

采用 8031 实现 PWM 三相半控电流型整流器的控制^{*}

李 鹏 飞

(重庆工业高等专科学校, 重庆 400050)

摘 要: 采用 8031 构成三相脉冲宽度调制 PWM 半控整流器。由于应用一种新的脉冲调制控制技术, 使输入电流和输出电压中的低次谐波含量很小。系统功率因数高达 0.98, 功率开关元件少, 单片机控制容易, 成本低、体积小, 电路具有十分广泛的应用价值。

关键词: 脉宽控制; 半控整流器; 功率因数

中图分类号: TM461 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) SI-0164-03

交流—直流变换器广泛用来从工业三相电源获得可调直流电压, 相控整流器由于对电源存在两个问题, 一是较高的无功伏安要求 (变换器的要求), 二是较高的线电流谐波, 针对这两个问题人们已研究出更好性能 PWM 整流变换器。

三相半控整流器能够降低输入的无功伏安要求, 若采用脉宽调制, 即能保持基波功率因数为 1, 也能降低低次线电流谐波和输出直流滤波的要求。

利用 8031 单片机实现脉冲宽度控制, 使输出电压波纹和输入电流波纹较低, 并且保持输入功率因数维持单位位移系数。实验证明: 每半周期采用单数脉冲的 PWM 半控整流器, 可以明显降低低次谐波而不产生复杂的或高频的转换要求。

1 电路原理及组成

三相 PWM 半控整流器电源电路如图 1, 由 V_1 , V_3 , V_5 3 个 IGBT 和 D_4 , D_6 , D_2 3 个二极管构成三相半控整流桥电路, 负载电路的电感和等效电阻在图 1 中分别以 L_d 和 R_d 表示。

由单片机信号控制 IGBT 导通与关断, 导通顺序是 $V_1 - V_3 - V_5$, 当 V_1 关断时, 为使负载电流提供续流回路必需控制 V_3 导通。三相交流—直流变换器在正常工作方式时, 交流边电流波形的有效跨度在半周内仅为 120° 。要保持半周内电路波形的对称性, 以消除不希望的谐波, 采用 PWM 开关技术应用于半控整流器, 即每半周内有 5 个脉冲。

新的 PWM 技术半控整流器工作模式如图 2。每半周 (在 120° 间隔内) 线电流包括奇数个脉冲, 为降低低次谐波含量, 每半周内 2 边脉冲宽度等于

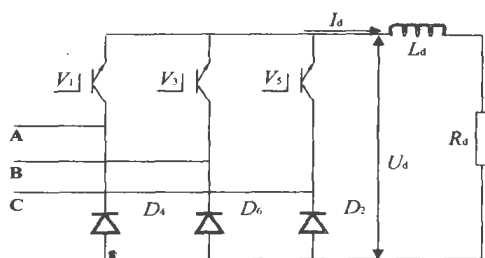


图 1 PWM 半控整流器主电路

Fig. 1 PWM half-controlled rectifier main circuit

中间 3 个等宽脉冲宽度的一半。下面半桥二极管在自然换相点 120° 内自动导通无相位滞后。上面 3 个 IGBT 的导通范围是从它们的零触发角到 120° , 这样在 PWM 半控整流器中, 输入位移系数总是 1, 故功率因数等于失真系数。

脉冲波形设计使输出直流波形在相等的时间间隔内, 并有相等的脉冲宽度。这样相应的输入电流脉冲也是等间隔排列, 其脉冲宽度具有相同 θ 弧度, 而每半周内两边的脉冲宽度只有 $\theta/2$ 弧度, θ 值在 $0 \sim \pi/6$ 范围内。

从图 2 中可以看出, 每半周内 5 个电流脉冲中, 有 3 个是相等脉宽 θ 弧度, 它们的中心点位置分别落在 $\pi/3$, $\pi/2$, 和 $2\pi/3$ 各点处。两边的脉冲则分别处在 $\pi/6 \sim (\pi/6 + \theta/2)$ 和 $(5\pi/6 - \theta/2) \sim 5\pi/6$ 间。按照线电流付氏变换分析, 谐波电流振幅 I_n 可用直流电流 I_d 表示为:

$$I_n = \frac{32}{n\pi} I_d \cos \frac{n\pi}{12} \cos \frac{n\pi}{12} \cos \left(\frac{n\pi}{12} - \frac{n\theta}{4} \right) \sin \frac{n\theta}{4} \quad (1)$$

