

变频调速在纺织工业中的应用及其展望

徐 银 泉

(中国纺织大学)

【摘要】 本文介绍了国内外近年来变频调速技术在纺织工业上的应用及其发展前景，文中列举了几个应用实例并提出了今后推广应用的一些建议。

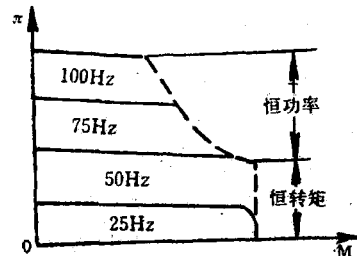
纺织工业中要求调速的机械过去多用直流电动机和电磁调速电动机，这两种调速方法都具有调速范围广和平滑调速的优点，但是，直流电动机由于具有机械式换向器带来了一系列的限制，电磁调速电动机由于其效率低也影响了它的应用。进入八十年代以来，由于电力电子技术和微电子技术的迅速发展，交流电机调速技术取得了突破性的发展，从数百瓦的伺服系统到数万千瓦的特大功率重型机械主传动，从一般要求的小范围调速传动到高精度、快响应，大范围的调速传动，从单机传动到多机协调运转，几乎无所不包。在美、日、西欧等国已形成了一个交流电机调速系统的新兴产业，并逐步取代了直流调速装置。据日本统计，1975年销售的交流与直流调速装置之比为1:3，到1985年已变为3:1。近年，我国也开始重视和发展交流调速技术。1988年5月，机械电子部科技司编制了《交流电机调速系统发展规划》确定主攻交流电机变频调速技术，它在纺织工业中也最有应用前途，在目前推广应用得最多的是PWM晶体管变频器。

一、变频调速的基本原理和方法

1. 变频调速原则和机械特性

异步电动机的同步转速公式为 $n = 60f_1/P$ 转/分 (式中： P 为电动机极对数； f_1 为定子电压频率)。变频调速是通过改变电动机定子供电频率来改变同步转速而实现调速的，为了在变频调速时，不使电动机发热，必须维持气隙磁通不变，为此，在变频时必须同时改变电动机定子电压，即存在一个变频调速时电动机的电压和频率的协调控制问题，在恒转矩负载情况下，要求定子电压与频率成比例变化，即 $v_1/f_1 = \text{常数}$ ；在恒功率负载情况下，要求定子电压与频率的平方根成比例变化，即 $v_1/\sqrt{f_1} = \text{常数}$ 。但由

于电动机的电压不允许超过额定电压，则在电动机的定子电压频率大于额定频率时，往往使定子电压不再升高，保持 v_1 等于额定值，致气隙磁通就会小于额定值，使允许输出转矩减小，但这时转速升高，所以电动机在额定频率以上属于恒功率调速方式。额定频率为



50HZ的某电机变频调速机械特性如图1。

2. 脉宽调制(PWM)变频器为改善变频器输出电压波形，提高电动机的出力和运行性能，

图 1 变频调速机械特性

目前晶体管变频器无不采用 PWM 控制。其主电路如图2。

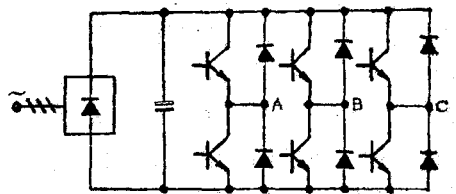


图 2 PWM变频器主电路

PWM 控制是将经不可控整流器获得的等幅直流电压波按照正弦波的变化截斩成宽度不等的等幅脉冲，这可用载波三角波与调制正弦波相比较的方法获得，如图3所示。从而使输出电压平均值接近正弦波。这样在逆变器内部同时进行调压和调频，这种变频器具有功率因数高和输出电压电流谐波成分小的独特优点，在变频调速中获得了广泛的应用。

