

22-PSY

第三章异步电机课后作业题

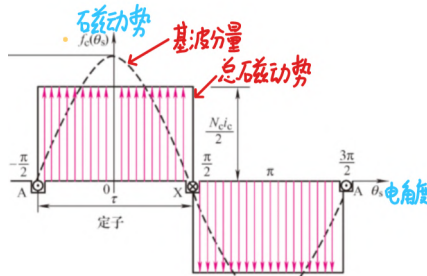
1. 单相绕组通入直流电，单相绕组通入交流电以及两相对称绕组通入两相对称交流电各形成什么磁场？它们的气隙磁通密度的基波在空间怎样分布？在时间上又怎么变化？（课后作业第1题）

石磁场在空间中不变化

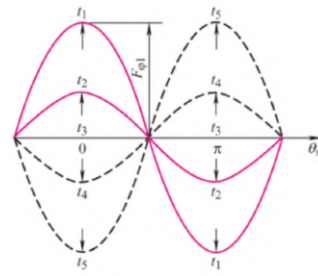
① 单相绕组通入直流电。单相集中绕组 矩形恒定石磁场；单相分布式绕组 阶梯波恒定石磁场
气隙石磁通密度不随时间变化

② 单相绕组通入交流电 $i_c = \sqrt{2} I_c \cos \omega t$ ，产生脉振石磁场，气隙石磁通密度为矩形波
基波磁势为 $f_1(\theta_s, t) = F_{p1} \cos \theta_s \cos \omega t$, $F_{p1} = 0.99 N_c I_c k_b$
空间分布为电角度 θ_s 的余弦函数，时间变化为电角度 ωt 的余弦函数

分布式绕组 阶梯波脉振石磁场



石磁动势沿气隙分布图



基波磁动势随时间、空间变化图

石磁场为行波

③ 两相对称绕组通入两相对称交流电，产生圆形旋转石磁场，
旋转石磁势的幅值不变，等于单相脉振石磁势基波的最大值

2. 当两相绕组匝数相等和不相等时，加在两相绕组上的电压及电流应符合怎样条件才能产生圆形旋转磁场？（课后作业第3题）

答：

当两相绕组匝数相等时，加在两相绕组上的电压及电流应符合以下条件才能产生圆形旋转磁场

- A. 相位差 90 度：两相的电流之间应该存在 90 度的相位差；
- B. 相同的振幅：两相的电流幅值应该相同；
- C. 频率一致：两相的电源频率应该一致，以保持同步运行。

当两相绕组匝数不等时，加在两相绕组上的电压及电流应符合以下条件才能产生圆形旋转磁场

- A. 相位差 90 度：两相的电压和电流之间应该存在 90 度的相位差；
- B. 振幅比例：每一相的匝数与电流的乘积是相等的； $2 I_1 N_1 = I_2 N_2$
- C. 频率一致：两相的电源频率应该一致，以保持同步运行。

3. 当电机的轴被卡住不动，定子绕组仍加额定电压，为什么电流会很大？电动机从启动到接近同步转速时，转子绕组电流的频率、电势及电抗会有什么变化？为什么会有这些变化？（课后作业第7题）

① 电机刚走已动或是卡死时， $s=1$ ，根据异步电机等效电路， $\frac{1-s}{s} r_2' = 0$ ，类似于变压器副边短路，定、转子电流都很大

② 电动机由启动到接近同步转速时， s 从 1 到接近 0，由 $f_2 = sf_1$ 知转子电流频率 f_2 逐步下降到很小，相应的电势 $E_2 = 4.44 f_2 W_k k_w k_m$ 也随着 s 的下降而降低，转子电抗同理也下降

4. 三相异步电动机转子从定子中取出后，给定子绕组短时加额定电压，定子电流如何变化？

答：三相异步电动机转子从定子中取出后，给定子绕组短时加额定电压，定子电流将远远超过额定电流。具体原因是：如果将转子从定子中取出，原来经过转子的磁路变成了空气隙，励磁电抗变得很小。从等效电路上看，在额定的电压下，为了保证产生足够平衡电压的反电动势，需要产生足够磁通的电流就大幅增加，远远超过额定电流。如果通电时间过长，将会烧坏电机绕组。

气隙越大石磁越小，励石磁电抗越小，在相同电压下产生相同大小石磁场所需的励石磁电流就会很大

22-PSP

一、两相电机中排布两相对称绕组 c 和 f ，其匝数都是 W ，分别通入两相对称电流，分别为 $i_c = \sqrt{2}I \sin \omega t$ ， $i_f = \sqrt{2}I \sin(\omega t - 90^\circ)$ 。证明电机合成的基波磁场是圆形旋转磁场。（提示 $2 \sin \alpha \cos \beta = \sin(\alpha + \beta) + \sin(\alpha - \beta)$ ）

做法：先写出一相的磁动势表达式 c 相 然后分解为正负向行波再叠加

解：单相脉振磁动势为 $f_c(\theta_s, t) = F_p \cos \theta_s \cos \omega t = \frac{1}{2} F_p \cos(\theta_s - \omega t) + \frac{1}{2} F_p \cos(\theta_s + \omega t)$

