

纺织厂空调风机调速方案分析及节能

蒋宗尧

(上海市棉纺工业公司)

【提要】 作者根据纺织厂对温湿度的要求和空调风机调速节电的原理,分析了各种调速方案,并通过实践对比,认为可控硅串级调速的方法最适合我国目前纺织厂空调风机的调速需要。

纺织厂的空调设备台数较多,用电量也较大,约占总生产用电的20%左右,因此节约空调用电是大有潜力的。在纺织厂为满足工艺及节能要求,实现温湿度的稳定,要求风机的风量能随气候和季节的不同而变化。为达到此目的,通常采用的方法有:1.调节送回风系统的管路特性;2.调节风机转速,改变风机特性。两种方法都能达到温湿度稳定的要求,但前者的耗电量多,后者的耗电量少。下面就作者的认识分析比较风机的调速性能、功率损耗和串级调速的节电基本原理与效果。

一、空调风机调速节电的原理

根据风机的相似原理,当风机的转速由 n_1 变为 n_2 时,其风量 $Q_1 \rightarrow Q_2$, 风压 $H_1 \rightarrow H_2$, 风机功率 $P_1 \rightarrow P_2$ 之间的关系式如下:

$$Q_2 = n_2 Q_1 / n_1; \quad H_2 = (n_2 / n_1)^2 H_1;$$

$$P_2 = (n_2 / n_1)^3 P_1。$$

如风机转速不变,用改变风门开度的办法减少风量,则增加了管路阻力,用电降低不多,一部分电力消耗在风管的阻力上。而对风机进行调速,根据以上原理,风量与转速成正比变化,功率与转速成立方关系变化。所以,用调节转速的方法调节风量所需之功率远远小于调节风门所需之功率,参见图1。

二、调速方案的选择

目前我国各纺织厂使用的调速装置主要

有异步双速(三速)电机,电磁滑差电机,交流整流子电机,交流绕线式电机转子串电阻,直流电机和串级调速等多种型式。最近交通大学还试制了液力偶合器装置。现将这些装置的节能效果,使用价值与今后的发展前景

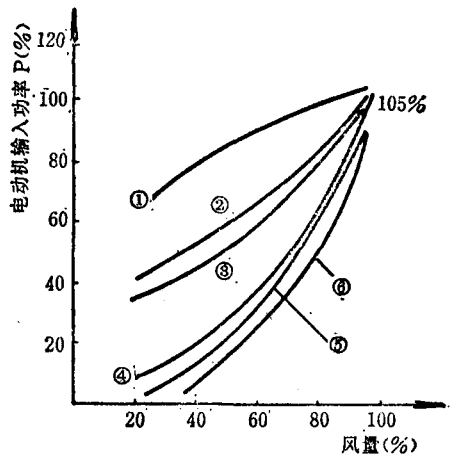


图1 风机不同调节方法功率比较

①-出口挡板调节; ②-进口挡板调节; ③-进口导叶板调节; ④-转子串电阻调节及液力偶合器调节; ⑤-串级调速及变频调速调节; ⑥-理论曲线。

分析如下:

(1) 三速电机是用改变电机绕组极对数的方法达到改变转速的目的。这种方法具有结构简单,维修、控制方便,投资省,运行可靠等优点。但不能连续均匀调节,极差大,只能适应季节性及风量变动较大的调节。

(2) 交流整流子电机和直流电机都能实现无级调速,效率较高。但其结构复杂,整

流子与电刷易产生火花，不能在潮湿和尘多的场所使用，且维修费用大（一般电刷每月要更新1/3左右）。

(3) 滑差电机和串级调速都能实现无级调速和符合自控配套的要求。

为探讨哪种方式节电效果最佳，效率最高，我们同中国纺织大学、上棉十七厂共同进行了试验研究。通过测试可知，滑差电机和液力耦合器的效率较低，而直流电机和串级调速效率都在90%以上。直流电机和串调都有变压器和可控硅元件等装置的损耗，所以效率相差不多。液力调速时电机的转速不变，它的变速是靠液压泵的节流阀的调节改变油压来实现。这样动能在节流阀中消耗掉，故效率低。图2是串调电机、直流电机和液力耦合器三种调速方案的电耗特性。

