

基于 STM32 的齿轮闪温动态测量系统设计

Dynamic Measurement System of Surface Temperature of Gear Teeth Based on STM32

陈伟 郭向 (厦门大学航空航天学院自动化系,福建 厦门 361005)

摘要:采用动态热电偶法测量齿轮啮合区的齿面闪温特性的方法,选用 STM32F103x 芯片作为齿轮闪温信号的采集和转换控制器,提出一种异步采集传输方法,编写上位机软件对采集到的信号进行滤波和处理后绘制曲线图。测试结果显示本系统采集到的齿轮齿面闪温曲线与理论图形吻合度较高,是一种可行的齿轮齿面闪温测量系统设计方案。

关键词:STM32F103,齿面闪温,热电偶

Abstract:In this paper,a dynamic thermocouple method is used to measure the surface temperature fields characteristics of the gear meshing area.The STM32F103x chip is selected as the acquisition and conversion controller of the temperature signal.An asynchronous acquisition and transmission method is proposed in this paper.The signal is filtered and the curve is drawn afterwards.

Keywords:STM32F103,surface temperature of gear tooth,thermocouple

齿轮是工业机械系统中应用最广泛最关键的零部件之一。齿轮啮合面的闪温特性是考察齿轮的机械性能的重要指标,齿轮闪温采集的难点在于闪温信号是高速变化的,当前普遍的齿轮闪温的测量方法都是通过专业的大型仪器进行,设备成本高。本文提出一种基于 STM32F103 的齿轮闪温采集方案。

1 齿轮齿面闪温原理

物体接触时产生摩擦生热,导致接触面的温度瞬间上升,但是每个接触点的接触时间很短,所以温度的变化是瞬时的,所以称此种瞬时温度变化为闪温。齿轮齿面的瞬时温度 θ_B 是用来衡量齿轮性能的重要指标, θ_B 与齿轮的基本温度和瞬时接触温度(闪温)有关,其公式为:

$$\theta_B = \theta_M + \theta_{fla} \text{ (Blok 瞬间准则)}$$

其中 θ_M 是齿面的基本温度, θ_{fla} 是瞬时接触温度(闪温)。基本温度 θ_{fla} 容易测量,但是 θ_{fla} 用常规方法难准确测量,因为啮合点的接触时间是毫秒级,一般的传感器的响应时间达不到这么短的要求,所以本文热电偶作为温度传感器,具体的方法是将运转的齿轮本身做成热电偶,利用热电偶的测温原理,通过测量接触点的电势来换算出表面的温度值。

2 系统组成

2.1 机械部分设计

系统总体模块流程图如图 1 所示,其中机械部分主要是传动装置和齿轮的构造两个部分,其中传动部分采用三相电机,实验齿轮最高转速可达 2 400 r/min,用于驱动实验齿轮;变频装置用于调整齿轮的转速,负载调整装置用于调整负载陪试齿轮的负载,从而调整齿轮啮合时的扭矩。

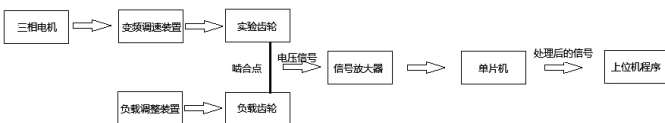


图 1 系统总体模块流程图

为了能形成热电偶,负载齿轮采用 40Cr 钢制造,实验齿轮采用康铜分三片制造,组成了铁-康铜(J 型)热电偶。为了避免在啮合时出现同时有两个齿接触从而影响实际信号的采集,实验齿轮三片采取疏齿设计,左右两个侧片相位一致,仅起传动作用,与中间片采取绝缘处理。中间齿轮与两个侧片有相位差,这样设计保证了齿轮转动的时候要么是中间片与负载齿轮啮合,

要么是两个侧片与负载啮合,仅有中间片齿轮是测量片,从而保证了每次啮合时只有一个齿与负载齿轮接触,排除了机械上的信号干扰。具体实现如图 2:

