南京航空航天大学

大学生创新实践工程自由探索计划项目

申请书

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称： | 针对非线性MIMO系统的自抗扰控制器研究 |
| 申报类别： | 理论探究 |
| 申 请 人： | \*\*\*\*\*\* |
| 申请人学号： | \*\*\*\*\*\* |
| 所属学院： | \*\*\*\*\*\* |
| 联系手机： | \*\*\*\*\*\* |
| 电子邮件： | \*\*\*\*\*\* |
| Q Q号码 ： | \*\*\*\*\*\* |
| 指导教师： |  |
| 管理单位： |  |

南京航空航天大学 教务处

2018年制

**填表说明**

1. 本申请书所列各项内容均须实事求是，认真填写，表达明确严谨，简明扼要。
2. 本申请书为A4开本，左侧装订成册。可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件一致。
3. “申报类别”可填写以下内容：创意设计、原型探究、理论探究、实验探究、管理探究。
4. “研究时间”原则上为6个月
5. “项目性质”包括“全新申报”和“持续研究”两类，申报“持续研究”需在“申请人曾经参与过的创新实践情况”一栏中说明原自由探索计划项目名称。
6. 项目组长与指导教师不在同一院级单位的项目一般按照项目所属学科或者指导教师所在学院确定其管理单位。
7. “项目组主要成员”栏目中需在首行填写项目组长（项目申请人）信息。
8. 项目若有指导教师则填写“指导教师”一栏，“职称”栏目须填写国家标准职称系列名称，如果是指导教师团队则须填写所有指导教师基本信息。
9. “经费预算”主要包括：元器件费、实验耗材费、测试化验加工费、图书资料费、学术交流会议费、调研差旅费、发表论文版面费、知识产权事务费、市内交通费、其他与项目研究有关的费用等。不得包括下列事项相关费用：餐饮、劳务、旅游、通讯、计算机配件、移动存储、设备维修、办公耗材（墨盒、硒鼓、打印纸等）、其它与项目研究无关的费用。

**一、基本情况**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | 针对非线性MIMO系统的自抗扰控制器研究 | | | | | |
| 申报类别 | | 理论探究 | | | 项目性质 | 全新申报□ 持续研究□ | |
| 研究时间 | | 6 个月 | | | 预计经费 | 1500 元 | |
| 项目组成员 | 姓 名 | | 学号 | 所在学院 | 专业 | 联系电话 | QQ信息 |
| \*\*\*\*\*\* | | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* |
| \*\*\*\*\*\* | | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* |
| \*\*\*\*\*\* | | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* |
| \*\*\*\*\*\* | | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* |
| \*\*\*\*\*\* | | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* | \*\*\*\*\*\* |
| 指导教师 | 姓名 | | 工作证号 | 所在学院/部门 | 职称 | 联系电话 | 电子邮件 |
|  | |  |  |  |  |  |
|  | |  |  |  |  |  |
| 申请人曾经  参与过的创新实践情况 | | | 负责人\*\*\*\*\*\*曾主持一项国家级大学生创新实践项目，已结题；\*\*\*\*\*\*曾主持一项院级自由探索项目，已结题。 | | | | |
| 项目团队分工 | | | \*\*\*\*\*\*：仿真与改进；\*\*\*\*\*\*：仿真与理论研究；\*\*\*\*\*\*：资料整理，负责扩张观测器部分研究；\*\*\*\*\*\*：负责跟踪微分器部分研究。 | | | | |
| 项目简介  （**200**字左右） | | | 自抗扰控制是韩京清研究员基于对非线性PID控制器的研究和改进，于1998年提出的一种新型控制器，继承了PID控制器不需要数学模型等特点，并克服了经典PID控制器的多项缺点，具有很高的理论与应用价值。本项目旨在探索非线性与线性自抗扰控制器的各项性能特点，研究其对非线性系统以及MIMO系统的控制性能，并进行优化：（一）融合智能算法，降低参数整定的难度；（二）改进扩张观测器，以提高其对周期性正弦扰动的抑制能力。 | | | | |

