

机电传动与控制实验课程中虚实结合教学项目建设与应用

李正强 王学智 王明海 纪俐

沈阳航空航天大学 机电工程学院 辽宁 沈阳 110136

【摘要】：机电传动控制是机械设计制造及其自动化、机械电子工程专业一门必修的专业课，主要培养学生解决机电传动与控制实际问题和综合创新能力的任务。电机第一关注参数—机械特性，电机最重要程度，后期学生在使用、调试电机中明确该参数的意义，更接近真实的航空工程应用环境；工业中的交流电机额定电压是 380V，学生在实验室实验过程中意识薄弱有用电危险，基于 MATLAB/SIMULINK 的虚拟仿真技术应用于课程实验教学中，先进行虚拟仿真可以对电机有初步的了解，避免直接做实验过程中的用电危险。

关键词：机电传动控制，机械特性，MATLAB，SIMULINK

1. 引言

机电传动控制是机械设计制造及其自动化、机械电子工程专业一门必修的专业课，主要培养学生解决机电传动与控制实际问题和综合创新能力的任务。课程采用双语教学，系统讲授了机电传动与控制理论和方法，主要包括：机电传动与控制概述、直流电动机—交流电动机—控制电机的原理及特性、电动机的选择，以及继电器—接触器控制系统、电力电子学—晶闸管及其基本电路等知识。通过课程的学习，使学生具备进行典型机械传动装置与控制系统的设计、分析和应用能力，同时为今后解决实际工程复杂问题奠定良好的基础。

将本门课题放到工程领域的应用，其中在航空领域中应用工程能力更贴近我们学校的特色。但如何将

目前本门课程的实验实习应用到航空领域方面明显不足，是本门课程教学中需要探索和深度研究的内容。

航空电机是现代飞机电气设备的重要组成部分。这些电机的可靠性直接影响整个飞机系统的可靠性。飞机系统的可靠性是指在规定时间内完成规定功能的能力，包括设计的固有可靠性和使用可靠性。航空电机工作环境的特殊性，决定了航空电机在结构、性能上有别于地面电机。

工业中的交流电机额定电压是 380V，学生在实验室实验过程中意识薄弱有用电危险，先进行虚拟仿真可以对实验有一定的前期了解，避免直接做实验过程中对所学理论理解的不够深入，并且能够对实验环境进行先入的了解，减少用电危险。后期学生在使用、调试电机上手快，更接近真实的工程应用环境；



图 1 380V 电机及触电的后果

2. 虚拟仿真在课程实验教学中的应用分析

学生在实验过程中实验环境有用电危险，先进行虚拟仿真可以对实验有一定的前期了解，避免直接做实验过程中对所学理论理解的不够深入，并且能够对实验环境进行先入的了解，减少用电危险。后期学生在使用、调试航空电机上手快，更接近真实的航空工程应用环境；

1 航空电机认知与分析

航空电机工作条件：

环境温度 -55° C---60° C；

大气压力，压强大；

湿度在高温、高湿作用下，对电机的电气性能和机械性能影响很大；

大气成分复杂；

机械过载 ---- 高速旋转、冲击载荷。

航空电机的主要特点

T (N.m)									
I (A)									
n (r/min)									

表 1 测量不同的转速和转矩

2.1 测量固有机械特性

保持 A+ 与 A- 端接入电枢电源的电压为额定电压 220V 不变，改变 TL 端输入负载值，测取不同的转速 n 和转矩 T，根据测取的数据绘制固有机械特性曲线。

2.2 测量人为机械特性

1) 电枢回路中串接附加电阻 R，改变 R 的阻值分别为 R1 < R2 < R3 保持电枢电压 U 为常值，分别测取转速 n 和转矩 T，根据测取的数据绘制人为机械特性曲线。

2) 改变电枢电压 Ua，UN 为额定电压，改变 Ua 使 UN > Ua，分别测取 n, T2、，根据测取的数据绘制改变电枢电压 Ua 时的人为机械特性曲线。

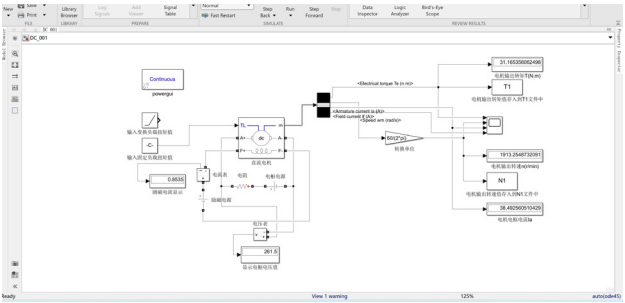


图 2 直流电机特性进行仿真

3. 交流电机特性的验证分析与记录

交流电机特性的验证分析与记录如图 3 所示，基

体积小，重量轻

特点的电压和频率

电压 DC：28V-48V

AC：115V/220V 400Hz 三相四线制

结合航空电机的特性，设计出航空电机相关的直流电机、交流电机、电机控制实验课程。

2. 基于 Matlab Simulink 对航空电机特性进行仿真，记录航空直流电机测量数据的记录并进行分析如图 2 所示。

如图中设置参数，在 F+ 与 F- 输入励磁电源，并监测电路中励磁电流，将电流显示在电流表上。在 A+ 与 A- 端 接入电枢电源，通过电路中电阻改变电枢电流，进而改变电机的转速，通过 m 端口将直流电机的转矩和转速输出，变保存到响应的文件中。在通过绘图工具将转矩和转速合并成一条曲线，该曲线为被测直流电机的机械特性曲线。

