

# 《电力拖动与运动控制系统》教学大纲

## 一、课程基本信息

课程编号	1070002058
课程中文名称	电力拖动与运动控制系统
课程英文名称	Electric Drives and Motion Control System
课程类别	专业与专业方向课
适用专业	自动化
开课学期	第六学期
总学时	56学时，其中课内讲授48学时、实验8学时
总学分	3.5
开课模式	必修
先修课程	自动控制理论、现代控制理论、电力与电子技术、传感器与检测技术
课程简介	本课程是理论性、实践性、综合性强的一门课程，是自动控制原理在电力拖动运动控制系统中的具体应用。课程力争从工程实践的角度出发，系统地介绍直流电机、异步电机等常用机电设备的基本结构、电磁工作原理及能量传递、机械特性等输入输出关系求解与分析；介绍对应运动控制系统的典型组成，稳态、动态特性分析，调速系统设计及其在相关邻域的应用等，强调工程的设计、调试以及工程实践中实际问题的处理。通过学习使学生掌握电力拖动与运动控制系统的基本理论和基本知识，具备必要的工程技术基础和专业基础知识，了解运动控制的前沿发展现状和趋势。
建议教材	杨耕，罗应立. 电机与运动控制系统(第2版). 北京：清华大学出版社，2014
参考资料	[1] 阮毅，陈伯时. 电力拖动自动控制系统：运动控制系统. 北京：机械工业出版社，2010 [2] 丁学文，陈增禄. 电力拖动运动控制系统(第2版). 北京：机械工业出版社，2017

## 二、课程教学目标

1. 认识典型交/直流电机结构，能够分析电机电磁工作原理，测量和计算关键参数建立电机等效电路模型。
2. 分析求解交/直流电机外特性，重点求解电动机固有机电特性，能够分析不同输入下的人为机械特性及其变化规律。
3. 学习典型交/直流电机调速方法，能够选择适合的变压/变频控制方式。
4. 能够构建典型单/双闭环调速系统，分析闭环系统的动、静态特性。
5. 学习常用电机调速性能指标，能够依据性能要求设计调速系统的稳态参数。
6. 理解调速系统动态参数工程设计思路，能够进行非典型系统的典型化，并设计双环系统的调节器。
7. 认识电力拖动运动控制系统的典型应用，能够应用典型的校正思路和改进措施，解决电机调

速系统中的复杂工程问题。

### 三、课程教学目标与毕业要求的对应关系

毕业要求	指标点		课程教学目标
	内容	H/L	
<b>1. 工程知识:</b> 能够将数学、自然科学、工程基础和专业知识用于解决自动控制领域复杂工程问题。	1.3 掌握控制系统建模、分析和设计的基本方法, 具有能够解决复杂工程问题的基本能力。	H	教学目标 1、2、3、4、 7
<b>2. 问题分析:</b> 能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理, 识别、表达并通过文献研究分析自动控制领域的复杂工程问题并获得有效结论。	2.2 能够根据自动化专业所学基本原理分析自动控制领域的复杂工程问题, 研究求解过程。	H	教学目标 4、5、6、7
<b>3. 设计/开发解决方案:</b> 能够设计针对自动控制领域复杂工程问题的解决方案, 设计满足特定需求的自动控制系统, 并能够在设计环节中体现创新意识, 考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境等因素。	3.1 能够根据行业的特定需求, 清晰描述自动控制系统的设计任务, 识别任务面临的各项制约条件, 完成系统综合性设计。	L	教学目标 5、6、7
	3.2 能够综合运用专业理论和技术手段设计针对自动控制领域复杂工程问题的解决方案, 并在设计中体现创新意识。		
<b>4. 研究:</b> 能够基于专业理论知识, 采用科学方法对自动控制领域的复杂工程问题进行研究, 能够根据问题设计实验, 并对实验结果进行综合分析, 通过信息综合得到有效结论。	4.1 能够运用自动化专业理论, 采用科学方法对自动控制领域复杂工程问题进行实验方案设计。	L	教学目标 2、3、4
	4.2 能够运用自动化专业理论, 对实验过程和实验数据进行分析 and 解释。	L	

### 四、理论教学内容与要求

知识模块	知识点	教学要求	计划学时	支撑教学目标
<b>1 电力拖动运动控制系统的发展</b> (2学时)	(1) 运动控制系统构成及其发展历史、现状及趋势	理解运动控制系统基本结构和基本概念; 认识运动控制系统发展历史、现状和趋势。	1	教学目标7
	(2) 代表人物及典型应用实例	认识典型应用实例的应用背景, 基本原理和应用思路。	0.5	
	(3) 典型电力拖动设备的负载转矩特性	理解恒转矩、恒功率和风机、泵类等常见负载的转矩特性。	0.5	
<b>2 机电能量转换基</b>	(1)电机中的磁路与磁场	理解电机磁路、磁场的建立原理; 理解铁心的作用和铁心磁路的磁化特性。	0.5	教学目标1

