

基于 MFC 的拉扭复合系统界面设计

刘思威¹, 仇志坚^{1,2}

(1. 上海大学 机电工程与自动化学院自动化系, 上海 200444;

2. 上海市电站自动化技术重点实验室, 上海 200444)

摘要: 为了方便对拉扭复合系统中 2 台伺服电机的控制, 设计了基于 MFC 的上位机界面。通过串口通信, 使用不同的按钮操作设置伺服驱动器相应参数, 从而控制 2 台伺服电机的运行。上位机实时接收伺服驱动器监控数据绘制出转速、位移、转矩曲线。针对在数据接收过程中信息帧接收错误的情况, 使用拼接两相邻错误信息帧的方法进行修复。结果表明: 上位机界面实现了系统功能及对电机运行工况的监控。

关键词: MFC; 伺服驱动器; 串口通信; 信息帧

中图分类号: TM 921.54⁺1 文献标志码: A 文章编号: 1673-6540(2019)06-0095-07

Interface Design of Tension-Torsion Composite System Based on MFC

LIU Siwei¹, QIU Zhijian^{1,2}

(1. School of Mechatronic Engineering and Automation,

Shanghai University, Shanghai 200444, China;

2. Shanghai Key Laboratory of Power Station Automation Technology, Shanghai 200444, China)

Abstract: Aiming at facilitating the control of two servo motors in the tension-torsion composite system, a host computer interface based on MFC was designed. Through the serial communication, the corresponding parameters of the servo driver were set by using different button operations to control the operation of two servo motors. The servo driver monitoring data were received by the host computer in real time to draw the speed, displacement and torque curves. For the case where the information frame was received incorrectly during data reception, the method of splicing two adjacent error information frames was used for repair. The results showed that the system function and the monitoring of motor operating conditions could be realized in the host computer interface.

Key words: Microsoft Foundation Classes (MFC); servo driver; serial communication; information frame

0 引言

伺服电机通过伺服驱动器来进行控制较为方便, 通过阅读手册, 进行相应的参数设置, 可使电机在不同的模式下运行^[1]。由于参数较多, 通过驱动器面板或者伺服厂家提供的通用调试界面来进行参数设置较繁琐, 用户可根据自身需要设计上位机界面来进行串口通信从而实现相应的功能。

常用的上位机界面设计软件有 MFC、C#、QT、LabVIEW、VB 等^[2]。文献[3]通过使用 MFC 设

计的上位机界面与 DSP 进行串口通信, 实现了对 3 台步进电机的控制, 可以设定电机运行速度及方向、给定电流等, 并能实时监控电流波形。文献[4]通过使用 VB 设计的上位机界面与 C52 单片机进行串口通信, 实现了对船舶机舱电机温度的监控, 并进行实时曲线显示。文献[5]通过使用 LabVIEW 设计的上位机界面与控制器和电参仪进行串口通信, 实现了对小功率电机的转矩、电压、电流等参数的监测。文献[6]通过使用 VS 的 C#语言设计的上位机界面与 DSP 进行串口通信,

作者简介: 刘思威(1995—), 男, 硕士研究生, 研究方向为电机控制。

仇志坚(1977—), 男, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为无轴承电机。

实现了对 2 台直流电机的测速、正反转、加减速等。以上文献利用所设计的上位机界面均实现了对电机状态的监控,但无法修改 PID 参数来实时调节电机速度,且未针对上位机接收信息帧错误的情况作相应处理。

本文利用 VS2017 的 MFC 类库设计了一个基于拉扭复合系统的上位机界面,与 2 台伺服驱动器进行串口通信,从而控制电机在位移模式、转速模式、力模式下的运行,并将电机的实时转速、位移、转矩数据通过驱动器上传到上位机进行实时曲线绘制。针对上位机在数据接收过程中信息帧错误的问题,使用拼接连续 2 次错误信息帧的方法得到一个完整的信息帧,由此得到了正确的转速、位移、转矩数据。

