

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.01.029

一种伺服驱动系统检测平台

杨凯, 石航飞, 陈志锦, 彭希文

(中国兵器工业第五八研究所 数控事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对伺服系统的性能检测问题, 提出了一种伺服驱动系统的检测手段, 并搭建了检测平台。通过分析系统硬、软件的实现, 并采用 SWAI-SC 系列驱动器、配套电机及 SWAI-FA 上位控制系统进行实验。结果表明, 该方案合理、可行, 与市面上应用的同类产品相比, 该系统具有极高的性价比。

关键词: 伺服驱动系统; 检测平台; 交流测功机; 能量回馈

中图分类号: TP274 **文献标识码:** A

A Detection Platform of Servo Drive System

YANG Kai, SHI Hang-fei, CHEN Zhi-jin, PENG Xi-wen

(Dept. of CNC Engineering, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aiming at the performance detection of servo drive system, introduce a detection method of the servo drive system and establish a detection platform. Through analyzing software and hardware for the system, make an experiment by using the SWAI-SC series drivers with their motors and the SWAI-FA superior control system. The result shows that the program is reasonable and feasible. Compared to similar products on the market applications, the system has both a very high performance and low price.

Keywords: Servo drive system; Detect platform; AC Dynamometer; Energy feedback

0 引言

伺服驱动系统不仅对调速范围有要求, 而且对跟随指令的响应时间、跟随精度都有较高的要求。随着电力电子技术、微处理器技术、新材料技术以及控制理论的发展, 交流伺服驱动系统已是制造业的主流需求。高性能伺服驱动系统主要体现在对负载变化时的鲁棒性, 对速度、位置命令的快速响应性等^[1]。随着交流伺服驱动的普遍应用, 怎样检验其性能是很迫切的问题。故提出一种伺服驱动系统检测平台的设计方法, 该方法的核心是直接转矩控制 (direct torque control, DTC), 实现加载中交流测功机对被测伺服驱动系统中的电机的转矩、转速、电流、电压、功率、效率等参数的测试。

1 系统的硬件实现

1.1 转矩输出的实现

直接转矩控制的实现是由 ABB 变频器在转矩控制模式下, 驱动三相异步电动机来实现, 由扭矩传感器和转速脉冲编码器实现转矩的闭环控制和转速的精确测量^[2]。通过 PCI 总线及上位控制软件实现了人机交互界面的设计。总体方案原理图如图 1。

变频器可以工作在开环和闭环 2 种模式下。开

环是由变频器直接输出期望转矩, 系统响应时间较短, 无超调。闭环控制由扭矩传感器给出扭矩测量信号构成转矩闭环 PID 控制。

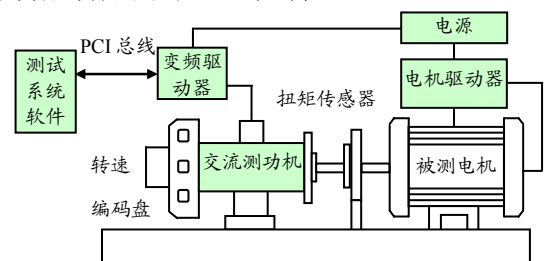


图 1 总体方案设计原理图

1.2 转速的检测

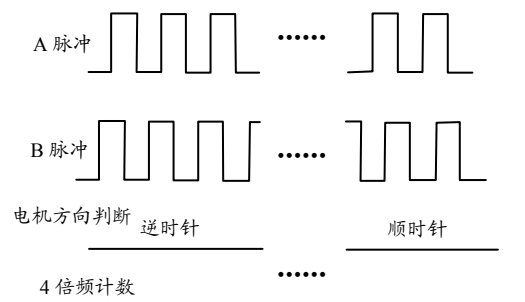


图 2 增量式光电编码器的速度计算和方向判断原理

转速可以由变频器根据电机的数学模型估算得到, 但这种方案无法得到转速的准确值, 不利于系

收稿日期: 2009-07-08; 修回日期: 2009-09-29
作者简介: 杨凯 (1986-), 男, 山东人, 从事伺服驱动研究。

统性能的检测。故需在系统中加入速度传感器，该 512 线增量式光电编码器，每转可输出 2048 个脉冲。编码器输出为 A、B、Z 三相脉冲信号。从图 2 可以看出：A、B 脉冲同刻线数一致，相位差 90°。无需附加任何硬件电路，变频器对 A、B 脉冲的上升和下降沿均进行计数，即可实现单脉冲的 4 倍频计数，并根据 A、B 脉冲的次序判别电机转向^[3]。

