

手术动力装置微电机的测功机的研究

赵志强^{1,2}, 廖程¹, 沈巍¹, 郑国维¹

(1. 重庆邮电大学 生物医学研究中心, 重庆 400065; 2. 重庆医科大学 附属第二医院, 重庆 400010)

摘要: 手术动力装置是临床的重要器械, 它的电机的性能直接关系到病患的生命, 所以对手术动力装置微电机的测功机的研究就显得尤为重要。基于 windows 平台, 以 STC 单片机为数据采集系统, 配合必要的传感器和驱动电路及信号调理电路, 应用模糊控制 PID 算法, 开发手术动力装置微型电机的测功机主控系统。该系统完成了数据采集、处理、显示和报警等功能。

关键词: 测功机; 单片机; 模糊控制; 手术动力装置

中图分类号: TM933.3

文献标识码: A

文章编号: 1674-6236(2012)20-0084-03

Research on micro motor dynamometer in operation power device

ZHAO Zhi-qiang^{1,2}, LIAO Cheng¹, SHEN Wei¹, ZHENG Guo-wei¹

(1. Biomedical Engineering Research Center, Chongqing University of Posts & Telecommunications, Chongqing 400065, China; 2. The Second College and Affiliated Hospital(SCCAH), Chongqing Medical University(CQMU), Chongqing 400010, China)

Abstract: Operation power device is clinical important equipment, and its motor performance directly related to the patient's life, so it is Especially important to study micro motor dynamometer in operation power device. The control system of dc dynamometer is based on the Windows platform, making STC microcontroller as data collection system, with the necessary sensor, drive circuit and signal regulate circuit and the fuzzy control PID algorithm, to develop the main control system of operation power device micro motors. This system has the functions of data gathering, processing, displaying and alarm etc.

Key words: dynamometer; microcontroller; fuzzy control; operation power apparatus

随着我国临床医学的发展, 手术动力装置成为临床手术中重要的器械之一。一般要求手术动力装置需具有尺寸小, 转矩脉动小, 转速精确可调等优点。手术动力装置所选用电机与动力设备匹配之前, 都需经过测功机进行动力测试, 因手术动力装置的微型电机要求转速高而转矩精确等特点, 市场上没有适合手术动力装置微型电机的测功机, 所以对手术动力装置微型电机的测功机研究就显得尤为重要。

手术动力装置微电机的测功机由被测电机、加载器、多种传感器、单片机、上位机及驱动电路等组成。其中, 加载器是一台他励直流电机; 被测电机与加载器用联轴器相连; 数据采集采用 STC12C5A60S2 单片机, 它采集被测电机和加载器的信号, 并传递给计算机, 并接受计算机处理之后信号用以驱动被测电机和加载器; 上位机应用程序完成启动、停止整个系统、处理和传递参数给单片机, 以及模糊控制 PID 算法的运行^[1-2]。模糊 PID 控制算法克服了模糊控制精度不高和存在静态余差的缺点, 达到良好的控制效果。

1 手术动力装置微电机的测功机的硬件设计

整个系统硬件结构如图 1 所示, 系统主要包括 STC12C5

A60S2 单片机最小系统、电子负载加载电路、电机驱动电路、倍频电路、放大电路、电压处理电路和串口通信电路等。

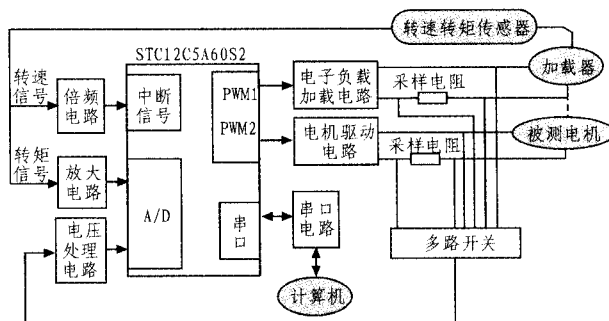


图 1 系统硬件结构图

Fig. 1 Hardware structure of the system

1.1 电子负载加载电路

为了实现自动测试采用自动加载模块, 它主要给被测电机自动加载, 具体采用电枢外接电阻的自动调节模块。此时励磁磁场不变, 改变电枢外接电阻来调节电枢电流, 从而达到改变电机负载转矩的目的。为了实现自动调节, 负载使用电子可调电阻, 采用 PWM 控制。

