

电力拖动控制系统

第 2 篇

交流拖动控制系统

内容提要

- 概述
- 交流调速系统的主要类型
- 交流调压调速系统
- 交流变压变频调速系统
- 绕线转子异步电机调速系统
- 交流调速系统的**MATLAB**仿真

交流调速系统的主要类型

交流调速系统(AC Speed Regulating System):

以实现交流电动机转速调整为目的的电力拖动自动控制系统.

一、交流调速系统的分类

交流电动机

异步电动机

励磁同步电动机

同步电动机

永磁同步电动机

特种同步电动机

无刷直流电动机

开关磁阻电动机

直流无换向器电动机

交流无换向器电动机

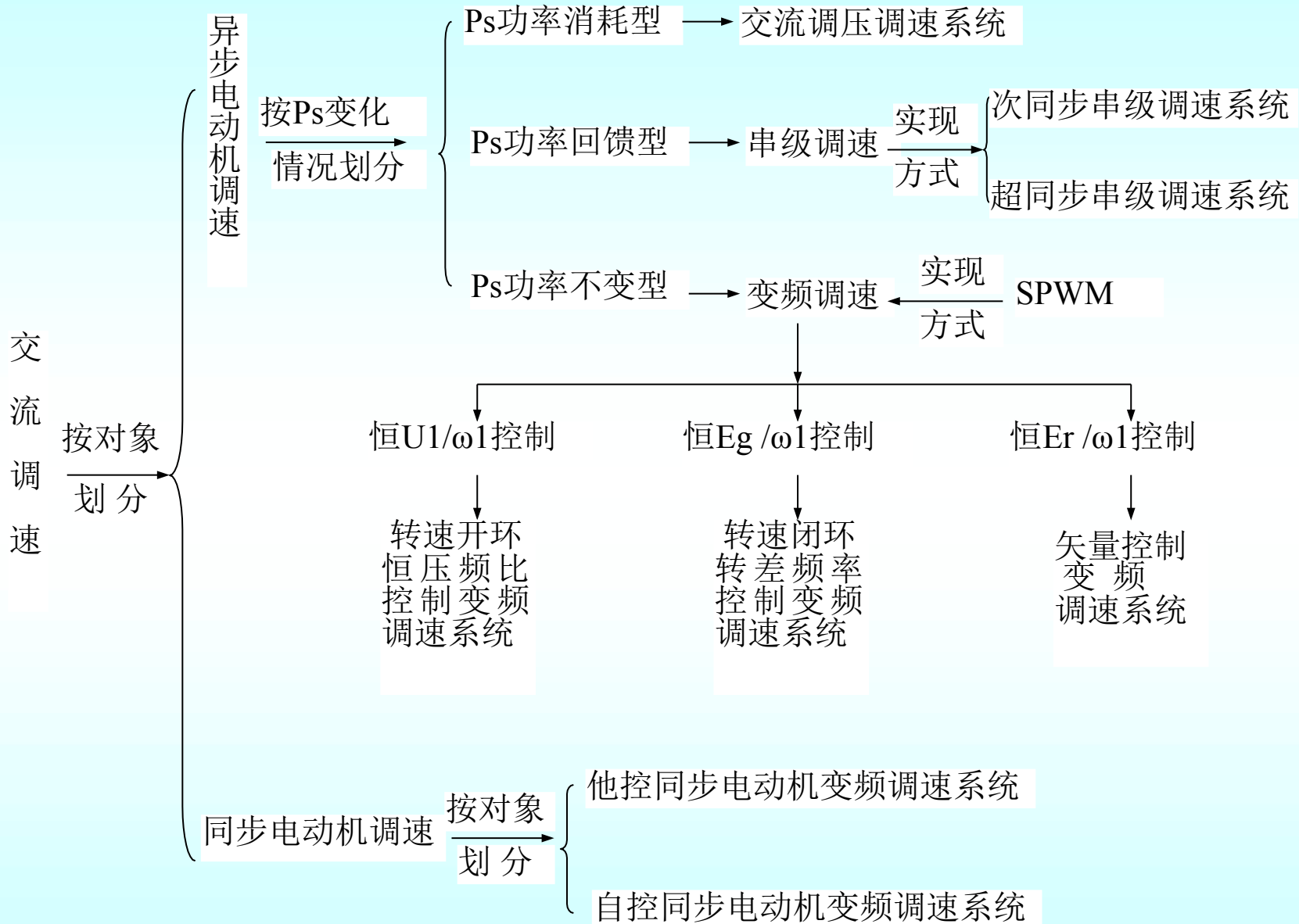
交流电动机是定子绕组通入交流电的电机，其定子磁动势是一种旋转的磁动势。

当电机转子的转速与定子电流的频率有严格百分比关系的电动机称**同步电动机**，无严格百分比关系的电动机称**异步电动机**。

无刷直流电动机及开关磁阻电动机都满足“定子电流的频率与转速有严格百分比关系”的条件，所以也把它归入同步电动机。

交流调速系统的分类

电动机类别		调速原理	电力电子变换器形式	<ul style="list-style-type: none"> ■ 变换器的 ■ 电源特征 	
异步电动机	绕线式转子感应电动机	串级调速（变转差）	①交直交变频（整流+有源逆变） ②交交变频	电流源型	
	鼠笼式转子感应电动机	调压调速	交流调压	电压源型	
		①变频调速，他控式 ②变频调速，矢量控制	①交直交变频（整流+无源逆变） ②交交变频	①电流源型 ②电压源型	
同步电动机	常规意义同步电动机		①交直交变频（可控整流+有源逆变） ②交交变频	①电流源型 ②电压源型	
		无换向器电机	变频调速，自控式	①交直交变频（可控整流+有源逆变） ②交交变频	电流源型
		无刷直流电动机	变频调速，自控式	交直交变频	



