

数字 PID 算法在喷雾机器人导航系统中的应用

宋 健*

(潍坊学院, 山东 潍坊 261061)

摘 要:本文介绍了喷雾机器人的工作原理和系统组成,并且通过导航系统的分析,设计了数字 PID 控制器。运行实验表明,控制系统工作稳定可靠,满足了喷雾机器人的功能要求。

关键词:喷雾机器人;导航系统;PID 控制器

中图分类号:TP242.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-4288(2003)06-0040-02

1 引言

电磁诱导式喷雾机器人是全自动化的小型喷雾机械,由四间埋设的电磁诱导线导航,在完全没有人工干预的情况下,全自动运行。不但能够改善操作者的劳动条件,而且提高了喷洒质量。

在进行喷雾机器人自动导航系统的设计中,核心问题是使机器人在允许的工作范围内,具有良好的路径稳定跟踪能力。实现这种功能虽然与许多因素有关,但首先必须制定相应的控制策略,设计满足要求的控制器。

2 喷雾机器人导航系统的组成

喷雾机器人采用四轮差速转向式的机械机构,导航方式选用电磁感应诱导式。机器人身上对称安装两个电磁感应传感器,检测与埋线电缆的距离,其接收到的电磁信号的之差,作为控制系统的输入信号,由单片机控制系统对两台直流电动机的转速进行控制,通过左右轮的速度差来实现转向,从而沿着预定的轨迹行走。

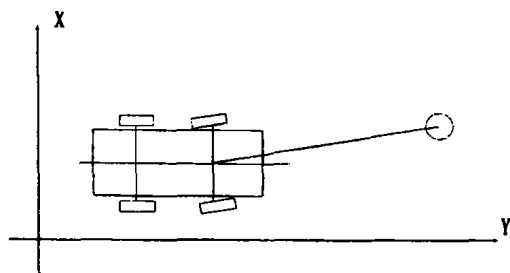


图1 喷雾机器人行走示意图

3 导航系统结构分析

在喷雾机器人导航控制系统中,被控量是机器人与导轨的位置偏差,反映到计算机中是位置传感器的输出电压差 U_e ,控制的目的是消除位置偏差,使 U_e 为 0。对位置偏差的控制是通过调节直流电动机的转速改变两个轮子的转速,从而改变机器人的位置,消除位置偏差。因此控制的关键是对电动机转速的控制。由于电动机转速与加在电动机上的电压呈正比,可以通过调节驱动电压实现电动机转速的控制。

加在驱动电动机上的电压可以认为是由两部分信号叠加而成。一部分是恒值电压 U_c ,作用是保持一定的转速,改变 U_c 将改变机器人的移动速度;另一部分是控制器的电压信号 ΔU ,作用是调节电动机转速,通过改变轮子的速度,消除位置偏差,改变 ΔU ,将改变机器人前进的方向,使机器人沿着诱导线前进。

左电机驱动电压: $U_l = U_c \pm \Delta U$

右电机驱动电压: $U_r = U_c \mp \Delta U$

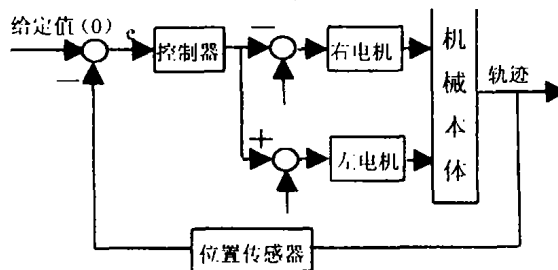


图2 系统控制原理框图

因此,通过分析可知,整个系统是由惯性环节和积分环节构成的二阶系统。传递函数可表示为

$$G(s) = \frac{K}{s(Ts + 1)}$$

4 数字式 PID 控制算法

4.1 PID 控制原理

PID 控制系统原理框图如图 2 所示。系统由模拟 PID 控制器 $D(s)$ 和被控对象组成。PID 控制器是一种线性控制器,它根据输出量 $y(t)$ 与给定量 $r(t)$ 构成的控制偏差:

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

将偏差的比例、积分、微分通过线性组合构成控制量 $u(t)$,成为比例(Proportion)、积分(Integrating)、微分(Differentiation)控制,简称 PID 控制。

4.2 数字 PID 控制算法

在计算机控制系统中,计算机作为数字控制器,可以利用计算机对采集数据加以分析并作出逻辑判断,用程序方便简单地实现数字 PID 控制律。实际系统中,计算机在进行控制时,首先将连续信号经过采样和量化后,变成数

* 收稿日期:2003—09—20

作者简介:宋健(1968—),男,山东潍坊人,讲师,在职博士。

字量,进入计算机的存储器。计算机在进行数据计算和处理时,不论积分还是微分,都是用数值计算去逼近。当采样周期相当短时,用求和代替积分,用差商代替微分,使PID算法离散化。

则全量型PID算法变为:

$$u(n) = K_p e(n) + K_i \sum_{i=0}^n e(i) + K_d [e(n) - e(n-1)]$$

式中, $u(n)$ ——第 n 采样时刻计算机的输出值

K_p ——比例增益系数

K_i ——积分系数: $K_i = \frac{K_p T}{T_i}$

K_d ——微分系数: $K_d = \frac{K_p T_d}{T}$

T ——采样周期

计算机要实现全量型PID算法,必须要累加偏差 $e(i)$,不仅计算繁琐,而且要将系统偏差的全部过去值都存储起来,占用大量内存。为了计算控制信号的变化值,将第 n 时刻和第 $(n-1)$ 时刻控制器的输出值相减,可得到增量型PID控制算法:

$$\Delta u(n) = a_0 e(n) + a_1 e(n-1) + a_2 e(n-2)$$

$$\text{其中 } a_0 = K_p \left[1 + \frac{T}{T_i} + \frac{T_d}{T} \right]$$

$$a_1 = -K_p \left[1 + 2 \frac{T_d}{T} \right]$$

$$a_2 = K_p \frac{T_d}{T}$$

5 数字PID控制器的设计

5.1 PID控制的实现

根据前面分析的喷雾机器人的控制原理,其行走轨迹的调节在一定速度的基础上进行,控制器不需要输出电机控制量的绝对值,只需要输出控制量的变化值,也就是增量值,所以采用增量型PID控制算法。

控制器的输入量为传感器检测到的位置偏差信号 U_e ,输出量为控制电动机转速的驱动电压增量 ΔU ,电压增量 ΔU 与恒定转速电压 U_c 叠加,形成电动机的驱动电压 U 。

根据增量式PID算法,第 n 时刻控制器的输出:

$$\Delta U(n) = a_0 U_e(n) + a_1 U_e(n-1) + a_2 U_e(n-2)$$

右电动机驱动电压: $U_r(n) = U_c - \Delta U(n)$

左电动机驱动电压: $U_l(n) = U_c + \Delta U(n)$

5.2 数字PID参数的选择

(1) 采样周期的选择

数字控制系统本质上是一种采样控制系统,采样周期的选择非常重要。由于从理论上计算采样周期比较困难,按一定的原则,结合经验来选择采样周期。

$$\text{采样周期的上限值: } T_{\max} = \frac{T_{\max}}{2}$$

式中: T_{\max} 为信号频率组分中最高频率分量的周期。

采样周期的下限值 T_{\min} 应是微机执行控制程序所需时间。

实际的采样周期 T 应在 $T_{\max} - T_{\min}$ 之间选择,即:

$$T_{\min} \leq T \leq T_{\max}$$

根据以上原则,结合喷雾机器人的工作情况,本控制系统的采样周期取为 1ms。

(2) PID控制的参数整定

喷雾机器人实际行走过程中,控制器输入的位置偏差始终是变化的,通过不断消除位置偏差实现沿诱导线的行走。因此,系统设计应着重改善系统的动态性能。基于以上考虑,采用归一参数整定法,选择参数。

