

文章编号: 1002-0411(2002)02-122-05

# 一类基于 PLC 和 Profibus-DP 总线的 张力自适应控制系统

赵德安<sup>1,2</sup> 赵不脩<sup>2</sup> 刘星桥<sup>2</sup> 全 力<sup>1</sup> 刘迪吉<sup>1</sup>

(1. 南京航空航天大学 南京 210016; 2. 江苏大学 镇江 212013)

**摘 要:** 本文介绍了一种聚酯薄膜分切机放卷机张力自适应控制系统, 系统采用西门子 S5-115U PLC, 交流传动采用 6SE7024 矢量控制变频器, 多种检测信号通过 ET-200 分布式 I/O 组件由 Profibus-DP 传送到 PLC. 文中介绍了放卷机张力控制的调节原理, 由于带薄膜的放卷辊直径变化范围很大, 放卷辊的转动惯量变化范围很大, 为此系统中采用了自适应控制原理, 由 PLC、变频器及光电编码器构成转速环, 并在放卷机转速环的前向通道中, 设置 1 个与放卷辊直径的平方成比例的系数, 以抵消其转动惯量的变化, 使转速环在放卷辊直径变化时始终具有良好的动态性能. 仿真实验结果验证了该方法的有效性. 实际使用也得到了优良的张力控制效果.\*

**关键词:** 张力控制; 自适应控制; PLC; 仿真

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A

## A KIND OF PLC AND PROFIBUS-DP BASED SELF-ADAPTIVE TENSION CONTROL SYSTEM

ZHAO De-an<sup>1,2</sup> ZHAO Bu-hu<sup>2</sup> LIU Xing-qiao<sup>2</sup> QUAN Li<sup>1</sup> LIU Di-ji<sup>1</sup>

(1. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016 China

2. Jiangsu University, Zhenjiang 212013 China)

**Abstract:** This Paper introduces a self-adaptive tension control system used for the unwinder in a polyester film slitter. Siemens S5-115U PLC is used in the system and 6SE7024 vector control converter is used as its AC driver. Several measured signals are transmitted to PLC via ET-200 distributed I/O module and Profibus-DP. In this paper the tension control principle of the unwinder is introduced. Because the range of the roller diameter varies widely, its moment of inertia also varies wildly. For this reason the principle of self-adaptive control is used in the system. The SR loop of the system is made up of PLC, Converter and photoelectricity encoder. In the control channel of the SR loop a parameter is chosen, which is proportional to the square of the roller diameter, to compensate for the variation of the moment of inertia. By this way the SR loop can possess good dynamic properties the whole time during the variation of the roller diameter. The simulation results prove the validity of the method and the good tension control effect is gained in application.

**Keywords:** tension control, self-adaptive control, PLC, simulation

## 1 引言 (Introduction)

在聚酯薄膜生产厂, 来自前级生产设备卷绕在钢筒上的整幅聚酯薄膜, 首先卷绕在钢筒上, 再根据用户的要求由分切机分切成幅宽为各种规格的薄膜, 并卷绕在纸筒上. 在分切的过程中, 由于放卷机钢筒上聚酯薄膜的直径越放越小, 放卷机系统的转动惯量的变化范围很大, 采用一般的控制方法难以

取得满意的控制效果, 而采取基于 PLC 的变参数自适应控制方法则可自动消除系统转动惯量变化的影响, 达到优良的控制效果.

## 2 聚酯薄膜分切机放卷机调节原理 (Tension control principle of the unwinder in the polyester film slitter)

\* 收稿日期: 2001-08-21  
基金项目: 江苏省教育厅自然科学基金 00KJB470003 项目资助

在分切时,为了使聚酯薄膜能卷绕得平整、伏贴,必须使薄膜保持一定的张力.聚酯薄膜分切机是一种采用调节辊的张力控制系统.其放卷机控制系统原理图见图 1.工作时首先根据膜厚通过上位机设定所需张力,该张力是通过气压加至调节辊上而产生的.由于调节辊所受到的向下的力  $F_g$  是自身重力和气压力的合力,该力是一个恒定的力,调节辊所受到的向上的力则是薄膜的张力  $F_{t1}$  和  $F_{t2}$ ,因此,只要调节辊处于平衡状态,即静止或匀速运动状态,薄膜的张力就是该恒定力的一半,亦即张力亦是一

个恒定的力.分切机主传动变频器控制主传动电机跟随控制面板上速度电位器的设定值运动,放卷机变频器及传动电机的作用是控制薄膜的放卷速度,使调节辊稳定在平衡点附近,以间接地控制张力.调节辊的位置通过电位器检出后送 PLC,放卷辊的直径通过超声波测距仪检出后送 PLC. PLC 内部根据分切机主传动的速度、调节辊的位置,以及放卷辊的直径等数据,经运算得到并输出放卷机变频器的给定频率,控制放卷机的运行,使其线速度与分切机的线速度同步,从而使调节辊保持在中间位置.

