

一个实际交—直—交变频 调速系统的分析*

师 黎 吴天福

(郑州工学院)

摘 要: *FANUC-11*型交—直—交变频调速系统, 调速的控制方法为脉冲宽度调制(*PWM*)法。本文着重剖析了它的速度控制装置, 这对国产 *CNC* 机床的改进和向高水平发展都非常有益。

关键词: 交—直—交变频调速系统, 脉冲宽度调制(*PWM*)法, 速度控制装置

中图分类号: TM30

异步电动机具有结构简单、运行可靠、维护方便、价格便宜以及惯性小等一系列宝贵的优点, 但其调速过去一直比较困难, 所以长期以来, 在电机调速领域中, 直流调速方案占主要地位。自从功率元件问世, 特别是可控硅元件的出现, 使得异步电动机的调速获得了飞速的发展。目前, 交流调速方法正在受到人们的重视, 并在很多领域中获得了应用。

交—直—交变频调速系统是异步电动机的一种比较合理和理想的调速方法, 具有效率高, 范围广和精度高的调速性能; 在范围内仍有大的输出转矩, 很有应用价值。许多先进的加工中心的主轴以及进给轴的伺服系统都采用交—直—交变频调速。我们以 *FANUC-11* 的主轴伺服系统为例分析交—直—交变频调速系统。

1 *FANUC-11* 型系统的交流伺服系统速度控制装置框图

FANUC-11 型系统的交流伺服系统为交—直—交变频调速系统, 调速控制方法为脉冲宽度调制(*PWM*)法。

交流伺服系统速度控制装置框图见图 1。

对直流开关调压线路进行改进, 将直流开关的作用直接由逆变器去承担, 逆变器既实现变频又实现调压, 这就是脉冲宽度调制(*PWM*)型变频调速系统, 即利用逆变器具有的开关元件, 由控制线路按一定的规律控制元件开关的通断, 从而在逆变器的输出端获得一组等幅而不同宽的矩形脉冲波形, 来近似等效为正弦电压波。

* 收稿日期: 1994-12-20

主要优点:

- ① 简化了主回路, 提高了系统的效率 (可达 96%);
- ② 电压调节速度快, 系统的动态性能好;
- ③ 调速范围广。

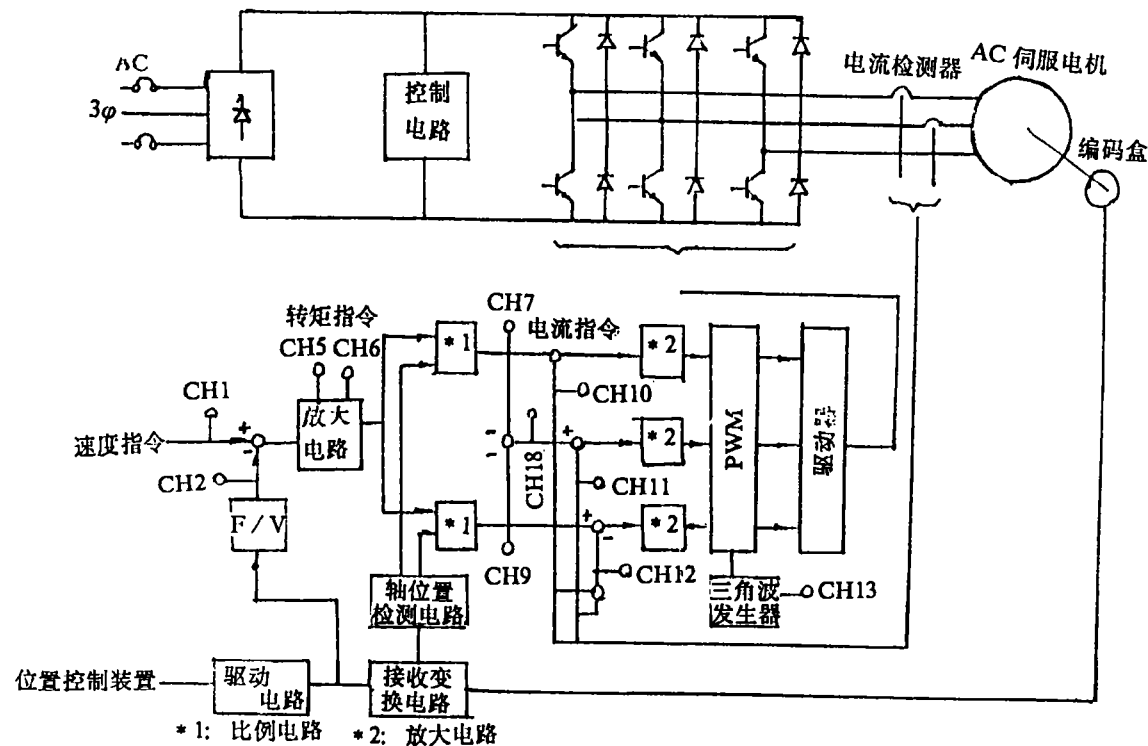


图 1 交流伺服系统速度控制装置框图

2 主回路

主回路为三相桥式逆变电路。通常的交—直—交变频电路由整流、直流开关和逆变器三部分组成, 见图 2。其输出电压波形中, 均含有较大的谐波成分。如用在逆变器输出端采用交流滤波器来消除低次谐波分量, 不仅非常不经济, 而且增大了逆变器的输出阻抗, 使逆变器的输出特性变坏。

