



基于 LabVIEW 模糊控制 PID 底盘测功机设计

段其昌 吴正东 何国胜 钟安勇 (重庆大学自动化学院, 重庆 400044)

摘要: 底盘测功机是一种不解体检验摩托车性能的检测设备, 通过在室内台架上进行模拟道路行驶工况来检测摩托车的动力性、工况排放指标和油耗等。基于虚拟仪器图形化编程软件 LabVIEW 平台, 设计测功机测控系统进行试验数据采集处理并且控制道路模拟阻力加载。利用 Labview 中 Matlab 节点, 设计模糊控制 PID 算法对系统的模拟摩擦力加载部分进行智能化控制, 改善系统的控制性能。

关键词: 底盘测功机 模糊控制 虚拟仪器

中图分类号: TP273+.4

文献标识码: A

Design of adaptive PID of fuzzy control in Chassis dynamometer based on Labview

Abstract: Chassis dynamometer, a kind of testing device used to test assembly motorcycle performance, can detect motorcycle parameters such as dynamic performance and exhaust point under operating condition and trip computer and so on. Based on the platform of virtual device-Labview, a measure&control system was designed for the dynamometer to acquisition and interpretation test data. By use of Matlab node of Labview, a self-adapting PID algorithm based on fuzzy control was adopted to auto control loading friction of the chassis dynamometer to improve control performance.

Key words: Chassis dynamometer Fuzzy control Virtual instrument

引言

底盘测功机是一种室内大型的检测试验设备, 可以用来检测摩托车整车道路模拟行驶性能和工况排放的台架试验系统。国内对底盘测功机测控系统的研究主要还是基于单片机, 由传感器、多路信号处理器、数模/模数转换器和一些数显仪表构成, 使用大功率元器件如晶闸管或场效应管改变占空比控制励磁电流; 还有用 PLC 来控制变频器改变电流进行模拟加载[1]。本文是基于虚拟仪器平台的测控系统, 在虚拟仪器中引入模糊控制自适应 PID 算法控制变频器进而改变测功机运转电流进行模拟量加载。

1 底盘测功机原理

摩托车在道路上行驶是摩托车相对静止的路面运动, 而摩托车在底盘测功机上进行台架动力性试验是用滚轮(亦称转鼓)表面取代路面, 并且相对于静止的摩托车做旋转运动。摩托车底盘测功机仿真模拟各项行驶阻力, 利用车在路面行驶中与道路的相对运动关系, 将摩托车道路行驶工况有效、等量地转移到摩托车底盘测功机上, 使摩托车整车的道路试验移至室内进行的专用测试设备。

2 系统硬件设计

系统主要包括以下几个部分: ①工控机和司机助; ②数据采集: 采用 NI 公司 PCI16029 数据采集卡进行数据采集。模拟量输入采样速率达到 250 kbps, 模拟量输出速率达 833 kbps。③变频器: 选用 ROCKWELL AB 公司 160 型变频器分别对测功机和风机进行控制。电流输出端串联电流变送器, 可以将 0~5 A 电流信号转化为数据卡可采集的 0~5 V 电压或 4~24 mA 电流值, 电流变送器还可以起信号隔离作用, 提高系统安全性能。采用 ROCKWELL REGEN 单元与两台变频器以共直流母线方式相连接进行电能控制, 提供电能的使用效率[1]。

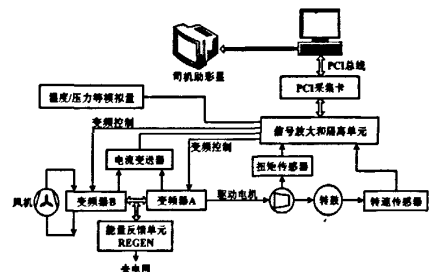


图1 系统的硬件结构图

3 系统软件设计

阻力加载是底盘测功机设备模拟道路行驶的主要组成部分。道路行驶时, 摩托车需克服道路行驶阻力、风阻以及惯性阻力等。室内转鼓模拟应依据 EPA 或 ECE 标准的阻力系数 A、B、C 和相关量加载测功机加载道路模拟阻力。测功机模拟输出阻力的理论计算公式为[2]:

$$F_R = A + Bv + Cv^2 + (m - M_m - M_r)g \sin \theta + mg \sin \theta - F_g \quad (1)$$