基础 (2 学时)	(2)电磁感应定律与电磁转矩	认识电机内部电磁感应原理、定律及能量转换过程； 掌握感应电动势、电磁力和电磁转矩的概念。	0.5	
	(3)稳态交流磁路和电力变压器	理解稳态交流磁路分析 建立电力变压器模型	1	
3 直流电机(6 学时)	(1) 直流电机工作原理	认识直流电机组成结构和电磁工作原理； 理解额定值概念，计算额定值。	1	教学目标1、2、3
	(2) 直流电机励磁、运行原理及特性	理解直流电机励磁方式； 认识直流电机磁路和电枢绕组； 计算感应电动势和电磁转矩； 分析直流电机的运行原理。	1	
	(3) 他励直流电动机的稳态方程和外特性	理解直流电机的稳态方程； 掌握他励直流电机的机械特性及计算，包括固有机特性及人为机械特性； 认识直流电机能量传递流程。	1	
	(4) 他励直流电动机的运行特性	认识他励直流电动机的常见起动方式； 掌握三种调速方式，重点掌握变压调速； 理解机械特性四个象限几种典型运行方式。	3	
4 直流电机调速系统(16 学时)	(1)开环直流调速系统	认识常用可控直流电源； 掌握可控直流电源的数学模型及其推导； 掌握常用调速性能指标； 理解开环调速存在的问题。	1	教学目标4、5、6、7
	(2)单闭环直流调速系统稳态分析和设计	掌握典型系统组成结构； 推导建立系统闭环静特性稳态模型； 分析和计算单闭环系统稳态性能； 设计单闭环系统稳态参数。	3	
	(3) 单闭环直流调速系统的动态分析和设计	推导建立单闭环系统动态模型； 分析单闭环系统动态性能； 理解单闭环系统的动态校正思路。	2	
	(4) 单闭环直流调速系统的改进	理解典型单闭环调速系统存在的问题； 理解常用改进思路和方法； 改进系统，掌握无静差设计、限流保护、转速微分负反馈等典型措施； 分析改进后系统的性能，重点掌握闭环静特性分析和计算	2	
	(5) 双闭环直流调速系统	转速、电流双闭环系统闭环静特性建模、分析及稳态参数设计； 分析双闭环系统起动和抗扰性能； 理解转速、电流PI调节器的作用。	3	
	(6) 调速系统工程设计	理解工程设计思路；	3	

	方法	建立典型系统及其参数与性能指标的关系表； 典型化非典型系统		
	(7) 按工程设计方法设计双闭环系统的调节器	应用工程设计方法进行双闭环调速系统调节器的设计； 理解电流、转速环的简化、设计步骤。	2	
5 三相交流电机(6学时)	(1) 三相交流异步电机工作原理	认识异步电机基本结构； 学习交流电机的磁动势与电动势，理解旋转磁场的形成原理。	1	教学目标1、2
	(2) 三相异步电动机的电路模型和运行原理	理解三相异步电动机各种运行状态下的电磁关系； 建立异步电机等效电路模型，重点掌握T型等效电路模型； 分析功率传递关系和电磁转矩。	3	
	(3) 异步电机的机械特性	分析交流电机四象限运行机械特性，重点分析固有机械特性。	2	
6 交流异步电机恒压频比控制(8学时)	(1) 交流调速特点	认识交、直流调速系统的区别； 理解异步电机的调压调速及其存在的问题	1	教学目标2、3、4
	(2) PWM 变频电源及控制方法	变频电源主电路基本结构； 理解正弦波脉宽调制变频技术； 空间电压矢量 PWM 变频技术。	4	
	(3) 异步电动机恒压频比控制	理解变压变频调速基本原理； 分析比较基频以下电压-频率协调控制技术，基频以上恒压变频控制技术 分析闭环系统动态特性。	3	
7 转矩闭环异步电机调速系统(6学时)	(1) 异步电机动态模型	理解异步电机动态数学模型的性质； 理解坐标变换方法和模型简化思路； 建立异步电机在正交静止坐标系上的动态数学模型； 建立异步电机在正交旋转坐标系上的动态数学模型。	3	教学目标4
	(2) 异步电机按转子磁链定向的矢量控制系统	理解基本原理和思路； 建立异步电机转子磁链定向条件下简化的动态数学模型； 建立并分析转子磁链可测时的矢量控制系统； 了解间接型矢量控制系统。	2	
	(3) 异步电机的直接转矩控制系统	理解基本原理和思路； 认识基本型直接转矩控制系统。	1	
8 电力拖动运动控制系统的应用(2学时)	(1) 转速控制应用	认识卷绕机械恒张力控制系统等电力拖动转速控制应用。	0.5	教学目标7
	(2) 位置控制应用	认识数控机床伺服控制系统等电力拖动位置控制应用。	0.5	

