



电机与拖动**课件**之六

# 异步电机 拖动

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



# 章节目录

5.1 三相异步电动机的机械特性

5.2 三相异步电动机的起动

**5.3 三相异步电动机的制动**

5.4 三相异步电动机的调速

### 异步电动机制动运行的作用

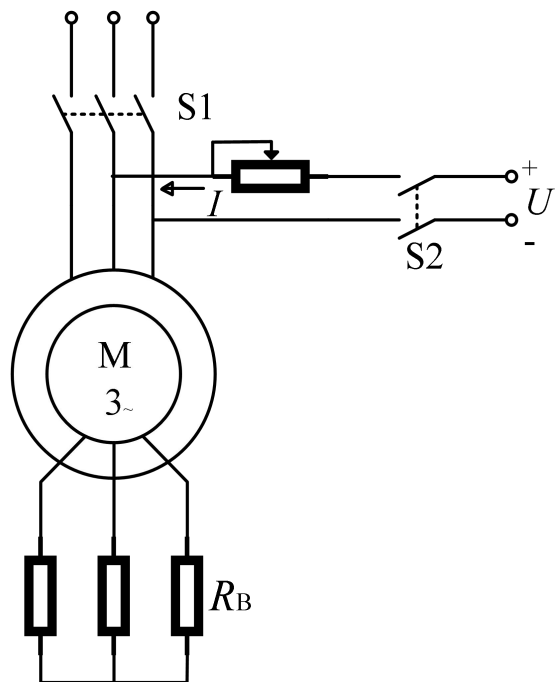
- 加快系统降速或停车过程
- 生产机械下放重物时，使系统保持匀速下放

### 异步电动机制动状态的三种形式

- 能耗制动
- 反接制动
- 回馈制动

三种制动方法的许多特点和直流电动机相似，但由于异步电动机运行中电磁关系上的许多特点，又使得它的制动状态与直流电机的制动状态存在着很大的区别。





➤ **实现：**制动时，S1断开,电机脱离电网，同时S2闭合,在定子绕组中通入直流励磁电流。

➤ 因惯性继续旋转的转子切割恒定磁场(直流励磁电流产生)，感应电动势和电流。感应电流与磁场作用产生的电磁转矩为制动性质，转速迅速下降。