二、异步电动机调速系统的分类

(1)从异步电机转速体现式
$$n = \frac{60f_1}{p}(1-s)$$

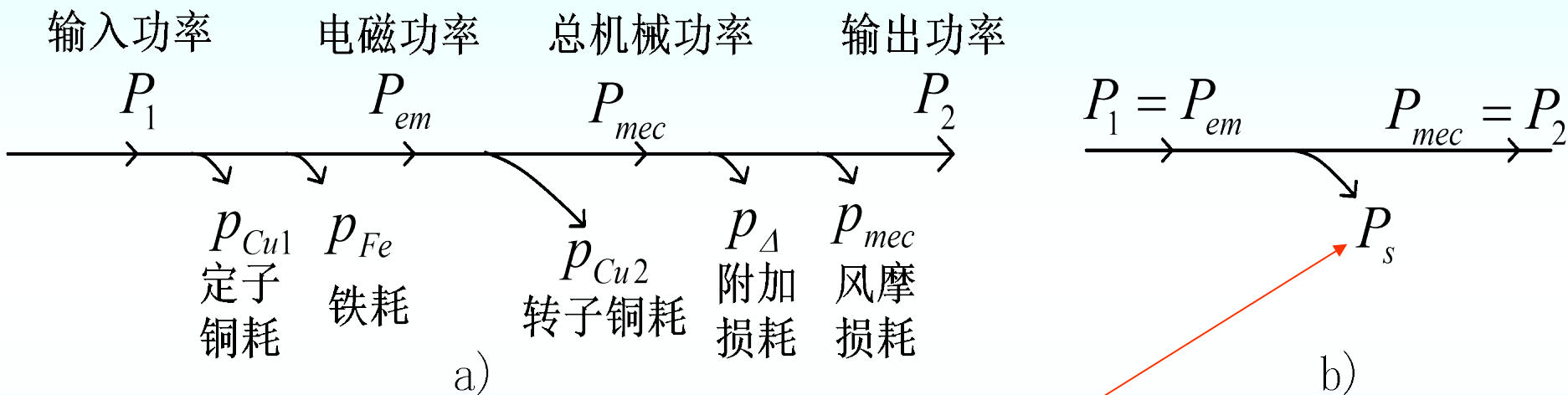
可归纳出三类调速措施：

变极对数 p 的调速、变转差率 s 调速及变电源频率 f_1 调速。

原始的分类措施有：

- 1) 变极调速；
- 2) 变 s 调速：调压调速、绕线式异步电动机转子串电阻调速、绕线式异步电动机串级调速、电磁转差离合器调速；
- 3) 变频调速。

(2)按电动机的能量转换类型分类



$$P_{em} = P_{mec} + P_{cu2}$$

定义：转差功率 $P_s = s P_{em}$

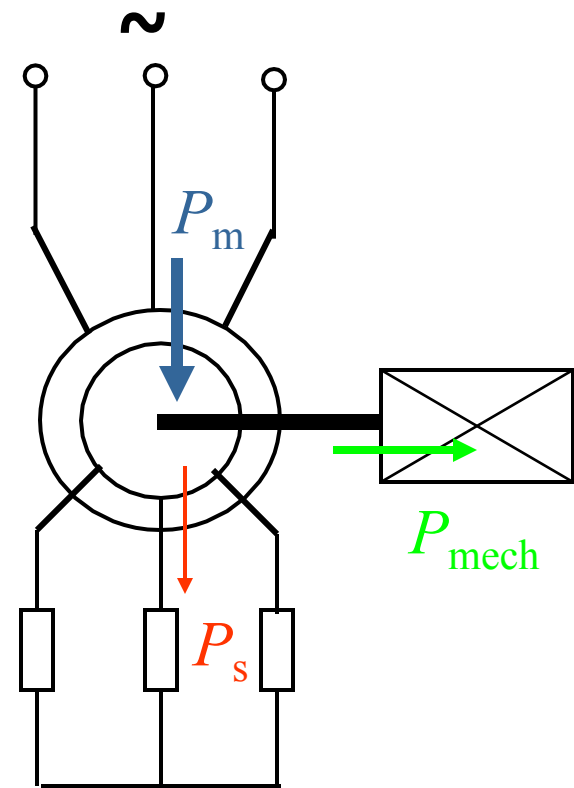
从定子传入转子的电磁功率

P_{em}

总机械功率 $P_{mec} = (1 - s) P_{em}$

转子铜耗 (转差功率) $P_{cu2} = s P_{em} @ P_s$

按照交流异步电机的原理，从定子传入转子的**电磁功率**可提成两部分：一部分是拖动负载的有效功率，称作**机械功率**；另一部分是传播给转子电路的**转差功率**，与转差率 s 成正比。



