



电机与拖动**课件**之七

# 同步电机及同步电动机 的电力拖动

胡梦月、韩谷静

纺大电子电气



# 章节目录

6.1 同步电机的基本工作原理与结构

**6.2 同步发电机的空载运行**

6.3 同步发电机的电枢反应

6.4 同步发电机的负载运行

6.5 同步发电机的并联运行

6.6 同步电动机和同步调相机

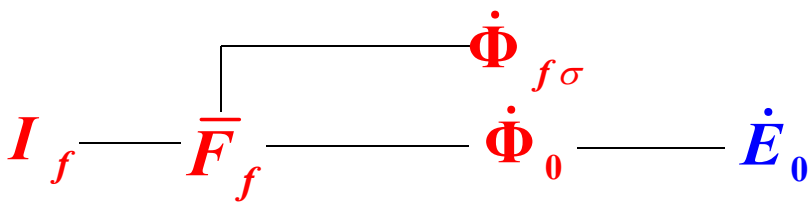
6.7 同步电动机的电力拖动

➤ 同步发电机被原动机拖动到同步转速，励磁绕组中通入直流电流 $I_f$ ，定子绕组开路的运行称为空载运行。

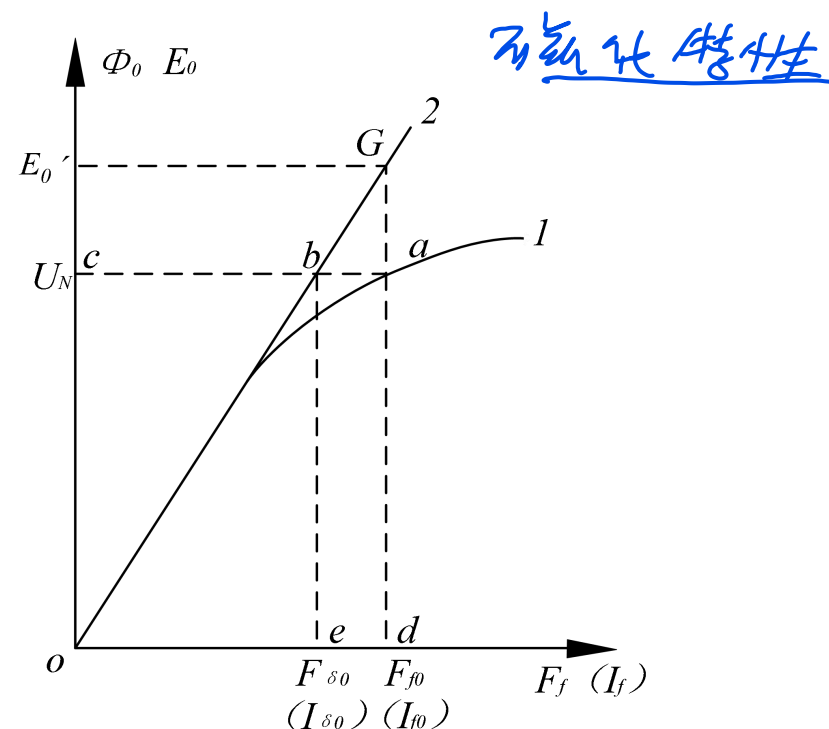
## 1、空载特性

改变转子的励磁电流 $I_f$ ，就可以相应地改变主磁通 $\Phi_0$ 和空载电动势 $E_0$ ， $E_0$ 与 $I_f$ 的关系称为同步发电机的空载特性 $E_0 = f(I_f)$ 。