式中: F_R 是加在转鼓表面的所有的车辆道路阻力; v 是转鼓表面速度; A 为恒定阻力系数(摩擦力); B 为依赖于速度的阻力系数; C 为依赖于速度平方的阻力系数(风阻); m 为整车基准质量; M_m 为从动轮惯性质量; M_r 是滚轮等的惯性质量; g 为重力加速度; θ

为坡度角; F_m 是测功机机械总摩擦阻力。阻力加载模块流程图如图 2 所示。

3.1 闭环系统的PID调节器设计

连续控制时, 常用常规PID进行控制: $u(t) = k_p \int e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt}$ (2)

使用计算机数字PID时, 控制规律: $u(kT) = k_p [e(kT) + \frac{T_s}{T_i} \sum_{j=0}^k e(jT) + \frac{T_s}{T_d} (e(kT) - e(kT-T))]$ (3)

式中: $e(t)$ 为设定值与被控值偏差; K_p 为比例增益系数; T_i 为积分时间常数; T_d 为微分时间常数; k 为次数。考虑到常规PID不易在线实时整定, 本系统采用了模糊控制PID方案来达到系统的优化^[3]。

3.2 模糊控制自适应PID控制器设计

① 模糊控制器选择

采用道路模拟系统中较复杂恒阻力加载方式 (ALR) 进行研究。采用双输入单输出的模糊控制器, 将设定阻力与根据阻力加载公式计算得到的阻力的偏差 e 和偏差的变化率 Δe 作为控制系统的输入量, 输出控制量控制变频器输出改变励磁电流。根据经验选择:

加载阻力偏差 e 的基本论域 $[-20, 20]$;

阻力变化率 Δe 的基本论域为: $[-20, 20]$;

输出 u 的基本论域为 $[-30, 30]$ 。

② 确定量化域和隶属度函数

对于 e 、 Δe 、 u , 选取以下 5 个语言变量 {NB, NS, ZE, PS, PB}, 分别代表负大、负小、零、正小、正大。

其中输入量 e 、 Δe 和输出量 u 的量化因子分别为 $K_e=5/20$, $K_{\Delta e}=5/20$, $K_u=5/30$ 。

③ 建立模糊规则

根据控制规则形式的不同, 模糊控制器可分为若干类型, 最常见的就是Mamdani型和TS型。Mamdani模糊规则的输出为模糊量, 而TS型模糊规则的输出则是用输入变量的函数。本文是采用Mamdani型控制规则, 通常采用if..then...的模糊规则形式, 规则如下:

R1: if e is NB and Δe is NB, then u is PB

R2: if e is NS and Δe is NS, then u is PB

规则表如表 1 所示:

模糊推理过程采用常用的MAX-MIN法, 去模糊化的方法是重心法。

3.2.1 Labview 软件设计

虚拟仪器编程语言最常用的是基于G语言环境下的NI公司Labview。Labview不仅提供了与遵从 GPIB, VXI, RS-232 和 RS-485 协议的硬件及数据采集卡通信的全部功能, 还内置了支持 TCP/IP, ActiveX, Matlab 等软件标准的库函数, 使编程变得简单生动。

LabVIEW 提供了 Matlab Script 节点, 可以在 Matlab Script 节点中编辑 Matlab 程序, 并在 LabVIEW 环境下运行。

4 阻力加载系统

在开始新的测试前, 分别输入恒定阻力系数A、依赖于速度的阻力系数B、风阻C、整车基准质量m、重力加速度g、坡度角, 本系统对这些参数采用是全局变量格式。从采集卡中采集滚轮线速度 v , 输入阻力计算子程序根据式 1 进行阻力运算, 得到测功机应输出的制动力 F_r 作为设

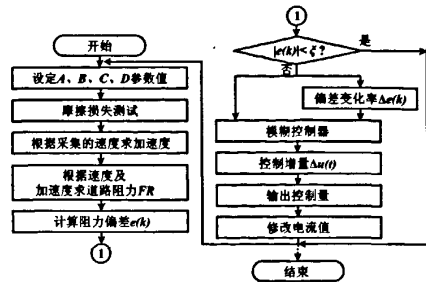


图2 阻力加载模块程序流程图

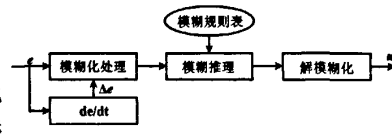


图3 模糊控制器内部框图

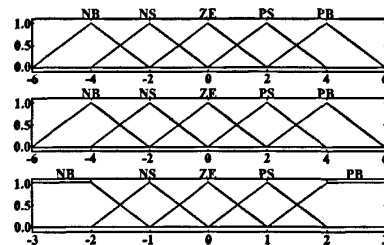


图4 隶属度函数曲线

表1 规则表

| e | Δe | | | | |
|----|------------|----|----|----|----|
| | NB | NS | ZE | PS | PB |
| NB | PB | PB | PS | PS | ZE |
| NS | PB | PS | PS | ZE | NS |
| ZE | PS | PS | ZE | NS | NS |
| PS | PS | ZE | NS | NS | NB |
| PB | ZE | NS | NS | ZB | NB |

