

Simulink 仿真技术在电机实验教学中的应用

薛丰进, 莫岳平, 葛 强

(扬州大学 能源与动力工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:根据全日制本科电机学教学大纲的要求,对现有电机实验内容进行改革,将 MATLAB 技术引入到电机实验教学中,对电机的暂态过程通过 Simulink 仿真技术并结合电机实验数据进行仿真,增加了综合性、研究性实验内容,使电机学传统实验焕然一新。通过具体的电机实验,证实了 Simulink 仿真技术在电机实验教学中的重要作用。

关键词:电机实验; Simulink; 仿真

中图分类号:G434 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2010)03-0091-04

Simulink 是 MATLAB 中重要的仿真工具,应用于电机实践教学,目前国内外同一领域的研究尚处于初始阶段,这主要因为 MATLAB 是在 20 世纪 80 年代初才问世^[1-3]。电机学、电机与拖动基础是电气工程及自动化、热能与动力工程等专业的专业基础课。该课程实验教学的内容以电路、磁路为主线,分析、测试直流电机、变压器、异步电机、同步电机等参数、工作特性并经过计算以图表、曲线的形式反映这些特性。电机实验的特点是:需要高电压、大电流、大负载,设备投入大;存在磁路非线性,计算复杂,实验数据处理、图表绘制量大;各类电机存在不稳定区域,用常用仪表难以测量,因此制约了电机实验教学研究。目前,电机实验都是在一定的稳定条件下开设传统验证性的实验,学生几乎是在老师或实验指导书的指导下机械式连线、读取实验数据,学生分析问题,解决问题的能力未能得到很好提高,主观能动性未能得到发展,更谈不上对实验的研究。本课题采用 MATLAB 平台,应用其强大的数值计算与图表处理功能和 Simulink 仿真技术可以弥补电机实验教学中的不足,加强学生对电机学课程的理解和掌握。

一、Simulink 仿真技术在磁路与变压器实验中的应用

磁路与变压器是电机研究的基本内容之一。

在电机内部,磁路起引导磁通的作用,构成电机磁路的主要材料是铁磁性物质。对磁性材料,磁路及其特性的研究,是进一步研究电机的基础。磁路及磁性材料的基础特性包括磁化曲线、磁滞回线、自感系数以及电磁感应过程中由于非线性引起的电流畸变等。

变压器是一种静止的电气设备,因为原、副边线圈匝数不同,通过电磁感应关系,把一种电压数值转换成另一种电压数值。变压器内部,既有磁路问题,也有电路问题,而且彼此之间还有耦合关系。为研究方便,通常将其转化为等效电路,并且用一组电路方程来描述。变压器的特性和工作过程的分析,包括空载特性、负载特性、突然合闸、突然短路等都以等效电路和电路方程为基础。用 Simulink 仿真技术开发的实验有:电感系数计算与绘制、磁性材料的磁化曲线程序设计与仿真、磁性材料的磁滞回线程序设计与仿真、交流磁路电流畸变程序设计与仿真、变压器空载运行仿真、变压器暂态过程仿真等。现以变压器副边突然短路仿真为例作简单介绍,如图 1。

二、Simulink 仿真技术在直流电机实验中的应用

直流电动机是将电能转换为机械能的旋转电机。基本数学模型同样由电势平衡方程、功率平衡方程和转矩平衡方程构成。电动机与发电机的不

收稿日期:2010-04-20

基金项目:扬州大学教改课题“热能与动力工程特色专业建设”(YDJ2009026)

作者简介:薛丰进(1962-),男,副教授,硕士,研究方向:电气工程。

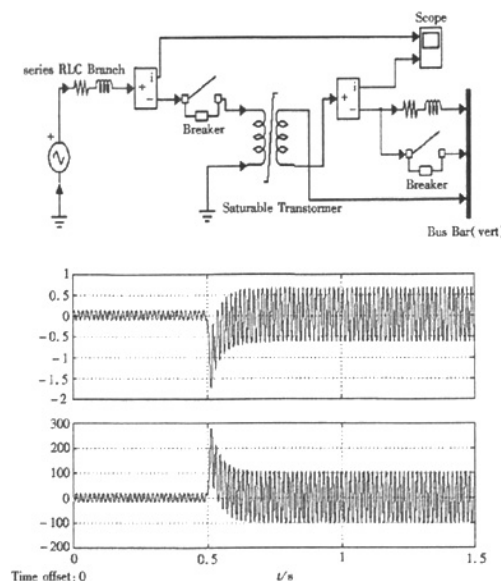


图 1 变压器副边突然短路仿真模型及仿真结果
Fig.1 Simulation model and simulation results of sub-side short circuit accidents in a transformer

