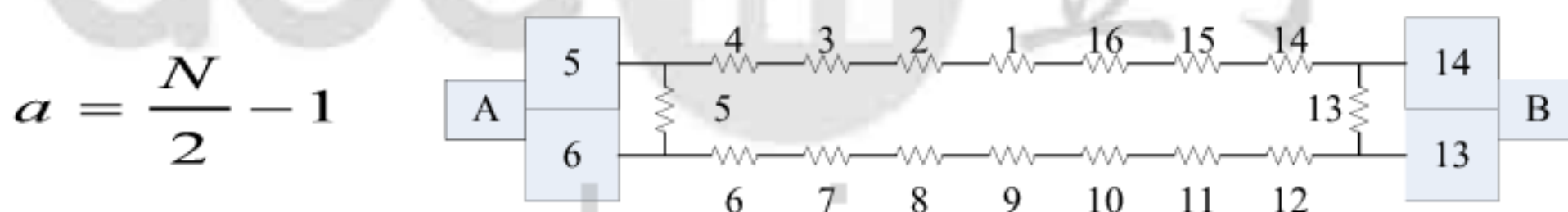


## 第二章

1. 为什么直流发电机电枢绕组元件的电势是交变电势而电刷电势是直流电势? P25
2. 如果图 2 - 1 中的电枢反时针方向旋转, 试问元件电势的方向和 A、B 电刷的极性如何? P7
3. 为了获得最大的直流电势, 电刷应放在什么位置? 为什么端部对称的鼓形绕组(见图 2 - 3)的电刷放在磁极轴线上? P9-10
4. 为什么直流测速机的转速不得超过规定的最高转速? 负载电阻不能小于给定值? P23
5. 如果电刷通过换向器所连接的导体不在几何中性线上, 而在偏离几何中性线  $\alpha$  角的直线上, 如图 2 - 29 所示, 试综合应用所学的知识, 分析在此情况下对测速机正、反转的输出特性的影响。(提示: 在图中作一辅助线。)正反向特性不一致。
6. 具有 16 个槽, 16 个换向片的两极直流发电机结构如图 2 - 30 所示。
  - (1) 试画出其绕组的完整连接图;
  - (2) 试画出图示时刻绕组的等值电路图;
  - (3) 若电枢沿顺时针方向旋转, 试在上两图中标出感应电势方向和电刷极性;
  - (4) 如果电刷不是位于磁极轴线上, 例如顺时针方向移动一个换向片的距离, 会出现什么问题?



### 第三章

1. 直流电动机的电磁转矩和电枢电流由什么决定？

答

电枢电流 $I_a$ 的表示式:

$$I_a = \frac{U_a - E_a}{R_a} = \frac{U_a - C_e \Phi n}{R_a}$$

直流电动机的电枢电流不仅取决于外加电压和本身的内阻，而且还取决于与转速成正比的反电势（当 $\Phi$ =常数时）

根据转矩平衡方程式，当负载转矩不变时，电磁转矩不变；加上励磁电流 $I_f$ 不变，磁通 $\Phi$ 不变，所以电枢电流 $I_a$ 也不变，直流电动机的电磁转矩和电枢电流由直流电动机的总阻转矩决定。

$$T = T_0 + T_L = T_s$$

$$I_a = \frac{T}{C_T \Phi} = \frac{T_s}{C_T \Phi}$$

2. 如果用直流发电机作为直流电动机的负载来测定电动机的特性(见图 3 - 33)，就会发现，当其他条件不变，而只是减小发电机负载电阻 $R_L$ 时，电动机的转速就下降。试问这是什么原因？

$$R_{L\text{发}} \downarrow \Rightarrow I_{a\text{发}} \uparrow \Rightarrow T_{1\text{发}} \uparrow \Rightarrow T_{2\text{电}} \uparrow \Rightarrow I_{2\text{电}} \uparrow \Rightarrow n \downarrow$$