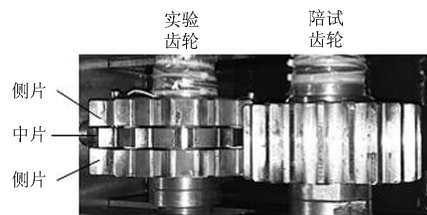


图 2 齿轮设计图

2.2 STM32 控制板设计

单片机硬件设计分为:MCU 模块、USB 转串口模块、齿轮转速采集模块、热电偶电压信号放大模块、24 V 电压转换电路模块、和备用扩展 I/O 口六个模块。实验采用 STM32F103C8T6 芯片,这是 ST 的一款中型芯片,最高频率可达 72 MHz,性能良好,可以满足实验要求的采集高速信号要求。

图 3 是齿轮的转速信号采集模块,由于本试验中的转速基本都在 1 500 r/min 以上,所以选用松下公司的 GX-H8A 光电传感器来采集转速信号,此款传感器具有建立时间短,响应速度快的特性,适用于本实验需要的高转速信号采集。

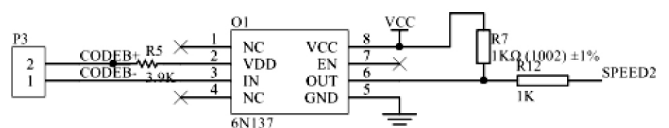


图 3 转速测量模块

图 4 是热电偶信号采集电路,因为热电偶产生的电压信号是毫伏级别,所以必须经过放大处理后才能输入单片机进行 AD 转换和信号处理,本文中采用的 INA118 放大器。它具有精度高、功耗低、共模抑制比高和工作频带宽的优点,适用于高频率小信号放大处理,试验中齿轮在高速运转下的闪温信号正是一种高频微小信号。冷端温度利用 DS18B20 温度传感器来测量。

为了准确平均地采集每一片齿轮的啮合点温度信号,提出了一种根据齿轮转速动态的设置 AD 转换频率的方式。具体的方法是先采集齿轮当前转速,根据转速和和齿轮的齿数换算出每一个齿的接触时间,然后根据预设的每个齿轮的采样点参数

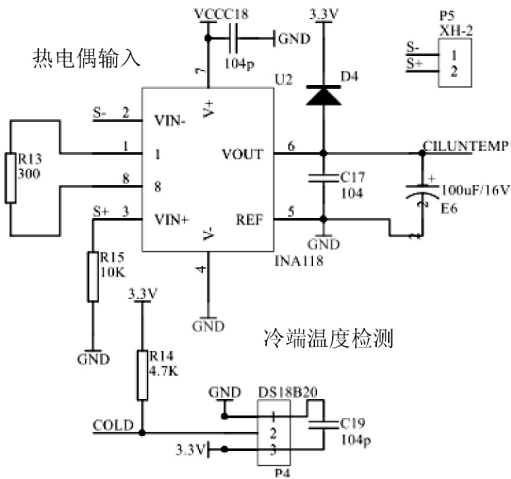


图 4 齿轮闪温测温模块

可以求出每一个采样点的时间，让 AD 工作在外部时钟触发模式，从而可以更精确地控制采样频率，然后根据此时间动态地来确定 AD 采样频率，从而保证了采样密度的均匀。

在实验中发现由于采样频率过高，导致串口不能达到实时传送数据的高速需求，所以采取异步传输的方法，即先利用 AD 模块的 DMA 模式可以让信号转换和转换后信号存储互不干扰的特性，并发地进行信号的存储和转换。当预设的数据缓冲区被填满后，产生的 DMA 传输完成中断会触发串口传输数据，将采集到的信号传输到上位机中，由于此时的信号不是实时的，所以串口无需利用极高的波特率完成信号传输。此方法很好地解决了高速信号的采集和传输过程中单片机性能局限的问题。

2.3 上位机 GUI 软件设计

上位机软件具有显示转速、绘制温度曲线、保存当前实验数据、导入保存数据并绘制曲线、坐标轴放缩、控制单片机采集数据的功能，使用 C# 语言编写，采集数据的命令由上位机发出。