同表现为:发电机的电动势大于电压,其电流与电动势同方向;而电动机则相反,因此电流与电动势反方向。从机械角度看,发电机中电磁转矩为反转矩,起制动作用;而电动机中电磁转矩则表现为拖动作用。电动机的基本特性包括起动性能、工作特性、机械特性、调速性能和制动性能。不同励磁方式的电机具有完全不同的特性。根据电动机特性和使用场合的不同,有多种起动、调速和制动方法。

用 Simulink 仿真技术开发的实验有:直流发电机空载特性实验仿真、直流发电机外特性实验仿真、直流发电机调整特性实验仿真、并励直流发电机自激实验仿真、他励直流发电机突然短路实验仿真、直流电动机转矩特性实验仿真、直流电动机机械特性实验仿真、直流电动机直接起动实验仿真、直流电动机分级起动实验仿真等。图 2 为晶闸管一直流电动机闭环一无静差调速系统仿真模型及仿真结果。

三、Simulink 仿真技术在异步电机实验中的应用

异步电机的定子绕组接到交流电源,依靠电磁感应作用使转子产生感应电流和电磁转矩,达到机电能量转换的目的,异步电机又称为感应电机。异步电机主要用作电动机。与其他电机相比,异步电

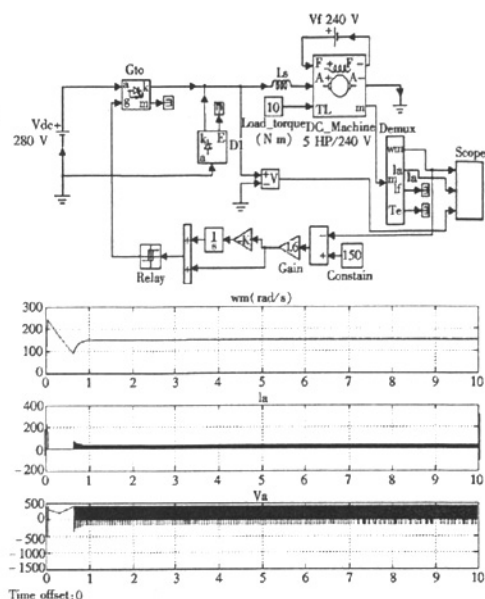


图 2 晶闸管一直流电动机闭环一无静差调速系统仿真模型及仿真结果
Fig.2 Simulation model and simulation results of thyristor, direct-current closed loop motor and without static error of speed control system

动机结构简单,运行可靠,效率高,制作成本低,坚固耐用,因此成为使用最广泛的电动机。和直流电机一样,异步电机的数学模型也是由电势平衡方程、功率平衡方程及转矩平衡方程组成。考虑到异步电机主要用作电动机,因此其电磁转矩是关注重点,只有在电磁转矩的作用下,电动机才能拖动生产机械旋转,向负载输出机械功率。当电动机负载发生变化时,电机转速(或转差率)就会发生变化,这一变化关系称为电动机的机械特性,它是异步电机的主要稳态特性,是基础性实验的重点^[4]。

异步电动机运行中的主要问题包括起动、调速和制动,根据使用场合的不同,异步电机也有多种起动、调速和制动方法。随着控制理论不断发展,控制技术和电力电子技术的不断进步,异步电动机已经克服了诸多使用中的问题,成为使用越来越广泛的拖动元件,并与其它元件一起构成性能优异的电力电气拖动系统。

