

他励直流电动机的转速调节

一、他励直流电动机的调速方法

在任意**不变负载**下，**人为**地改变电动机中有关参量以改变电动机的转速，称为速度调节。

$$n = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R_a + R_\Omega}{C_e C_T \Phi^2} T$$

三种调速方法：

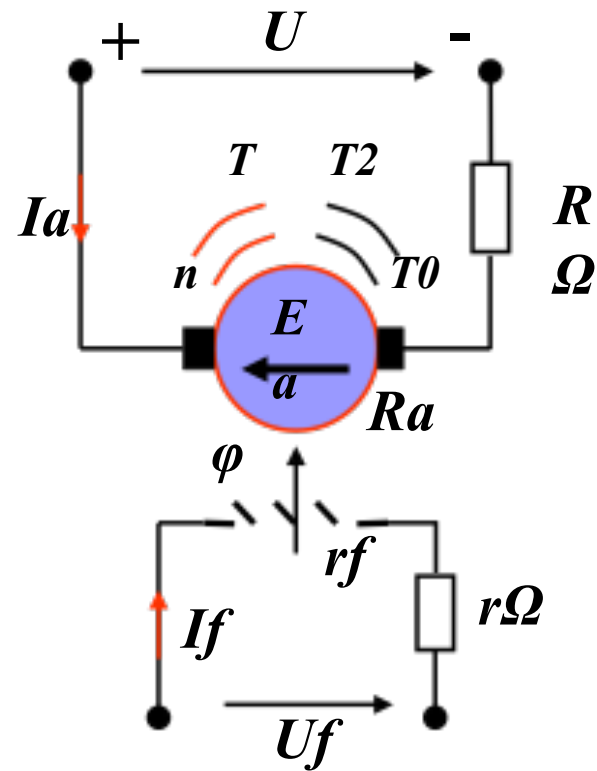
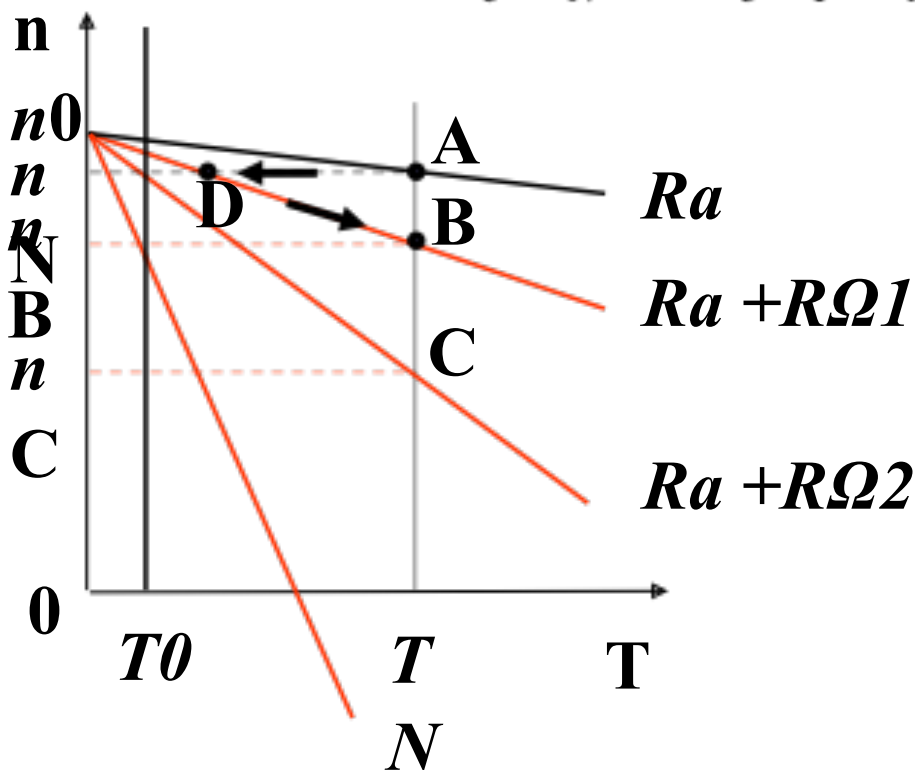
- 1、**电枢串电阻调速**；
- 2、**降低电源电压调速**；
- 3、**弱磁调速**。