于 Matlab Simulink 对交流电机特性进行仿真测试。

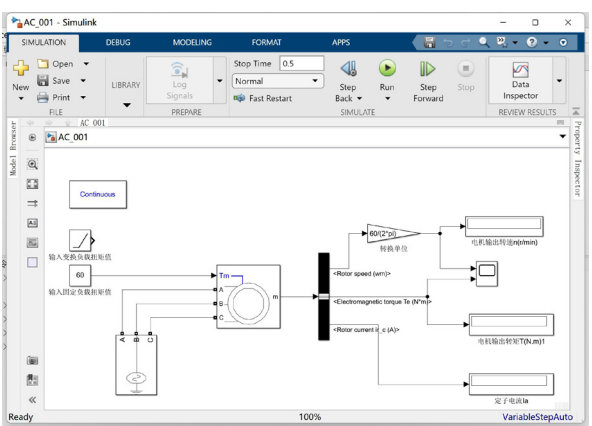


图 3 交流电机机械特性仿真图

将三相电源 A、B、C 相线接到交流电机 A、B、C 接线端，使三相交流电压升高，观察电机转向是否符合要求，若转速不符合要求，即被测电流产生的方向不对，这时需要改变三相电源中的任意两相的相序，使三相电机的转速改变方向，即被测电流产生的方向正确，这样电机的转向就符合要求了，进行数字的记录并分析。

若符合要求则升高到 U=380V 并保持不变。调节负载 Tm 端负载值，当给不同的负载值时得到的转速和转矩值并记录数值，把数值写入表 2 中，在通过绘

图工具将转矩和转速合并成一条曲线，该曲线为 被测交流电机的机械特性曲线。

T(nm)									
Ia(A)									
n(r/min)									

表 2 测量交流电机不同的转速和转矩

4. 航空电机转速的控制仿真测试

了解航空电机转速的控制方法并应用。如图 3 中设置参数，在直流电机中改变励磁电路中的串联电阻阻值参数等因素，通过改变电枢电路中的串联电阻进而调节航空电机的转速，通过改变电枢电路的电枢电压可以改航空电机变直流电机的转速，通过改变励磁电路中的串联电阻的阻值能够改变航空电机变直流电机的转速。即通过以上三种参数的改变，可以直观的观察并记录电机转速的变化。通过 Matlab Simulink 中的程序可以测试改变转速的三种方法，而随着转速的改变，电机转矩也会随之改变。

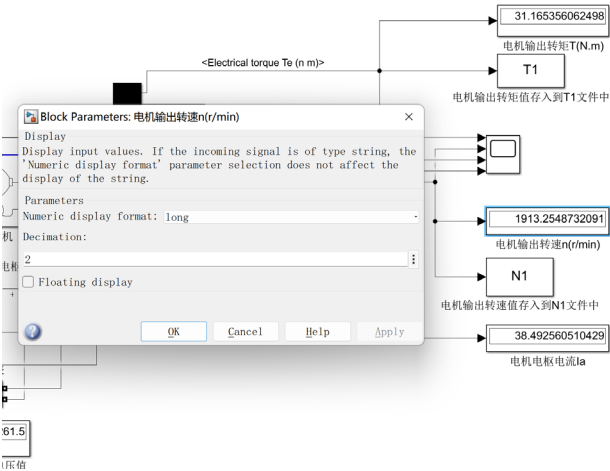


图 4 航空电机转速的控制

4. 结语

机电传动与控制实验课程中虚实结合教学项目建设与应用，教学改革提供了契机。通过构建虚拟仿真实验能够解决一下问题：

- 1) 实验与工程环境之间差距大，基于虚拟仿真软件对很好地拓展学生工程能力，特殊是航空工程能力；
- 2) 实验过程中实验环境有用电危险，先进行虚拟仿真已经对实验有一定的前期了解避免直接做实验过程中对理论理解的不够深入，并且能够对实验环境进行先入的了解，减少用电危险。后期学生在使用、调试航空电机上手快，更接近真实的航空工程应用环境；
- 3) 使实验内容与航空电机工程使用环境有效结合。

参考文献

[1] 沈 颖. 虚拟仿真在机电传动控制课程实验教学中的应用 [J]. 化学工程与装备, 2021,1 (01): 293-294.

[2] 杨洁. 机电传动与控制实验实习教学中的技能培养 [J]. 实验室科学, 2020, (08): 100-106

[3] 胡兆勇, 何汉武, 郝海青, 杨 杰 “机电传动控制”实验教学改革探索 [J] 广东工业大学学报 (社会科学版) 2006,12 (6) 153-154

[4] 张万奎, 《机电传动控制》课程教学研究与实践 [J]. 湖南理工学院学报 (自然科学版) 2014. 09 (27) 92-94.

[5] 朱晓翠 张新戈 王继利 《机电传动控制》课程实验教学改革探讨 [J]. 科技视界, 2015 (25) 83-84

[6] 周海燕, 刘 英, 缙斌丽, 杨雨图 《机电传动控制》虚实实验教学研究与实践 [J]. 教育教学论坛. 2018. 04 (15) 269-270.

[7] 李洪波 韩 天 张佳明 孙 浩 机电传动控制课程教学改革 [J]. 中国冶金教育 2021. 03 (204) 24-26

[8] 杨 洁 机电传动与控制实验实习教学中的技能培养 [J]. 实 验 室 科 学 2020. 8 (4) 100-106.

作者简介: 李正强 (1985-), 男, 汉, 辽宁省辽阳, 硕士, 实验师, 研究方向: 机电一体化。

课题名称及编号: 机电一体化 沈阳航空航天大学本科教学改革 研究项目项目编号: JG250605D4。