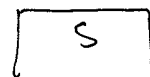
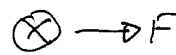


题目	直流发电机的工作原理及特性 (第2次课)
教学目标	
	<div> <div> ① 电机的工作原理 ② 直流电机的机械特性 ③ 直流电机的启动特性 ④ 直流电机的制动特性 </div> <div> } 完全掌握, 会分析. </div> </div>
教学重点, 难点和关键点:	
	① 直流电机的结构特点与其工作原理之间的联系. ② 直流电动机的四种励磁方法. ③ 如何理解电动机的机械特性? ④ 如何理解直流电动机的启动特性和制动特性.
教学流程	
	<p>教学分析:</p> <p>① 一切从 <u>直流电机的结构</u> 和 <u>工作原理</u> 出发!</p> <p>公式1: $E = k_e \Phi n$</p> <p>公式2: $T = k_t \Phi I_a$</p> <p>上述两个公式中的几个变量: Φ, I_a 等是后面分析机械特性的关键.</p> <p>② 教材在介绍直流电机时按照直流发电机和直流电动机两者分别分析. 个人认为直流发电机的介绍无用. 因此考虑授课时略去相关内容.</p>

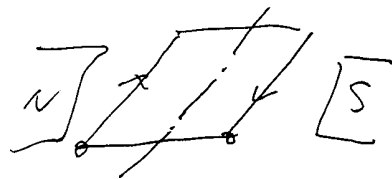
教学模块:

模块(1): 直流电机的工作原理:

- ① 从带电导体切割磁力线说起
(右手定则)



- ② 从导体演变成线圈?
最终线圈会在 ^{力的作用下} ~~导体停止~~ 时
停止下来。(由于损耗)



- ③ 为了使运动持续, 必须及时换向。所以在直流电动机中有一个很重要的部件: 电刷和换向器。它们的作用就是及时的改变线圈中的电流方向。

- ④ 分析直流电机电刷之间的电动势

$$E = k_e \Phi n \quad (\text{即电动势和磁通量以及转速有关})$$

电机输出的转矩为

$$T = k_t \Phi I_a \quad (\text{即产生的转矩和磁通量和(电枢)电流有关})$$

需要明确的是:

无论是发电机还是电动机, 都同时存在着上述电动势和

电枢力矩, 只不过在不同方式下所起的作用不同而已。

- ⑤ 那么, 有个问题, 磁通从何而来?

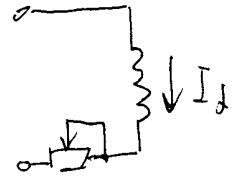
Φ ? (励磁方法)