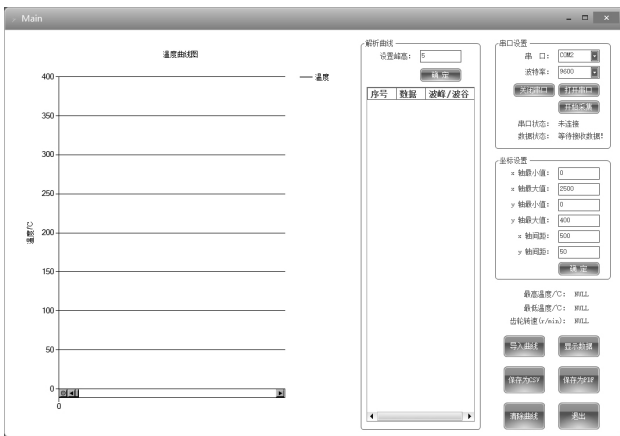


图 5 上位机软件主界面

(上接第 80 页)

明，该方法稳定、准确，且有较高的效率。

参考文献

[1] 郑庆元, 周思跃, 陈金波, 等. 基于立体视觉的钢卷检测技术[J]. 计量与测试技术, 2016, 43(5):36-39

[2] 马通, 徐智武, 华晓青, 等. 八音琴装配自动检测与矫正系统的设计[J]. 工业控制计算机, 2017, 30(1):35-36

[3] Yu Song, Mantian Li, Lining Sun, et al. Global Visual Servo-

具体的界面图 5 所示。

3 实验数据比较分析

其中 ABCD 段为单啮合点时齿轮闪温的理论计算曲线, DE 区表示齿轮在无啮合点的短暂时间内由于热电偶无接触导致电压为零。理论计算值的曲线以 0°C 为参考点, 实验数据曲线以当时环境温度作为参考点, 实验温度在 26°C 左右。可以看出实验得到的曲线形状和分布趋势与理论曲线基本符合, 其中数据存在的一些波动主要是由齿轮的机械精度造成的齿的各个部位摩擦系数存在一定的误差造成的。

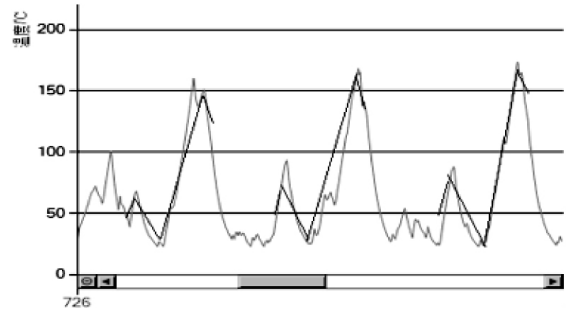


图 6 实验数据曲线

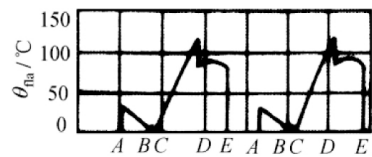


图 7 理论计算曲线

4 结束语

实验证明，利用分片式齿轮的设计制造方式来测量齿轮的闪温分布是可行的。本文实测了钢对康铜制造的齿轮的齿面闪温分布曲线，曲线所显示的闪温分布趋势与理论基本一致。结合热点偶测温的原理和特性，本文设计了一种全新的利用 STM32 单片机采集高速变化的齿轮闪温信号，并通过上位机接收绘制闪温分布曲线的齿轮闪温采集方案。

参考文献

[1] 马忠梅, 王美刚, 孙娟, 等. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2013

[2] 刘火良, 杨森. STM32 库开发实战指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2013

[3] 杨振江. 热电偶测温的软件处理方法[J]. 电子测量技术, 1994(2): 8-20

[4] 吴来杰, 严隽薇, 刘敏. 基于数值计算的热电偶测温[J]. 机电一体化, 2008(11):73-75

[5] 张有忱, 孟惠荣. 动态热电偶法测量齿面闪温分布实验研究[J]. 北京化工大学学报, 2000, 01

[收稿日期:2018.4.17]

ing of Miniature Mobile Robot inside a Micro - Assembly Station[C]//Proceedings of the IEEE International Conference Mechatronics&Automation. 2005:1586-1591

[4] Nurunnabi A, West G, Belton D. Robust Outlier Detection and Saliency Features Estimation in Point Cloud Data [C]//Computer and Robot Vision (CRV), 2013 International Conference on. IEEE, 2013: 98-105

[5] 吴学明. 图像分割的算法研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2005

[收稿日期:2018.4.27]