



S.1 5.3

柯化强  
U20912072

5.1 什么叫转差率? 如何根据转差率来判断异步电机的运行状态?

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} \text{ 是转差率}$$

为了描述转速, 引入参数转差率。转差率为同步转速  $n_1$  与转子转速  $n$  之差  $(n_1 - n)$  与同步转速  $n_1$  之比值, 以  $s$  表示, 即

我理解的转差率: 拿定子旋转磁动势和转子转速的速度差除以定子旋转磁动势, 也就是说, 其实是用磁场相对于转子的旋转速度除以磁场本身旋转的速度, 从而可以更轻易的表达切割速度和磁场速度的关系, 即感应电势的频率和旋转磁场的频率的关系

从而:  $0 < s < 1$  同相相吸吸收电动机  $s < 0$  即  $n > n_1$  机械能发电

$s > 1$ , 即  $n < 0$ , 则电磁制动

5.3 有一绕线转子异步电动机, 定子绕组短路, 在转子绕组中通入三相交流电流, 其频率为  $f_1$ , 旋转磁场相对于转子以  $n_1 = 60 f_1 / p$  ( $p$  为定、转子绕组极对数) 沿顺时针方向旋转, 问此时转子转向如何? 转差率如何计算?

顺时针,  $n$  是转子角速度,  $s = \frac{n_1 - n}{n_1}$

5.6 试证明转子磁动势相对于定子的转速为同步转速  $n_1$ 。

if 转子转速为  $n$  则转子感应电动势角速度为  $n_1 - n$

则转子磁动势相对于转子的转速为  $n_1 - n$

则转子磁动势相对于定子的转速为  $n_1 - n + n = n_1$

5.7 试说明转子绕组折算和频率折算的意义,折算是在什么条件下进行的?

频率折算:

由于异步电机定、转子之间没有电的直接联系,转子只是通过其磁动势  $F_r$  对定子作用,因此只要保证  $F_r$  不变,就可以用一个静止的转子来代替旋转的转子,而保持定子方各物理量不发生变化,即对电网等效。据此,对式(5.40)做如下变换

我对频率折算的理解:把转子用静止的进行替换,也就是说会使电动势切割速度增加,会改变对应的  $\chi_{\sigma}$ ,当我们化简后,对应的它们俩抵消了反而实际没变的转子的电阻看上去变大了,变成了  $\frac{1}{s}$  倍,这就是它的结果

绕组折算:

#### 5. 转子绕组的折算

图 5.11 所示电路与变压器电路相似,因此,也可以通过绕组折算得到转子不转时异步电机的等效电路。假设异步电机转子相数  $m_2$ ,每相串联匝数  $N_2$ ,基波绕组系数  $k_{w2}$ ,在一般情况下  $m_2, N_2, k_{w2}$  与定子的  $m_1, N_1, k_{w1}$  不同。为了得到等效电路,必须将异步电机转子绕组折算成一个相数、匝数、绕组系数完全与定子相同的等效绕组,即用一个相数为  $m_1$ 、匝数为  $N_1$ 、绕组系数为  $k_{w1}$  的等效转子绕组来替代原来的转子绕组,保持极对数不变。

折算前后,要求转子上各种功率不变,主磁通  $\Phi_m$  不变,从而定子方各有关物理量  $E_1, j_1$  不变,对电网等效。由于转子是通过转子磁动势  $F_r$  对定子起作用的,故为了满足上述要求,折算条件可改述为:折算前后转子磁动势  $F_r$  不变,转子上各种有功功率和无功功率保持不变。

我对绕组折算的理解:当我们把定子和转子使用同一个电路图表示时,它们的磁路关系可以使用电感来表达,在这种情况下,从定子的角度出发,我们进行绕组折算对应的电压电流相对应,使得可以使用 T 型电路图进行替代

意义:把复杂模型变成 T 型电路图的容易分析的模型

条件:  $F_r$  不变 和 功率不变

有功 Both 无功 绕组

5.8 异步电动机定子绕组与转子绕组没有直接联系,为什么负载增加时,定子电流和输入功率会自动增加,试说明其物理过程。从空载到满载,电机主磁通有无变化?