3. 一台他励直流电动机，如果励磁电流和被拖动的负载转矩都不变，而仅仅提高电枢端电压，试问电枢电流、转速变化怎样？

答：最终电枢电流不变，转速升高

4. 已知一台直流电动机，其电枢额定电压 $U_a=110\text{ V}$ ，额定运行时的电枢电流 $I_a=0.4\text{ A}$ ，转速 $n=3600\text{ r/min}$ ，它的电枢电阻 $R_a=50\ \Omega$ ，空载阻转矩 $T_0=15\text{ mN}\cdot\text{m}$ 。试问该电动机额定负载转矩是多少？

$$E_a = U_a - I_a R_a = 110 - 0.4 \times 50 = 90(\text{V})$$

$$C_e \Phi = \frac{E_a}{n} = \frac{90}{3600} = \frac{1}{40}$$

$$C_T \Phi = \frac{60}{2\pi} C_e \Phi = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{1}{40} = \frac{3}{4\pi}$$

$$T = C_T \Phi I_a = \frac{3}{4\pi} \cdot 0.4 = \frac{3}{10\pi} \approx 96\text{ mN}\cdot\text{m}$$

$$T_L = T - T_0 = 96 - 15 = 81\text{ mN}\cdot\text{m}$$

5. 用一对完全相同的直流机组成电动机—发电机组，它们的励磁电压均为 $110\text{ V}$ ，电枢

电阻  $R_a=75\ \Omega$ 。已知当发电机不接负载，电动机电枢电压加  $110\text{ V}$  时，电动机的电枢电流为  $0.12\text{ A}$ ，绕组的转速为  $4500\text{ r/min}$ 。试问：

(1) 发电机空载时的电枢电压为多少伏？

(2) 电动机的电枢电压仍为  $110\text{ V}$ ，而发电机接上  $0.5\text{ k}\Omega$  的负载时，机组的转速  $n$  是多大(设空载阻转矩为恒值)？

(1) 发电机空载时：  $U_a = E_a$

因：  $E_{a\text{发}} = E_{a\text{电}}$

$$E_{a\text{电}} = U_a - I_a R_a = 110 - 0.12 \times 75 = 101(\text{V})$$

所以：  $U_a = 101(\text{V})$

(2) 发电机负载后，设电动机的电枢电流为  $I_{a\text{电}}$ ，发电机的电枢电流为  $I_{a\text{发}}$ ，

则根据发电机与电动机与外部联系的两个平衡方程式：  $E_{a\text{发}} = E_{a\text{电}}$ ，  $T_{\text{电}} = T_{\text{发}} + 2T_0$ ，

可得如下方程组：

$$\begin{aligned} U_{a\text{电}} - I_{a\text{电}} R_a &= I_{a\text{发}} \cdot (R_a + R_L) \\ C_T \phi I_{a\text{电}} &= C_T \phi I_{a\text{发}} + C_T \phi \cdot 0.12 \end{aligned}$$

代入数据：

$$\begin{aligned} 110 - I_{a\text{电}} \times 75 &= I_{a\text{发}} \times 575 \\ I_{a\text{电}} &= I_{a\text{发}} + 0.12 \end{aligned}$$

解之得：  $I_{a\text{发}} = 0.16(\text{A})$ ，  $I_{a\text{电}} = 0.28(\text{A})$

则：  $E_{a\text{电}} = U_a - I_{a\text{电}} R_a = 110 - 0.28 \times 75 = 89(\text{V})$

则：  $\frac{n_{\text{电}}}{E_{a\text{电空}}} = \frac{n_{\text{发}}}{E_{a\text{发空}}}$ ，  $n_{\text{发}} = \frac{n_{\text{电}} \cdot E_{a\text{发空}}}{E_{a\text{电空}}} = \frac{4500 \times 89}{101} = 3965(\text{r/min})$

6. 一台直流电动机，额定转速为  $3000\text{ r/min}$ 。如果电枢电压和励磁电压均为额定值，试问该电机是否允许在转速  $n=2500\text{ r/min}$  下长期运转？为什么？

答：不能，因为根据电压平衡方程式，若电枢电压和励磁电压均为额定值，转速小于额定转速的情况下，电动机的电枢电流必然大于额定电流，电动机的电枢电流长期大于额定电流，必将烧坏电动机的电枢绕组

7. 直流电动机在转轴卡死的情况下能否加电枢电压？如果加额定电压将会有何后果？

答：不能，因为电动机在转轴卡死的情况小，加额定的电枢电压，则电压将全部加载电枢绕组上，此时的电枢电流为堵转电流，堵转电流远远大于电枢绕组的额定电流，必将烧坏电动机的电枢绕组。