科学分类措施（根据对转差功率的处理措施分类）分为三类：

（1）转差功率消耗型调速系统：转差功率全部转化成热能而被消耗掉。

特点：系统的效率低，构造简朴。调压调速、绕线式异步电动机转子串电阻调速、电磁转差离合器调速系统属于此类。

（2）转差功率回馈型调速系统——转差功率的少部分被消耗掉，大部分经过变流装置回馈给电网或者转化为机械能予以利用。

特点：效率较高。串级调速属该类系统。

（3）转差功率不变型调速系统——调速过程中，转差功率基本不变。

特点：效率最高。变极调速、变频调速系统属于此类。

第 5 章

交流调压调速系统 ——一种转差功率消耗型调速系统

本章提要

- 异步电动机变化电压时的机械特征
- 异步电动机变压调速电路
- 闭环控制的调压调速系统及其静特征

5.1 异步电动机变化电压时的机械特征

一、异步电动机的固有机械特征

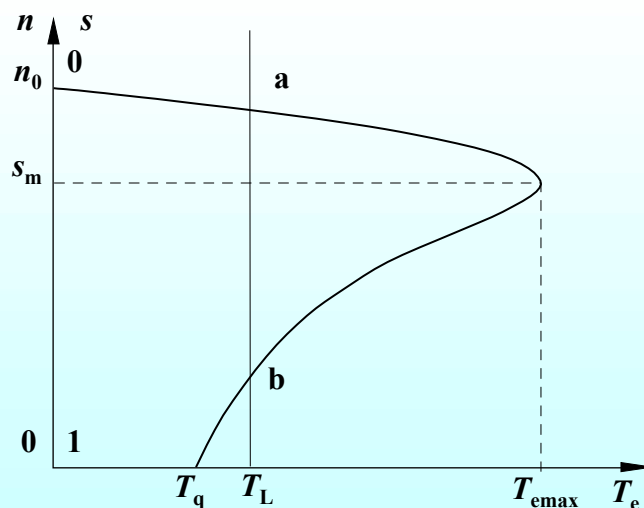
$$T_e = \frac{3n_p U_s^2 R_r' / s}{\omega_1 \left[\left(R_s + R_r' / s \right)^2 + \omega_1^2 \left(L_{1s} + L_{1r}' \right)^2 \right]}$$

式中：

R_s, R_r' 为定子每相电阻和折算到定子侧的转子每相电阻；

L_{1s}, L_{1r}' 为定子每相漏感和折算到定子侧的转子每相漏感

- 可见，当电源频率 ω_1 、转差率 s 一定时，电磁转矩与定子电压的平方成正比。当电压 U_s 和频率 ω_1 一定时，机械特征方程式 $T_e = f(s)$ 是一种二次体现式。在定子电压 U_s 和频率 ω_1 均为额定值的情况下，可画出异步电动机的固有机械特征曲线如图所示。



异步电动机固有机械特征

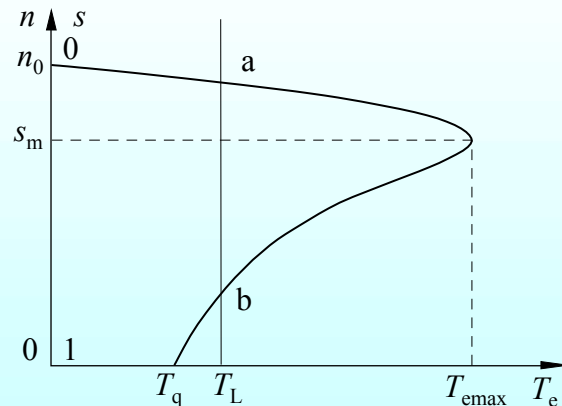
注意:

(1) 设计电动机时一般把额定转矩 T_{en} 拟定为定义最大转矩 T_{emax} 与额定转矩 T_{en} 之比为

左右。
 $\frac{T_{emax}}{2}$

$$\lambda_M = \frac{T_{emax}}{T_{en}}$$

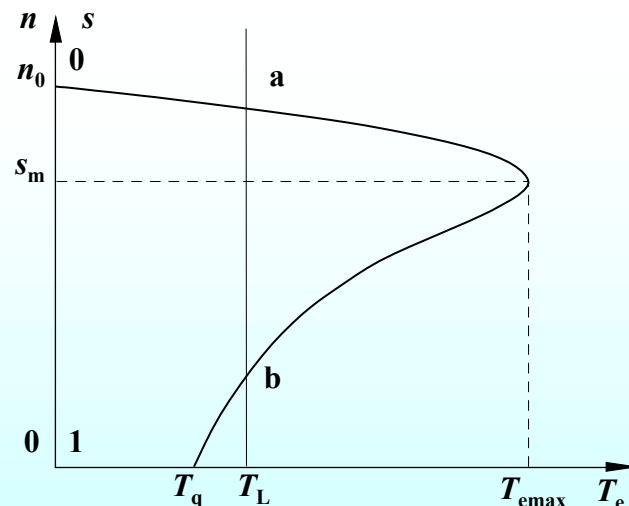
λ_M 称为过载倍数。



异步电动机固有机械特征

(2) 异步电动机的工作区域，一般只能在 $s = 0 \sim s_m$ 范围内，在该范围内转矩能够近似看成和转差率成正比，故称为**机械特征的线性段**，不小于 s_m 部分则为**机械特征的非线性段**。

