

# 电机学上 复习资料

1、为什么电压互感器运行时二次侧不允许短路，电流互感器运行时二次侧不允许开路？为了保证互感器的精度，使用时应注意什么，为什么？（15分）

答：电压互感器正常运行时二次侧接高阻抗电压表，因此接近变压器空载运行。若二次绕组短路，则变成短路运行，电流由较小的空载电流变成很大的短路电流，会造成绕组及其绝缘因过热而损毁，危及设备安全。

电流互感器正常运行时，二次侧接阻抗很低的电流表，因此接近变压器短路运行。此时主磁通很小，一次和二次侧磁动势处于平衡状态。若二次侧开路，则变成空载运行，一次侧大电流完全变成励磁电流，使铁心中磁通密度增大许多，在匝数较多的二次绕组中会感应出很高的电压，可能击穿绕组绝缘，并危及人员安全。

电压互感器产生误差主要原因是一、二次绕组有漏阻抗，漏阻抗上的压降使得  $U_1 \neq kU_2$ 。为了保证精度，应尽量减少励磁电流和一、二次绕组漏阻抗。使用时，应注意二次侧并联的电压表不能过多，否则会由于二次侧负载阻抗减少而使一、二次电流增大，漏阻抗压降增大，增加测量误差。

电流互感器产生误差主要原因是存在励磁电流。从磁动势平衡关系可知，在励磁电流  $I_0=0$  时， $N_1 \cdot I_1 = N_2 \cdot I_2$  的关系才成立。因此，在设计时，应使铁心磁通密度很低，尽可能减少励磁电流。在使用时，应注意二次侧串联的电流表不能过多，以免二次回路阻抗增大使励磁电流增加而降低测量精度。

2、三相对称绕组中通以三相对称的正弦电流，是否就不会产生谐波磁动势？绕组的分布和短距为什么能削弱谐波磁动势？（10分）

答：一相绕组通以正弦电流，产生在空间分布的矩形脉振磁动势，其中包含有一系列奇数次谐波磁动势。因此三相对称绕组通以对称的正弦电流时，仍然要产生谐波磁动势。

对磁动势来说，绕组的分布和短距都可看做是将一组集中的整距线圈变为分布线圈组，各线圈的轴线在空间上不同相位，从而使其谐波磁动势在空间有较大的相位差，因此就会将谐波磁动势部分抵消或使某次谐波磁动势全部抵消，起到削弱谐波磁动势的作用。

3、电枢反应电抗和同步电抗的物理意义是什么，两者有什么不同？它们之间有什么关系？其大小都与什么因素有关？（10分）

答：电枢反应电抗反映三相电流产生三相合成基波磁动势，合成基波磁动势产生气隙磁通，在一相绕组中感应基波电动势的物理过程。同步电抗反映的是三相电流产生三相合成磁动势，合成磁动势产生磁通，包括气隙磁通和漏磁通在一起的全部磁通在一相绕组中感应电动势的物理过程。可见，电枢反应电抗反映仅是基波气隙磁通的作用，同步电抗不仅包括了气隙磁通，还包括了漏磁通的作用。

同步电抗包括电枢电抗和电枢漏抗，同步电抗大于电枢电抗。电枢反应电抗与角频率、绕组有效匝数的平方以及气隙磁通所经过磁路的磁导成正比。同步电抗包括的漏电抗与漏磁路的磁导成正比。

4、异步电机的气隙比同容量同步电机的大还是小，为什么？（10分）

答：异步电机的气隙比同容量同步电机的要小。因为异步电机的励磁电流由三相交流电源提供，如果气隙大，则磁导小，产生一定的气隙磁通所需的励磁电流就大。由于励磁电流基本是无功电流，因此励磁电流大就使电动机的功率因素降低，使电源或电网的无功功率负担增加。而同步电机的励磁电流由独立的直流电源提供，可以通过调节励磁电流来改变其功率因数的大小和性质。

5、三相异步电机产生电磁转矩的原因是什么，从转子侧看，电磁转矩与电机内部的哪些量有关？当定子外施电压和转差率不变时，电机的电磁转矩是否也不会改变？是不是电机轴上的机械负载转矩越大，转差率就越大？（10分）

答：异步电动机产生电磁转矩的原因是载流导体在磁场中受到电磁力作用。从转子侧看，电磁转矩  $T$  和主磁通  $\Phi_m$ 、转子相电流  $I_2$  和转子功率因数  $\cos \psi_2$  成正比。

定子电压  $U_1$  和转差率  $s$  不变时， $\Phi_m$ 、 $I_2$  和  $\cos \psi_2$  都一定，电磁转矩  $T$  不变。

电压  $U_1$  一定时，电动机的负载转矩  $T_L$  越大， $s$  就越大。 $s$  增大使转子电流  $I_2$  增大，从而  $T$  增大，与  $T_L$  相平衡。

### 一、计算题

1、一台三相电力变压器， $S_N=1000\text{kV}\cdot\text{A}$ ， $U_{1N}/U_{2N} = 10000\text{V}/3300\text{V}$ ，一、二次绕组分别为星形、三角形联结，短路阻抗标幺值  $\underline{Z}_k=0.015+j0.053$ ，带三相三角形联结的对称负载，每相负载阻抗  $Z_L=(50+j85)\Omega$ ，求一次、二次电流和二次电压。