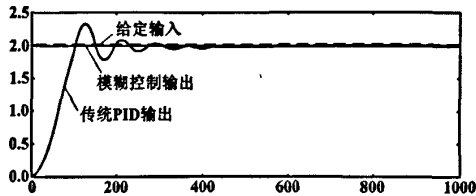
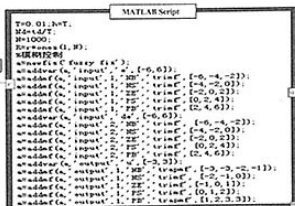


图6 阻力加载曲线图

定值, PID 整定后控制变频器 A, 改变变频器输出电流的大小控制测功机输出, 进行模拟路面阻力的加载。图 7 为后轮输出时阻力加载与计算时曲线。

5 结束语

虚拟仪器技术以其界面美观, 操作简单, 编程方便等特点在短程系统开发特别是检测领域应用很广。本系统是在已有的摩托车底盘测功机硬件基础上设计测控软件, 软件设计采用在 Labview 平台应用了单神经元 PID 调节器, 改变了常规模拟 PID 调节器设计硬件电路的复杂过程, 也改变了常规数字 PID 烦琐整定过程, 缩短了系统的开发时间, 提高了系统的智能化程度。

参考文献

- 1 姜庆明. 摩托车交流底盘测功机电控系统的设计和实现 [J]. 小型内燃机与摩托车, 2004, (4) 38-40.
- 2 陈文润. 摩托车底盘测功机动力学原理 [J]. 机械设计, 2002, (2): 22-25.
- 3 王永骥主编. 神经网络控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.
- 4 徐中. 单神经元自适应 PID 控制器的研究 [J]. 大连理工大学学报, 1999, (9): 667-672.
- 3 侯国屏主编. Labview 7.1 编程与虚拟仪器设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.

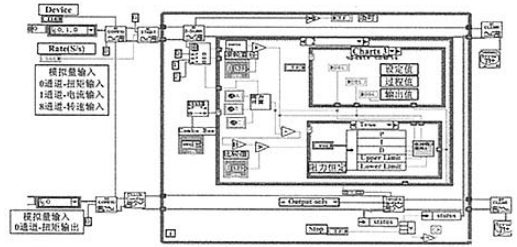


图7 阻力加载PID控制程序图

基于LabVIEW模糊控制PID底盘测功机设计

作者: [段其昌](#), [吴正东](#), [何国胜](#), [钟安勇](#)

作者单位: [重庆大学自动化学院, 重庆, 400044](#)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [段其昌, 吴正东, 何国胜, 钟安勇, Duan Qichang, Wu Zhengdong, He Guosheng, Zhong Anyong](#) [基于](#)

[LabVIEW模糊控制PID底盘测功机设计 - 电子测量技术2007, 30\(3\)](#)

底盘测功机是一种不解体检验摩托车性能的检测设备, 通过在室内台架上进行模拟道路行驶工况来检测摩托车的动力性、工况排放指标和油耗等。采用PLC控制变频器来改变电力测功机励磁电流的大小, 来达到改变模拟加载阻力的要求。基于虚拟仪器图形化编程软件LabVIEW平台, 设计测功机测控系统进行实验数据采集处理并且控制道路模拟阻力加载。利用LabVIEW中MATLAB节点, 设计模糊控制PID算法对系统的模拟摩擦力加载部分进行智能化控制, 改善系统的控制性能。

2. 学位论文 [吴正东](#) [基于LabVIEW的摩托车底盘测功机测控系统的研发](#) 2007

能源和环境问题已经成为世界备受关注的课题。随着机动车辆数量的日益增加和摩托车市场准入制度的推行, 摩托车的节能和排放成为汽车摩托车产品性能重要指标之一, 摩托车整车性能检测也就成为车辆投放到市场之前的检验关卡。底盘测功机是一种不解体检验摩托车性能的检测设备, 采用现代电测和计算机技术, 仿真模拟各种路面行驶阻力, 使摩托车整车的道路试验项目以及应用工况法测量摩托车排气污染物排放量等试验都能移至室内进行, 减少室外环境变化对测试的影响, 能很好的改善试验人员的试验环境和提高测试精度。

