

八、编写成员名单

姚强(清华大学)、张欣欣(北京科技大学)、何雅玲(西安交通大学)、金保昇(东南大学)、梁惊涛(中国科学院大学)、刘林华(哈尔滨工业大学)、舒歌群(中国科学技术大学)、陶智(北京航空航天大学)、王辅臣(华东理工大学)、王如竹(上海交通大学)、严建华(浙江大学)、杨勇平(华北电力大学)、袁寿其(江苏大学)、张华(上海理工大学)、张延安(东北大学)、刘红(清华大学)

0808 电气工程一级学科研究生核心课程指南

01 矩阵论

一、课程概述

矩阵论是数学的一个重要分支,内容丰富,是很多数学学科,如数值分析、最优化理论、概率统计等的基础;同时也是其他学科领域如控制理论、力学、电学、信息科学、管理科学等的重要工具。信息技术的处理和计算机技术的发展、优秀的数学软件如 MATLAB、Maple 等计算工具的研发和发展,为矩阵理论的应用提供了广阔的前景。在现代科技领域,矩阵理论已成为很多科技工作者的重要工具。

二、先修课程

微积分,线性代数。

三、课程目标

以线性代数作为基础,进一步系统掌握矩阵的基本理论、常用方法和某些具体的应用。通过本课程的学习,掌握线性空间、内积空间、线性变换等基本的概念和性质,掌握矩阵的分解理论加速计算,学会运用范数理论估算计算的稳定性。运用分析的思想,掌握矩阵函数和函数矩阵的计算、特征值的计算,学习广义逆矩阵以及非负矩阵理论,掌握利用 Kronecker 积将矩阵方程转换为线性方程组求解的方法。

四、适用对象

理工科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

主要采用传统的板书讲解理论知识和计算方法,课堂内外预留适当的练习以巩固课堂所学知识和计算方法,另外对可以编程计算的知识点,留置附加作业,让学生编程实现。

六、课程内容

主要包括线性代数基础、矩阵分解、范数理论及其应用、矩阵分析、Kronecker 积与矩阵方程。

第一章 线性代数基础

教学内容:线性空间,线性变换,内积空间,Jordan 标准形。重点是理解特征值和特征向量的计算,Jordan 标准形的计算。难点是线性相关和线性无关。

通过本章的学习,理解线性空间的概念,掌握维数、基变换和坐标变换的计算;理解线性变换的概念,掌握描述线性变换的矩阵、特征值和特征向量的计算;理解内积的概念,掌握标准正交基的计算;掌握 Jordan 标准形的求法。

第二章 矩阵分解

教学内容:奇异矩阵满秩分解和奇异值分解,非奇异矩阵的三角分解,QR 分解,方阵的 Schur 分解和谱分解方法。重点是三角分解、QR 分解、Schur 分解和谱分解。难点是 QR 分解、Schur 分解和谱分解。

通过本章的学习,掌握矩阵的分解。

第三章 范数理论及其应用

教学内容:向量范数、矩阵范数及诱导范数。重点是向量范数和矩阵范数的计算。难点是诱导范数。

通过本章的学习,掌握用量化的方法判定矩阵的非奇异性。

第四章 矩阵分析

教学内容:矩阵幂级数,矩阵函数,矩阵的微分和积分。重点是矩阵函数。难点是矩阵函数值的求法。

通过本章的学习,掌握矩阵幂级数与矩阵函数值的计算。

第五章 Kronecker 积与矩阵方程

教学内容:Kronecker 积。重点是 Kronecker 积及性质。难点是将矩阵方程转化为线性方程组。

通过本章的学习,掌握利用 Kronecker 积将矩阵方程转化为线性方程组求解的方法。

七、考核要求

闭卷考试,平时成绩占 40%,期末卷面占 60%。

八、编写成员名单

段献忠(湖南大学)、廖安平(湖南大学)、刘建州(湖南大学)、易学军(湖南大学)

作用。数值分析是计算数学专业的主体部分,是研究用计算机求解各类数学问题的数值方法及相关理论的学科,是科学与工程计算的理论基础,其内容丰富,研究方法深刻,既有纯数学高度抽象与严密科学性的特点,又有应用的广泛性与实际实验的高度技术性的特点,是工程学乃至社会科学研究中非常有用的工具。

本课程介绍将连续的数学模型离散化,通过计算机程序在有限步骤内求得近似解的方法。通过一系列的理论介绍和实验,帮助学生掌握数值代数、数值逼近、微分方程数值解等方面的基础知识和误差分析方法,使学生掌握经典算法和使用技巧,既能培养学生数学思维活动的习惯,又能提高学生解决问题的创新能力。

二、先修课程

高等数学,线性代数,常微分方程。

三、课程目标

数值分析主要研究常用数值算法及方法的有效性、收敛性、稳定性,具体内容包括求解非线性方程和线性方程组的方法、用插值及拟合近似函数值、计算近似定积分、求解微分方程初值问题的方法等,其主要目标是:

- (1) 掌握上述内容的基础知识和算法性质;
- (2) 了解处理实际问题的一般规律,能设计高效的新算法;
- (3) 提高运用计算机编程和进行实验的能力;
- (4) 掌握针对结果进行理论分析和误差先验估计的技术;
- (5) 了解相关的新理论、新方法及其发展趋势,为进一步学习和研究打下良好基础。

四、适用对象

理工科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

数值分析是典型的具有知识交叉性特点的基础课程。在教学中应坚持体现三条原则:数学定义和逻辑推理过程严谨、科学计算方法与逼近技巧灵活、数值实验工具和内容新颖。

教学过程中具体使用的教学方法如下。

(1) 传统教学方式与现代教育手段相结合。在课堂教学中,一方面保留传统板书的教学方式,保持教师与学生面对面直接交流的优势;另一方面又适时部分地引入先进的辅助手段,充分发挥多媒体课件的优势,使原来抽象枯燥、难以理解的概念、理论以及公式推导变得生动,从而在课堂教学中做到理论阐述与直观演示相结合,使内容更加容易理解和掌握。

