

频率相关分时红外平面检测技术

陈 钱 刘玉凤 顾国华

(南京理工大学电子工程与光电技术学院, 江苏, 南京, 210094)

摘要 提出了一种新的相关检测技术,即在频率调制的基础上,实行分时检测,从而实现了频率和时间双重相关.该技术应用于由平行红外线族构成的平面检测系统,能够完全克服直流和相邻辐射干扰,极大地提高红外平面检测系统的可靠性和准确性.

关键词 红外检测,相关检测,数字相关.

引言

随着计算机信号处理技术的迅速发展,需要更快更全面地获取大量有效信息,因此,红外检测的信息获取由单一特征参数向多信息同时检测发展,探测点由单点向多点阵列发展,检测空间也由一维线性检测向二维平面检测发展.

传统的红外检测均采用频率相关技术,在由平行红外线族构成的二维平面检测系统中,各探测点只能采用不同的调制频率以达到频率相关的目的.然而,该技术不能完全克服相邻红外辐射干扰,不同频率的红外辐射在传感器上叠加,使传感器的输出偏离该点的调制频率,况且整个系统电路结构复杂,调试困难,从而缩小了红外平面检测系统的应用范围.

为此,我们提出了新的频率相关分时检测技术,该技术用于红外平面检测和阵列检测,不仅克服了直流辐射干扰,而且消除了相邻红外辐射干扰,为红外平面检测系统的广泛应用提供了可靠的技术保证.

1 频率相关分时检测技术的基本原理

光电信号具有时间和频率特性,在红外光电检测系统中,采用调制解调技术实现被测信号的时间和频率相关.频率相关分时检测技术就是在单一的频率相关基础上增加了时间相关,使每一对探测点之间具有确定的频率和时间关系.该技术以分时信号为调制信号,以基准频率为瞬时载波,从而形成一个包含时间和频率关系的调频波,对该调频波进行处理,就能实现频率和时间的相关检测.

1.1 分时信号的提取

由于调频波是以时间关系为调制信号,因此,分时信号的提取也就是对该调频波进行解

* 本文1995年9月22日收到,修改稿1995年10月29日收到

调, 检出其包络信号. 首先对调频波进行带通滤波, 其中心频率等于载波频率, 只有具有中心频率及附近频率的信号才能通过, 而大量的杂波信号及直流信号被滤除. 然后进行鉴频滤波, 一种基本的鉴频电路及各部分输出电压波形如图 1 所示.

通过波形变换器将调频波转换为瞬时基频与调频波瞬时载波频率相同的一串等幅等宽脉冲, 然后用低通滤波器取出脉冲电压串的平均分量, 由于脉冲是等幅等宽的, 并且某瞬时单位时间内的脉冲密度与调频波瞬时频率相对应, 所以其平均分量的瞬时幅值正比于调频波的瞬时频率, 实现了频率—电压变换, 完成了包络检波.

在图 1 中, 带通滤波后的调频波 U_i , 先经放大、限幅和成形电路变为调频方波 U_1 , 然后经微分得到对应于 U_1 上升沿的正脉冲和对应于 U_1 下降沿的负脉冲序列 U_2 , 再用 U_2 的正脉冲(或负脉冲)去触发单稳态电路, 形成脉冲宽度均为 τ , 脉冲高度均为 V_c 的矩形脉冲序列 U_3 . 显然, 只要脉冲宽度 τ 小于输入调频波的最小周期, 调频波 U_i 的一个瞬时周期就对应于脉冲序列 U_3 的一个脉冲, 所以 U_i 的瞬时频率 f 等于 U_3 对应此频率时的单位时间内的脉冲个数 n , 即 $n=f$, 最后用低通滤波器取出 U_3 脉冲序列的平均分量 U_0 , 实现了对脉冲序列 U_3 的模拟计算, 显然 $U_0 = n\tau V_c = f\tau V_c$, 由此可见, U_0 即为要得到的原低频调制信号, 即分时信号.

1.2 分时信号的相关计算

在频率相关分时检测技术中, 每一对探测点都是用自身的分时信号作互相关计算, 两个随机变量 x_1 和 x_2 的互相关函数定义为

$$R_{x_1 x_2}(t_1, t_2) = E[X_1(t_1)X_2(t_2)], \quad (1)$$

式(1)中 $E[X_1(t_1)X_2(t_2)]$ 为函数 $X_1(t_1)X_2(t_2)$ 的平均值.