模块二：直流电机的励磁方法

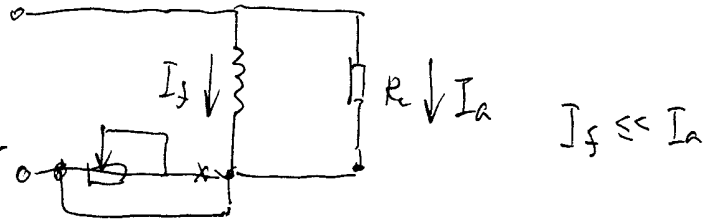
① 四种励磁方法：他励、并励、串励、复励。

② 他励：励磁电流由单独的电源提供。

③ 并励：励磁绕组与电枢绕组并联。



对于发电机而言，工作电压建立条件包括：①剩磁，②磁场方向相同 ③ R_f

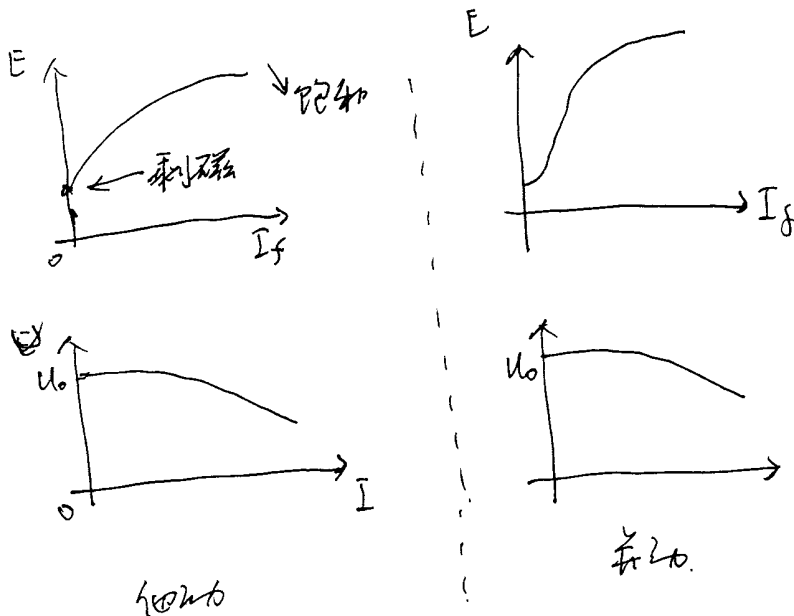


④ 什么是空载特性？

当发电机空载以及转速为额定转速时，电动势 E 与励磁电流 I_f 之间的关系称为空载特性曲线。

什么是外特性？

发电机端电压 U 与负载电流 I 之间的关系为发电机的外特性。



模块(3). 直流电机的机械特性.

① 什么是机械特性? (转速与转矩之间的关系)

② 理论分析.

$$U = E + I_a R_a$$

$$\text{而 } E = k_e \Phi n$$

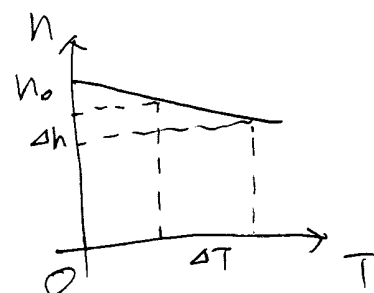
$$\therefore U = k_e \Phi n + I_a R_a \Rightarrow n = \frac{U - I_a R_a}{k_e \Phi} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \text{又 } T = k_t \Phi I_a \end{array} \right\} \Rightarrow n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{T R_a}{k_t \Phi^2 k_e}$$

③ 机械特性中硬度的概念

$$\beta = \frac{\Delta T}{\Delta n} \times 100\%$$

β 越大, 曲线越平.

绝对硬
硬特性 $\beta > 10$
软特性 $\beta < 10$



④ 固有机械特性和人为机械特性

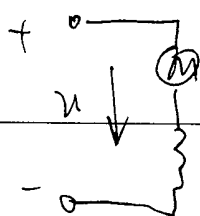
固有机械特性反映电机的本质特性.

人为机械特性. 当公式中某些参数对系统机械特性的影响

- 调电枢电阻 \rightarrow 导致 β 变化, β 越大, 机械特性越软
- 调电压 $U \rightarrow$ 改变空载转速
- 调磁通 $\Phi \rightarrow \Phi \downarrow, n_0 \uparrow, \Delta n \uparrow$.

所谓“飞车”!

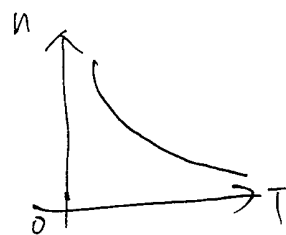
⑤ 关于串励电动机的机械特性



$$T = k_t \Phi I_a = k_t \Phi \cdot \frac{\Phi}{C} = k_t \Phi^2 / C$$

$$\therefore n = \frac{U_n}{C_1 \sqrt{T}} - \frac{R_a}{C_2}$$

不允许空载启动



模块(4). 直流他励电机的启动特性.

① 直流电机不允许直接启动. 启动时必须限流

—— 降压启动

—— 外接电阻 (分档. 考虑启动平稳性)

模块(5). 直流他励电机的调速特性

✓ 调速 → 改变电机稳定转速的方法

→ 人为改变机械特性

→ 不同于负载调速带来的转速变化

✓ 原理:

$$n = \frac{U}{k_e \Phi} - \frac{R_a + R_{ad}}{k_e k_m \Phi^2} T$$

调速的三种途径:

$\left\{ \begin{array}{l} R_{ad} \\ U \\ \Phi \end{array} \right.$

模块(6). 制动特性.

—— 什么是制动? $\left\{ \begin{array}{l} \text{稳定的制动状态} \\ \text{过渡的制动状态} \end{array} \right.$

—— 制动时电机处于发电机状态

—— 三种制动形式 $\left\{ \begin{array}{l} \text{回馈制动} \\ \text{反接制动} \\ \text{能耗制动} \end{array} \right.$