(2) 教师的主导性与学生的主体性相结合。教师会有意识地选择部分章节布置学生自学。在教师的启发下,通过教材、讨论、查阅资料,解决在自学过程中发现的问题,形成自己的看法和结论,并引导学生进行讨论,极大地激发学习的自主性和参与性,同时也培养自学和查阅资料的能力。

(3) 课堂教学与上机实验相结合。教师会在课前结合新知识,设计一批由简单到具有一定

02 数值分析

一、课程概述

随着计算科学的进步和发展,大型模拟计算技术在众多科研和生产领域起到了特别重要的

难度的习题,让学生带着问题去学习新内容。让学生课后根据所学的知识,自己选择相应的算法编制程序、上机实现、分析结果。在这一过程中,加深了对所学内容的认识,提高了学生学好这门课的兴趣和自觉性,也培养了学生应用计算机的技术。

(4) 在上机实验中,提倡使用各种计算机语言进行编程,提高学生算法实现技巧,也指导学生使用先进的软件平台,如符号计算系统 MATLAB、Mathematica、Maple 等,使其了解上述系统中还提供各种功能齐全的数值工具箱,可大幅提高程序的运行效率。

(5) 分类教学的实施。对学术型研究生,教学内容侧重方法的理论部分;对专业型研究生,教学内容侧重方法的实用性和实验性部分。既不以严谨理论为主导,也不是全篇的数值计算,而是两者兼顾,兼收方法的基本理论和实用性。

六、课程内容

第一章 误差

- (1) 了解误差的来源和概念;
- (2) 理解误差的传播和数值计算中应注意的问题。

第二章 非线性方程(组)的数值解法

- (1) 理解迭代法的基本思想及收敛条件;(重点)
- (2) 熟练掌握 Newton 法、割线法;(重点+难点)
- (3) 掌握重根上迭代法、迭代加速;
- (4) 理解非线性方程组的 Newton 法、拟 Newton 法、互逆方法。(难点)

第三章 线性方程组数值解法

- (1) 掌握直接解法:Guass 消元法、三角分解法等;(重点)
- (2) 理解矩阵条件数和误差分析;(难点)
- (3) 了解迭代法的收敛条件,掌握 Jacobi 迭代法、Gauss-Seidel 迭代法、SOR 迭代法;(重点+难点)
- (4) 掌握最速下降法和共轭梯度法。(难点)

第四章 插值法与逼近

- (1) 掌握 Lagrange 插值、Newton 插值、Hermite 插值;(重点)
- (2) 掌握分段插值、样条插值;(重点)
- (3) 掌握有理插值;(难点)
- (4) 掌握连续和离散的最佳平方逼近原理及方法。(重点+难点)

第五章 数值积分

- (1) 理解机械型求积公式的基本概念;
- (2) 掌握 Newton-Cotes 公式及稳定性条件;(重点)
- (3) 掌握复化的求积公式和 Romberg 积分;(难点)
- (4) 掌握 Gauss 求积公式及带权的 Gauss 求积公式。(重点+难点)

第六章 矩阵特征值和特征向量的计算

- (1) 掌握乘幂法和反幂法;(重点)
- (2) 了解 Jacobi 方法和 QR 算法。(难点)

第七章 常微分方程初值问题数值解法

- (1) 了解初边问题的数值解法基本概念;
- (2) 掌握 Euler 方法、Runge-kutta 方法;(重点+难点)
- (3) 掌握线性多步法;(重点)
- (4) 理解方法的一般性理论:局部截断误差、收敛阶、相容性、收敛性、稳定性;(重点+难点)
- (5) 了解预测-校正法、高阶方程和方程组的解法。(难点)

七、考核要求

采用期末考试与平时考核相结合的办法。期末考试采用笔试方式,主要考查学生对数值分析基本概念、理论、方法及其应用的掌握程度。基本难度题、一般难度题、较难题、难题的分值比大约为 4:3:2:1,期末考试成绩占总评成绩 80%;平时考核内容有上机实验情况及报告、作业情况,两项分值之比为 1:1,平时考核成绩占总评成绩 20%。

八、编写成员名单

张达治(哈尔滨工业大学)、吴勃英(哈尔滨工业大学)、高广宏(哈尔滨工业大学)、徐殿国(哈尔滨工业大学)

03 数学物理方法

一、课程概述

本课程为电气工程学科硕士研究生的基础数学课程,它将为学习电气工程相关专业课程提供基础的数学处理工具。

二、先修课程

高等数学。

三、课程目标

掌握复变函数的概念及复变函数在实积分中的运用;掌握基本的微分方程求解方法,了解其在电路和电磁场分析中的应用。

四、适用对象

电气工程学科硕士研究生。

五、授课方式

提倡多媒体和板书相结合的方式,对图表、曲线、动画等内容适合用多媒体讲授,对重要的

数学细节,结合板书,把问题讲透。

六、课程内容

主要内容包括四个部分:

第一部分 线性空间的向量分析(共两章内容)

第一章 R^3 空间的向量分析

向量的基本概念; R^3 空间的向量分析。

第二章 R^3 空间曲线坐标系中的向量分析

R^3 空间的曲线坐标系,曲线坐标系中标量场梯度、向量场散度和旋度的表达式,及 Laplace 算符的表达式。

第二部分 复变函数(共两章内容)

第三章 复变函数及解析函数

基本概念;复变函数的导数;复变函数的解析性;复势;保角变换(共形变换,或解析函数的变换);复变函数项级数;复变函数的 Taylor 展开;复变函数的 Laurent 展开。

第四章 复变函数积分及在实积分中的应用

复变函数的积分;Cauchy 积分定理;Cauchy 积分公式;解析函数的高阶导数的积分表达式;留数定理;留数的一般求法;解析函数在无穷远点的留数;留数定理在实积分中的应用。

第三部分 积分变换和 Delta 函数(共四章内容)

第五章 Fourier 变换

第六章 Laplace 变换

第七章 Delta 函数

第八章 小波变换初步

第四部分 数学物理方程(共八章内容)