8. 并励电动机能否用改变电源电压极性的方法来改变电动机的转向？

答：不能，改变电动机的转向有两种方法：改变磁通的方向和改变电枢电流的方向，如果同时改变磁通的方向和电枢电流的方向，则电动机的转向不变。并励电动机若改变电源电压的极性，将同时改变磁通的方向和电枢电流的方向，则电动机的转向不变。

9. 当直流伺服电动机电枢电压、励磁电压不变时，如将负载转矩减少，试问此时电动机



的电枢电流、电磁转矩、转速将怎样变化？并说明由原来的稳态到达新的稳态的物理过程。

电枢电流  $I_a \downarrow$ ，电磁转矩  $T \downarrow$ ，转速  $n \uparrow$

$T_L \downarrow \xrightarrow{\text{(由于 } n \text{ 来不及变, } E_a \text{ 暂不变)}} I_a \uparrow \rightarrow T \uparrow \xrightarrow{\text{(由于 } T > T_L \text{, 电动机将加速)}} n \uparrow$   
 $\rightarrow E_a \uparrow \rightarrow I_a \downarrow \rightarrow T \downarrow \xrightarrow{\text{(当 } T = T_L \text{ 时达到稳定)}} n_2$

10. 请用电压平衡方程式解释直流电动机的机械特性为什么是一条下倾的曲线？为什么放大器内阻越大，机械特性就越软？

电动机的电压平衡方程式为： $U_a = E_a + I_a R_a = C_e \phi n + \frac{T}{C_T \phi} R_a$ ，在电动机的电枢

电压不变的情况下，转速增大，则电动机的电磁转矩必然减小，电磁转矩增大，则电动机的转速必然减小。所以，电动机的机械特性是一条下倾的曲线。放大器

的内阻越大，机械特性的斜率  $k = \frac{R_a + R_i}{C_e C_T \phi^2}$  将增大，所以机械特性就越软。

11. 直流伺服电动机在不带负载时，其调节特性有无死区？调节特性死区的大小与哪些因素有关？

有，因为即使电动机不带负载，电动机也有空载阻转矩，死区电压  $U_{a0} = \frac{T_L R_a}{C_T \phi}$  不

为零。调节特性死区的大小与电枢回路的电阻和总阻转矩有关。

12. 一台直流伺服电动机带动一恒转矩负载(负载阻转矩不变)，测得始动电压为 4 V，当电枢电压  $U_a=50$  V 时，其转速为 1500 r/min。若要求转速达到 3000 r/min，试问要加多大的电枢电压？

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{U_{a1} - U_{a0}}{U_{a2} - U_{a0}} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{代入数据：} \frac{50 - 4}{U_{a2} - 4} = \frac{1500}{3000}$$

$$\text{解之得：} U_{a2} = 96(\text{V})$$

13. 已知一台直流伺服电动机的电枢电压  $U_a=110$  V，空载电流  $I_{a0}=0.055$  A，空载转速  $n'_0=4600$  r/min，电枢电阻  $R_a=80$   $\Omega$ 。试求：

(1) 当电枢电压  $U_a=67.5$  V 时的理想空载转速  $n_0$  及堵转转矩  $T_d$ ；

(2) 该电机若用放大器控制，放大器内阻  $R_i=80$   $\Omega$ ，开路电压  $U_i=67.5$  V，求这时的理想空载转速  $n_0$  及堵转转矩  $T_d$ ；

(3) 当阻转矩  $T_L+T_0$  由  $30 \times 10^{-3}$  N·m 增至  $40 \times 10^{-3}$  N·m 时，试求上述两种情况下转速的变化  $\Delta n$ 。

$$(1) U_{a0} = I_{a0} R_a = 0.055 \times 80 = 4.4(V)$$

$$\frac{E_a}{n_0} = \frac{U_a}{n_0} \Rightarrow n_0 = \frac{U_a \cdot n_0}{E_a} = \frac{67.5 \times 4600}{110 - 4.4} \approx 2940(r/min)$$