^{*} 收稿日期: 2004-02-05

作者简介: 李鹏飞 (1958 年生), 男, 讲师, E-mail: cctywhzx@yahoo.com.cn

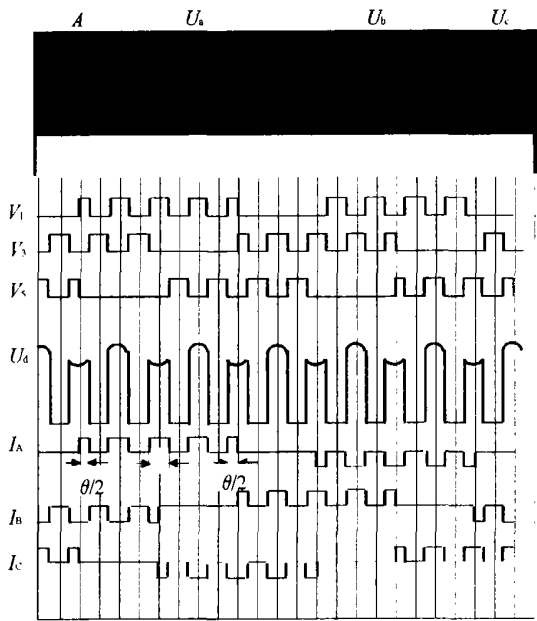


图 2 导通顺序和输出电压电流波形

Fig 2 Breakover bank and output voltage current waveform

式中调制宽度 θ 处在 $0 < \theta < \pi/6$ 范围内。

从波形图中可以得出波形只含奇次谐波，不包含偶次谐波，而且三相电路中所有次数等于 3 的倍数的谐波也为零。基波和它的高次谐波与直流电流的比值同调制宽度 θ 弧度函数关系曲线见图 3 (a)。基波电流几乎与脉冲宽度成正比，故基波电流的幅值 I_1 可由 (2) 式求得：

$$I_1 = 2.1 \theta I_d \tag{2}$$

电流的均方根值如下式：

$$I_o = I_d \sqrt{40/\pi} \tag{3}$$

输入电流失真系数（等于功率因数）、谐波系数、位移系数与脉冲宽度的函数关系如图 3 (b)。

改变脉冲宽度可以调节输出直流平均电压 U_d 的大小其式为：

$$U_d = \frac{24\sqrt{2}}{\pi} U_{AB} \cos\left(\frac{\pi}{12}\right) \cos\left(\frac{\pi}{12} - \frac{\theta}{4}\right) \sin\left(\frac{\theta}{4}\right) \tag{4}$$

式中， U_{AB} 是输入线电压的均方根值。

2 控制电路

理论和实验证明每半周内 5 个脉冲 PWM 的方法，比每半周内 7 个脉冲 PWM 的方法优越。原因有二，一是每半周内 7 个脉冲 PWM 会降低 11 次和 13 次谐波电压，但却使 5 次和 7 次谐波有所增加。二是使 IGBT 的开关损耗有所上升。

3 系统工作原理

MCS 51 系列 8031 单片机的价格低，功能强，

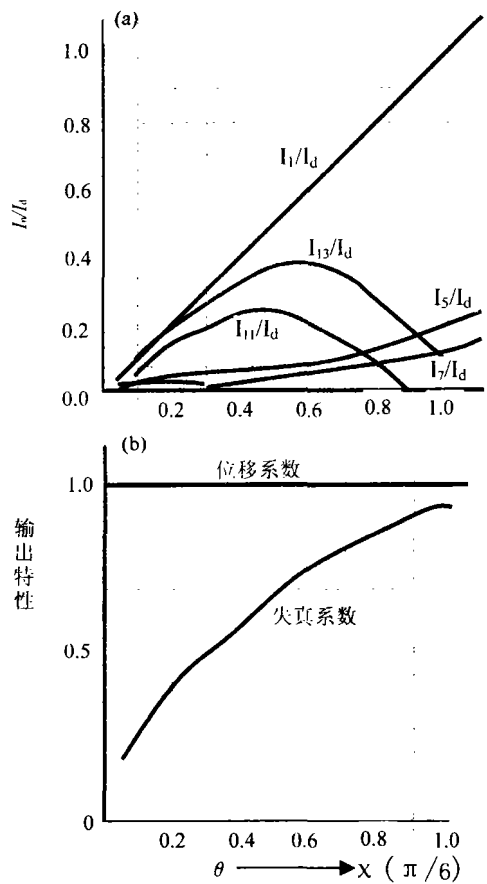


图 3 (a) 输入电流谐波和脉宽的关系
(b) 输入电流失真、位移系数与脉宽的函数关系图

Fig 3 (a) Relation graph of input current harmonic and pulse width
(b) Function graph of input current distortion displacement factor and pulse width

应用广泛。机内含有两个 16 位可编程定时器/计数器 T0、T1，将其设置为定时器方式 1，即 16 位对机器进行计数。分别将初值装入 TL（低 8 位）和 TH（高 8 位），启动定时器开始从初值加 1 计数，当计数值溢出时，向 CPU 发出中断申请，CPU 响应后执行相应中断程序，由中断程序让单片机发出控制信号。改变计数器的初值，即改变定时长短。由 8031 组成控制系统原理框图见图 4。