脉冲宽度调制(PWM)的方法有两种: 矩形脉冲调制和正弦脉冲调制。

矩形脉冲调制由专门的数字电路来计算和控制逆变器开关元件通断来实现。

FANUC-11 型加工中心的交流伺服系统中是采用正弦波与三角波相交的方案来确定各段矩形脉冲的宽度, 即正弦脉冲调制。

用正弦波和三角波相交得到一组矩形脉冲, 其幅值为 U_m , 而宽度按正弦规律变化。

如果用这一组矩形脉冲作为逆变器各开关元件的控制信号, 则在逆变器的输出端可以获得一组类似的矩形脉冲; 其幅值为逆变器直流侧电压 U , 而宽度按正弦规律变化。图 3 为产生双极性三角波正弦波脉宽调制的方法。

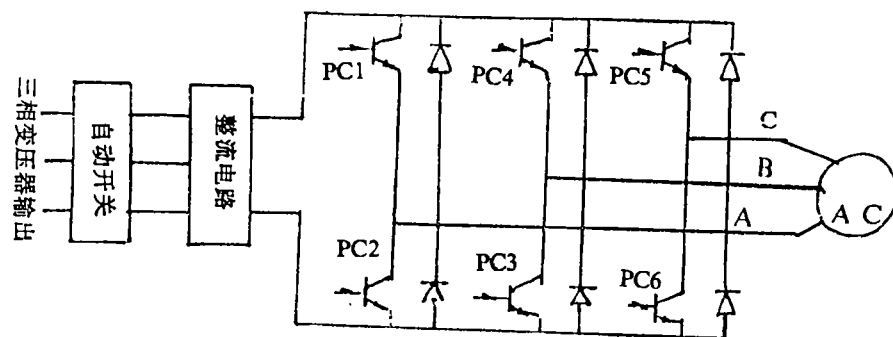


图 2 交流伺服系统主回路

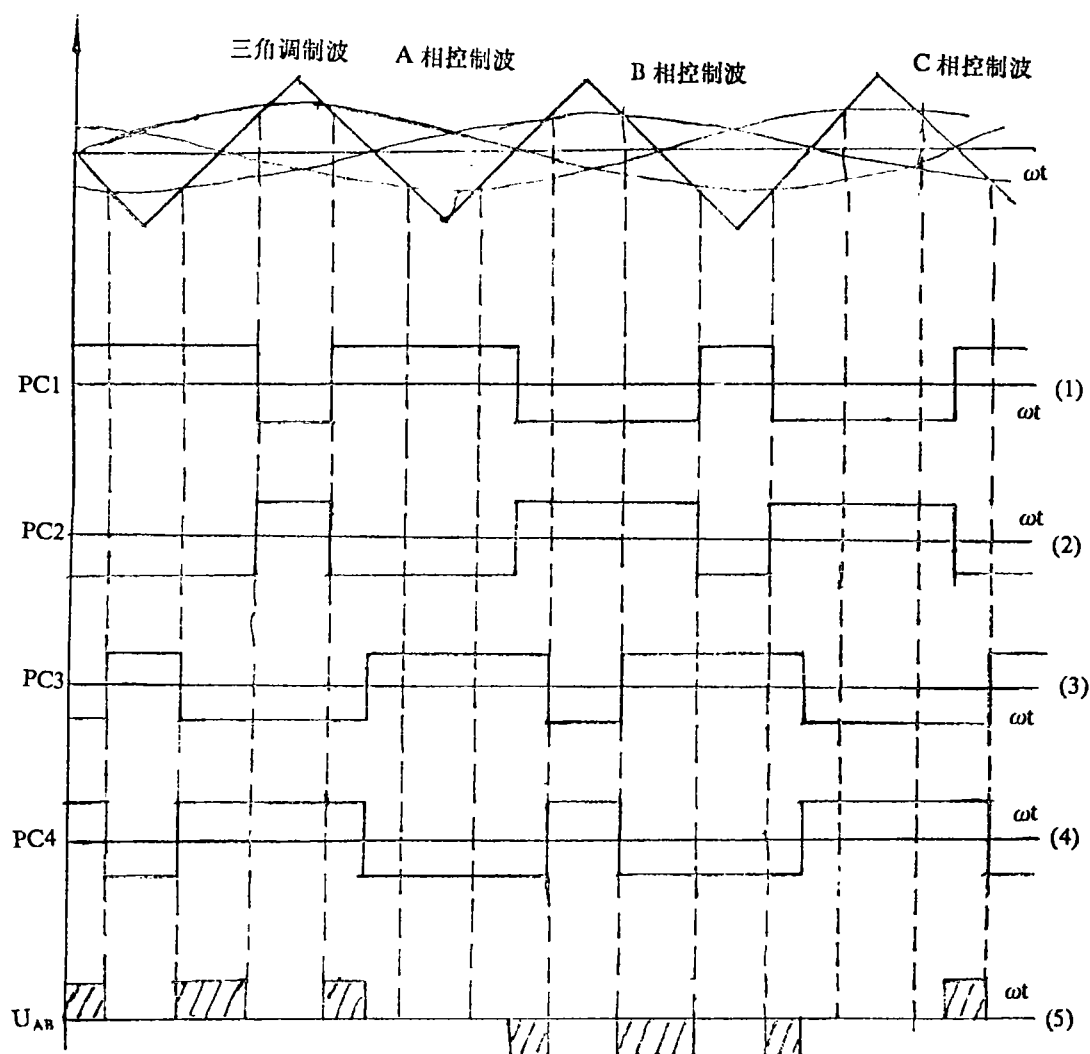


图 3 PWM 逆变器的有关波形

其中(A)为三角波和 A 相、B 相、C 相正弦控制波；(1)、(2)、(3)、(4)为三极管的通

断情况。 $P_{C1} \sim P_{C4}$ 分别对应图 3 主回路上的 $P_{C1} \sim P_{C4}$ ；(5)为逆变器输出的线电压 U 波形。

① 调速。当逆变器输出端需要升高电压时，只要增大正弦波相对三角波的幅度，这时逆变器输出的矩形脉冲电压的幅值不变而宽度相应增大，达到了调压的要求。

② 调频。在实际系统中，由于异步电动机恒转矩控制的需要，在调频时也需要调压。因此，正弦控制波的频率与幅值往往是同时改变的。

脉宽调制的控制方式按三角波和正弦波的频率关系分为同步式 ($f_{\Delta}/f_{\omega} = \text{常数}$) 和异步式 ($f_{\Delta}/f_{\omega} = \text{变数}$)。

