

虚拟样机技术在车辆液压闭锁控制研究中的应用

曾鸿章, 项昌乐

Application of Virtual Prototyping Technology to the Hydraulic Torque Converter Lock-up Control

ZHENG Hong-zhang, XIANG Chang-le

(北京理工大学 机械与车辆工程学院, 北京 100081)

摘要: 该文基于虚拟样机技术, 对车辆闭锁控制过程进行研究。以 MATLAB 和 ADAMS 两大软件建立的虚拟样机模型的联合仿真结果与实验结果一致, 证明了模型的有效性, 为液压闭锁控制策略的进一步研究提供了新的途径。

关键词: 虚拟样机; 液力变矩器; 闭锁控制

中图分类号: TP23 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2005)07-0038-03

闭锁式液力变矩器是一种为解决传动效率低这一矛盾而加装闭锁离合器的液力变矩器。采用电-液控制和电子控制等技术实现变矩器闭锁的自动控制, 可以根据车辆不同的行驶工况、道路工况等各种影响车辆性能的因素, 设计相应的换挡、闭锁策略, 实现高效、平稳的解闭锁。而虚拟样机技术作为产品设计的一个先进技术, 因其建模方便精确和仿真直观等优点使其特别适合作为控制系统的仿真平台, 因此, 基于虚拟样机技术的控制系统设计能充分发挥虚拟样机技术优势^[1]。

本文基于虚拟样机技术, 对闭锁式液力变矩器闭锁控制进行研究。首先, 在 MATLAB 建立液力变矩器的闭锁控制系统, 再利用 ADAMS/CONTROLS 接口加载到在 ADAMS/VIEW 建立的机械系统模型上, 以 MATLAB 和 ADAMS 两大软件的联合仿真, 实现机械与控制系统的结合。

1 动力传动系统和闭锁式液力变矩器建模

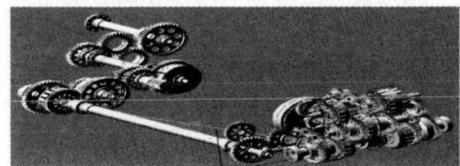
1.1 动力传动系统建模

动力传动系统模型包括发动机、闭锁式液力变矩器、综合变速箱、负载等。模型均在 Pro/e 实体建模后, 输入 ADAMS, 加上相关的约束和力, 如图 1a 所示。仿真模型还考虑了联轴器、主要长轴的刚度和阻尼。

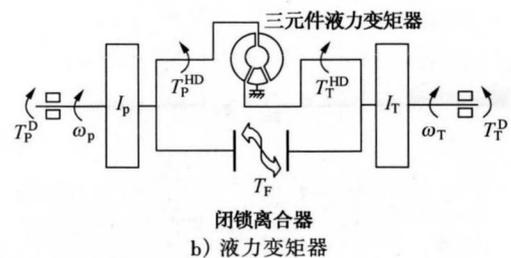
1.2 闭锁式液力变矩器模型

闭锁式液力变矩器采用三元件液力变矩器加上闭锁离合器结构。其虚拟样机力学模型及闭解锁原理如图 1b 所示。

纯液力工况下, 忽略液力变矩器循环圆内液体循



a) 传动系统



b) 液力变矩器

图1 动力传动系统和液力变矩器建模

环流量变化, 忽略泵轮和涡轮中工作液体转动惯量以及机械损失, 则:

$$T_P^{HD} = \lambda_P \rho g \omega_T^2 D^5$$

$$T_T^{HD} = k \cdot T_P^{HD}$$

式中 λ_P 为泵轮动态力矩系数, ρ 为工作液体密度, D 为循环圆直径, k 为动态变矩系数。液力变矩器的动态特性与静态特性的相对偏差在 4.5% 以内, 用静态特性代替动态特性可以满足精度要求^[2]。因此, 在 ADAMS 中利用 Akima 插值方法确定当前速比下的动

