

高灵敏度与高稳定性的飞机客舱内物品监测系统

王彤

(中国国际航空公司 天津分公司, 天津 300300)

摘要:介绍了一种新型的高稳定度、高灵敏度的飞机客舱内物品监测系统的工作原理和基本电路。该系统具有检测灵敏度高, 抗干扰能力强, 工作稳定可靠的特点。

关键词:救生衣; 飞机; 监测; 磁场

中图分类号: V248

文献标识码: B

Sensitive and Stable System for Monitor the Life Vest in a Airplane

WANG Tong

(Air China Tianjin Branch, Tianjin 300300, China)

Abstract: This paper introduces a sensitive and stable system with its circuit for monitor the life vest in an airplane to prevent from stealing. The characteristics of this system are high-test sensitivity and stable anti-jamming ability.

Key words: life vest; airplane; monitor; magnetic field

0 引言

据传媒报导, 近年来飞机客舱内救生衣和毛毯的丢失现象十分严重, 尽管民航局和各大航空公司为避免救生衣的丢失现象的发生, 利用各种手段进行了宣传, 但收效不大。有些航空公司为补给丢失的救生衣, 所用金额数目惊人(每个救生衣价值为 365 元人民币)。此项费用已成为飞行成本中的不可忽视的一部分, 因此该问题不仅是一个安全问题, 而且也关系到航空公司的效益问题。防

止救生衣被盗, 已成为一项紧迫的任务。现研制出一套高灵敏度、高稳定度的实用飞机客舱内物品监测系统。实验表明: 其漏报率等于零。在整个研究实验过程中, 其误报率亦为零。

1 基本原理

这套防盗系统是在救生衣的包装中和毛毯的边部装入非晶态的软磁磁条, 一旦乘客私自携带出装有磁条的救生衣通过监测仪通道时, 仪器立即发出报警信号。该系统电路设计精良, 利用了最

收稿日期: 2002-06-12

作者简介: 王彤(1967-), 男, 江苏泰县人, 工程师, 工学学士, 研究方向为航空电子、航空仪表及其应用。

新的元器件,经过严格的安装调试,具有检测灵敏度高,抗干扰能力强,工作稳定可靠的特点。

1.1 变压器效应与磁通门现象

在一根铁心上绕激磁线圈和感应线圈,铁心由软磁材料制作,其横截面面积为 S ,磁导率为 μ ,载流激磁线圈在铁心上建立的激磁磁场强度为 H_m ,感应线圈的有效匝数为 W_2 。

根据法拉第电磁感应定律,感应线圈上应产生的感应电势为

$$e = -\frac{d}{dt}(W_2 \mu H_m S) \quad (1)$$

当激磁磁场为

$$H_m = H_m \cos 2\pi f_1 t \quad (2)$$

式中: H_m 为激磁磁场强度幅值; f_1 为激磁电源频率。如果 S 和 W_2 不变,考虑到铁芯磁化曲线的非线性,可将 $\mu(t)$ 展为傅里叶级数

$\mu(t) =$

$$\mu_0 + \mu_2 \cos 4\pi f_1 t + \mu_4 \cos 8\pi f_1 t + \mu_6 \cos 12\pi f_1 t + \dots \quad (3)$$

式中: μ_0 为 $\mu(t)$ 的常值分量; $\mu_2, \mu_4, \mu_6, \dots$ 为 $\mu(t)$ 的偶次谐波分量幅值。

那么,感应电势为

$$e = 2\pi f_1 W_2 S H_m \left[(\mu_0 + \frac{1}{2} \mu_2) \sin 2\pi f_1 t + \frac{3}{2} (\mu_2 + \right.$$

$$\mu_4) \sin 6\pi f_1 t + \frac{5}{2} (\mu_4 + \mu_6) \sin 10\pi f_1 t +$$

$$\left. \frac{7}{2} (\mu_6 + \mu_8) \sin 14\pi f_1 t + \dots \right] \quad (4)$$