他励直流电动机的转速调节

1、电枢回路串电阻调速

保持 $U = U_N$, $\phi = \phi_N$, 电枢回路里串电阻 R_Ω 。

调速特性
$$n = \frac{U_N}{C_e \Phi_N} - \frac{R_a + R_\Omega}{C_e C_T \Phi_N^2} T$$



他励直流电动机的转速调节

特点：

- (1) 在空载或轻载时，调速效果不明显；
- (2) 低速时机械特性很软，所以调速范围不大；
- (3) $R\Omega$ 只能分段调节，故是有级调速；
- (4) 能量消耗在电阻 R 上，调速效率低。

应用：

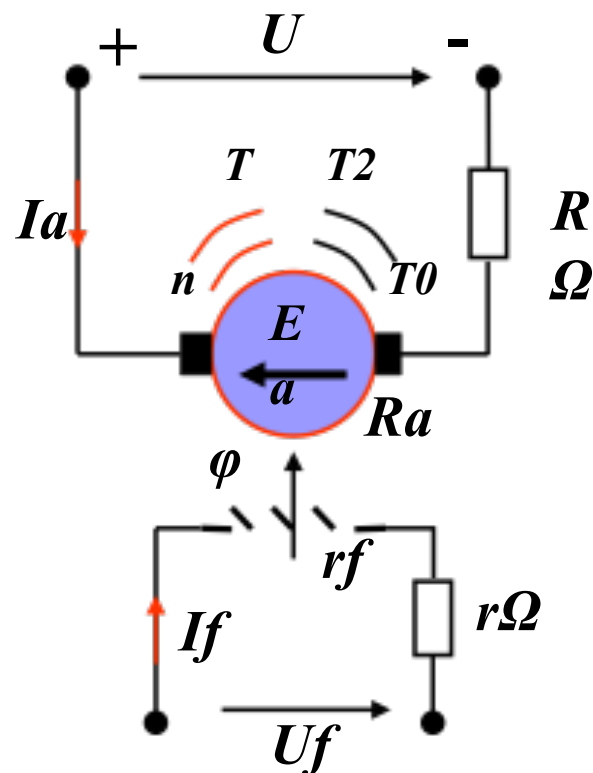
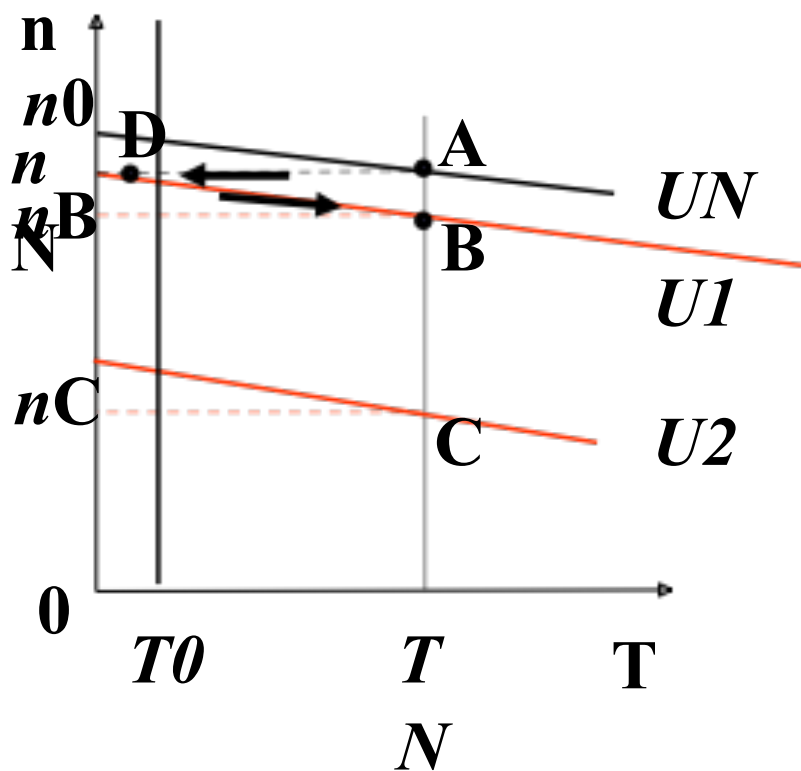
调速范围和要求不高的设备；如起重机，电车等。

