

文章编号:1005-0523(1999)04-0052-04

正弦脉宽调制的实时实现

赵莉

(华东交通大学电气信息工程学院,江西南昌 330013)

摘要:介绍了一种基于SPWM图形的生成和存储技术,设计了SPWM生成程序及谐波分析程序¹⁹。将这种技术用于能源变换系统,实现了无时间滞后的SPWM工作方式,实验验证了这种技术的可行性¹⁹。

关键词:脉宽调制;实时控制;能源变换系统

中图分类号: TM 921.46 **文献标识码:** A

0 引言

PWM方式是功率开关器件一种主要的工作方式,正弦波的SPWM技术已广泛地用在交流调速和能源变换系统中¹⁹。交流调速器、变频器工作在SPWM方式下,主要通过调节SPWM波形的周期来改变变流器输出基波的频率,达到调速的目的¹⁹。在能源变换系统中,逆变器也工作在SPWM方式下,而它主要是改变脉冲的宽度来使逆变器的输出保持恒定,而其基波频率基本是固定不变的,2种方式下的SPWM生成技术可表示如图1表示¹⁹。

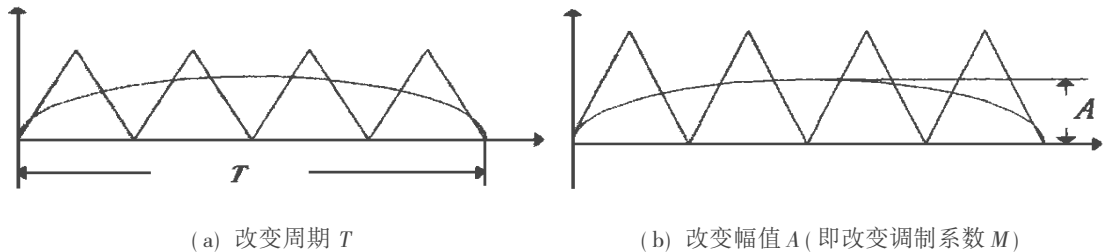


图1 SPWM生成技术

在实时控制系统中,对SPWM的实时性要求很高,但是由于系统复杂,模型复杂,在生成SPWM图形时要花时间,给数字控制和计算机控制都带来了一定的难度,对于自然采样法形成SPWM波形在计算机上无法做到实时实现¹⁹。

在能源反馈系统中,由于逆变器和电网联接,为能使逆变器正常工作,控制系统必须具备稳压和锁相功能,即逆变器的输出电压基波应与网压同相,并与网压维持一定的电压关系,这就要求产生的SPWM基波信号的频率随网压频率变化而变化,而且其调制系数随网压波动而变化¹⁹。

收稿日期:1998-06-24;修订日期:1999-03-26

作者简介:赵莉(1985),女,湖南衡阳人,华东交通大学讲师,工学硕士¹⁹。

中国知网 <https://www.cnki.net>

如何实现这种系统中的实时控制?若采用 SPWM 离线计算,将计算好的 SPWM 图形存储在 EPROM 中,采用具有锁相功能的计数器和抗干扰措施,并采用模糊控制技术,就可以实现能源反馈系统中逆变器的 SPWM 实时控制^[19]。

1 SPWM 实现原理

能源反馈系统逆变器的主电路结构如图 2 所示^[13]。在该系统中, u_d 是恒定的^[13]。但电网电压 u_g 和频率 f 都有一定波动,为实现逆变器与电网的联接,电感 L 是必须的^[13]。

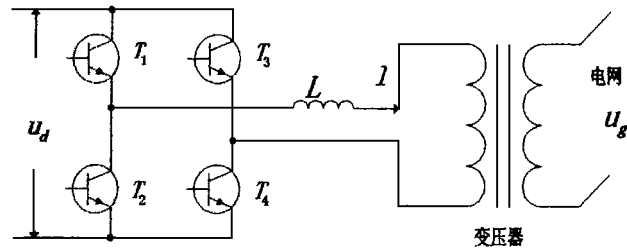


图 2 逆变器主电路原理图

在不同的 u_g 下,可以求得调制系数 M ^[13]

$$M = \frac{u_g^2 + (I * \omega L)^2}{u_d^2} \quad (13)$$

由于 $I * \omega L$ 项很小, $M \approx u_g / u_d$ ^[13]