负载  $\nearrow$  带重载, 转矩  $\nearrow$ , 转速  $\downarrow$ ,  $s \nearrow$ ,  
 $E_2 \nearrow$   $F = B L \nearrow$ , 则定子磁动势增加  
定子  $I_1 \nearrow$   $P \nearrow$  平衡时满载  $U_1$  不变时磁  
已减小, 主磁通略有减小,

5.9 异步电动机的等效电路有几种? 等效电路中的  $[(1-s)/s]R_2'$  代表什么意义?  
能否用电感或电容代替?

T, T.  $\frac{1-s}{s}R_2'$  串入后将转动转子变回定转子,  
按张 F, P, Q 表, 模拟电阻. 因是有功功率  
不可用电感代替

5.10 5.12

5.10 异步电动机带额定负载运行时,若电源电压下降过多,会产生什么严重后果? 试说明其原因。如果电源电压下降,对感应电动机的  $T_{max}$ ,  $T_{st}$ ,  $\Phi_m$ ,  $I_{st}$ ,  $s$  有何影响?

$T_{em} \propto U^2$  使  $T_{em} < \text{负载转矩}$   
减速至停转

$$k_M = \frac{T_{max}}{T_{em}}$$

$T_{max}$ ,  $T_{st} \propto U^2$  减小

$$Q_m = \frac{E}{4.44fNk_{N1}} \approx \frac{U}{4.44fNk_{N1}} \downarrow$$

$$Z_2 = \frac{T_{em}}{C_M Q_m \cos \phi_2}$$

当额定负载时  $T_{em}$  不变  $Z_2 \uparrow$

5.12 某绕线转子异步电动机,如果(1) 转子电阻增加一倍;(2) 转子漏电抗增加一倍;

(3) 定子电压的大小不变,频率由 50 Hz 变为 60 Hz;各对最大转矩和启动转矩有何影响?

$$T_{em} = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{R'_2}{s}}{2\pi f_1 \left[ \left( \frac{R'_2}{s} \right)^2 + \left( \frac{X'_2}{s} \right)^2 \right]} \quad T_{max} = \frac{m_1 p U_1^2 \frac{R'_2}{s_m}}{4\pi f_1 \frac{R'_2}{s_m}}$$

(1)  $T_{em} \uparrow$  ( $s_m$  及  $R_{转子}$ )  $T_{max}$  不变

$$X_{1\sigma} + X_{2\sigma}'$$

$$\begin{aligned} T_{max} & \propto R'_2 \text{ 不变} \\ s_m & \propto R'_2 \text{ 或 } R_2 \\ s_m & = \frac{R'_2}{X_{1\sigma} + X_{2\sigma}'} \end{aligned}$$

(2)  $\times$  减小 ( $X \uparrow$ )

(3)  $T_{em} \uparrow$  ( $X \uparrow$  及  $T_{em} \downarrow$ )  $T_{max} \downarrow$

5.11 5.13

5.11 漏电抗大小对异步电动机的运行性能,包括启动电流、启动转矩、最大转矩、功率因数等有何影响?为什么?

漏电抗,漏电抗大,电压不变,启动电流小 电阻不变则功率因数减小  
因为这两启动转矩会更减小  
最大转矩减小  
定子的功率因数也减小

5.13 一台笼型异步电动机,原来转子是插铜条的,后因损坏改为铸铝的,在输出同样转矩的情况下,下列物理量将如何变化?

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| (1) 转速 $n$ ;              | 铜→铝,损耗增加(即等效电阻增加)<br>转矩相同,则 $\Phi$ 不变,忽略 $\Phi$ 的变化,<br>则 $R_2'/s$ 不变,则 $s$ 增加, $n$ 减少 |
| (2) 转子电流 $I_2$ ;          | $I_2$ 不变, $I_1$ 不变   |
| (3) 定子电流 $I_1$ ;          | $\cos\phi_1$ 不变  |
| (4) 定子功率因数 $\cos\phi_1$ ; | $P_1$ 不变, $P_2$ 减少<br>效率减少   |
| (5) 输入功率 $P_1$ ;          | 启动转矩变大   |
| (6) 输出功率 $P_2$ ;          | 最大电磁转矩不变   |
| (7) 效率 $\eta$ ;           |  |
| (8) 启动转矩 $T_{st}$ ;       |  |
| (9) 最大电磁转矩 $T_{max}$ 。    |  |

5.14 5 1617

5.14 绕线式三相异步电动机转子回路串入适当的电阻可以增大启动转矩,串入适当的电抗时,是否也有相似的效果?