1 拉扭复合系统及界面

1.1 系统功能

电机控制界面基于拉扭复合系统而设计,系统的主要功能是使螺钉按照一定的力载荷曲线嵌入到测试物品中。图 1 所示为系统的整体框图。系统由 PC 机、USB 转 485 通信线、丝杆装备、圆盘、测试材料(放置在圆盘上)、螺钉、2 台伺服驱动器以及 2 台伺服电机组成。其中,M1 为旋转电机,在转速模式下运行;M2 为升降电机,在位移模式及力模式下运行。M1、M2 的运行分别由伺服驱动器 1 以及伺服驱动器 2 来进行控制。

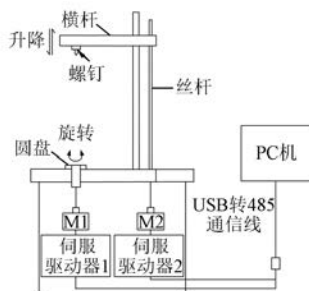


图 1 系统整体框图

M2 在位移模式下带动丝杆进行定长位移,直到横杆上的螺钉与圆盘上的测试物品接触,此时给定 M2 一个力载荷参数,使力按照一定的斜率上升,即让 M2 的转矩按照一定的斜率上升,M1 切换到力模式下带动丝杆缓慢向下移动,且 M1 开始在转速模式下带动圆盘进行旋转,配合丝杆的下降使螺钉嵌入到测试材料里面。在该过程结

束以后,M1 停转,M2 带动丝杆复位且停转。转矩与力的转换公式为

$$T = \frac{F \times l}{2\pi\eta_1} \quad (1)$$

式中: T ——转矩;

F ——力;

l ——丝杆导程;

η_1 ——减速机效率。

上位机需要实现的功能是通过相应的按钮操作可以对 M1 进行给定转速、起动、停止等操作;对 M2 进行转速、位移定长、力载荷曲线的给定、起动、暂停等操作。

除上述对电机的控制操作外,上位机还需要实现对相应状态的监控,如串口是否打开、上位机是否接收到驱动器传送上来的数据、M1/M2 是否在运行等。通过对实时转速、位移、转矩曲线的绘制,监控 2 台电机的实时运行工况。

1.2 界面布局

图 2 所示为根据系统需要实现的功能界面进行设计并布局完成后的界面图。

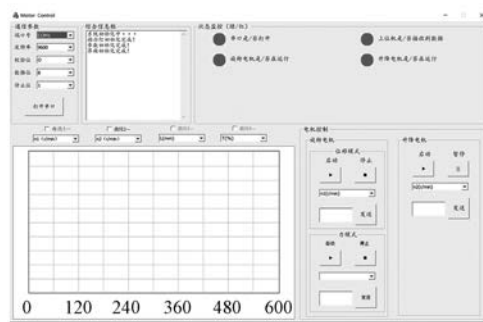


图 2 界面外观图

界面可以分为通信参数设置区、综合信息框显示区、状态监控区、实时曲线显示区、电机控制区。这些区域可以通过 Group Box 控件进行区分。

通信参数设置区选择 Static Text(静态文本控件)、Combo Box(组合框控件)以及 Button(按钮控件)来进行相应的布局,其中 Static Text 用来对相应的 Combo Box 来进行命名,而通过属性设置则可以在 Combo Box 里面输入相应的串口参数。Button 则是用来在串口参数配置完成以后用鼠标左击操作来进行串口的打开及关闭。

综合信息框显示区选择 Edit Box(编辑框控件)进行界面信息(如错误提示)的显示。

状态监控区、实时曲线显示区主要选择 Picture (图形控件) 来实现指示灯以及实时曲线的显示。其中,指示灯可以通过添加.ico 类型图片,根据图形句柄来实现绿色、红色的指示灯显示。实时曲线显示可以通过用户自定义绘图类,根据双缓冲绘图原理来进行程序的编写,进而实现显示功能。

电机控制区包括升降电机 M2 的位移模式及力模式,旋转电机 M1 的速度模式。可选择 Button、Edit Box、Combo Box 组合来发送电机控制指令,如给定转速、位移定长、力载荷及修改 PID 参数、起停等功能。