$$T_d = C_T \phi \frac{U_a}{R_a} = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{E_a}{n_0} \cdot \frac{U_a}{R_a} = \frac{60 \times 105.6 \times 67.5}{2 \times 3.14 \times 4600 \times 80} \approx 185(mN \cdot m)$$

$$(2) n_0 = \frac{E_i}{C_e \phi} = \frac{67.5}{C_e \phi} \approx 2940(r/min)$$

$$T_d = C_T \phi \frac{U_a}{R_a + R_i} = 92.5(mN \cdot m)$$

$$(3) C_e \phi = \frac{E_a}{n} = \frac{110 - 4.4}{4600} \approx 0.023$$

$$C_T \phi = \frac{60}{2\pi} C_e \phi = \frac{60 \times 0.023}{2 \times 3.14} \approx 0.220$$

$$\Delta I_a = \frac{\Delta T}{C_T \phi} = \frac{0.01}{0.220} \approx 0.045$$

$$\textcircled{1} \Delta E_a = \Delta I_a R_a = 0.045 \times 80 = 3.6(V)$$

$$\Delta n = \frac{\Delta E_a}{C_e \phi} = \frac{3.6}{0.023} \approx 157(r/min)$$

$$\textcircled{2} \Delta E_a = \Delta I_a R_a = 0.045 \times 160 = 7.2(V)$$

$$\Delta n = \frac{\Delta E_a}{C_e \phi} = \frac{7.2}{0.023} \approx 313(r/min)$$

## 第五章

1. 各种自整角机的国内代号分别是什么? 自整角机的型号中各量含义是什么?

答: 常见自整角机的国内代号: 力矩式发送机: ZLF, 力矩式接收机: ZLJ, 控制式发送机: ZKF, 控制式变压器: ZKB, 差动发送机: ZCF, 差动接收机: ZCJ, 控制式差动发送机:

ZKC。型号中前两位数字(由左向右排列)表示机座号,中间三个字母表示产品名称代号,后两位数字表示性能参数序号。

2. 何为脉振磁场?它有何特点和性质?

答:脉振磁场:是一种空间位置固定而幅值在正负最大值之间变化的磁场。单相绕组,通入单相交流电时,便产生两极脉振磁场。单相基波脉振磁场的物理意义可归纳为如下两点:

- (1) 对某瞬时来说, 磁场的大小沿定子内圆周长方向作余弦分布;
- (2) 对气隙中某一点而言, 磁场的大小随时间作正弦变化。

3. 自整角变压器的转子绕组能否产生磁势? 如果能, 请说明有何性质?

答:若自整角变压器的转子绕组电路闭合,则会有输出电流产生,该电流也为单相正弦交流电,则该电流通过自整角变压器的转子绕组(单相绕组)必然产生两极脉振磁场。该磁场具备脉振磁场的两个性质:

- (1) 对某瞬时来说, 磁场的大小沿定子内圆周长方向作余弦分布;
- (2) 对气隙中某一点而言, 磁场的大小随时间作正弦变化。

4.说明 ZKF 的定子磁密的产生及特点。如果将控制式运行的自整角机中定子绕组三根引出线改接,例如图 5-19 中的  $D1$  和  $D'2$  联,  $D2$  和  $D'1$  联,而  $D3$  仍和  $D'3$  联接,其协调位置和失调角又如何分析?

答:控制式发送机的转子励磁绕组产生的励磁磁场气隙磁通密度在空间按余弦波分布,它在定子同步绕组中分别感应出时间相位相同、幅值与转角  $\theta_1$  有关的变压器电势,这些电势在 ZKF 的定子绕组中产生电流,形成磁场。其特点是:

- (1) 定子三相合成磁密相量和励磁绕组轴线重合,但和励磁磁场反向。
- (2) 故定子合成磁场也是一个脉振磁场。
- (3) 定子三相合成脉振磁场的幅值恒为一相磁密最大值的  $3/2$  倍,它的大小与转子相对定子的位置角  $\theta_1$  无关。

其协调位置将超前原位置  $120^\circ$ , 失调角  $\gamma = [30^\circ + (\theta_2 - \theta_1)]$

5.三台自整角机如图 5-34 接线。中间一台为力矩式差动接收机,左右两台为力矩式发送机,试问:当左、右边两台发送机分别转过  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  角度时,中间的接收机转子将转过的角度  $\theta$  和  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  之间是什么关系?

