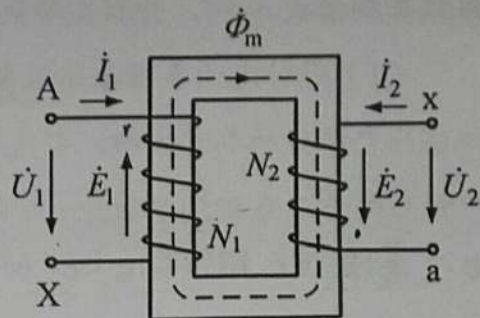


一、填空题 (共 7 小题, 50 分)

1. 一台额定频率为 f 的单相变压器, 各物理量的参考方向如右图所示, 已知高、低压绕组的匝数分别为 N_1 和 N_2 , 其电阻分别为 R_1 和 R_2 , 漏电感分别为 $L_{\sigma 1}$ 和 $L_{\sigma 2}$; 在低压绕组施加额定电压、高压绕组开路时, 励磁电流为 \dot{I}_0 , 励磁阻抗为 Z_m 。



(1) 若认为主磁通 Φ_m 不变, 试利用上述已知量, 写出负载运行时下列各量间的关系: 高压绕组的漏磁电动势 $\dot{E}_{\sigma 1}$ 与其电流 \dot{I}_1 $\dot{E}_{\sigma 1} = j2\pi f L_{\sigma 1} \dot{I}_1$ ($\dot{E}_{\sigma 1}$ 参考方向与 \dot{E}_1 相同), 高压绕组电动势 \dot{E}_1 与 Φ_m $\dot{E}_1 = -j4.44 f N_1 \Phi_m$, \dot{E}_1 与 \dot{I}_0 $\dot{E}_1 = \dot{I}_0 Z_m$ $\dot{E}_1 = \frac{\dot{I}_0 N_2}{N_1} Z_m$, 并写出磁动势平衡方程式 $N_1 \dot{I}_1 - N_2 \dot{I}_2 = N_1 \dot{I}_0 \frac{N_2}{N_1}$ 。

(2) 若在某工况下, 低压侧电流 \dot{I}_2 超前电压 \dot{U}_2 120° , 则此时低压侧的有功功率和电感性无功功率的实际传递方向分别是 有功功率从低压侧发出传向负载, 电感性无功功率从负载发出传向低压侧。

(3) 设低压绕组施加额定电压, 若在铁心某处垂直于主磁通方向开一缝隙, 不计漏阻抗, 则与未开缝隙时相比, 下列两个量的变化情况是: Φ_m 基本不变, \dot{I}_0 变大。

2. 一台单相变压器, 一次绕组接于 60Hz、240V 交流电源空载运行时, 磁路饱和。现将其一次绕组匝数增加 5%, 接于 50Hz、220V 的交流电源上空载运行, 其他条件不变, 则下列各量的变化情况为 (定性分析即可): 励磁电流 变大, 励磁电抗 变小, 励磁电阻 变小, 一次绕组漏电抗 变小。

3. 三台容量均为 $200\text{kV} \cdot \text{A}$ 、联结组标号相同的三相变压器 A、B、C, 短路阻抗标么值分别为 $|Z_{kA}| = 0.08$ 、 $|Z_{kB}| = 0.076$ 和 $|Z_{kC}| = 0.07$, 各短路阻抗的阻抗角相同。现从中选择最合适的两台变压器并联运行, 在这两台变压器都不过载的情况下, 二者所能承担的最大负载容量为 390 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

4. 三台相同的变压器 A、B 和 C，原来分别处于带功率因数为 0.6（滞后）的额定负载运行、空载运行和二次侧短路三种状况。现分别调节变压器 A 和 C 的一次电压，使两者的一次电流均等于变压器 B 的空载电流，则此时三台变压器中，铁耗最小的为 C，铜耗最大的为 C，一次侧功率因数最低的为 B。

