

作业1

作者：Costannt

完成时间：2025年9月30日

1. 直流电机在额定励磁状态下，为什么可以采用弱磁调速，而不采用增磁调速？

答：直流电机在额定电流时磁路接近饱和，增大磁通 ϕ 是比较困难的。因此一般选择减少磁通 ϕ 。

2. 电动机和被它驱动的负载一起构成一个电力拖动系统。拖动系统的稳定性是指，由于某种扰动（如电源电压波动，负载转矩波动等）引起拖动系统的转速发生变化，当扰动消失后，系统能否回复到原先的运行点持续运行。若能复原，则系统在该点运行是稳定的；若不能复原而引起“飞车”或停转，则为不稳定。结合电动机的机械特性曲线，说明系统在某点能够稳定运行的条件为

$$\frac{dT_e}{dn} - \frac{dT_L}{dn} < 0$$

若

$$\frac{dT_e}{dn} - \frac{dT_L}{dn} > 0$$

则该点是不稳定的。

[说明]：

参考教材给出的机械特性曲线：

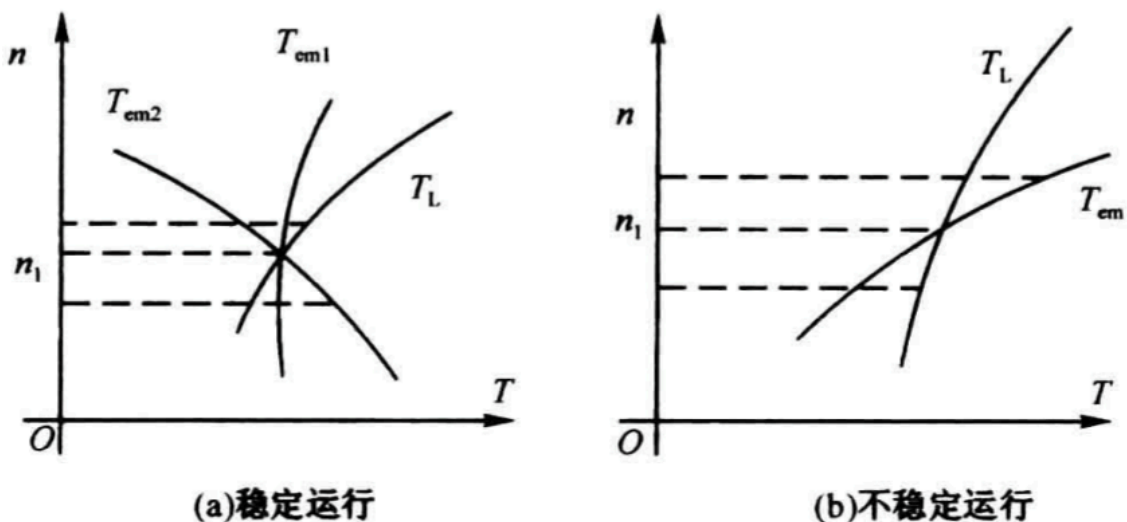


图 1 - 37 电机-负载稳定运行的条件

可以看出，要使电机转速发生波动时，能够返回到工作点。转速的变化可分两种情况分析：

- ①转速增加。

此时希望由于转速的增加，电磁转矩的增量小于负载转矩的增量，使得合力矩小于0，进而使转速减少到原工作点上。

- ②转速减少。

此时希望由于转速的减少，电磁转矩的增量大于负载转矩的增量，使得合力矩大于0，进而使转速增加到原工作点上。

记电磁转矩 T_{em} ，负载转矩 T_L ，则可用数学语言描述如下：

$$\underbrace{\frac{dT_{em}}{dn} - \frac{dT_L}{dn}}_{\text{转速增加}} = - \underbrace{\left[\frac{dT_{em}}{d(-n)} - \frac{dT_L}{d(-n)} \right]}_{\text{转速减少}} < 0$$

其证明见下。

[证明]：

记电磁转矩 T_{em} ，负载转矩 T_L ，记负载等效转动惯量为 J ，机械阻尼为 B 。

列写力矩平衡方程：

$$T_{em} - T_L = J \frac{dn}{dt} + Bn \quad (1)$$

设系统工作点位于 n_0 ，扰动为 Δn ，写出增量方程式：

$$\begin{aligned} T_{em}(n) &\approx T_{em}(n_0) + \frac{dT_{em}}{dn} \Delta n \\ T_L(n) &\approx T_L(n_0) + \frac{dT_L}{dn} \Delta n \end{aligned}$$

代入(1)：

$$\left[T_{em}(n_0) + \frac{dT_{em}}{dn} \Delta n \right] - \left[T_L(n_0) + \frac{dT_L}{dn} \Delta n \right] = J \frac{d\Delta n}{dt} + B(n_0 + \Delta n) \quad (2)$$

在 n_0 处，有：

$$T_{em}(n_0) - T_L(n_0) = Bn_0$$

代入(2)，有：

$$\left(\frac{dT_{em}}{dn} - \frac{dT_L}{dn}\right)\Delta n = J \frac{d\Delta n}{dt} + B\Delta n \quad (3)$$

这是一个一阶常系数齐次微分方程。为了方便，记 $K = \frac{dT_{em}}{dn} - \frac{dT_L}{dn}$ ，整理(3)可得其特征方程：

$$Js + B - K = 0 \quad (4)$$

有唯一特征根：

$$s_0 = \frac{K - B}{J}$$

要使系统稳定，应使 $s_0 < 0$ ，即：

$$\begin{aligned} K - B &< 0 \\ \frac{dT_{em}}{dn} - \frac{dT_L}{dn} &< B \end{aligned}$$

若机械阻尼系数 $B = 0$ ，则系统稳定性变差，稳定性条件退化为：

$$\frac{dT_{em}}{dn} - \frac{dT_L}{dn} < 0$$

问题得证。