答:有图可知,  $\theta_1 < \theta_2$ , 他们都是顺时针方向旋转;所以  $\theta = \theta_2 - \theta_1$ , 则中间的接收机将顺时针转过  $\theta = \theta_2 - \theta_1$  的角度。

原、副边都补偿的正余弦旋转变压器

原边和副边都补偿时的正余弦旋转变压器如图 6-7 所示,此时其四个绕组全部用上,转子两个绕组接有外接阻抗  $Z_L$  和  $Z'$ ,允许  $Z_L$  有所改变。

和单独副边或单独原边补偿的两种方法比较,采用原、副边都补偿的方法,对消除输出特性畸变的效果更好。这是因为,单独副边补偿时补偿所用阻抗  $Z'$  的数值和旋转变压器所带的负载阻抗  $Z_L$  的值必须相等。对于变动的负载阻抗来说,这样不能实现完全补偿。

## 第六章

1.消除旋转变压器输出特性曲线畸变的方法是什么?

答:原边补偿和副边补偿。

2.正余弦旋转变压器副边全补偿的条件是什么?原边全补偿的条件又是什么?

答:副边全补偿的条件是:转子另一输出绕组接一个等于负载阻抗  $Z_L$  的阻抗;原边全补偿的条件是:定子交轴绕组外接阻抗  $Z$  等于励磁电源内阻抗  $Z_n$ 。



3.旋转变压器副方全补偿时只产生与转角如何(有关; 无关)的直轴磁场?而能否(不; 可以)产生交轴磁场, 其原因是什么?

答: 旋转变压器副方全补偿时只产生与转角有关的直轴磁场, 不产生交轴磁场, 其原因是: 对称绕组不产生交轴磁场或者说它们产生的交轴磁场相互抵消。

4.采用原方全补偿时, 旋转变压器在工作时交轴磁通在某绕组中感生电流, 该电流所产生的磁通对交轴磁通有什么作用?单独原边全补偿时, 负载阻抗改变将能否(不; 可以)影响其补偿程度, 即与负载阻抗值的改变是否有关?

答: 感生电流所产生的磁通对交轴磁通有去磁作用, 单独原边全补偿时, 负载阻抗改变不影响其补偿程度, 即与负载阻抗值的改变无关。

5.线性旋转变压器是如何从正余弦旋转变压器演变过来的?线性旋转变压器的转子绕组输出电压  $U_{R2}$  和转角  $\theta$  的关系式是什么?改进后的线性旋变, 当误差小于 0.1%时, 转角  $\theta$  的角度范围是什么?

答: 将正余弦旋转变压器的定子励磁绕组和转子余弦输出绕组串联, 并作为励磁的原边。定子交轴绕组短接作为原边补偿, 转子正弦输出绕组作为输出绕组, 即可将正余弦旋转变压器变为线性旋转变压器。线性旋转变压器的转子绕组输出电压  $U_{R2}$  和转角  $\theta$  的关系式是:

$$U_{R2} = \frac{k_u U_{f1} \sin \theta}{1 + k_u \cos \theta}$$

改进后的线性旋变, 当误差小于 0.1%时, 转角  $\theta$  的角度范围是  $\pm 60^\circ$ 。

7.感应移相器的主要特点是什么? 具备这些特点的原因是什么?

答: 感应移相器的主要特点是: 输出电压的相位与转子转角成线性关系, 而且其输出电压的幅值能保持恒定。原因是: 将旋转变压器接上移相电路构成感应移相器后, 其本身的参数和外接电路满足以下两个条件时:

其输出电压的相位与转子转角满足下面函数式

$$\left. \begin{aligned} R_{2R} &= X_{2R} \\ R + R_{2R} &= \frac{1}{\omega C} - R_{2R} \end{aligned} \right\}$$

$$\dot{U}_R = \frac{\dot{E}_R}{\sqrt{2}} e^{j(\theta - 45^\circ)}$$

## 第七章

1. 单相绕组通入直流电、交流电及两相绕组通入两相交流电各形成什么磁场? 它们的气隙磁通密度在空间怎样分布, 在时间上又怎样变化?