(3) 在机械特征曲线上，转速为零时所相应的**起始转矩为 T_q** ，且 $s=1$ ，此点相应着电机刚开始开启的状态，此时开启电流很大，可达电机额定电流的4~7倍，但开启转矩却不大。



图异步电动机固有机械特征

二、调压时的人为机械特征

异步电动机调压调速方式广泛应用于开启时限制开启电流和某些调速精度要求不高的场合，目前调压调速方式在**家用风扇、电动工具**等小容量系统中依然普遍应用。

根据异步电动机机械特征方程式，**当电源频率 ω_1 、转差率 s 一定时，电磁转矩与定子电压的平方成正比**，这阐明不同的定子电压，能够得到不同的人为机械特征。

调压时的机械特征

特点:
(1) n_1 不变

(2) T (涉及 T_{st}) 正比于 u_1 的平方

(3) S_m 不变

(4) 降压调速

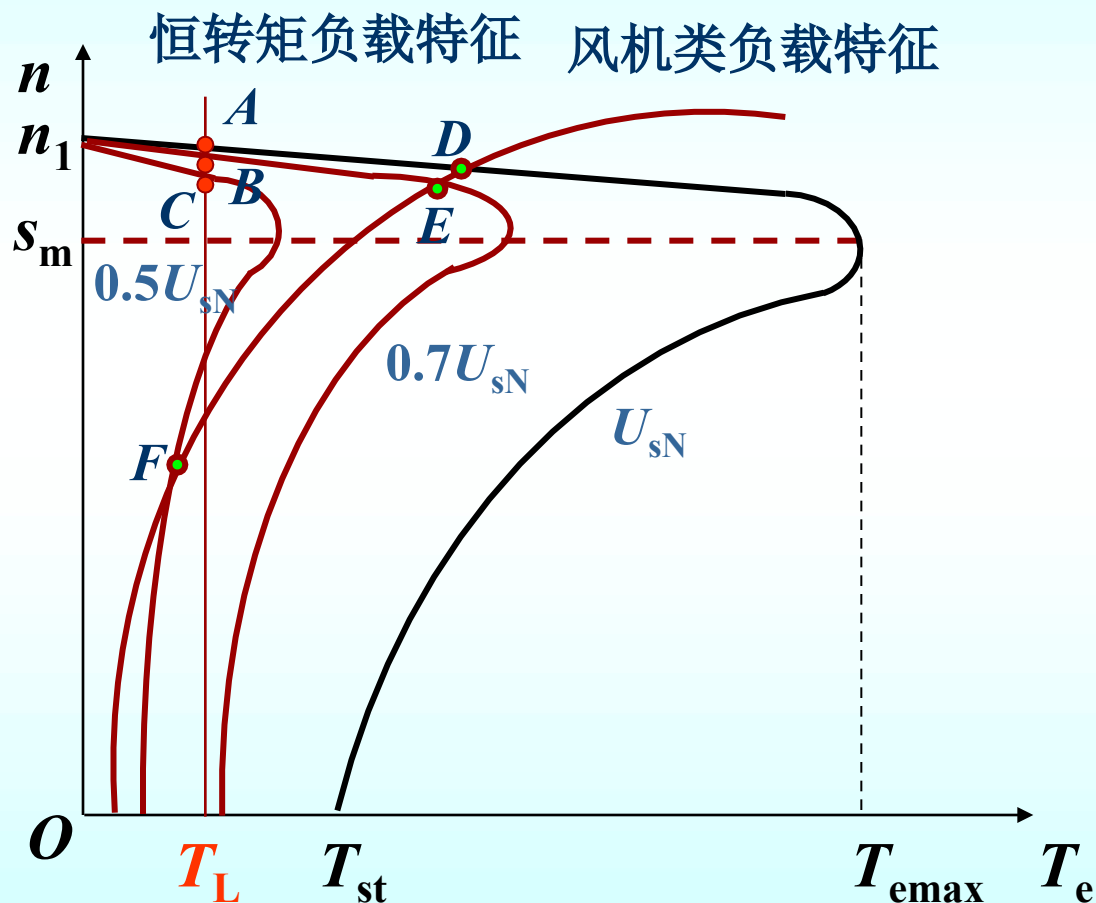


图5-2 异步电动机在不同电压下的机械特征

带恒转矩负载 T_L 时，可得不同的稳定转速，如图5-2中的A，B，C点。因为一般异步电动机工作段转差率 S 很小，所以对恒转矩负载来说，调速范围很小。但是，对风机泵类机械，因为其负载特征为 $T_L=kn^a(a>1)$ ，采用调压调速则可得到较大的调速范围，如图5-2中的D，E，F点。

