



电机与拖动**课件**之三

直流电机 电力拖动

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



章节目录

2.1 电力拖动系统的运动方程和负载转矩特性

2.2 他励直流电动机的机械特性

2.3 他励直流电动机的起动

2.4 他励直流电动机的制动

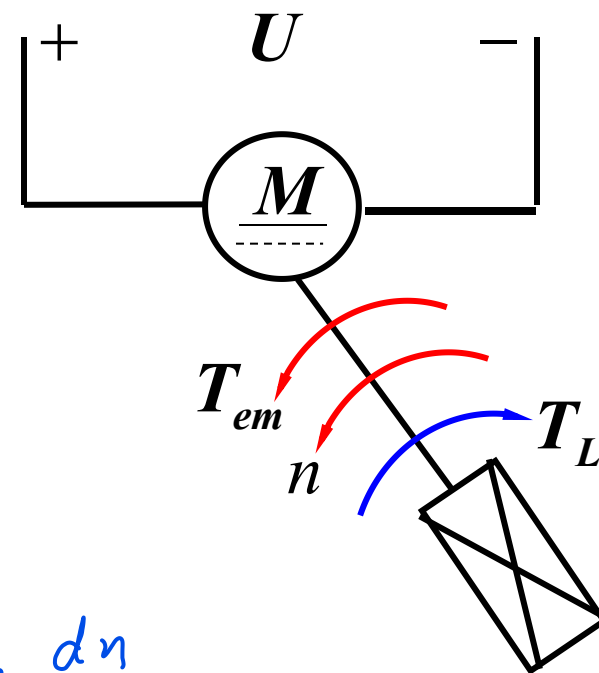
2.5 他励直流电动机的调速

2.6 串励直流电动机的电力拖动

一、运动方程式

电力拖动系统运动方程式描述了系统的**运动状态**，系统的运动状态取决于作用在**原动机转轴上的各种转矩**。

根据如图给出的系统（忽略空载转矩），可写出拖动系统的运动方程式：



$$T_{em} - T_L = J \frac{d\Omega}{dt}$$

T_{em} (拖动转矩, N.m)
 T_L (负载转矩, N.m)
 J (转动惯量, kg.m²)
 $\frac{d\Omega}{dt}$ (角加速度, rad/s²)

$$F = \sum ma = \sum m \frac{dv}{dt}$$

$$T_{\text{合}} = J \cdot \frac{d\Omega}{dt} = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$$

用飞轮惯量或飞轮矩 GD^2 表示系统惯量: $GD^2 = 4gJ$

G: 系统转动部分的重量 (N)

D: 系统转动部分的惯性直径 (m)

g: 重力加速度 ($g=9.8\text{m/s}^2$)

$$J = M \rho^2 = \frac{G}{g} \left(\frac{D}{2} \right)^2 = \frac{GD^2}{4g}$$



一、运动方程式

$$\Omega = \frac{2\pi n}{60}$$

运动方程的实用形式: $T_{em} - T_L = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$

系统旋转运动的三种状态

- 1) 当 $T_{em} = T_L$ 或 $\frac{dn}{dt} = 0$ 时, 系统处于静止或恒转速运行状态, 即处于稳态。
- 2) 当 $T_{em} > T_L$ 或 $\frac{dn}{dt} > 0$ 时, 系统处于加速运行状态, 即处于动态。
- 3) 当 $T_{em} < T_L$ 或 $\frac{dn}{dt} < 0$ 时, 系统处于减速运行状态, 即处于动态。

常把 $\frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$ 或 $(T_{em} - T_L)$ 称为动负载转矩, 把 T_L 称为静负载转矩。



二、运动方程式中转矩正、负号的规定

首先确定电动机处于电动状态时的旋转方向为转速的正方向，然后规定：

(1) 电磁转矩 T_{em} 与转速 n 的正方向相同时为正，相反时为负。

(2) 负载转矩 T_L 与转速 n 的正方向相同时为负，相反时为正。表现一种阻碍作用

(3) 惯性转矩 $\frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$ 的大小和正负号由 T_{em} 和 T_L 的代数和决定。