1.2 转矩转速测量

转矩测量采用定子转矩法,即把电机的定子和转子同时架空,电机旋转时,电磁力对转子产生一个旋转的力矩,同时也向定子施加一个大小相等,且方向相反的反作用力矩。通过力传感器测得定子的受力,就能计算出转子所受到的力矩了。根据测试电机的力矩范围,这里选取 6 kg 的力传感器,并用集成运放 AD620 对其输出信号进行放大。

转速测量采用的是 WTK-10 凹槽型光电传感器,传感器的相关电路在内部,直接开关量输出,检测频率为 1 kHz,测速采用 6 缝圆测速码盘^[9]。

1.3 无刷电机驱动电路

其中被测无刷直流电机型号是 portescap 生产的 B0610-024A-R00 电机,此电机转子的材料为永磁磁钢,电枢绕组放置在定子上。通过永磁磁场和电枢磁场之间的作用,从而产生连续的转矩来保证电机的连续工作。其中永磁磁场由转子磁钢定子产生,电枢磁场由定子绕组产生。电机的电子换相部分采用绕组导通 120° 电角度、三相桥式控制方式,电机本体的定子采用星型连接方式的系统比较合适。电路图如图 2 所示。

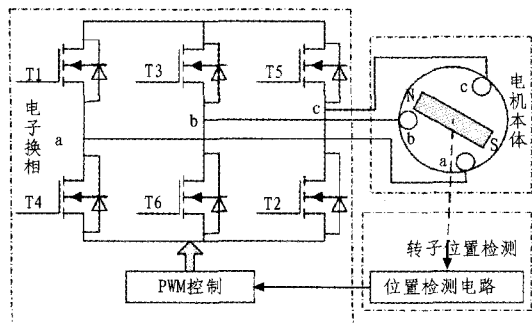


图2 无刷直流电机三相全控电路图

Fig. 2 Brushless dc motor three-phase all control circuit diagram

1.4 其他电路

多路开关采用 CD4051, 电压处理电路采用 AD620 运算放大器对信号进行处理。

2 手术动力装置微电机的测功机的软件设计

系统的设计目的要求不仅是对外界参数进行实时测量,在一定时间内完成对数据的采集和处理,而且还必须对相应的转速、转矩、电压、电流、功率等进行实时控制。系统的主要任务有 4 个:通过串口进行数据通信任务、发送加载器及电机驱动任务、数据采集任务、数据分析显示。测功机系统的软件设计包括两部分,上位机应用程序设计和单片机软件设计。

2.1 上位机软件设计

上位机主要任务是:串口通信、数据分析显示和发送任务。上位机利用 Visual C++6.0 作为开发工具,实现与单片机的通信,通信采用 MFC 的 MSComm 控件。上位机可以提供如下功能:被测电机参数设置(转矩和转速)、参数实时监测(其

中包括转速、转矩、电流、功率等参数)和控制策略的实现。具体的流程框图如图 3(a)所示。

2.2 单片机软件设计

单片机信息采集控制系统是一个多输入多输出的测控系统,主要任务有:数据采集任务、串口通信任务和发送电流加载任务,实时性要求较高。由于单片机内存资源有限,应尽量减少任务个数,即减少任务堆栈个数将相近的功能整合到一个任务中;同时中断有关的任务要注意保护,避免反复响应和进入中断,导致系统负荷过大,实时性受影响;还应把计算量较大的任务给上位机来运行,保证实时性和稳定性^[4-6]。具体的流程框图如图 3(b)所示。

