

直流电机

元件数 换向片数 虚槽数

额定功率 指输出功率

$$S = K = Z_i$$

第一节距 y_1

$y_1 < \tau$ 短距
 $y_1 = \tau$ 整距
 $y_1 > \tau$ 长距

$$\text{极距 } \tau = \frac{Z_i}{2p}$$

并联支路对数

单叠绕组: $a = p$
极对数

单波绕组 $a = 1$

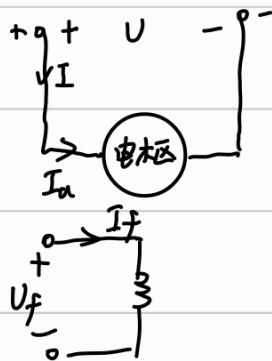
电磁关系

励磁方式

$$U_f \rightarrow i_f \rightarrow F_f$$

$$E_o \leftarrow \phi \leftarrow F_f$$

$$E_o \leftarrow \phi_{f_o} \leftarrow F_{f_o}$$



他励电动机



并励电动机

串励
复励

电枢反应

交轴电枢对主极磁场影响

电刷不在几何中性线时电枢反应

发电机 顺去送励, 交轴反应
电动机 顺励送去

交轴电枢磁势对电机磁场的影响

• 磁场畸变

- 半个磁极内助磁
- 半个磁极内去磁
- 物理中性线发生偏移
 - 发电机 顺着电机运动方向偏移 α 角
 - 电动机 逆着电机运动方向偏移 α 角

• 磁通变化

- 不饱和时, 每极磁通不变
- 饱和时, 每极磁通略有减少

电枢电动势

电磁转矩

$$E = C_e \phi n$$

$$T_{em} = C_T \phi I_a$$

发电机 电源电动势

电动机 反电动势

$$C_e = \frac{p N_a}{60 a}$$

$$C_T = \frac{p N_a}{2 \pi a}$$

$$C_T = 9.55 C_e$$

电枢绕组电流

发电机: 制动转矩

电动机: 驱动转矩

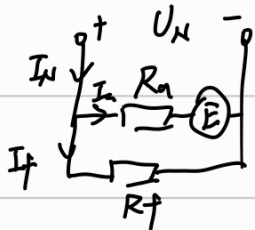
并励电动机基本特性

(励磁绕组不能开路)

$T_e > T_L$, $n \uparrow$ 飞车

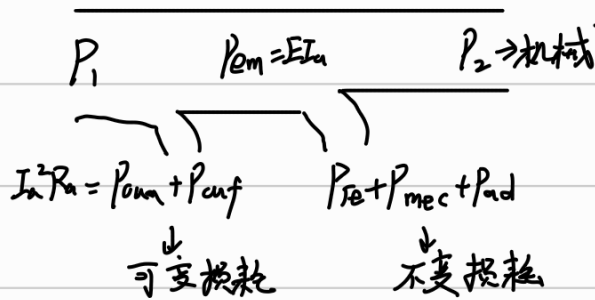
$T_e < T_L$, $n \downarrow$, $n \rightarrow 0$ 闷车

工作特性



$$① U = E_a + I_a R_a + \Delta U_b$$

$$② I_N = I_a + I_f$$



$$P_{ad} = U I_f = I_f^2 R_f$$

转矩平衡方程

$$P_{em} = P_2 + P_0$$

$$\downarrow T = 9.55 \frac{P}{n}$$

$$T_{em} = T_2 + T_0 \rightarrow \text{空载}$$

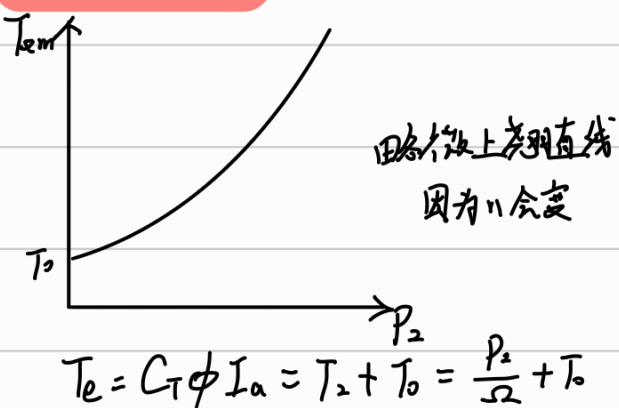
速率特性 (硬特性)

