

工控机控制的异步电动机变频调速*

Velocity Variation with Variable Frequency in an Induction Motor Controlled with Industrial Process Control Computer

罗文广

吴彤峰**

向宇**

Luo Wenguang

Wu Tongfeng

Xiang Yu

(广西工学院电子信息与控制工程系 柳州市东环路 545006)

(Dept. of Elec. Info. and Cont. Engi., Guangxi Institute of Technology,

Donghuanlu, Liuzhou, Guangxi, 545006, China)

摘要 论述一个汽车水泵工控机测试系统中异步电动机变频调速的方法。变频器运行于外部控制方式,控制部分由工控机、相关的板卡和组态软件编制的软件构成。该调速系统构成简洁,软件编制简单,运行表明系统稳定可靠,满足性能要求。

关键词 异步电动机 变频调速 工控机 组态软件

中图法分类号 TP 271.4

Abstract A method for velocity variation with variable frequency (VVVF) of an induction motor was developed in an industrial process control computer measuring system of automobile pump. The inverter runs in external control mode. Its controlling part is mainly composed of industrial controlling computer, cards and the software written with configuration software. This VVVF system is simple in construction and program composition, and is stability and reliability in the operation in a factory. This system could meet the performance demands.

Key words induction motor, velocity variation with variable frequency, industrial process control computer, configuration software

进行车用水泵性能试验时,要求测试4个以上不同的转速下多个流量点,存在调速的问题。传统的水泵性能测试系统,采用手动控制方式,为了获得较稳定的转速和良好的负载特性,采用成本较高的直流电动机驱动方式。最近,我们研制了一种汽车水泵工控机测试系统,它除了实现测试的全自动外,还大大提高了试验效率和测试精度,降低设备成本及试验费用。本文仅讨论在工控机控制下实现异步电动机变频调速的一般方法。

1 硬件设计

为了使水泵获得不同的试验转速并能进行测量,需要如下硬件:额定转速2900 r/min 额定功率5.5 kW的异步电动机,变频器,转速测量仪,工控机和

相关的板卡。变频器选用日本松下电器公司的VF-8X AC 400V 5.5 kW变频器^[1,2],变频器的最大输出频率可设定为50 Hz~400 Hz,因此电动机的最大转速可变。为了实现工控机控制下异步电动机的变频调速,对变频器进行如下的功能设置:(a)输出频率设置,包括3个选项:选项3(频率范围)设置为“FF”,为任意频率方式,最大可达400 Hz;选项15(最大频率)设置为“85”;选项16(基本频率)设置为“85”。经以上设置后,输出频率与频率控制电压基本成线性关系,且可使电动机获得约5 100 r/min的最大转速;(b)本地/外部控制设置,选项8设置为“5”,即采用两线制外部控制起停,如图1所示,将变频器的10号接线端子经一继电器触点与6号接线端子连接,当触点闭合时起动电动机,触点断开时停止电动机运行;(c)本地/外部频率信号设置,选项9设置为“3”,即采用外部0~10V直流电压信号(调节频率大小的控制电压)输入,如图2所示,将2号接线端子接信号“+”端,3号端子接信号“-”,该信号发生变化时变频器的输出频率也发生变化,电动机的转

2000-11-20收稿,2001-06-04修回。

* 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻0023004)。

** 广西工学院汽车工程系,柳州,545006(Dept. of Automobile Engi., Guangxi Institute of Technology, Liuzhou, Guangxi, 545006, China)

速跟随变化

转速测量仪采用数字型转矩转速测量仪,该转矩转速传感器安装在异步电动机和水泵之间,它具有联轴器的功能,安装时通过调节可使传感器轴线与异步电动机和水泵轴心连线同轴度在 $\varnothing 0.03 \text{ mm}$,传感器测量的扭矩即为电动机传递给水泵的扭矩,测量的转速为水泵转速(亦为电动机的转速)扭矩信号和转速信号均为脉冲量,转速精度为60个脉冲/转(无积累误差)按文献[3]要求:转速测量精度应高于或等于0.2级,显然所选用的转矩转速传感器测量精度高于国标

