维普资讯 http://www.cqvip.com

文章编号：1671-1041(2007)04-0089-02

SPWM 技术应用在基于 TMS320F2812 的 SVG 中的研究

吴 皓，杭乃善，陈新苗

（广西大学 电气工程学院，南宁市 530004）

摘要：本文重点介绍基于 TMS320F2812 的静止无功发生器 SVG 中逆变器的控制信号的实现方法。控制对象是六组由 IGBT 单管及其反并联的续流二极管构成的三相桥式逆变电路。关键的控制信号 SPWM 的脉冲宽度采用中值规则采样法来求取。本装置利用 TI 公司生产的数字信号处理器 TMS320F2812 DSP 以纯软件的方法来产生 SPWM 波形，该方法具有控制精度高和实时性好等特点。

关键词：SVG(静止无功发生器)；SPWM(正弦脉宽调制)；TMS320F2812; 中值规则采样法

中图分类号：TM571 文献标识码：B

Research on SPWM technique of SVG based on TMS320F2812

WU Hao,HANG Nai-shan,CHEN Xin-miao

(Department of Electrical Engineering,Guangxi University,Nanning 530004,Guangxi Province)

Abstract:This paper introduces mostly the method of generating control signal of SVG ' s inverter base on TMS320F2812.The object is the inverter circuit of three-phase bridge,which is composed of six groupes of IGBT and its shunt-wound diode reversed. The pulse width of the key control signal SPWM is acquired by the sampling method based on median rule. The device use TMS320F2812 DSP which mand by TI to generate the SPWM wave by software method, whichischaracteristicofhighcontrolprecisionandgoodrealtimeperformance.

Key words: SVG(static var generator); SPWM(sinusoidal pulse width modulation); TMS320F2812; sampling method based on median rule

静止无功发生器（Static Var Generator,SVG）是灵活交流输电系统（FACTS）的一个重要的基础部件。SVG 的逆变器采用 SPWM 控制方式，可以输出质量较高的正弦波。利用数字信号处理器（DSP）的事件管理器，用纯软件编程方法实现 SPWM 波形的输出可减少系统的硬件投资，并具有实时性好和运算精确等优点。

TMS320F2812 是 TI 公司生产的一种适于逆变器控制和电机控制的 DSP 芯片，集实时处理能力和控制器外设功能于一身 [2]。本文重点讨论利用 TMS320F2812DSP 芯片产生 SPWM 控制波形的实现方法。

1 SPWM 控制技术介绍

在采样控制理论中有一个重要的结论：冲量（面积）相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上，其效果基本相同。SPWM 控制正是以这一重要结论作为理论基础的。

图 1 示出了依据中值采样规则生成 SPWM 波形的原理，从中可以看出中值规则采样法的基本思想是：在等腰三角载波的负峰值时刻对正弦调制波进行采样而得到 E 点，过 E 点作一水平直线和三角波分别交于 A 点和 B 点。在 A 点的时刻 t_A 和 B 点的时刻 t_B 控制功率器件的通断。t_2 对应于脉冲的宽度，t_1 和 t_3 对应于脉冲的间隙。在不同的三角载波周期内 E 点的采样值不同，求出此周期内时间段 t_2 的值即可求出相应的 SPWM 信号波形的脉宽值。

根据上述原理，我们来求 SPWM 波形的脉宽值。设三角载波的幅值为 U_c 且保持不变，正弦调制波为 $u_r(t)=U_r\sin(\omega_1 t)$，其中 U_r 是正弦调制波的幅值，ω_1 是正弦调制波的角频率。正弦调制波的幅值与三角波载波的幅值之比即 $U_r/U_c=M$ $(0<M<1)$ 为调制度。当采样时刻为 $\omega_1 t_e$ 时，根据三角形相似关系，由图 1 有

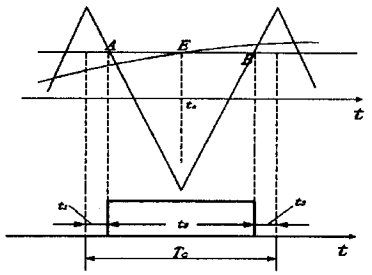

图 1 中值规则采样法

$$[(t_2/2)-(T_c/4)]/(T_c/4)=U_{rm}\sin(\omega_1 t_e)/U_{cm}=M\sin(\omega_1 t_e) \quad (1)$$

