

文章编号:1671-251X(2014)05-0106-03

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2014.05.028

吉晓冬,薛光辉,杨健健,等.矿用振动加速度传感器信号调理装置研制[J].工矿自动化,2014,40(5):106-108.

矿用振动加速度传感器信号调理装置研制

吉晓冬, 薛光辉, 杨健健, 吴淼

(中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院,北京 100083)

摘要:针对煤矿井下大型设备振动信号难以采集的问题,设计了一种矿用振动加速度传感器信号调理装置。详细介绍了该信号调理装置中振动加速度传感器的选型设计,振动信号调理板中的供电模块、激励电路、滤波电路设计及防护设计。测试结果验证了该信号调理装置的可靠性和实用性。

关键词:矿井;振动加速度传感器;信号调理;振动信号

中图分类号:TD67 文献标志码:B 网络出版时间:

网络出版地址:

Development of mine-used signal conditioning device of vibration acceleration sensor

JI Xiaodong, XUE Guanghui, YANG Jianjian, WU Miao

(School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of

Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract:In view of problem that vibration signal of underground large equipments is difficult to be collected, a mine-used signal conditioning device of vibration acceleration sensor was designed. It introduced selection design of vibration acceleration sensor, design of power module, exciting circuit and filtering circuit of conditioning board of vibration signal and protection design of the device. The test result validates reliability and practicality of the device.

Key words:mine; vibration acceleration sensor; signal conditioning; vibration signal

0 引言

针对煤矿井下环境恶劣所造成的大型设备振动信号难以获取、振动监测技术无法在煤矿井下设备管理和监测中应用^[1-2]等问题,研制了一种矿用振动加速度传感器信号调理装置。该装置用于实时采集和检测井下采掘设备的振动数据。

1 装置设计

矿用振动加速度传感器信号调理装置的整体设计主要包括振动加速度传感器的选型设计、振动信号调理板设计、防护设计。

1.1 振动加速度传感器的选型设计

根据 GB 3836.4—2000《爆炸性气体环境用电

气设备 第4部分:本质安全型“i”》中对电子元器件、电路的电压电流、内部电容、外部电感、电气间隙、电子电路外部防护等方面的严格规定,对传感器进行选型设计^[3]。本文选用 HK9141 型内置 IC(Integrated Circuits)压电式振动加速度传感器。该传感器满足 GB 3836.4—2000 的要求,而且设计简单。

HK9141 型振动加速度传感器由压电加速度传感器和 IC 放大电路组成,如图 1 所示。IC 放大电路包括一阶高通滤波器(用于确定传感器的低频截止频率)、零点调整和灵敏度调整电路。该传感器最大特点是两线制输出,即信号输出线与 IC 放大器的供电共用一条线,信号地与电源地共用一条线。信号输出线可用低噪声同轴电缆,也可用普通同轴

收稿日期:2013-09-01;修回日期:2014-03-12;责任编辑:王晖。

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金项目(2009QJ16)。

作者简介:吉晓冬(1987—),男,河北衡水人,硕士研究生,主要研究方向为故障诊断,E-mail:jibaiyi@126.com。

电缆。

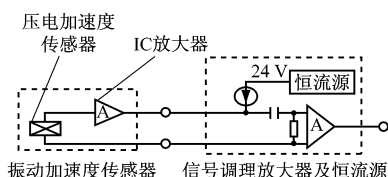


图 1 HK9141 型振动加速度传感器组成及其外接电路

1.2 振动信号调理板设计

振动信号调理板主要完成对 HK9141 型振动加速度传感器的驱动,并将其采集的信号进行低通滤波。振动信号调理板的设计包括供电模块、激励电路及滤波电路的设计。

1.2.1 供电模块设计

供电模块由镍氢电池组和电源保护电路 2 个部分组成,其中镍氢电池组的输出电压为 7.2 V。GB 3836.4—2000 中规定:电源的短路电流应在 3 A 以下,开路电压应在 6 V 以下。因此,设计了电源保护电路,用于将供电模块的短路电流限制在 2.8 A 以下,开路电压限制在 5 V 左右。供电模块的保护电路如图 2 所示。