本文借鉴和吸收了以往先进的研究成果, 建立了底盘测功机动力学模型, 分析底盘测功机路面阻力模拟加载原理。设计基于模糊控制PID的阻力加载智能控制系统, 将模糊控制和常规PID调节有机的结合起来, 通过模糊控制来改善控制系统的快速性和降低超调量, 通过常规PID控制来降低控制系统的稳态误差。

软件的设计结合高内聚低耦合的开发思想, 基于NI公司GUI高级编程工具LabVIEW设计软件平台, 针对测功机对象开发各子模块, 子模块可以方便移植应用到其他的领域中。控制子模块结合MATLAB仿真设计软件, 自行设计增益型PID控制器和模糊控制模块, 调节变频器的输入电压, 控制测功机的转速和输出扭矩, 实现对模拟阻力加载控制; 数据采集和处理输出等子模块采用了性价比、实用性强的间隔采样采集方式和最小二乘法等数据处理算法, 采用ADO接口实现对SQL SERVER数据库的访问, 方便对数据库的管理、调用和查看; 同时, 根据摩托车整车性能检测标准要求, 设计摩托车整车性能检测试验子模块, 建立底盘测功机性能检测试验平台。

基于LabVIEW的摩托车底盘测功机界面美观, 对话性强, 操作方便, 能很好的对系统进行实时监控以及各性能参数的显示, 同时将检测数据自动修正到标准状况下, 并能以标准格式自动存盘及打印输出检测数据和性能拟合曲线。试验结果表明, 测控系统能很好的满足摩托车整车性能测试要求, 精度优于国家标准的要求。

本课题的设计目前是针对摩托车整车性能测试的一套测控系统, 预留了网络数据库接口, 方便后续的基于网络的测控平台建立。在进一步完善的基础上, 可将此系统广泛地应用在汽车、摩托车和传动测试行业, 对测功机的自动监测具有重要的意义。

3. 期刊论文 [段其昌, 吴正东, 何国胜, 钟安勇, Duan Qichang, Wu Zhengdong, He Guosheng, Zhong Anyong](#) [基于](#)

[LabVIEW模糊控制PID底盘测功机设计 - 电子测量技术2007, 30\(2\)](#)

底盘测功机是一种不解体检验摩托车性能的检测设备, 通过在室内台架上进行模拟道路行驶工况来检测摩托车的动力性、工况排放指标和油耗等。采用PLC控制变频器来改变电力测功机励磁电流的大小, 来达到改变模拟加载阻力的要求。基于虚拟仪器图形化编程软件LabVIEW平台, 设计测功机测控系统进行实验数据采集处理并且控制道路模拟阻力加载。利用LabVIEW中MATLAB节点, 设计模糊控制PID算法对系统的模拟摩擦力加载部分进行智能化控制, 改善系统的控制性能。

4. 学位论文 [李朝军](#) [机动车底盘测功机控制研究与实现](#) 2006

车辆底盘测功机是车辆性能参数检测的大型室内台架试验设备, 通过模拟汽车在道路上行驶工况, 进行汽车的动力性检测、燃油经济性分析、排气污染物检测分析等有关检测。近年来由于技术上的进步, 以及国家对车辆性能要求的提高, 颁布了相关标准, 对车辆底盘测功机的检测控制系统提出了更高的要求。

本文首先阐述了车辆底盘测功机的测量原理和基本组成部分, 分析了测功机测控系统的特点。结合国家检测标准的要求, 开发了基于嵌入式系统与模糊控制技术的新型的测控系统, 研制了硬件平台和驱动软件。系统硬件基于微控制器技术, 文中对MCU核心模块、数据采集模块、IO扩展模块、涡流机控制模块等进行了详尽的分析与设计, 该硬件系统具有集成度高, 性能可靠等优点。驱动软件基于嵌入式系统与模糊控制技术, 文中分别就嵌入式系统的移植、模糊控制在微控制器上的实现以及各个任务模块进行了细致的分析和设计。同时提出了上位机应用软件的总体结构, 阐述了测功机应该能够进行的检测项目, 为进一步完善系统功能奠定了基础。