并没有,因为串入电抗功率因数下降,电流下降,则启动转矩下降

5.15 普通笼型异步电动机在额定电压下启动时,为什么启动电流很大而启动转矩并不大?但深槽式或双笼电动机在额定电压下启动时,启动电流较小而启动转矩较大,为什么?

因为启动时 $s=1$ ,等效电阻较小电流大, $I_m$ 减小,功率因数小转矩小,深槽式双笼式因为趋肤效应启动时等效电阻大,启动转矩大电流小,功率因数大转矩大

5.16 绕线转子异步电动机在转子回路中串入电阻启动时,为什么既能降低启动电流又能增大启动转矩?试分析比较串入电阻前后启动时的  $\Phi_m$ 、 $I_2$ 、 $\cos\phi_2$ 、 $I_m$  是如何变化的。串入的电阻越大是否启动转矩越大?为什么?

串入电阻,则 $I$ 减小, $\cos\phi$ 增加, $E_m$ 增加即 $I_m$ 增加则 $\Phi$ 增加,则启动转矩增加  
 $\Phi_m$ 增加, $I_2$ 减少, $\cos\phi_2$ 增加, $I_{st}$ 减小  
不是,当 $s_m=1$ 之后再串电阻启动转矩减少,从物理的角度理解的话就是过大的电阻过大影响了电流, $\cos\phi$ 和 $E_m$ 增加不明显

5.17 两台同样的笼型异步电动机共轴连接,拖动一个负载。如果启动时将它们的定子绕组串联以后接至电网上,启动完毕后再改接为并联。试问这样的启动方法对启动电流和启动转矩的影响怎样?

定子转矩最开始串联,相当于电压减半,则电流减半(不考虑饱和), $\Phi$ 减半,同时转子电压也减半,使得启动时启动电流为直接启动的一半,两者共同作用使启动转矩为直接启动的1/4

5.18 绕线式三相异步电动机拖动恒转矩负载运行,试定性分析转子回路突然串入电阻后降速的电磁过程。

转子回路突然串电阻,此时 $n$ 不变, $s$ 不变, $I_2$ 立刻下降, $\Phi_m$ 上升, $\cos\phi$ 上升,但是 $I_2$ 下降影响更大,使得 $T$ 减小,减速,直到 $I_2$ 下降的和 $\Phi_m\cos\phi$ 上升的对等, $n$ 减小, $s$ 增大

5.21 为什么在变频恒转矩调速时要求电源电压随频率成正比变化?若电源的频率降低,而电压的大小不变,则会出现什么结果。

$T$ 恒定时, $\phi_m$ 恒定,考虑主磁通不变,电源电压与频率成正比,使得过 $X_m$ 的电流恒定  
如果电压不变,频率降低,则励磁电流增大,过饱和,功率因数下降

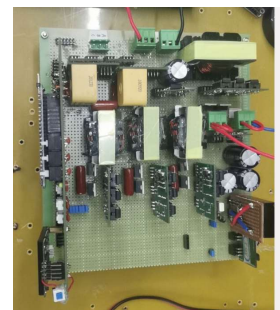
5.24 三相异步电动机在运行时有一相断线,能否继续运行?当电机停转之后,能否再启动?

能, $\Delta$ 连接相当于不对称运行,负序电流较大, $Y$ 连接相当于单相异步电动机  
这个不会qwq(想象不到)

5.25 怎样改变单相电容电动机的旋转方向?对罩极式电动机,如不改变其内部结构,它的旋转方向能改变吗?

改变气隙磁场的旋转方向,即改变绕组电流相序即可。  
对对称单相电容电动机,将电容从启动绕组改接到工作绕组即可  
罩极式电动机利用短路环产生旋转磁场,从未罩极到罩极,不能改变

EVA打电赛去了qwq然后掉了好多课然后辛苦的在补课然后好不容易补完了再补写作业所以拖交了很久(大概两三周?)qwq请原谅



5.36 一台三相绕线转子异步电动机,  $P_N = 155 \text{ kW}$ ,  $I_N = 294 \text{ A}$ ,  $2p = 4$ ,  $U_N = 380 \text{ V}$ , Y 连接。其参数为  $R_1 = R'_2 = 0.012 \Omega$ ,  $X_{1\sigma} = X'_{2\sigma} = 0.06 \Omega$ ,  $\sigma_1 \approx 1$ , 电动势及电流的变比  $k_e = k_i = 1.2$ 。现要求把启动电流限制为 3 倍额定电流, 试计算应在转子回路每相中接入多大的启动电阻? 这时的启动转矩为多少?