工控机采用台湾研华 IPC,板卡 PC-6333为多功能模入模出接口卡,具有双端8路输入通道,一路D/A通道和6路开关量输出和开关量输入。改变D/A通道输出电压即可改变电动机的转速。PC-6501D为光隔离脉冲计数定时接口卡,具有15路脉冲量输入通道。由转矩转速测量仪输出的扭矩和转速均为脉冲量,两信号送入PC-6501D脉冲计数卡后,分别得到两信号的频率,转速信号的频率即为每分钟的转速值。PC-6408为光隔离开关量输入输出接口卡,分别有16路开关量输入和输出通道;16路通用继电器板PS-002与PC-6408配套使用,整个系统有5路开关量输出,其中一路用于控制异步电动机的起停(图1)。PS-006C为接线端子板

图1仅是整个水泵测试系统的部分原理图,这里只画出了与变频调速有关的部分。

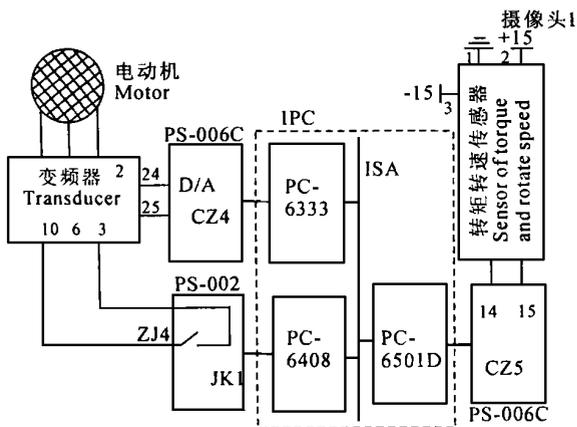


图1 工控机控制的变频调速原理接线图

Fig. 1 Block diagram of VVVF of induction motor controlled with IPC

2 软件编制

对系统进行实测,得到表1所示数据。用最小二乘法拟合曲线,得:

$$V = 0.0019 \times n + 0.0422, \quad (1)$$

图2所示的实线为(1)式曲线,虚线为实测数据曲线,由图可见,转速较大时两条曲线存在一定的偏差,且转速越大偏差也越大,因此用(1)式计算频率控制电压时,需要进行非线性补偿,以便获得与给定转速更接近的转速。非线性补偿采用简单的分段补偿即可获得较为理想的转速

表1 电动机转速与频率控制电压实测数据和偏差

Table 1 Measuring data of motor rotate speed and control voltages of transducer output frequency

频率控制电压 Voltages of frequency control (V)	电动机转速 Motor rotate speed (r/min)	拟合曲线控制电压 Voltages of imitated curve control (V)	电压偏差 Voltage windage (V)
1	514	1.0188	-0.0188
2	1032	2.0030	-0.0030
3	1565	3.0157	-0.0157
4	2085	4.0037	-0.0037
5	2602	4.9860	0.0140
6	3104	5.9398	0.0602
7	3623	6.9259	0.0741
8	4115	7.8607	0.1393
9	4622	8.9240	0.1760

软件是基于组态软件 MCGS (国产软件)^[4]编制的主要语句如下:

电机控制= 1

给定转速= (最低转速+ (给定运行点数 - 运行点数) * 0.2 * 标定转速) \ 100 * 100

if 给定转速 >= 4100 then

控制电压 = 0.0019 * 给定转速 + 0.0422 + 0.15

else

if (给定转速 >= 3000) and (给定转速 < 4100) then

控制电压 = 0.0019 * 给定转速 + 0.0422 + 0.065

else

控制电压 = 0.0019 * 给定转速 + 0.0422

endif

endif

组态软件 MCGS允许使用中文变量。“电机控制”为开关变量,等于1时使继电器 ZJ₁的触点闭合,即启动异步电动机。第二语句是计算各运行点的给定转速,按要求给定转速应为100的整数倍。以下语句均是计算频率控制电压的大小并进行分段补偿,已知变频器对输入控制电压信号满量程(10V)的百分之一(即0.1V)才做出反应,又根据表的电压偏差数据,补偿可分为3段:当给定转速大于等于4100 r/min时,控制电压增加0.15V;当给定转速在3000 r/min~4100 r/min范围内,控制电压增