可见,由于铁心磁导率 μ 的变化,感应电势 e 将出现奇次谐波分量。

如果再考虑环境磁场实际施加在铁心轴向的分量 H_0 ,感应电势为

$$e = 2\pi \times 10^{-8} f_1 \mu(t) W_2 S H_m \sin 2\pi f_1 t -$$

$$10^{-8} \frac{d\mu(t)}{dt} W_2 S H_m \cos 2\pi f_1 t -$$

$$10^{-8} \frac{d\mu(t)}{dt} W_2 S H_0'' \quad (5)$$

当 H_0'' 比铁心饱和磁场强度 H_s 和激磁磁场强度幅值 H_m 小得多时,它对铁心磁导率 $\mu(t)$ 的影响可以忽略。其末项 H_0'' 引起的感应电势 e 的增量 $e(H_0'')$ 为

$$e(H_0'') = -2\pi \times 10^{-8} f_1 W_2 S H_0'' (2\mu_2 \sin 4\pi f_1 t +$$

$$4\mu_4 \sin 8\pi f_1 t + 6\mu_6 \sin 12\pi f_1 t + \dots) \quad (6)$$

式(6)表明:只要铁心磁导率 μ 随激磁磁场强度而变,感应电势中就会出现随环境磁场强度而变的偶次谐波增量 $e(H_0'')$ 。当铁心处于周期性饱和和工作状态时, $e(H_0'')$ 将显著增大。显然,可以利用这种物理现象测量环境磁场。

上述物理模型对环境磁场来说,好像是一道“门”,通过这道“门”,相应的磁通量即被调制,并产生感应电势。因此,这种器件被称为磁通门探头。它可将环境磁场调制成偶次谐波感应电势,这种现象称为磁通门现象,由环境磁场而产生的那部分感应电势 $e(H_0'')$ 称为磁通门信号^[1]。

1.2 飞机客舱内物品监测系统的原理

飞机客舱内物品监测系统的原理实际上应用了上述磁通门原理,只不过现在的磁通门探头只剩下一支镶嵌在救生衣中的高导磁率、低矫顽力的非晶态材料的软磁磁条,它的激磁线圈和感应线圈都镶嵌在“门”里了,分别组成为发射线圈和接收线圈,因此本仪器是磁通门的一种应用^[2,3]。不过,目前所处理的环境磁场就是地磁,测的不是环境磁场及其变化,而是因磁条带进磁场而接收到的磁条饱和的信息。

因地磁场始终存在于周围空间,虽然随着纬度的变化,所处地的地磁场的量值和方向各不相同,但当检测通道固定下来后,地磁场的量值也就不变了。众所周知,地磁是非常稳定的。当非晶态材料磁条置于监测通道时,同时受到交变磁场和直流磁场的作用,此时在它的感应磁化场中就存在着丰富的奇次谐波和偶次谐波,置于通道内的探测线圈将测量到的各次谐波分量的感应电压送入监测仪接收通道,监测仪检出其中某偶次谐波分量经放大后去推动报警装置发出报警信号。

2 电路设计

电路原理框图如图1所示,它由线圈系统、发送电路和接收电路组成。

2.1 线圈系统

线圈系统共有4组线圈。

1)交流励磁线圈(发送线圈):在监测通道内产生交变磁场,交流磁化线圈3L1与电容3C1并联,

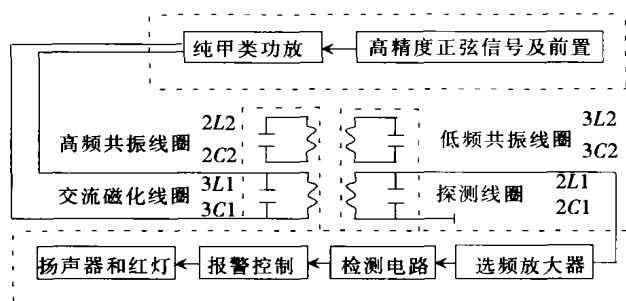


图 1 电路原理框图

其谐振频率为 2 kHz;2)低频共振线圈:为了使监测通道范围内交变磁场强度分布均匀一些,在交流磁化线圈的通道对面对称地设置了低频共振线圈 3L2,3L2 与电容 3C2 并联,谐振频率 2 kHz。监测通道内的交变磁场是由交流磁化线圈和低频共振线圈共同产生的;3)探测线圈(接收线圈):用来接收感应磁场的谐波分量,探测线圈 2L1 与电容 2C1 并联,谐振频率为需要探测的 16 kHz 谐波分量频率(8 次谐波分量);4)高频共振线圈:为使整个监测通道内的接收灵敏度趋于均匀,它置于探测线圈的通道对面,高频共振线圈 2L2 与电容 2C2 并联,谐振频率与探测线圈接收的频率相同,为 16 kHz。

