

《机械信号处理》课程实验教学的探讨*

陈仲生, 胡政, 杨拥民, 李岳

(国防科学技术大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

[摘要] 我校《研究生2009培养方案》高度重视研究生创新实践能力的培养,对每门研究生课程的实验教学提出了更高的要求。本文针对《机械信号处理》课程,从目的与任务、内容设计和考核与评价三个方面,对这门课的实验教学方式进行了探讨,提出了相应的策略,希望能引起更多的讨论。

[关键词] 机械信号处理;创新能力培养;实验教学

[中图分类号] G643 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2009)S0-0040-03

一、引言

根据新世纪新阶段履行我军新的历史使命对高素质新型军事人才培养的战略需求,贯彻落实学校提出的“理想信念坚定、军事素质优良、科技底蕴厚实、创新能力突出、身心素质过硬”的人才培养总目标,我校《研究生2009培养方案》将研究生创新实践能力的培养上升到了关键地位^[1],这对每门研究生课程的实验教学提出了更高的要求,因此探讨新的实验教学方式将成为新培养方案实施过程必须解决的难题之一。

《机械信号处理》是我校机电工程专业博士生的核心专业课程,也是学校“十一五”首批研究生重点建设课程之一,它将为进行机械系统分析、设计与评价等方面提供必要的信号处理理论支撑。对博士生来说,要培养高素质创新型人才,不仅要强调他们与工程实践相结合,必须注重对科学研究能力、工程实践能力、技术创新能力等进行全面的训练^[2],更要鼓励他们参与各种科研项目,并在科研工作中得到实践,为他们提供分析问题、解决问题的试验平台,并且给他们自由思考、自主探索的空间,培养团队协作精神。为了提高《机械信号处理》课程的教学效果,满足我校《研究生2009培养方案》对创新能力培养的要求,本文从目的与任务、内容设计和考核与评价三个方面,对这门课的实验教学方式进行了初步探讨,希望能得到相关专家的批评指正。

二、进一步突出实验教学的目的是与任务

从基本出发点来看,《机械信号处理》课程实验教学环节的主要目的与任务是使学员更好地理解和掌握机械信号分析与处理的主要特点、常用方法和应用过程,培养学员掌握非高斯信号处理、非平稳信号处理、非线性信号处理

的基础技能,包括短时傅里叶变换、Wigner-Ville分布、小波分析、小波包分析、高阶谱、循环统计量分析等方法。

我校旧的《研究生培养方案》中对《机械信号处理》课程的实验教学也提出了相应的要求,不过根据这些要求制定的实验教学和目的处于一个相对较低的层次^[3]。从本质上来看,这些实验环节仅仅属于基础验证性实验,也就是在实验教学实施过程中,教员在理论教学过程中,针对不同的理论知识将典型的工程数据提供给学员,由学员自己利用这些数据对课堂学习的基本理论和方法进行验证。因此,在这种实验教学模式下,学员只能简单、机械地验证机械信号处理的方法,与工程实践脱节严重,导致学员分析问题和解决问题的能力薄弱,已不能满足《研究生2009培养方案》对博士生创新实践能力培养的要求。

《机械信号处理》课程实验教学的改革就是要改变用传统模式培养学员的实验环节和实施手段,进一步突出工程实践在实验教学目的与任务中的核心地位,增加综合性、设计性实验课的比重,使课程理论、实验环节和工程实践之间实现无缝结合,引入新的实验内容和实验方法,构建机械信号处理实验教学的新平台,激发学员的学习兴趣和动手实践兴趣,使他们具备针对实际工程问题能选用合适的信号处理方法进行机械系统分析的能力。另外,针对博士生还是我校科研生力军的特点,《机械信号处理》课程实验教学环节还应该向科研项目延伸,通过在科研实践中研究和应用机械信号处理方法,培养学员的工程实践能力和创新能力,达到学以致用目标。

为此,我校《研究生2009培养方案》中《机械信号处理》课程实验教学的目的是与任务调整为:通过基础性、设计性和开放性实验环节,使学员更好地理解和掌握机械信号分析与处理的主要特点、常用方法和应用过程,培养学员掌握非高斯信号处理、非平稳信号处理、非线性信号处理的基本技能,具备选用合适的信号处理方法进行机械系统分析的能力。

* [收稿日期] 2009-04-15

[基金项目] 国防科学技术大学“十一五”研究生重点课程建设项目(1151A004)