答: 单相绕组通入直流电会形成恒定的磁场, 单相绕组通入交流电会形成脉振磁场; 两相绕组通入两相交流电会形成脉振磁场或旋转磁场。恒定磁场在磁场内部是一个匀强磁

场,不随时间变化。脉振磁场的幅值位置不变,其振幅永远随时间交变;对某瞬时来说,磁场的大小沿定子内圆周长方向作余弦分布,对气隙中某一点而言,磁场的大小随时间作正弦变化。圆形旋转磁场的特点是:它的磁通密度在空间按正弦规律分布,其幅值不变并以恒定的速度在空间旋转。

2. 何为对称状态? 何为非对称状态? 交流伺服电动机在通常运行时是怎样的磁场? 两相绕组通上相位相同的交流电流能否形成旋转磁场?

答:一般地,当两相绕组产生圆形旋转磁场时,这时加在定子绕组上的电压分别定义为额定励磁电压和额定控制电压,并称两相交流伺服电动机处于对称状态。当两相绕组产生椭圆形旋转磁场时,称两相交流伺服电动机处于非对称状态。两相绕组通上相位相同的交流电流不能形成旋转磁场,只能形成脉振磁场

3. 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?

答:当两相绕组匝数相等时,加在两相绕组上的电压及电流值应相等才能产生圆形旋转磁场。当两相绕组有效匝数不等时,若要产生圆形旋转磁场,电流值应与绕组匝数成反比,电压值应与绕组匝数成正比。

4. 改变交流伺服电动机转向的方法有哪些? 为什么能改变?

答:把励磁与控制两相绕组中任意一相绕组上所加的电压反相(即相位改变  $180^\circ$ ),就可以改变旋转磁场的转向。因为旋转磁场的转向是从超前相的绕组轴线(此绕组中流有相位上超前的电流)转到落后相的绕组轴线,而超前的相位刚好为  $90^\circ$ 。

5. 什么叫作同步速? 如何决定? 假如电源频率为  $60\text{ Hz}$ , 电机极数为 6, 电机的同步速等于多少?

答:旋转磁场的转速常称为同步速,以  $n_s$  表示。同步速只与电机极数和电源频率有关,其关系式为: 
$$n_s = \frac{f}{p} (r/s) = \frac{60f}{p} (r/min)$$
 假如电源频率为  $60\text{ Hz}$ , 电机极数为 6, 电机的同步速等于  $1200\text{ r/min}$ 。

6. 为什么交流伺服电动机有时能称为两相异步电动机? 如果有一台电机,技术数据上标明空载转速是  $1200\text{ r/min}$ , 电源频率为  $50\text{ Hz}$ , 请问这是几极电机? 空载转差率是多少?

答:因为交流伺服电动机的定子绕组有励磁绕组和控制绕组两相组成,交流伺服电动机转速总是低于旋转磁场的同步速,而且随着负载阻转矩值的变化而变化,因此交流伺服电动机又称为两相异步伺服电动机。空载转速是  $1200\text{ r/min}$ , 电源频率为  $50\text{ Hz}$  的电机是 4 极电机,空载转差率是 20%。

7. 当电机的轴被卡住不动, 定子绕组仍加额定电压, 为什么转子电流会很大? 伺服电动机从启动到运转时, 转子绕组的频率、电势及电抗会有什么变化? 为什么会有这些变化?

答:当电机的轴被卡住不动, 定子绕组仍加额定电压, 此时电动机处于堵转状态, 感应电势  $E_R$  较大, 所以转子电流会很大。伺服电动机从启动到运转时, 转子绕组的频率、电势及电抗会变小, 因为电机转动时, 转子导体中感应电流的频率、电势及电抗分别等于转子不动时的频率、电势及电抗乘上转差率

9. 什么是电源移相, 什么是电容移相, 电容移相时通常移相电容值怎样确定? 电容伺服电动机转向怎样?

答:直接将电源移相或通过移相网络使励磁电压和控制电压之间有一固定的  $90^\circ$  相移, 这些移相方法通称为电源移相。在交流伺服电动机内部采用励磁相串联电容器移相的移相方法叫电容移相。电容伺服电动机转向是从励磁绕组转向控制绕组。

10. 怎样看出椭圆形旋转磁场的幅值和转速都是变化的? 当有效信号系数  $\alpha_e$  从 0~1 变化时, 电机磁场的椭圆度怎样变化? 被分解成的正、反向旋转磁场的大小又怎样变化?