2.2 发送电路

如前所述,由于所要检测的对象是波形的形

变,因此发射的正弦波就要求频率稳定,振幅稳定,波形失真度小。根据这个要求,电路设计应遵循以下原则。为设计正弦振荡电路,首先想到的是 CR 型文氏桥式电路或 LC 振荡电路,但这样的振荡电路其频率受 LC 或 CR 元件的温度稳定性的影响,频率稳定度不高。另一方面就是以晶体振荡电路为基准采用 PLL 电路的振荡器能获得频率稳定的信号,然而,由于不是正弦波,所以必须通过低通滤波器(LPF)把它变成正弦波,这就是说先用 PLL 电路产生方波,通过低通滤波器 LPF 得到正弦波,在具体设计上应考虑以下几方面。

2.2.1 用晶振作为谐振子,保证频率的稳定性

起振级要设计优质电路,并采用最新的元器件,供电电源稳定性要好,以保证方波波形的稳定(频率和振幅)。发射用原理图如图 2 所示。振荡器采用电压比较器 LM111 和 16 kHz 的晶体组成 1 个 16 kHz 方波发生器,电源是由 ± 17 V 交流经整流并三级稳压供给的,每一级的滤波除了用发烧级的电解电容之外,还都并上了 CBB 的小电容组成滤波网络以改善高频滤波特性,振荡级 ± 6 V 电源的 2 个 1 μ F 电源旁路电容,紧紧安排在振荡级边上。(± 17 V 交流的整流后的第二级稳压作为接收器的电源)。