从而可以得到

$$t_2=(T_c/2)(1+M\sin(\omega_1 t_e)) \quad (2)$$

根据式（2），令 $T_C=1$，若一个周期内有 N 个矩形波，则第 I 个矩形波的占空比 δ 为

$$\delta=0.5+0.5M\sin(I*2\pi/N) \quad (3)$$

式（3）便是实时计算 SPWM 波形脉宽时间的基本算式。式中 N 为载波比，$N=f_C/f_R$。

为了获得三相对称的输出，可用在时间上互差 120 度的三相正弦调制波与同一个三角载波比较，便可获得三相的 SPWM 波形。

2 基于 DSP 的 SPWM 波形的发生

2.1 生成 SPWM 波形的设计思路

TMS320F2812 两个事件管理模块 EVA 和 EVB，每个包括：两个 16 位通用定时器；6 个 16 位的脉宽调制（PWM）通道；3 个捕获单元。他们能够实现：三相反相器控制；PWM 的对称和非对称波形；当外部引脚 PDPINTx 出现低电平时快速关闭 PWM 通道；可编程的 PWM 死区控制以防止上下桥臂同时输出触发脉冲。这使其适用于各种电机和逆变器。

2.2 软件编程

当定时器选用连续增 / 减的计数模式时，将在一个周期内将发生两次电平翻转，也即 PWM 引脚输出一个脉冲。若要实时地改变脉冲的占空比，只需在每个脉冲周期里在线计算并改写比较寄存器 CMPRx 的值即可。

设需要输出的正弦波的周期为 T，每个周期需要输出的矩形波个数为 N,CPU 的指令周期为 Ts(TMS320F2812DSP 为 6.67 ns)，时钟预分频数为 m，则

$$P=T/(NmT) \quad (4)$$

设 T=0.02s，依据式（4）除以 2 就可以确定定时器 T_1 周期寄存器的初值。

考虑到电网的频率也会稍微有变化的。可以利用 TMS320F2812 DSP 上的捕获单元来实现对电网频率进行实时的检测，以使所产生的 SPWM 的频率和电网的频率相等。