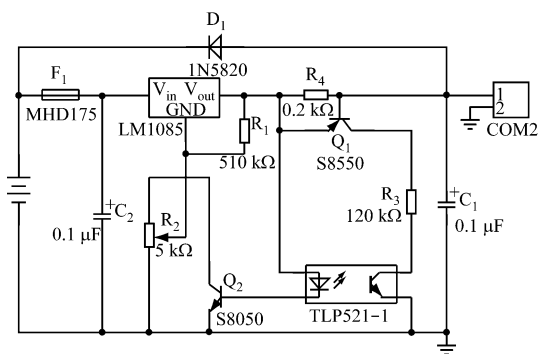


图 2 供电模块的保护电路

1.2.2 激励电路设计

供电模块的输出电压为 5 V, HK9141 型振动加速度传感器的激励电压为 18~30 V, 因此, 选用 5 V 转 24 V 的 DC/DC 芯片为振动加速度传感器提供激励电压。电压转换电路如图 3 所示。

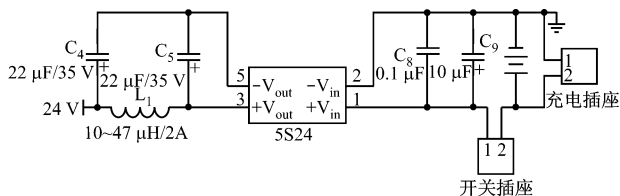


图 3 电压转换电路

HK9141 型振动加速度传感器正常工作时需要 2~20 mA 恒定电流作为激励电流。设计的电流激励电路如图 4 所示。该电路选用输出电压可变的

LM317 芯片。LM317 的输出电压为 $1.25 \sim 37 \text{ V}$, 输出电流可超过 1.5 A , 最小负载电流为 3.5 mA , 具有 0.1% 的输入和负载调节率, 同时具有限流、热断开等保护功能。 C_{BI} 为去耦电容, 用于消除电路中使用同一个电源而相互间产生的干扰和影响。

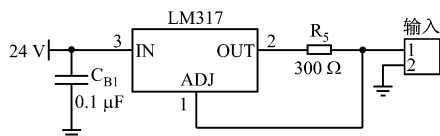


图 4 激励电路

LM317 有 3 个引脚,分别是调整端(ADJ)、输出端(OUT)和输入端(IN)。输出端和调整端之间电压差为 $U_{ref}=1.25\text{ V}$,则 LM317 的输出电流为

$$I_{\text{out}} = \frac{U_{\text{ref}}}{R_5} \quad (1)$$

将 $R_5=300\ \Omega$ 代入式(1)得 $I_{out}=4.16\ \text{mA}$, 该值在 $2\sim 20\ \text{mA}$ 恒定激励电流内, 因此设计的激励电路能够保证振动加速度传感器正常工作。

1.2.3 滤波电路

在振动信号调理板的后端设置滤波电路,作用有 2 个:① 提高信噪比;② 压缩频带,限制在小于 f_s (f_s 为采样频率) 的范围内,以免引起频率折叠的“假相信号”。振动加速度传感器输出电压 U_1 可以通过高通滤波环节消除低频噪声的影响,如图 5 所示。

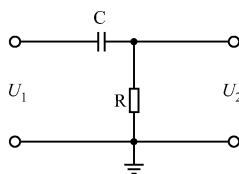


图 5 滤波电路

由图 5 可得滤波器的截止频率为

$$f_{\text{cl}} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

HK9141 型振动加速度传感器的频率响应范围为 $0.5 \sim 10 \text{ kHz}$, 所以滤波器的截止频率略大于 10 kHz 即可。选定滤波器的截止频率为 10.5 kHz 后即可设计滤波电路的元件参数。一般先选定滤波电容 C , 然后根据式(2)求出滤波电阻 R 的阻值。滤波器如果能选用小的滤波电容, 则价格较低, 但滤波电阻也不宜过大, 避免传感信号的衰减。故本文选取 $C = 22 \mu\text{F}$, $R = 5.1 \text{ k}\Omega$ 。