生产机械的负载转矩特性：负载转矩 T_L 和 n 的关系。

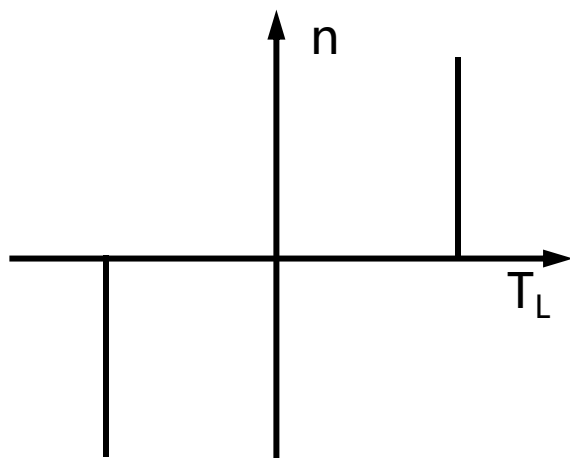
一、恒转矩负载特性



负载转矩 T_L 与转速 n 无关，无论 n 如何变化，始终为常数，即 $T_L = C$ 。恒转矩负载分为反抗性恒转矩负载和位能性恒转矩负载。

1. 反抗性恒转矩负载（摩擦类负载）

大小恒定

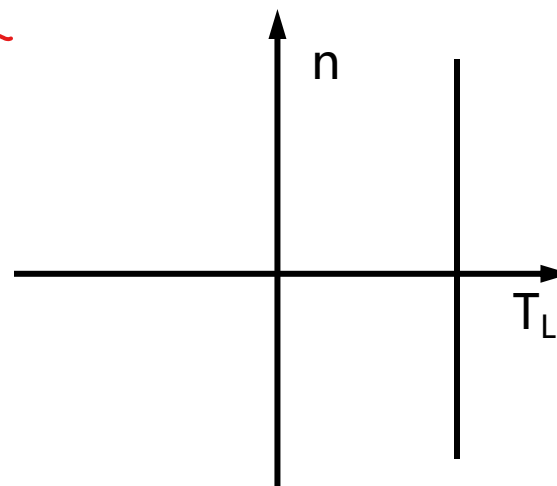


负载转矩作用的方向总是与运动方向相反，即总是阻碍运动的制动性质转矩。

和摩擦力与运动方向类似

2. 位能性恒转矩负载

重力总是竖直向下



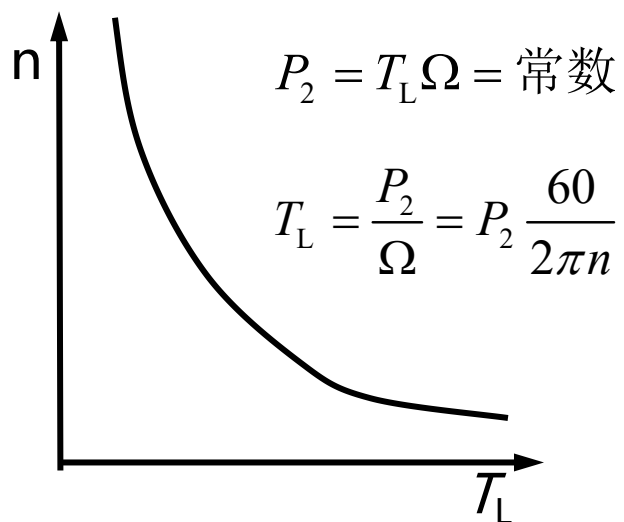
负载转矩的大小和方向恒定不变（提升机带重物升降运动）



二、恒功率负载特性



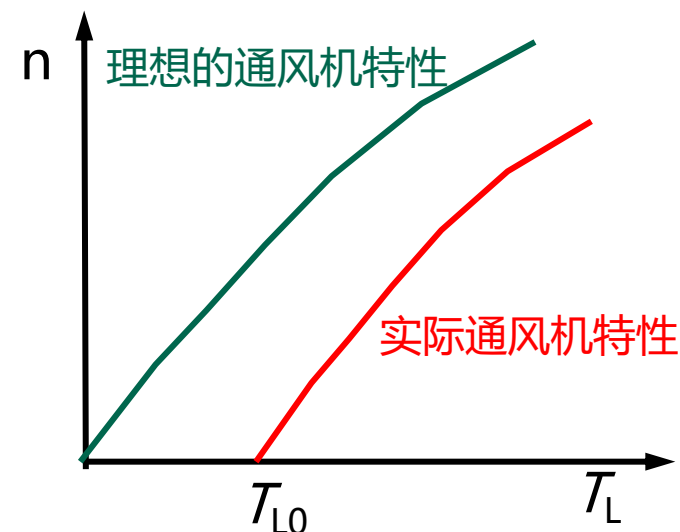
当转速 n 变化时，负载从电动机轴上吸收的功率基本不变。负载从电动机吸收的功率就是电动机轴上输出的功率 P_2 。



三、泵与风机类负载特性 (3部性)

负载转矩的大小与转速的平方成正比，如水泵、油泵、通风机和螺旋桨等。

$$T_L = K n^2$$



小结

1、运动方程

方程 $T_{em} - T_L = J \frac{d\Omega}{dt}$