他励直流电动机的转速调节

2、降低电枢端电压调速

保持 $R = R_a$, $\phi = \phi_N$, 仅降低电枢两端端电压。

调速特性:
$$n = \frac{U}{C_e \Phi_N} - \frac{R_a}{C_e C_T \Phi_N^2} T$$



他励直流电动机的转速调节

特点:

- (1) 无论满载、轻载或空载都有明显的调速效果;
- (2) 低速时机械特性硬度不变, 所以调速范围大;
- (3) 可以实现无级调速;
- (4) 调速过程中的能量损耗小。

应用:

调速范围和要求较高的设备; 如刨床, 轧钢, 造纸等。

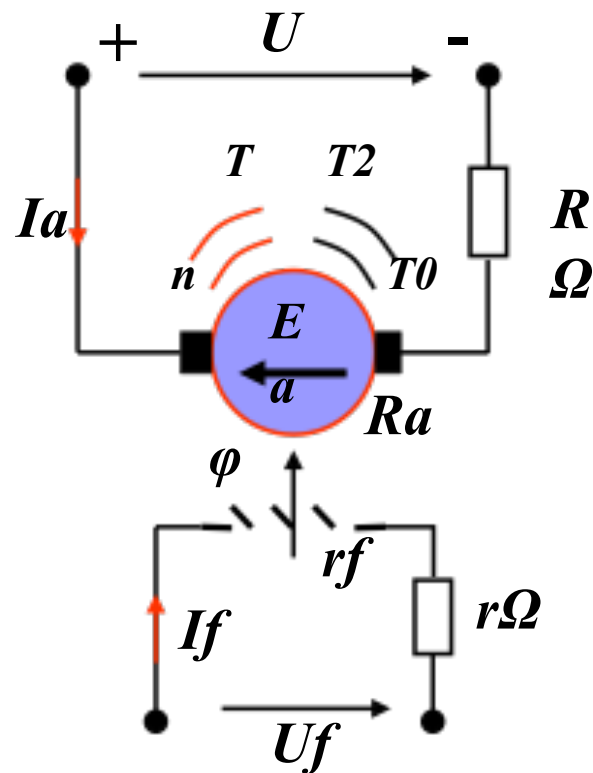
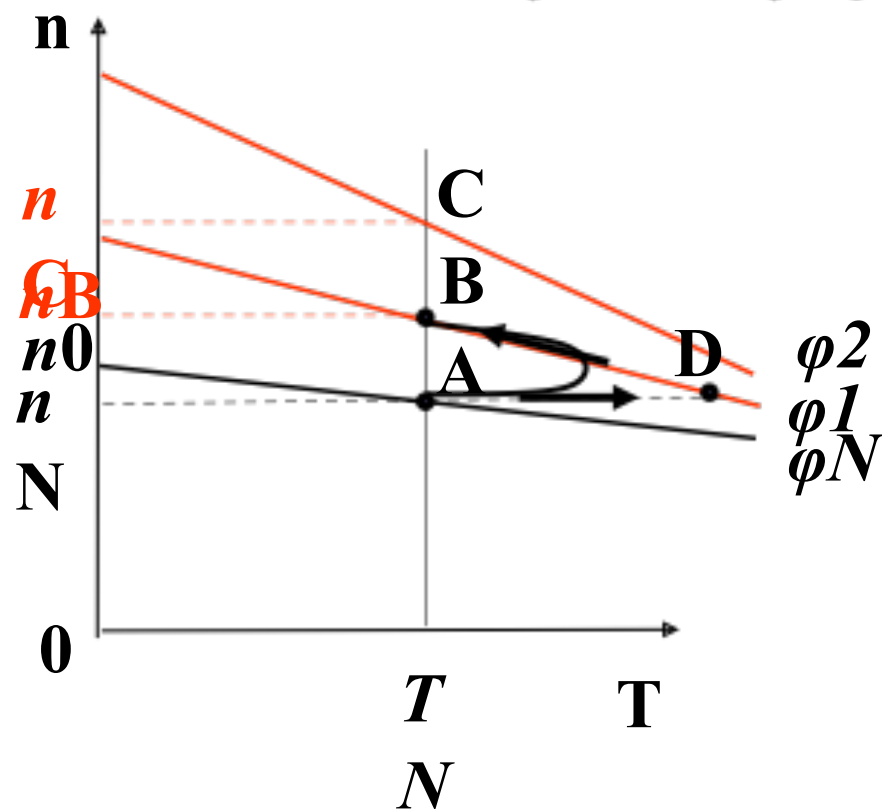
他励直流电动机的转速调节