取解：二次侧阻抗基值为

$$\underline{Z}_{2N} = \frac{U_{2N\phi}}{I_{2N\phi}} = \frac{U_{2N}}{I_{2N}/\sqrt{3}} = \frac{3U_{2N}^2}{S_N} = \frac{3 \times 3300^2}{1000 \times 10^3} = 32.67\Omega$$

二次绕组每相负载阻抗的标幺值为：

$$\underline{Z}_L = \frac{Z_L}{Z_{2N}} = \frac{(50 + j85)}{32.67} = 1.53 + j2.602$$

一、二次电流和二次电压标幺值分别为

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2 = \frac{\underline{U}_{1N\phi}}{\underline{Z}_k + \underline{Z}_L} = \frac{1}{|(0.015 + j0.053) + (1.5 + j2.602)|} = 0.3255$$

$$\underline{U}_2 = \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_L = 0.3255 \times |1.53 + j2.602| = 0.9825$$

一、二次电流和二次电压实际值分别为：

$$I_1 = \underline{I}_1 \cdot I_{1N} = \underline{I}_1 \times \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{1N}} = 0.3255 \times \frac{1000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 10000} = 18.79\text{A}$$

$$I_2 = \underline{I}_2 \cdot I_{2N} = \underline{I}_2 \times \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot U_{2N}} = 0.3255 \times \frac{1000 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 3300} = 56.95\text{A}$$

$$U_2 = \underline{U}_2 \cdot U_{2N} = 0.9825 \times 3300 = 3242V$$

2、一台三相同步发电机，极对数为 3，额定转速  $n_1=1000r/min$ ，定子每相串联匝数  $N_1=125$ ，基波绕组因数  $k_{dp1}=0.92$ 。如果每相基波感应电动势为  $E_1=230V$ ，求每极磁通量  $\Phi_1$ （10 分）

解：先由转速求出频率为

$$f = \frac{p \times n_1}{60} = \frac{3 \times 1000}{60} = 50 \text{ Hz}$$

再由  $E_1 = 4.44f \cdot N_1 \cdot \phi_1 \cdot k_{dp1}$  可求出

$$\Phi_1 = 0.9009 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

3、一台同步发电机采用星形联结，三相电流不对称， $I_A = I_N$ ， $I_B = I_C = 0.8I_N$ ，试用对称分量法求出负序电流。（10 分）

解：设  $\dot{I}_A = I_N \angle 0^\circ$ ，则  $\dot{I}_B = 0.8I_N \angle -120^\circ$ ， $\dot{I}_C = 0.8I_N \angle 120^\circ$ ，于是

$$\begin{aligned} \dot{I}_{\bar{A}} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_A + a^2 \dot{I}_B + a \dot{I}_C) \\ &= \frac{1}{3}(I_N + e^{-j120^\circ} \times 0.8I_N \angle -120^\circ + e^{j120^\circ} \times 0.8I_N \angle 120^\circ) \\ &= \frac{I_N}{3}(1 + 0.8e^{j120^\circ} + 0.8e^{j240^\circ}) \\ &= \frac{I_N}{3} \left[ 1 + 0.8 \left( -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) + 0.8 \left( -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right] \\ &= \frac{I_N}{15} \end{aligned}$$

$$\dot{I}_{\bar{B}} = a \dot{I}_{\bar{A}} = \frac{I_N}{15} \angle 120^\circ$$

同理， $\dot{I}_{\bar{C}} = a^2 \dot{I}_{\bar{A}} = \frac{I_N}{15} \angle -120^\circ$

4、一台三相 4 极绕线转子异步电机，定、转子绕组均为 Y 联结，额定频率  $f_N=50\text{Hz}$ ，额定功率  $P_N=14\text{kW}$ ，转子电阻  $R_2=0.01 \Omega$ 。额定运行时，转差率  $s_N=0.05$ ，机械损耗  $p_m=0.7\text{kW}$ 。今在转子每相回路中串接附加电阻  $R_s=R_2(1-s_N)/s_N=0.19 \Omega$ ，并把转子卡住不转，忽略附加损耗。求：

(1) 主磁通  $\Phi_m$ ，定、转子磁动势  $F_1$ 、 $F_2$  的大小及相对位置与额定运行时相比有无变化；

(2) 此时电磁功率、转子铜耗、输出功率和电磁转矩。

解：(1) 把转子卡住不转，并在转子每相回路中串接附加电阻  $R_s=R_2(1-s_N)/s_N$ ，

这实际上就是异步电机的频率折合，即用一个不转的转子来等效替代以额定转差率  $s_N$  旋转的转子。因此，主磁通  $\Phi_m$ ，定、转子磁动势  $F_1$ 、 $F_2$  的大小及相对位置与额定运行时相比都没有变化。

(2) 按转子旋转时的情况，可求出电磁功率为：

$$P_{em} = \frac{P_m}{1-s_N} = \frac{P_2 + p_m}{1-s_N} = \frac{14 + 0.7}{1-0.05} = 15.47kW$$

转子卡住不转时，输出功率  $p_2=0$

机械功率  $p_m=0$

转子绕组的铜耗

$$P_{Cu2} = s_N \cdot P_{em} = 0.05 \times 15.47 = 0.7735kW$$

转子附加电阻的铜耗

$$P_{CuR} = (1-s_N) \cdot P_{em} = 0.95 \times 15.47 = 14.7kW$$

电磁转矩

$$T_{em} = 9550 \cdot \frac{P_{em}}{n_1} = 9550 \times \frac{15.47}{1500} = 98.49N \cdot m$$