占空比公式中的正弦函数值的使用 TI 公司提供的 IQmath 函数进行计算。

根据前面推导出的占空比表达式计算出每个矩形波的占空比，用占空比乘以周期寄存器的值，从而计算出比较寄存器的值。计算中所有值归算为 Q15 格式。

收稿日期：2007-02-28

维普资讯 http://www.cqvip.com

主程序流程图如图 2 所示，中断服务子程序流程图如 3 所示。

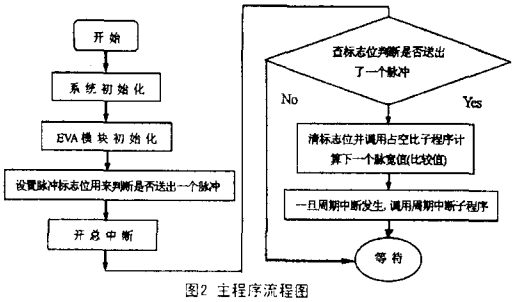

图2 主程序流程图

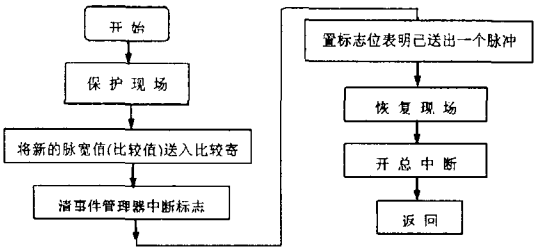

图3 中断服务子程序流程图

部分程序如下：

```
/* 脉宽计算 */
void svpwm_calc(SVPWM_Handle p)
 {p->del1=(unsigned)(32768+(((unsigned long)p->uM*_IQsin(array1〔p->I〕+p->q))>>15));
  p->del2=(unsigned)(32768+(((unsigned long)p->uM*_IQsin(array1〔p->I〕+p->q+PI2BY3))>>15));
  p->del3=(unsigned)(32768+(((unsigned long)p->uM*_IQsin(array1〔p->I〕+p->q-PI2BY3))>>15));
  p->I++;
  if(p->I==69) p->I=0;
}
    /*EV 配置 */
      /* 定时器 1*/
 EvaRegs.T1PR=TC;
 EvaRegs.T1CON.all=0x0840;
      /* 比较寄存器 */
 EvaRegs.ACTRA.all=0x0666;
      /* 死区 */
EvaRegs.DBTCONA.all=0x0ff4; // 死区
    /* 中断管理 */
  EvaRegs.EVAIMRA.all=0x0200;
}
/* 输出矢量到 ACTRA，输出时间到比较单元，从而产生 pwm */
void ev_pwm(EV_Handle p)
 { EvaRegs.CMPR1=((unsigned long)p->del1*TC)>>16;
   EvaRegs.CMPR2=((unsigned long)p->del2*TC)>>16;
   EvaRegs.CMPR3=((unsigned long)p->del3*TC)>>16;
 }
```

3 实验结果

图 4 为两相 SPWM 控制波形叠加后的波形。从图 4 中我们可以看出输出的系列脉冲宽度按照正弦规律变化。在此我们取的载波比 N=69[5]，将输出的 SPWM 控制脉冲用来控制 SVG 逆变器，逆变器带惯性负载时的输出电压波形如图 5 所示。

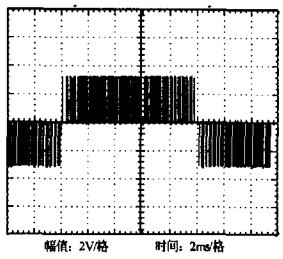

图4 两相SPWM波形叠加后的波形

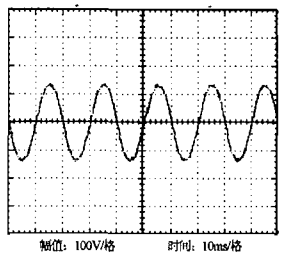

图5 SVG带惯性负载时的电压波形

4 结论

从较令人满意的实验结果，我们可以得出如下的结论：

(1) 实验结果表明本设计是成功的。

(2) 利用 TMS320F2812DSP 自带的事件管理器，通过编程可输出较好的 SPWM 波，简化了控制系统的硬件设计，降低了成本，使设计者把更多的精力放到程序算法的编写上。

(3) 为了得到正弦严格对称的双极性 SPWM 波形，载波比要为 3 的整数倍且为奇数。

(4) 为了得到理想的波形，软件编程时要特别注意几个重要寄存器的改写方式。

参考文献

[1] L.Gyugyi.Unified Power Flower Flow-Control Concept for Flexible AC Transmission Systems.IEE Proc-C,1992,139(4):323-331.

[2] 苏奎峰，吕强，狄庆峰，陈圣俭．TMS320F2812 原理与开发．电子工业出版社，2005.

[3] 王兆安，黄俊 [M]. 电力电子技术．北京：机械工业出版社，2003.

[4] 李宵燕，李兰英，董怀国．UPFC 物理模型 SPWM 控制技术的研究与实现．哈尔滨理工大学学报，1998,13(2):49-52.

[5] 徐以荣，冷增祥．电力电子学基础 [M]. 常州．东南大学出版社，1998.

作者简介：吴皓（1981-），男，硕士研究生，广西大学电气工程学院，主要研究方向为电力系统无功补偿及 SVG 的运行特性；杭乃善（1949-），男，教授，博士研究生导师，广西大学电气工程学院院长，主要研究方向为电力系统分析计算；陈新苗（1978-），男，助教，广西大学电气工程学院，主要研究方向为电力系无功补偿。

文章编号：1671-1041(2007)04-0090-03

基于电力系统全桥软开关的 DC/DC 变换器

孙宝文[1]，王志强[2]

(1. 广东科学技术职业学院 机电工程系，珠海 519090;2. 华南理工大学 电力学院，广州 510640)

摘要：分析了移相全桥软开关拓扑结构，对主电路参数进行了设计，指出控制电路具有由电压环和电流环双环控制相结合的特点。研制了 2.2KW 的电力系统用直流操作电源，通过分析采集的相关波形和考察电源效率，验证了所研制的电源开关管是零电压开通和截止，并且在性能上也达到了设计要求。

关键词：变换器；零电压开关；电力操作电源；双环控制

中图分类号：TN86 TP712 文献标识码：B

收稿日期：2007-04-02