负载 $\uparrow$, $I_a \uparrow$, $I_a R_a \uparrow$ $n \downarrow$ 变不大

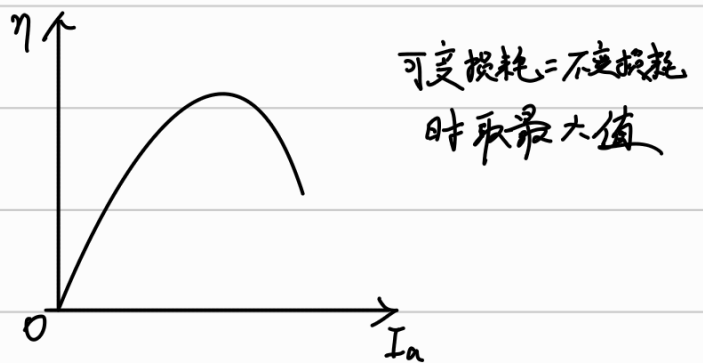


$$\begin{cases} E_a = C_e \phi n \\ U = E_a + I_a R_a \end{cases} \Rightarrow n = \frac{E}{C_e \phi} = \frac{U_a}{C_e \phi} - \frac{R_a}{C_e \phi} I_a$$

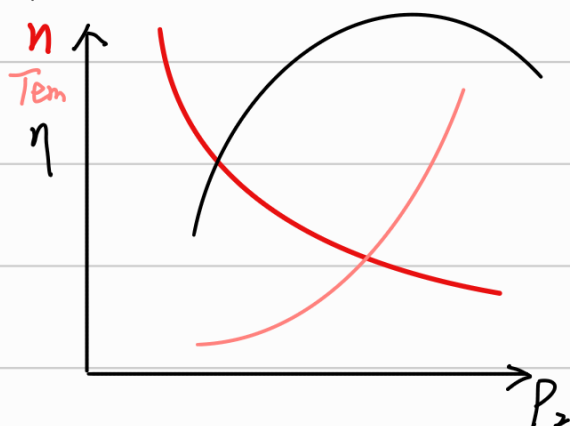
转矩特性



效率特性



串励电动机速率特性 (不允许空载运行, 避免飞车)



较大启动转矩和很强过载能力
适用电力机车牵引负载

复励电动机 (串励优点 + 避免空载飞车)

机械特性 ($n = f(T_{em})$)

并励 & 他励

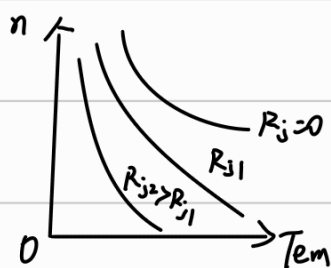
$$n = \frac{U - I_a(R_a + R_j)}{C_e \Phi} = \frac{U}{C_e \Phi} - \frac{R_a + R_j}{C_e C_T \Phi} T_{em}$$

$R_j = 0$ 自然机械特性 (硬)
 $R_j \neq 0$ 人工机械特性

改变电枢电阻
 电枢电压
 励磁电流 (磁通)

$R_j \uparrow \rightarrow n \uparrow$
 $U \uparrow \rightarrow$ 曲线上移
 $I_f \downarrow \rightarrow n \uparrow$ (磁通)

* 串励 (双曲线, 软)