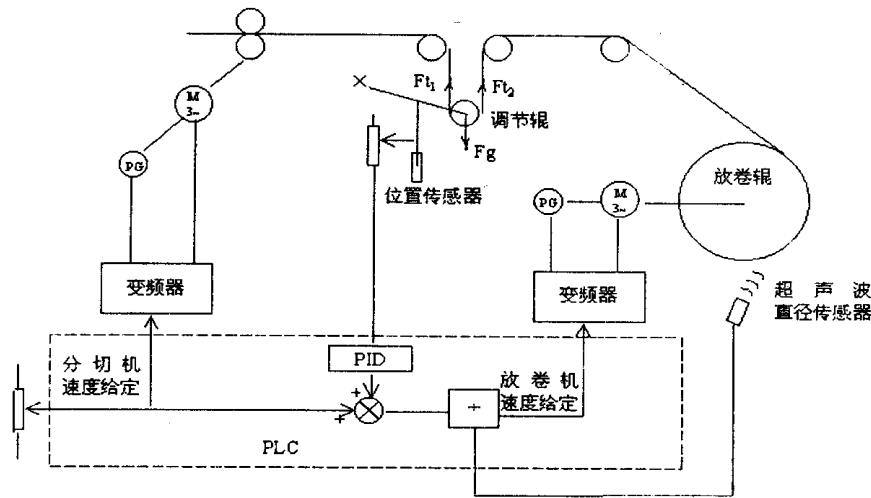


图 1 放卷机控制系统原理图

Fig. 1 Principle diagram of the control system of the unwinder

### 3 控制系统硬件配置 (Hardware configuration of the control system)

控制系统硬件结构简图见图 2. 其中 PLC 系统使用西门子公司的 S5-115U 可编程序控制器,主要模块有 CPU 945, 通讯模块 524, LM 308-C 扩展模块等. CPU 945 是 SIMATIC S5-115U 系列可编程控制器中最高档的中央处理单元,具有能进行浮点处理的 STEP5 处理器,和用于接口通讯的微控制器,配上编程接口模块后可直接与编程器连接. CPU 945 可使用 STEP5 编程语言,也可使用 SCL 高级编程语言,最短的指令执行时间为 0.1us,最长的除法操作指令执行时间为 1.35us. 程序调用间隔为 1ms 到 1 分钟,性能上满足对分切机有关传动电机进行实时转速控制的要求.

CP524 是通信处理器,用来点对点连接其它可编程序控制器和应用标准协议的第三方的设备. CP524 能全自动地处理与它相连接的设备的数据通信,以及编辑和缓冲数据.

IM 308-C 是用于 SIMATIC S5-115U/H 可编

程序控制器的 profibus-DP 主/从接口模板,作为主设备接口模板时,可链接多达 122 个从站.

PROFIBUS (Process Field Bus——过程现场总线)是德国 Siemens 公司所使用的一种开放式现场总线系统. Profibus-DP (Distributive Peripheral——分布式外设)是 Profibus 的重要组成部分,由物理层、数据链路层以及用户层构成,主要应用于现场级,是一种高速(可达 12Mbit/s)和便宜的通信连接,可满足全数字交直流调速系统对于电机快速的时间响应要求.

CB1 通讯板是用于 SIMOVERT Master Drives 的 profibus-DP 总线接口, CB1 通过双口 RAM 与变频器内闭环控制电子板 CU 2 接口. 6SE 7024 型矢量变频器配置 CB1 板后,可通过 profibus-DP 总线接口,与 PLC 之间高速传送命令与状态等信息. 与电机同轴的光电编码器的输出脉冲信号通过 CU 2 板送变频器. 调节辊的位置信号和放卷辊的直径信号等经分布式 I/O 模块 ET 200, 通过 profibus-DP 总线传送给 PLC. ET 200 既可采集模拟量信号,亦可采集开关量信号.

