

光电跟踪传感器的非线性校正

朱卫安

(广州大学 理学院, 广东 广州 510405)

摘要: 利用二极管及结型场效应管的非线性特性,对光电传感器输出信号进行了非线性处理,有效地消除了由于传感器中光电三极管的非线性而引起的附加干扰,提高了传感器的抗干扰能力,增强了实际应用的适应性。

关键词: 光电三极管; 二极管; 结型场效应管; 非线性校正

中图分类号: TP 212.14; TG 409 **文献标识码:** A

光电式跟踪具有非接触、精度高等优点,很受焊接跟踪研究者的重视。为使光电式跟踪系统适应实际焊接生产的需要,必须提高其抵抗弧光及其它外界光干扰的能力。在这方面,许多研究者做了大量的工作^[1]。

由于光电三极管的非线性,在采用脉冲调制及线性信号处理方式抗干扰时,会产生附加干扰。这一附加干扰使跟踪控制电路的输出信号不能真正反映跟踪传感器与被跟踪对象的相对位置,影响跟踪过程可靠、稳定地进行。唯有对跟踪传感器的输出进行非线性处理,才可能有效地减小甚至消除这一附加干扰,从而真正消除干扰光对跟踪的影响。

1 光电三极管的响应特性及其影响

光电三极管的灵敏度高,输出光电流大,多用作光电跟踪传感器中的光敏器件。

1.1 光电三极管的响应特性^[2]

如图1所示(见下页),光电三极管的输出响应特性总体上是非线性的:低照度时,灵敏度低,且灵敏度随照度增大而增大(I区);大照度时,输出光电流随入射照度增大而趋于饱和(III区),灵敏度随照度增大而变小;在中等照度情况下,输出响应表现为线性特性(II区)。

1.2 附加干扰的形成

为提高光电跟踪传感器抗外界干扰光的能力,对信号进行脉冲调制及对输出信号进行自适应噪

声抵消处理是一种较有效的办法^[1]。

由于光电三极管的输出响应特性是非线性的,在对信号光进行脉冲调制的过程中凸现出线性电路不能消除的附加干扰。

如下页图2所示,(a)中的CP为调制脉冲;(b)所示为无干扰时单独由信号光引起的输出。 V_S 的大小反映传感器与被跟踪对象的相对位置;(c)所示为无信号光而单独由干扰光引起的输出, V_B 的大小反映干扰光的强弱,相对CP而言,干扰光的变化很缓慢,故近似将 V_B 作直流信号处理;(d)所示为既有信号光又有干扰光的输出波形。

理论推理及实验结果都表明: $V'_S = V_T - V_B \neq V_S$,形成了 $\Delta V (= V'_S - V_S)$ 这一附加干扰。

下面以照度较小的情况为例,说明 ΔV 的影响因素。

如图1所示,设光电三极管线性区的下限为 E_L ,上限为 E_H ;又设照度 $E \leq E_L$ 时, $v_{RL} = kE^\gamma$ (显然, $\gamma > 1$)。

当干扰光照度 E_B 与信号光照度 E_S 之和 $E_B + E_S < E_L$ 时,有:

$$\begin{cases} V_B = kE_B^\gamma & (1) \\ V_S = kE_S^\gamma & (2) \\ V_T = k(E_B + E_S)^\gamma & (3) \end{cases}$$

假设 $\gamma = 2$,则有:

$$V'_S = V_T - V_B = kE_S^2 + 2kE_BE_S \quad (4)$$

$$\Delta V = V'_S - V_S = 2kE_BE_S \quad (5)$$

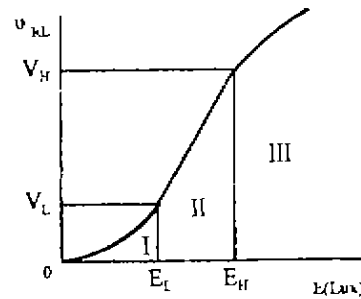
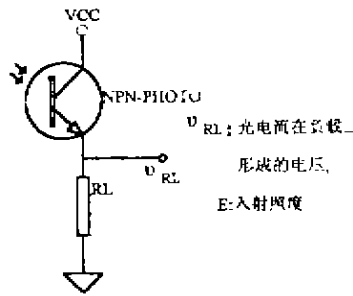