为了能在恒转矩负载下扩大调速范围，并使电机能在较低转速下运营而不致过热，就要求电机转子有较高的电阻值，这类的电机在变电压时的机械特征绘于图5-3。

显然，带恒转矩负载时的变压调速范围增大了，堵转工作也不致烧坏电机，这种电机又称作**交流力矩电机**。

交流力矩电机的机械特征

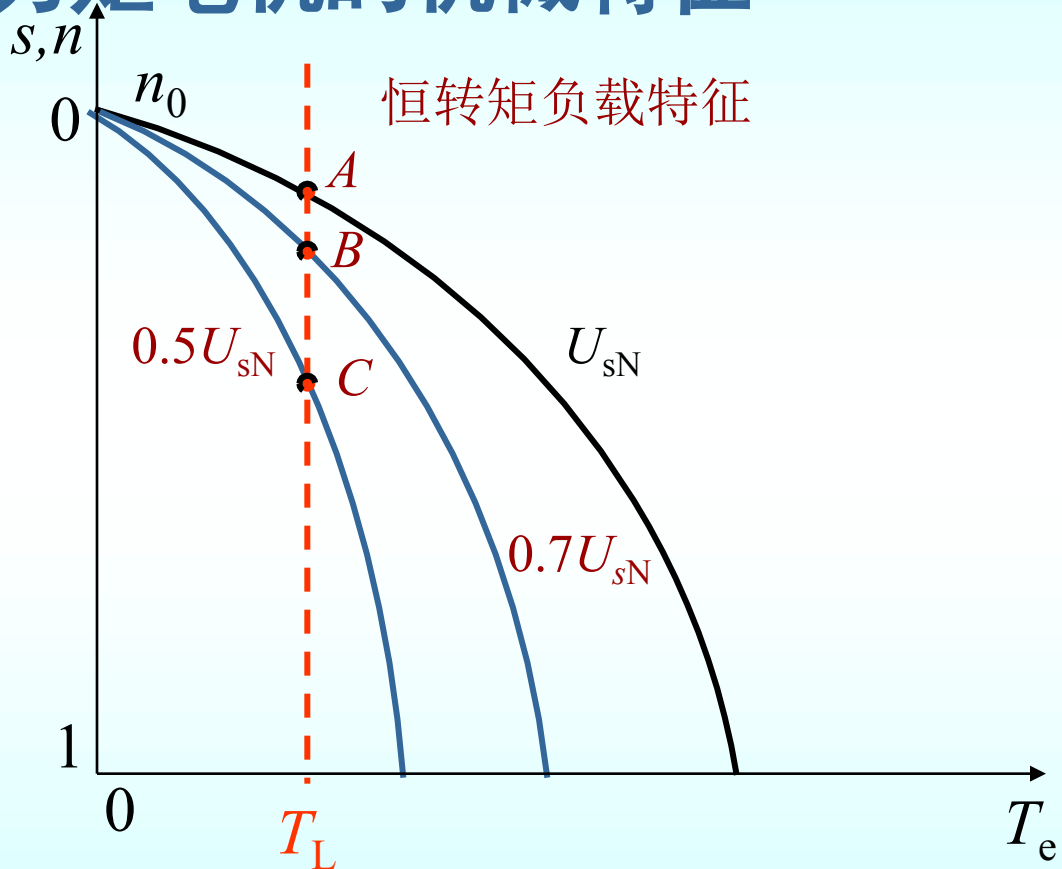


图5-3 高转子电阻电动机（交流力矩电动机）
在不同电压下的机械特征

所谓的**调压调速**，就是经过变化定子外加电压来变化其机械特征的函数关系，从而达到变化电动机在一定输出转矩下转速的目的。

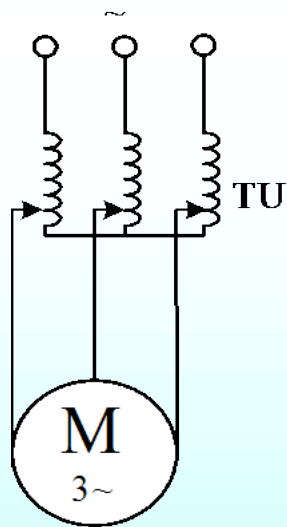
那么，怎样实现调压调速呢？

5.2 异步电动机变压调速电路

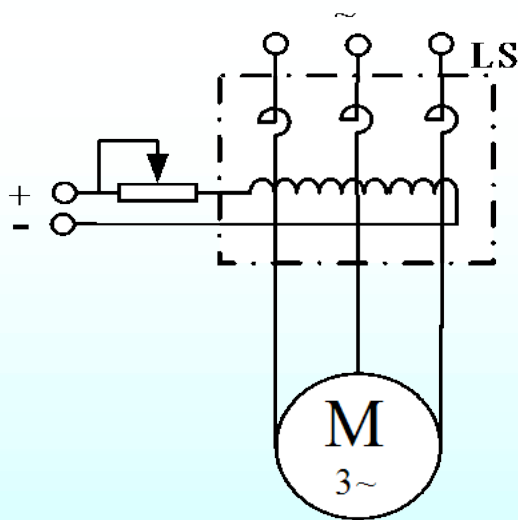
一、调压调速措施

获取交流调压电源的措施：

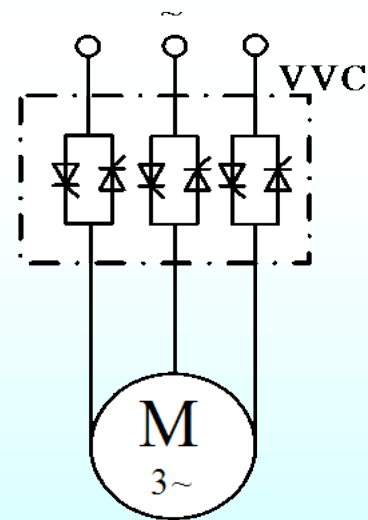
(1) 调压器调压 如图 (a) 所示。



(a)