对于平稳随机过程, 互相关函数与时间差 $\tau = t_1 - t_2$ 有关, 故有

$$R_{x_1 x_2}(\tau) = E[x_1(t)x_2(t + \tau)] = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t)x_2(t + \tau)dt. \quad (2)$$

实际上式(2)的时间平均只能用有限的时间平均代替, 用 $R'_{x_1 x_2}(\tau)$ 表示有限时间互相关函数, 故有

$$R'_{x_1 x_2}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t)x_2(t + \tau)dt, \quad (3)$$

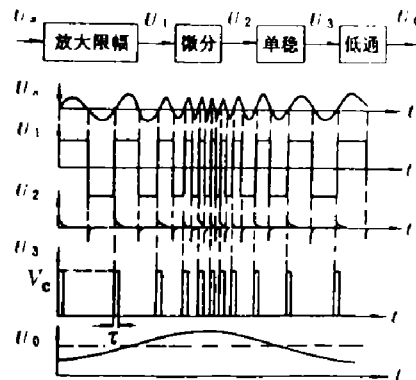


图 1 鉴频电路方框图及各部分输出电压波形
Fig. 1 Block diagram of frequency detecting circuit and output voltage waveform

式(3)中 T 选得越大, $R'_{x_1x_2}(\tau)$ 与 $R'_{x_1x_2}(\tau)$ 越接近. 设在一个循环周期 T 内某一对探测点 (t_2 时间) 的分时信号 $U_R(t)$ 如图 2(a) 所示, 经解调检波出的分时信号 $U_S(t)$ 如图 2(b) 所示, 其中含有 t_1, t_2, t_3, t_4 时间的分时信号, 幅度均为单位幅值.

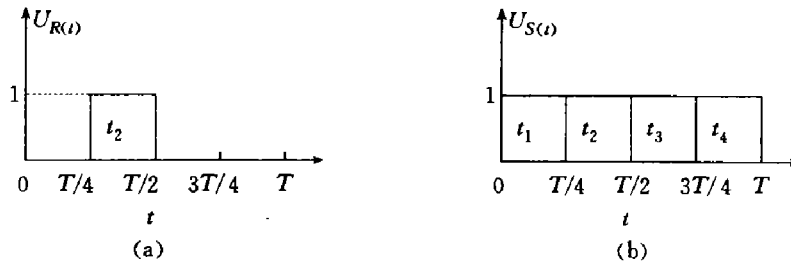


图 2 分时信号波形

(a)探测点的分时信号 (b)解调后的分时信号

Fig. 2 time-division signal waveforms

(a) time-division signal of the detecting point

(b) time-division signal after demodulation

根据式(3)求 $U_R(t)$ 与 $U_S(t)$ 的互相关函数.

$$R'_{U_R(t)U_S(t)}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T U_R(t) \cdot U_S(t + \tau) dt \tag{4}$$

当 $0 < \tau \leq T/4$, $R'_{U_R(t)U_S(t)}(\tau)$ 最小; 当 $T/4 < \tau \leq T/4$, $R'_{U_R(t)U_S(t)}(\tau)$ 最大; 当 $T/2 < \tau \leq 3T/4$, $R'_{U_R(t)U_S(t)}(\tau)$ 最小; 当 $3T/4 < \tau \leq T$, $R'_{U_R(t)U_S(t)}(\tau)$ 最小.

可以看出, 该探测点在时间 t_2 时完全相关, 而在其它时间则完全不相关, 因此频率相关分时检测技术可完全消除相邻红外辐射的干扰.

2 频率相关分时检测技术的实现方法

实现频率相关分时检测技术可采用以下技术手段:

(1)顺序扫描技术. 该技术使平面检测系统在每一个时刻只有一对探测点工作, 在一个循环周期中, 每对探测点按顺序轮流工作, 即每对探测点给定一个分时信号, 实现时间相关.

(2)频率调制技术. 该技术用固定的频率去调制分时信号, 并以该频率作为带通滤波器中心频率进行滤波和包络检波, 实现频率相关.

(3)时间—空间编码技术. 该技术使平面检测系统中每对探测点的空间位置与时间之间具有确定的对应关系, 并进行计数锁存, 从而可以准确地确定探测点的位置.

基本的检测电路原理如图 3 所示. 振荡器产生基准调制频率 f_0 , 经分频译码后产生分时信号 S_T , 在频率调制器中 f_0 对 S_T 进

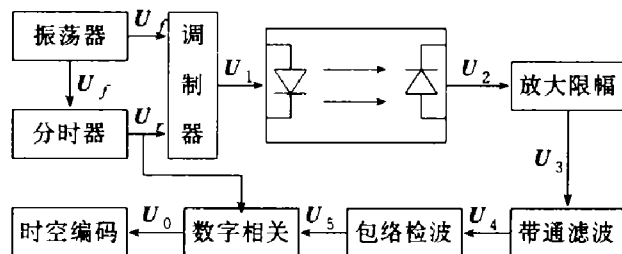


图 3 频率相关分时检测电路原理方框图

Fig. 3 Block diagram of circuit principle of frequency correlation time-division detection

行调制,形成调频波.该调频波驱动红外发光管工作.红外接收管接收到的调频波经放大限幅后进入中心频率为 f_0 的带通滤波器,滤除直流信号和其它频率的杂波信号,然后调频波经检波和整形提取分时信号 S_t, S_T 和 S_r 在数字相关器中进行时间相关计算,消除相邻红外辐射信号干扰,相关器的输出控制时空编码器,以确定该探测点的空间位置.

