

# 某武器伺服系统的建模与控制策略研究

王莲花

(内蒙古包头职业技术学院 014033)

**摘要:** 随着现代军队实力的不断提高,对导弹破障机的性能提出了更高的要求。但是,位置伺服系统的工作特点直接影响到火箭发动机的射击精度和稳定性,所以对其进行定位伺服系统的研究具有重要意义。本论文以某型号导弹的交流位置伺服系统为对象,对其进行了系统建模和控制策略的研究。本文以某型导弹为背景,以某型导弹的交流位置伺服系统为研究对象,进行了系统的建模与控制策略研究。在此基础上,建立了一个用于实际应用的导弹破障器控制系统的半物理仿真试验平台,给出了该试验平台的关键部件。基于辨识模型,对其进行了控制策略的研究。

**关键词:** 火箭破障武器;交流伺服系统;模糊神经网络控制

## 引言

火箭弹是一种用来攻击目标的火箭弹。火箭弹是一种既能攻击又能防御的远程攻击武器,在战场上起到了很大的作用。随着军队实力的不断增强,目前的战场条件下,对火箭弹的精确打击和远距离压制能力提出了更高的要求。为了缩短发射准备时间,提高机动性,采用信息化、全自动数字火控技术取代了传统的手动瞄准。火控系统对火箭弹进行精确、快速、准确的射击是非常关键的。武器的控制系统是控制和稳定的重要部件,它的性能对整个火控系统的性能有很大的影响。随着科技水平的不断提高,火控系统的发展速度也越来越快。火力控制系统的开发有以下几个步骤:

(1)简单的火力控制装置,早期的火力控制系统结构简单,瞄准线通常是由枪管轴线驱动的。火力控制的优劣取决于该武器的火炮控制系统。

(2)控制仪式的火力控制,与以前的火力控制系统不一样,该系统的瞄准线不随炮筒的轴线移动,而是在枪口上加装了一个单独的瞄具,使得瞄准线始终保持在射击位置。通过将瞄准线与轴分开,可以有效地提高火炮的追踪精度,使炮塔在移动时能够准确地瞄准和开火,从而极大地提高了火力控制的效能。

(3)对目标进行自动追踪的火力控制,该系统是基于计算机图象追踪技术的最新火控系统,通过增加一个自动追踪装置,实现了对火炮的追踪和锁定的分离。

由于在崎岖不平的地形条件下,火箭弹的弹射过程中,车身的震动会引起弹射平台的晃动和位移抖动,从而使弹头的方位角偏离原来的预定方位角,即便是瞄准具的初始位置是正确的。想要快速的攻击到敌人,是非常困难的。此外,由于干扰和不确定性的影响,导致了火炮控制系统具有非线性时变性。因此,在火箭破障武器控制系统中采用先进的控制技术,提高其射击精度和综合性能,具有十分重要的现实意义。

## 一、伺服系统介绍

伺服系统又叫跟随式系统,用于控制被控物体的位移量、转角量或加速度测量等。在需要准确、迅速地进行定位的情况下,伺服系统的作用是确保输出的准确率随着输入而发生变化,因此,该伺服机构必须具有对跟踪指令的迅速反应能力。若将其按照所述的执行单元划分为:直流伺服系统、步进伺服系统、交流伺服系统等。

## 1.1 直流伺服系统

上个世纪 60、70 年代,是 DC 伺服控制技术发展的一个重要里程碑。由于采用了开环技术,所以采用了一种新型的、具有高精度的直流电动机,采用了一种新型的、具有很好的控制精度的直流电动机。随着微型计算机技术、电子技术和 IC 技术的不断发展,直流伺服电动机的技术也有了长足的进步,特别是采用了一种新颖的采用脉宽调制技术的 DC-DC 伺服控制技术,从而使它得以快速发展和普及。该系统的优点是:控制方式相对简便,精度高,而且功率大。其不足之处在于:换向器、刷在工作过程中易产生磨损,运转时转子会产生热量,限制了其在高转速下的使用。随着新的材质和工艺的进步,直流伺服系统的寿命得到了极大的改善,目前已广泛应用于某些需要高精密测量的领域。

## 1.2 步进伺服系统

步进伺服在 80 年代出现,步进马达的出现,使步进伺服系统得以应用。根据是否有反馈,步进伺服系统分为开环和闭环两种。开环步进伺服系统中没有位置信息反馈,因而不能探测到步进电机的位置信息,而步进电机仍按照它的工作模式工作,因此也会产生振动、失步等问题。步进伺服系统具有操作简便、精度较低等特点。闭环步进伺服系统和开环步进伺服系统不同之处是闭环步进伺服系统具有位置反馈调节功能,通过对步进伺服的脉冲信号进行调整,使系统定位精度得到改善,闭环控制比开环步进伺服系统具有较高的速度和较高的稳定性。

## 1.3 交流伺服系统介绍

自八十年代起,随着永磁材料的发展,半导体技术和微处理器技术的不断发展,交流伺服技术得到了越来越多的应用。特别是矢量控制技术的发展和成熟,将极大地促进交流伺服系统的发展。交流伺服电机有感型型和永磁型,目前应用最多的是永磁型。与一般的同步电动机不同,它采用永磁系统代替励磁绕组,使其体积减小、重量减轻,而且可以防止转子产生发热,从而提高工作效率。与直流电机相比,它没有像电刷和整流器那样的缺陷,并且具有较高的过载容量和较小的惯性,从而在同样的容积下。交流伺服马达的输出功率较高;与异步电机相比,该电机的转子参数是可测量的,并且具有良好的控制效果。此外,随着科技水平的不断进步,采用永磁同步电动机作为交流伺服系统,其技术已相当成熟。