最后, 进行了测功机测控系统的控制试验, 试验表明: 基于嵌入式系统与模糊控制技术的新型测控系统达到了预期效果, 有较高的响应速度、控制精度和稳定性。

5. 学位论文 [任小强](#) [基于fuzzyTECH的模糊控制理论应用研究](#) 2006

本文以汽车检测行业中具有重要地位的汽车底盘测功机为研究对象, 以底盘测功机的控制系统为研究内容。汽车底盘测功机是车辆整车性能参数检测的大型室内台架试验设备, 通过模拟汽车在道路上行驶工况的行使阻力, 进行汽车的动力性检测、燃油经济性分析、排气污染物检测分析以及车辆动力性等有关检测。近年来由于技术上的进步, 以及国家对车辆性能要求的提高, 颁布了相关标准, 对汽车底盘测功机的检测控制系统提出了更高的要求。

本文讨论了底盘测功机的工作原理和组成, 并对控制系统进行分析, 对其在控制方式上的不足给予分析和说明。底盘测功机控制系统存在非线性、大滞后、时变和数学模型不确定等特征, 采取传统的PID控制, 很难达到理想的控制效果, 因此有必要研究新的模糊控制策略。并对模糊逻辑, 模糊控制和神经网络进行了详细的研究, 设计了模糊控制器。FuzzyTECH软件可以用于创建模糊系统, 然后用神经网络和样本数据对所创建的模糊系统进行训练、调试和优化, 最后可以自动产生C语言程序代码, 直接应用到系统的调试中去。选用SPComm控件在Delphi环境中实现串行数据交换过程, 完成了对fuzzyTECH的二次开发。并用Delphi开发了上位机实时监控软件。

通过试验证明应用模糊控制技术的测功机控制效果较PID控制有明显改善。利用fuzzyTECH进行模糊控制设计快速简单精确, 可视化强, 完全能够满足工程技术人员的需要。

6. 期刊论文 [黄万友, 牛洪成, 李娟, 赵玉军, 程勇, 唐向臣, 赵炎军, HUANG Wan-you, NIU Hong-cheng, LI Juan, ZHAO](#)

[Yu-jun, CHENG Yong, TANG Xiang-chen, ZHAO Yan-jun](#) [简易瞬态工况底盘测功机控制系统理论设计 - 内燃机与动力装置2008\(4\)](#)

参照GB18285-2005中简易瞬态工况法的规定, 在对现有的测控系统进行改造的过程中, 对简易瞬态工况底盘测功机控制系统进行了理论设计, 分析了人机复合控制系统中的硬件设计和相应控制策略, 提出了基于自动驾驶系统的测控方案。利用相应的硬件电路实现转矩的快速调节; 采用电模拟技术对汽车行驶阻力和惯量进行模拟; 综合应用预测控制、模糊控制和解耦控制理论, 对底盘测功机力矩进行加载。理论分析与试验结果表明, 系统有较快的响应速度, 底盘测功机可以按照自动设定的测功机载荷进行控制。

7. 学位论文 [闵永军 车辆排气污染物测试技术研究与工程实现](#) 2006

工况法汽车排气污染物测试技术严重制约我国I/M制度的实施。本文通过理论与试验研究相结合的方法,重点研究了在用汽车排气污染物ASM和VMAS测试工况控制方面的相关理论、技术和应用问题,研究成果不仅对ASM和VMAS测试工况的控制具有理论意义和工程应用价值,而且对同类其它车辆、发动机试验台的控制也有重要参考价值。

本文构建了工况法汽车排放测试系统,通过汽车在底盘测功机上运行状态的力学分析,建立了汽车行驶阻力的底盘测功机模型。基于驱动轮转动动态特性相同的原理,建立了汽车惯量电模拟概念,推导了惯量电模拟模型,为汽车行驶阻力的工况法测试和惯量的电模拟提供了理论依据。

通过理论分析和试验研究,阐明了风冷电涡流测功器吸收扭矩同时受励磁电流和转速影响,参数非线性、时变和响应速度慢的性能特点,提出了风冷电涡流测功器控制用吸收扭矩的稳态和动态特性模型,为控制方法的研究提供了必要的基础。

设计了ASM和VMAS汽车排放污染物测试工况人机复合控制的具体方案:为降低转速变化对电涡流测功器吸收扭矩控制的影响,提出了测试工况扭矩车速反馈预测补偿解耦控制方案。