为方便多路振动信号的采集和调理,每个振动信号调理板上集成了4路调理电路。4路调理电路

统一由供电模块进行供电,每一路的信号调理电路包括激励电路和滤波电路 2 个部分。信号调理板的单路振动信号调理电路如图 6 所示。

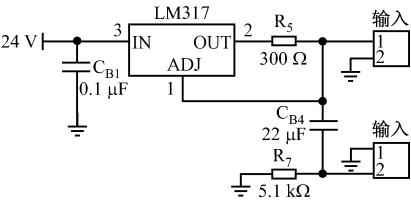


图 6 信号调理板的单路振动信号调理电路

1.3 防护设计

根据本质安全设计要求,振动信号调理板必须做特殊防护处理。电路板表面需进行浇封,同时所有的输入输出接口都必须防水且不暴露在煤矿井下环境中。鉴此,本文采用某工程塑料设计了一种防水外壳,将浇封后的振动信号调理板放入该外壳中^[4-5]。

2 测试结果

为了验证振动加速度传感器信号调理装置的实用性,采用 4294 型振动校正器和示波器搭建实验平台,分别对该装置的 4 路信号调理电路进行测试^[6-7]。4294 型振动校正器参数:激振频率为 $159.15 \pm 0.02\%$ Hz;加速度为 $10 \pm 3\%$ m/s²;速度为 $10 \pm 3\%$ mm/s。示波器获取的 4 路振动信号如图 7 所示。从图 7 可得出 4 路振动信号的特征参数,见表 1。

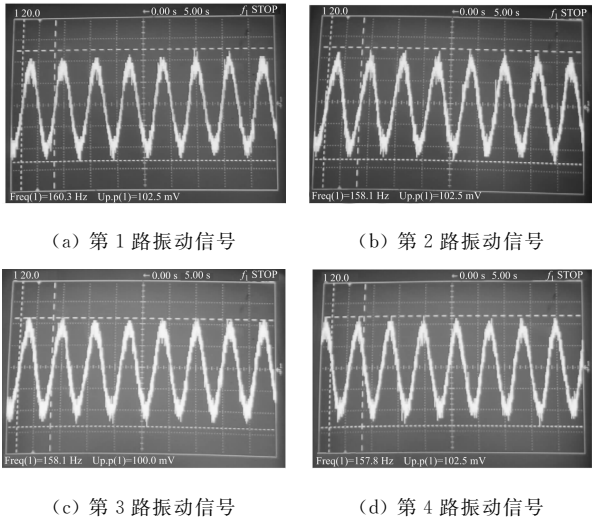


图 7 实验结果

表 1 4 路振动信号的特征参数

参数	第 1 路	第 2 路	第 3 路	第 4 路
频率/Hz	160.3	158.1	158.1	157.8
电压峰峰值/mV	102.5	102.5	100.0	102.5

振动校正器产生一个正弦加速度振动信号,该信号的峰值 $\hat{X} = 10 \pm 3\%$ m/s²,HK9141 型振动加速度传感器的灵敏度 $S = 5$ mV/ms⁻²。根据式(3),可得该振动信号的电压峰峰值 U'_{p-p} 为:

$$U'_{p-p} = 2\hat{X}S \tag{3}$$

得到信号调理电路理论上的输出电压峰峰值 U'_{p-p} 为 97~103 mV。表 1 中各路信号电压峰峰值都在理论电压内。因此,该矿用振动加速度传感器信号调理装置的灵敏度为 5 mV/ms⁻²。

振动校正器产生的正弦加速度振动信号的频率为 $159.15 \pm 0.02\%$ Hz,从表 1 可看出,4 路振动信号的频率误差均在 0.28% 以内。

测试结果表明,该信号调理装置具有一定的可靠性和实用性。

3 结语

研制了一种矿用振动加速度传感器信号调理装置,并从振动加速度传感器的选型设计、振动信号调理板设计及防护设计 3 个方面详细介绍了该信号调理装置的设计。测试结果验证了该信号调理装置的准确性。

参考文献:

[1] 薛光辉,周斌,樊双雁,等. 本安型数据记录仪的研制[J]. 机电产品开发与创新,2006,19(1):71-72.

[2] 吕俊芳,钱政,袁梅. 传感器调理电路设计理论及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.

[3] GB 3836.4—2000 爆炸性气体环境用电气设备 第 4 部分:本质安全型“i”[S].

[4] GB 4208—2008 外壳防护等级(IP 代码)[S].

[5] GB 3836.1—2000 爆炸性气体环境用电气设备 第 1 部分:通用要求[S].

[6] GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 A:低温[S].

[7] GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分:试验方法 试验 B:高温[S].