异步电机属于强耦合系统,其内部电磁关系远比直流电机复杂,尤其是在异步电机动态运行时。所以人们不得不花很大气力建立复杂的电机动态运行数学模型。Simulink 仿真模型使用相同方法,因为电机的仿真模型就是建立在这些数学模型基

础之上的。

需要指出的是,多数仿真模型都与微分方程求解有关,这是由异步电机的特殊性所决定的。由于异步电机的强耦合性,其数学模型通常是微分方程组,因此加强学生运用 MATLAB 方法求解微分方程的问题显得很重要。用 Simulink 仿真技术开发的实验内容有:三相异步电机起动实验仿真、三相异步电机串电抗器起动实验仿真、三相异步电动机的机械特性实验仿真、三相异步电机转子绕组串电阻调速实验仿真(如图3)等。

四、Simulink 仿真技术在同步电机实验中的应用

与异步电机一样,同步电机也是运用电磁感应

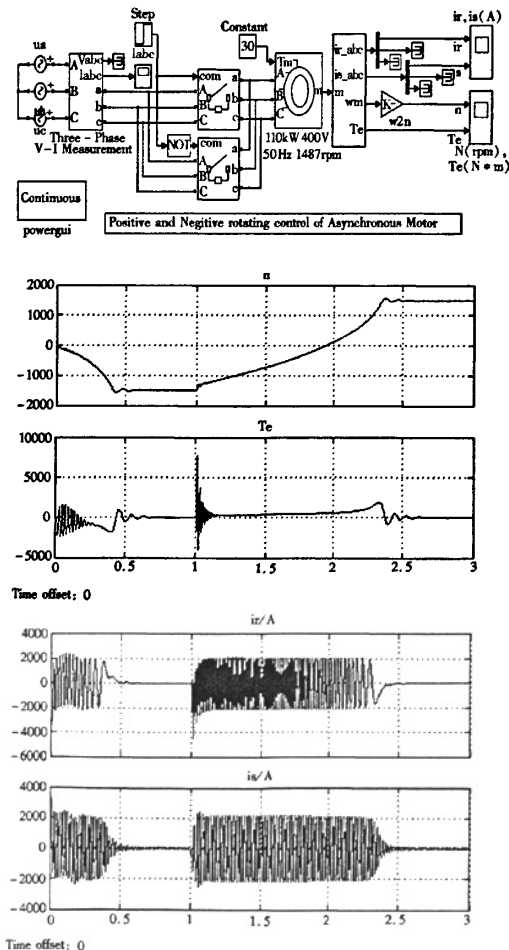


图3 三相异步电机正反转仿真模型及仿真结果
Fig.3 Simulation model and simulation results of positive and negative rotating control in asynchronous motor

原理工作的交流旋转电机,两者的不同之处在于,同步电机的转子转速与电流频率之间保持严格的数学关系,即:同步电机主要用作发电机,且很多情况下以三相同步发电机居多。因此我们研究的重点仿真实验也是以三相同步发电机为主。

电机的不对称运行和过度过程历来是同步发电机研究的重点,我们有意识地增加了设计性、综合性实验的内容。用 Simulink 仿真技术开发的实验内容有:三相同步发电机空载建立电压的仿真、同步发电机三相突然短路仿真(如图4)、同步电动