应用模糊控制理论和技术,设计并开发了基于P-FUZZY-PI复合控制的ASM测试扭矩控制器;提出了通过规范驾驶操作,应用预测方法适时改变测功器加载扭矩的设定值,解决了惯量电模拟中汽车瞬时加速度测量不准的问题。P+Fuzzy+PI复合控制不仅具有良好的动、稳态性能,而且系统的鲁棒性强,解决了风冷电涡流测功器参数时变和非线性引起的控制难题;预测控制方法的应用明显地提高了惯量电模拟扭矩的实际响应速度和惯量电模拟的精度。

应用预测控制和解耦控制理论和技术,设计并开发了基于DMC,具有模型增益自校正和解耦功能的VMAS测试扭矩控制器。DMC预测控制提高了测功器扭矩控制的响应速度;模型增益的自校正改善了控制的鲁棒性,提高了系统对被测车型和测试条件的适应性;采用车速反馈预测补偿解耦,有效降低了VMAS测试扭矩响应的最大冲击值。

研究了工况法汽车排放测试中测功器加载扭矩的设定及其工程实现的方法。提出了开发大直径工况法汽车排放污染物测试用底盘测功机的机理。开发了基于车轮力传感器的底盘测功机上轮胎滚动阻力(系数)的测试系统,为深入研究轮胎在滚筒上的滚动阻力提供了新方法。

开发了ASM和VMAS汽车排放污染物测试工况控制试验系统,试验结果表明,系统方案合理,总体设计可行,解决了工况法汽车排放污染物测试的核心技术。

8. 期刊论文 [闵永军,张为公,翟羽健,MIN Yong-jun,ZHANG Wei-gong,ZHAI Yu-jian 简易瞬态工况底盘测功机控制系统的研究-测控技术](#)2006, 25(9)

汽车惯量电模拟技术是汽车简易瞬态工况底盘测功机的发展方向。简易瞬态工况控制系统是一多输入、多输出、紧耦合、非线性、时变的复杂系统。综合应用预测控制、模糊控制和解耦控制理论,设计并开发了反馈预测补偿解耦、增益系数模糊自校正、动态矩阵控制的底盘测功机控制系统。试验结果表明该系统可以较好地模拟汽车加速运动惯性力。

9. 学位论文 [夏大兴 汽车底盘模拟测功机测控系统的研究与开发](#) 2005

随着国内汽车工业的迅猛发展,汽车行业对汽车性能检测的要求越来越高,而汽车底盘模拟测功机是检测汽车性能的重要设备。车辆底盘模拟测功机测控系统是车辆底盘模拟测功机的关键部分。

本文首先对我校自行研制开发的国内第一台汽车底盘模拟测功机的结构和加载原理作了简要的介绍,再通过经典PID和模糊控制性能进行分析和研究,结合原有系统中采用PID控制技术存在的由于转鼓惯量大而引起的控制精度低、响应滞后等问题,提出了采用模糊控制来实现汽车在道路上行驶阻力的模拟这一方案。找出了板卡PCL-812PG的输出电压及励磁柜输出电压的函数关系。设计出了符合该汽车底盘模拟测功机性能需要的模糊控制器。最后采用高级可视化编程语言开发该测控软件系统。软件系统采用模块化、结构化编程思想,不仅结构简单,而且方便了试验操作者的操作。并通过试验对测控软件部分进行了反复的改进。同时对试验时原数据采集系统部分中出现的一些问题提出了相应的解决方案。

最后采用解放CA1026LP型汽车对该系统进行了试验,结果表明该系统增强了MCG-200型汽车底盘测功机的工作性能,提高了测功机的控制精度,减小了系统的响应时间,达到了设计的目标。同时系统在采样频率较大、采样时间较长时采样数据出错的现象也得到了很好的解决。

10. 期刊论文 [李朝军,唐虹,林慧斌,LI Chao-jun,TANG Hong,LIN Hui-bin 基于模糊控制技术的车辆底盘测功机恒速控制-机械与电子](#)2006(6)

针对车辆底盘测功机PID控制的不足,在新型测功机控制系统中应用模糊控制技术,给出控制系统的总体框架、模糊控制器设计方法,通过试验证明应用模糊控制技术的测功机恒速控制效果较PID控制有明显改善,同时给出了不同情况下的PID与模糊控制响应曲线。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_6200646.aspx

授权使用: 黑龙江工程学院(hljgcy), 授权号: 63f4fc98-e8e7-4f1d-9d99-9eaa009c3adb

下载时间: 2011年3月18日