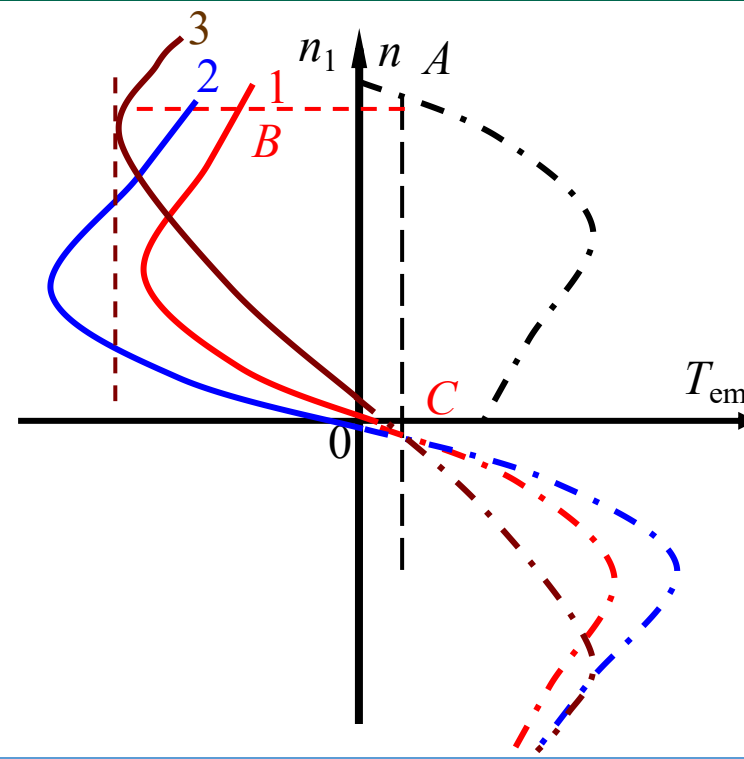
制动过程中，转子的动能转变为电能消耗在转子回路电阻上——**能耗制动**。

➤ 由于  $n_1 = 0$ ，所以能耗制动时  $s = 1$ 。

➤ **笼型异步电动机**，可以增大**直流励磁电流**来增大初始制动转矩。

➤ **绕线型异步电动机**，可以增大**转子回路电阻**来增大初始制动转矩。

制动电阻大小：
$$R_B = (0.2 \sim 0.4) \frac{E_{2N}}{\sqrt{3} I_{2N}} - R_2$$



### 一、电源两相反接的反接制动

➤ **实现：**将电动机电源两相反接可实现反接制动。

➤ 由于定子旋转磁场方向改变，理想空载转速变为 $-n_1$ ， $s>1$ 。

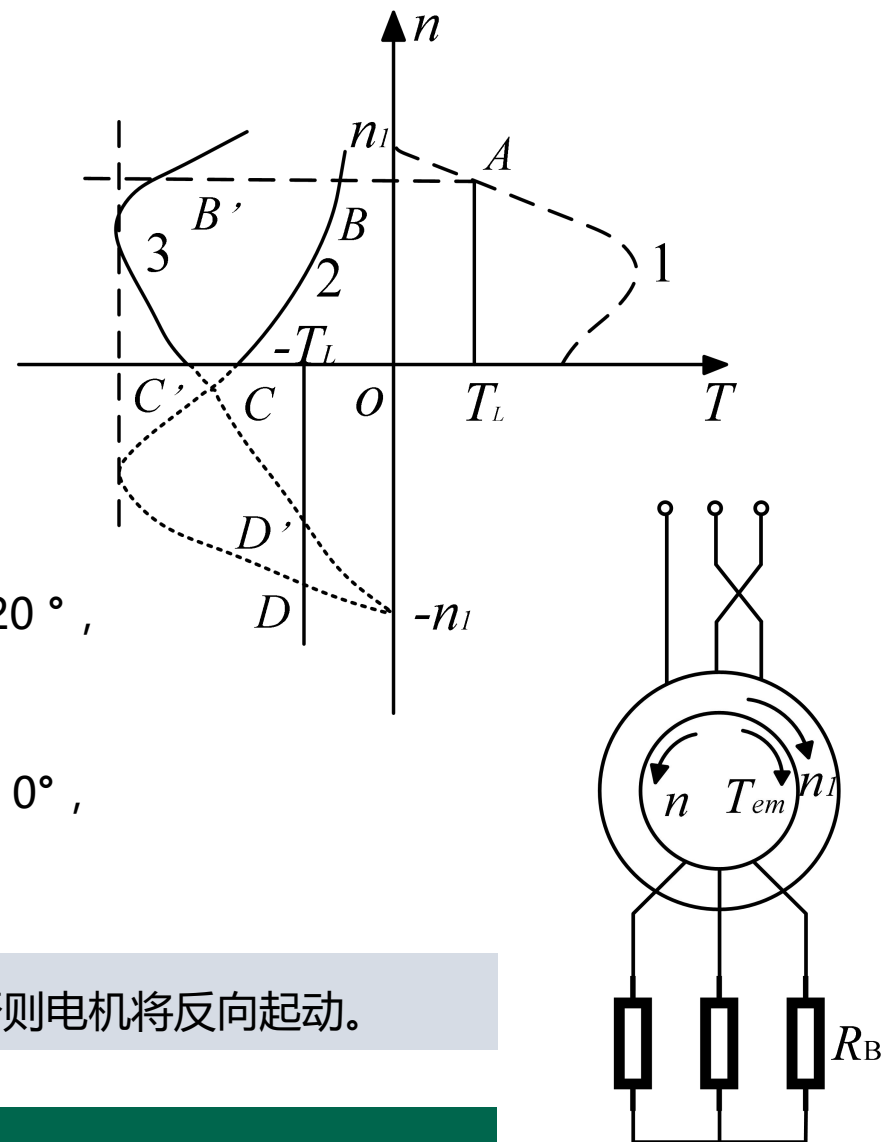
(1)初始：一相，二相，三相=U，V，W： $0^\circ$ ， $-120^\circ$ ， $-240^\circ$