图 4 给出两种不同 PWM 控制方式时逆变器的输出电压波形。上行图表示高频($f_{\Delta} = f_{\omega}$)和高压($u = u_{\text{max}}$)输出的情况；下行图表示低频($f_{\Delta} = f_{\omega}/2$)和低压输出情况。

图 4(a)为同步式 PWM 控制方式。这种同步式随着输出电压的降低，其高次谐波增大，对负载电机产生转矩脉动和噪声等恶劣影响；图 4(b)为异步式 PWM 控制方式，其三角波频率恒定。低频时逆变器输出电压半波内的矩形脉冲数增加。可以看出这种非同步式在三角波频率恒定情况下，输出电压半波内的矩形脉冲数与输出频率成反比地连续变化，因输出电压的波形经常改变，所以输出电压相位产生变化，电动机运行不够稳定。

综上所述，在实际中经常采用另一种控制方法。即在降低逆变器输出频率和电压时，使三角调制波与正弦控制波频率的比值有级地增大。这种方式属于同步式，不会有输出电压相位变化引起的电机不稳定，并且也排除了普通同步式在低频时高次谐波的恶劣影响。因此，这是一种比较好的控制方法。

首先来自位置控制装置的速度指令 (UCMD) 与来自编码盘的速度检测信号相减，偏差信号送放大电路分别与 A 项、B 项基准电压信号相比较，输出信号送比例放大电路 * 与轴位置检测电路相比较，输出的两路信号送放大器 * 2 中，另一路标准信号也送放大器 * 2 中，从放大器 * 2 输出三路信号送 PWM 电路与三角波发生器的输出信号一起去控制逆变器的开关元件通断，实现调压调频控制。

3 FANUC 交流伺服系统速度装置工作过程

主要信号说明：

① CH1：模拟指令电压 0—10.0V。

VCWD：来自位置环的速度指令电压，经 D/A 转换器送速度控制装置，这两个信号是经参数 F—04 显示的数据来选择。使用外部模拟电压时：0，使用 D/A 转换器时：1。

