第5卷 第4期 光学 精密工程 Vol. 5, No. 4
1997年8月 OPTICS AND PRECISION ENGINEERING August, 1997

快速定位系统最佳转换点的确定

谢慕君
(吉林工学院自动化系, 长春 120012)
葛文奇
(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 针对光电跟踪系统, 为实现快速精确定位, 提出 pang-pang 控制与线性控制相结合的控制原则。基于系统的稳定性和无超调, 从理论上给出了两种控制的转换准则。从而为转换点确定提供了依据。实验结果证明, 此种算法在应用中是有效的。

关键词: 快速定位; 转换点

1 引 言

光电跟踪系统中, 为了使图像快速移动并准确定位在某点上, 它向系统提出的基本要求是: 过渡过程时间短, 定位精度高, 无位置超调。目前, 比较成熟的方法则是采用双模控制, 其框图如图1所示。双模控制就是在大角度偏差状态时, 采用非线性 pang-pang 控制, 当偏差在较小范围时, 进入线性控制。这样既保证了系统的快速性和定位精度, 又避免了开关时滞所造成的极限环振荡。本文则从系统稳定和无超调这两点出发, 从理论上给出线性和非线性切换点的选取准则。

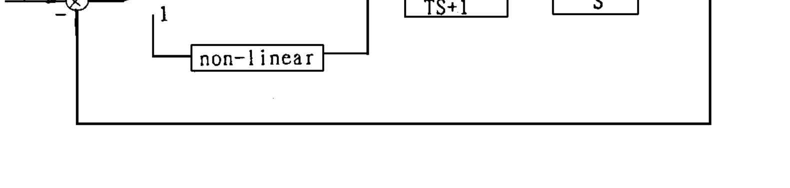

Fig. 1 Double mode control scheme diagram

收稿日期: 1997年4月14日

2 pang-pang 控制下系统定位过程分析

对图1所示系统, 描述其误差的动态方程为:

$$T\ddot{e}+\dot{e}=-K_vU \tag{1}$$

式中, T 为调速回路等效时间常数。

在 pang-pang 控制下, U 只能取 + 1 或 - 1, 在 $\dot{e}$, e 相平面上两组相迹轨, 如图 2 所示。箭头向上者为 $U=-1$, 箭头向下者为 $U=+1$, 其中过原点的两条相轨迹方程为:

$$U=+1,\quad e=-T\dot{e}+TK_v\ln(1+\dot{e}/K_v) \tag{2}$$

$$U=-1,\quad e=-T\dot{e}-TK_v\ln(1-\dot{e}/K_v) \tag{3}$$

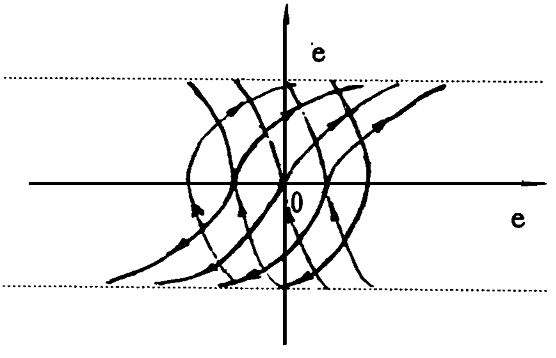

Fig.2 Phase diagram

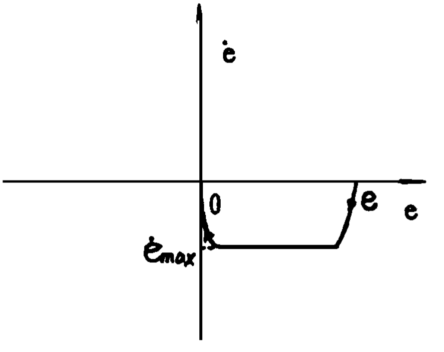

Fig. 3 Positioning diagram

从图中可以看出, 如果控制信号不转换, 系统就不能达到平衡点。

在电机电枢电流大小受限情况下理想定位过程一般分三个阶段:

Ⅰ. 恒加速段。Ⅱ. 恒速运动段。Ⅲ. 恒减速段。

设系统的阶跃输入为 $\theta=e_0$, 电机的最大运行速度为 $\dot{\theta}_{max}=-\dot{e}_{max}$, 则系统在 pang-pang 控制下的定位过程如图3所示。其意义是: 首先系统进入控制 $U=+1$, 以最大加速度起动, 达到最大速度时进入第 Ⅱ 阶段恒速运动, 当满足方程(3) 时, 控制切换成 $U=-1$, 以最大减速度运动, 直至到平衡点。即整个过程为对象的速度, 加速度改变, 最后以最短的时间到达末态终点。

3 带线性区的快速调节器

图3所示曲线, 理论上可使定位时间最短, 但是, 根据开关线方程(3) 有:

$$\lim_{\dot{e}\to 0,\, e\to 0}\frac{d\dot{e}}{de}=\lim_{\dot{e}\to 0,\, e\to 0}\frac{1}{T}\left(\frac{K_v}{\dot{e}}-1\right)\to\infty$$