图 1 光电三极管输出响应特性示意图

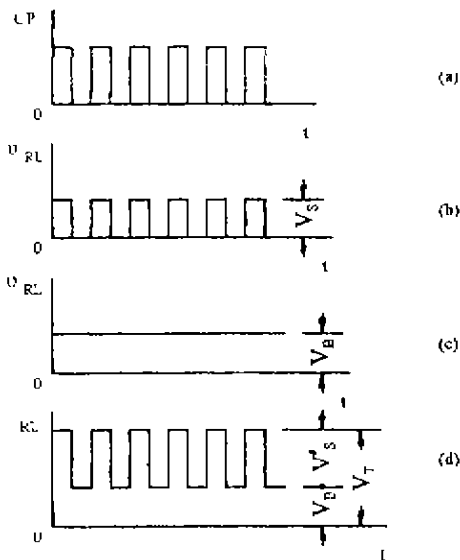


图 2 各种情况下光电管输出波形示意图

可见,附加干扰 ΔV 与干扰光强弱及信号光强弱有关。

当 γ 为大于1的其它数时,也可得出附加干扰 ΔV 与干扰光及信号光有关的结论。当照度较大时,很显然,也将形成与干扰光及信号光有关的附加干扰 ΔV 。当干扰光或信号光或二者都在大范围内变化时,附加干扰 ΔV 将可能为正,也可能为负。在某几种 E_B 和 E_S 的组合情况下, ΔV 将为0。

由以上分析可知,附加干扰 ΔV 与干扰光、信号光有关。在实际过程中, ΔV 的大小、正负都是随机的,不能通过线性方式得到有效消除。

2 附加干扰的消减措施 ——非线性校正

为消除前述附加干扰,将光电三极管的输出响应特性曲线划分为3个区段(见图1): I区,低照度非线性区, $E \leq E_L, 0 \leq v_{RL} \leq V_L$; II区,线性区, $E_L \leq E \leq E_H, V_L \leq v_{RL} \leq V_H$; III区,大照度饱和区, $E \geq E_H, v_{RL} \geq V_H$ 。对每个区段的特性采用具有相近

特性的器件进行模拟等效,对总输出(v_{RL})在每个区段的分布量采用含有对应模拟等效器件的电路进行处理,最后得到与照度成(或近似成)线性关系的输出,使最大限度地消减附加干扰成为可能。

(1) I区的模拟等效

二极管在其正向压降 v_D 较小时,伏安特性 $i_D = f(v_D)$ 也表现为与光电三极管输出响应特性的I区段特性相近的非线性,故采用二极管的正向伏安特性模拟等效I区特性。具体做法是:用 v_D 模拟光电三极管入射光照度 E ,用 i_D 模拟光电电流在负载 R_L 上形成的电压 v_{RL} ;用 v_{RL} 线性控制 i_D ,则可认为对应的二极管正向压降 v_D 近似地与光电三极管入射光照度 E 成线性关系。

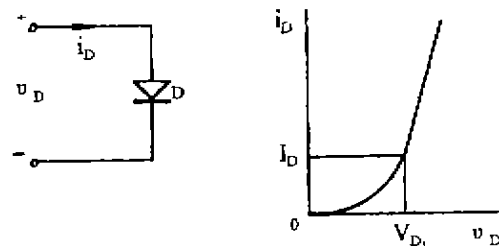


图 3 二极管正向伏安特性示意图

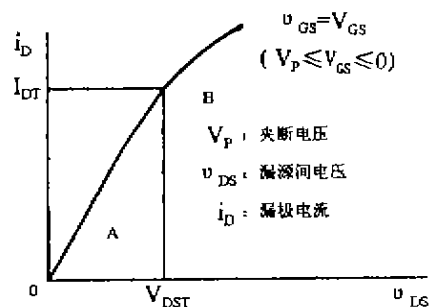


图 4 N沟道JFET漏源间伏安特性示意图

(2) II区的模拟等效

II区为线性区,用一线性电阻等效即可。

(3) III区的模拟等效

N沟道结型场效应管(JFET)在其栅源电压 v_{GS} 为某一固定值 V_{GS} ($V_P \leq V_{GS} \leq 0, V_P$ 为夹断电压)时,漏源间伏安特性(输出特性) $i_D = f(v_{DS})$ 的曲线如图4所示^[3]。该特性曲线可分为两个区段:

A 区段为线性区, $u_{DS} \leq V_{DST}, i_D \leq I_{DT}$; B 区段为饱和和非线性区, $u_{DS} \geq V_{DST}, i_D \geq I_{DT}$. 通过比较, 认为 N 沟道 JFET 输出特性的饱和和非线性区与光电三极管输出响应特性的饱和和非线性区曲线相近, 故采用前者模拟等效后者.