2 串口通信实现

2.1 通信协议

本文采用的通信协议为 ModBus 传输协议,

通信模式为 RTU(remote terminal unit)模式,通信方式为“一问一答”。

整个信息帧大致可以分为 4 个区域:地址码、功能码、数据区、错误校验码^[7]。地址码代表不同的下位机驱动器;功能码不同,整个信息帧的格式及字节长度也会有所不同;错误校验码对于 RTU 模式来说即为 CRC 校验码,由 CRC 生成程序根据其他 3 个区的内容处,生成;在本文中除上述 3 个区以外的内容均属于数据区。

图 3 所示为本文的 4 个功能码所对应的信息帧发送与接收的格式,从上至下的功能码依次为 03H、06H、08H、10H。图 3 中所显示的每个字节的内容仅为示例,信息帧传送顺序为从左至右,以字节为单位依次传送,单个字节的传输格式为 801 的格式。

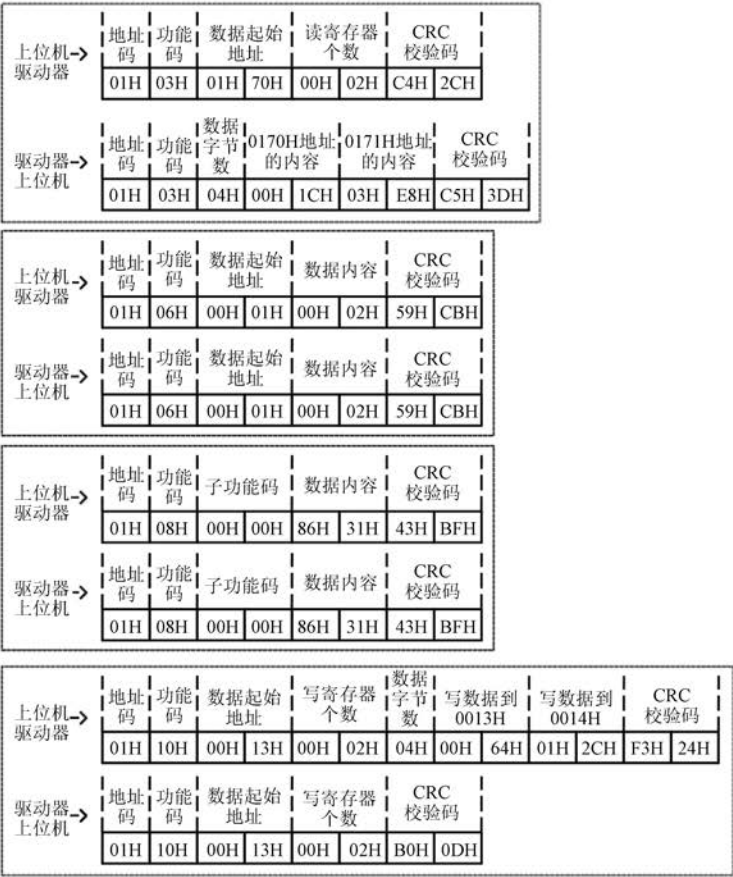


图 3 不同功能码对应的信息帧格式

以图 3 中的功能码 6 为例,功能是将驱动器 1 地址为 0001H 的单个寄存器的参数设置成 2,寄存器的参数代表电机型号。用户根据目标功能

通过编写后台程序给定前 3 个区的内容,然后调用 CRC 生成程序生成 CRC 校验码,最后发送给相应的驱动器。其他 3 种功能码与上述原理一

样,不再赘述。

2.2 系统功能的软件实现

2.2.1 电机控制功能

图4所示为电机控制区对2台伺服电机的控制的实现框图。通过对2台驱动器发送相应的功能参数设置以实现2台伺服电机的运行控制。其中,M2力模式下的定时器中断是用来定时 T 增加M2的转矩百分比(该百分比针对于M2最大转矩值而言),使转矩近似于按照一定的斜率上升。

