

用于滑转率控制的拖拉机机组瞬态阻力模拟器^①

张 宾^②

余 群

(中国农业大学机械工程学院) (中国农业大学车辆工程学院)

摘 要 在室内土槽台车上,研制了用于滑转率控制实验的拖拉机机组瞬态阻力模拟器,利用磁粉制动器作为施力装置。它可以替代拖拉机机组中的犁和电液伺服系统,既能模拟机组静态阻力和阻力扰动,又能模拟犁调节过程中的阻力变化,加载迅速,调节中力的变化以相应的犁调节电液系统的简化数学模型为理论基础,适于对多种机型的模拟。这为研究滑转率控制系统的特征、寻求最佳控制算法提供了必要的实验手段。

关键词 拖拉机;滑转率;阻力模拟;磁粉制动器

中图分类号 S219.01

Research and Design of a Simulator of Tractor-Combination Transient Resistance for Slip Control System

Zhang Bin

Yu Qun

(College of Machinery Engineering, CAU) (College of Vehicle Engineering, CAU)

Abstract To study transient performance of a wheel type tractor in the respect of slip control system, a tractor resistance simulator is developed which is composed of a magnetic powder brake used for exerting force on the model tractor. The simulator which replaces the plough and electro-hydraulic servo subsystem can be used for simulating the transient tractor-combination resistance which consists of static tractor-combination resistance, disturbing resistance and the changing resistance which will occur during plowing. Based on the simplified mathematical model of electro-hydraulic subsystem of a tractor-combination system, the changing resistance appearing in tillage operation is simulated. The simulator is suitable for different types of tractor through changing the controlling software and hardware. It provides a facility for easily finding out an optimum control algorithm of the slip control system.

Key words tractor; slip; resistance simulator; magnetic powder brake

如何改善拖拉机田间耕作控制系统的动态性能一直是主要的研究课题之一^[1~3]。在国外,滑转率控制逐渐成为一种被广泛采用的控制方式,而在国内此研究还处于起步阶段。由于室内实验可以排除田间实验的各种不确定因素的干扰、克服计算机数字仿真的过于理想化,所以被众多学者采用。阻力模拟是拖拉机-农具控制室内实验系统所要解决的主要问题之一,为此许多学者^[1,2]设计了可用于拖拉机阻力控制系统的负载模拟器,为研究拖拉机阻力控制系统的动

收稿日期:1996-09-23

①国家自然科学基金资助项目

②张 宾,北京清华东路 17 号中国农业大学(东校区)49 信箱,100083

静态特性提供了必要的物质条件。目前可用于滑转率控制的阻力模拟器还未见报道。为了研究两轮驱动拖拉机滑转率控制系统的动态特性,需要设计出能够在模拟拖拉机(土槽台车)^[4]运动过程中进行加载的阻力模拟器。

笔者研制的拖拉机机组瞬态阻力模拟器可以替代拖拉机机组中犁和电液伺服系统,具有模拟机组的阻力(行驶阻力和犁耕阻力)及其扰动和犁调节过程中犁耕阻力变化的多种功能,即本模拟器对台车的瞬态作用力包括以下3个部分:1)静态工况的阻力(行驶阻力和犁耕阻力);2)阻力扰动(可能来自行驶阻力,也可能来自犁耕阻力);3)犁调节引起的犁耕阻力变化。以拖拉机液压调节系统的运动特性数学模型为理论基础所设计的模拟器^[4],可以较真实地模拟犁调节过程中的阻力变化。

本模拟器由单片机系统控制相应的模拟电路来通过磁粉制动器进行加载,由于磁粉制动器的线性度好、磁滞小、加载迅速,所以阶跃力扰信号典型性好。对于不同的液压系统和不同型号的犁体,只需修改单片机系统的控制软件和相应模拟电路的参数值(R, C 值)即可模拟不同的运动特性。

1 模拟方案制定

在室内土槽中,台车置于土槽的导轨上,拖拉机机组的阻力由模拟器来模拟。土槽台车系统的结构决定了不能反映农具重量和耕作过程中土壤作用于犁体的力对拖拉机驱动轮增重和对前轮减重的影响;但是由于拖拉机在田间工作过程中,犁的调节总是在某一指标的设定值附近来进行,调节过程中驱动轮增重和前轮减重的变化量很小,滚动阻力的变化量很小,所以对滑转率变化的影响可以忽略。模拟器只模拟水平阻力即可,这对研究滑转率控制系统的动态性能影响不大。