5. 一台极对数为 p 的三相同步电机，定子上布置节距 $y_1=10$ 的 60° 相带 双层 绕组，每极每相槽数 $q=4$ ，并联支路数 $a=1$ 。

(1) 若对定子各槽导体沿顺时针方向依次连续编号，且按相同的方式规定各槽导体感应电动势的参考方向，当气隙磁场沿逆时针方向旋转时，在定子第 1、5 号槽导体中产生的感应电动势分别为 e_{c1} 和 e_{c5} ，则 e_{c1} 与 e_{c5} 中基波、3 次谐波的相位关系分别是：基波： e_{c1} 相位滞后 e_{c5} 60° 电角度。3 次谐波： e_{c1} 相位滞后 e_{c5} 180° 电角度。（相位相反）

(2) 若气隙磁场在定子绕组每匝中产生的基波和 5 次谐波电动势有效值分别为 20V 和 1V，则此时气隙磁场的 5 次谐波每极磁通量是基波每极磁通量的 0.01 倍，5 次谐波磁通密度幅值是基波磁通密度幅值的 0.05 倍。

(3) 若误将一个极对数为 $2p$ 的转子装入该定子内，且基波每极磁通量减为原来的一半，则定子一相绕组的基波感应电动势将变为原来的 0.452 倍。

6. 一台额定频率为 50Hz、同步转速为 1500r/min、气隙均匀的同步电机，定子上布置型式相同、轴线相差 90° 电角度的两相绕组。现将定子两相绕组分别短路，转子励磁绕组通入直流电流，且转子转速提高一倍。若不计铁心磁阻，认为转子励磁绕组产生的磁动势在空间正弦分布，定子绕组产生的磁动势中仅含基波和 5 次及以下的谐波，则此时定子两相绕组产生的合成磁动势中所包含的极对数有 2，该合成磁动势在定子绕组中产生的感应电动势的频率为 50 Hz，在转子励磁绕组中产生的感应电动势的频率为 400 Hz。现要在转子上布置一个线圈，并使线圈中产生的最低次谐波电动势为最大，则该线圈的节距应为整距的 $\frac{1}{3}$ 倍。

7. 对于一台交流电机，下面六个说法中，正确的是 ADE（注意：正确答案可能不止一个，需写出所有正确答案）。

A. 若同步电机转子励磁电流产生的气隙磁通密度在空间呈矩形波分布，则它相对定子运动时，在定子一个整距线圈中产生的电动势波形一定是矩形波，但在定子一相绕组中产生的电动势波形一定不是矩形波。

B. 在每极每相槽数 q 为奇数 ($q \neq 1$) 的三相双层绕组中, 一个线圈的基波电动势一定大于一个极相组基波电动势的 $1/q$ 倍, 且每相绕组中至少有一个线圈的基波电动势与该相绕组的基波电动势是同相的。

C. 定子一个整距线圈, 若通入非正弦变化的电流, 产生的磁动势在空间一定是非正弦分布的; 若通入正弦变化的电流, 产生的磁动势在空间一定是正弦分布的。

D. 定子一相绕组在分别通入幅值相等的基波电流和 ν 次谐波电流时, 都产生基波脉振磁动势, 且二者的空间分布波形和最大振幅也完全相同。

E. 三相对称绕组通入三相对称电流时, 可产生合成基波圆形旋转磁动势; 通过改变电流频率, 可以改变该磁动势的转速; 通过改变三相电流相序或者将任意两相绕组轴线位置互换, 可以改变该磁动势的转向。

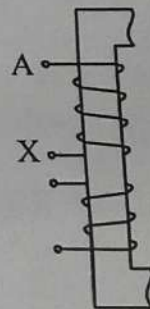
F. 三相对称绕组通入三相对称电流时, 三相合成 5 次谐波磁动势幅值 F_5 是一相 5 次谐波磁动势最大振幅的 $3/2$ 倍, F_5 可能小于三相合成基波磁动势幅值的 $1/5$ 。

二、分析计算题 (共 4 题, 50 分)

1. 一台三相变压器, 联结组标号为 Yd5, 低压侧 a 与 z 端相联。

(1) 画出该变压器高、低压绕组电动势相量图和绕组联结图;

(2) 该变压器一个铁心柱上的绕组如右图所示, 在图中标出同名端和低压绕组的首、末端。 (10 分)