$$I_{st} = 3I_N = 882 \text{ A}$$

$$I_{st} = \frac{U_1}{|R_1 + R'_2 + R'_{st} + j(X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})|} \quad \Rightarrow R'_{st} = 0.1939 \Omega$$

$$R_{st} = \frac{R'_{st}}{k_e k_i} = 0.1346 \Omega$$

$$T_{st} = \frac{m_1 p U_1^2 (R'_2 + R'_{st})}{2\pi f_1 [(R_1 + R'_2 + R'_{st})^2 + (X_{1\sigma} + X'_{2\sigma})^2]}$$

$$= 3058.8 \text{ N}\cdot\text{m}$$



5.39 一台三相4极绕线式异步电动机,  $f_1 = 50$  Hz, 转子每相电阻  $R_2 = 0.015 \Omega$ , 额定运行时转子相电流为 200 A, 转速  $n_N = 1475$  r/min, 试求:

- (1) 额定电磁转矩;
- (2) 在转子回路串入电阻将转速降至 1120 r/min, 求所串入的电阻值(保持额定电磁转矩不变);
- (3) 转子串入电阻前后达到稳定时定子电流、输入功率是否变化, 为什么?

$$(1) \quad n_1 = \frac{60f_1}{p} = 1500 \text{ r/min}$$

$$s_N = \frac{n_1 - n_N}{n_1} = 0.01667$$

$$P_{em} = \frac{3I_2^2 R_2}{s_N} = 108 \text{ kW}$$

$$T_{em} = \frac{P_{em}}{\omega_1} = \frac{P_{em}}{\frac{2\pi n_1}{60}} = 687 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$(2) \quad T_{em} \text{ 不变}, s = \frac{n_1 - n}{n_1} = 0.2533$$

$$\text{则 } \frac{R_2 + R_{new}}{s} = \frac{R_2}{s_N}$$

$$R_{new} = 0.213 \Omega$$

(3) 不变, 因等效阻抗不变

#### 6.1 同步电机和异步电机在结构上有哪些区别?

普通同步电机与异步电机的根本区别在于转子侧安装有磁极并通入直流电流励磁,具有确定的极性.故结构差异主要为励磁部分.异步电机转子安装的是交流绕组或笼型导条,电流由感应产生

#### 6.4 汽轮发电机和水轮发电机的主要结构特点是什么?为什么有这样的特点?

汽轮发电机采取隐极式发电机,水轮发电机采用凸极式发电机.隐极式同步电机气隙均匀,转子机械强度高,适合于高速旋转.凸极同步电机的气隙不均匀,旋转时空阻大.因为汽轮发电机需要高速旋转,转速越快效率越高尺寸越小造价越低,适合隐极式.水轮机转速低,故水轮机极对数多电机直径大轴线长度短外形短粗

#### 6.8 试分析在下列情况下电枢反应的性质:

- (1) 三相对称电阻负载;
- (2) 纯电容性负载  $X_c = 0.8$ , 发电机同步电抗  $X_s = 1.0$ ;
- (3) 纯电感性负载  $X_L = 0.7$ ;
- (4) 纯电容性负载  $X_c = 1.2$ , 同步电抗  $X_s = 1.0$ 。

$$E_0 = IZ_L + IR_a + jIX_t$$

- (1)  $Z_L = R$ ,  $I$  滞后于  $E$ , 则电枢反应是直轴去磁和交轴
- (2)  $Z_L = -j0.8$ ,  $X_t = 1.0$ ,  $I$  略微滞后于  $E$ , 电枢反应是直轴去磁兼交磁
- (3)  $Z_L = j0.8$ ,  $I$  滞后于  $E$ , 则电枢反应是直轴去磁和交轴
- (4)  $Z_L = j1.2$ ,  $X_t = 1.0$ ,  $I$  超前于  $E$ , 则电枢反应是直轴助磁兼交磁

6.11 试述交轴和直轴同步电抗的意义。为什么同步电抗的数值一般较大,不可能做得很小? 请分析下面几种情况对同步电抗有何影响?