空载电动势 $E_0$ 大小：
$$E_0 = 4.44 f N_1 k_{w1} \Phi_0$$



故空载特性的实质上就是电机的磁化曲线 $\Phi_0 = f(I_f)$



1-空载特性；2-气隙线

铁磁材料  
的饱和特性



## 2、气隙线

当 $\Phi_0$ 较小时

- 磁路处于不饱和状态；
- 可认为绝大部分磁动势消耗在气隙中，空载特性近似为直线；
- 该直线部分的延长线OG称为气隙线。

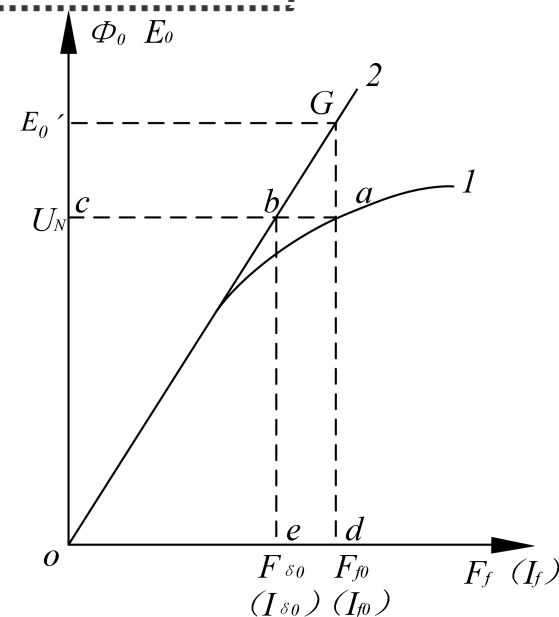
当 $\Phi_0$ 逐渐增大

- 铁心所消耗的磁压降不能忽略，空载特性逐渐弯曲。

## 3、额定空载磁动势

为充分利用铁磁材料，通常把电机的额定电压点设计在磁化曲线的弯曲处，如a点；

- 此时的磁动势称为**额定空载磁动势** $F_{f0}$ 。
- 线段 $ab$ 表示消耗在铁心部分的磁动势；
- 线段 $bc$ 表示消耗在气隙部分的磁动势 $F_{\delta 0}$ 。



1-空载特性；2-气隙线

2024年2月27日星期二



#### 4、饱和系数

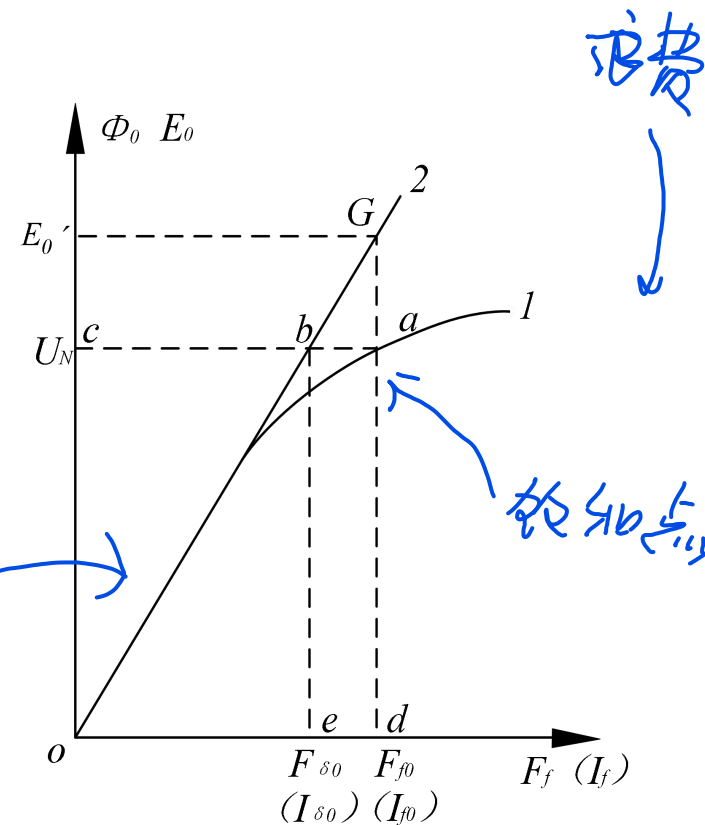
$F_{f0}$ 与 $F_{\delta 0}$ 之比，反映电机磁路的饱和程度。

$$k_{\mu} = \frac{F_{f0}}{F_{\delta 0}} = \frac{\overline{ac}}{\overline{bc}} = \frac{\overline{dG}}{\overline{da}} = \frac{E'_0}{U_N}$$