收稿日期: 2004-12-21

作者简介: 曾鸿章 (1980—), 男, 广东人, 硕士, 研究方向: 虚拟样机技术、车辆传动。

态 λ_p 和 k 值。

闭锁式液力变矩器模型可以在虚拟样机中通过图 2 所示的方法实现^[3]。

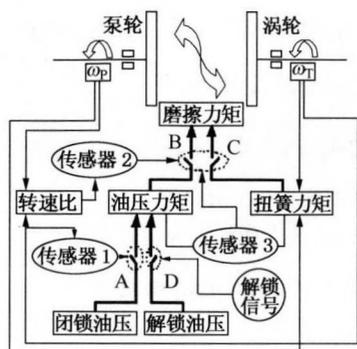


图 2 闭锁离合器模型闭解锁原理图

图 2 中传感器 1 是涡轮转速传感器,传感器 2 是涡轮与泵轮转速比传感器,传感器 3 为油压力矩与扭簧力矩比传感器;A、D 为油压切换开关,分别由传感器 1 和解锁信号控制;B、C 为力矩切换开关,由传感器 2、3 联合控制。

仿真开始时刻,开关 A、C、D 断开,开关 B 闭合,液力变矩器工作在纯液力工况,当涡轮的转速达到理论闭锁点后,控制系统发出信号,传感器 1 激发,开关 A 闭合,输入闭锁油压,此时摩擦力矩等于闭锁油压力矩,闭锁离合器开始滑摩,为液力与机械混合传动工况;当转速比达到锁止点 ($i = 0.999$) 后,传感器 2 触发,断开开关 B,结合开关 C,摩擦力矩等于扭簧力矩,离合器锁止,为纯机械传动工况;当解锁信号发出后,闭合开关 D,并比较油压力矩与扭簧力矩,如果油压力矩小于扭簧力矩,传感器 3 触发,断开开关 C,闭合开关 B,摩擦力矩等于解锁油压力矩,为液力与机械混合传动工况;当解锁油压力矩为零后,液力变矩器重新工作在纯液力工况。

2 闭锁式液力变矩器闭锁控制系统建模

闭锁式液力变矩器闭锁控制的实现方案有多种,本课题选择涡轮转速与油门开度 2 个参数进行闭锁控制,不同油门开度下闭锁点的 n_T 不同,比较全面反映了车辆的具体情况,有利于达到较高的动力性或者经济性等闭锁要求,使得闭锁点合理,而且结构上也较易于实现。目前采用这种方案进行闭锁控制比较普遍^[4]。

ADAMS 控制系统设计是 ADAMS 软件对带控制的复杂机械系统进行建模与仿真分析的基本环节。可以

在其他软件如 EASY5、MATLAB、MATRIX 中设计控制系统,通过 ADAMS/Controls 模块,加在 ADAMS 机械模型上。本文选用 MATLAB/SIMULINK 完成控制系统的仿真模型设计。

如图 3 所示,油门开度信号输入到闭锁点选择模块,由该模块确定闭锁点,即确定闭锁涡轮理论转速,然后在闭锁逻辑控制模块中与转速采集模块采集到的实际涡轮转速比较,一旦符合闭锁条件,即激活闭锁控制油压模块,输出闭锁油压,进行闭锁。解锁过程亦类似。

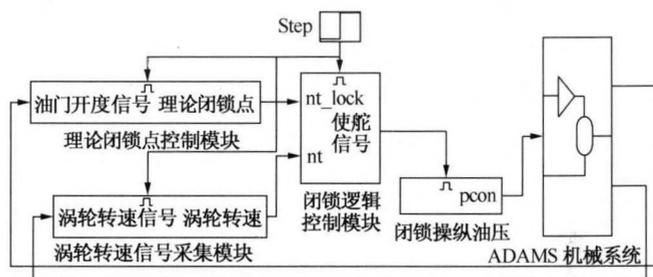


图 3 ADAMS 与 MATLAB 联合仿真原理框图

3 联合仿真计算

机械系统和控制系统通过 ADAMS/Controls 模块进行 ADAMS 和 MATLAB 的联合仿真,充分发挥了两大软件的优势,提高了虚拟样机的仿真水平。

如图 3,ADAMS 机械系统向控制系统输出 2 个信号:油门开度和涡轮转速。而控制系统向机械系统输出闭锁控制油压信号。

4 仿真结果和实验比较

闭锁过程仿真共进行 16 s,发动机转速稳定在 1600 r/min,油门不变,变速箱挂四挡,控制系统在约 time = 13 s 时发出闭锁信号,液力变矩器闭锁。

图 4 分别为四挡闭锁过渡过程发动机转速、变速箱输出转矩的比较。而且试验结果和仿真结果基本吻合。可以看出,闭锁过程中传动系统存在较大的动载荷,因此研究不同的闭锁控制策略,减小闭锁过程的动载荷有着重要的意义。