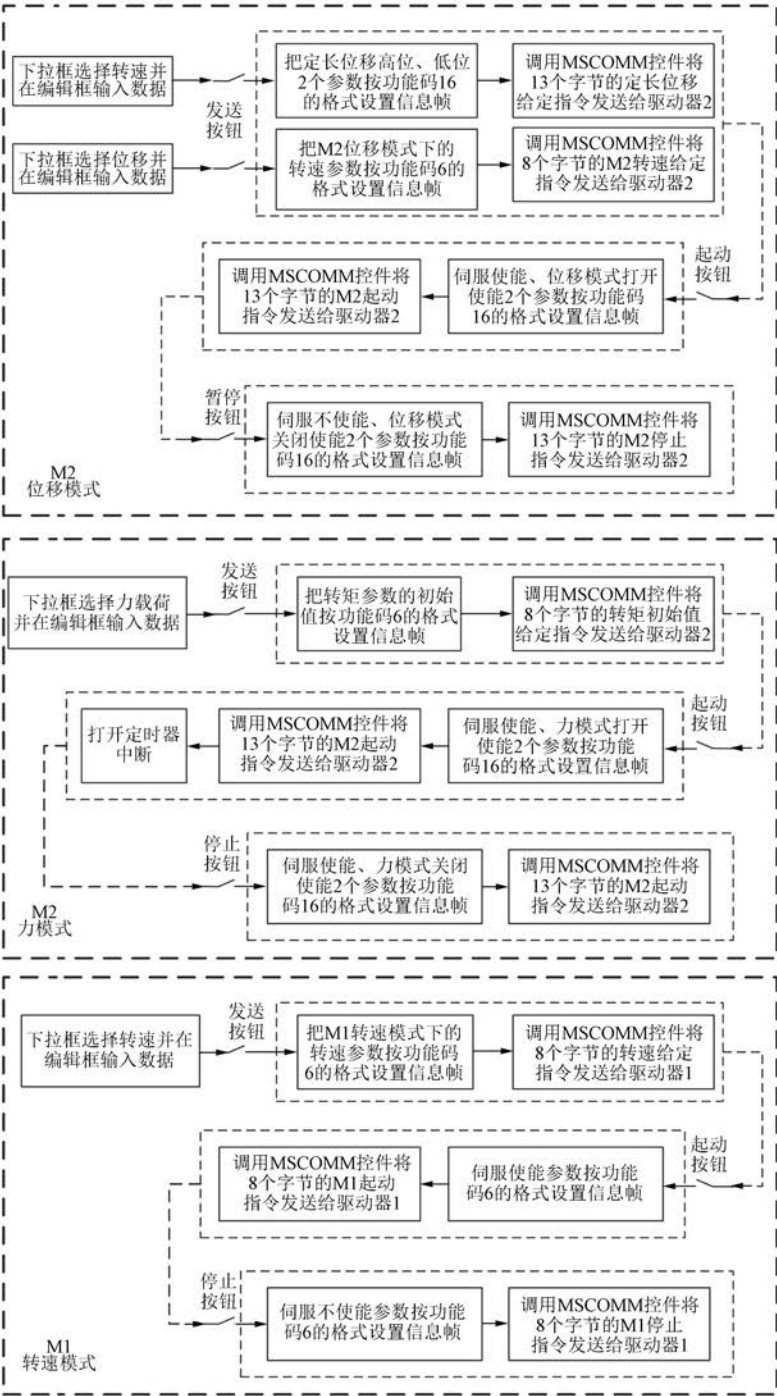


图4 电机控制功能实现框图

2. 2. 2 监控部分

监控部分包括状态指示灯以及实时曲线显示部分。

指示灯部分只需对相应的指示灯设置状态标志位,根据标志位来控制显示灯的颜色即可。如“串口是/否打开”的指示灯,根据 MSCOMM 控件中的“get_PortOpen()”函数的返回值判断串口是否打开,并设置相关标志位。串口打开后则会根据标志位(true)使指示灯显示为绿色,串口关闭后根据标志位(false)使指示灯显示为红色。