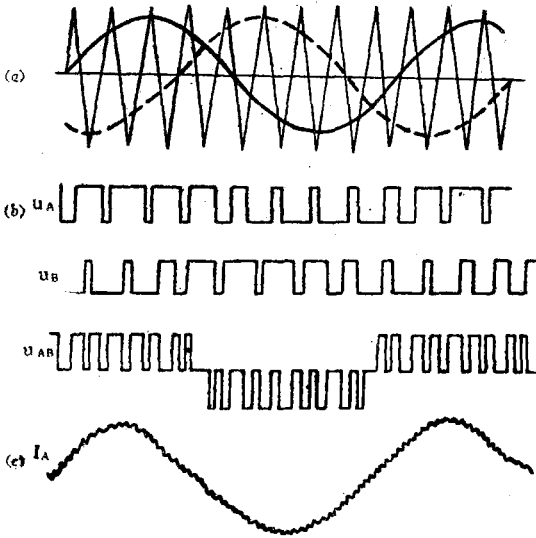


图 3 PWM 控制波形图

- (a) 载波和调制波;
- (b) 输出相电压和线电压波;
- (c) 输出电流波。

二、变频调速在纺织工业中的应用

1. 在化纤机械上的应用：化纤行业是我国应用静止变频器最早、最多的一个部门，广泛采用永磁式同步电动机变频调速，由一台变频电源对多台功能相同的同步电动机供电，采取恒转矩变频调速原则。例如一台 16 个部位的涤纶长丝化纤纺丝机有一台直流调速的螺杆挤出机将切片熔融，再向 16 只计量泵输送纺丝原料，由喷头喷出的丝束经导丝盘、横动辊和摩擦辊卷绕在筒管上，其传动示意图见图 4。

在纺丝机中，每一台计量泵、导丝盘和摩擦辊都由一台小容量(0.37~1 千瓦)永磁式同步电动机变频

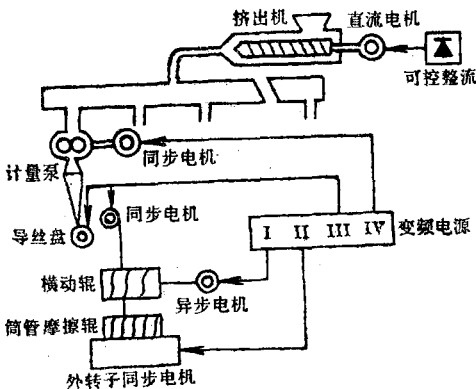


图 4 涤纶长丝纺丝机传动示意图

调速；每一台横动辊有一台 0.1 千瓦三相异步电动机变频调速，其中摩擦辊本身就是一个外转子永磁式同步电动机，依靠摩擦传动带动绕丝筒，使丝的线速恒定。由于同步电动机的速度仅由定子电源频率决定，只要变频电源的频率稳定度足够高(要求 $\leq 0.1\%$)，就可保证同一部位的各个电动机保持恒定的转速比协调运行，实现高精度的速度调节，确保涤纶长丝的细度均匀。

近年来，化纤纺丝机的变频调速技术有了新发展：(1)将总电源的晶闸管变频电源改成分电源(一台电动机一个电源)的晶体管变频电源；(2)将永磁式同步电动机传动改成鼠笼式异步电动机传动；(3)将频率开环控制系统改成频率负反馈锁相控制系统，控制框图见图 5。

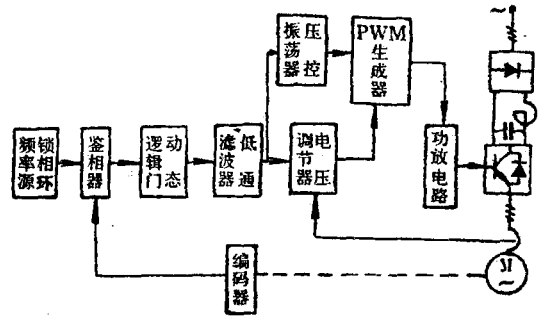


图 5 锁相环变频调速系统框图

图 5 中锁相环频率源是一个高精度的频率发生器，通过锁相控制，使异步电动机的转速达到高精度。这种锁相控制变频调速系统不久将在化纤纺丝机上全面推广应用。

2. 在纺织机械中的应用：80 年代以来，晶体管 PWM 变频器在纺织机械中得到广泛应用。日本现有约 40 家公司生产 PWM 变频器，主要生产公司有日立、富士、三菱、东芝，其次是明田舍、安川等电机公司，还有以生产 PWM 变频器为主的东洋、神钢及 AREX 等公司。富士公司生产的纺机专用变频器有 FVR-G5.0.4-45KW 等 12 种规格。

细纱、粗纱机采用 PWM 变频调速后可获得最佳运转速度，减少断头数，提高质量和产量。它采用程序控制器分级升速起车和分级降速停车，如图 6 所示。

在剑杆、喷气等无梭织机上广泛应用了 PWM 变频器，日本 AREX 电子公司生产的织机专用 PWM 变频器的特点是起转矩大，电动机用瞬时间 Δ 接法，几个周波后转入 Y 接法启动，2.8 千瓦织机电动