决定 M 之后,可以用自然采样法求得 SPWM 波形,生成原理图如图 3 所示^[13]。设半周内载波数为 N ,则第 I 个载波的表达函数

$$Y = 2N [x - \pi(I - 1) / N] / \pi \quad (I - 1) \pi / N \leq x \leq I \pi / N$$

$$Y = 2 \{ 1 - N [X - \pi(I - 1) / N] \} / \pi \quad I \pi / N \leq x \leq (I + 1) \pi / N$$

上述方程基波函数 $Y = M \sin x$ 的解的集合就构成了在调制系数为 M 时的 SPWM 波形,求解程序及谐波分析程序的框图如图 4 所示^[13]

若采用在线计算求解,在系统中不能满足实时的要求,必须采取离线计算方式,将设计好的 SPWM 波形存储在 EPROM 中,不同 M 下的波形分页储存,以一片 2M bit EPROM 芯片为例说明储存的方法^[13]

ϵ : 误差; M : 调制系数; N : 半周内冲数

根据上面的程序,可以计算 SPWM 波形,若以单相全控桥为例, T_1 管以 SPWM 方式运行, T_2 管以 SPWM 方式运行, T_3 、 T_4 以工频方波运行,且 T_3 、 T_4 为互补^[13]。2M bit EPROM 共有 18 条地址线,若存储 64 个 SPWM 波形,则要用 6 根地址线来选页, 12 根地址线来读取 SPWM 波形,

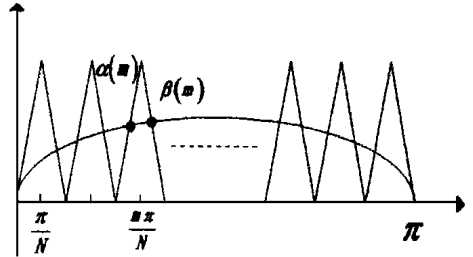


图 3 SPWM 生成原理图

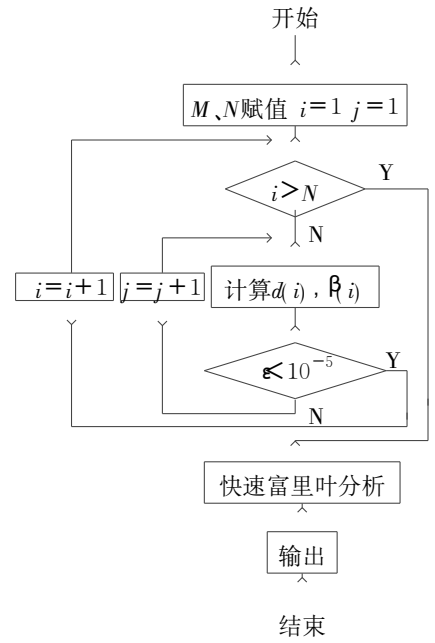


图 4 程序框图

12根地址线总共能读取的数据为 $2^{12} = 4\,096$ 个,因此首先将一个工频周期分成 4 096 等分,每一个数据由 8 位组成,每位的构成如下

bit 1	bit 2	bit 3	bit 4	bit 5	bit 6	bit 7	bit 8
SPWM	SPWM	1(下半周)	0	×	×	×	×
		0(上半周)	1				

则不同的 SPWM 波形可以得到不同的数据加以存储,所有 64 页数据都可以用离线方式计算好后,存到 EPROM 中^[13]

2 频率跟踪及波形读取

电网上工频标准为 50 Hz,但实际的网上频率总是在 50 Hz 上下波动,如果 SPWM 的频率固定为 50 Hz,则系统工作若干个周期后,则可能有较大的相位错位,因此必须设计一锁相环节^[13]电路框图如图 5 所示^[13] 该电路可以跟随网压频率的变化,并保证每一个周期内产生 4 096 个读数脉冲,这一读数脉冲送入计数器,用来读取 SPWM 波形^[13]

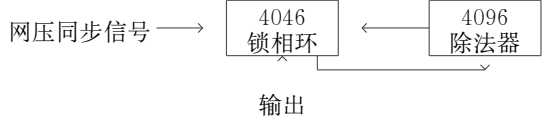


图5 锁相环电路框图

3 系统的数字化控制及抗干扰措施

网压发生波动,影响调制系数 M ,进而产生不同的 SPWM 波形^[13]设网压的波动范围为 ΔU ,最小值为 U_{\min} ,将 ΔU 分成 64 等份,则实际网压可近似地表示为

$$U = U_{\min} + J \Delta U / 64, \quad J \text{ 为整数} \quad [13]$$

J 为该值下所对应的 SPWM 波形的页码,也即为 EPROM 6 根选页地址线的值^[13]设计一比较电路即可决定 J 值,从而可以选择合适的 SPWM 波形^[13]