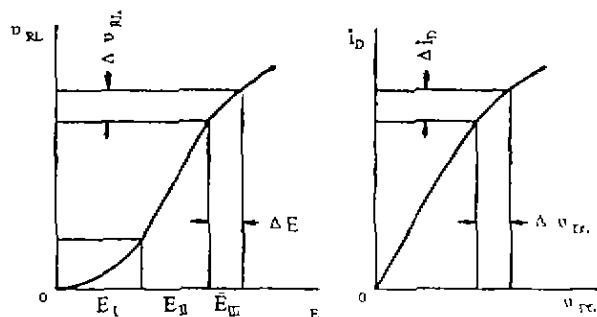


图 5 用 N 沟道 JFET 饱和和非线性特性等效光电管饱和和非线性特性示意图

如图 5 所示, 用 Δu_{DS} 模拟 ΔE , 用 Δi_D 模拟 Δu_{RL} ; 用 Δu_{RL} 线性控制 Δi_D , 则可认为 Δu_{DS} 与 ΔE 近似地成线性关系.

(4) 将 u_{RL} 在各区段的分布量对应引起的输出叠加起来, 即得到与光电三极管的入射光总照度成线性的输出电压.

(5) 将上述的分段模拟等效措施和脉冲调制、自适应噪声抵消措施结合起来, 即可最大限度地消除干扰光(主要是弧光)的影响, 从而提高整个跟踪系统的抗干扰能力.

3 非线性校正的实现电路

非线性校正的实现电路包括两大部分: 一部分是分离电路, 作用是将 u_{RL} 在各区段的分布量分离出来; 另一部分是模拟等效电路, 作用是对每一区段进行模拟等效, 以求得与入射光照度成线性的输出电压.

3.1 分离电路

分离电路如图 6 所示(见下页).

在图 6 中, 输出 u_{0I} 的大小即是 u_{RL} 在 I 区段的分布量, u_{0II} 的大小即是 u_{RL} 在 II 区段的分布量, u_{0III} 的大小即是 u_{RL} 在 III 区段的分布量.

(a) 当 $u_{RL} \leq V_L, u_{0I} = u_{RL}, u_{0II} = 0, u_{0III} = 0$;
(b) 当 $V_L \leq u_{RL} \leq V_H, u_{0I} = V_L, u_{0II} = u_{RL} - V_L, u_{0III} = 0$;
(c) 当 $u_{RL} \geq V_H, u_{0I} = V_L, u_{0II} = V_H - V_L, u_{0III} = u_{RL} - V_H$.

3.2 模拟等效电路

模拟等效电路如图 7 所示.

从图 7 可见: (a) OA8 和 R16、R17、D13 组成 I 区段模拟等效电路, OA8 输出的大小与入射光总照度 E 在 I 区段的分布量 E_I 近似成正比; (b) OA9 和 R18、R19、R20 组成 II 区段模拟等效电路, OA9 输出的大小与入射光总照度 E 在 II 区段的分布量的 E_{II} 近似成正比; (c) OA10 和 R21、R22、R23、T₁ 以及 OA11 和 R24、R25、R26、R27 组成 III 区段模拟等效电路, OA11 输出的大小与入射光总照度 E 在 III 区段的分布量 E_{III} 近似成正比; (d) OA12 和 R28、R29、R30、R31、R32 组成求和电路, 输出 u_0 与入射光总照度 E 近似成正比.

4 结束语

(1) 利用伏安特性非线性的二极管、N 沟道 JFET 对光电跟踪传感器中的光电三极管的输出响应特性分段进行非线性校正, 可使最后的输出与入射光照度近似成正比, 为消除干扰光对跟踪的影响打下基础.

(2) 将非线性校正措施和脉冲调制、自适应噪声抵消措施结合起来, 可极大提高光电跟踪传感器抗外界干扰光(弧光、照明光)的能力, 增强其在实际生产现场使用的适应能力.

参考文献:

- [1] 中国机械工程学会焊接学会. 焊选手册(第一卷)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1995. 582 ~ 585.
- [2] 潘天明. 半导体光电器件及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1985. 209 ~ 217.
- [3] 童诗白. 模拟电子技术基础(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1996. 13 ~ 53.