$E'_0$ 表示磁路不饱和时，对应于励磁磁动势 $F_{f0}$ 的空载电动势。通常，同步电机的饱和系数为1.1-1.25。

#### 5、标准的空载特性曲线

不同的电机用标么值给出的空载特性曲线都相差不大，故可认为有一条标准的空载特性曲线存在。该曲线用来比较不同的磁路饱和情况。



空间分布函数：磁动势 $F$ 、磁感应强度 $B$ 。

空间矢量

时间相量

时间分布函数：磁通 $\Phi_0$ 、导体电动势 $E$ 。

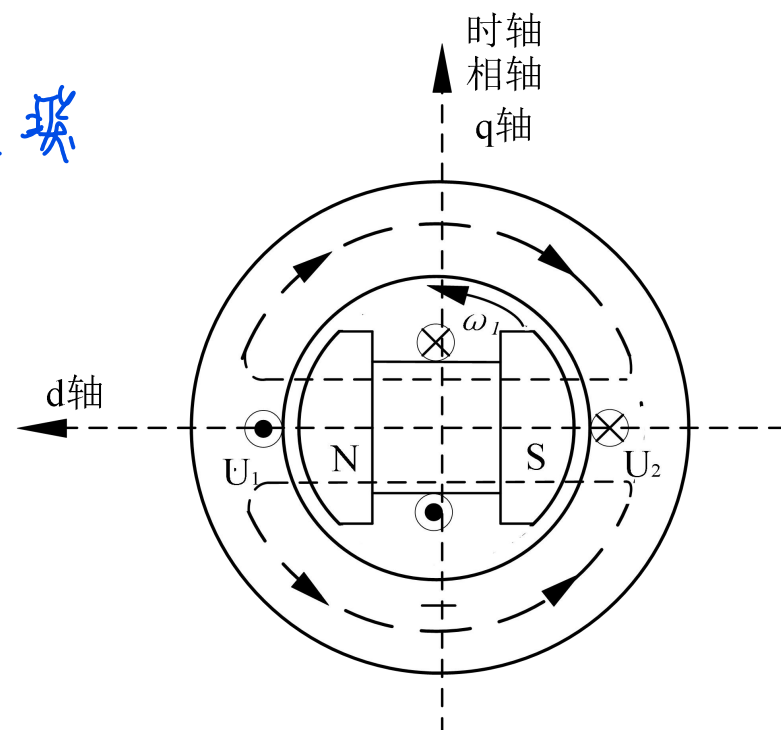
( $F, B$ )

( $E, \Phi_0$ )