第九章 二阶线性常微分方程的级数解法

二阶线性常微分方程的普遍形式;Sturm-Liouville 本征值问题;二阶线性常微分方程级数解的第一和第二个解,及 Frobenius 方法和 Wronski 方法。

第十章 常见二阶线性偏微分方程及其定解问题

波动方程、输运方程、Poisson 方程及其定界问题的导出。

第十一章 分离变量法

直角坐标系中:齐次方程齐次边界条件下的分离变量法;非齐次方程齐次边界条件下的分离变量法;非齐次边界条件下的分离变量法。

曲线坐标系中:球坐标系中方程的分离变量;柱坐标系中方程的分离变量。

第十二章 球函数

Legendre(勒让德)多项式及主要性质;具有转动任意角度不变的轴对称(以下简称轴对称)的 Laplace 方程的求解;Associate Legendre 函数(连带 Legendre 函数);球函数。

第十三章 柱函数

Bessel(贝塞尔)函数;Bessel 函数的递推关系;柱函数的定义;整数阶 Bessel 函数的生成函数;半整数阶 Bessel 函数;Bessel 方程的本征值问题,包括解的求得,正交性,归一化系数;虚宗量

Bessel 函数;Hankel(汉克尔)函数;球 Bessel 函数。

第十四章 Green 函数法及其他解法

格林公式;稳态边值问题的格林函数法;输运问题的格林函数法;波动问题的格林函数法;格林函数的确定。

第十五章 保角变换法求解边值问题

常用保角变换;多角形的变换;应用。

第十六章 变分法

基本概念;泛函的极值和变分;泛函极值与数学物理问题的关系;求泛函极值的直接方法。

课程重点:Cauchy 积分定理;留数定理在实积分中的应用;积分变换;偏微分方程的分离变量法;常微分方程的级数解法;Green 函数法;球函数;柱函数。

课程难点:留数定理在实积分中的应用;常微分方程的级数解法;Green 函数法;球函数;柱函数。难点之一在于自洽地理解各部分内容;难点之二在于各部分的应用非常灵活,应用于具体问题的能力需要着力培养;难点之三在于部分计算复杂,需要技巧及精确的计算。

七、考核要求

期中考试+期末考试+平时作业。

八、编写成员名单

肖立业(中国科学院电工研究所)、朱振刚(中国科学院电工研究所)、宋涛(中国科学院电工研究所)

04 现代数字信号处理

一、课程概述

通过本课程的学习,要求学生掌握信号处理中的基本理论、方法,使得学生具备强弱电相结合的基本素养,开拓专业视野;能够以信号处理方法为工具,从电力系统大量数据中分析、提取不同的电气信息,从而解决电力工程实际问题。

二、先修课程

信号与系统,数字信号处理,自动控制原理,随机过程,电力系统分析,电力系统继电保护,高电压工程。

三、课程目标

要求学生在了解和掌握平稳随机系统理论分析方法基础上,了解现代数字信号处理理论及

分析方法。通过本课程的学习,学会处理涉及随机问题的电力系统复杂问题的方法。

四、适用对象

电气工程一级学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

理论讲授、课堂讨论、仿真实验。

六、课程内容

第一章 数字信号处理基础

主要内容:数字滤波器;傅氏变换;改进傅氏算法;半周傅氏算法分析及其改进算法;傅氏变换在电力系统中的应用。

要求:掌握傅氏算法及其改进、衍生,并了解傅氏算法在电力系统中的应用。

第二章 随机信号

主要内容:信号分类;相关函数、协方差函数与功率谱密度;两个随机信号的比较与识别;信号变换;具有随机输入的线性系统。

要求:掌握相关函数、协方差函数与功率谱密度以及信号变换的基本原理和方法。

第三章 参数估计

主要内容:估计子;Fisher 信息与 Cramer-Rao 不等式;Bayes 估计;最大似然估计;线性均方估计;最小二乘估计。

要求:掌握 Bayes 估计、最大似然估计、线性均方估计。

第四章 现代谱估计

主要内容:非参数化谱估计;平稳 ARMA 功率谱密度;ARMA 谱估计;最大熵谱估计;Pisarenko 谐波分解法;Prony 方法;谱估计在电力系统中的应用。

要求:掌握 Bayes 估计、最大似然估计及线性均方估计。

第五章 自适应滤波器

主要内容:匹配滤波器;Wiener 滤波器;Kalman 滤波;LMS 类自适应算法;自适应滤波方法在电力系统中的应用。

要求:掌握 Kalman 滤波、LMS 类自适应算法,了解自适应滤波方法在电力系统中的应用。

第六章 时频分析

主要内容:信号的局部变换;解析信号与瞬时物理量;短时 Fourier 变换;Gabor 变换;小波变换;小波变换与框架理论;多分辨率分析;Cohen 类时频分布;时频信号分析在电力系统中的应用。

要求:掌握小波变换、Cohen 类时频分布,了解时频分析方法在电力系统中的应用。

七、考核要求

开卷考试、研究报告等。

八、编写成员名单

陈柏超(武汉大学)、刘开培(武汉大学)

05 现代控制理论

一、课程概述

本课程系统地阐述了现代控制的基本概念和理论,以及线性定常系统、非线性系统以及采样控制系统的分析和设计方法。现代控制理论所包含的学科内容十分广泛,主要有线性系统理论、非线性系统理论、最优控制理论、鲁棒控制理论、系统辨识理论和自适应控制理论。

本课程是研究控制系统的重要手段之一,它打破了经典控制理论在控制系统分析和设计上的很多局限性,以状态空间模型为基础进行控制系统的分析和综合,包括状态空间模型的建立、系统的运动分析、能控性和能观性分析、稳定性理论及李雅普诺夫方法、极点配置、状态观测器设计、线性二次型最优控制等,强调理论与实践的紧密结合。

二、先修课程

高等数学,大学物理,复变函数,线性代数,电路电子技术,模拟电子技术,数字电子技术,自动控制原理。

三、课程目标

通过学习,能够掌握各种系统的分析技术和设计方法,不仅对工程技术有指导作用,而且能培养辩证思维能力,建立理论联系实际的科学观点和提高综合分析的能力,理解现代控制理论的基本原理与方法,掌握线性系统分析、控制器设计和实现的基本能力。

