

稳像式火控瞄准镜伺服系统设计与实现

王莲花

(内蒙古包头职业技术学院 014033)

摘要: 控制系统是坦克中的一个关键部件,是一种能够快速完成观察、搜索、瞄准、跟踪、测距、弹道校正、计算等功能。一种用于控制枪械瞄准和完成开火等作用的设备。而最基本的,就是光学瞄准,可以观察,可以瞄准,可以追踪。为保证坦克的火控系统能够在不动,不动的情况下完成对目标的锁定和射击,国内外对其进行了较为深入的研究,根据瞄准镜的控制方法,现代坦克炮的火力控制系统可划分为随动式和稳象型,本论文重点介绍了稳象型火控瞄准器的伺服系统的设计。

关键词: 坦克瞄准镜; 稳像式; PID 算法; ARM

引言

早期的指挥仪式火控系统体积庞大,质量较重,可靠性差,维修和维修困难。随着微电子技术的快速发展,集成电路的规模越来越大,使得火控系统的体积越来越小,重量越来越轻,维护也越来越好。

该系统将传感器、逻辑控制器件和驱动功率器件结合在一起,提高了系统的整体性能。有些国家已经采用了数字技术,制造出了许多优秀的装备,比如美国坦克和德国的“豹”坦克。坦克的瞄准装置可以“猎开”,就算炮手在攻击敌人的坦克时,驾驶员也可以瞄准新的目标。同时,我国也借鉴了国外的坦克技术,研制出了性能优良、火力控制精确、防护能力强的新型坦克。

本项目来源于扬州北激光技术股份有限公司的改建项目,同时也是本人在读研期间的一个实习单位。本文对现有的稳定性火控系统进行了再设计。为了达到与现有系统的兼容性,以及公司提出的设计需求,本文提出了一种以数字模拟为基础的三环控制方案,以达到瞄瞄准镜稳定成像的目的。这对未来稳定图像伺服系统的设计和实习单位的产品数字化改造,都有一定的参考价值。

一、瞄准镜伺服系统建模与调节器设计

针对瞄准镜稳象伺服系统的设计要求,伺服系统应具有如下性能:精度是指瞄准镜伺服系统的控制精度,要求系统具有准确、可靠的位置误差信号、速度反馈信号及电枢电流信号的取样电路。控制精度是保证该系统稳定运行的先决条件。稳定的稳定性有两个方面,一是为了避免大脑和火线之间的偏差,二是为了确保跟踪的稳定性;另一方面,它可以隔绝外部干扰,确保系统工作的稳定性。快速性在控制中,通过对瞄瞄和着火线路的偏差进行快速地探测,根据特定的算法对发动机进行调节,并对来自火控计算机的命令信号作出反应。在达到精确度后,速度是衡量伺服系统性能的重要指标。

该系统采用电流、速度、位置调整等技术。电流调整器是三环路中最内环,它能使电枢电流随电流的大小发生改变;电动机在运行中会出现堵塞现象,这时电枢内的电流较大,采用稳压器可以有效地防止电流过大,避免电动机烧坏;在正常运行时,它还具有一定的转矩,提高了系统的抗干扰能力。调速器可以作为一个独立的干扰,其被指定为位置调节器的输出。调速器能够根据给定的条件改变马达的转速。常用的调速方法都是以动态特性好、不存在静态误差为主要目的,对调速的要求也不高。所以,调速器通常都是采用比例积分调整器,以达到工程设计的需要。该系统的最外环和最大的调整器是位置调节器。

从理论上可以看出,位置误差和速度反馈都是由系统内的变换芯片提供给位置速度调节器的电压信号。参考火控系统的具体指

标,位置误差与电压量、反馈速度、电压值、电压值和电压量之间呈线性关系,当位置环和速度环调整时,主控制器会把电压值转化为真实值。APR、ASR、ACR 分别代表位置、速度和电流调节器。电流环和位置环都进行了单位负反馈,电流环中霍尔传感器的放大率 K_w 得到了充分的保留。三环调整器的设计要从内而外依次进行。首先进行电流调节器的设计,在完成设计后,确定全电流环路的传输函数,并以其为调整目标,设计了转速回路调节器;最终得到了转速回路的传递函数,并对位置回路进行了调整。在确定稳压器的结构时,首先要保证系统的稳定性,并考虑到所要求的稳态精度,第二部分要达到动力性能指标的要求。