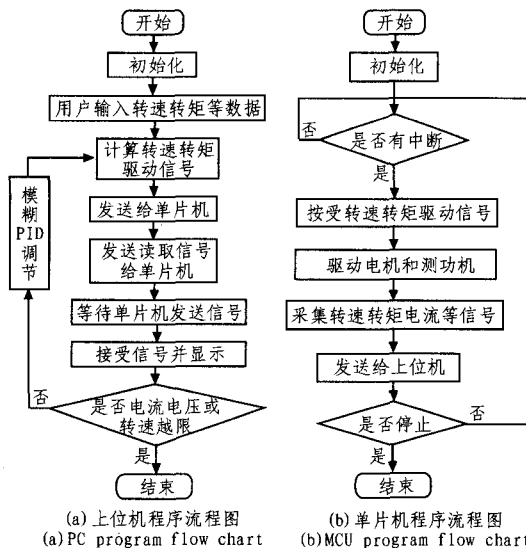


图3 上位机和单片机程序流程图

Fig. 3 PC and MCU program flow chart

2.3 模糊 PID 控制器的设计

目前,工业过程中广泛采用 PID 控制,不同的对象要用不同的 PID 参数,而且调整不方便,抗干扰能力差,超调量大。因此采用模糊控制系统对模型进行控制。

模糊 PID 控制器是模糊控制器与传统 PID 控制器的结合,它的设计思想是:先找出 PID 参数与期望值与实际输出之间的偏差 E 和偏差变化 EC 之间的模糊关系,在运行中通过不断检测 E 和 EC ,再根据模糊控制原理对 3 个参数进行在线整定,传统 PID 控制器在获得新的 K_p, K_i, K_d 后,对控制对象输出控制量。模糊 PID 控制器原理图如图 4 所示。

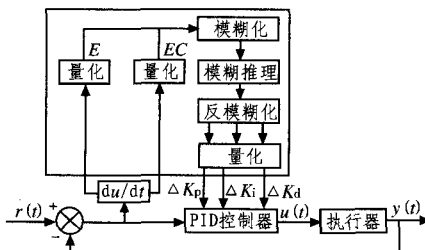


图4 模糊PID控制器原理图

Fig. 4 Fuzzy PID controller principle diagram

模糊控制系统是2输入3输出系统。根据掌握的经验,共分7个等级。模糊控制器的设计必须通过多次修改模糊推理规则进行优化设计,并进行在线、离线的反复调试才能最后确定。经过长期人工操作经验的总结,并作出 K_p 、 K_i 、 K_d 的模糊推理表。

模糊推理设计采用Mamdani方法,分别用max和min实现OR和AND算子,用min实现蕴含关系,用max实现合成规则。清晰化方法采用重心法。通过重心法解模糊处理,得到量化值输出 ΔK_p 、 ΔK_i 、 ΔK_d ,实现PID 3个参数的在线整定。

根据微电机-测功机模型分析,设控制对象的传函为 $G_p(s) = \frac{580\,000}{s^3 + 87s^2 + 12\,000s}$ 。当输入单位阶跃信号的时候,考察系统的响应输出曲线,用普通PID和模糊PID来作比较。PID控制器的初始值设为: $K_p=0.4$, $K_i=0.0$, $K_d=1.0$ 。如图5和6所示,分别是传统PID控制器和模糊PID控制器,采用模糊PID控制器,系统响应快,超调量小,调整时间短,具有良好的跟踪性能。