## 二、交流伺服系统的建模方法

目前控制理论日益注重对被研究的目标进行建模,以便对其进行量化、系统的分析、模拟和控制。所谓的数学模型,就是用物理原理的基本知识,简化成数学结构。当前,有两种基本的数学模型构建方法:

### 2.1 机理分析法

采用已有的公式和法则,运用数学的手段,对所研究的体系进行了细致地分析,并运用数学的手段来构建该体系的数学模式,适合于一般称作“白箱”问题的单一体系模型;

### 2.2 测试法建模

这种方法是一种对系统进行识别的方法,它无需对其机制进行深入的研究,对非线性系统具有普遍的适用性。该方法采用测量输入和输出数据,并用大量试验数据对其进行近似。这是一个典型的“黑箱”问题。通过建立该系统的数学模型,可以对其进行性能的分析与改进,从而为自适应控制、优化控制等的设计与应用提供了便利。并对各种控制策略进行了计算机模拟,并对其进行了仿真,并对其进行了优化设计。由于多种复杂因素的作用,使得整个系统都变成了一个非线性的系统。

### 2.3 神经网络

它具有独特的学习功能,能够根据环境和系统的改变,具有多输入多输出的网络结构,便于对多个变量的系统进行识别与控制。多层前馈神经网络能够在任何精确度下对非线性映射进行近似,从而为复杂非线性系统的建立开辟了一条新途径。因此,在系统识别方面,神经网络具有广阔的应用前景,BP神经网络和RBF神经网络是目前应用最广泛的两种方法。

### 2.4 遗传算法

GA即遗传算法,它通过对自然界中生物的自然选择与演化过程进行仿真,从而得出一种全局优化的求解方法。该方法具有不依赖问题模型的特点,能快速、高效地进行求解,并在多维、复杂、非线性系统中得到广泛应用,其它常用的辨识技术包括小波神经网络、模糊逻辑辨识,系统辨识等。

## 三、交流伺服系统的控制策略

在控制系统中,良好的控制策略起着至关重要的作用,它能充分发挥控制的作用,PID控制,滑模控制,神经网络控制,Hoo控制,模糊控制,自适应控制等。

### 3.1 PID控制

PID控制<sup>[23]</sup>是一种算法简单、可靠性高、健壮性好、应用范围广泛的控制策略。PID控制顾名思义就是由三个主要控制部件构成:偏离率P、积分I、差分D,分别调节三个部件的参数,以达到最佳的控制效果。因此,很多改进的PID算法应运而生。李广军<sup>[24]</sup>等人提出一种基于RBF的PID控制算法,并用MATLAB软件进行了仿真,结果表明,这种控制策略具有很好的鲁棒性和适应性,能够满足目标指标的精度要求,是一种有效的控制方法。

### 3.2 自适应控制

自适应控制是一种适应性强的控制方法,它可以通过不断地测量自己的状态和参数,比较目前的输出与预期的数据,并根据比较

的结果来调节控制器的参数。从而实现最佳的控制,提出了一种布雷兵器定位的神经网络自适应PID控制方法,满足受控目标的控制需求。

### 3.3 模糊控制

模糊控制就是利用大量的工程实践数据,对其进行归纳和总结,得到相应的控制规律,最后由计算机来实施。该方法无需精确获取被控对象的数学模型,仅需积累足够的运行数据和经验即可。模糊控制是一种应用于智能控制的模糊理论。其基本思路是:将人类特定领域内的专家所掌握的受控对象或过程的控制经验,以IF(THEN) THEN (IF (THEN))的控制规则,通过模糊推理,得到一组控制行为,用于受控目标或控制过程。由于该控制方法要求有一定的经验性,所以一般采用模糊滑模控制、模糊神经网络控制、PID控制等控制方法。通过对试验台二次调整加载系统的模糊PID自整定控制进行了研究,该控制器将PID控制和模糊PID控制相结合,有效地解决了二次调整系统的时变性和非线性,从而改善了控制效果。

## 结语

在战争中,火箭弹在清理障碍物方面扮演着举足轻重的角色。如今的战争,已经进入了高度的信息化时代,对于武器的需求也是越来越大。本文针对某型导弹的交流伺服系统,给出了一种满足控制指标的控制方案。在此基础上,建立了一种用于火箭破障器交流伺服系统的半物理仿真平台,并对其各部件进行了详细的描述,并给出了相应的硬件电路。

根据交流伺服电动机的非线性特性,采用坐标变换方法,建立了D-q坐标系下的永磁同步电动机的数学模型,并给出了相应的计算公式,并对电流环,速度环,位置环三环进行了设计,得到了各个环的传输函数。

本文通过RBF神经网络和基于遗传算法的RBF神经网络识别系统进行了基于RBF网络的识别,并对两种识别方法进行了对比和分析,实验证明,GA-RBF具有良好的识别性能。

所以,本文选取了GA-RBF进行识别。基于该模型,本文研究了该系统的控制策略。利用MATLAB软件对RBF网络进行了仿真,并对RBF网络进行了自适应控制。通过半物理仿真试验,证明了基于RBF神经网络的PID自适应控制能够达到技术指标的要求。

## 参考文献:

- [1]陈甫良.伺服系统的现状及发展趋势分析[J].科技资讯.2018(33)
- [2]张超群,郑建国,钱洁.遗传算法编码方案比较[J].计算机应用研究.2020(03)
- [3]王述彦,师宇,冯忠绪.基于模糊PID控制器的控制方法研究[J].机械科学与技术.2019(01)
- [4]边霞,米良.遗传算法理论及其应用研究进展[J].计算机应用研究.2020(07)
- [5]张春风.浅谈伺服系统的设计[J].职业.2018(14)
- [6]刘俊丽,韩旭.遗传算法技术浅论[J].电脑学习.2019(05)