(b)



(c)

图5-2 异步电动机调压调速原理

(2) 饱和电抗器调压

如图 (b) 所示, 饱和电抗器 L_s 是带有直流励磁绕组的交流电抗器。

(3) 晶闸管交流调压器调压

如图 (c) 所示。单相调压电路如图所示, 其控制措施有两种:

1) 相位控制方式

经过变化晶闸管的导通角来变化输出交流电压。电压输出波形如图所示。

特点: 输出电压较为精确、迅速性好; 但有谐波污染。

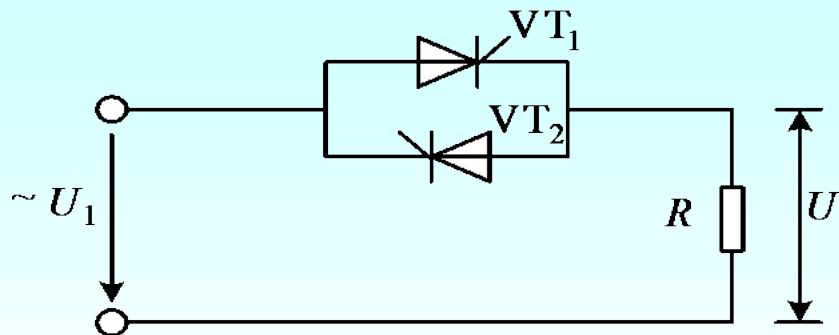


图5-3 晶闸管单相调压电路

晶闸管单相调压电路

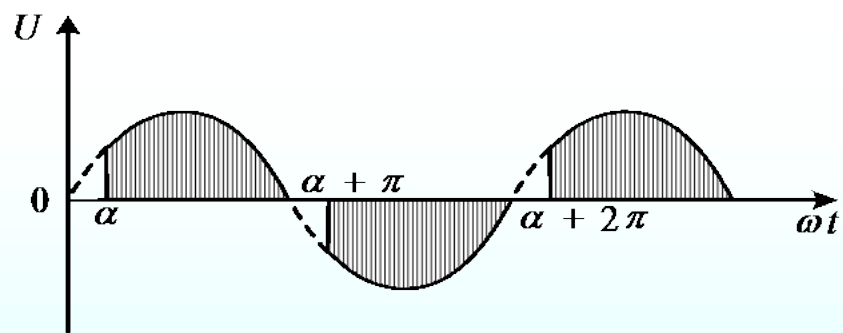


图5-4 晶闸管相位控制下的
负载电压波形

晶闸管相位控制下的负载电压波形

2) 开关控制方式

把晶闸管作为开关，将负载与电源完全接通几种半波，然后再完全断开几种半波。交流电压的大小靠变化**通断时间比 t_0/t_p** 来调整。输出电压波形如图所示。

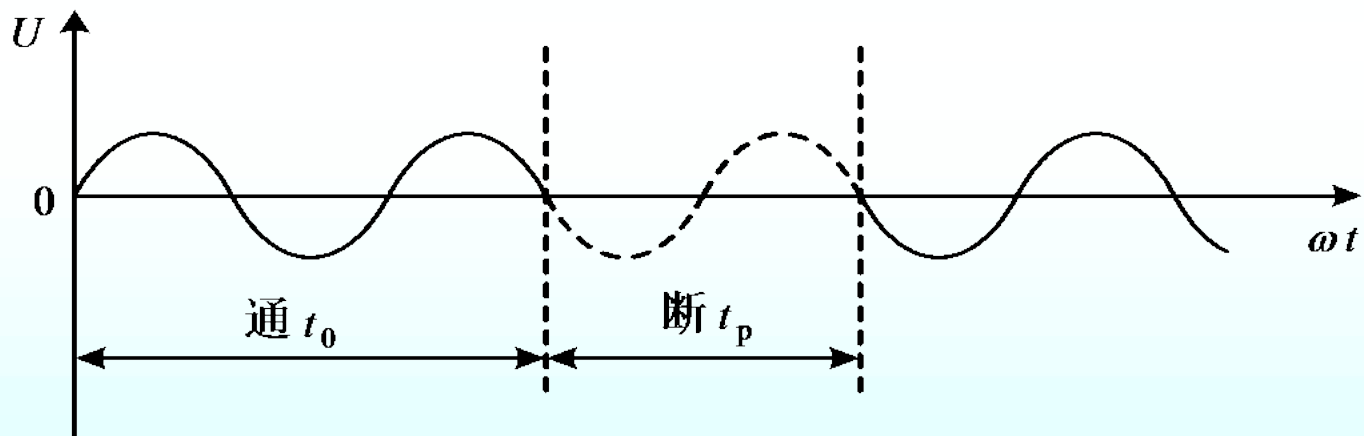


图 5-5 晶闸管开关控制下的负载电压波形

晶闸管开关控制下的负载电压波形

特点：采用“过零”触发，谐波污染小；转速脉动较大。

二、交流调压电路