电机传动系统稳定运行条件

① $T_{em} = T_L$ ② $\frac{dT_{em}}{dn} < \frac{dT_L}{dn}$

直流电动机启动

直接启动
 电枢串电阻启动
 降压启动

启动电流 $I_{st} < 1.5 \sim 2 I_N$

启动转矩 $T_{st} > 1.1 T_L$

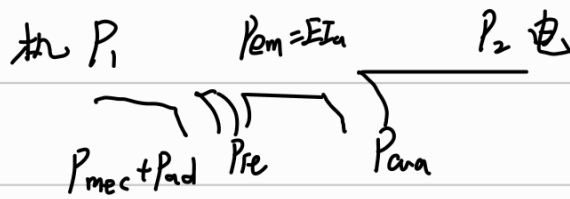
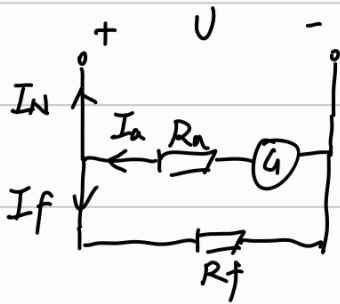
直流电动机调速 ($n = \frac{U}{C_e \Phi}$)

- ① 电枢回路串电阻 (有级调速)
- ② 改变励磁电流调速 (无极调速)
- ③ 改变端电压调速

直流电动机制动

- ① 能耗制动
- ② 反接制动
- ③ 回馈制动

直流发电机基本特性



① $E_a = U + I_a R_a$

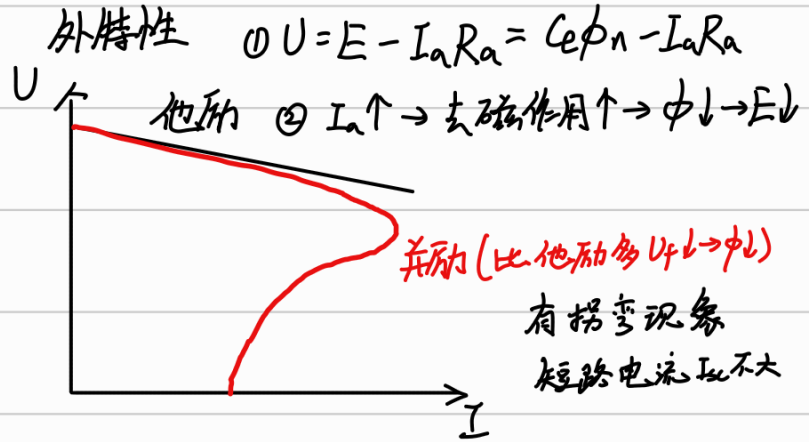
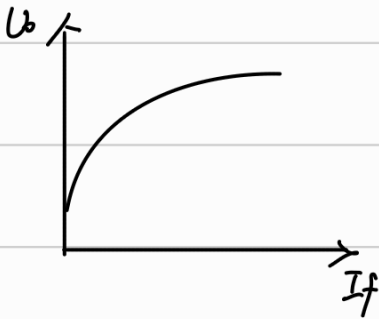
② $I_a = I_N + I_f$

转矩平衡方程

$T_1 = T_{em} + T_0$

工作特性

空载特性

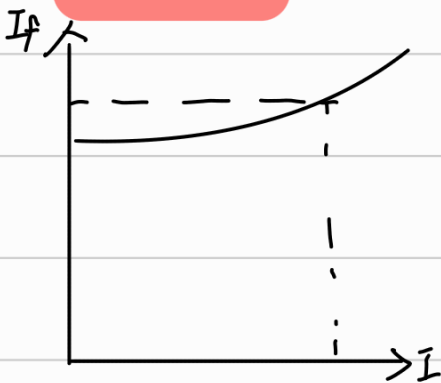


电压调整率

$U_R = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \times 100\%$

效率特性 (不变 = 可变时最大)

调节特性



$U = C_e \phi n - I_a R_a$
 不变 $\leftarrow$ I_f

• 自励条件

- 一般额定转速
- 铁芯中有剩磁存在 改变转向 剩磁也反向
- 励磁磁动势与剩磁

方向相同

励磁回路总电阻 不变

小于临界电阻

$n \uparrow, R_d \downarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{高速能自励} \\ \text{低速不能} \end{array} \right.$

并励发电机自励的三个条件