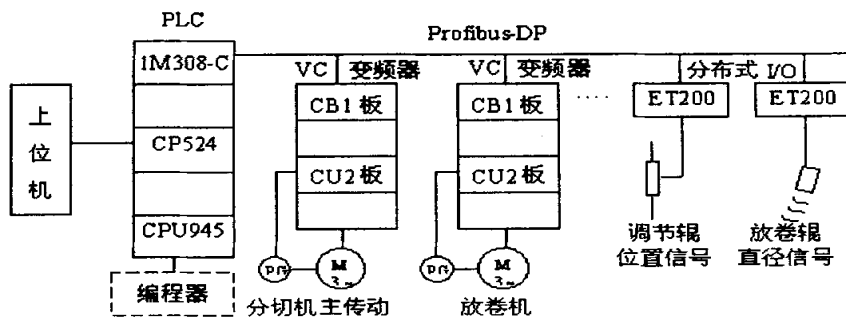


图 2 控制系统硬件配置图

Fig. 2 Hardware configuration of the control system

#### 4 基本控制思想(Fundamental controlling thought)

由于带膜放卷辊的直径变化范围很大,放卷辊的转动惯量变化范围很大,亦即控制对象的参数变化范围很大,若控制器采用定参数的 PID 调节方法必定得不到满意的控制效果,因此系统中采用了自适应控制原理,使变频器工作在转速开环的方式下,此时变频器及电机的传递函数可近似为一个惯性环节和积分环节.其中积分系数与放卷辊的转动惯量成正比.而放卷辊的转动惯量与其直径的平方成正比.通过将转速实际值反馈给 PLC,经 PLC 形成转速闭环,并通过检测放卷辊的直径,在转速环前向通

道中设置 1 个与放卷辊直径的平方成正比的系数  $D$ ,可以抵消其转动惯量的变化所产生的影响,从而保证转速环在放卷辊直径变化时始终具有优良的动态性能.从而确保分切机工作时薄膜张力的稳定,为平整伏贴地收卷创造条件.放卷机的调节原理方框图见图 3.图中有关参数满足以下关系:

$$\tilde{B} = K_1 \cdot d \tag{1}$$

$$\tilde{C} = K_2/d \tag{2}$$

$$\tilde{D} = K_3 \cdot d^2 \tag{3}$$

$$\tilde{F} = K_4/d^2 \tag{4}$$

式中  $d$  为放卷辊直径;  $K_i$  为常数,其余系数亦均为常数.

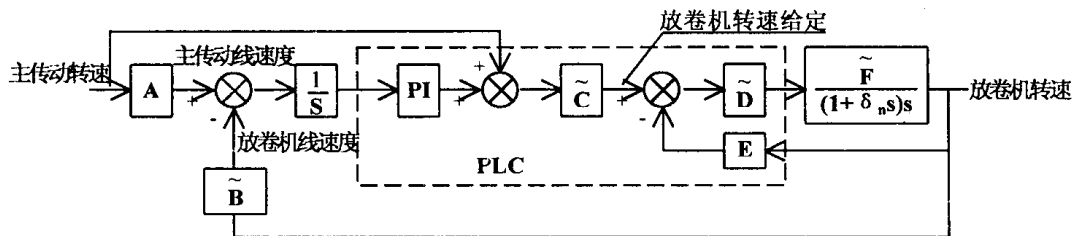


图 3 放卷机调节原理方框图

Fig. 3 Block diagram of the controlling principle of the unwinder

#### 5 仿真实验(Simulating experiment)

选用 MATLAB 的动态仿真工具箱 simulink2.2 进行仿真试验.由于分切机主传动速度给定曲线为一梯形曲线,该输入可看作是斜坡输入与阶跃输入的结合.由此构造的分切机放卷系统的模型见图 4.

当系统中各环节的参数取图 4 中的值时,系统具有理想的动静态性能,见图 5(a).当系统中参数变化时,系统性能就可能恶化,甚至变得不稳定.例如当 Zero-Pole1 中零点参数由 -3 变为 -1 时,系统将产生较大静差,见图 5(b);而变成 -20 时,系统将不稳定,见图 5(c).比例系数由 8 变为 2 时,系统将产生较大超调,见图 5(d);而增大到 10 时,系统

又将不稳定,见图 5(e).