答：椭圆形旋转磁场的幅值和转速都是变化的详见课本 151 页，当有效信号系数 $\alpha e$ 从 0~1 变化时，电机磁场的椭圆度将变小，被分解成的正向旋转磁场增大，反向旋转磁场减小。

11. 什么是自转现象？为了消除自转，交流伺服电动机零信号时应具有怎样的机械特性？

答：当伺服电动机的控制电信号  $U_k=0$  时，只要阻转矩小于单相运行时的最大转矩，电动机仍将在电磁转矩  $T$  作用下继续旋转的现象叫自转现象。为了消除自转，交流伺服电动机零信号时的机械特性应位于二、四象限

12. 与幅值控制时相比，电容伺服电动机定子绕组的电流和电压随转速的变化情况有哪些不同？为何它的机械特性在低速段出现鼓包现象？

答：与幅值控制时相比，电容伺服电动机定子绕组的电流和电压随转速的增加而增大，励磁电压  $U_f$  的相位也增大。因机械特性在低速段随着转速的增加转矩下降得很慢，而在高速段，转矩下降得很快，从而使机械特性在低速段出现鼓包现象(即机械特性负的斜率值降低)。

13. 何为交流伺服电动机的额定状态？额定功率含义如何？

答：电机处于对称状态，当转速接近空载转速  $n_0$  的一半时，输出功率最大，通常就把这点规定为交流伺服电动机的额定状态。电机可以在这个状态下长期连续运转而不过热，这个最大的输出功率就是电机的额定功率  $P_{2n}$ 。

15. 一台两极的两相伺服电动机，励磁绕组通以 400 Hz 的交流电，当转速  $n=18\,000\text{ r/min}$  时，使控制电压  $U_k=0$ ，问此瞬时：

- (1) 正、反旋转磁场切割转子导体的速率(即转差)为多少？
- (2) 正、反旋转磁场切割转子导体所产生的转子电流频率各为多少？
- (3) 正、反旋转磁场作用在转子上的转矩方向和大小是否一样？哪个大？为什么？

答：(1) 旋转磁场的同步速  $n_s$  为：

(1) 旋转磁场的同步速 $n_s$ 为：

$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 400}{1} = 24000 \text{ r/min}$$

正向旋转磁场切割转子导体的速率为：

$$n_{\text{正}} = 24000 - 18000 = 6000 (\text{r/min})$$

反向旋转磁场切割转子导体的速率为：

$$n_{\text{反}} = 24000 + 18000 = 42000 (\text{r/min})$$

(2) 正向旋转磁场切割转子导体所产生的转子电流频率为：

$$f_{\text{正}} = \frac{pn_{\text{正}}}{60} = \frac{1 \times 42000}{60} = 700 (\text{Hz})$$

(1) 旋转磁场的同步速 $n_s$ 为:

$$n_s = \frac{60f}{p} = \frac{60 \times 400}{1} = 24000 \text{ r/min}$$

正向旋转磁场切割转子导体的速率为:

$$n_{\text{正}} = 24000 - 18000 = 6000 \text{ (r/min)}$$

反向旋转磁场切割转子导体的速率为:

$$n_{\text{反}} = 24000 + 18000 = 42000 \text{ (r/min)}$$

(2) 正向旋转磁场切割转子导体所产生的转子电流频率为:

$$f_{\text{正}} = \frac{pn_{\text{正}}}{60} = \frac{1 \times 42000}{60} = 700 \text{ (Hz)}$$

反向旋转磁场切割转子导体所产生的转子电流频率为:

$$f_{\text{反}} = \frac{pn_{\text{反}}}{60} = \frac{1 \times 6000}{60} = 100 \text{ (Hz)}$$

- 正、反向旋转磁场作用在转子上的转矩方向相反，反向旋转磁场作用在转子上的转矩大，做成的交流伺服电动机零信号时的机械特性应位于二、四象限，此时要求电动机的反向电磁转矩应大于正向的电磁转矩。