二、瞄准镜伺服系统设计

(一) 瞄准镜伺服系统硬件设计

稳定像瞄准器是坦克火力控制的重要组成部分,其作用是控制瞄准器跟踪射击。该火控装置为伺服控制系统在高度和方向两个方向上的瞄准镜位置误差、瞄准镜速度和马达电枢电流,通过转动变换器测量位置误差,用液体悬浮式积分速度计测量速度,用霍尔传感器测量电枢电流。它们都是以电流的方式输入到了这个体系中。该系统将输入的 6 个输入端输入到一个伺服环路中,通过三个环路进行调整,得出输入到电动机的电压,再通过功率放大器进行控制。

因为这个项目是基于现有的火力控制装置,对瞄瞄进行了改型,因此,该系统采用了仿真回路,大多数的传感器都是仿真的。根据稳定成像系统的性能需求,以及公司所提供的设计思路,确定了数模混频的设计思路:位置和速度调节器的数字化,LPC2366 作为主要的控制器,以及对电流回路和驱动电路进行了仿真。

在具体的硬件方面,将位置、速度调节器等硬件部分放在同一块电路板上,而在其他的电路板上分别设置了一个稳压器和一个驱动器,使其在整体上与整体的火力控制体系相适应。同时,为确保主控芯片工作的稳定、不影响数字和模拟信号的互不影响,在硬件方面,利用磁藕体绝缘,使其在铁纤体中绝缘,而在外围完全是仿真线路。

从该系统的需求可知,该系统的主要作用是:

(1) A/D 取样: TLC3578 对两个方位的位置误差信号和速率信号进行取样,并将其变换为数字信号,然后输入到主控系统中。在此,我们使用连续逼近型 14 位精度取样晶片,以确保取样精度。

(2) 模数变换: AD5754 将调整位置和速度的调整以一个电压的方式输入到稳压器中。

(3) 时间: 该主控芯片具备计时装置,可藉由设置计时器,实现四个周期的模数取样及位置环及速度环调整。

(4) 电流调整: 利用仿真线路建立, 节约了主机的运算能力。其功能是根据一定的电压来改变电动机的电枢, 从而达到稳定电动机的电流和扭矩。

(5) PWM 的调节和转换: 在电源上施加的平均电压幅度是通过调整电源的激励脉冲的开启和关闭的时机而达到的。该系统使用了仿真线路, 避免了专用的电源驱动器。

(6) 外控讯号的加工: 由输入输出端口对来自火控系统的控制讯号进行加工, 并提供予 A/D/D/A 之控制讯号。

根据上述的各项性能要求, 分别制作了一台双向电路板、一台功率放大器驱动板以及一台调试用的电路板。后面的部分将详细介绍瞄准器的伺服系统的硬件结构。

(二) 瞄准镜伺服系统软件设计

在进行软件开发之前, 必须对整个系统的软件进行全面的设计和选用。再按自上而下的方式进行模块化, 实现了程序模块化, 便于软件的调试和更新, 减少了各种函数的对称性, 减少了程序的误码率。

系统软件是指在底层驱动程序上运行, 并对各模块进行合理的调用, 实现了对系统的调用。通过设置定时中断, 可以对采样点的位置和速度进行周期性的反馈, 从而对调节器的输出进行运算, 并给出调整值。循环运转。

在系统的初始化中, 主要是执行下列步骤:

- (1) 完成芯片的时钟设置, 为了满足系统的快速性需求, 将主控制器的核心频率 F_{ex} 设置为 60MHZ。
- (2) 打开核心中断的功能, 确保计时器的中断能够正常工作。
- (3) 将主机的周边管脚配置为 GPIO, SSP 端口, SPI 端口, UART 端口。
- (4) 完成 GPIO, SSP 端口, SPI 端口, UART 端口, 计时器。
- (5) 初始化和宏定义全局变量。

然后系统就进入了 while 主循环, 主循环是指系统运行状态, 在高电平时, 系统在运行。如果没有, 就会返回;

接着, 两环调整标记比特 Timer_Mark1 被判定, 在 1 的情况下, 首先过滤采样得到的四个信号, 以得到更接近的数据。执行位置回路调整及电流回路调整。调整完成后, 存储四个信号的累积寄存器清零, 两环调整标记位 Timer_Mark1 被清零, 并由 UART 端口将位置错误的结果传送到上级计算机, 并将脉冲信号传送到外部的看门狗, 以消除监视。同时, 对高低伺服输出线和方向伺服输出线的电平状况进行判别, 并依据各自的情况, 实现高低、方位的转速回路。当输出结束时, 回到循环的起点。

在两个环路调整标志比特是低的情况下, 判定取样标记比特, 如果是 0 时, 取样标记比特返回循环起始位置。在 1 为 1 的情况下, 每一次对四个模拟信号进行取样, 并将取样的结果存入累加寄存器, 以 $N=N+1$ 的累积次数, 使取样识别位为 0。