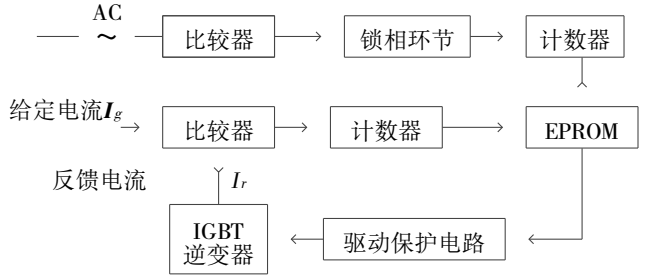


图6 数字化控制系统框图

在读取 SPWM 波形时,由于采用同步信号,EPROM 输出的信号有干扰,可以采用数据锁存技术加以解决^[13]

对如图 2 所示的用于能源反馈的逆变器系统,可以采用以上方法,实现无 CPU 的 SPWM 实时控制,整个数字化的控制系统如图 6 所示^[13]

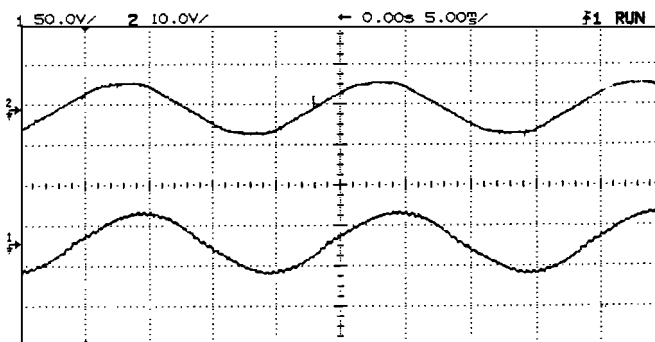
4 实验验证

在实验室,用上述方法生成了 SPWM 波形,用一片 2M bit (AM 27 c020-90) EPROM 存储了 64 个波形,用数字芯片实现了上述控制系统,用 IGBT 模块构成逆变器进行实验,实验波

形如图7所示^[13]实验验证了该系统能实时跟踪网压及频率的变化,将能源送上电网,系统紧凑、成本低^[13]

用 *Microsim* 软件对该系统仿真,同样验证了以上的结论¹⁹。

该系统只要对 *bit5*、*bit6* 进行编码,其他部分无需变化就可用来控制三相桥式逆变器¹⁹。



波形 1: 电流波形; 电流由霍尔传感器转换

波形 2: 网压波形; 经 10 : 1 变压器测试的波形

图 7 逆变器输出电流与网压波形

5 结论

对与电网联接的逆变器而言,其输出必须满足电网的要求,这些要求就是电压和频率及谐波干扰都要符合标准¹⁹。

由上述方法设计的系统,能精确地跟踪网压的频率,能随网压的波动来调节输出¹⁹。这些都表现在 *SPWM* 波形,通过设计 *SPWM* 波形,还可以使谐波因数和畸变因数达到要求¹⁹。这种离线计算、数据存储、实时读取 *SPWM* 的方法是经济、可行的¹⁹。

[参 考 文 献]

- [1] 林渭勋¹⁹. 电力电子技术基础[M]¹⁹. 北京: 机械工业出版社, 1990¹⁹.
- [2] Bost M A · State of the Art Carrier PWM Techniques; a Critical Evaluation[J]¹⁹. *IEEE Trans IA*, 1988, 24(2): 271~280¹⁹.
- [3] Gokhale K · Dead Beat Micorprocessor Control of PWM Inverter for Sinusoidal output Waveform Synthesis[C]¹⁹. *IEEE PESC'85*, 1985: 28~36¹⁹.

Real Time Realization of Sinusoidal PWM

ZHAO Li

(College of Electrical and Information Engineering, East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013, China)

Abstract: A new method of generation and storage of *SPWM* pattern is presented. A calculation and analysis program is designed. The *SPWM* real time control technology can be used on a power converter system. The feasibility of new technology verified by experiments.

Key words: *SPWM* technology; real time control; power converter system