四、适用对象

理工科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授为主(多媒体教学);课堂师生讨论;学生课后选择自己感兴趣的专题学习,并将学习内容制作 PPT 上台讲解,老师点评。

六、课程内容

第一章 线性系统状态空间分析

重点内容包括:状态空间表达式的建立,线性系统状态方程的求解,离散时间系统的运动分

析,能控性和能观测性的定义,线性定常系统的能控性和能观测性的判据,能控规范型和能观测规范型。

难点:建立状态方程,将系统的状态空间方程化为能控规范型和能观测规范型。

第二章 稳定性与李雅普诺夫方法

重点内容包括:李雅普诺夫第一、第二法的主要定义与定理,李雅普诺夫函数,线性定常系统与非线性系统稳定性定理与判别,李雅普诺夫方程,渐进稳定性的分析与判别。

难点:李雅普诺夫函数的构造与选取,离散系统的稳定性定理及稳定判据。

第三章 最优控制系统设计

重点内容包括:最优控制的一般问题及类型,泛函与变分,欧拉方程,横截条件,变分法求有约束和无约束的最优控制,连续系统的极小值原理,有限和无限时间状态调节器方法,Riccati 方程求解。

难点:变分法中各种边界条件的最优控制和最优轨线的求法,哈密顿函数的构造,离散动态规划。

第四章 鲁棒控制

重点内容包括:鲁棒稳定性的时域判定条件,鲁棒性能准则极其充分条件, H_∞ 控制问题, H_∞ 控制器的设计,鲁棒 H_∞ 性能的充分必要条件,非线性系统的标准型,基于 HJI 不等式的设计方法,自适应鲁棒控制器的设计,一些线性鲁棒控制设计实例。

难点:基于 Riccati 方程来求解 H_∞ 控制问题,鲁棒 H_∞ 性能的判定, L_2 性能准则设计问题的求解。

第五章 系统辨识

重点内容包括:参数模型和非参数模型的辨识方法,相关分析法辨识系统的脉冲响应的步骤,最小二乘估计有解的充分和必要条件,递推最小二乘估计的计算步骤,广义最小二乘算法,极大似然估计法的离线迭代算法。

难点:递推最小二乘估计的计算,广义最小二乘估计的计算,辅助变量选取原则,极大似然估计法中参数 $\hat{\xi}_M$ 的辨识。

第六章 自适应控制

重点内容包括:用李雅普诺夫稳定性理论设计系统的自适应控制律,用超稳定性理论设计系统的自适应控制律,最小方差预测及控制。

难点:用局部参数优化方法设计可调增益 K_c 自适应规律,构造李雅普诺夫函数,确定正定矩阵 Q ,求最小方差控制律。

第七章 模型预测控制

重点内容包括:模型预测控制的概念、基本原理,模糊模型预测控制、多变量系统的模糊预测控制,神经网络预测控制,基于径向基函数神经网络的预测控制,基于 Hammerstein 模型、I/O 扩展线性化模型和多模型集成的非线性预测控制策略,目前颇受关注的新型预测控制策略研究方向及相关理论。

难点:RBF 网络预测控制建模,RBF 网络动态矩阵预测控制,基于 Hammerstein 模型、I/O 扩展线性化模型和多模型集成的非线性预测控制策略,预测函数控制,多速率采样预测控制和多

模型切换预测控制。

七、考核要求

平时出勤(20%)+PPT 报告(30%)+期末学习报告(50%)。

八、编写成员名单

邹积岩(大连理工大学)、冯晓云(西南交通大学)、黄德青(西南交通大学)、马磊(西南交通大学)

06 高等电路与网络分析

一、课程概述

本课程定位在电气工程学科硕士研究生学位必修课程,是电气、电子类专业的一门重要基础课程,是衔接其他基础课与后期专业课的关键课程。通过本课程的学习,可以使电气工程学科硕士研究生掌握电路与系统的基本理论、分析计算电路的基本方法,掌握进行电路与系统实验的技能,具备更加扎实的现代电网络基础理论,为从事原创性科学与技术研究奠定必要的理论基础。

课程教学根据需选择内容,但要求理论教学不少于 32 学时。

二、先修课程

高等数学,线性代数,矩阵分析,复变函数,电路原理,模拟电子技术基础,信号与系统。

三、课程目标

通过本课程的学习,达到以下目标:

(1) 强化电气工程硕士研究生对电路理论知识理解,掌握大型复杂电网络理论的分析方法,掌握网络的拓扑分析、灵敏度分析、状态变量分析、开关网络分析、容差分析的基本原理,并能够简单应用。能够理解商用计算机辅助分析工具中,有关灵敏度分析、容差分析、蒙特卡罗分析的概念。能够站在参数变化的角度认识电网络,熟练进行无源一端口网络、无源二端口网络综合,为网络优化设计奠定理论基础,从而用科学方法指导网络设计,而不是用经验的方法。

(2) 了解最佳设计原理,了解最佳容差设计原理。

(3) 了解故障诊断的分类,了解故障字典法和子网络法,将查排网络故障建立在科学方法的基础上。

四、适用对象

电气工程及其自动化专业的博士和硕士研究生,以及未学过此内容的或相关专业的博士研

究生。

五、授课方式

以理论教学和实验教学为主,采取线上、线下辅助教学形式。

线上:指定开放课程资源,明确要求;