5 结论

仿真结果与试验结果相符,表明本文所建立的整车模型和控制模型,可以较好地模拟真实系统。通过 SIMULINK 建立控制模型,便于对多种控制策略进行深入研究,对于完善控制策略起到帮助作用。

通过建立虚拟样机进行试验研究,可以减小试验

高压气动体积减压系统的预测 PID 控制研究

贾光政¹, 方 华¹, 杨松山¹, 王宣银²

Predictive PID Control of the Pressure Reduction by Expander in High-pressure Pneumatic System

JIA Guang-zheng¹, FANG Hua¹, YANG Song-shan¹, WANG Xuan-yin²

(1. 大庆石油学院 机械科学与工程学院, 黑龙江 大庆 163318;

2. 浙江大学 流体传动及控制国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘 要:根据高压气动体积减压系统的数学模型,建立了基于 MATLAB-Simulink 的高压气动体积减压系统预测 PID 控制的仿真模型。仿真和实验研究结果表明:预测 PID 控制方法用于高压气动体积减压系统的输出压力控制是可行的,而且效果较好。

关键词:高压气动;体积减压;预测 PID 控制

中图分类号:TH138 文献标识码:B 文章编号:1000-4858(2005)07-0040-03

1 引言

高压气动体积减压方法是一种节能减压方法,体积减压装置一般安装在高压气源与气动发动机(气动执行元件)之间,可根据系统的减压控制要求,由控制器对高压气动开关阀的开启和关闭状态进行控制,从而控制高压气体在体积减压容器中的减压过程和减压指标,以满足气动发动机的动力需要^[1]。研究已经得出,高压气动体积减压采用 PID 控制方法在输出低压时可能出现系统工作的不稳定现象(高压气动开关阀产生颤振)^[2]。针对这一问题,本文提出将预测 PID 控制应用于高压气动体积减压系统来提高系统低压输出的稳定性。

2 数学模型描述

体积减压的工作原理是通过气动开关阀和减压压器调节高压气动系统的输出压力,体积减压控制系统物理模型如图 1 所示。容积减压系统的工作状态一般可以分为 2 个过程:减压容器充气与放气同时进行的过程;减压容器没有充气,只有放气的过程。根据实际气体流经节流孔的质量流量公式、高压气体控制阀的压力-质量流量方程、体积减压系统的质量连续性方程

收稿日期:2005-01-13

作者简介:贾光政(1965—),男,山东省梁山县人,副教授,博士,主要从事石油机械和流体传动及控制方面的科研与教学工作。

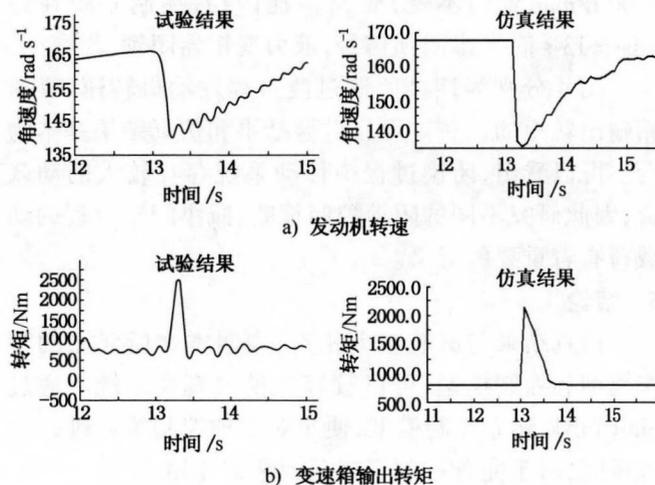


图 4 仿真结果和实验比较

成本,提高试验效率。而且可以对危险工况进行试验,扩充试验内容,完整地检验控制策略,提高控制的可靠性与稳定性。

总之,基于虚拟样机技术的闭锁控制研究,为控制策略的研究提供了新的途径。

参考文献:

- [1] 项昌乐. 车辆传动系轴类零件疲劳设计与变速器动态特性研究[D]. 北京:北京理工大学,2001.
- [2] 洪清泉. 基于虚拟样机技术动力传动系统动力学仿真[D]. 北京:北京理工大学,2003.
- [3] 马超. 闭锁式液力变矩器闭锁控制研究[D]. 北京:北京理工大学,2004.