由于在工作过程中,放卷辊上的薄膜是不断地变化的,放卷辊的直径在不断变化.当放卷辊的直径增大 3 倍时,对象的机电时间常数将增大 9 倍,图 4 中的 Zero-Pole2 中的比例系数将由 16 变为 16/9,而线速度比例系数将增加 3 倍,Gain1 将由 2 变为 6,此时 Gain2、Gain3 若不随之变化,仍保持恒值,则系统将变得不稳定,见图 5(f).当放卷辊的直径减小到原来的 1/3 时,图 4 中的 Zero-Pole2 中的比例系数将由 16 变为 144,而线速度比例系数 Gain1 将由 2 变为 2/3,此时 Gain2、Gain3 若不随之变化,仍保持恒值,则系统将产生较大的超调,见图 5(g).当给定加速度较大,亦即斜坡输入斜率较大时,调节辊

将严重偏离平衡点,致使上(下)限位开关动作,引起生产中中断.当放卷辊的直径变化时,Gain2、Gain3 能

按式(2)、式(3)自动作相应变化,则系统保持原先的(图 5(a))优良动、静态性能不变.

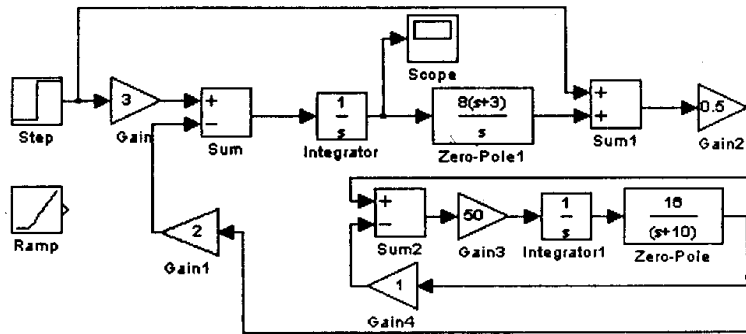


图 4 分切机放卷系统模型

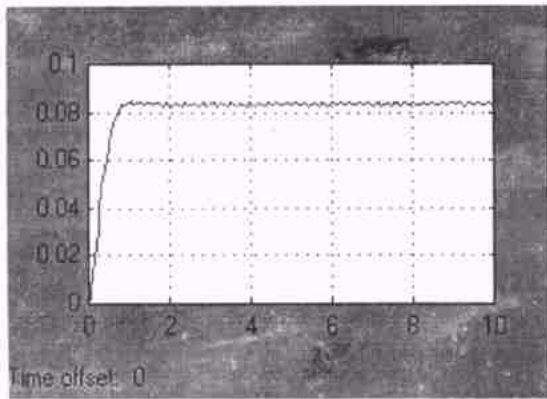
Fig. 4 Model of the unwinder

阶跃输入时的系统稳定性条件与斜坡输入时一致,当系统稳定时,稳态误差为零.

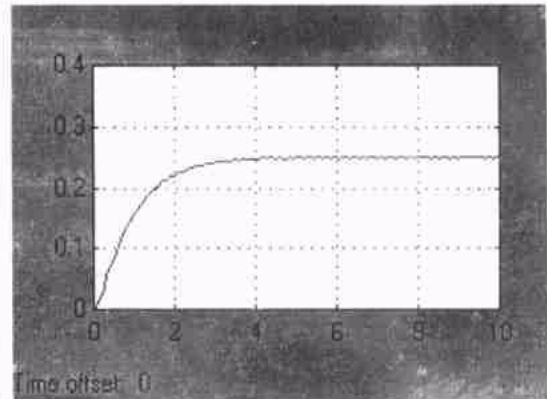
### 6 结束语(Conclusion)

实际调试结果与仿真结果完全吻合.该变参数

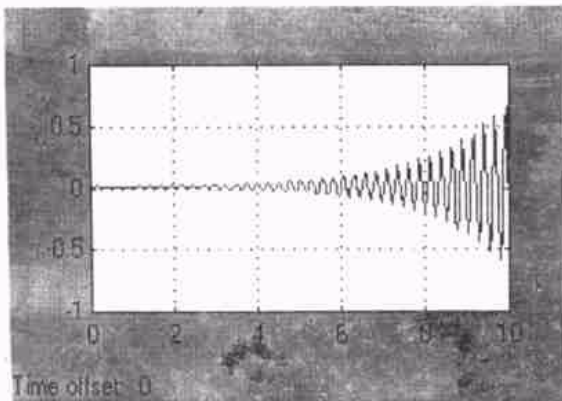
自适应控制方法在变转动惯量的张力控制系统中取得了优良的控制效果,保证了产品的质量,提高了生产率.该控制思想也可应用到控制对象的参数可以直/间接测量的其它控制系统中.