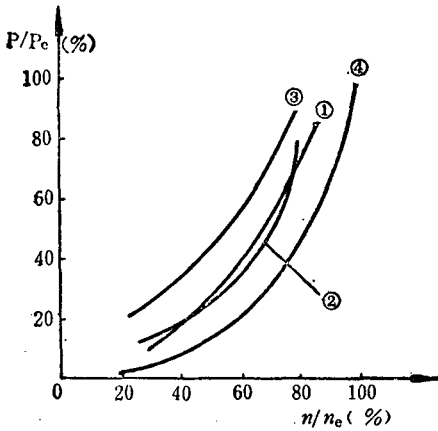


图2 三种调速方案的耗电特性

①-串级调速；②-直流电机；③-液力耦合器；④-理论曲线。

关于绕线式转子串电阻调速与串级调速的耗电比较见表1(上棉七厂北精纺车间三号冷风机HDG16*离心风机，配55千瓦电机的测电数据)。可见，串级调速比绕线式转子串电阻调速平均节电7.95%，低速时节电30%。

表2为上棉十七厂滑差电机与串调的耗电比较资料。从表2可见，低速时滑差电机用电比串调时多耗电41%，高速时滑差电机比串调多耗电23%。很明显，滑差电机的效

表1 上棉七厂绕线式转子串电阻与串调测电数据

风机转速(转/分)	169	183	192	200	210	220	230
串电阻功率(千瓦)	17.16	18.08	18.33	19.05	21.05	22.92	24.24
串调功率(千瓦)	11.87	14.55	16.80	17.78	20.78	22.86	25
节电率(%)	30	19.5	17.4	6.6	1.2	0.2	
串调比串电阻节约功率(千瓦)	5.29	3.53	1.53	1.27	0.27	0.06	

表2 上棉十七厂四纺车间冷风电机测电数据比较

风机转速(转/分)	420	400	370	350	320	308	280
55千瓦滑差功率(千瓦)	53.94	52.85	44.71	41.44	36.83	34.54	29.52
75千瓦串调功率(千瓦)	41.47	38.08	31.84	26.32	22.07	20.57	17.16
节电率(%)	23.12	27.95	28.79	36.49	40.06	41.87	39.00
串调比滑差节约功率(千瓦)	12.47	14.77	12.87	15.12	14.75	13.97	12.36

表3 各种调速方案性能的比较

项目	滑差电机	直流电机	整流电机	液力耦合器	变极调速	串级调速
调速范围	1~	1~12				1~1.5
响应性能效率	一般低	高好	差一般	低	差好	一般好
功率因数经常起停	低好	好最好	差	高	好不宜	差好
设备价格能否配自控	便宜可	较贵可	贵不可	贵可	便宜不可	一般可
维修费用	麻烦	高	高		小	小

率是低的，是不可取的。如果串调也用55千瓦的电机，则其节约效果还要大。

综合各种调速方案的比较见表3。

从各种调速方案特性及投资费用来看，可控硅串级调速应用于纺织厂空调风机调速是可取的，是一种节能调速的控制设备，虽然其功率因数较低，但在恒转矩风机负载特

性上是可以的，其调速范围为1~1.5完全可以适应纺织厂风机调速的需要，且造价比直流电机低，维修也较直流电机方便。

三、可控硅串级调速的基本原理

在绕线式感应电机的转子回路中串入不同电阻可改变电机转速，但这时电阻上要消耗电能，特别是在低速重负载时，电阻损耗很大，效率很低。在转子回路接一反电势电源来吸取转子功率，改变反电势大小就可以改变电机转速，同时又能保持很高的传动效率，这种调速方法称串级调速。

早期的串级调速是与主机同轴装一只分直流电机来吸取感应电机低转速时的转子电磁功率。因此，直流电机也发出电磁转矩，可以加大低速时的机械转矩。改变直流电机的激磁，即可改变感应电机的转子反电压大小，从而改变电机转速。