(2)交换V与W相接线：一相，二相，三相=U，W，V： $0^\circ$ ， $-240^\circ$ ， $-120^\circ$ ，  
即： $0^\circ$ ， $120^\circ$ ， $240^\circ$

(3)交换U与W相接线：一相，二相，三相=W，V，U： $-240^\circ$ ， $-120^\circ$ ， $0^\circ$ ，  
即： $0^\circ$ ， $120^\circ$ ， $240^\circ$

工作点由A→B→C， $n=0$ ，制动过程结束。若要停车，应立即切断电源，否则电机将反向起动。

**绕线式电动机**在定子两反接同时，可在转子回路串联制动电阻来限制制动电流和增大制动转矩，曲线3。



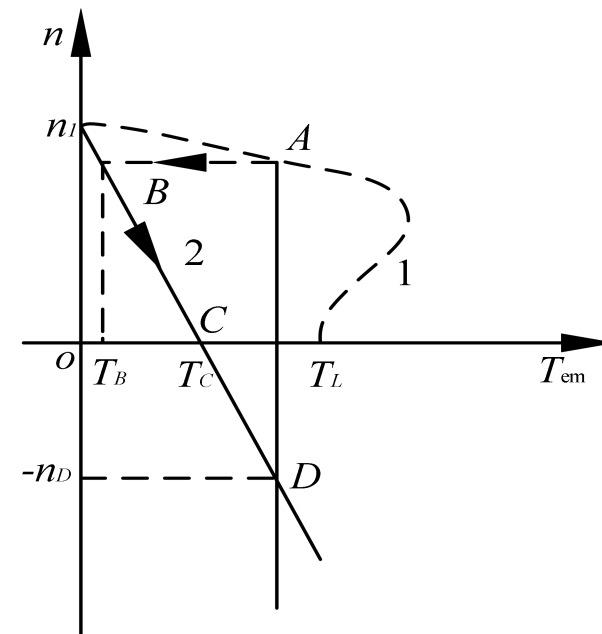
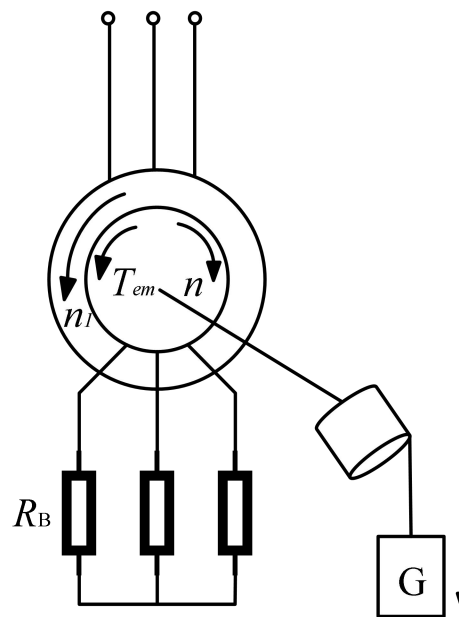
## 二、倒拉反转的反接制动

**条件:** 适用于绕线式异步电动机带位能性负载情况。

**实现:** 在转子回路串联适当大电阻 $R_B$ 。

➤ 电机工作点由A→B→C,  $n=0$ , 制动过程开始, 电机反转, 直到D点。在第四象限才是制动状态。

由于电机反向旋转,  $n<0$ , 所以 $s>1$ 。



反接制动时,  $s>1$ , 所以有 机械功率为  $P_{MEC} = m_1 I_2'^2 \frac{1-s}{s} R_2' < 0$  电磁功率为  $P_{em} = m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s} > 0$

➤ 机械功率为负, 电机从轴上输入机械功率; 电磁功率为正说明电机从电源输入电功率, 定子向转子传递功率。

$$\text{而 } |P_{MEC}| + P_{em} = m_1 I_2'^2 \frac{s-1}{s} R_2' + m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s} = m_1 I_2'^2 R_2'$$