其中 $F_p = 0.9 \frac{N}{p} I_c k_b$ 是单相绕组基波磁动势的最大幅值

f 相 $f_f(\theta_s, t) = F_p \cos(\theta_s - 90^\circ) \cos(\omega t - 90^\circ) = \frac{1}{2} F_p \cos(\theta_s - \omega t) + \frac{1}{2} F_p \cos(\theta_s + \omega t - 180^\circ)$

合成磁场 $f = f_c(\theta_s, t) + f_f(\theta_s, t) = F_p \cos(\theta_s - \omega t)$ 为圆形旋转磁场

得证

指线电压

二、额定电压均是 380V，三角形接法的三相异步电机，甲电机额定功率 0.75kW，额定转速 715 转/分，额定功率下运行时，功率因数 0.85，效率 0.82；乙电机额定功率 3.7kW，额定转速 725 转/分，750W 下运行时，功率因数 0.72，效率 0.68。

问：1) 两台电机在额定转速时的转差率是多少？

2) 两台电机都在 750W 输出运行时，各自的线电流是多少？

3) 根据本题的数据，如何理解电机拖动中不要“大马拉小车”这句话？

解：1) 额定转速 $n_{N1} = 715 \text{ r/min}$ ， $n_{N2} = 725 \text{ r/min}$

工频为 50Hz，同步转速 $n_s = \frac{60f}{p} (\text{r/min})$

由于额定转速接近同步转速， $p=4$ ，代入得 $n_s = 750 \text{ r/min}$

转差率： $s_1 = \frac{n_s - n_{N1}}{n_s} = 0.047$ ， $s_2 = \frac{n_s - n_{N2}}{n_s} = 0.033$

(2) 由三相异步电机额定功率公式 $P_N = \sqrt{3} U_N I_N \eta_N \cos \phi_N$ 知

$$I_{N1} = \frac{P_N}{\sqrt{3} U_N \cos \phi_1 \eta_1} = \frac{750 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \text{ V} \times 0.85 \times 0.82} = 1.63 \text{ A}$$

$$I_{N2} = \frac{P_N}{\sqrt{3} U_N \cos \phi_2 \eta_2} = \frac{750 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 380 \text{ V} \times 0.72 \times 0.68} = 2.33 \text{ A}$$

(3) 对比甲乙两个异步电机，乙电机额定功率远大于甲电机，

当 $P=750\text{W}$ 时，乙电机处于轻载运行，效率与功率因数均较低。

需要的线电流更大，造成浪费

22-PP

三、有一台三相异步电动机，定子绕组三角形联接，极对数 $p=2$ ，额定工作频率 50Hz，额定转差率为 0.03，额定电压为 380V，额定电流为 10A，额定运行时的功率因数为 0.8，效率为 0.85。

- 1) 投入 50Hz 电网工作时，其同步转速是多少？额定转速是多少？
- 2) 在额定转速下，转子旋转磁场相对转子的转速和转子旋转磁场相对定子的转速分别是多少？
- 3) 额定转矩和额定功率？
- 4) 该电机接变频器以恒压频比的方式带动恒转矩负载工作，20Hz 工作时电机驱动电压是多少？

答：1) 该电动机的同步转速为

$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} \text{ r/min} = 1500 \text{ r/min}$$

电动机的额定转速为：

$$n_N = (1 - s_N) n_s = (1 - 0.03) \times 1500 \text{ r/min} = 1455 \text{ r/min}$$

$$2) \text{ 在额定转速下，转子电流频率 } f_{2,N} = s_N f_1 = 0.03 \times 50 = 1.5 \text{ Hz}$$

在额定转速下，转子旋转磁场相对转子的转速

$$n_2 = \frac{60f_{2,N}}{p} = \frac{60 \times 1.5}{2} \text{ r/min} = 45 \text{ r/min}$$

在额定转速下，转子旋转磁场相对定子的转速为

$$n_2 + n_N = (45 + 1455) \text{ r/min} = 1500 \text{ r/min}$$

3)

已知额定电压 $U_N = 380 \text{ V}$ ；额定电流 $I_N = 10 \text{ A}$ ；额定功率因数 $\cos \phi_N = 0.8$ ；

额定效率 $\eta_N = 0.85$ ，则额定功率：

$$P_N = \sqrt{3} U_N I_N \cos \phi_N \eta_N = \sqrt{3} \times 380 \times 10 \times 0.8 \times 0.85 \approx 4.475 \text{ kW}$$

额定输出转矩：

$$T_N = \frac{P_N}{\omega_N} = \frac{P_N}{\frac{2\pi}{60} n_N} = \frac{4475}{\frac{2\pi}{60} \times 1455} \text{ N}\cdot\text{m} \approx 29.4 \text{ N}\cdot\text{m}$$

4) 该电机接变频器以恒压频比的方式带动恒转矩负载工作，20Hz 工作时电机驱动电压：

根据电压与频率比例关系不变

$$\frac{U_{f=20}}{20} = \frac{U_{f=50}}{50} = \frac{380}{50}, \text{ 则 } U_{f=20} = \frac{380}{50} \times 20 = 152 \text{ V}$$