在采集四个方向和高度方向的位置误差信号和速度反馈时, 系统软件采用定时功能, 每 50us 采集一次四个模拟信号, 并将其结果累加到四个整体变量中。并置 $N=N+1$, 在生成 1 毫秒的中断标记比特时, 处理器对累积的结果进行平均, 然后进行数字滤波。

三、稳像式火控瞄准镜伺服系统的实现

系统中的串行接口可以用于 ISP 模式下的编程, 也可以用作主机将各种调试信息传送给主机。

该系统以查询方式传输串口, 中断方式进行接收。为检验它的收发功能, 主机采用串口调试辅助软件将数据传输到串口, 并在主机上运行串口测试程序。赶紧把消息发了过去。主机的串行接口与

主机 COM3 接口, 具有 9600 比特速率, 不带校验位, 8 比特数据比特, 1 比特停止比特。所以, 将串行下拉菜单设定为 COM3、9600 波特率、NONE 和 8 个数据比特。选择停止位 1, 完成选择, 按下“打开串口”键, 指示灯从黑色变成红色, 并与表面的串口相连。

在整个系统中, 定时器是主要的功能, 它是由定时器实现周期数据采集和双回路调整的。为检验计时器能够触发时序中断, 并在中断功能中执行指令, 进行以下的出错:

设定定时器 0 与寄存器 TOMRO= $F_{plck}/5000$, 也就是每 200us 触发一个中断; 将 TOMRO 与 TOMRO 相匹配, 再将 TOTC 重置, 生成一个中断标记, 再将特定 IO 端口的水平反转指令添加到中断程序中。程序运行后, 用示波器测量了 IO 端口的波形, IO 端口的 IO 端口电压为 +3.3V, OV 为 +3.3V, 从图表中可以看出, 横向坐标为 200us, 纵向坐标为 2V。通过对该计时器的分析, 发现该计时器具有定时与中断的功能, 满足了该系统的设计需求。

A/D 模块是由模拟电路和数字电路组成的, 它用于把四个模数转换成数字信号, 然后再由主控制器进行处理。该方法包括: 在 TLC3578 的输入信道 0 中插入包含可调节电阻器的分压回路, 并通过调节阻值来改变 TLC3578 信道上的电压。在主机上编写了一个测试程序, 对 20 个信道 0 的电压进行了测量, 然后用串行接口传送到主机。在实际的调试中, 将输入通道 0 的电压设置为 +5V, 通过串行调试助手所得到的电压, 从图表中可以看出, A/D 变换的设计符合要求。

PWM 波形调节与控制电路由模拟电路构成, 该电路是电动机的驱动电路, 其功能是通过 DC 斩波的方式将电流回路输出到 H 桥路上。从前面的硬件设计中可以看出, PWM 的周期和三角形波形是一样的, 它的周期是通过可调节的电阻器 R 来控制的, 并且可以阻止同侧场效应管的导电。在“死区”时, 使用了双阈值延时比对比技术。

在调试期间, 会包含一个可调整的电阻器。电流环的输出端由分电压回路连接, N2 的 OUT1、OUT2 由示波器进行测量。从硬件电路的设计可以看出, 对可变电阻 R 进行了调节。可以在不改变波形周期的情况下, 改变波形的工作循环; 通过对 R 的调节, 可以使波形周期发生变化, 而占空比不变。

结语

本文的研究工作是: 设计和开发稳定像瞄准器的伺服系统, 实现瞄线对火线的跟踪。该系统的硬件部分采用了数模混合的设计方法, 基于主控制器芯片的位置和速度调整, 并使用了分体式的积分运算。定期调整由定时功能实现, 同时, 为适应火控系统, 采用模拟电路进行电流调节器和驱动功率放大器。稳定像瞄准伺服系统是坦克火力控制系统中的一个关键部件, 该系统能有效地消除射击和射击之间的误差, 同时具有快速、低误差等优点。本文将在今后的研究工作中, 不断地开发稳定成像的瞄准器, 并在该系统的基础上进行改进, 使其更好地发挥作用。

参考文献:

- [1] 袁海宵, 王慧贞. 基于无刷直流电动机伺服系统的位置环设计[J]. 电力电子技术. 2018(04)
- [2] 刘廷章, 尚晓锋, 王世松, 龚安红. 力矩电机性能实时监测技术研究[J]. 组合机床与自动化加工技术. 2020(03)
- [3] 成晟, 史彬娇. 隔离技术在嵌入式系统接口中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用. 2019(07)