轴上输入的机械功率转变成电功率, 同定子传递的电磁功率一起消耗在转子回路电阻上, 反接制动的能量损耗较大。



➤ **实现：**电动机转子在外力作用下，使 $n > n_1$ 。

➤ 回馈制动状态实际上就是将轴上的机械能转变成电能并回馈到电网的异步发电机状态。

### 一、下放重物时的回馈制动（反接回馈制动）

初始状态

➤ 电机机械特性曲线1，运行于A点。

两相反接

➤ 定子旋转磁场的同步速为 $-n_1$ ，特性曲线变为2。工作点由A到B。

反接制动

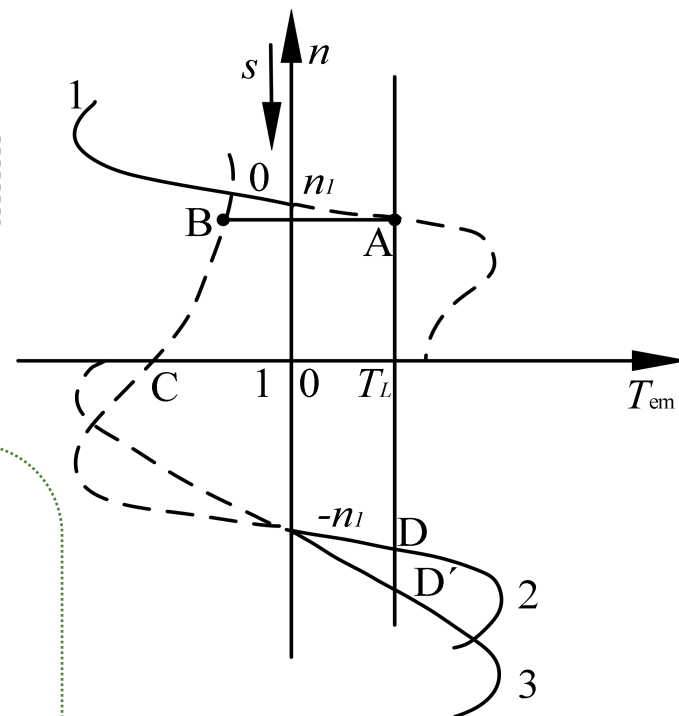
➤ 反接制动过程（由B到C）

反向加速

➤ 反向加速过程（C到 $-n_1$ 变化）

超过同步速

➤ 最后在位能负载作用下反向加速并超过同步速，直到D点保持稳定运行。



➤ 若在转子电路中串入制动电阻，机械特性如曲线3，回馈制动工作点为D'，放的速度增加。为了限制电机的转速，串入的电阻值不应太大。



## 一、下放重物时的回馈制动（反接回馈制动）

➤ 此时  $n > n_1$ ,  $s = \frac{-n_1 - (-n)}{-n_1} = \frac{n_1 - n}{n_1} < 0$ , 则  $P_m = 3I_2'^2 \frac{1-s}{s} R_2' < 0$

说明负载（或）原动机向电动机输入机械功率；

$P_M = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s} < 0$  说明电机转子传给定子电磁功率；

