

基于 PLC 的收放卷自动控制系统研究

刘鹏

泰山科技学院

DOI:10.12238/pe.v2i5.9842

[摘要] 本系统为自动收放卷控制系统,该系统控制目的是保证材料收卷或放卷过程中所受张力恒定。在收放卷过程中,卷轴的半径是不断变化的,为保证张力恒定要及时调整电动机转速,电动机转速控制依赖于驱动转矩控制,依赖于电动机供电电压调整。为使系统具备良好的抗扰性能,有效缓冲材料面张力的变化,本系统加入摆辊,平衡材料表面张力大小,增加系统的容错能力。为精确可靠控制张力大小,本系统在设计时,依据物理条件进行了严密计算,完成模型建立。测速编码器和PLC为该系统的采样与控制核心,该系统有两个编码器,一个是位于测速换向轴上,用于检测材料传输线速度的编码器;另一个是位于收放卷的原动电动机上,用于检测其转速的编码器。材料表面张力的期望值依据不同材料的破裂拉力,人为设定。通过电动机转速调节,使材料表面张力保持恒定。本系统采用传统直流电动机控制,经过电压调控,精准调速。

[关键词] PLC; 恒张力控制; 转速控制; 编码器

中图分类号: TN762 **文献标识码:** A

Research on automatic control system for winding and unwinding based on PLC

Peng Liu

Taishan University of Science and Technology

[Abstract] This system is an automatic winding and unwinding control system, which aims to ensure a constant tension during the material winding or unwinding process. During the winding process, the radius of the reel is constantly changing. To ensure constant tension, the motor speed needs to be adjusted in a timely manner. The motor speed control depends on the driving torque control and the adjustment of the motor power supply voltage. In order to provide the system with good anti-interference performance and effectively buffer changes in material surface tension, this system incorporates a swing roller to balance the magnitude of material surface tension and increase the system's fault tolerance. In order to accurately and reliably control the tension magnitude, this system was designed with rigorous calculations based on physical conditions to complete the model establishment. The speed encoder and PLC are the sampling and control cores of the system. The system has two encoders, one is located on the speed measuring axis for changing direction and used to detect the speed of the material transmission line; The other is an encoder located on the prime mover motor for winding and unwinding, used to detect its rotational speed. The expected value of material surface tension is artificially set based on the fracture tension of different materials. By adjusting the speed of the electric motor, the surface tension of the material is kept constant. This system adopts traditional DC motor control, with voltage regulation and precise speed control.

[Key words] PLC; constant tension control; speed control; encoder

自动收放卷控制系统广泛应用于纺织业、造纸业、橡胶业、电线电缆等众多现代工业产业,是现代工业中必不可少的一部分^[1]。均匀控制材料表面张力是该系统的关键任务,若张力不均,会严重影响材料厚度、密度、形状大小、韧性等特性。在收卷或放卷过程中,卷轴半径是不断变化的,因为半径的改变,电机

恒转速运行远远不能保证材料所受张力恒定,本次设计的收放卷控制系统可以按需实时调节电动机转速,使材料传输过程中张力恒定,保证系统可靠稳定运行。

1 控制系统组成

收放卷张力控制系统硬件主要包含直流电动机、速度匹配

器、张力平衡摆辊、含内置滑轨的摆辊支撑架、多个换向轴、光电测速编码器^[2], 系统组成如图1所示。收放卷驱动电机采用直流电动机, 为使系统有更广的适应性, 本系统加入了速度匹配器, 收放卷轴不含所卷材料时, 其半径为 r_2 , 材料卷最外侧到卷轴轴心的距离为 R_2 , 摆辊支撑架内含可滑动导轨, 摆辊两端卡入滑轨槽内, 参考摆辊支撑架的高度和内置滑轨位置, 摆辊可以在一定程度上平衡材料张力。测速换向轴和直流电动机上分别装有一个光电式测速编码器, 可以实时检测当前材料运输的线速度和电动机转速。