二者具有相同的变化频率，可以将二者画在同一坐标平面上，简称为时-空矢量图。

通过 $\Phi_0$ 关联

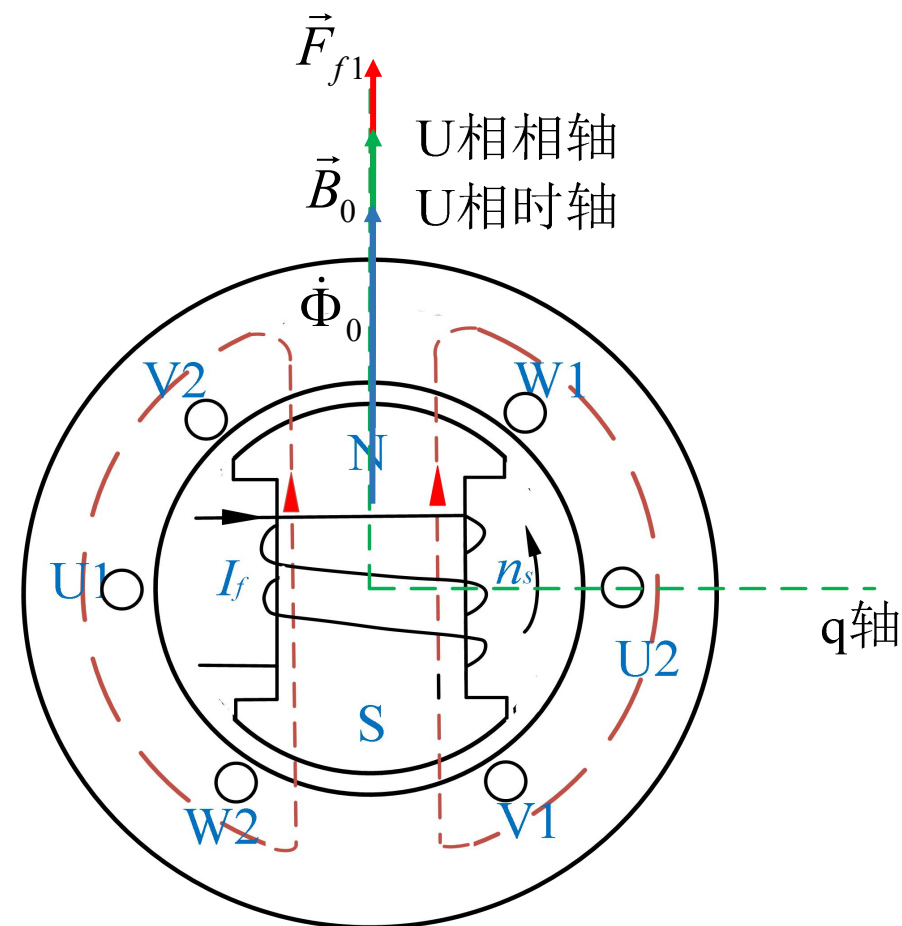
- (1) 相绕组轴线作为空间矢量参考轴（简称**相轴**）；
- (2) 定子各相的时间相量参考轴（简称**时轴**）与空间相量参考轴重合；
- (3) 转子绕组轴线（磁极的轴线）称为**直轴**，用 $d$ 表示；
- (4) 两磁极之间的中垂线，垂直于磁极轴线，称为**交轴**，用 $q$ 表示。