② CH5：A 相基准电压。

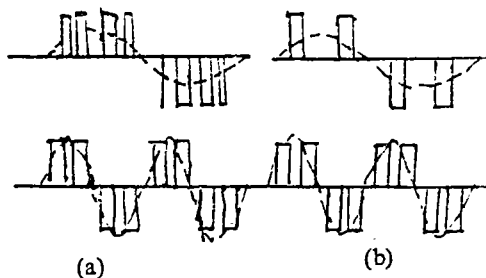


图 4 不同控制时逆变器的输出电压波形

CH6: B 相基准电压。

③ CH7: A 相矩形波, 占空比 50%

④ CH9: 速度检出范围, 通过拨码开关 RV4 来调整。

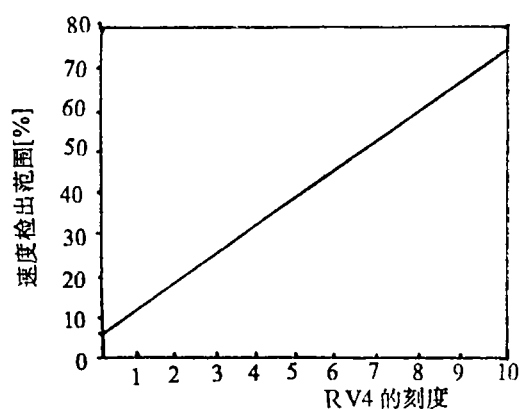


图 5

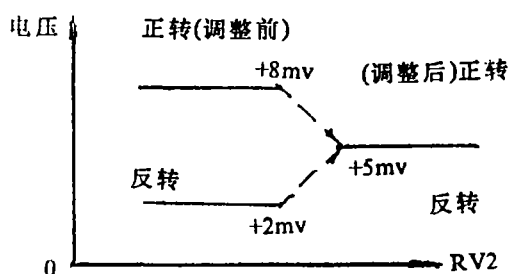


图 6

纵轴为对应于电机额定轴数的百分率。该信号被用做切换离合器或齿轮时的确认信号。

⑤ CH10: 速度到达范围, 用 RV3 来调整

⑥ CH11: 加减速动作信号: “J”动作中为“1”电平。

⑦ CH13: 在电机能够运转的状态下, 给出 OV 速度指令电压 (相当与 S00), 调整 RV2 使交替给出正转、反转指令时的电压。

⑧ CH19: 低速检出信号。

4 结束语

交—直—交变频调速系统较一般变频调速系统具有一系列优点。随着快断可控硅和计算机的发展, 这种系统将使调速范围不断扩大, 从而会获得更加广泛的应用。

参 考 文 献

- 1 FANUC服务中心.FANUC SYSTEM 11 SERIES MAINTENANCE MANUAL.
- 2 刘又午等. 数字控制机床. 机械工业出版社. 1983
- 3 杨兴瑶等. 电动机调速的原理及系统. 水利电力出版社. 1979
- 4 陈伯时等. 自动控制系统. 机械工业出版社. 1985

(下转 63 页)

优的。

参 考 文 献

- 1 Anderson, B.D.O and Moore, J. B. Linear Optimal Control, Prentice-Hall, 1971
- 2 孙光伟, 王成福. 由闭环极点配置确定误差加权阵Q的一种方法. 哈尔滨建筑工程学院学报. 1992, 2 (24): 98-104
- 3 谢宋和. 有关《指定闭环特征值的最优控制系统参数化设计》文中定理2的一个反例. 控制与决策, 1991, 6 (6): 480-481
- 4 Amin, M. H. Optimal Pole Shifting for Continuous Multivariable Linear Systems. Int. J. Control, 1985, 3(41): 701-707
- 5 谢宋和. 连续系统LQ逆问题研究及应用. 1992年中国控制与决策学术年会论文集. 沈阳: 东北工学院出版社, 1992
- 6 须田信英等著. 曹长修译. 自动控制中的矩阵理论. 北京: 科学出版社. 1979

Some Problems about the Quadratic Optimal Poles Assignment

Feng Dongqing Xie Songhe

(Zhengzhou Institute of Technology) (Zhengzhou Institute of Light Industry)

Abstract: The relations between the closed-loop and the weighting matrix Q in the quadratic performance index are analysed in this paper. The choice of prescribed closed-loop poles is studied. The gained results are useful for further research of the optimal poles assignment problems.

Keywords: optimal control, weighting matrix, pole assignment, LQ inverse problem

(上接 56 页)

Analysis for the speed control units of FANUC-11 series AC servo system

Shi Li Wu Tianfu

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: The AC servo system of FANUC-11 series is a AC-DC-AC conversion frequency speed-adjusting system, which use PWM as the speed-adjusting control method. In this paper, the speed control units was analyzed, and it is important to improve the CNC machines of our country.

Keywords: AC-DC-AC conversion; frequency; speed-adjusting system; PWM, speed control units