即被控对象的位置接近目标时, 系统的放大倍数会大到无穷, 而使系统不易稳定, 状态很难准确到达终点。因此, 在 pang-pang 控制基础上加上线性控制。当对象接近目标位置时, 由 pang-

pang 控制切换到线性控制。

现在基于系统稳定和无超调这两个条件来确定系统由 pang-pang 控制到线性控制的转换点。

当系统偏差较小时, DDC 计算机等效为比例放大环节。其传递函数为 K_1, 则系统框图如图4所示。

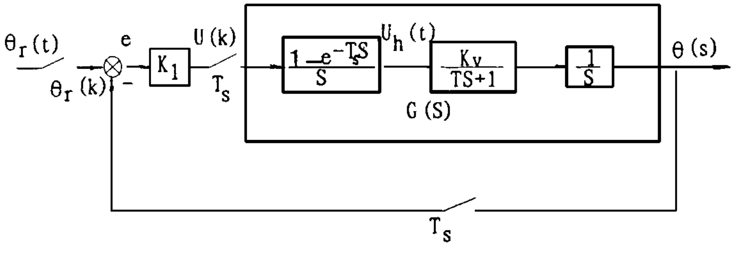

Fig. 4 Small error diagram

图4中, D/A 转换装置起零阶保持器的作用, 其传递函数为:

$$G_0(S) = \frac{1 - e^{-T_s S}}{S}$$

式中, T_s 为采样周期。

调速回路可以等效为一阶惯性环节, 其传递函数为:

$$G_1(S) = \frac{K_v}{TS + 1}$$

电机及减速器为一积分环节, 其传递函数为:

$$G_2(S) = \frac{1}{S}$$

则有传递函数 $G(S)$:

$$G(S) = G_0(S)G_1(S)G_2(S) = \frac{K_v(1 - e^{-T_s S})}{S^2(TS + 1)}$$

与 $G(S)$ 相应的脉冲传递函数为:

$$G(Z) = Z[G(S)] =$$

$$\frac{K_v[(T_s - T + Te^{-T_s/T})Z + T - (T_s + T)e^{-T_s/T}]}{Z^2 - (e^{-T_s/T} + 1)Z + e^{T_s/T}}$$

系统的闭环脉冲传递函数为:

$$G_B(Z) = \frac{K_1 G(Z)}{1 + K_1 G(Z)} =$$

$$\frac{K_1K_v[(T_s - T + Te^{-T_s/T})Z + T - (T_s + T)e^{-T_s/T}}{Z^2 + [K_1K_v(T_s - T + Te^{-T_s/T}) - (e^{-T_s/T} + 1)]Z + K_1K_v[T - (T_s + T)e^{-T_s/T}] + e^{-T_s/T}}$$

系统的特征方程为:

$$Z^2+[K_1K_v(T_s-T+Te^{-T_s/T})-(e^{-T_s/T+1}+1)]Z+$$

$$K_1K_v[T-(T_s+T)e^{-T_s/T}]+e^{-T_s/T}=0$$

令:

$$\sigma=T_s/T$$

$$K=K_1K_vT$$

$$A=K[\sigma-(1-e^{\sigma})]-(1+e^{-\sigma})$$

$$B=K[(1-e^{-\sigma})-\sigma e^{-\sigma}]+e^{-\sigma}$$

$$Z=\frac{1+W}{1-W}$$

则特征方程为:

$$(1-A+B)W^2+2(1-B)W+(1+A+B)=0$$

根据劳斯判据,系统的稳定条件:

$$0<K<\min\{1+\frac{\sigma}{e^{\sigma}-(1+\sigma)},\frac{2(1+e^{-\sigma})}{\sigma(1+e^{-\sigma})-2(1-e^{-\sigma})}\}$$

由特征方程求得的特征根为:

$$W=\frac{-2(1-B)\pm\sqrt{4(1-B)^2-4(1-A+B)(1+A+B)}}{2(1-A+B)}$$

若使系统在调节过程中无超调, 须使

$4(1-B)^2-4(1-A+B)(1+A+B)\geq 0$,代入$A$,$B$,$\sigma$值,可求出$K$的范围。又$K=K_1K_vT$。若$K_v$, T是已知的,即可确定K_1的取值范围。

带线性控制的快速定位系统,线性控制与pang-pang控制转换点为,过相平面原点、斜率为K_1的直线与pang-pang控制下相轨迹的交点。

4 实验结果及结论

以ATD98开发机为工具,根据上述原理,用汇编语言编制程序。在飞行模拟器像旋转补偿控制系统中,进行了位置回路大角度偏差调转实验。系统的最大加速度为80 rad/s^2,最大速度为20 rad/s,位置偏差为150°,实验结果如下表:

Table 1

transformation point	10°	15°	20°
oscilation	several	1	no
overshoot	10%	1%	no
positioning precision	< 3′	< 3′	< 3′

实验结果表明, 在系统参数 K_v, T 已知的情况下, 根据求得的 K_1 来确定转换点在实际应用中是可行的, 达到了预期效果。但有一点不足, 定位时间有点偏长, 这是由于线性调节的超调量稍大, 振荡次数稍多所至。可见, 对线性调节的控制算法还有待于进一步探讨。

参 考 文 献

[1] 陈伯时. 自动控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1991

[2] 苗秀敏等. 计算机控制系统及应用. 北京: 北京科学技术出版社, 1991

[3] 徐瑞涛等. 一种简易快速准确定位的设计方法. 电气传动, 1995, (1): 43～49

[4] 杨起行等. 快速调节器的研究. 自动化学报. 1979, (2): 29～36

Confirmation of the Optical Transformation Point in the Fast Positioning Systems

Xie Mujun

(*Dept. of Automation, Jilin Institute of Technology, Changchun* 130012)

Ge Wenqi

(*Changchun Institue of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Changchun* 130022)

Abstract

In order to accomplish the positioning control fast and precisely, a pang-pang control scheme combined with linear control is proposed in optical-electrical system. Based on the stability and no overshoot of system, the transformation criterion of two control is deduced, the rule of confirming transformation point is represented. The algorithm is proved to be effective by the experimental result.

Keywords: Fast positioning, Transformation point

谢慕君　女, 1991年毕业于吉林工学院自动化系。现为长春光机所博士研究生。