线下:以面授为主,并给学生留有探究型学习时间。

六、课程内容

第一章 电路元件与系统概述

主要内容:二端和多端元件的数学描述,电路与系统的基本性质和分类,电网络矩阵表示。

第二章 网络分析

主要内容:网络元件和网络基本性质的分类与表述,线性网络方程的矩阵列写法和直接列写法,网络的拓扑分析(包括不定导纳矩阵的概念,网络参数的代数公式,不含多端元件网络的拓扑分析,伴随有向图及含多端元件网络的拓扑分析),以及灵敏度分析(灵敏度定义、用途,灵敏度恒等式;计算灵敏度的方法:增量网络法、伴随网络法、符号网络函数法;响应对多个激励的灵敏度、大变化灵敏度),状态变量分析(包括网络复杂性的阶数和状态变量的选取、线性非常态网络的状态方程、建立状态方程的系统公式法、建立状态方程的多端口公式),开关网络分析(状态平均法、准谐振变换器分析、开关电容网络分析),蒙特卡罗分析,容差分析概述。

第三章 网络综合

主要内容:无源网络综合基础(一端口阻抗和二端口阻抗的性质、正实函数的概念、布隆定理、最小相位函数和希尔伯特变换),无源一端口网络的综合(包括电抗函数的性质及其福斯特综合与考尔综合、RC与RL网络阻抗函数的性质及其福斯特综合与考尔综合、RLC网络的布隆综合),无源二端口网络的综合(包括无源二端口开路阻抗参数的综合、网络函数的综合、滤波器的逼近与综合)。

第四章 滤波器的综合设计(难点内容)

主要内容:滤波器的分类、性能指标和归一化,巴特沃思滤波器设计,切比雪夫滤波器设计,椭圆函数和贝塞尔响应,频率变换,灵敏度分析,单运放二次型有源滤波器电路,有源滤波器的模拟实现法。

综合设计1:单频干扰语音信号滤波器的设计及硬件实现(4学时)。

第五章 非线性电路分析(难点内容)

主要内容:非线性电路特性,分段线性化方法,牛顿-拉夫逊法,非线性单元电路设计方法,非线性电路动力学分析,经典蔡氏混沌电路。

综合设计2:非线性电路混沌软硬件实验(4学时)。

第六章 优化设计

主要内容:最优化原理简介(包括经典的极小化问题,基本迭代算法,无约束问题的极小化,有约束问题的极小化),优化问题目标函数的定义,目标函数灵敏度分析,灵敏度网络,最佳容差设计。

第七章 故障诊断

主要内容:故障诊断分类方法概述,模拟网络故障诊断的基本方法(包括故障字典法、k故障诊断法、子网络诊断法)。

重点内容:网络分析、网络综合。

难点:概率分析,开关电容网络分析,优化设计,故障诊断。

七、考核要求

期末考试(50%);综合设计大型作业报告和答辩(30%);平时作业及课堂表现(20%)。

八、编写成员名单

邹积岩(大连理工大学)、陈希有(大连理工大学)、孙辉(大连理工大学)、盛贤君(大连理工大学)、张吉礼(大连理工大学)、李奎(河北工业大学)、杨文荣(河北工业大学)、罗先觉(西安交通大学)

07 高等电磁场

一、课程概述

高等电磁场是国内外各大学的学生普遍感到畏惧的课程,本科学生如此,到了研究生阶段,仍然如此。其原因如下:电磁场理论公式多、推导复杂、内容抽象。有了基本的电磁场理论基础以后,在研究生阶段如何使电磁场理论知识系统化,使其运用麦克斯韦方程分析电磁问题的水平进一步提高,这是高等电磁场课程需要解决的问题。为了使研究生阶段的学生比较系统地掌握这些知识,本课程引入了计算电磁学与电磁兼容工程问题、电机电磁场的基础理论和数值分析方法,利于学生加深理解抽象概念。

二、先修课程

矢量分析,普通物理,电路原理,电机学,电磁场原理,信号处理。

三、课程目标

本课程旨在电磁场原理基础上进一步阐述宏观电磁场的基本理论和方法,为电气工程硕士研究生进行深入的科学研究和解决工程实际问题打下坚实的理论基础;使学生掌握电机电磁场的基本理论和基本方程、电机电磁场的数值分析方法、电机参数和性能的计算方法,进而具备电机电磁场问题的深入分析计算能力。在此基础上,具备解决电机电磁场复杂工程实际问题的能力。

四、适用对象

电工理论新技术方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

(1) 基础理论讲授:帮助学生建立对本课程的系统性认识,并掌握基本理论及方法。

采用案例教学法,设置永磁电机电感计算、场路耦合仿真、铁心损耗和齿槽定位转矩计算等多个电机典型电磁场问题。通过上机实验,使学生熟悉和掌握电机电磁场的具体计算方法和过程。设计贯穿全过程的开放性大作业,采用规定和自选题目相结合方式,多角度优化电磁机构的结构和尺寸,提高其电磁性能。

(2) 学生自主学习:学生通过小组讨论、小组汇报等方式对提出问题、分析问题、解决问题的能力进行训练。不但要检验学生综合利用所学知识解决具体工程问题的能力,还要锻炼其归纳、总结、表述、辩论的能力,提高其综合素质。

(3) 引入前沿讲座:通过对课程相关前沿知识的讲座,开拓学生的视野,培养学生的创新意识和能力。

六、课程内容

第一部分 基础电磁场理论内容

主要包括:电磁场量的连续性问题、基本方程和唯一性定理,关于静电场能量的定理、铁磁体的磁能,能量增量的计算、作用于流体介质上的电磁力。

第二部分 高级电磁分析方法

主要包括:求解电磁场积分方程的多级子方法和格林函数法,求解电磁场偏微分方程的分离变量法,Bessel 方程与 Bessel 函数、Legendre 方程与 Legendre 函数,电磁波动方程及定解条件、Lorentz 规范和 Coulomb 规范下的电磁位方程、导体中的涡流及电磁扩散方程计算,达朗贝尔方程的解、电磁辐射,平面波在两介质分界面上的反射和折射。

将电磁场理论与实际应用相结合,旨在深入分析理论概念,简化推导,以介绍解决实际电磁兼容问题所需的基础理论作为本课程的重点与难点。

第三部分 电机电磁场的数值分析

主要包括:电机电磁场的理论基础、电磁场有限元法、电机参数和性能的计算方法,包括电磁场基本方程、分界面条件、定界条件、磁位方程、电磁力、电机电磁场建模、有限元法理论基础、变分法和加权余量法、有限元法实施步骤、时步有限元法、场-路-运动耦合有限元法、齿槽定位转矩和铁心损耗计算等。