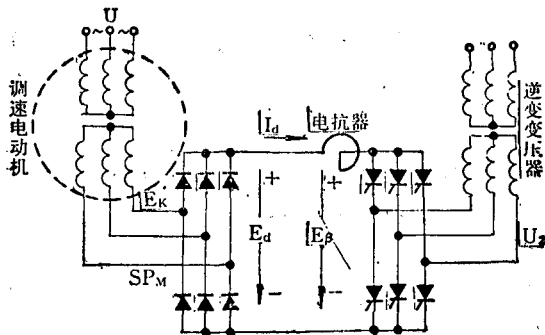


图3 可控硅串级调速原理图

可控硅串级调速是将绕线式电机转子的转差电压与可控硅整流后的反电势相比的电压差来实现调速，转子转差电压经硅整流器整流滤波后，由可控硅逆变器将转子差能回馈回到交流电网中去，参见图3。

当感应电机的外加电压 U 及负载转矩 M 都不变的情况下，转子电路引入一个反电势 E_β ，其频率与转子电势 E_K 的频率相同，相位相反，外加电势 E_β 与转子电势 E_K 的关系为：

$$E_K \approx E_\beta / S = \text{常数}; S = (U_2 / E_K) \cos \beta$$

$$E_\beta = E_{\beta 0} \cos \beta = K_2 U \cos \beta$$

$$n = n_0 (1 - S) = n_0 [1 - (U_2 \cdot \cos \beta / E_K)]$$

式中： E_K 为静止时的转子电压； $E_{\beta 0}$ 为 $\beta = 0$ 时之直流平均电压，它等于交流电压 U 乘上整流系数 K_2 ； U_2 为逆变变压器二次电压； β 为超前控制角，亦称逆变角 ($< 90^\circ$)； n_0 为电机额定转速； n 为电机瞬时转速； S 为转差率。

由上式可知，改变 β 角就可以改变 E_β 的大小对电机进行调速。如 β 角减小， E_β 增加， E_d 也必须增加。 $E_d = S E_K K$ ， K 与 E_K 都不变，故 S 必须增加，电机转速下降。反之， β 增加， E_β 减小， S 下降，电机转速上升。（ E_d 为转子整流电路直流输出电压， E_K 为电动机静止时转子开路电压。）

由于外加直流电势的作用是吸收转差功率，而且部分转差功率加以利用并反馈到电网中去，就要将转差电势经二极管整流至三相有源逆变器上，三相逆变器将直流逆变成三相交流电压，再经变压器把转差功率 SP_M 反馈到电网中，从而提高系统的效率，达到节电的目的。

为了防止逆变器颠覆，逆变器 β 角一般不小于 $25^\circ \sim 30^\circ$ 。可控硅串级调速的电机转矩具有恒转矩特性，改变逆变角时，电机的转速作上下平移。

四、可控硅串级调速的节电效果

1. 实测某厂布机间空调20*轴流风机

原配用 JO-73-4 28千瓦异步电机，风机730转/分时，负载27.105千瓦，630转/分时，负载20.6千瓦。改用 JR-72-4 30千瓦串调电机，风机730转/分时，负载26.15千瓦，630转/分时，负载18.5千瓦。

2. 串调电机与异步电机节电比较

(1) 异步电机：3季度风机开730转/分，1、2、4季度开630转/分，全年工作日以354天计算，则全年耗电177032度。

(下转第36页)

(上接第53页)

(2) 串调电机：3季度白天风机开730转/分，晚上风机开630转/分，1、2、4季度白天开630转/分，晚上开555转/分，负载13.2千瓦，1季度全部开555转/分，则全年耗电为135879度。

故串调电机比异步电机全年节电41153度，节电率达23.2%。

以上逆变反馈功率未计入，若以逆变功率平均3千瓦计，全年运行7965小时计算，逆变电量为23895，则总节电率达36.7%。

因此，改用串调电机后，节电率至少在20%以上，所以串调电机造价一般不到两年就可回收。

五、目前上海棉纺行业空调 风机节电潜力的估计

上海棉纺织厂有用17千瓦以上的电机的风机4百余台，其中已装串调电机的占22.7%左右，未装调速装置的风机约18%，用双速电机的约28.6%，用三速电机的约25.5%。如能全部改用串调电机，则根据已有的测定资料计算，全年可节电1600多万度。但串调电机使用时，逆变装置线路复杂，设备投资较大，维修不够简便等问题，尚在不断改进中，如能早日完善解决，则串调电机的推广速度一定会更快一些。