晶闸管三相交流调压电路如图所示。这种电路接法的特点是**负载输出谐波分量低，合用于低电压大电流的场合。**

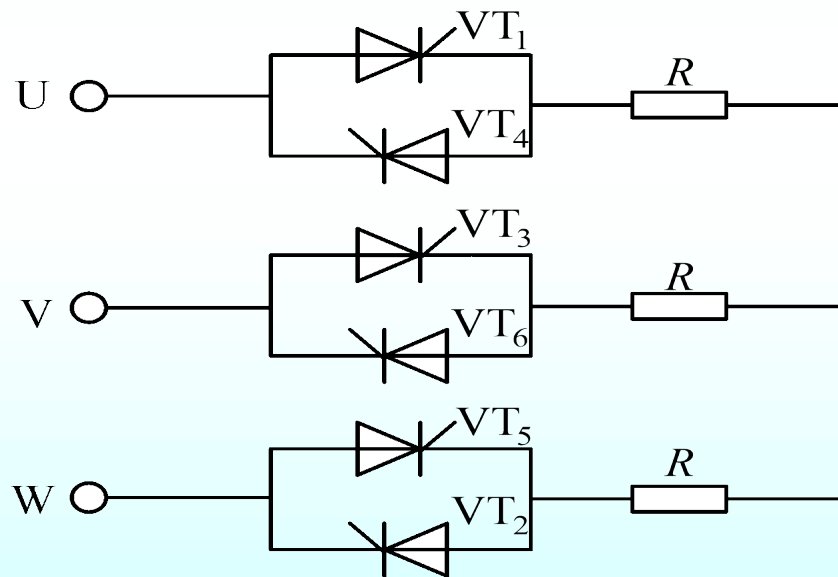


图5-6 三相全波星形联结的调压电路

电路正常工作的条件:

(1) 在三相电路中至少要有一相的正向晶闸管与另一相的反向晶闸管同步导通。

(2) 要求采用宽脉冲或双窄脉冲触发电路。

(3) 要求U、V、W三相电路中正向晶闸管的触发信号相位互差 120° ，三相电路中反向晶闸管的触发信号相位也互差 120° ；但同一相中反并联的两个正、反向晶闸管的触发脉冲相位应互差 180° 。

根据上面的结论，可得出三相调压电路中各晶闸管触发的顺序为 VT_1 、 VT_2 、 VT_3 、 VT_4 、 VT_5 、 VT_6 、 VT_1 ...
...，相邻两个晶闸管的触发信号相位差为 60° 。

1、可逆运营

措施：变化定子供电电压的相序，如图所示。图中晶闸管1~6供给电动机定子正相序电源；而晶闸管7~10及1、4供给定子反相序电源。

2、反接制动与能耗制动

反接制动时，工作的晶闸管为供给反相序电源的6个元件。耗能制动时，可不对称地控制某几种晶闸管工作。例：使1、2、6三个元件导通，其他元件都不工作，这么就可使电机定子绕组中流过直流电流，实现能耗制动。