3、减弱电动机主磁通调速

适合调速 $n > n_0$

保持 $R = R_a$, $U = U_N$, 减弱励磁电流使主磁通减小

调速特性:
$$n = \frac{U_N}{C_e \Phi} - \frac{R_a}{C_e C_T \Phi^2} T$$



他励直流电动机的转速调节

特点：

(1) 若负载转矩不变, $T = T_L = C_T \phi_1 I_{a1} = C_T \phi_2 I_{a2}$

$$\frac{I_{a1}}{I_{a2}} = \frac{\phi_2}{\phi_1}$$

(2) 调速范围不大；

(3) 可以实现无级调速；

(4) 控制方便，能量损耗小。

应用：

常与降压调速配合使用，可以扩大系统的调速范围。

他励直流电动机的转速调节

评价调速方法的主要指标 (不一定考, 考了考前)

1、调速范围

调速范围指的是在额定负载运行时, 可能运行的最高转速与最低转速之比。

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}}$$

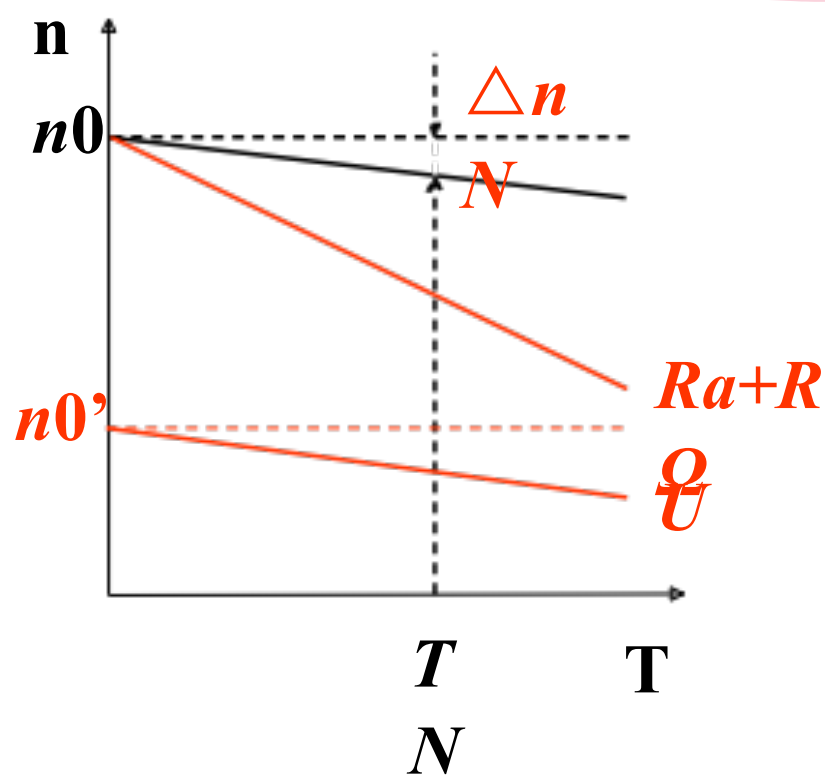
对电枢回路串电阻调速和降压调速, $n_{\max}=n_N$, n_{\min} 受低速时转速的相对稳定性的限制;

