

现代运动控制系统（0600014）

一、课程编码：0600014

课内学时：32 学分：2

二、适用学科专业：控制科学与工程、控制工程

三、先修课程：自动控制元件、电机学、电力电子技术、线性代数、自动控制系统

四、教学目标

通过本课程的学习，结合交流电机的多变量数学模型，使学生掌握交流电机系统的现代控制方法和驱动策略，重点学习运动控制系统的多变量控制、非线性控制问题，学会将现代智能控制方法和电力电子技术应用到交流电机系统中，培养学生综合运用所学知识、解决实际问题的能力，提升学生提炼和解决科学问题的能力，为成为电气自动化工程科研人员奠定理论基础。

五、教学方式

课堂讲授和课堂讨论

六、主要内容及学时分配

- | | |
|----------------------------|------|
| 1. 感应电机的多变量数学模型 | 6 学时 |
| 1.1 感应电机多变量数学模型 | |
| 1.1.1 假定 | |
| 1.1.2 感应电机多变量数学模型基本型 | |
| 1.2 不同坐标系及坐标变换 | |
| 1.2.1 为什么要做坐标变换 | |
| 1.2.2 坐标变换的原则 | |
| 1.2.3 Park 变换及物理意义 | |
| 1.2.4 几种两相变换系介绍 | |
| 1.3 三相交流电机在两相坐标系上的数学模型 | |
| 1.3.1 在两相静止坐标系上的数学模型 | |
| 1.3.2 在两相旋转坐标系上的数学模型 | |
| 1.3.3 在两相旋转坐标系上的数学模型 | |
| 2. 感应电机矢量变换控制变频调速系统 | 4 学时 |
| 2.1 矢量变换控制的基本思想 | |
| 2.2 转子磁场定向矢量变换控制变频调速系统 | |
| 2.2.1 基本方程式 | |
| 2.2.2 转子磁场定向矢量变换控制变频调速系统组成 | |
| 2.3 转差频率矢量变换控制变频调速系统 | |
| 2.3.1 基本方程式 | |
| 2.3.2 转差频率矢量变换控制变频调速系统组成 | |
| 2.4 定子磁场定向矢量变换控制变频调速系统 | |
| 2.4.1 基本方程式 | |
| 2.4.2 定子磁场定向矢量变换控制基本结构 | |
| 2.5 气隙磁场定向矢量变换控制变频调速系统 | |
| 2.5.1 基本方程式 | |
| 2.5.2 气隙磁场定向矢量变换控制基本结构 | |
| 2.6 定子电压定向矢量变换控制变频调速系统 | |

- 2.6.1 基本方程式
- 2.6.2 定子电压定向矢量变换控制基本结构
- 3. 感应电机直接转矩控制变频调速系统 4 学时
 - 3.1 直接转矩控制的基本原理
 - 3.1.1 空间电压矢量的概念
 - 3.1.2 直接转矩控制系统的基本结构
 - 3.2 定子电压矢量对磁链和转矩的控制
 - 3.2.1 定子电压矢量对磁链幅值的控制
 - 3.2.2 定子电压矢量对转矩的控制
 - 3.2.3 直接转矩控制的电压矢量表
 - 3.3 磁链和转矩的控制性能分析
 - 3.3.1 磁链轨迹控制性能分析
 - 3.3.2 转矩控制性能分析
- 4. 磁链观测 6 学时
 - 4.1 磁链观测的基本方程式
 - 4.2 转子磁链的开环观测模型
 - 4.2.1 电压模型法
 - 4.2.2 电流模型法
 - 4.2.3 组合模型法
 - 4.2.4 改进电压模型法
 - 4.2.5 旋转坐标系下转子磁链观测模型
 - 4.3 定子磁链的开环观测模型
 - 4.3.1 电压模型法
 - 4.3.2 电流模型法
 - 4.3.3 定子磁链观测的 $i-n$ 模型
 - 4.3.4 定子磁链观测的 $i-u-n$ 模型
 - 4.4 磁链的闭环观测模型
 - 4.4.1 基于误差反馈的转子磁链观测器
 - 4.4.2 基于龙贝格状态观测器理论的异步全阶状态观测器
 - 4.4.3 基于模型参考自适应理论的磁链观测器
- 5. 交流电机的无速度传感器控制技术 6 学时
 - 5.1 转速辨识
 - 5.1.1 动态速度估计器
 - 5.1.2 基于 PI 自适应控制器法
 - 5.1.3 模型参考自适应法
 - 5.1.4 模型参考模糊自适应法
 - 5.1.5 自适应转速观测器
 - 5.2 定子电阻辨识
 - 5.2.1 定子电阻辨识
 - 5.2.2 基于李雅普诺夫稳定性理论的定子电阻辨识方法
 - 5.3 基于扩展卡尔曼滤波的无传感器控制
 - 5.3.1 结构与原理

- 5.3.2 数学模型
 - 5.3.3 状态估计
 - 5.4 基于模糊神经网络的智能控制
 - 5.4.1 基于神经网络的模型参考自适应系统
 - 5.4.2 模糊神经网络直接转矩控制
 - 6. 感应电机的自抗扰控制 3 学时
 - 6.1 自抗扰控制器的基本原理
 - 6.1.1 自抗扰控制器的基本概念
 - 6.1.2 线性自抗扰控制器
 - 6.2 感应电机自抗扰控制器设计
 - 6.2.1 在同步旋转 dq 坐标系中感应电机的状态方程
 - 6.2.2 转速子系统自抗扰控制器设计
 - 6.2.3 磁链子系统自抗扰控制器设计
 - 6.3 感应电机自抗扰控制仿真分析及实验结果
 - 6.3.1 转速控制仿真分析
 - 6.3.2 转速控制实验结果
 - 6.3.3 磁链控制仿真分析
 - 6.3.4 磁链控制实验结果
 - 7. 交流永磁同步电机矢量变换和直接转矩控制变频调速系统 3 学时
 - 7.1 永磁同步电机多变量动态数学模型
 - 7.2 永磁同步电机矢量变换控制变频调速系统
 - 7.2.1 基本方程式
 - 7.2.2 矢量变换控制变频调速系统组成
 - 7.3 定子电流最优控制
 - 7.4 直接转矩控制的基本原理
 - 7.5 定子磁链和电磁转矩控制准则
 - 7.6. 电压空间矢量的调节与控制
- 七、考核与成绩评定

成绩以百分制衡量，平时作业成绩占 30%，课堂专题讨论占 20%，期末笔试成绩占 50%。

八、参考书及学生必读参考资料

- 1、廖晓钟、刘向东主编，自动控制系统（第 2 版）[M]．北京：北京理工大学出版社，2011.4
- 2、廖晓钟，感应电机多变量控制[M]．北京：科学出版社，2014.3
- 3、王成元编著，现代电机控制技术（第 2 版）[M]．北京：机械工业出版社，2014.3
- 4、汤蕴璆等编著，交流电机动态分析[M]．北京：机械工业出版社，2005.1

九、大纲撰写人：陈振、周志强