$$J = M\rho^2 = \frac{G}{g}\left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{GD^2}{4g} \quad \Omega = \frac{2\pi n}{60}$$

三种状态：稳态，加速，减速

正方向

(1) 电磁转矩 T_{em} 与转速 n 的正方向相同时为正，相反时为负。

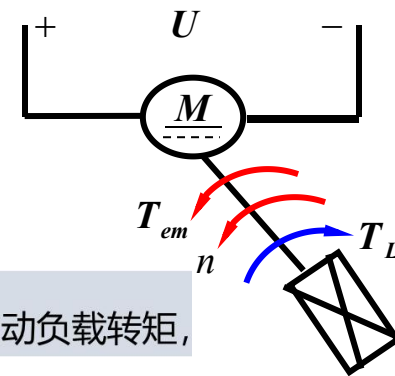
(2) 负载转矩 T_L 与转速 n 的正方向相同时为负，相反时为正。

(3) 惯性转矩 $\frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$ 的大小和正负号由 T_{em} 和 T_L 的代数和决定。

$$T_{em} - T_L = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$$

$\frac{GD^2}{375} \cdot \frac{dn}{dt}$ 或 $(T_{em} - T_L)$ 称为动负载转矩，

T_L 称为静负载转矩。

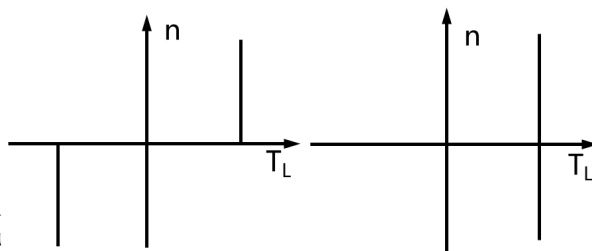


2、负载转矩

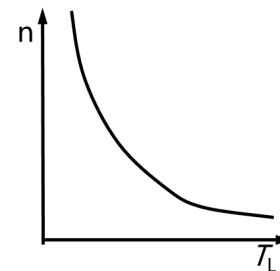
(1) 恒转矩负载

(2) 恒功率负载

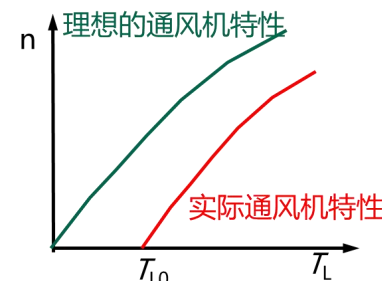
(3) 泵与风机类负载



恒转矩负载



恒功率负载



泵与风机类负载