对弱磁调速, $n_{\min}=n_N$, n_{\max} 受机械强度和换向能力的限制。

他励直流电动机的转速调节

2、静差度

静差度(又称静差率)是指当电动机在某一条机械特性上运行时,其额定负载的转速降与其机械特性的理想空载转速之比。



$$S(\%) = \frac{\Delta n_N}{n_0} \times 100\%$$

静差度表示系统运行时的相对稳定性。

静差度与调速范围是两个相互制约的调速指标。

他励直流电动机的转速调节

3 调速的平滑性

调速的平滑性是指在一定的调速范围内，相邻两级速度变化的程度。

$$\varphi = \frac{n_i}{n_{i-1}}$$

通常认为 φ 在1.06以下时，转速基本上连续可调。

4 调速系统的经济性

调速的经济指标决定于调速系统的设备投资及运行费用，而运行费用又决定于调速过程的损耗和设备维修费用。

他励直流电动机的转速调节

调速方式与负载性质的配合

电动机被充分利用的基本条件：调速范围内，保持 $I_a = I_N$ 。

1、调速方式

(1) 恒转矩调速方式

降压调速和电枢串电阻调速均为恒转矩调速方式。

$$T_l = C_T \phi_N I_N = T_N$$

$$P_l = \frac{T_l \omega}{9550} = \frac{T_N}{9550} n = k_1 n$$

他励直流电动机的转速调节

(2) 恒功率调速方式

弱磁调速为恒功率调速方式。

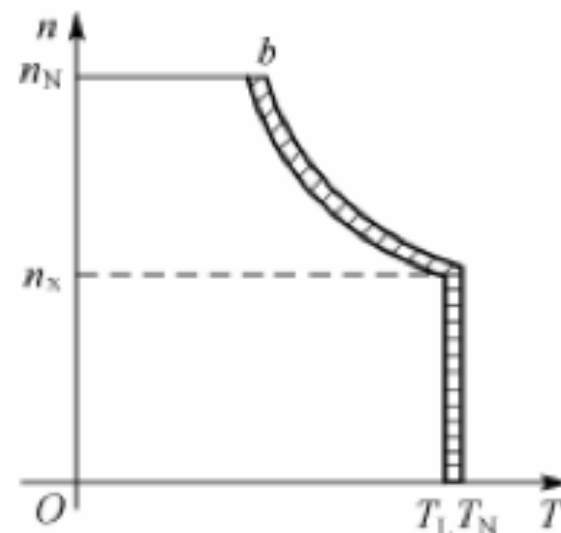
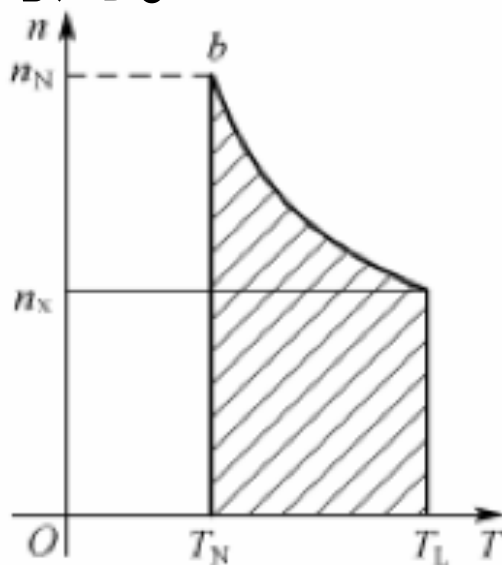
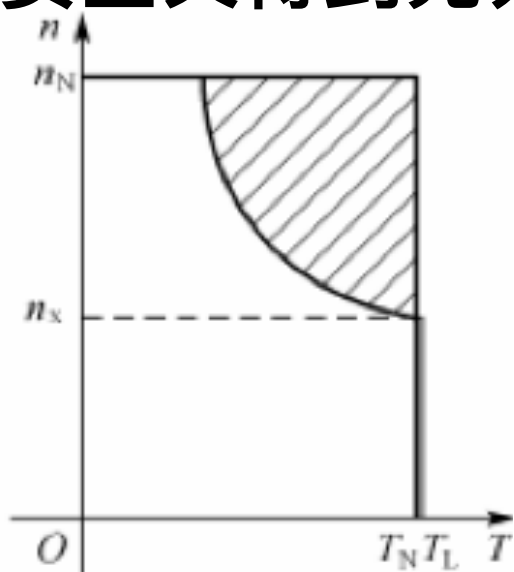
$$\phi = \frac{U_N - I_N R_a}{C_e n} = \frac{k_2}{n}$$
$$T_l = C_T \phi I_N = C_T \frac{k_2}{n} I_N = \frac{k_3}{n}$$
$$P_l = \frac{T_l \omega}{9550} = \frac{k_3}{n} \frac{n}{9550} = k_4$$