1.3 能量回馈原理

具有能量回馈功能的交流测功机采用四象限变频器，能将从异步测功电机上吸收的能量（电机的再生电动势）通过变频器直接返回到供电电网。这不仅可以节约大量的能源和试验测试费用，也大大简化了系统结构，提高了系统的动态响应和可靠性。

对于当前普遍采用的“交—直—交”变压变频驱动技术（如图 3），当交流电机工作与减速状态下，电机就会工作在发电制动状态，这时，会产生制动过程。制动产生的能量将会导致直流侧电压的升高，其“泵升电压”和“散热问题”还会对功率主回路甚至驱动器的寿命产生影响。

能量回馈是将制动产生的能量由逆变器输出，返回电网。此过程属于有源逆变，通过控制逆变器的驱动信号来调节输出电压或电流的幅值和相位，实现输出电压和电网的同步，输出“无污染”的电^[4]。ABB 变频器的“交—直”环节，从整流转换到逆变仅需要几个毫秒，转换过程连续无滞后。输入滤波器还可用于滤除变频器在回馈能量时可能产生的高次谐波，以保证电网的质量。

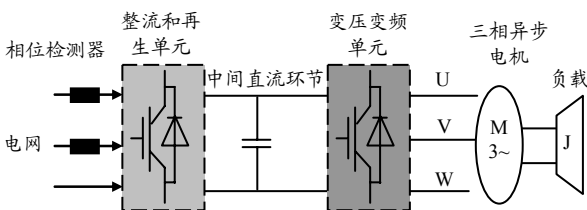


图 3 变频器的原理结构

1.4 多电机测试

多传动是变频器产品的一个类型，由一套独立的供电单元和若干逆变单元构成。逆变单元连接异步测功电机和被测电机，连接到公共直流母线。公共直流母线为逆变单元提供直流电压，直流电压由一套装置中唯一的供电单元提供。

多传动系统结构图如图 4。供电单元包括进线单元（ICU）、滤波器（Filter）、整流单元（DSU）及辅助控制电路（ACU），逆变单元与单台变频器

相同。

将多传动产品和控制技术用于交流测功机，可实现多电机的并行测试。这种结构简化了整个装置，并具有以下优点：

- 1) 公共直流母线实现测功机电机与被测电机之间的电能循环，而无需能量回馈单元；
- 2) 共用一套整流单元，减少了器件数量，提高了可靠性；
- 3) 紧凑化结构设计，节省了空间、连线、安装和维护费用；
- 4) 高速总线通讯连接每一个测试单元，实现多台测功机的数据采集和协调控制。

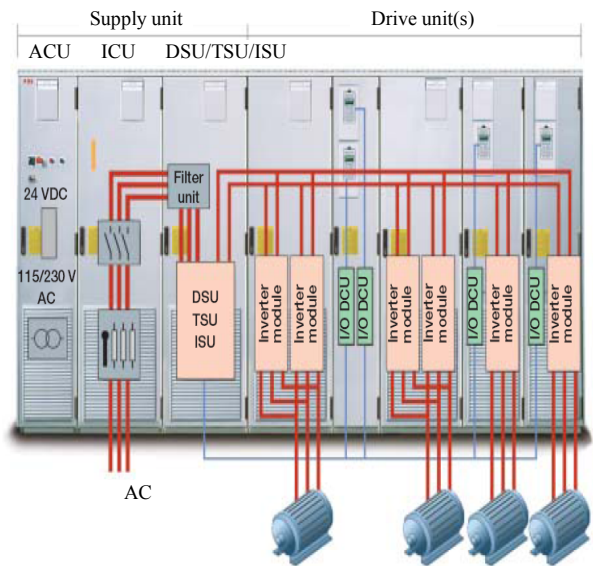


图 4 多传动系统结构图

2 系统软件的实现

2.1 转矩输出的 PI 控制器的设计

因转矩反馈不是由变频器厂家直接提供，需要设计控制器。经验证，转矩的闭环控制采用带死区的增量式 PI 控制器效果较好。其控制方框图如图 5。

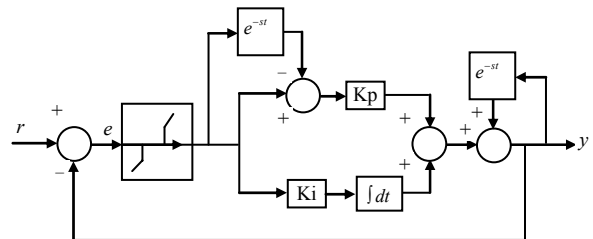


图 5 转矩输出的 PI 控制器的设计

其数字 PI 控制器设计，采用变频器提供的“PLC”编程模式的人机界面直接搭建而成。

2.2 系统人机界面的软件设计

（下转第 93 页）

天空的绘制是通过建立一个 5 个面 (前、后、左、右、上) 的天空盒, 然后上面进行纹理贴图来实现的。由于在整个导弹飞行过程中, 人的视点始终要位于场景之中, 因此, 天空绘制要有足够大的飞行范围, 人的视点就设置在这个天空盒内。5 个面均由四边形构成, 每个面的建立采用 OpenGL 提供的四边形绘制函数来实现, 最后将 5 幅天空纹理图分别绑定到每个面上。