电机典型电磁场问题分析实践案例包括:代表性商用有限元软件功能和特点介绍,永磁电动机磁场和转子涡流损耗计算,永磁电机交直轴电感计算,永磁发电机外特性计算,带外电路的方波无刷直流电动机特性计算,永磁电机齿槽定位转矩计算,电机铁心损耗计算等。

重点及难点:电机电磁场的分布规律和建模,电磁力的计算方法和求解精度的提高,有限元法实施步骤,场-路-运动耦合的时步有限元法求解永磁电机的瞬态电磁场,磁路饱和时永磁电机交直轴电感的解耦求解方法,参数化计算电磁场,对比分析结构与尺寸对电磁机构电磁性能

的影响规律。

七、考核要求

总成绩满分 100 分。采用累加式考核方法,包括期末考试、实验报告、大作业报告三部分,分别占总分值的 60%、20%、20%。

八、编写成员名单

廖瑞金(重庆大学)、张淮清(重庆大学)、杨帆(重庆大学)、胡建辉(哈尔滨工业大学)、李勇(哈尔滨工业大学)、徐殿国(哈尔滨工业大学)

08 电磁干扰防护与电磁兼容设计

一、课程概述

随着科学技术的发展,大量技术含量高、结构复杂的电工、电子产品广泛应用,而电磁干扰致使电工、电子产品性能下降,无法工作的现象时有发生,严重的可能造成质量事故和设备损坏以及其他无法估量的损失。电磁干扰防护及电磁兼容技术研究具有重要意义。

电磁干扰防护与电磁兼容技术是一门交叉、综合性学科,涉及的技术领域和服务对象几乎包括了一切用电的或涉及电磁的设备及系统,如电力、电子、计算机、通信、航空航天、铁路交通、军事以至人们生活的各个方面。在电气工程学科研究生中,开设“电磁干扰防护与电磁兼容设计”课程,使他们了解、掌握有关电气工程中的电磁干扰防护与电磁兼容设计知识,适应学位论文和科学研究、解决电气工程中的电磁干扰与兼容问题需要,具有重要作用。

课程主要包括电磁兼容的基础知识,电磁干扰的耦合机理,屏蔽技术,接地技术,滤波技术,电气工程中的电磁干扰防护与 EMC 设计,PCB 干扰防护与 EMC 设计,电力电子系统的 EMC 设计和电磁兼容标准与测试方法等。

二、先修课程

电路,电磁场,模拟电路,数字电路,电力电子技术,电力工程。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握有关电磁干扰分析与防护、电磁兼容设计方面的基础理论知识及实际技能,具有能够运用所学知识进行电磁干扰防护和电磁兼容设计的初步能力,为进一步开展电气工程领域的科学研究、解决电气工程中的实际电磁兼容问题等打下理论和技术基础。

四、适用对象

电气工程学科的博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

多媒体教学,授课和实验相结合,授课与组织学生专题讨论相结合。

六、课程内容

第一章 绪论

主要内容:电磁兼容的概念,电磁干扰源,电磁干扰三要素,电磁兼容术语,单位及换算关系,电磁兼容技术发展概论。

第二章 电磁干扰的耦合机理

主要内容:电磁干扰的耦合途径,传导耦合原理(差模干扰,共模干扰),电磁辐射理论(近场干扰,远场干扰),辐射耦合。

第三章 屏蔽技术

主要内容:电磁屏蔽原理(静电场、交变电场屏蔽机理及方法,磁屏蔽原理,低频、高频电磁场屏蔽方法),屏蔽效能,理想屏蔽体屏蔽效能计算,孔缝电磁泄漏,常用屏蔽材料及特性,机壳箱体的屏蔽体设计。

第四章 接地技术

主要内容:接地及其分类,低压配电系统的接地形式,安全接地,信号接地,屏蔽接地,地回路干扰及抑制措施,搭接技术。

第五章 滤波技术

主要内容:滤波器的类型,滤波器的特性,反射式滤波器,吸收式滤波器,电源线滤波器,EMI滤波器及其设计(共模、差模),滤波器的安装。

第六章 电气工程中的电磁干扰防护与 EMC 设计

主要内容:电力系统中的 EMC,谐波效应及抑制方法,变电所的电磁干扰及防护,输电线路对邻近设施的影响及防护,雷电和开关瞬态的传播对设备的影响及防护,几种典型电力设备的 EMC 设计(高压输电线路,柔性直流输电,电力牵引系统,光伏发电系统,电力牵引变流器)。

第七章 PCB 的干扰防护与 EMC 设计

主要内容:PCB 简介,PCB 中的电磁干扰(机理与特征),PCB 的基本设计方法(元器件布局),PCB 的布线,PCB 干扰防护技术(地线设计,阻抗匹配),旁路与去耦电容。

第八章 电力电子系统的 EMC 设计

主要内容:电力电子系统的干扰特点与分类,电力电子装置的干扰抑制一般方法,电力电子电路的缓冲与吸收,开关电源的 EMI 抑制技术,整流电路的 EMI 抑制技术,逆变电路的 EMI 抑制技术,电机驱动系统的共模 EMI 抑制技术,EMI 的有源抑制技术。

第九章 电磁兼容标准与测试方法

主要内容:电磁兼容标准化组织,电磁兼容标准体系,电磁兼容标准简介,电磁兼容认证,常用测量仪器,传导骚扰的测试,辐射骚扰的测试,传导敏感度的测试,辐射敏感度的测试。

七、考核要求

考核方式:考试或考查。

考核标准:考试或考查成绩占 80%,平时成绩和实验成绩占 20%。考查可采用撰写专题研究报告或实验报告的方式进行。

八、编写成员名单

肖国春(西安交通大学)、裴雪军(西安交通大学)、张淮清(西安交通大学)、骆光照(西安交通大学)、李奎(河北工业大学)

