

# 电刹车系统仿真技术研究

## Electric Brake Simulation Technology Research for Civil Aircraft

薛东青 / 上海飞机设计研究院

**摘要:** 在阐述电刹车系统原理的基础上, 搭建了全数字仿真模型进行数字仿真, 给出了仿真结果, 分别对干跑道、干湿混合跑道情况下机轮的速度及刹车力矩的变化进行了分析。结果表明该数字仿真模型能够反映电刹车系统的动态响应状态, 刹车力矩能在跑道情况突变时实时进行调整。

**关键词:** 电刹车; 机电作动; 数字仿真

**Keywords:** electric brake; EMA; digital simulation

### 0 引言

多电/全电飞机是未来飞机的发展趋势, 而电刹车也是刹车系统的发展趋势。电刹车系统仿真技术也随电刹车技术的发展日益完善, 相对于液压刹车系统仿真来说, 电刹车系统内的刹车控制器、机电作动控制器模型都是新引入的模型。

### 1 系统原理

与液压刹车系统不同的是, 电刹车系统由机电作动机构取代了液压作动机构, 主要由刹车控制器(BCU)、机电作动控制器(EMAC)、EMA刹车装置组成。控制流程如图1所示, BCU处理驾驶舱刹车指令、机轮速度反馈信号和刹车力信号, 并通过计算输出合适的刹车信号, EMAC接受刹车控制器的刹车信号, 并产生相应的驱动电压, 以驱动EMA压紧或松开刹车盘, 实现刹车或松刹。

