 2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中： U_d ——电压源型逆变器的直流电压； T_s ——PWM的开关周期。

2 SVPWM的新型算法

SPWM对称规则采样的波形与对称七段式SVPWM波形相似，其区别仅在于分配的零矢量作用时间不同。七段式SVPWM在扇区1的各相开关波形如图2所示。

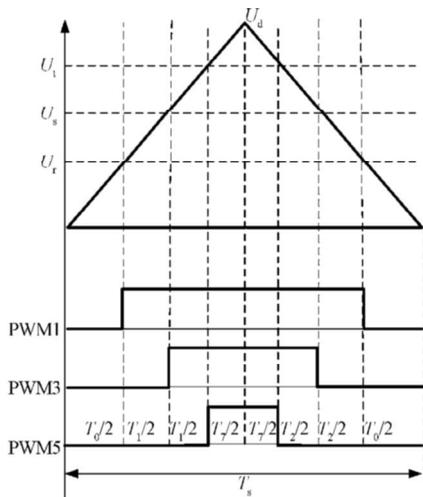


图2 七段式SVPWM
Fig.2 SVPWM with 7 sections

设给定的三相相电压调制波矢量分别为 U_r 、 U_s 和 U_t ，则有：

$$\left. \begin{aligned} U_r &= |V_m| \sin(\omega t) \\ U_s &= |V_m| \sin(\omega t + 2\pi/3) \\ U_t &= |V_m| \sin(\omega t - 2\pi/3) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中： V_m ——相电压幅值。

从图2可知，指令电压的最小值决定了 T_0 的大小，指令电压的最大值决定了 T_7 的大小。只要确保 T_0 和 T_7 的大小相等，SPWM即可实现SVPWM的调制效果。

令：

$$\left. \begin{aligned} H &= \max(U_r, U_s, U_t) \\ L &= \min(U_r, U_s, U_t) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

设在三相相电压调制波 U_r 、 U_s 和 U_t 中增加偏移量 U_0 ，则由三角形相似原理可得：

$$\left. \begin{aligned} T_0 &= \frac{0.5U_d + L + U_0}{U_d} \\ T_7 &= \frac{U_d - (0.5U_d + H + U_0)}{U_d} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

因 $T_0 = T_7$ ，则有：

$$U_0 = -\frac{H+L}{2} \quad (5)$$

由式(2)和式(5)可得产生SVPWM波形的三相调制波为：

$$\left. \begin{aligned} U_r &= |V_m| \sin(\omega t) - \frac{H+L}{2} \\ U_s &= |V_m| \sin(\omega t - 2\pi/3) - \frac{H+L}{2} \\ U_t &= |V_m| \sin(\omega t + 2\pi/3) - \frac{H+L}{2} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

将式(6)赋予三相定时比较器的CMPR1、CMPR2和CMPR3端，即可产生SVPWM波形。

根据上述推导可知，通过非常简单的四则运算就能得出A、B和C三相定时比较器的占空比，无需进行坐标变换和扇区判断，因此本SVPWM算法简单、计算量少、非常便于计算机实现。

3 结语

SVPWM直流电压利用率高，是一种性能优越、易于数字化实现的PWM调制算法。本文在分析SVPWM基本原理的基础上，从SVPWM和SPWM内在联系出发提出了一种新的SVPWM快速实现方法。该新算法形式极为简洁，只需简单的四则运算就能计算出各相所需的PWM定时比较器的占空比，因此非常便于计算机实现。

参考文献：

- [1] Texus Instruments Europe. Field Oriented Control of 3-phase AC motors[C]//Literature Number: BPR073, 1998.
- [2] 熊健, 康勇, 张凯, 等. 电压空间矢量调制与常规SPWM的比较研究[J]. 电力电子技术, 1999(1): 25-28.
- [3] 周卫平, 吴正国. 电压空间矢量脉宽调制的简单快速算法[J]. 电工电能新技术, 2005, 24(2): 28-30.
- [4] 周卫平, 吴正国, 唐劲松, 等. SVPWM的等效算法及SVPWM与SPWM的本质联系[J]. 中国电机工程学报, 2006, 26(2): 133-137.
- [5] 丁荣军, 黄济荣. 现代变频技术与电气传动[M]. 北京: 科学出版社, 2008.