由三相半桥整流电路的 IGBT 导通顺序和输出电压电流波形可知，电路在一个工频周期内，3 只 IGBT 发放 48 组脉冲代码见表 1。

表 1 IGBT 发放 48 组脉冲代码
Tab 1 IGBT sends 48 group pulse codes

代码	1	2	3	4	5	6		44	45	46	47	48
V1	1	0	0	1	1	0		0	0	0	0	0
V3	0	1	1	0	0	1		0	0	1	1	0
V5	0	0	0	0	0	0		1	1	0	0	1

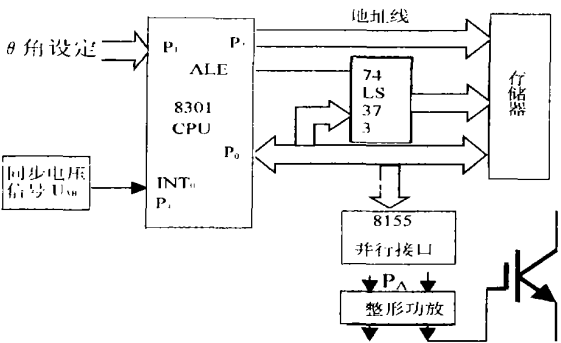


图 4 单片机控制电路图

Fig 4 Monolithic computer control circuit graph

本系统采用线电压过零点作为同步参考点, 如图 2, A 点, 即线电压 U_{AB} 过零点。每一周期取一次同步信号作为参考点, 按输出脉冲编码工作顺序编写的程序流程图如图 5。系统共用 3 个中断源, INT0 为外部同步信号中断, 定时器 T_0 、 T_1 计时中

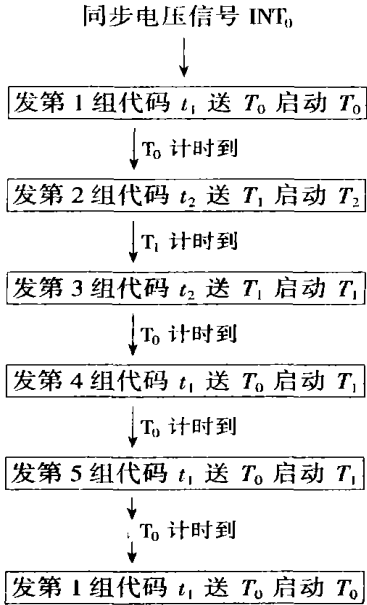


图 5 输出脉冲编码程序流程图

Fig 5 Output pulse coding program flowchart

断。其中 T_0 完成输入脉宽 θb 的计时, T_1 完成 $t_2 = (t_{30} - \theta) b$ 的计时, $t_1 = \theta b$, $t_2 = (t_{30} - \theta) b$ 。

4 实验结果

对 PWM 三相半桥整流电路进行试验, 输出和输入电压电流波形见图 6, 波形质量良好。

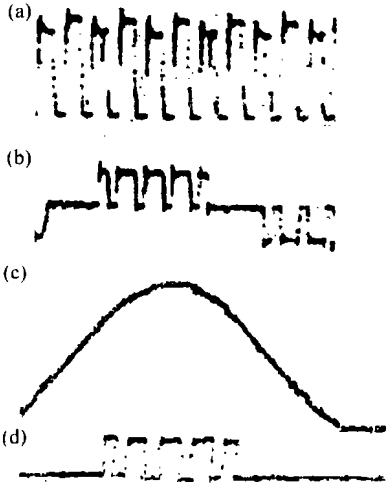


图 6 输出和输入电压电流波形

Fig 6 Output and input voltage-current waveform graph

(a) 输出电压波形; (b) 输入电流波形
(c) 输入相电压波形; (d) 输入相电流波形

参考文献:

[1] KURATA M. Solid State [J]. Electronics, 1976, 19: 527-535.
[2] KLIMAN G B, PLUNKETT A B. Development of a modulation strategy for a PWM inverter drive [J]. Conf Record of IAS, 1975.
[3] 雷 霖. 微机自动检测 [M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1998.
[4] 屈莉莉, 张波. 恒频电流跟踪控制的三相 PWM 可逆变流器的研究 [J]. 电力电子技术, 2002, 36 (4): 12-14.
[5] [美] BOSE B K. 交流调速系统 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1986.

Using the 8031 SCM to Realize the Control of PWM Three phase Half control Current Rectifier

LI Peng fei

(Chongqing Polgtechnic College, Chongqing 400050, China)

Abstract: This thesis discussed the issue that using the 8031 SCM to structure the PWM half control rectifier of three-phase pulse width modulation, the low harmonious wave in input current and output voltage is very small because adopting new modulation control technology. The system factor is prominent (0.98), the power switch components are few, the SCM control is simple, it also has some other advantages such as cheap cost, small bulk and broad practical application value.

Key words: pulse width control; half control rectifier; power factor