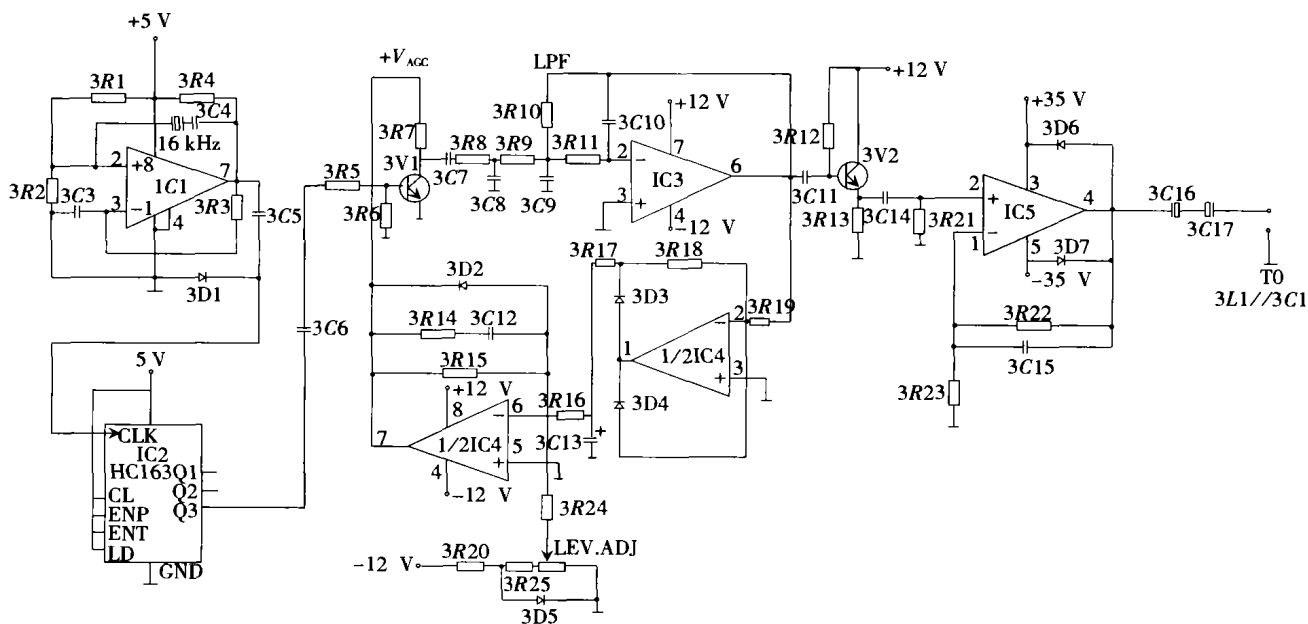


图 2 发射电路原理图

2.2.2 分频

由 LM111 输出的信号经过 74HC163 从 Q3 端可获得 8 分频的方波,其频率为 2 kHz。

2.2.3 稳幅和滤波

将方波转换为正弦波的电路如图 2 所示的中部。由 74HC163 的 Q3 输出的 2 kHz 方波送 AGC 控制管 3V1 的基极,随后通过 IC3 组成低通滤波器滤除其中的高次谐波,低通滤波器设计成多重反馈方式。滤波器输出的就是 2 kHz 正弦波了。滤波器的输出经过理想二极管电路 1/2 IC4(双运放的一支)进行半波整流,再由电容 3C13 进行平滑,得到一个比例于信号级输出幅度的电压,再与基准电压进行比较,如果高于基准电平,积分器 1/2 IC4(双运放的另一支)的输出下降使加在 3V1 上的 $+V_{AGC}$ 下降,以此来稳定输出幅度。3V2 是射极跟随器,其功能是将信号级和功放级隔离。

2.2.4 功放级

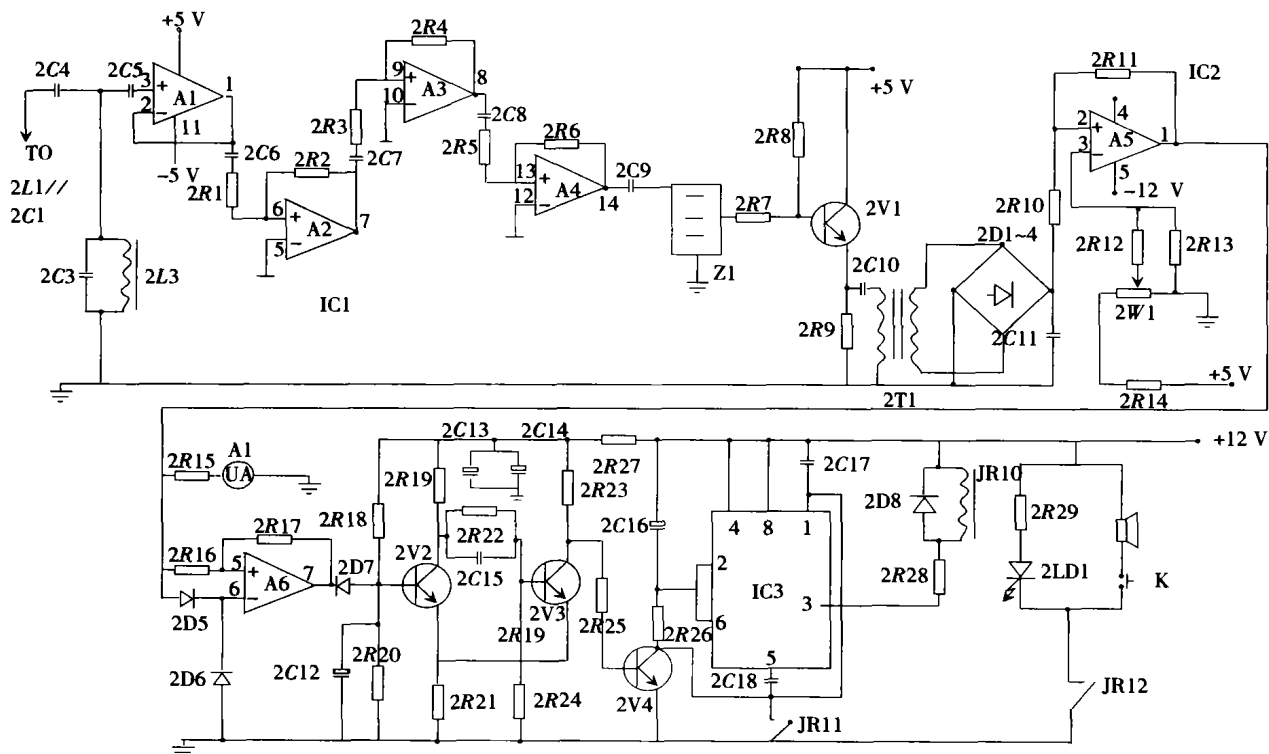
功放级采用的是大功率运放 LM12。它的特点是外围电路简单,瞬态失真小,可靠性高;其输出通过 2 支背对背安装的滤波电容送 3L1 和 3C1 的谐振槽路,防止任何的直流成分流过线圈。