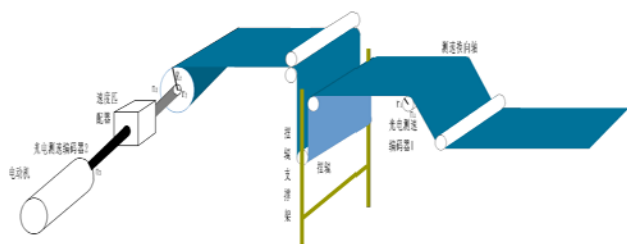


图1 收放卷控制系统组成

直流电动机调速系统采用脉宽调制的高频开关控制方式, PWM变频器采用H桥型控制, 该电路主要由四个全控型电力电子器件IGBT和四个续流二极管组成, 由PLC控制IGBT门极信号的高低电位, 实现电动机的无级调速和正反转运行。

本系统中两个光电测速编码器分别安装在电动机和测速换向轴上。工作过程中, 被测轴旋转, 测速编码器输出脉冲序列信号, PLC接收脉冲, 被测轴在不同转速情况下, 单位时间内PLC接收到的脉冲总量是不一样的, 通过计算单位时间内的脉冲数和A、B相的相位关系, 能够计算出测速换向轴的转速, 并辨别正反转方向^[3], 进而计算出材料运输的线速度。编码器传回的测速数据的精确程度是提升张力控制性能的关键, 本系统采用欧姆龙测速编码器E6B2-CWZ6C, 其旋转一圈产生的脉冲数为1000, 供电电源为直流24V。以测速换向轴编码器接入为例, 黑色信号线为A相, 接PLC的输入端口IO.0; 白色信号线为B相, 接PLC的输入端口IO.1。褐色和蓝色为供电电源线, 分别接24V+和0V。为保证信号稳定, 减小干扰, 屏蔽线接地。

2 控制系统运行方案

本系统可以根据不同传输材料灵活设置张力大小, 其控制目的为在收放卷过程中保证传输材料所受张力恒定。张力在设定一般设为被传输材料破裂拉力的30%到70%之间。本系统在设置参数时, 先根据所需传输材料的破裂拉力确定期望张力的大小, 期望张力值需减去张力平衡摆辊的重力, 再依据实际材料厚度和宽度, 计算出张力系数M, 通过键盘输入系统, 运行过程中各类参数在上位机MCGS界面中实时显示, 相关参数有张力系数M、材料所受张力值、材料运输线速度、电动机实时转速、速度匹配器的速度配比、收放卷的实时半径。

根据物理学知识力矩为力与力臂的乘积, 计算出直流电动机所需要提供的材料张力的转矩, 其中力为材料传输时的所需

张力。以收卷过程为例, 力臂为收卷过程中材料卷最外侧边沿到收卷轴轴心的实时距离, 在收卷运行过程中, 该距离是不断增加的。通过测速换向轴上的编码器可以测出该转轴的旋转速度 n_1 。电动机的实时转速 n_3 根据安装在其转轴上的测速编码器获取。依据实时线速度和收卷轴转速计算出收卷轴的实时半径 R_2 , 进而得到直流电动机所需要提供的材料张力的转矩。

光电测速编码器所连接的测速换向轴半径为 r_1 , 编码器所

测得的测速换向轴转速为 n_1 , 材料运输的线速度 v 为单位时间内所转圈数 n_1 与轴体圆周周长 $2\pi r_1$ 的乘积。收卷轴转速为 n_2 , 且传输过程中材料上的线速度相等。光电测速编码器所测得的电动机转速为 n_3 , 则 $n_3:n_2$ 为速度匹配器的速度配比 Z 。

$$\text{所以收卷的半径 } R_2 = \frac{vZ}{n_3 \cdot 2\pi} \quad (1)$$

根据传输材料的破裂拉力, 确定材料传输时所需的总张力 F_1 , F_1 减去平衡摆辊的重力得到张力 F_2 , 张力计算公式

$$F_2 = B \lambda M \quad (2)$$

B 为材料宽度, h 为材料厚度, M 为材料张力系数给定值, 通过键盘输入给控制器。

被传输材料刚卷入收卷轴切点处的期望张力为 F_1 , 直流电动机所需要提供的材料张力的转矩为:

$$T_1 = \frac{F_1 \cdot R_2}{Z} = \frac{BhMv}{2\pi n_3} \quad (3)$$

电机加速减速转矩计算公式:

$$T_2 = J \frac{dn_3}{dt} \cdot r \quad (4)$$

其中 J 为转子惯量, r 为转子的半径, 表示转速的变化率。

忽略摩擦转矩, 直流电动机提供的转矩为材料张力转矩与电动机加速减速转矩的和转矩^[4]。

转矩与直流电动机供电回路中的电枢电流成正比, 计算公式为:

$$T_e = C_m \cdot I_d \quad (5)$$

T_e 为电磁转矩, C_m 为电动机额定励磁下的转矩系数,

I_d 为电枢回路的电流。PLC控制器根据实时数据情况, 改变PWM

变换电路中高低电位占空比,调整直流电动机的供电电压,得到符合要求的电流和电磁转矩。

3 控制系统运行程序

PLC编程控制中涉及到两个编码器采样,一个是检测材料传输线速度的1号编码器,另一个是检测带动收放卷旋转的直流电动机实时转速的2号编码器。高速脉冲采样需启用高速计数器,本系统中采用高速计数器HSC1和HSC2。以启用HSC1为例,在设备组态界面选中PLC,勾选HSC1。工作模式选择AB计数器。HSC1的起始地址是1000。本系统为高频采样系统,针对计数器的采样滤波时间要尽量短,以防遗漏数据信息,该测速环节编码器采样信号接至PLC的I0.0和I0.1数字量输入端口,对应的通道0和通道1的滤波时间要调整至0.1microsec。

为方便后续转速计算,需将编码器采样得到的整数类型数据转换为浮点数类型,通过CONV指令将Dint类型转换成Real类型,存放在MD260中,本系统所选用的编码器圈脉冲为1000,与程序段2相匹配^[5],部分程序如图2所示。

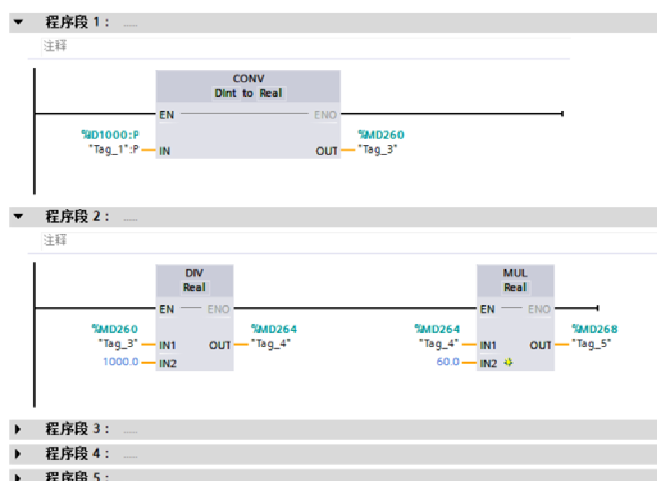


图2 张力控制系统相关程序

4 结论

本系统为恒张力收放卷控制系统,控制器为西门子s7-1200 PLC,该系统控制精度在一定程度上依赖于检测环节精度,速度检测装置采用欧姆龙光电测速编码器。该系统需要检测高频脉冲,固启用PLC的高速计数器HSC1和HSC2,高频脉冲周期短,需将滤波时间调至尽量小,本设计中将用于采集编码器信号的PLC输入端口的滤波时间调整为0.1microsec。在本设计中收放卷轴的半径是实时变化的,建模过程依据物理关系进行了推理计算。摆辊设计增加了系统的容错能力,能够有效平衡材料张力。该系统采用了开环控制模式,实验表明该系统能够高效可靠稳定运行,满足实际生产过程中张力和线速度精度要求,相比闭环控制有效节约了系统运行成本。

此论文受到2023年泰山科技学院校级一流课程《自动控制原理》课程建设经费支持!

[参考文献]

- [1]刘伟,胡昂,何勇.基于PLC的恒张力恒速度卷绕控制系统设计[J].工业控制计算机,2022,35(4):117.
- [2]石贤可,温盛军.多轴同步收放卷系统建模与自适应控制[J].中原工学院学报,2019,(06):82-83.
- [3]阮毅,杨影,陈伯时.电力拖动自动控制系统[M].机械工业出版社,2016,08.
- [4]叶超,孙志军.一种全自动的绕线机系统设计与研究[J].制造业自动化,2022,(12):107-110.
- [5]廖常初.S7-1200 PLC编程及应用[M].第4版北京:机械工业出版社,2021,07.

作者简介:

刘鹏(1990—),女,汉族,河北省衡水市深州市人,硕士,工程师,控制工程。