

标题	交流电动机的工作原理和特性（第三次课）
教学目标	<ul style="list-style-type: none"> ● 掌握交流电机的基本结构及其工作原理（基本，重点） ● 掌握旋转磁场产生的原理（重点） ● 定子电路的理论分析（重点） ● 转子电路的理论分析（重点） ● 转矩计算公式（重要） ● 电机的固有机机械特性与人为机械特性（理解） ● 启动特性和几种不同的启动方法（了解） ● 三相异步电机的调速方法与特性（认知，理解，分析） ● 制动特性（了解） ● 其他交流电动机（单相异步电机，同步电动机）（了解）
教学重点，难点和关键点：	<p>重点难点：</p> <p>（1）旋转磁场的产生</p> <p>（2）力矩的产生（为什么和相位有关系？）</p> <p>（3）定子电路和转子电路的有关公式推导（需要用到电路的相关知识）</p> <p>关键点：</p> <p>（1）交流电机的基本工作原理（非常基本）</p> <p>（2）人为机械特性的规律（这个对后面分析其他特性的时候有帮助）</p>
教学思路（指导思想）	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 本课程非常重要，是关于电机里面应用最广泛的交流电机，不仅要学习其基本的工作原理，还要能够分析与电机有关的一些特性，尤其是机械特性。 ✓ 本课程内容多，篇幅广，在本书是比较大的一个章节，安排了一次课讲完，可能会比较紧张。那么就必须要对内容进行删减。有些不重要的东西，特别是与具体应用有关的内容我就不讲了，因为一没有实际工作经验，讲了也很难讲清楚，二是学生没有实践机会，讲了也会很快忘记。 ✓ 同直流电机一样，关键是原理的掌握，以及基本的公式的理解。在此基础上掌握机械特性曲线的分析方法，然后再分析各种特性就比较容易了。
教学流程	<p>模块 1: 复习上次课的内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 重点复习一下机械特性曲线，以及如何按照机械特性曲线来进行特性的分析 ✓ 画一下重点 <p>模块 2: 三相异步电动机的结构和工作原理</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 从直流电机的工作原理说起：定子产生磁场（稳定），转子外接电流，还有换向环定时换向，然后输出运动。 <ul style="list-style-type: none"> ■ 缺点：有电刷，引火花，寿命短 ■ 问题：能不能找到一个不需要电刷的电机呢？（只需转子不接电流，依靠自身的感应电流←线圈与磁场相对运动←旋转磁场←交流电源） ■ 有，那就是这节课要讲的“交流电机” ✓ 三相交流电机的结构

- 定子→产生旋转磁场（输入的励磁电流是三相交流电）
- 转子→产生运动力矩 “线绕”和“鼠笼”
- 讲解如何电生磁，然后磁生电，然后磁电生力，带动转子旋转！
- 转差率 S →异步！

模块 3: 三相异步电动机的旋转磁场

- ✓ 旋转磁场的产生
 - 相位的差异造成了磁场的合成（空间）
 - 电流的变化造成了磁场的旋转（时间）
- ✓ 磁场的旋转方向
 - 与相序一致
 - 任意将其中的 2 根线对调，就可以改变磁场的旋转方向。
- ✓ 旋转磁场的级数和转速的关系
 - $N=60f/p$
- ✓ 定子绕组的接线方式
 - Y 型
 - Δ 型
 - 对于每一绕组而言，Y 型电压低， Δ 型电压高

模块 4: 三相异步电动机的电路分析

- ✓ 定子电路分析
 - 总的电压平衡方程： $\dot{U}_1 = \dot{I}_1 R_1 + j\dot{I}_1 X_1 + (-\dot{E}_1)$ ，而
 - 感生电动势： $\{E_1\} = 4.44\{f_1\}N_1\{\Phi\}$
- ✓ 转子电路分析
 - 感生电动势 E_2 与电阻压降 $i_2 R_2$ 和漏磁电动势 e_{L2} 相平衡。
 - $E_2 = SE_0$ $\{E_{20}\} = 4.44\{f_1\}N_2\{\Phi\}$ （类似变压器）
 - $X_2 = SX_{20}$
 - $$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{R_2^2 + X_2^2}} = \frac{SE_{20}}{\sqrt{R_2^2 + S^2 X_{20}^2}}$$
 - 转差率越高，转子电流越大

模块 5: 三相异步电动机的转矩与机械特性

- ✓ 转矩的计算公式
 - 为什么要考虑功率因数（即相位差）？
 - 公式：
- ✓ 三相异步电动机的机械特性
 - 固有机机械特性
 - ◆ 四个特殊点：理想空载工作点/额定工作点/启动工作点/临界工作点

■ 人为机械特性

◆ 改变电源电压

- 电压降低
- 空载转速和临界转速（转差率）不变
- 曲线左移，输出转矩降低

◆ 改变定子电路阻抗

- 类似于改变电压的情况
- 输出转矩稍大

◆ 改变定子电源频率

- 降低频率同时要保证降低电压 U
- 频率降低，
- 则空载转速降低，
- 转差率升高，
- 启动转矩增大，
- 而极限转矩基本不变

◆ 改变转子电路阻抗（针对绕线式）

- 机械特性会变软
- 临界转差率升高（相当于负载增大了）
- 启动转矩变大
- 其他无影响

模块 6：三相异步电动机的启动特性

✓ 对启动特性的要求

- 足够大的启动转矩
- 启动电流要小
- 启动平滑
- 设备安全
- 损耗小

✓ 鼠笼式异步电动机的启动方法

- 直接启动（全压启动）
- 电阻或电抗器降压启动：启动转矩小，不经济
- Y— Δ 降压启动：适用于空载启动，最终接线方法为 Δ 接线。
- 自耦变压器降压启动：K可调，启动负载小
- 软启动器

✓ 线绕式异步电动机的启动方法

- 在转子回路中嵌入电阻
- 逐级切除启动电阻法
- 频敏变阻器启动法（本质是加入了感性阻抗，因启动时转差率高，频率高，阻抗大，启动后则反之）

模块 7：三相异步电动机的调速方法与调速特性

✓ 改变极对数调速

- 有级调速

✓ 改变转差率调速

- 调压调速
 - ✓ 调速范围小，不大可行
 - ✓ 机械特性硬度变差
 - ✓ 能量损耗多
- 转子电路串电阻调速：电阻增大，速度降低
- 串级调速
 - ✓ 转子电路中串接一同频交流电源
 - ✓ 本质是改变电流
 - ✓ 原理如何？（分析一下，理论计算就略了吧）
 - ✓ 机械特性（左移，右移）
- 电磁转差离合器调速（略微讲一下其原理）
- ✓ 变频调速
 - 变压变频调速（基频以下）
 - ✓ 改变频率改变电压，磁通量不变，输出力矩不变
 - 恒压弱磁调速（基频以上）
 - ✓ 电压不变，频率越高，磁通量越小（弱磁）
 - ✓ 恒功率
 - 变频调速的机械性能
 - ✓ 类似于直流调速中的调压调速
 - ✓ 调速性能好，是主流

模块 8：三相异步电动机的制动特性

- ✓ 反馈制动
- ✓ 反接制动
- ✓ 能耗制动
- ✓ 参考直流电机的制动特性介绍（类似）

模块 9：单相异步电动机

简单介绍即可

- ✓ 静止交变磁场
- ✓ 关键是启动方法

模块 10：同步电动机

简单介绍即可

- ✓ 工作原理
 - 利用磁场相互作用
 - “同步”
 - 同样需要旋转磁场
 - 启动困难
 - ◆ 异步启动法

布置作业