### 2 仿真模型

利用Matlab搭建系统仿真模型, 如图2所示, 主要包括飞机力学模

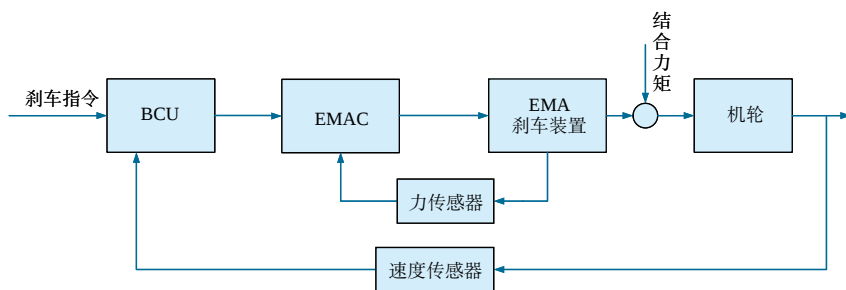


图1 电刹车系统控制框图

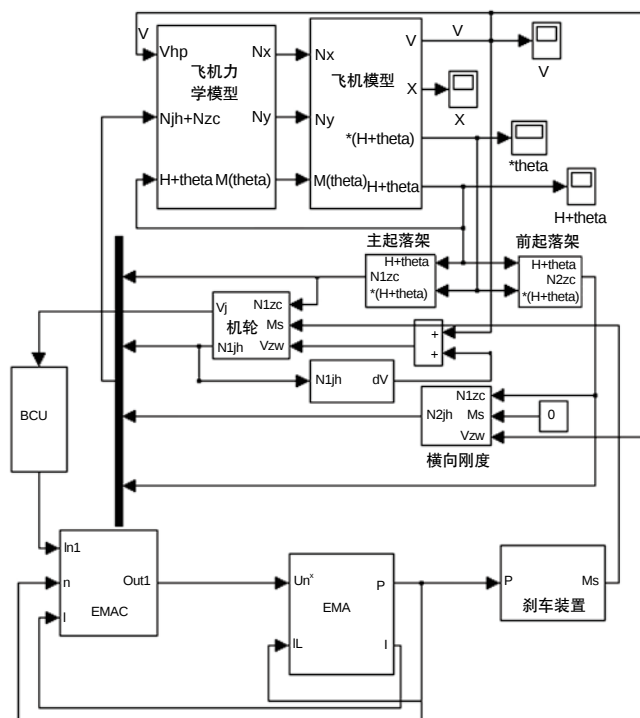


图2 系统仿真模型

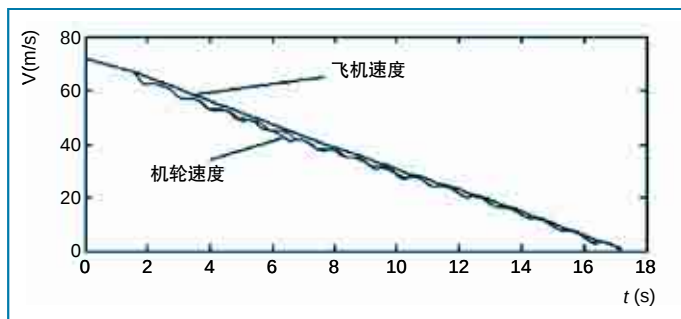


图3 干跑道速度与机轮速度仿真曲线

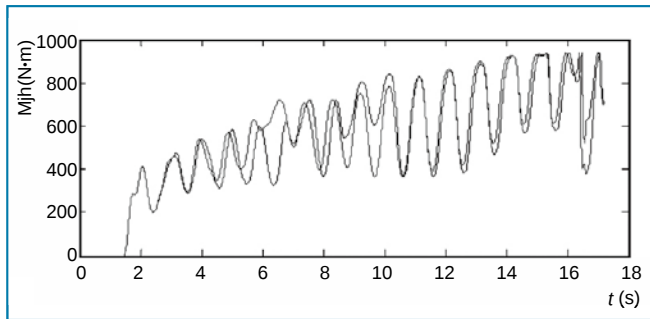


图4 干跑道刹车力矩仿真曲线

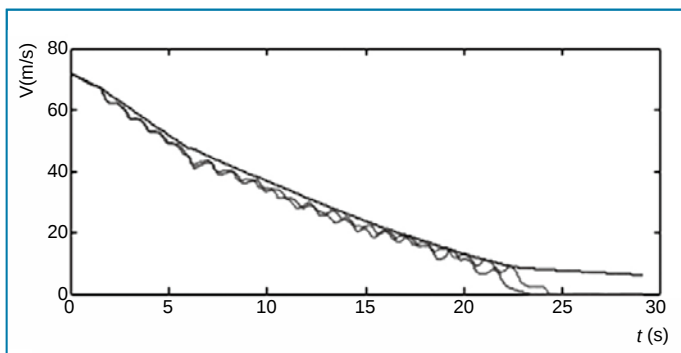


图5 混合跑道飞机速度与机轮速度仿真曲线

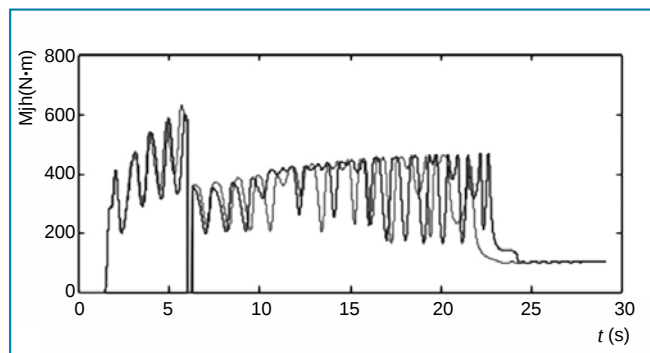


图6 混合跑道刹车力矩仿真曲线

型、飞机模型、主起落架模型、前起落架模型、机轮模型、BCU模型、EMAC模型、EMA模型和刹车装置模型等。其中BCU模型采用压力偏调(PBM)控制,其控制部分由方波级、机轮速度级、基准速度级、比较级、瞬时级、PBM级、微分级、综合级和驱动级等部分组成。电机采用传统的双闭环调速系统,包括电流反馈和转速反馈。

### 3 仿真试验结果

#### 3.1 干跑道情况

图3所示为飞机速度和机轮速度曲线,其中最上侧直线代表飞机速度,另两条线代表左右机轮速度。1.5s后,在刹车力矩作用下,机轮速度开始下降,当下降到一定值时,刹车控制单元控制刹车力减小,使机轮速度上升;当机轮速度上升到与飞机速度接近时,系统增

加刹车力,机轮速度继续下降。此过程不断循环,直到飞机停止,此过程符合实际的刹车情况。

刹车力矩随时间变化曲线如图4所示,在刹车起始阶段,由于飞机升力的存在,结合力矩不是很大,全部刹车力产生的刹车力矩大于结合力矩易导致机轮刹死,此时BCU发出指令调整刹车力;随着飞机速度的降低,作用在机轮上的径向载荷越来越大,结合力矩不断增大,刹车力矩也不断增大。

#### 3.2 混合跑道

开始时假设飞机在干跑道上滑跑刹车,在6s时刻跑道突变为湿跑道。仿真结果如图5、图6所示,防滑刹车控制单元在6.3s开始作用,减少刹车力矩,机轮和飞机减速度相应变小。

### 4 结束语

本文进行的数字仿真可模拟刹

车过程,刹车力矩的变化符合实际情况,机轮速度变化符合预期。电刹车仿真技术研究可大大降低研发周期和成本,易于进行系统参数优化设计,但无法准备定量预计系统性能,尚需结合试验结果进行模型参数的优化设置,以提高系统可信度。

AST

#### 参考文献

- [1] 张秋红. 飞机电刹车系统的发展与展望[J]. 国际航空, 2002(9).
- [2] 陆晚洁. 飞机防滑系统的回顾与展望[J]. 航空科学技术, 2003(2).
- [3] 张秋红, 李玉忍. 飞机全电刹车系统设计与分析[J]. 航空计算技术, 2003, 33(3).

#### 作者简介

薛东青, 硕士, 工程师, 主要从事起落架刹车控制方面研究工作。