一维的平行红外线族平面检测系统如图4所示. AA'、BB'、CC'和DD'分别对应于 t_1 、 t_2 、 t_3 和 t_4 时刻,被测物体处于CC'的位置,在时间上则处于 t_3 时刻.系统工作时C点的红外光被挡,而接收点C'能接收到A、B、D三点的红外辐射信号和直流辐射信号.采用频率相关分时检测技术以后,被测物体在平面检测系统中所处的位置可以通过分时信号的检测而准确地确定,其检测过程中各点的电压波形如图(5)所示.

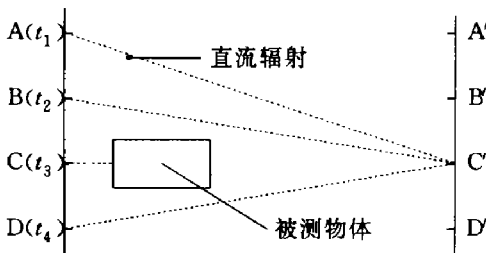


图4 一维红外线族平面检测系统
Fig. 4 One-dimensional plane detecting system with infrared rays

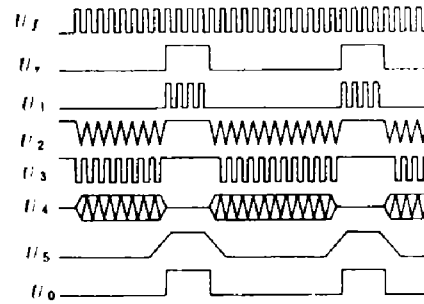


图5 检测系统中各点电压波形
Fig. 5 The voltage waveforms in the detecting system

3 技术性能分析

在平行红外线族构成的平面检测系统中,单一的频率相关技术虽能克服直流辐射干扰,但不能完全消除相邻红外干扰,为了减弱相邻红外辐射,只能在每个接收点增加导管,且每对探测点使用不同的调制频率.从而使系统的线路组成和机械结构相当复杂.而频率相关分时红外检测技术只用一个固定的频率调制,相邻探测点之间不存在红外干扰,整个系统结构非常简单,其可靠性、准确性和抗干扰性得到很大的提高.

平行红外线族平面检测系统采用频率相关分时检测技术后,具有以下特点:

- (1) 整个系统只有一对探测点被选通工作,不存在相邻红外辐射干扰;
- (2) 完全消除了杂散光和直流辐射干扰;
- (3) 探测点空间位置与分时信号相对应,被测物体位置差别简单准确;
- (4) 红外发射管为分时脉冲发射,工作时间极短,可加大瞬时发射功率,增大作用距离;
- (5) 只用一个调制频率工作,不需要机械导管,系统结构简单;
- (6) 具有很强的抗干扰性,能在各种复杂环境下长期稳定工作.

4 结语

采用频率相关分时检测技术可以使由平行红外线族构成的平面区域检测系统得到更

加广泛的应用.一维红外平面检测系统可用于测速;二维红外平面检测系统使用范围更广,不仅可以测速,而且还能进行运动物体外形检测.

使用频率相关分时检测技术的二维红外平面检测系统已成功地用于公路车辆自动检测识别系统中,该系统具有很强的抗干扰能力,在野外恶劣的环境条件下检测车辆的准确率达100%.

参考文献

- 1 张 华、张超英、杨义根. *红外技术*,1993,15(4):35~37
- 2 曾庆勇. *微弱信号检测*,杭州:浙江大学出版社,1993,277~316
- 3 陈昌灵. *数字信号处理*,上海:华东师范大学出版社,1994,47~74

FREQUENCY-CORRELATION TIME-DIVISION INFRARED PLANE DETECTING TECHNIQUE

Chen Qian Liu Yufeng Gu Guohua

(College of Electronics and Optics, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing, Jiangsu 210094, China)

Abstract A new kind of correlation detection technique was presented. On the basis of frequency modulation, the time-division detection was used and the double correlations of frequency and time were realized. By the technique, when applied in the plane detecting system with parallel infrared rays, the DC and adjacent radiation interference can be removed completely, thus making the reliability and accuracy of the IR plane detecting system improved greatly.

Key words infrared detection, correlation detection, digital correlation.