[作者简介] 陈仲生(1977-),男,安徽桐城人,国防科学技术大学副研究员,博士。

三、分层次设计课程实验教学的内容

结合博士研究生的特点及培养要求,《机械信号处理》课程实验教学的内容应该精心设计,体现出不同的层次。为此,新的《机械信号处理》课程实验教学内容将包括验证性实验、设计性实验和开放性实验,具体安排如下:

1、验证性实验环节

验证性实验环节主要在课程教学过程中穿插进行,以大作业的形式布置实验内容,不需要专门安排课时。主要任务是针对短时傅里叶变换、小波分析、小波包分析、Wigner-Ville分布、高阶谱、循环统计量分析等机械信号处理方法,向学员提供不同的工程实践数据,要求他们独自利用 Matlab 软件编程实现相应的信号处理算法,并对上述数据进行处理和分析,验证基本理论及其实现算法^[4,5]。

2、设计性实验环节

设计性实验环节主要在课程教学中进行,以实验指导书的形式布置实验内容,需要专门安排课时来实施。主要任务是以几个学员组成的小组为基本实验单元,根据实验指导书要求,在实验室实验台上设计实验系统和实验过程,最后完成实验报告。

《机械信号处理》课程设计性实验主要包括以下3个实验单元,共2个学时,每个实验单元包含了2个实验:

(一) 实验单元一:机械系统非平稳信号处理实验

实验 1.1 轴承故障振动信号采集实验

① 实验目的与任务

熟悉和设计轴承故障振动信号采集系统,深入了解加速度传感器的安装、数据采集卡的使用和振动信号采集过程。

② 实验原理

选择和安装合适的加速度传感器,并使用数据采集卡采集振动数据。

③ 实验内容及要求

了解轴承的常见故障模式,设计不同故障的注入方式,观察轴承发生故障前、后实验台的振动变化;通过设置不同采样频率,采集各种故障模式下的振动数据。

④ 实验结果及要求

分析轴承发生故障前、后的振动信号变化特点,以及不同位置采集的振动信号区别,完成实验指导书中规定的思考题。

实验 1.2 轴承故障振动信号时频分析实验

① 实验目的与任务

分别采用谱分析方法和各种时频信号处理方法,对采集的轴承故障前、后的振动信号进行处理,并比较分析结果。

② 实验原理

利用谱分析方法和时频信号处理的基本理论,以 Matlab 软件为工具编制算法进行振动信号分析。

③ 实验内容及要求

验证轴承故障振动信号的非平稳性;分别采用功率谱、倒谱、短时傅里叶变换、Wigner-Ville 分布、小波分析、小波包等信号处理方法,分析轴承故障前、后的振动信号。