**二、课题论证**

|  |
| --- |
| 1 研究目的和研究意义 |
| 自抗扰控制是由韩京清研究员整合了跟踪微分器（TD）、非线性状态误差反馈环节（NLSEF）以及扩展观测器（ESO）的研究成果，于1998年正式提出的一种新型控制技术。自抗扰控制技术凝聚了韩京清研究员对线性与非线性反馈、模型论与控制论的独到见解。发扬并丰富了PID控制器的优势，在控制多种线性与非线性模型中展现了显著的优势，有望在实际运用中取代沿用至今的PID控制。但传统的韩氏自抗扰控制律共有12个待整定参数，其中多个参数之间有着很强的耦合关系，对于系统的控制性能甚至稳定性都有很大影响。因此自抗扰控制仍有很大的改进与研究空间。  本项目旨在加深对自抗扰控制的理解，在已有成熟自抗扰控制器的基础上，通过两种方式对其进行改进：（一）结合新的智能算法，降低参数整定难度并扩大适用范围，进一步提高其对复杂非线性系统以及MIMO系统的控制效果。（二）改进自抗扰控制器的扩张观测器部分（ESO），使其对于正弦周期性扰动有更好的抑制作用。最后我们将把改进的算法编写成基于ARM控制器的控制程序，对其在实际使用中的效果进行评估。 |
| 2 国内外研究现状 |
| 近年来，自抗扰控制日渐受到重视，其理论与工程应用都取得了积极进展。截止目前，已经有很多文献对自抗扰控制的理论、应用以及思想进行了讨论。文[1]对自抗扰控制器中所蕴含的控制思想进行了阐述；文[2]介绍了自抗扰控制在解决时滞系统中常用的设计方法，文[3]介绍了非线性自抗扰控制器在参数整定上的方法；文[4]概括了自抗扰控制在飞行控制、机器人控制以及电机控制上的研究成果；文[5]从扰动观测器的角度分析了自抗扰控制器的性能与特点。  随着研究的深入，近年来也出现了很多对于改进自抗扰控制技术的研究。张荣、韩京清[6]提出了基于神经网络的自抗扰控制器, 将神经网络技术融合到ADRC中去, 用辨识出的ANN去补偿掉对象的一部分, 使原对象的变化范围变小, 从而提高ADRC的控制性能；北京理工大学的夏元清[4]等利用ADRC与滑模控制进行复合控制, 以克服滑模控制的抖振问题和自抗扰控制估计能力受限问题；克利夫兰州立大学的Shen Zhao[8]提出预测控制和ADRC结合的办法，针以解决对时滞对象的控制问题。然而目前将ADRC与自适应控制和无模型控制结合的研究依然较少。  参考文献：   1. 黄一, 张文革. 自抗扰控制器的发展 [J]. 控制理论与应用, 2002,19(4): 485 – 492. 2. 王丽君, 李擎, 童朝南, 等. 时滞系统的自抗扰控制综述 [J]. 控制理论与应用, 2013, 30(12): 1521 – 1533 3. 陈星. 自抗扰控制器参数整定方法及其在热工过程中的应用 [D].北京: 清华大学, 2008 4. 夏元清, 付梦印, 邓志红, 等. 滑模控制和自抗扰控制的研究进展 [J]. 控制理论与应用, 2013, 30(2) 5. 王海强, 黄海. 扩张状态观测器的性能与应用 [J]. 控制与决策,2013, 28(7): 1078 – 1082 6. 张荣, 韩京清. 基于神经网络的自抗扰控制器 [J]. 系统仿真学报,2000, 12(2): 149 – 151. 7. ZHAO S, GAO Z. Modified active disturbance rejection control for time-delay systems [J]. ISA Transactions, 2014, 53(4) |
| 3项目创意、研究设想、研究内容、研究方法以及重点和难点 |
| 本项目的研究始于《控制理论仿真与CAD》课程的大作业。本项目组在完成了基本的非线性ADRC控制器的建模与仿真之后，试图通过将ADRC与目前流行的神经网络算法结合，降低其参数整定的复杂性；同时通过查阅文献，我们意识到ADRC控制器很可能能够克服非线性MIMO系统控制的难题；最后在对ADRC控制器叠加正弦噪声仿真时，发现传统韩氏ADRC对正弦噪声抑制较差，通过查阅文献，发现相关研究较少，因此本项目希望能够通过改进ESO来提高其对正弦扰动的抑制能力。  项目创意：将ADRC应用于具有周期性正弦扰动的非线性MIMO系统  研究设想：改进后的ADRC控制器能够对非线性MIMO系统有较好的控制效果，对正弦扰动也有较好的抑制效果，同时其运算量适中能够在基于ARM微处理器的控制器上运行。  