旧定参考点  
找一个参考点

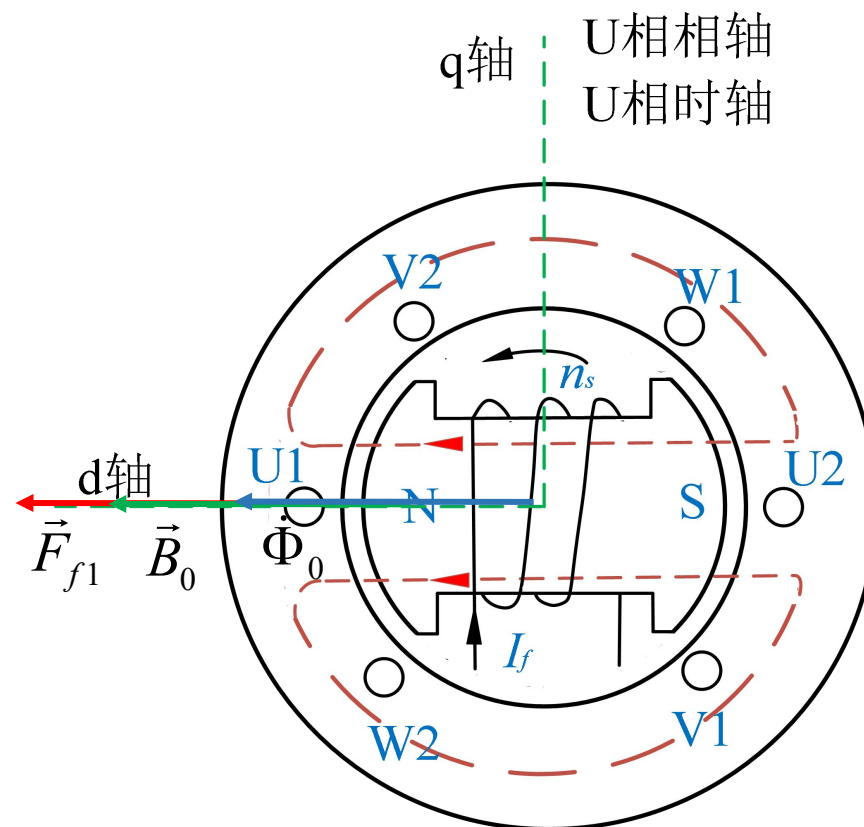
### 三个重合关系

- 时轴与相轴重合;
- $F_{f1}$  和  $B_{f1}$  重合;
- 时间相量  $\Phi_0$  和  $B_{f1}$  重合。