④ 实验结果及要求

对上述各种信号处理方法的分析结果进行比较分析,判断在提取轴承故障特征方面的优劣性,完成实验指导书中规定的思考题。

(二) 实验单元二:机械系统非高斯信号处理实验

实验 2.1 转子实验台振动信号采集实验

① 实验目的与任务

熟悉转子实验台的基本结构,了解转子非线性动力学现象;掌握转速传感器的安装及其信号采集方法。

② 实验原理

安装转速和振动传感器,并使用数据采集卡采集振动数据。

③ 实验内容及要求

设计转子不对中、碰摩等故障注入方式;分别采集转子在正常和各种故障注入时的振动信号。

④ 实验结果及要求

分析转子发生故障前、后的振动信号变化特点,完成实验指导书中规定的思考题。

实验 2.2 基于高阶统计量的转子振动信号处理实验

① 实验目的与任务

分别采用谱分析方法和高阶统计量方法,对采集的转子故障前、后的振动信号进行处理,并比较分析结果。

② 实验原理

利用谱分析方法和高阶统计量的基本理论,以 Matlab 软件为工具编制算法进行振动信号分析。

③ 实验内容及要求

验证转子故障振动信号的非高斯性;分别采用功率谱、倒谱、双谱、三谱等信号处理方法,分析转子故障前、后的振动信号。

④ 实验结果及要求

对上述各种信号处理方法的分析结果进行比较分析,判断在提取转子故障特征方面的优劣性,完成实验指导书中规定的思考题。

(三) 实验单元三:旋转机械循环平稳信号处理实验

实验 3.1 齿轮故障振动信号采集实验

① 实验目的与任务

熟悉齿轮故障诊断试验系统的结构,了解齿轮的常见故障模式,掌握齿轮振动信号的采集方法。

② 实验原理

安装加速度传感器,并使用数据采集卡采集振动数据。

③ 实验内容及要求

设计齿轮故障注入的方式,观察齿轮发生故障前、后实验台的振动变化;通过设置不同采样频率,采集各种故障模式下的振动数据。

④ 实验结果及要求

分析齿轮发生故障前、后的振动信号变化特点,完成实验指导书中规定的思考题。

实验 3.2 基于循环统计量的齿轮故障振动信号处理实验

① 实验目的与任务

分别采用谱分析方法、时频分析和循环平稳信号处理方法,对采集的轴承故障前、后的振动信号进行处理,并

比较分析结果。

② 实验原理

利用谱分析方法、时频分析和循环平稳信号处理的基本理论,以 Matlab 软件为工具编制算法进行振动信号分析。

③ 实验内容及要求

验证齿轮故障振动信号的循环平稳性;分别采用功率谱、倒谱、短时傅里叶变换、Wigner-Ville 分布、谱相关函数等信号处理方法,分析齿轮故障前、后的振动信号;进行循环平稳 AR 模型建模。

④ 实验结果及要求

对上述各种信号处理方法的分析结果进行比较分析,判断在提取齿轮故障特征方面的优劣性,分析 Wigner-Ville 分布与谱相关函数之间的关联关系,完成实验指导书中规定的思考题。

3、开放性实验环节

《机械信号处理》课程开放性实验环节安排在理论教学完成后四周内完成,以综合实践能力培养项目(Project)的形式设计实验内容。每个 Project 既可以是由教员结合自己的科研项目提炼出来的若干个技术难点,也可以由每个学员根据自己的研究方向或从事的科研任务来拟定。由此可见,开放性实验选题是完全开放的,但同时一定来自于工程实践。从整个过程来说,开放性实验环节基本上由学员独立完成提出问题、分析问题和解决问题,既是对学员熟悉和掌握机械信号处理基本理论的深层次考核,更是激发学员工程创新能力、灵活应用所学理论的全方位训练。

四、高度重视实验教学的考核与评价

合理的考核和评价方式是关系到实验教学效果好坏的重要环节之一,过去的实验考核与评价方式主要采用学员完成实验报告、教员打分的方式。这种方式存在很大的缺陷:一是学员只知道自己的实验成绩,但不能真正知道自己完成的实验哪方面完成得好,哪方面完成得不好,这对改进自己的不足很不利;二是学员不能口头阐述自己实验的基本思路、具体做法,使得学员缺乏学术表达能力的锻

炼。为了改变传统的实验考核与评价模式,《机械信号处理》课程实验教学将采用两级考核与评价模式:第一级是在课堂上由每个学员汇报自己的实验报告,并与其他学员进行交流探讨,教员根据每个学员的汇报讲解和回答问题情况进行评分;第二级由教员自己认真阅读每个学员的实验报告,根据其完整性、准确性和创新性进行评分。最后,教员综合这两级的考核与评价结果来给出《机械信号处理》课程的实验成绩。

五、结论

课程实验教学是培养研究生工程创新能力的重要环节,如何提高实验教学的效果将是任课教员需要不断探讨和解决的难题之一。本文针对我校《研究生 2009 培养方案》对创新能力培养的要求,对《机械信号处理》课程实验的教学改革进行了探讨,提出了分层次设计实验内容和分级进行考核与评价的新模式,希望能引起更多的讨论。

[参考文献]

- [1] 国防科技大学研究生院.《国防科学技术大学研究生 2009 培养方案》[S]. 2009, 1.
- [2] 李玉玲.应用型人才培养及创新能力培养的研究与探索[J].中国西部科技, 2008, 7(28): 90-92.
- [3] 陈仲生,杨拥民,胡政,等.《机械信号处理》课程教学探讨[C].第五届工程硕士研究生培养研讨会, 2006, 9: 88-90.
- [4] 赵前程,王会生,刘善林.基于 Labview/Matlab 的数字信号处理[J].合肥工业大学学报(自然科学版), 2004, 27(7): 801-804.
- [5] 王娜,张力,李霞.虚拟实验在“信号与系统”课程教学中的应用[J].电气电子教学学报, 2004, 26(6): 78-81.

(责任编辑:胡志刚)