研究内容：（1）线性与非线性ADRC控制器的基本设计理论  （2）ADRC对非线性MIMO系统的控制性能以及参数整定方法  （3）智能算法的理论学习与仿真  （4）ESO的改进方法以提高其对正弦噪声的抑制  （5）实现基于ARM微处理器的控制系统并对算法进行试验。  研究方法：通过理论研究与仿真相结合的方法进行研究。首先将问题分解为“ADRC基本理论”、“针对MIMO系统的ADRC参数整定方法”、“智能算法的实现”以及“正弦扰动抑制”四个部分。将四个部分的研究内容在组内进行分配，协同进行研究，并在最后将四个部分整合以实现最终的研究目标。  研究重点和难点：（1）智能算法与ADRC的结合  （2）使用ADRC进行正弦扰动的抑制 |
| 4 项目创新性、原创性论证 |
| 创新性：目前使用ADRC进行正弦扰动抑制的研究相对较少，同时目前将融合智能算法的ADRC用于非线性MIMO系统的研究仍然较少，本项目具有一定的创新性。 |
| 5 研究计划及预期研究成果 |
| 研究计划：  2018.12： 对ADRC与智能算法进行理论学习与文献查阅  2019.1：完成ADRC对于非线性MIMO系统的控制性能研究  2019.2：对扰动抑制进行理论学习与仿真  2019.3： 完成智能算法与ADRC的融合  2019.4： 完成对ESO的改进研究  2019.5： 完成在ARM控制器上控制程序的编写并进行试验  预期研究成果：  （1）改进后的ADRC能够对非线性MIMO系统有较好的控制效果  （2）改进后的ADRC能够对周期性正弦扰动有较好的抑制效果  （3）能够将改进后的算法运行于ARM控制器上 |
| 6 研究基础 |
| 本团队成员均为自动化专业大四学生，对控制理论及其仿真方法具有一定的了解。本团队在课程《控制系统仿真及CAD》的大作业中，基本搭建了一套针对SISO系统的自抗扰控制系统，初步完成了在制定性能指标下的参数调节，对理论及算法较为熟悉。本项目旨在对自抗扰控制这一课题进行更加深入的研究。 |

**三、经费预算**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 预算开支科目 | 预算金额  （元） | 预算说明 |
| 1 | 图书资料费 | 400 | 理论图书与实验资料 |
| 2 | 元器件费 | 600 | ARM控制器及传感器 |
| 3 | 实验耗材费 | 500 | 实现简单非线性MIMO系统 |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |
| 7 |  |  |  |
| 8 |  |  |  |
| 9 |  |  |  |
| 10 |  |  |  |
| **合 计** | | 1500 | - |

**四、申请者承诺**

我保证申请书内容的真实性。如果获得资金资助，我将履行项目负责人职责，严格遵守南京航空航天大学实践创新工程专项资金预算及使用说明的有关规定，切实保证研究工作时间，认真开展工作，按时报送有关材料。若填报失实和违反规定，本人将退还所有项目资助经费，并承担全部责任。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 申请人签字： |  | 日期： |  |

**五、指导教师意见**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 签字： |  | 日期： |  | |

**六、管理单位意见**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 负责人签字、盖章： |  | 日期： |  | |

**七、专家评审意见**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 签字： |  | 日期： |  | |

**八、教务处审定意见**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | 签字（盖章）： |  | 日期： |  | |