3.3 视点漫游仿真

为满足位于不同位置上的观察点对仿真情景进行观察的需要, 系统设置了 3 种视点状态, 切换不同的视点可以实现在不同位置的观测, 并在系统中添加了按键响应函数, 按下键盘上的数字键 1、2、3 可以分别进入相应的视点状态。视点设置主要是通过如下函数来完成:

```
gluLookAt(g_eye[0],g_eye[1],g_eye[2],Missile_x, Missile_y, Missile_z,x,y,z);
```

其中, $g_eye[0], g_eye[1], g_eye[2]$ 代表视点方向, 并且可以通过键盘上的方向键进行调整, $Missile_x, Missile_y, Missile_z$ 代表目标点坐标, x, y, z 代表指定的方向, 通常将 y 设置为 1, 代表向上的方向。系统的仿真效果如图 1。



图 1 导弹试验仿真效果图

4 结论

该系统模拟了导弹从发射到击中目标爆炸的全过程, 对音响效果、背景环境等进行了处理, 仿真界面具有较高的逼真度, 并可进行多视点观察。为了增加训练的针对性和训练难度, 还可将系统中目标靶设置成移动的, 或设置成在空中飞行的靶标。

参考文献:

[1] Richard J. Wright. OpenGL 超级宝典[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
 [2] 和平鸽工作室. OpenGL 高级编程与可视化系统开发[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
 [3] 向世明. OpenGL 编程与实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 1999.

(上接第 90 页)

适合该系统图形化人机界面的设计有基于 VC++、EVC++、MATLAB、LabVIEW 等方式。本电机测试系统采用美国国家仪器公司 (NI) 功能强大的 LabVIEW 软件工具和 PXI 模块化数据采集仪器, 构成一体化的电机实时测试和控制系统。系统能够自动完成设备的实时控制、数据采集和参数分析, 以 Excel 等软件格式保存测试数据或打印报告。

3 实验及结果

实验用绵阳圣维公司 SWAI-SC 系列驱动器、配套电机及 SWAI-FA 上位控制系统。电机额定转矩为 5 NM、额定转速为 2 000 r/min。电机的额定功率:

$$P = TN = \frac{5 * 2\,000 * 2\pi}{60} \approx 1.05 \text{ kW}$$

实验图形如图 6 (驱动器转速为 800 r/min) 可见: 转矩的响应时间、平稳性等效果很好。实验中, 驱动器均正常工作, 呈现出良好的动、静态性能。

4 结语

实验表明, 该方案合理、可行。此外, 与市面上应用的同类产品相比, 该系统具有极高的性价比。

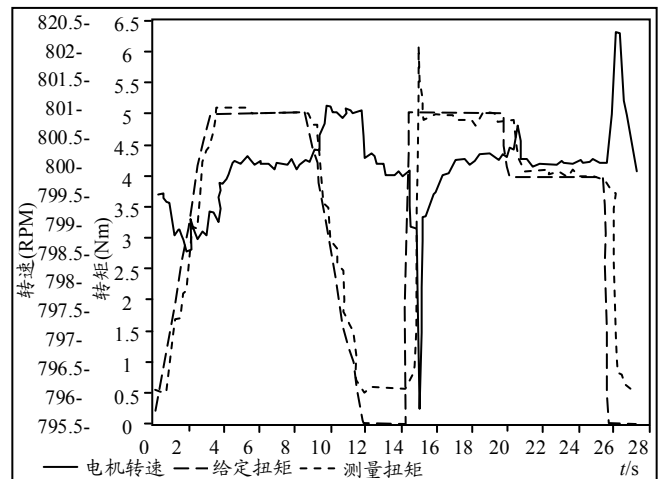


图 6 实际测试电机曲线

参考文献:

[1] 陈崇森. 数控机床永磁同步电机伺服驱动系统关键技术研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2008: 1-3.
 [2] ABB. ACS800 固件手册[M]. 北京: ABB 电气传动有限责任公司, 2002.
 [3] 郭庆鼎, 孙宜标, 王丽梅. 现代永磁电动机交流伺服系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
 [4] 张承慧. 变频调速系统效率优化控制、理论与应用[D]. 济南: 山东大学, 2001.