2.3 接收电路

当磁条置于监测通道时,它的感应磁场信号被探测线圈接收后,送入接收电路,接收信号经选频交流放大器选频,直流放大,当信号强度超过一定门限时,即去推动报警电路发出报警信号。

接收部分要求频率选择性好,选择适当的通带宽度,本电路采用下述几个环节进行选频:并联谐振,串联谐振以及带通滤波器滤波。电路仅对特定信号(8 次谐波分量)进行放大,排除了其它的干扰信号,使仪器能长期稳定工作,接收电路如图 3 所示。

由 2L1 与 2C1 接收的信号经并联谐振于 16 kHz 的 2L3 和 2C3 槽路选频,送交流放大器,交流放大部分采用 1 支四运放, A1 设计成电压跟随器为的是提高其输入阻抗, A2 至 A4 构成三级交流放大器。Z1 为 16 kHz 带通滤波器, 2V1 为射极跟随器, 2C10 与 2T1 初级线圈串联谐振于 16 kHz, 2D1~2D4 和 2C11 分别为小信号检波桥和滤波电容, 2R12, 2R13, 2R14, 2W1 为 IC2 的 3 脚提供一个合适的正基准电压, IC2 亦是 1 支四运放, 用它的 1/4, 即 A5 做直流放大器, 用它的另外 1/4, 即



A6 构成绝对值电路,2D7 为箝位二极管,2V2,2V3 组成施密特触发器。调节 2W1 使 IC2 的 1 脚输出电压为 0,此时微安表 A1 指示为 0,IC2 的 7 脚输出电压亦为 0,2D7 导通,2V2 基极电压箝位在 0.3 V,2V2 截止,2V3 导通,2V4 截止,IC3(NE555)不工作,仪器经常处于不报警状态。当磁条通过监测通道时,由于交流放大器中的 2 个谐振电路和带通滤波器的作用,检出的 16 kHz 交流信号由 2D1—2D4 检波,经 2C11 滤波变成直流信号,使 A5 输出一个正电压,当此电压达到一定门限值时,即 A6 的 7 脚电压上升到一定高度迫使 2D7 截止,2V2 导通,2V3 截止,2V4 导通,2V4 此时通过 555 上的 3 个 5 k Ω 电阻供电,而 2C16(1 μ F)的电容上的电压降不能突变,其与 2R26 的相连端,电压仍为 12V,3 脚输出端为低电平,继电器工作,报警并保持,随着 2C16(1 μ F)通过 2R26 电阻充电,2 脚和 6 脚的电压开始从 12 V 下降,当 2 脚电压<4 V 时,触发 555 使 3 脚输出端为高电平,继电器释放,报警声停止。由于上述过程是由 2V4 饱和开始的过渡过程引起的,报警声在一段时间后自动解除。只有当 2V4 再次由截止变成饱和才出现下一次的报警。由上所述,555 一直工作在微功耗下,只有当磁条通过监测通道时 2V4 饱和,才使其进入正常工作状态。

3 系统工作特点

1)发射电路的正弦信号频率、幅度稳定,波形失真小。

2)选频放大电路的频选特性要求严格挑选器件,严格调试电路。

3)本仪器的通道门的装配,按自己设定的尺寸(门间距可在 65~75 单位之间调整)装上就行,无须调整。

利用的原理相同,但由于电路设计不同,元器件的要求不同,装配和调试的差别,做出来的仪器差别是非常之大。精心设计电路,严格挑选元器件,精心调试电路是本研究经验的所在。

4 系统的主要技术指标

利用跨接于 A1($\pm 50 \mu$ A)表的两端的数字毫伏表测出的数据为:

报警限为 50 mV,磁条通过平均指示量为 500 mV,仪器在预热后的偏摆量为 5 mV。这就是说以报警限为参考量,偏摆量为报警限的 1/10,磁条通过的平均测值是它的 10 倍,这就保证了不漏报,并且基本不误报。

参考文献:

- [1] 张学孚,陆怡良.磁通门技术[M].北京:国防工业出版社,1995. 1—29.
- [2] USP:4,326,198.
- [3] EP:0130286A2.
- [4] 约翰逊 D E,希尔泊恩 J L.有源滤波器的快速实用设计[M].北京:人民邮电出版社,1980.1—68,133—183.
- [5] 南京邮电学院编写组.滤波器的制作[M].北京:人民邮电出版社,1975.1—53.

(责任编辑:李 侃)