$$\text{令 } T = 0.05 T_k, T_i = 0.5 T_k, T_d = 0.15 T_k$$

$$\text{则有: } \Delta U(n) = K_p [4.1 e(n) - 7 e(n-1) + 3 e(n-2)]$$

这样,整个问题便简化为整定一个参数 K_p 。改变 K_p ,观察控制效果,直到满意为止。

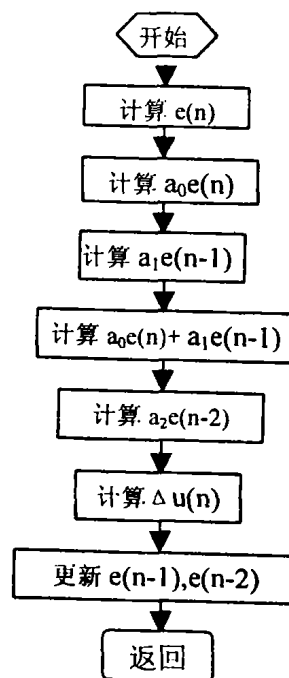


图3 PID控制程序流程图

5.3 PID控制程序设计

按增量型PID算法,计算 $\Delta u(n)$ 只需要保留现时刻以及以前的两个偏差值 $e(n)$ 、 $e(n-1)$ 、 $e(n-2)$ 。初始化程序置初值 $e(n-1) = e(n-2)$ 计算 $\Delta u(n)$ 。图3为基于单片机的PID算法程序流程图。

6 结束语

电磁诱导式喷雾机器人采用基于单片机的导航控制系统,由软件实现PID控制,参数调整方便,灵活性好,稳定性高。运行实验表明,系统工作稳定可靠,满足了喷雾机器人的功能要求,具有较大的理论及实用价值。

参考文献

- [1] 宋健. 电磁诱导式喷雾机器人导航系统的研制[J]. [硕士学位论文]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [2] 孙传友, 孙晓斌. 测控系统原理与设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.

(下转第39页)

显示的服务管理等。数显装置接通电源后开始工作,主程序框图如图 4 所示。

4 结束语

本数显装置用于机械设备的直线位移测量显示中,它能方便地确定坐标原点,直接显示出所测量的位移量,分辨率达到 0.01mm,从而保证了加工精度,不仅适用于新机床配套,也适用于老机床的技术改造。该装置能维持精度一致,不受机床刀具磨损的影响,普通机床配备此测量系

统,可大大减轻劳动强度,同时相应提高加工质量及设备工效。

参考文献:

- [1] 汪吉鹏,马云峰等.微机原理与接口技术[M].北京:高等教育出版社,2001.7.
- [2] GGS-2 型滚动光栅检测传感器使用说明书.中国兵器工业总公司华中精密仪器厂,2002.8.

Design of Digital Display Device for Machine Tools Based on Microprocessor

MA Yun - feng

(Weifang University, Weifang 261061, China)

Abstract: This paper introduces the design method of a digital display device for machine tool that are based on rolling raster measurement and microprocessor control. The software and hardware block diagram have been given. The device is fit for linear displacement measuring and display on machine tools such as lathe.

Key words: Rolling Raster; Digital Display Device; Single Chip Computer

责任编辑:肖恩忠

(上接第 41 页)

Application of Digital PID Algorithm on Navigation System of Spraying Robot

SONG Jian

(Weifang University, Weifang 261061, China)

Abstract: This article introduces working principal of spraying robot and designs the controller based on analyzed the navigation. Experiments explain that the system worked stably and credibly, meet the demand of the automatic sprayer.

Key words: Spraying robot; Digital PID algorithm, navigation system

责任编辑:肖恩忠