实时曲线显示部分则需要上位机通过定时器定时 30 ms 发送功能码为 3 的信息帧指令给 2 台驱动器,从而获取转速等数据进行实时曲线绘制。获取不同类型的数据只需根据驱动器手册,发送相应的数据起始地址即可。上位机接收到信息帧后,需要判断实际接收的字节数是否为 9 并进行 CRC 校验。之后可以根据图 3 所示接收信息帧格式判断地址码、数据起始地址来获得数据。最后由绘图类的程序提取数据来进行实时曲线绘制。

3 试验验证

3. 1 初步测试

系统实物图如图 5 所示,驱动器型号为 A-SV15,电机型号为 60st_m01930。

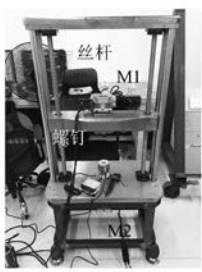


图 5 系统实物图

首先设置相应串口参数,点击打开串口按钮,然后在 M2 位移模式下,输入给定位移为 375 mm、转速为 1 500 r/min,在 M1 转速模式下,输入给定转速为 1 000 r/min 并发送,最后分别点击 2 个启动按钮,观察综合信息框及绘图模块。图 6 所示为 M1、M2 的实时转速曲线及综合信息框显示,绘图模块横轴为时间轴 $t(s)$ 。图 6(a)中可观察到 n_1 、 n_2 均有“回零”的现象,且综合信息框一直在报错,如图 6(b)所示,但 2 台电机实际运行稳定,并没有停转。因此,说明接收到的信息帧有数据错误,导致实时曲线绘制异常。

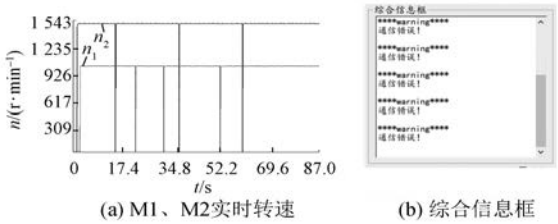


图 6 实时转速曲线及综合信息框显示

3. 2 信息帧数据分析

3. 2. 1 查看实际接收的信息帧

表 1 所示为部分驱动器 1 上传的连续信息帧,其中实际接收字节数 L 为 9 的信息帧是正常的。对于错误的信息帧,以 L 为 4、5 的信息帧为例,表 1 第二行和第三行数据中阴影部分对应的均是错误信息帧实际接收到的数据,且均是有效数据,而 2 个连续错误信息帧的有效数据正好可以组合成一个完整的信息帧。L 为 6、3 及 3、6 亦是如此。说明由于某种原因,驱动器把一个正常的信息帧分成 2 次发送到上位机。后续针对 2 台驱动器通信,且根据不同的数据类型扩大数据样本后也得到类似的现象。

表 1 部分接收的信息帧

地址码	功能码	数据字节数	温度数据		转速数据		CRC 校验码		实际接收 字节数 L
			高位	低位	高位	低位	低位	高位	
1	3	4	0	28	3	231	123	79	9
1	3	4	0	28	3	231	123	79	4
28	3	233	250	139	3	231	123	79	5
1	3	4	0	28	3	231	123	79	9
1	3	4	0	28	3	231	123	79	6
232	59	75	0	28	3	231	123	79	3
1	3	4	0	28	3	233	250	139	9
1	3	4	0	28	3	233	250	139	3
0	28	3	231	123	79	233	250	139	6
1	3	4	0	28	3	233	250	139	9

3.2.2 错误信息帧修复及测试

基于上述规律可通过拼接方法将 2 个连续的
错误信息帧修复成一个完整的信息帧。

图 7 所示为采用拼接方式的程序框图。程序
通过 2 次分别存储 L_save 、 $L = 9 - L_save$ 个有效信
息帧的方法将 2 个连续错误信息帧修复成一个完
整的 9 个字节的信息帧。