- (1) 电枢绕组匝数增加;
- (2) 铁芯饱和程度提高;
- (3) 气隙加大;
- (4) 励磁绕组匝数增加。

(1)同步电抗增加(2)磁导减小,同步电抗减小(3)磁导减小,同步电抗减小(4)励磁绕组匝数不影响同步电抗,不变

同步电抗等于电枢反应电抗加漏电抗,漏电抗小忽略,电枢反应电抗在数值上等于单位交轴直轴电流所感应的电枢反应电动势,在物理意义上表示对称三相电流在dq同步坐标系下dq电流产生的电枢反应磁场在定子相绕组中感应电动势的能力.因为电抗大小正比于频率,电枢绕组有效匝数的平方,主磁路的磁导乘积成正比,因为磁导不能太小(不然需要很大的磁动势才能产生足够的足够的励磁磁通),而电枢绕组的有效匝数越大,励磁磁动势所需越大,故电枢反应电抗不能太小,即同步电抗不能太小

6.12 试根据不饱和时的电动势相量图证明下列关系式。

(1) 隐极同步发电机

$$\tan \psi = \frac{IX_s + U \sin \varphi}{IR_s + U \cos \varphi}$$

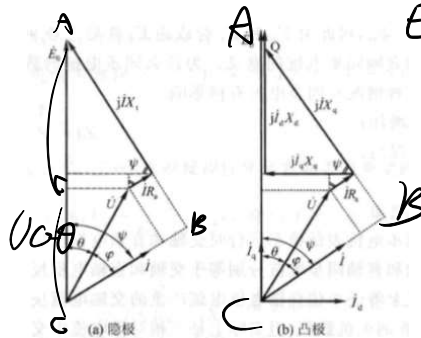
$$E_0 = U \cos \theta + IR_s \cos \psi + IX_s \sin \psi$$

(2) 凸极同步发电机

$$\tan \psi = \frac{IX_s + U \sin \varphi}{IR_s + U \cos \varphi}$$

$$E_0 = U \cos \theta + IR_s \cos \psi + IX_s \sin \psi$$

其中,  $\varphi$  为  $i$  滞后于  $\dot{U}$  的夹角,即功率因数角;  $\psi$  为  $\dot{i}$  滞后于  $\dot{E}_0$  的夹角;  $\theta$  为  $\dot{U}$  滞后于  $\dot{E}_0$  的夹角,且有  $\theta = \psi - \varphi$ 。



$$E_0 = U \cos \theta + 2R_a \cos \psi + 2X_d \sin \psi$$

$$E_0 = U \cos \theta + 2R_a \cos \psi + 2X_d \sin \psi$$

$$\tan \psi = \frac{AB}{BC} = \frac{2X_d + U \sin \varphi}{2R_a + U \cos \varphi}$$

$$\tan \psi = \frac{AB}{BC} = \frac{2X_q + U \sin \varphi}{2R_a + U \cos \varphi}$$

6.58 有一台三相 1500 kW 水轮发电机, 额定电压为 6300 V, Y 连接, 额定功率因数  $\cos\varphi_N = 0.8$  (滞后), 已知它的参数  $X_d = 21.2 \Omega$ ,  $X_q = 13.7 \Omega$ , 电枢电阻可略去不计, 试绘相量图并计算发电机在额定运行状态时的励磁电动势  $E_0$ 。

额定电流  $I_{N\phi} = \frac{P_N}{3 \times \frac{U_N}{\sqrt{3}} \cos\varphi} = 172 \text{ A}$

$$\psi = \arctan \frac{I_{N\phi} X_q + U_{N\phi} \sin\varphi_N}{U_{N\phi} \cos\varphi_N} = 57.32^\circ$$

$$E_0 = U_{N\phi} \cos\theta + I_{N\phi} X_d \sin\psi = 6472 \text{ V}$$

6.17 为什么同步发电机三相对称稳态短路特性为一条直线?

6.18 什么叫短路比?它的大小与电机性能及成本的关系怎样?为什么允许汽轮发电机的短路比水轮发电机的小一些?