时)	(3) 现代控制应用	认识机器人控制系统、无人机控制系统等电力拖动综合应用。	0.5	
	(4)其他应用	认识电力拖动运动控制系统的其他应用。	0.5	

## 五、实验教学内容与要求

实验项目	实验原理	教学要求	实验设备及材料	实验类型	计划学时	支撑教学目标	必做/选做
1. 直流调速系统参数和环节的测定	本实验通过调整整流装置触发器的移相控制电压改变控制角，从而获得可调的直流电压源，加入电枢回路上测量多组电压电流信号，可计算电枢电阻、电枢电感等参数。	记忆典型直流调速系统的组成及其基本结构。测量典型直流调速系统参数及反馈环节参数。	MCL 系列教学实验平台，双踪示波器，万用表	验证型	2	教学目标1	选做
2. 他励直流电动机机械特性及闭环系统静特性的测定	本实验分别在调速系统开环、闭环采用比例调节和闭环采用比例积分调节三种情况下，电枢回路加同样的直流电压，增大电机负载，逐点测量转速，从而得到开环机械特性及闭环静特性，并进行比较。	验证晶闸管直流电动机调速系统在反馈控制下的工作特性；分析直流调速系统中转速调节器ASR的工作特性对系统静特性的影响，设计实验方案并根据实验数据进行验证；认识反馈控制系统触发相位等的调试技术	同实验1	综合型	4	教学目标2、3、4、7	必做
3. 双闭环直流调速系统	本实验双闭环直流调速系统由电流内环和转速外环组成，改变给定电压的大小即可改变电机转速。转速调节器ASR的输出作为电流调节器ACR的给定。ASR的输出	认识双闭环不可逆直流调速系统的工作原理、组成及各主要单元部件；按步骤调试双闭环直流调速系统的；分析系统闭环静特性，设计实验方案	同实验1	验证型	2	教学目标2、3、4	选做

	限幅可限制起动电流。ACR的输出作为移相触发电路的控制电压。ASR、ACR都采用比例积分调节器，协调作用得到闭环静特性。	并根据实验数据进行验证。					
4. 三相异步电机调速系统	本实验同直流调速采用转速、电流两个反馈控制环，作用基本相同，电流环对电网振动有较大的抗扰作用。当加入的定子相电压幅值下降时，理论上异步电机带载能力按照电压的平方速率下降，转速也下降，可以实现调速。	认识相位控制交流调压调速系统的组成与工作原理。分析绕线式异步电动机转子串电阻时，通过调节定子电压调速时的机械特性，利用实验数据进行验证。理解交流调压系统闭环静特性及其中电流环、转速环的作用。	同实验 1	综合型	2	教学目标2、3、4	必做
5. 三相异步变频调速系统	在定子相电压下降的同时，定子电流频率也下降，二者协调变化可以改善异步电机带载能力，尤其针对低速情况。	认识异步电机SPWM变频调速系统的组成和工作原理；分析异步电动机通过调节定子电压、频率调速时的机械特性，利用实验数据进行验证。理解交流恒压变频比系统闭环静特性。	同实验 1	综合型	2	教学目标2、3、4	选做
6. 三相异步电机的空间矢量控制变频调速系统	以圆形旋转磁场的形成为逆变器工作目标，通过设计空间电压矢量末端的圆形旋转轨迹来控制逆变器的工作。	认识异步电机SVPWM变频调速系统的组成和工作原理；分析异步电动机空间电压矢量控制时的机械特性变化规律，利用实验数据进行验证。	同实验 1	验证型	2	教学目标2、3	选做

## 六、考核要求及考核方式

## 1. 考核要求

- (1)课程考核内容应能够切实考核是否达成各项课程目标;
- (2)考核内容至少覆盖本课程知识点的60%;
- (3)同一学期试卷中(A、B)试题重复率不超过20%，近三个学年试卷试题重复率不超过20%;
- (4)考核难度：基本难度题约60%，中等难度题约30%，高等难度题约10%。

## 2、考核方式

考核环节	权重 (%)	备注
期末考试	70	闭卷考试
平时表现	5	课堂纪律、表现、出勤、课下答疑等
平时考核	15	作业、课堂测验等
实验操作	10	实验态度、操作技能和报告成绩