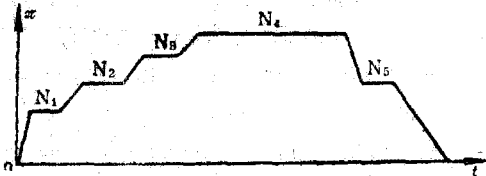


图6 精纺机运转速度模式

机只需配5.5千伏安变频器。喷气织机中的纬纱送纱变频器则用小容量的MOS-FET电子器件组成三相逆变器，具有体积小、重量轻和低噪声的优点。在梳棉、捻线和针织等纺织机上也已应用了PWM变频器。

3. 在印染机械中的应用：印染机械要求广调速，过去多采用直流和电磁调速电动机调速，现在国外印染联合机已逐步采用变频调速。瑞士贝宁格公司和美国Reliance公司已于1986年联合开发了交流异步电动机的变频同步调速系统，用于染整联合机上，其电气设备的费用未超过传统的直流调速设备，并决定在今后出厂的染整设备都采用交流变频调速系统。由于鼠笼式异步电动机比直流电动机效率高，少维修，体积小，因此在染整设备上推广交流变频同步系统必然会受到用户的欢迎。

在印染联合机上应用的交流变频同步系统传动如图7所示。其特点为：(1)各单元电动机分别由单独的变频器供电，可同时调压和调频，用松紧架的控制信号同变频主令信号相叠加后实现同步调速；(2)各单元的电动机都采用开环控制，因为异步电动机的机械特性较硬，且印染设备在运行中其负载基本不变，故开环运行已足以保证稳定的车速；(3)变频器采用电压型逆变器；(4)变频器采用大功率晶体管或可关断晶闸管组成的PWM逆变器。

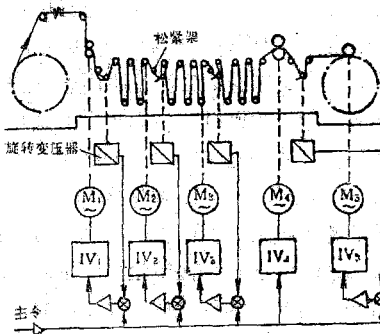


图7 印染机变频调速同步传动示意图

4. 在风机水泵调速节能中的应用：目前有不少纺织厂风机用晶闸管串级调速，取得了节电效果，但串级调速必须将电动机更换成绕线式异步电动机，另外存在功率因数低(<0.6)的严重缺点。故现已开始采用PWM变频调速取代。因PWM变频器的输入电源为三相不可控整流桥，其功率因数为0.95，它与电动机功率因数无关，与调速范围无关。风机水泵变频调速调频范围为5~60Hz，既节省了用电又实现了软起动，受到工厂欢迎。据介绍，日本现用的风机和水泵已大多数采用PWM变频器调速传动，并根据所需要的风压、风量、水压、水量自动调节电机速度以达到节能的目的。

三、变频调速在纺织工业中应用的展望

目前在推广变频调速中的主要障碍是对它的经济效益有怀疑，总以为变频调速复杂，价格昂贵，维修困难。但近年来，由于电子技术的进步，变频器的成本大大降低，国外变频调速系统的投资大体上与直流调速设备接近。由于GTR、GTO和MOS-FET等具有自关断能力的功率集成器件(PID)的成熟，变频调速的经济性和可靠性进一步提高，现在第三代产品功率集成电路PIC正在开发，如美国GE公司1984年推出的微机控制智能电动机将PIC电路安装到电动机内部成为机电一体化的电动机，用固化程序可实现一定的智能控制，如空调系统中按温湿度自动调节风量，在织物印染加工中可根据染料浓度、烘房温度等自动调节速度。可以预言，90年代将产生一种电机与电控装置合二为一的新一代变频调速系统。这时将产生使人类体力与脑力劳动相结合，传统产业与信息产业相融合的第二电子学革命，到那时，变频调速技术将会应用到所有的纺织机械上。

参 考 资 料

- [1] 杨竞衡，“交流电机调速技术的发展和我们的对策”，中国交流电机调速传动学术会议论文集，1989，8。
- [2] 高孝纲，“日本交流调速考察概况”，《纺织机械》，1987。
- [3] 沈洪勋，“染整联合机同步传动的现状和展望”，全国印染机电学术讨论会论文，1988，11。