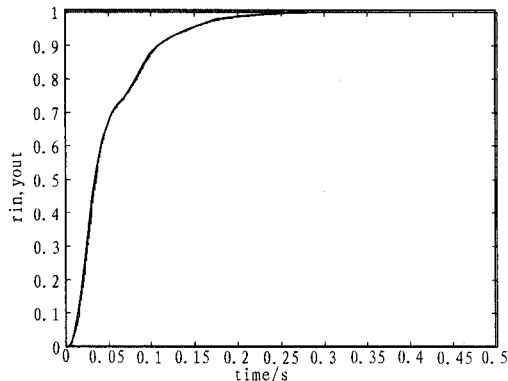


图5 传统PID控制器仿真图

Fig. 5 Traditional PID controller simulation diagram

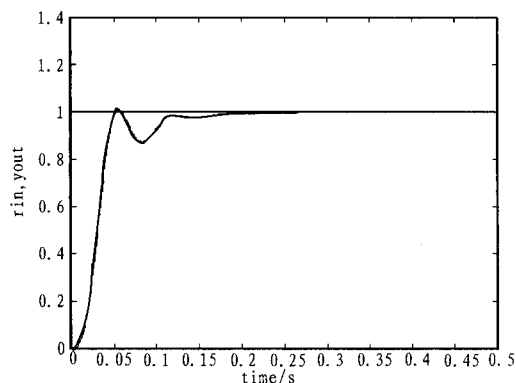


图6 模糊PID控制器仿真图

Fig. 6 Fuzzy PID controller simulation diagram

3 实验结果

根据实验室现有的设备,选用一台他励直流额定转速为25 000 r/min、额定功率为24 W的他励直流电机为测功机,图7为上位机采集到的数据。

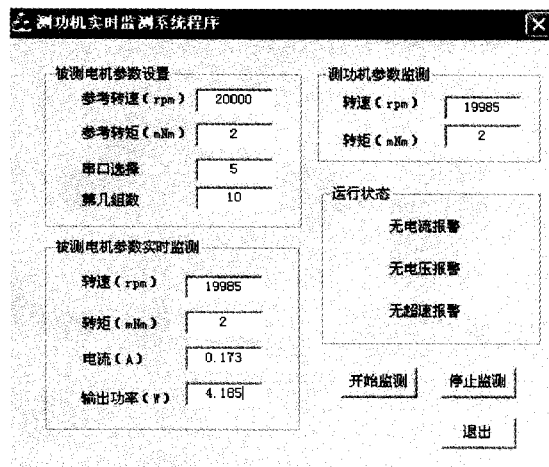


图7 上位机程序

Fig. 7 PC program

4 结论

经试验数据验证,测试结果与实际相符,测功机使用模糊控制PID算法使得响应迅速,不仅体积小、价格低、功能全、使用维护方便,无需人手操作,也可用于其它各种机械传动装置的转矩转速测量,为研究手术动力装置微电机提供了良好的条件。

参考文献:

- [1] 尚静,张斌,陆永平,等.基于TMS320LF2407A DSP的感应电动机转矩转速特性测定系统[J].电子器件,2007,30(2):530-533.
SHANG Jing,ZHANG Bin,LU Yong-ping,et al.Measurement system of torque-speed characteristic for induction motor based on DSP[J].Chinese Journal of Electron Devices,2007,30(2),530-533.
- [2] 尹大勇,卢青春,聂圣芳.基于实时嵌入式操作系统的电涡流测功机控制器开发[J].内燃机工程,2005,26(4):77-80.
YIN Da-yong,LU Qing-chun,NIE Sheng-fang. Development of control system for eddy current dynamometer based on embedded RTOS[J].Chinese Internal Combustion Engine Engineering,2005,26(4):77-80.
- [3] 王宝军,丁轶成.智能化电机测功机实验装置的研制[J].实验室研究与探索,2003,22(4):91-93.
WANG Bao-jun,DING Yi-cheng. Development of the experimental set for measuring torque of motor[J]. Research and Exploration in Laboratory,2003,22(4):91-93.
- [4] 王学之,王明渝.能量回馈式异步电力测功机系统的研究[J].微电机,2010,33(4):87-90.
WANG Xue-zhi,WANG Ming-yu. Research on energy-cycle power asynchronous dynamometer system[J]. Micro-motor, 2010,33(4):87-90.

(下转第89页)

4.2 USB HID 通信的设计

USB HID 的实现需要靠硬件与 PC 机端的软件共同作用。HID 设备只通过控制和中断管道与主机通信,控制管道主要完成接收与响应 USB 主机的控制请求;中断管道主要用于主机接收 USB 设备的异步传输数据和主机将实时性的数据发送给 USB HID 设备。HID 设备的描述符除了与 USB 标准描述符相同的 5 个描述符:设备描述符、配置描述符、端点描述符、字符串描述符、接口描述符外,还有 3 个 HID 设备类特定描述符:HID 描述符、报告描述符、实体描述符,如图 4 所示。其中 HID 描述符主要描述 HID 规范的版本号、通信所使用的额外描述符、报表描述符的长度等;在定义接口描述符时,要将 HID 类别设为 0x03,主机就会请求继续得到 HID 描述符以及报告描述符信息。主机首先发送 SETUP 封包给设备以读取默认地址 0 的设备描述符,读写器接收到 SETUP 中断后判断数据信息并将相应的描述符信息发送给主机,主机再根据 HID 描述符的信息请求其相关的描述符^[7]。