09 现代电力电子技术

一、课程概述

现代电力电子技术是一种电能处理技术,即采用功率半导体器件和线路对电能进行转换、控制和高效利用的一门技术,广泛地应用于电气传动自动化、电力系统及各种电源系统等工业生产和民用部门,并使电能的产生、传输和使用效率大大提高,并实现了用电装置的小型化、轻量化及原材料的大量节省。此外,电能质量的控制及新能源的开发、电气设备的自动化控制,都将在很大程度上依赖于现代电力电子技术的进步和成就。

二、先修课程

电子电子技术基础,自动控制原理,电力传动与控制。

三、课程目标

本课程采用讲课、文献阅读和实验等方法,让学生熟练掌握现代电力电子电路和系统的原理、分析和设计方法,并全面了解其在电源系统、电力系统及电气传动系统中的应用,通过深入的探讨和实验,为将来的科研工作打下良好的基础。

四、适用对象

本专业博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

主要采用多媒体课堂讲授、实验和课堂讨论的方式。

六、课程内容

第一章 概述部分

主要内容包括:课程背景、电力电子装置应用情况、国内外发展水平介绍,重点介绍 IGBT、IGCT 和 SiC/GaN 等新型器件的特性和应用特点,电力电子装置拓扑发展的路线及其需求以及

设计最佳电力电子线路的系统方法。

第二章 拓扑部分

主要内容包括:AC/DC、DC/DC、DC/AC 以及 AC/AC。

第三章 电力电子电路换流原理及分析方法

介绍基本换流单元以及在各种二阶电路中广泛使用的相平面法。

第四章 谐振式变换器及软开关技术

重点介绍谐振开关技术,零电流和零电压准谐振电路及推广应用以及零电压和零电流过渡软开关技术的概念和应用电路。

第五章 无功补偿、有源滤波及 PFC 技术

介绍无功功率的产生、危害和补偿办法以及采用有源滤波器的谐波治理方法,分析低谐波电力电子装置 PFC 的应用。

第六章 面向拓扑的控制

主要内容为面向 DC/AC 变换器拓扑的各种调制技术,包括:载波调制、矢量调制、选择谐波消除、最佳电平逼近等方法的原理、数学关系、直流电压利用率、频谱分析等。重点和难点是各种调试方法的等效性分析、特点对比等。

第七章 面向应用的控制

主要内容包括:面向电力电子装置应用的各种嵌套级联反馈控制的控制目标、组成结构、建模和动态行为分析、关键参数设计方法等。重点和难点是面向系统分析的等值建模、稳定分析等。重点介绍异步电机矢量控制和转矩直接控制系统原理和构成及特点,简单介绍无速度传感器调速系统的原理和构成。

第八章 多电平变换器

介绍箝位型多电平变换器的基本原理与演化,多电平变换器的 SVPWM 与载波层叠 PWM。重点是三电平 NPC 载波层叠 PWM 与 SVPWM 的等效,中点电压平衡控制方法。

七、考核要求

课程报告(30%):要求结合研究方向撰写课程报告,就某一种实用拓扑的工作原理、结构特点、改进方向、调制和控制方式等进行分析论述。

课堂汇报(30%):就所撰写的课程报告制作 PPT 在课堂进行汇报,要求 PPT 制作内容丰富,形式简洁大方,陈述流畅,思路清晰。

仿真报告(40%):利用仿真软件搭建课程报告中所研究拓扑在某种具体场景下应用的仿真模型,要求独立完成,结果合理,模型中具有完整的主电路和控制电路,并给出一次和二次参数的设计分析报告。

八、编写成员名单

李永东(清华大学)、孙凯(清华大学)、闵勇(清华大学)、查晓明(武汉大学)

10 电力电子与电机系统集成

一、课程概述

电力电子与电机系统集成从电力电子与电机系统集成的角度出发,将电机、电力电子变换及其控制有机地结合在一起进行分析和应用,是电气工程专业电力电子与电力传动方向研究生的核心主干课程。

二、先修课程

电力电子技术,电机学,自动控制原理。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握电力电子与电机集成系统的基本概念,掌握基于电力电子的电机控制系统的控制方法及运行特性,具备现代电机调速控制系统的设计、分析、仿真以及实验能力。

四、适用对象

电气工程一级学科电力电子与电力传动方向的硕士研究生和博士研究生。

五、授课方式

课程教学采用理论、仿真、实验相结合的综合式研究型教学方法。其中,理论学习结合问题导向式教学、讨论式教学、案例教学、翻转课堂、专题讲座等各种教学方式,引导学生的自主思考、自主学习,提高学习的主动性。仿真和实验以自主方式为主,自主完成每一个变流单元的设计、实验及特性分析,充分调动学生的研究兴趣,提高学习的主动性、自主性。

六、课程内容

第一章 电力电子与电机集成系统的基本特征

第二章 变频电源驱动下的电机特性

第三章 电力电子变换器

第四章 PWM 控制技术

第五章 电力电子与电机集成系统特性分析

第六章 基础系统的闭环控制

第七章 集成系统中的能量变换

课程的重点在于电力电子与电机集成系统的构成、控制及特性,难点在于电力电子与电机集成系统的能量变换关系的分析与运用。

七、考核要求

考核评价包括形成性考核、终结性考核两部分。形成性考核可采用综合设计、平时测验、建模仿真、综合实验等形式,占总成绩比重不低于40%;终结性考核一般采取闭卷考试形式。

八、编写成员名单

于飞(海军工程大学)、魏永清(海军工程大学)、高崑(海军工程大学)、马伟明(海军工程大学)、胡敏强(南京师范大学)

11 电力系统规划与可靠性

一、课程概述

电力工业是一个投资密集且一次能源消耗较大的行业,它对整个国民经济的发展有巨大影响。电力系统是电力工业的具体体现,电力系统规划的失误会给国家建设带来不可弥补的损失,因此一个合理的电力系统规划方案可以带来很大的经济效应和社会效应。科学合理的电力系统规划是电力系统安全、可靠、经济运行的前提,也是电力系统规划追求的目标。