此处的 T_l 和 P_l 仅表示电机在调速时容许输出的转矩与功率的限度，不一定是电机的实际输出。

他励直流电动机的转速调节

2、调速方式与负载性质的配合

恒转矩负载选择恒转矩调速方式，恒功率负载选择恒功率调速方式，配合是合理的，电机既安全又得到充分利用。



电动机恒转矩调速配恒功率负载

电动机的调速转矩与负载一致

$$T = 9550 \frac{P_N}{n_N}$$



直流电机的电力拖动

- 直流电动机的机械特性；
- 电力拖动的稳定性判据；
- 直流电动机的起动；
- 直流电动机的制动；
- 直流电动机的调速；

掌握电动及制动等不同运行状态下电量及转矩相互关系。

机械特性

机械特性一般表达式：

$$n = \frac{U}{C_e \phi} - \frac{R}{C_e C_M \phi^2} M_{em}$$

- 固有机机械特性：通过理想空载点和额定工作点确定
- 人为机械特性：

电枢回路串电阻人为特性；

改变端电压人为特性；

减弱磁通人为特性

稳定性判据

稳定点的条件：

$$\frac{dM_{em}}{dn} < \frac{dM_z}{dn}$$

通常具有上翘机械特性的拖动系统运行是不稳定的。

直流电动机启动

$$I_a = \frac{U}{R_a + R_\Omega}$$

- 直接启动；
- 限制启动电流
降低端电压；
电枢回路串电阻

直流电动机的制动

- 制动运行：从轴上吸收机械能转换成电能而消耗在电机内部或反馈电网。
- 特点：转矩与转速方向相反
- 制动方式：
 - 能耗制动
 - 反接制动（电压反向的反接制动，电动势反向的反接制动）
 - 回馈制动

直流电动机调速

直流电动机的转速公式：

$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_j)}{C_e \phi}$$

直流电动机的调速方法：

- (1) 改变励磁电流从而改变磁通；
- (2) 改变施加在电枢两端的电压U；
- (3) 改变串入电枢回路的调节电阻；