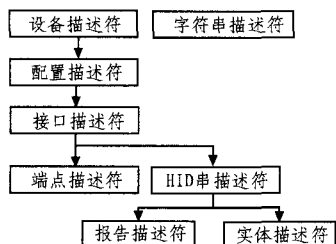


图 4 HID 各种描述符之间的关系

Fig. 4 Relationship between the HID descriptors

4.3 加解密算法的设计

读写器利用安全加解密 MCU 芯片通过编程设计高级对称加密算法 AES 来实现对读取到的数据加密或解密^[8]。AES 算法标准已经嵌入在 MCU 中,在利用 AES 算法时通过函数接口实现对算法的访问。在解密运算时,读写器生产商首先通过数字签名从 CA 认证中心获取解密密钥,当读写器读到 RFID 标签数据后开启 AES 数据解密功能进行解密运算^[9]。将解密运算结果从内存中取出通过 USB 传输给 PC 机供后续防伪判断处理。

4.4 读写器与 PC 机的通信

读写器通过接收 PC 机的指令识别出指令是否有效并执行相应操作,在 USB 模式下如果识别为传送标签信息指令,则将解密好的数据信息通过 USB 传递给 PC 机接收,PC 机将数据保存,并提取出电子标签中所包含的标签 UID 信息和商品的 ID 信息,与服务器中的数据库进行比对,经查找后能在

数据库中找到相同的信息则视该商品为正品,否则为伪造商品。在无线传输模式下,读写器采用的是串口形式将处理的数据传递给无线收发模块,由此模块将数据信息以无线 Wifi 形式传递给服务器接收,只要将服务器端正确的地址、用户信息等信息写入 Wifi 模块,就可以建立客户端与服务器的无线通信。

5 结束语

文中介绍了基于 RFID 的防伪系统读写器的设计,包括硬件电路的设计与软件的实现。该读写器可以有效防止防伪标记的二次利用和复制,能实时检测商品的属性判断商品是否为伪劣品,可以达到真正的防伪效果,为消费者和商品零售商防伪识别带来了便利。

参考文献:

- [1] 刘禹. RFID_将防伪进行到底 [J]. 中国防伪报道,2007(4): 30-35.
- [2] LIU Yu. RFID_ carrying out the anti-counterfeiting in the end [J]. China Anti-Counterfeiting Report,2007(4):30-35.
- [3] 程曦. RFID应用指南——面向用户的应用模式、标准、编码及软硬件选择[M]. 北京:电子工业出版社,2011.
- [4] 康东,石喜勤,李勇鹏,等. 射频识别(RFID)核心技术与典型应用开发案例[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] Se W O, Bang H, Hwang J G. Light-weight RFID device interface for controlling RFID tag memory access[J]. 2010 ICACT Feb,2010(7-10):1516-1521.
- [6] 周晓光,王晓华. 射频识别(RFID)技术原理与应用实例 [M]. 北京:人民邮电出版社,2006.
- [7] 詹克团,侯国志,吕铁良,等. USB HID类设备的开发[J]. 电测与仪表,2004,41(461):48-50.
- [8] ZHAN Ke-tuan, HOU Cuo-zhi, LU Tie-lang, et al. Development of USB HID class devices[J]. Electrical Measurement & Instrumentation,2004,41(461):48-50.
- [9] 杜鹏. 基于HID类的USB设备通信程序设计[J]. 中国水运,2008,8(11):135-137.
- [10] DU Juan. A design about USB device communication based on HID[J]. China Water Transport,2008,8(11):135-137.
- [11] 谷利泽,郑世慧,杨义先. 现代密码学教程[M]. 北京:北京邮电大学出版社,2009.
- [12] 荆继武,林璟铨,冯登国. PKI技术[M]. 北京:科学出版社,2008.

(上接第 86 页)

- [5] 秦现生,白晶,李盘靖,等. 交流数字测功机设计与实现[J]. 中国机械工程,2007,18(13):1551-1555.
- [6] QIN Xian-sheng, BAI Jing, LI Pan-jing, et al. Design and realization of AC chassis dynamometer system[J]. The Chinese Mechanical Engineering,2007,18(13):1551-1555.

- [7] 吴新华,曾虹,张翔. 基于嵌入式操作系统的测功机系统的开发[J]. 杭州电子科技大学学报,2007,27(6):59-63.
- [8] WU Xin-Hua, ZENG Hong, ZHANG Xiang. Development of system for dynamometer on embedded RTOS[J]. Journal of Hangzhou Dianzi University,2007,27(6):59-63.