由于滑转率控制系统是一个与速度有关的控制系统,所以农具本身的质量大小影响到控制系统的动态特性,犁的运动可分解为垂直运动(调节运动)和随拖拉机一起的向前运动即水平运动,其质量对垂直运动特性的影响由模拟器来实现,对水平运动特性的影响并入台车质量来一并考虑。

2 犁调节特性分析

阻力模拟器的扰动加载和调节是2个不同的过程,在加载过程中只要保证其频宽较大即可满足加载所需的信号典型性要求,而对犁调节过程中的工作阻力的变化则取决于犁调节液压系统本身的动态特性。对于拖拉机液压控制系统,由于阀的非线性特性,使得液压控制系统为一非线性环节;但是由于犁的调节运动一般处在其平衡点处附近,所以此非线性模型可以简化为增量线性模型。

由线性系统理论^[5]知,当系统状态增量不大时,可将非线性模型线性化,从而获得增量线性模型,使过程在精度允许的范围内得到合理的简化,从而使模拟器的电路设计大为简化。由文献[4]可知,电液犁调节系统的提升和下降过程可简化为关于稳态工作点的不对称的2个积分环节。利用这一模型结构,可由单片机和相应的电子电路实现调节过程中阻力变化的模拟,进而实现瞬态阻力的模拟。

3 模拟器设计

拖拉机机组阻力模拟器由 8031 单片机系统、相应的模拟器电子电路和磁粉制动器组成。磁粉制动器安装在台车体上,其转子通过联轴器与安装放线轮的轴相联(此轴通过轴承安装于台车上),放线钢丝一端缠绕到放线轮上,另一端固定在土槽的一端,使钢丝平行于导轨。当台车运动时,通过控制输入磁粉制动器的电流使制动器的转子转动时产生阻力矩,进而经过放线钢丝对台车实现阻力加载。其结构见图 1。

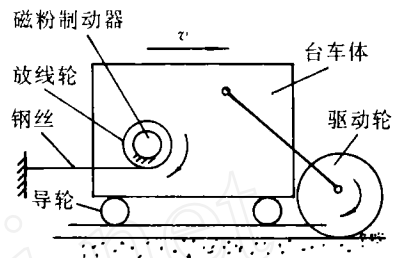


图 1 模拟器结构简图

3.1 磁粉制动器

选用北京航空航天大学生产的 FZ-100 型磁粉制动器。

其工作原理为:定子与转子之间具有工作间隙,其中填充一定数量的软磁性磁粉,在定子中的励磁线圈上由施加的直流电压产生电流,从而产生磁通。工作间隙中的磁粉在磁场作用下被磁化为首尾相连的磁粉链,当转子旋转时,通过磁粉链产生对转子的阻力力矩,从而实现加载功能。由于转矩仅取决于励磁电流的大小而与转速无关,所以具有定转矩特性。这表明其动转矩和静转矩相同,所以可以用电流来调节转矩,进而调节施加的力。该装置耗电小,体积小,可重复实验性强。

3.2 模拟器电路

如图 2,模拟器电路具有以下功能:将单片机数字信号(共 2 路)通过 8255 芯片的 B,C 口经 2 路 DAC0832 变换为模拟信号;经 0832(1)的一路信号用来模拟拖拉机机组静态阻力和阻力扰动;另一路经 0832(2)的信号再经过一个积

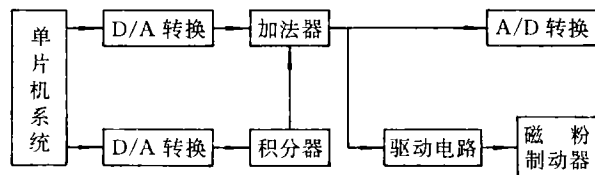


图 2 模拟器电路原理框图

分器,用来模拟拖拉机机组耕作过程中调节农具耕深而引起的阻力变化,此路信号的软硬件设计是根据犁调节过程的简化数学模型来进行的。这 2 路信号经加法器代数相加后分别送 A/D0809 通道 1[#]和磁粉制动器驱动电路,驱动电路部分为压控恒流源,即当磁粉制动器由于发热等原因而引起电阻变化时,流经磁粉制动器中的电流不随磁粉制动器电阻的变化而变化,从而保证了加载精度。由于模拟电路中有积分电路,所以为方便地知道磁粉制动器的施力值即瞬态阻力,采用间接测量输入磁粉制动器驱动器电压的方法,通过简单计算来获得施力值。