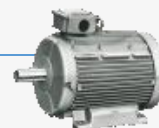
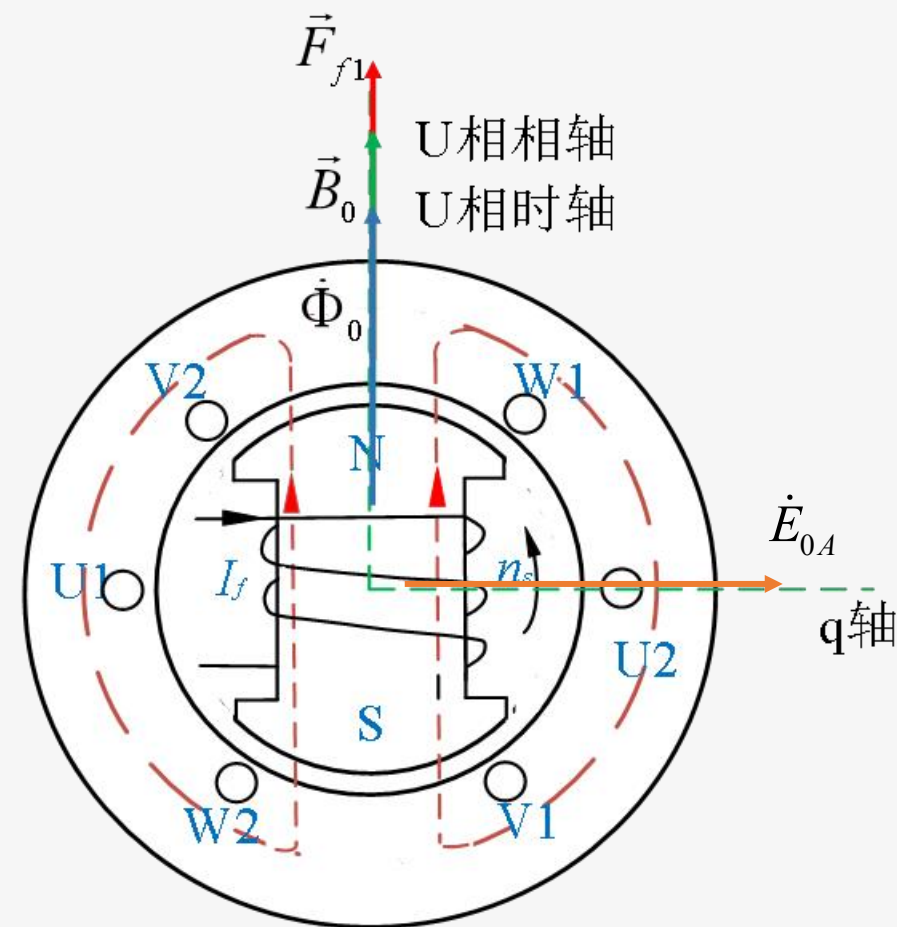
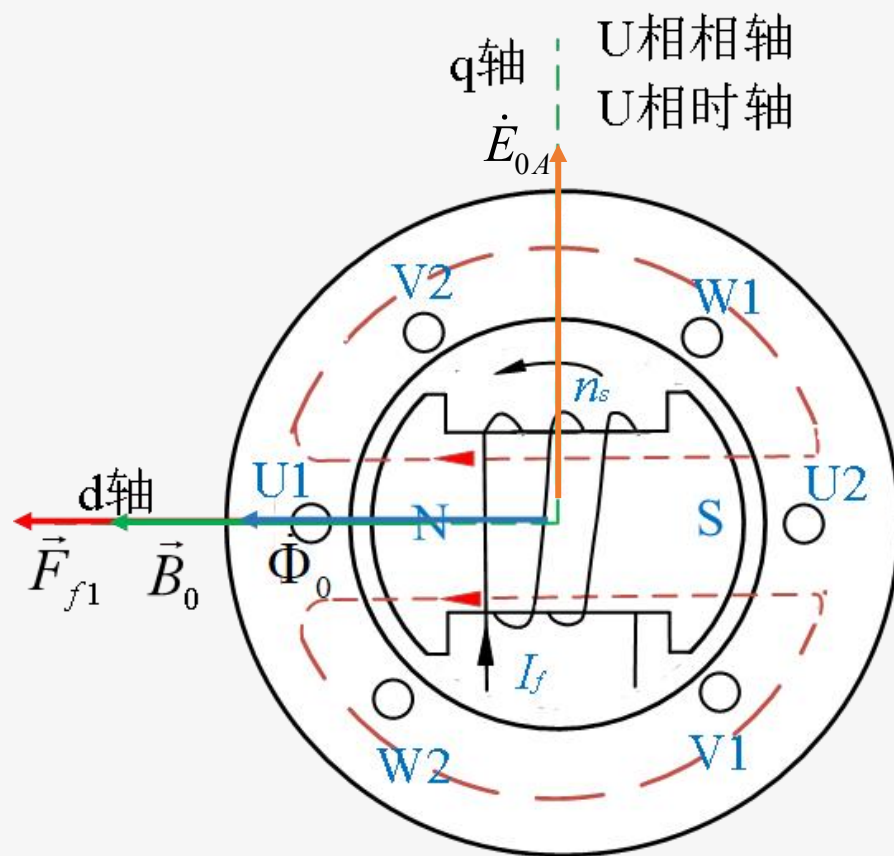