6.17

因为短路,  $U$  为 0, 同时同步电抗远大于电枢绕组电阻, 使得  $\arctan(I X_t + U \sin \varphi) / (I R_a + U \cos \varphi) = 90^\circ$ , 也就是电枢反应磁动势只有直轴分量, 纯去磁,  $F_{ad} = F$ ,  $F_{aq} = 0$ . 使得磁动势方程可以只在  $d$  轴考虑

$F_\delta = F_{f1} - F_a$

又因为磁通很小, 电机不饱和, 认为  $F$  和磁通  $\Phi$  线性变化

$F_\delta \propto \Phi_\delta \propto E_\delta \propto I_k$

$F_{f1} \propto I_f$ ,  $F_a \propto I_k$

故  $I_k \propto I_f$

6.18

短路比是指同步电动机在空载额定电压下对应的励磁电流  $I_{f0}$  下三相稳态短路时的短路电流  $I_{k0}$  与额定电流  $I_N$  之比

$k_e = I_{k0} / I_N = I_{f0} / I_{fk} = I_{f0} / I_{f0}' \cdot I_{f0}' / I_{fk} = k_\mu U_N / E_0' = k_\mu / X_d$  (不饱和)

即短路比等于产生空载额定电压和额定短路电流所需的励磁电流之比

短路比小, 负载变化时发电机的电压变化较大, 并联运行时发电机的稳定性较差, 电机造价便宜, 增大气隙可以降低  $X_d$  使短路比增加, 电机性能变好, 但是励磁电动势和转子用铜量增大, 造价增加。随着单机容量的增加, 为提高材料利用率, 希望短路比降低。对于水轮发电机来说, 其短路比大, 因为水电站输电距离长, 稳定问题严重

6.20 同步发电机发生三相稳态短路时, 它的短路电流为何不大?

因为同步发电机三相稳态短路时, 电枢磁动势基本上就是短路电流产生的纯去磁的直轴磁动势, 使得气隙合成磁动势很小,  $E_\delta$  小,  $E_\delta / X_\delta$  小, 短路电流小。

稳态短路电流  $E_0 / X_d$  可以说明, 因为同步电机同步电抗数值很大, 使得短路电流很小

作业

6.24

6.26

6.62

6.64

6.24 三相同步发电机投入并联运行的条件是什么? 如果不满足条件会产生什么后果?

同步发电机并联投入电网时,为避免发生电磁冲击和机械冲击,总体要求就是发电机端各相电动势的瞬时值要与电网端对应相电压瞬时值完全一致.具体分解来5点:1.波形相同2.频率相同3.幅值相同4.相位相同5.相序相同  
波形不同,即有谐波电压差,产生高次谐波环流  
频率不等,相量间相对运动,产生差频环流,引起功率振荡  
相位不等时,或幅值不等时,会产生环流,注意极性相反时可达20~30IN的冲击电流损坏电机  
相序不同时合闸不允许,仅仅一相满足条件,其它两相巨大电位差产生巨大环流和机械冲击危害电机安全损坏电机

6.26 当一台直流电动机拖动一台同步发电机与无穷大电网并联后,减少直流电动机的励磁电流,电动机的转速能否升高,为什么? 此时新的稳态运行与当初有什么不同? 在分析中假定直流电动机的端电压保持恒值不变。

不会,因为同步发电机输出端电压被钳位,产生固定频率的旋转磁动势,使得电动机同步旋转.  
减少励磁电流,减少感应电动势,  $U = E + I_a R_a$ , 电枢电流增加,则输入电流增加,输入功率增加,输出功率增加,同步发电机输入功率增加功率角增加电磁功率增加向电网输出功率增加

6.62 一台汽轮发电机,  $\cos \varphi = 0.8$  (滞后),  $X_d^* = 1.0$ , 电枢电阻可以忽略不计. 该发电机并联在额定电压的无穷大电网上. 不考虑磁路饱和程度的影响, 试求:

(1) 保持额定运行时的励磁电流不变, 当输出有功功率减半时, 定子电流标幺值  $I^*$  和功率因数  $\cos \varphi$  各等于多少?

(2) 若输出有功功率仍为额定功率的一半, 逐渐减小励磁到额定励磁电流的一半, 问发电机能否静态稳定运行? 为什么? 此时  $I^*$  和  $\cos \varphi$  又各为多少?

$$1) \cos \varphi_N = 0.8 \quad \varphi_N = 36.87^\circ \sin \varphi_N = 0.6$$

$$E_N^* = \arctan \frac{I_N^* X_d^* \sin \varphi_N}{U^* \cos \varphi} = \arctan \frac{1 \times 0.6}{0.8} = 36.87^\circ$$

$$\theta_N = E_N^* - \varphi_N = 26.56^\circ$$

$$E_{oN}^* = U^* \cos \theta_N + I_N^* X_d^* \sin \varphi_N = 0.8 \times 26.56^\circ + 1 \times 0.6 = 1.799$$