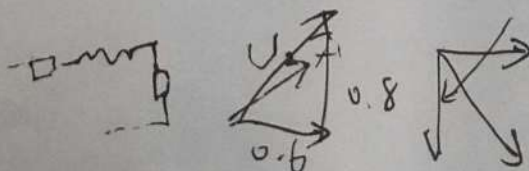


2. 一台联结组标号为 Yd11 的三相降压变压器, $S_N = 100 \text{ kV} \cdot \text{A}$, 在低压侧加额定电压 $U_{2N} = 400 \text{ V}$ 做空载试验, 测得空载电流 $I_0 = 9.37 \text{ A}$, 空载损耗 $p_0 = 616 \text{ W}$, 高压侧电压 $U_{10} = 6 \text{ kV}$; 在高压侧做短路试验, 测得额定电流时的短路电压 $U_k = 257.8 \text{ V}$, 短路损耗 $p_k = 2 \text{ kW}$ 。不考虑温度换算。求:

(1) 变压器的变比 k 和参数标么值 \underline{R}_m 、 \underline{X}_m 、 \underline{R}_k 、 \underline{X}_k ;

(2) 负载功率因数 $\cos \varphi_2 = 0.8$ (滞后) 时变压器的最高效率;

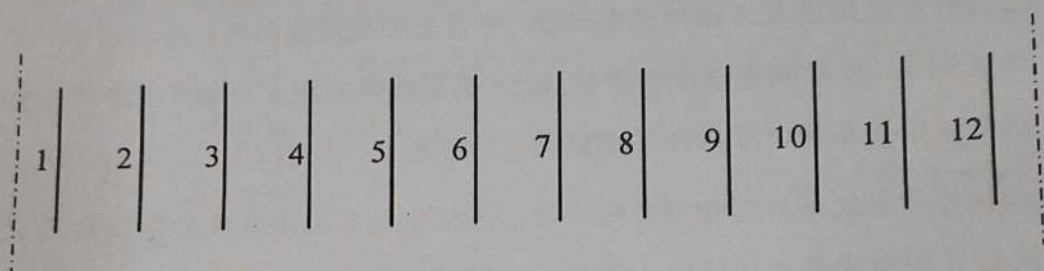
(3) 变压器满载且 $\cos \varphi_2 = 0.6$ (超前) 时, 折合到一次侧的每相负载阻抗模的实际值约为多少? (12 分)



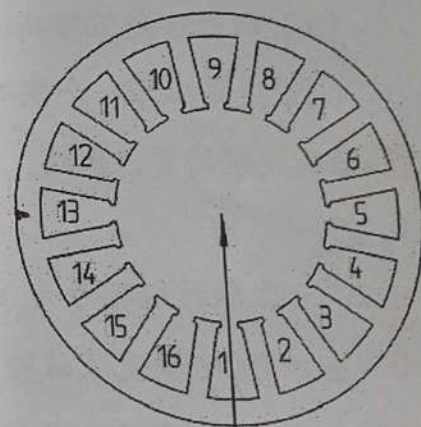
3. 一台 $p=5$ 的三相同步发电机，定子槽数为 12，各槽按逆时针编号，设转子逆时针方向旋转。现在需要按电机学中的原则来布置 60° 相带三相对称绕组。

(1) 当布置双层绕组、每个线圈匝数为 N_k 时，画出电动势星形相量图，标出相带划分结果，计算基波和 3 次谐波绕组因数，确定每相串联匝数的最小值；

(2) 当布置单层绕组时，计算基波绕组因数，确定最大并联支路数；在下图中画出并联支路数为 1 时的 A 相和 B 相绕组展开图，并标出绕组的首、末端。 (14 分)



4. 有一槽数为 16 的定子铁心，如右图所示。现欲借用该铁心布置 A、B 两相单层集中整距绕组，各线圈匝数均为 N_k ，绕组并联支路数为 1，两相绕组通电后需产生 4 极、以转速 1200r/min 逆时针旋转的合成基波圆形旋转磁动势，且使单位电流产生的合成基波磁动势幅值尽可能大。若将 A 相绕组的一个线圈边置于 1 号槽内，并设 $t=0$ 时刻合成基波磁动势的正幅值在图中箭头所指位置，即 1 号槽中心线处。试通过分析，确定 A、B 相绕组的布置方式，并给出 A、B 相电流瞬时值表达式和两相合成基波磁动势的解析表达式（不需确定的量用符号表示）。



(14 分)