表1 样品分析结果

Table 1 Analytical results of Samples

样品 Sample	本方法 This method			Griess法		相对误差 Relative error (%)
	单次测定值 Single test ($\mu\text{g/g}$)	平均值 Average ($\mu\text{g/g}$)	回收率 Recovery (%)	单次测定值 Single test ($\mu\text{g/g}$)	平均值 Average ($\mu\text{g/g}$)	
杉湖水 Water of Lake Shan	1.38	1.45	99	1.45	1.51	-4.0
	1.50		103	1.59		
	1.47		101	1.48		
面粉 Flour	9.67	10.02	106	10.27	10.54	-4.9
	10.53		105	10.57		
	9.87		107	10.77		
土豆 Potato	11.45	10.71	95	11.28	10.84	-1.2
	10.45		98	10.28		
	10.23		96	10.96		

过滤到 100 ml 容量瓶中, 并定容, 吸取 4 ml 清液于 25 ml 比色管中, 按实验方法操作测定其中的亚硝酸根含量, 并用 Griess 法进行对照, 结果列于表 1

由表可知, 本法测定结果与经典的 Griess 法测定结果基本吻合。

参考文献

- 1 王广健. 藏红 T-亚硝酸根偶联反应及其应用于光度法测定 NO_2^- . 分析化学, 1998, 26 (4): 495.
- 2 杨志斌, 万红. H 酸重氮盐自偶联反应及其分析应用研究. 分析化学, 1992, 20 (7): 816~818.
- 3 张改兰, 张振辉. 亚硝酸根的催化动力学分析法: V. 甲基红-溴酸钾体系. 分析实验室, 1990, 9 (6): 24~27.

(责任编辑: 蒋汉明)

(上接第 185 页 Continue from page 185)

加 0.065 V; 给定转速小于 3 000 r/m 时, 不进行补偿。

进行非线性补偿电动机稳定运行后, 若实测转速与给定转速的偏差大于 10 r/min, 用积分分离 PID 控制算法进行细微调节。控制算式为^[5]:

$$\Delta u(k) = K_c \{e(k) - e(k-1) + U \frac{T_0}{T_1} e(k) + \frac{T_D}{T_0} [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)]\}$$

$$U = 1, |e(k)| > T; U = 0, |e(k)| \leq T, \quad (2)$$

式中, T 为一给定的常数; K_c , T_a , T_k , T_D 分别为比例系数、采用周期、积分时间常数、微分时间常数。这些系数可以选择小一些, 以满足细微调节的要求。

用积分分离 PID 控制算法可以防止转速调节时产生较大的超调量。

3 结语

转速的测量和控制精度对汽车水泵性能试验有重要影响, 因此进行试验系统设计时, 调速部分的设计方案是重点考虑方面之一。我们采用异步电动机变频调速方案, 不仅使系统的结构简化, 而且运行稳定可靠。负载特性较好, 同时成本也较低。过去采用的直流电动机驱动方式, 虽然可以获得良好的负载特性, 调速性能也较好, 但其不仅价格高, 且体积大, 系统台架的强度要增加, 还需要直流电源。另外, 工控机控制下的异步电动机变频调速, 采用组态软件编制程序, 十分简洁, 易于完成及修改。实际运行时,

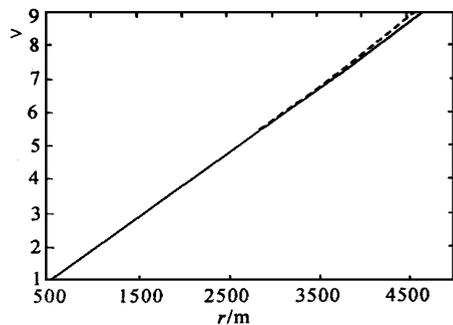


图 2 拟合曲线

Fig. 2 Imitated curve

运行转速与给定转速的偏差可控制在 4 转范围内, 具有较高的精度, 同时由于采用 PID 调节, 使异步电动机的负载特性有较大改善, 从零负载到最大负载 (零流量到最大流量) 电动机的转速仅变化几转。本文提出的方案不失为微型汽车水泵性能测试系统的良好方案。

参考文献

- 1 日本松下电器公司. VF-8X AC 变频器使用说明.
- 2 吴忠智, 吴加林编著. 变频器应用手册. 北京: 机械工业出版社, 1998. 5.
- 3 国家技术监督局. GB 1882-89 内燃机冷却水泵性能试验方法. 1989. 2.
- 4 北京中泰计算机技术研究所. 工控组态软件 MCGS 用户指南. 2000.
- 5 陶永华, 尹怡欣等. 新型 PID 控制及应用. 北京: 机械工业出版社, 1998. 9.

(责任编辑: 黎贞崇)