(2) 保持励磁电流不变,  $E_N^*$  不变, 电枢电流减小

$$P_m^* = U^* I^* \cos \varphi = \frac{1}{2} U^* I_N^* \cos \varphi_N$$

$$P_{em}^* = \left[ \frac{E_N^* U^*}{X_d^*} \sin \theta \right] \quad \sin \theta = \frac{1}{2} \sin \theta_N = 0.223$$

$$(E_N^* X_d^*)^2 - U^{*2} - E_N^{*2} = 2 U^* E_N^* \cos \theta$$

$$I^* = 0.844 \quad \cos \varphi = \frac{P_m^*}{U^* I^*} = \frac{0.5 \times 0.8}{1 \times 0.844} = 0.474$$

$$1) \frac{1}{2} E_N^* = 0.8945$$

$$P_{em}^* = \frac{1}{2} P_{emN}^* \Rightarrow \frac{E_N^* U^* \sin \theta}{X_d^*} = \frac{1}{2} \times 0.8 = 0.4$$

则  $\sin \theta \sin \theta_N$

$$(X_d^* I^*)^2 - U^{*2} - E_N^{*2} = 2 U^* E_N^* \cos \theta \quad I^* = 0.447$$

6.64 一台汽轮发电机数据如下:  $S_N = 31\ 250\ \text{kVA}$ ,  $U_N = 10.5\ \text{kV}$  (Y 连接),  $\cos\varphi_N = 0.8$  (滞后), 定子每相同步电抗  $X_s = 7.0\ \Omega$  而定子电阻忽略不计, 此发电机并联运行于无穷

大电网, 试求:

(1) 当发电机在额定状态下运行时, 功率角  $\theta_N$ 、电磁功率  $P_{em}$ 、比整步功率  $P_{syn}$  及静态过  
载倍数  $k_M$  各为多少?

(2) 若维持上述励磁电流不变, 但输出有功功率减半时,  $\theta$ 、 $P_{em}$ 、 $P_{syn}$  及  $\cos\varphi$  将变为多少?

(3) 发电机原来在额定状态下运行, 现在仅将其励磁电流加大 10%,  $\theta$ 、 $P_{em}$ 、 $\cos\varphi$  和  $I$  将  
变为多少?

$$(1) \text{ 解: } I_N = \frac{S_N}{\sqrt{3}U_N} = 1718.3\ \text{A} \quad Z_N = \frac{U_N^2}{S_N} = 3.53\ \Omega$$

$$X_s^* = \frac{X_s}{Z_N} = 1.98 \quad \cos\varphi_N = 0.8 \quad \varphi_N = 36.87^\circ \quad \sin\varphi_N = 0.6$$

$$\varphi_N = \arctan \frac{I_N^* X_s^* \sin\varphi_N}{I_N^* \cos\varphi_N} = 72.8^\circ$$

$$\theta_N = \varphi_N - \varphi_N = 35.93^\circ \quad P_{em}^* = \cos\varphi_N = 0.8 \quad P_{em} = 25\ \text{MW}$$

$$P_{syn} = \frac{P_{em}}{\tan\theta_N} = 34.5\ \text{MW/rad}$$

$$k_M = \frac{1}{\tan\theta_N} = 1.704$$

$$(2) \quad \sin\theta = \frac{1}{2} \sin\theta_N \quad \theta = 17.06^\circ \quad P_{em} = 0.4 \quad S_N = 12.5\ \text{MW}$$

$$P_{syn} = \frac{P_{em}}{\tan\theta} = 40.7\ \text{MW/rad}$$

$$E_0^* = U^* \cos\theta_N + I_N^* X_s^* \sin\varphi_N = 2.705\ \text{p.u.}$$

$$(E_0^*)^2 = U^{*2} + E_0^{*2} + 2U^* E_0^* \cos\theta$$

$$E_0^* = 0.893 \quad \cos\varphi = \frac{P_2^*}{E_0^*} = \frac{1}{2} \cos\varphi_N = 0.445$$

(3)

$$E_0^* = 1.1 E_{0N}^* = 2.9755$$

$$\sin\theta = \frac{\sin\theta_N}{1.1} = 0.5335 \quad \theta = 32.24^\circ$$

$$\varphi = \arctan \frac{E_0^* \cos\theta U^*}{E_0^* \sin\theta} = 0.8555$$

$$I = \frac{P_2}{\sqrt{3}U \cos\varphi} = 1901\ \text{A}$$