从表 2 可以看出,阴影部分为修复后的信息
帧,2 台驱动器的信息帧一起接收。由表 2 可知,
2 个连续的错误信息帧通过拼接可以组合成一个
完整的信息帧存储在相应的数组里,证明使用修
复程序对于数据的正确提取是有效的。

上述拼接方法与转矩、位移错误信息帧的修
复类似。

图 8 所示为采用拼接方法后测试所得的 M1、
M2 实时转速曲线,图中不再出现“回零”,说明错
误信息帧获得有效修复。

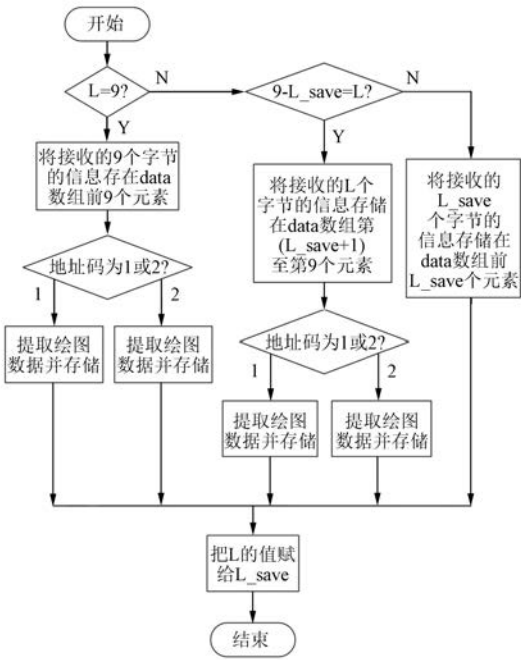


图 7 采用拼接的程序框图

表 2 加入修复程序后的信息帧

地址码	功能码	数据字节数	温度数据		转速数据		CRC 校验码		拼接第一次 字节数 L_save	拼接第一次 字节数 L
			高位	低位	高位	低位	低位	高位		
1	3	4	0	28	3	231	123	79	9	
2	3	4	0	26	5	220	234	61	4	5
1	3	4	0	28	3	233	250	138	1	8
2	3	4	0	26	5	221	43	253	9	
1	3	4	0	28	3	232	154	139	7	2
2	3	4	0	26	5	219	171	255	9	
1	3	4	0	28	3	232	154	139	9	
2	3	4	0	26	5	220	234	61	3	6

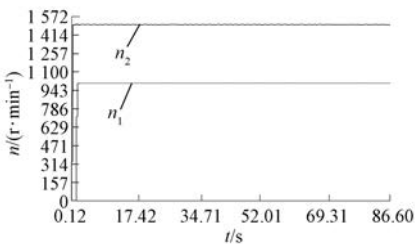


图 8 修复后的实时转速曲线

3.3 系统功能测试

在图 5 所示的样机平台上,分别进行了 M1
的转速模式,M2 的位移模式及力模式测试。

在 M1 的转速模式下,对 M1 进行升降速试
— 100 —

验,试验过程中实时调节 M1 的 PID 参数。图 9
所示为 M1 转速模式下的实时转速曲线。由图 9
可知 M1 在整个调速过程中运行稳定,实际转速
跟踪给定转速的动静态性能良好。

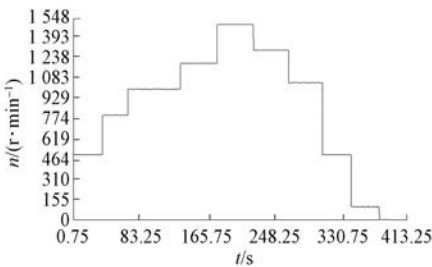


图 9 M1 实时转速曲线

在 M2 的位移模式下, 先给定转速为 1 200 r/min, 给定位移为 375 mm, 点击起动按钮使丝杆下降。在到达给定位置后, 给定位移改为 -375 mm, 给定转速不变, 再次点击起动按钮使丝杆上升复位。图 10 所示为 M2 位移模式下整个测试过程的实时转速、位移曲线。图 10 中, 第 1 段为丝杆下降过程, 第 2 段为丝杆下降到达给定位置后, 第 3 段为丝杆上升复位过程, 第 4 段为复位结束后。由此可观察到丝杆下降和上升复位过程中位移均能达到给定位置并准确停车, 且在位移过程中 M2 运行转速平稳。说明通过上位机控制 M2 的位移模式从而控制丝杆的定位升降可行且性能较好。