所以调压调速系统具有良好的制动特征。

5.3 闭环控制的调压调速系统及其静特征

采用一般异步电机的变电压调速时，调速范围很窄，采用高转子电阻的力矩电机能够增大调速范围，但机械特征又变软，因而当负载变化时静差率很大，开环控制极难处理这个矛盾。

为此，对于恒转矩性质的负载，要求调速范围不小于 $D=2$ 时，往往采用带转速反馈的闭环控制系统（见图5-6a）。

1. 系统构成

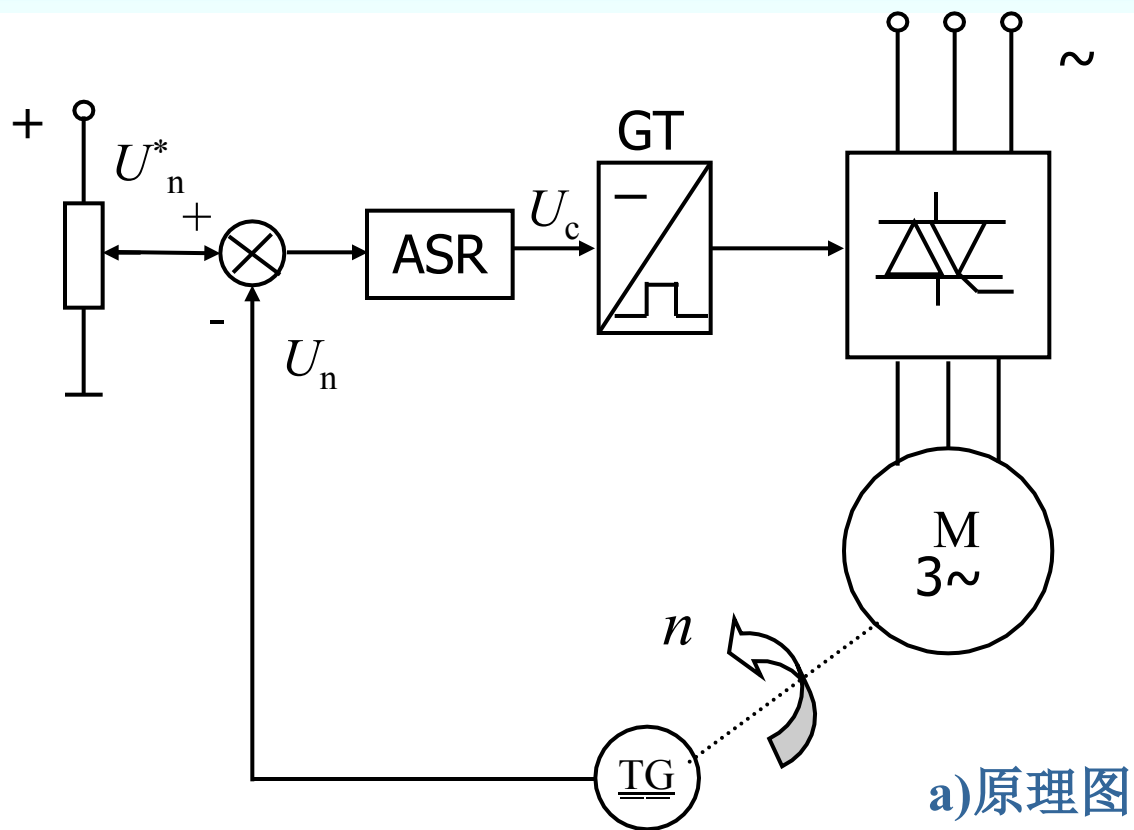


图5-6 带转速负反馈闭环控制的交流变压调速系统

2. 系统静特征

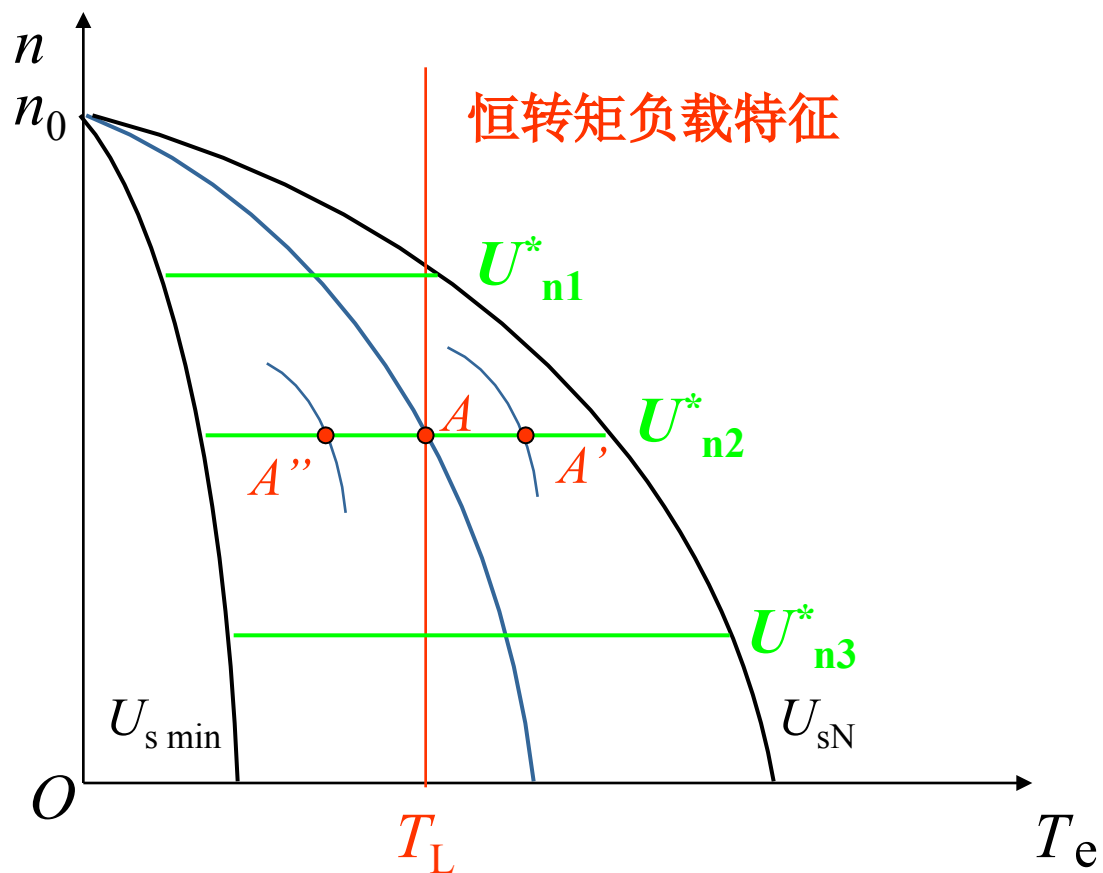


图5-6b 闭环控制变压调速系统的静特征

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/316144241040010240>