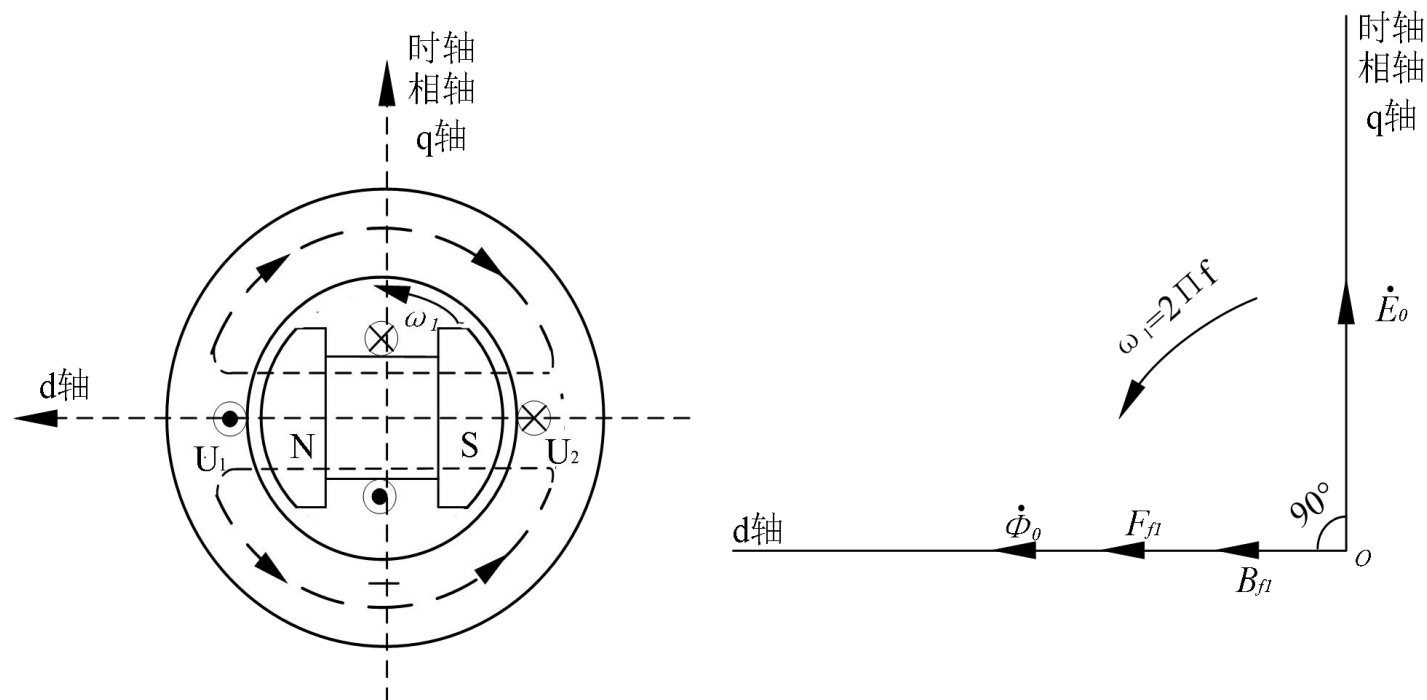
## 三个重合关系

- 时轴与相轴重合;
- $F_{f1}$ 和 $B_{f1}$ 重合;
- 时间相量 $\Phi_0$ 和 $B_{f1}$ 重合。









### 相角的意义

- 时间相量图中各电动势、电压、电流、磁通量之间的相角有明确的物理意义；
- 空间矢量图中磁动势、磁感应强度之间的相角也有明确的物理意义；
- 但时-空矢量图上的时间相量与空间矢量之间的“相角”没有任何物理意义；
- 时间相量图中的物理量和空间矢量图中的物理量是相关联的，通过磁通关联。



# 小结

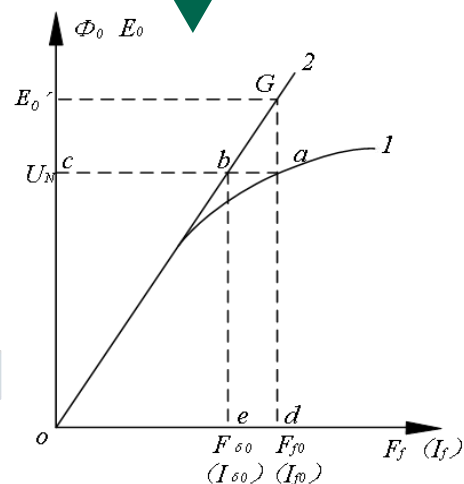
空载运行

1、空载特性

空载电动势 $E_0$ 大小:  $E_0 = 4.44 f N_1 k_{w1} \Phi_0$

$I_f \rightarrow \vec{F}_f \rightarrow \dot{\Phi}_{f\sigma} \rightarrow \dot{\Phi}_0 \rightarrow \dot{E}_0$

故空载特性的实质上就是电机的磁化曲线 $\Phi_0 = f(I_f)$



1-空载特性; 2-气隙线

2、时-空矢量图

4个轴: 时轴、相轴、d轴、q轴

3个重合  
 { 时轴与相轴重合  
 { F<sub>f1</sub>与B<sub>0</sub>重合  
 { B<sub>0</sub>与Φ<sub>0</sub>重合