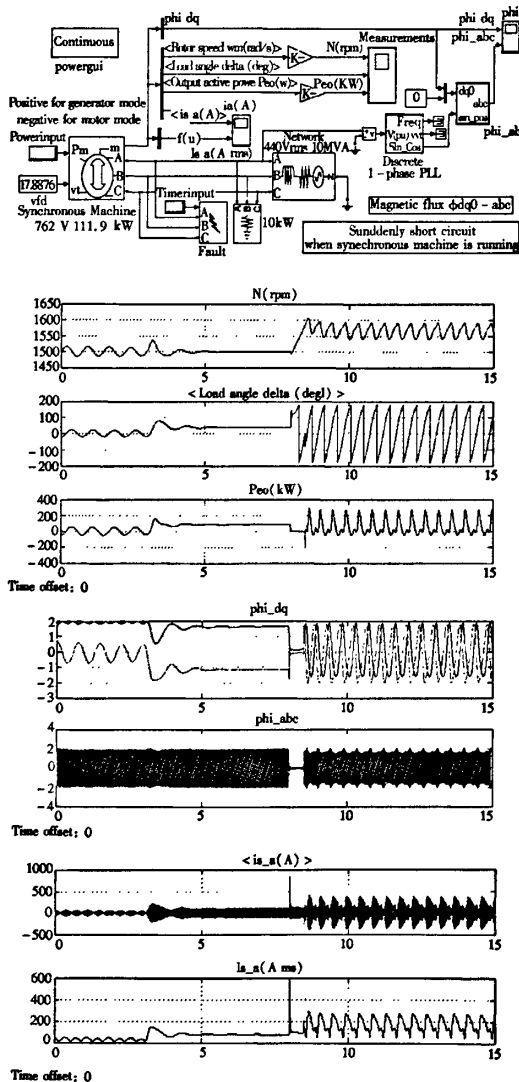


图4 同步发电机三相突然短路仿真模型及仿真结果
Fig.4 Simulation model and simulation results of sudden short circuit accidents in synchronous motor

机直接起动和能耗制动仿真、同步电机降压限流起动仿真、同步电机变频调速仿真等。

将 Simulink 仿真技术应用于电机实验教学中,有助于学生创新、思维能力的培养。仿真改变了以往单一的实验形式,使学生既掌握了一种新的技术,又掌握了一种新型的实验分析方法,还可以自己设计实验,从而提高了学生的学习兴趣。尤其在仿真过程中,学生不再是被动地重复教师的操作,而是主动地去探求解决问题的方法。同样的设计要求,可以有不同的实现电路、不同的程序,这能充分发挥学生的主观能动性和创造性,培养他们运用所学知识分析问题和解决实际问题的能力。教师在整个教学过程中是学生引路人的角色,为学生获

得知识提供情景、引导学生自己去学习、设计实验并验证实验结果。仿真软件的引入则突破了实验时间和空间的限制,学生不必拘泥于实验室,可以利用计算机在课后继续进行研究,这样就可对实验的原理、方法有较明确的认识,对实验中的难点也有了准备。当他真正走进实验室时,能做到心中有数,减少了操作的盲目性,改善了教学效果。实验场地也不再局限于传统意义的实验室,不再需要昂贵的仪器与设备,计算机机房就可以用来进行实验,解决了缺少硬件设备的问题^[5-6]。我们经过几年的努力,将 Simulink 仿真技术应用于电机实验教学中,教学效果显著提高,设计性实验、综合性实验内容生动而丰富,得到了同行专家的高度赞誉。

参考文献:

- [1] 李维波. MATLAB 在电气工程中的应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007.
- [2] 张圣勤. MATLAB7.0 实用教程[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [3] 吴天明. MATLAB 电力系统设计与分析[M]. 北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 张健. 试论高等职业教育理论与实践课程的整合[J]. 中国高教研究,2008(1):63-64.
- [5] 杜华. 机电控制课程体系教学改革研究与实践[J]. 长春工程学院学报:社会科学版,2006(1):82-83.
- [6] 刘白雁. 机电控制系统动态仿真[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

On the Application of Simulink Simulation Technology in the Electromechanical Practical Education

XUE Feng-jin, MO Yue-ping, GE Qian

(Energy and Power Engineering College, Yangzhou University, Jiangsu Yangzhou 225009, China)

Abstract: We reform the electromechanical experimental contents now available according to the syllabus of full-time undergraduate electromechanical course. The MATLAB software is utilized in electromechanical practical teaching process. With regard to the electromechanical transient state process, we use the Simulink simulation technology and the electromechanical experimental data together to simulate, which can increase comprehensive and research experimental content, and make the traditional experiment of electromechanical course takes on a new look. The Simulink technology applying in the electromechanical experiment makes the experiment perfect. Through the specific electromechanical experiment test, we prove that the MATLAB software is very important in electromechanical experimental teaching.

Keywords: electromechanical experiment; Simulink; imitation

(责任编辑:洪 林;校对:陈 芸)