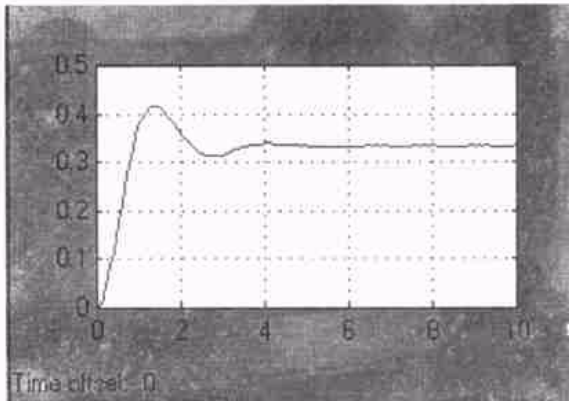
(a)



(b)



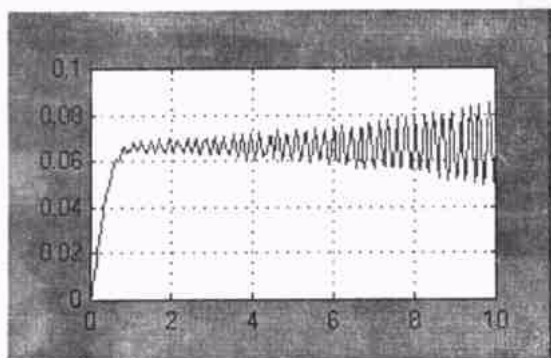
(c)



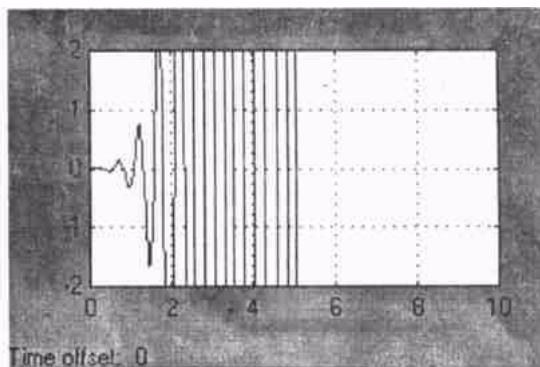
(d)

图 5 仿真波形

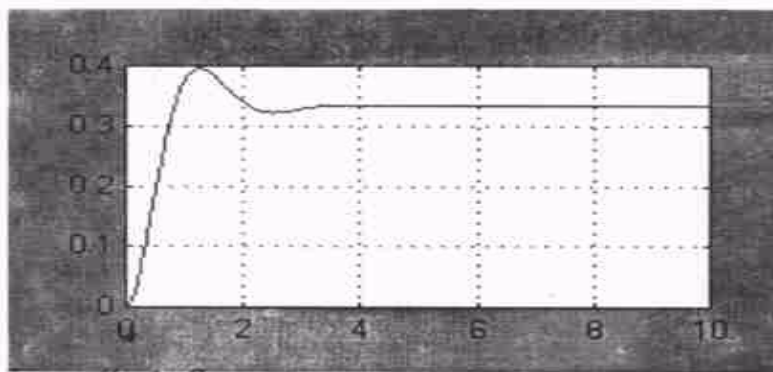
Fig. 5 Simulating results



(e)



(f)



(g)

图 5 仿真波形

Fig. 5 Simulating results

## 参 考 文 献 (References)

- 1 Sim over t Master drives Operating Instructions. SIEMENS AG, 1994
- 2 Sim over t Master drives Operating Instructions, communication Board CB. SIEMENS AG, 1994
- 3 潘晓宁, 郝晓红, 张振武. PROFIBUS- DP 工控网的通讯原理. 电气传动, 1999, (5)
- 4 马小亮. 大功率交变变频调速及矢量控制技术(第二版). 北京机械工业出版社, 1996

- 5 薛定宇. 反馈控制系统设计与分析—MATLAB 语言应用. 北京, 清华大学出版社, 2000

## 作者简介

赵德安(1956- ), 男, 博士, 教授. 研究领域为电力传动及自动化系统.

赵不甯(1957- ), 男, 副教授. 研究领域为自动化系统.

刘星桥(1960- ), 男, 副教授. 研究领域为电力电子及电力传动.