3.3 控制软件

本控制软件用 MCS-51 汇编和 MBASIC 语言编写。由于模拟电路中有积分电路,所以必须对运算放大器的失调电压予以足够重视,否则将使不调节的功能难以实现。这是因为积分电路可以将这种小误差积累得很大,使信号加载不能达到预期的目的。这里采用软件补偿的办法来消除或明显减小这种因素对加载精度的影响,每次实验前通过测试找到能使积分后输出的信号为零或很小变化的输入 0832(2)通道的数字量,然后以此量作为关闭输出的基准值。理论上,当没有失调电压时,关闭积分输出的值应为 128,但通过实验发现:当数字量为 128 时,积分电路的输出电压一直在增加,直到积分电路进入饱和状态。通过实验,可以找出一个 Δ 值,

当输出量为 $128+\Delta$ (或 $128-\Delta$)时积分输出不变化或变化很小。所以软件设计时必须修正关闭积分输出时的理论数字量。

4 实验验证

利用所研制的拖拉机阻力模拟器,成功地实现了滑转率自动控制。当控制系统检测到滑转率变化时,通过调节犁从而改变瞬态阻力使滑转率稳定在设定值附近^[6]。图3为滑转率阶跃输入及阻力阶跃扰动后的滑转率消扰阻力调节曲线,可以看出阻力阶跃加载典型性好。

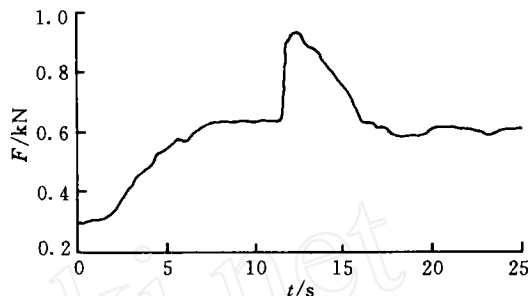


图3 瞬态阻力特性

5 结束语

1) 本文报道的阻力模拟器与以往用于拖拉机阻力控制实验所用的负载模拟器不同,其创新之处在于:它不仅能模拟机组的田间阻力和阻力扰动,而且能够模拟拖拉机液压控制系统对犁的调节引起的阻力变化。对犁调节过程引起的阻力变化的模拟,由根据拖拉机液压系统的数学模型而设计的模拟电路,在单片机程序控制下通过加载装置——磁粉制动器来完成。

2) 由于采用磁粉制动器作为加载装置,所以阻力阶跃扰动加载信号典型性好,可以较全面反映出控制系统的动态品质。

3) 通过对模拟器中单片机实时控制软件的修改,即可完成模拟实际田间多种信号的扰动加载。

4) 在本实验台上可以方便地模拟多种液压系统和犁体的动态性能,避免了通常室内实验只适于固定某一机型的局限性,这为评价不同控制算法和不同机型和犁型的控制品质提供了简便易行的方法,并为室内模拟实现拖拉机驱动轮滑转率的闭环控制提供了必要条件。

参 考 文 献

- 1 周云山. 拖拉机机组负载模拟及农具耕深控制:[学位论文]. 长春:吉林工业大学,1990. 1~80
- 2 韩聚奎. 拖拉机液压悬挂力调节系统的动态分析与实验研究:[学位论文]. 北京:北京农业工程大学,1984. 10~60
- 3 Chancellor W J, Zhang Naiqian. Automatic wheel-slip control for tractors. Trans of the ASAE, 1989, 32(1):17~22
- 4 张 宾. 轮式拖拉机滑转率控制室内模拟研究:[学位论文]. 北京:北京农业工程大学,1995. 20~55
- 5 金西岳. 线性系统. 西安:西北工业大学出版社,1989. 20~145
- 6 张 宾,余 群. 轮式拖拉机滑转率数字 PD 控制的模拟实验研究. 北京农业工程大学学报,1995,15(2):29~32