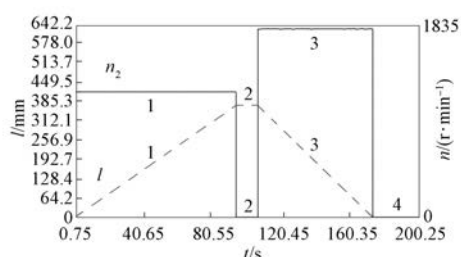


图 10 M2 位移模式下的实时转速、位移曲线

在 M2 的力模式下选择力载荷曲线斜率为 2 N/s, 最大力为 1 000 N, 由式(1)计算出 M2 的最大转矩值。使 M2 在运行过程中转矩每隔 5 s 增加 1%。图 11 所示为 M2 力模式下的给定及实际转矩百分比曲线。

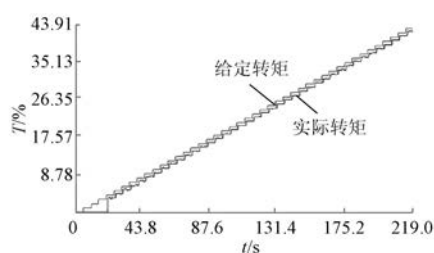


图 11 M2 转矩百分比曲线

给定转矩百分比曲线近似为一条阶梯状上升

的直线, 实际转矩百分比曲线刚开始由于转矩较小, M2 并未起动, 转矩值为零, 起动后的斜率逐渐跟踪上给定曲线斜率, 2 条曲线的差值为空载转矩。可知使用此方法控制 M2 力模式可行。

4 结 语

本文在 VS2017 开发平台上, 利用 MFC 类库, 设计了拉扭复合系统上位机界面, 并与 2 台型号为 A-SV15 的伺服驱动器实现了串口通信, 控制电机在 3 个模式下均能稳定运行; 并在此基础上通过修复信息帧的方法提取到了正确的实时数据, 实现了对电机运行工况的监测和实时控制。这样极大地方便了用户使用驱动器控制电机进行调试, 提高了效率。本文界面设计方法可以推广到其他厂家的伺服驱动器上, 便于对伺服电机进行控制。

【参考文献】

- [1] 张斌, 吉传稳, 刘琨, 等. 具有多种电机控制模式的伺服驱动器的研究[J]. 电工电能新技术, 1999(1): 29.
- [2] 宋坤, 刘锐宁, 李伟明. MFC 程序开发参考大全[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [3] 吴康, 刘景林. 多通道步进电机控制系统上位机设计[J]. 微电机, 2015, 48(5): 66.
- [4] 杨斌斌, 李霏, 黄振华, 等. 基于 VB 的电机温度实时在线监测报警系统设计[J]. 电子设计工程, 2017, 25(16): 171.
- [5] 张立, 胡益群, 刘昊, 等. LabVIEW 在微电机能效测试系统中的应用研究[J]. 微电机, 2014, 47(6): 78.
- [6] 黄文力, 李响, 付金光. 基于 VS2010 的可视化 DSP 多直流电机控制系统[J]. 工业仪表与自动化装置, 2018(4): 65.
- [7] 朱懿, 蒋念平. ModBus 协议在工业控制系统中的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(10): 118.

收稿日期: 2018-12-20

(上接第 76 页)

- [12] NAPOLES J, LEON J I, PORTILLO R, et al. Selective harmonic mitigation technique for high-power converters [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2010, 57(7): 2315.
- [13] WANG J B, YUAN X B, ATALLAH K. Design

optimization of a surface-mounted permanent-magnet motor with concentrated windings for electric vehicle applications [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2013, 62(3): 1053.

收稿日期: 2019-03-19