➤ 转子电流有功分量

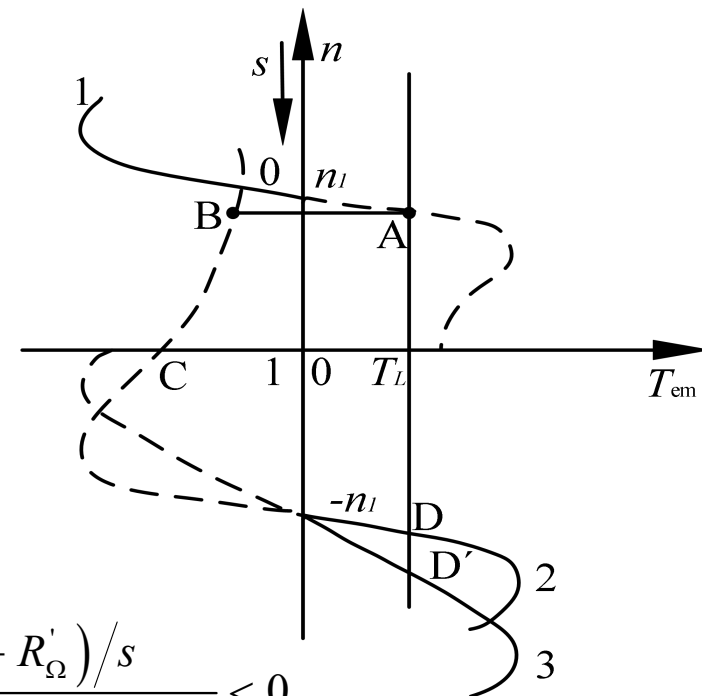
$$I_2' \cos \varphi_2 = \frac{E_2'}{\sqrt{((R_2' + R_\Omega')/s)^2 + (X_2')^2}} \cdot \frac{(R_2' + R_\Omega')/s}{\sqrt{((R_2' + R_\Omega')/s)^2 + (X_2')^2}} = \frac{E_2' (R_2' + R_\Omega')/s}{((R_2' + R_\Omega')/s)^2 + (X_2')^2} < 0$$

忽略励磁电流,  $I_1 \cos \varphi_1 \approx I_2' \cos \varphi_2 < 0$

$P_1 = 3U_1 I_1 \cos \varphi_1 < 0$  说明电机向电源输送有功功率, 回馈能量。

➤ 转子电流无功分量  $I_2' \sin \varphi_2 = \frac{E_2'}{\sqrt{((R_2' + R_\Omega')/s)^2 + (X_2')^2}} \cdot \frac{X_2'}{\sqrt{((R_2' + R_\Omega')/s)^2 + (X_2')^2}} = \frac{E_2' X_2'}{((R_2' + R_\Omega')/s)^2 + (X_2')^2} > 0$

说明转子电机从电网吸收滞后的无功功率, 建立旋转磁场, 否则异步电机不能发出有功功率。



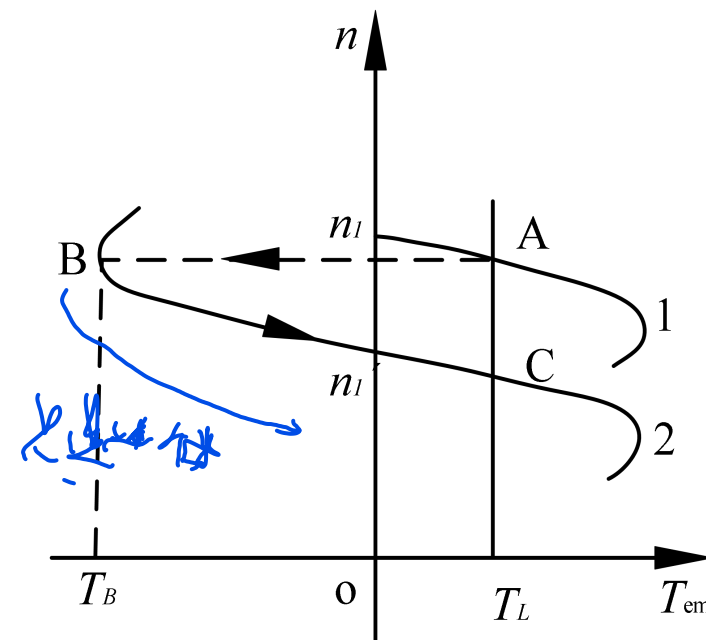


## 二、变极或变频调速过程中的回馈制动（正向回馈制动）

➤ 电机机械特性曲线1，运行于A点。

➤ 当电机采用变极（增加极数）或变频（降低频率）进行调速时，机械特性变为2。同步速变为  $n_1'$ 。

➤ 电机工作点由A变到B，电磁转矩为负， $n_B > n_1'$ ，电机处于回馈制动状态。



正向回馈制动时电动机的转差率为： $s = \frac{n_1' - n}{n_1'} < 0$

电磁功率  $P_M$ 、机械功率  $P_m$  分别为： $P_M = 3I_2'^2 \frac{R_2'}{s} < 0$ ,  $P_m = P_M(1 - s) < 0$



# 小结