本课程的内容包括:电力系统规划概论;电力系统负荷预测的基本理论与方法,电力系统可靠性分析,电力系统随机生产模拟,电力工程经济分析基础,电源规划,输电网络规划,配电网络规划。对于有志于从事电力分析、规划、设计等方面工作的学生,是一门基础骨干课程。

二、先修课程

电力系统稳态分析,运筹学,概率论与数理统计,随机过程。

三、课程目标

通过本课程的学习,掌握和理解电力系统规划的目的、规划的流程、规划的方法、分析的原理及电力系统可靠性的分析与计算;能综合运用所学的专业知识,结合电网的实际情况,从事电力分析、规划、设计等方面工作;了解电力系统的发展状况与未来的发展趋势;了解当前世界与我国的能源情况;掌握电力系统负荷预测的几种方法,能够运用最小二乘法进行负荷预测;了解电力系统可靠性的定义及内容,掌握电力系统可靠性的计算方法;掌握电力工程的经济评价方法,掌握资金的时间价值;掌握不同发电厂的特性,掌握依据不同的负荷特性和要求进行电源规划;掌握输电网络规划的主要流程和方法;掌握配电网规划的主要流程和方法。

四、适用对象

电气工程一级学科中电力系统及其自动化方向的学术型博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

- (1) 课堂讲授(讲授核心内容、总结、布置习题等);
- (2) 课后阅读及习题解答(按照课堂推荐参考文献和习题内容进行);
- (3) 算例编程仿真(根据课堂讲授的内容对算例进行编程仿真实现);
- (4) 讨论课(部分课程内容由学生讨论、老师引导,学生自主完成学习)。

六、课程内容

第一章 概论

世界及我国电力工业的发展状况,世界及我国的能源状况与发展趋势,世界及我国的输电系统发展状况,世界及我国的配电系统发展状况,电力系统规划的内容及方法。

第二章 电力系统负荷预测的基本理论与方法

世界及我国电力负荷预测的发展状况及发展趋势,电力系统负荷预测的目的及分类,电力负荷预测的各种方法。

- 重点:电力系统负荷预测的分类及方法。

第三章 电力系统可靠性分析

电力系统可靠性定义,电力系统可靠性分析基本方法,发电系统可靠性的基本概念及模型,发电系统可靠性指标体系及计算方法,输电系统的可靠性指标体系及计算方法,配电系统的可靠性指标体系及计算方法。

- 重点:电力系统可靠性分析的意义及分析方法。
- 难点:发/输电、配电系统可靠性分析方法及评价体系。

第四章 电力系统的随机生产模拟

随机生产模拟的基本概念,随机生产模拟的方法,机组的启停安排以及检修计划。

第五章 电力工程经济分析基础

电力工程经济分析的意义,资金的时间价值定义及计算方法,各种经济评价方法,电力系统可靠性与经济性的协调。

第六章 电力系统电源/输电网络规划/配电网络规划

电能平衡表的编制,整体系统分析和装机容量的确定,各种类型发电站装机容量的选择,电源规划的数学模型及求解算法。

输电系统电压等级与传输容量,电源与电网规划的配合,网络接线方案,直流输电系统和交流输电系统,输电系统优化规划,直流潮流模型,灵敏度分析法在输电网络规划中的运用,N-1检验与故障排序方法。

配电网络规划的内容及方法,配电网络现状的分析,配电变电站选址及定容,配电网络各种接线模式的分析。

- 重点、难点:电源/输电网/配电网规划的数学模型及求解算法。

七、考核要求

考核方式:学期结束进行期末考试,考试方式为有纸化闭卷考试,课后习题、算例编程实现

和讨论成绩计入平时成绩,按照考试成绩 60%~70%、平时成绩 30%~40%比例,评出最终成绩。

考核标准:熟练掌握电力系统运行规划与可靠性的基本知识,熟悉电力系统负荷预测、电力工程的经济评价方法,熟悉电源规划、输电网络规划、配电网络规划的规划方法及分析,培养电力系统可靠性的分析计算能力。

八、编写成员名单

宋永华(澳门大学)、丁一(澳门大学)

12 电力能源互联网技术

一、课程概述

电力能源互联网技术课程介绍能源互联网的提出、发展现状、研究进展以及未来发展战略、关键技术、实践应用和商业模式等,属于电气工程学科技术基础课程,使研究生了解电气工程学科在能源互联网领域的国内外学术现状和发展方向,为其开展相关科学研究奠定基础。

二、先修课程

- (1) 人文社会科学基础:政治、经济、管理和外语等。
- (2) 自然科学基础:数学、物理、材料、化学和生物学等。
- (3) 学科技术基础:电磁场理论、电路理论、模拟电子技术、数字电子技术、自动控制原理、信息与通信技术等。

三、课程目标

本课程旨在拓展研究生知识面,使其掌握能源互联网的概念、关键技术以及未来发展方向,了解电气工程学科未来发展方向和与信息、物联网等技术交叉的发展趋势。

四、适用对象

电气工程学科博士研究生和硕士研究生。

五、授课方式

教学方式以 PPT 教学为主,教学方法包括课题教学+现场教学。

六、课程内容

本课程的主要内容将包括绪论、能源互联网关键技术和能源互联网应用实践三个部分。难点是关键技术部分,重点在应用实践部分。具体内容包括:

第一章 绪论

能源互联网的提出、发展现状、研究进展以及未来发展战略。

第二章 能源互联网关键技术

概述,多能协同的规划设计与运行管理技术,能量和信息融合技术,能源互联网与绿色交通,能源互联网与新能源消纳等。

第三章 能源互联网应用实践

美国能源互联网的实践,能源互联网与分布式资源(分布式可再生能源、储能、电动汽车等),能源互联网与氢经济,能源互联网与电力需求侧管理、能源互联网的效益评估。

七、考核要求

考核方式:课程论文 60%,课堂表现 30%,出勤 10%。

八、编写成员名单

李更丰(西安交通大学)、别朝红(西安交通大学)、李盛涛(西安交通大学)、李庚银(华北电力大学)