

105 年公務人員特種考試身心障礙人員考試試題

考試別：身心障礙人員考試

等別：四等考試

類科：電力工程

科目：電工機械概要

一、甲工廠內某台天車起重機採用直流串激式電動機來吊掛重物，此電動機之電樞額定電壓及額定電流分別為 200 伏特 (V) 及 100 安培 (A)，電樞繞組與串激場繞組之等效電阻總和為 R_{AS} ，磁極場繞組之線圈匝數為 N_S 。已知 $R_{AS}=0.2$ 歐姆 (Ω) 及 $N_S=40$ 匝，且轉速為 1000 轉/分 (rpm) 時，由磁化曲線得知電樞電流 I_A 分別為 50 (A) 及 100 (A) 之下，電樞內電勢 E_A 分別為 150 (V) 及 180 (V)。若電源輸入電壓固定在額定值，試求：

- (一) 當電動機轉軸吊掛 1 號重物 W_1 時 $I_A=50$ (A)，請計算出此時電動機轉速 (rpm) 及感應扭力 (牛頓-公尺 (N-m))。(10 分)
- (二) 當電動機轉軸吊掛 2 號重物 W_2 時 $I_A=100$ (A)，請計算此出時電動機轉速 (rpm)、感應扭力 (N-m) 及效率。(假設轉軸輸出扭力與感應扭力相同)(15 分)

【擬答】

(一)

$$E = k\phi n, \text{ 因為是串激式} \therefore \phi = k'I_A, \text{ 得 } E = kk'I_A n = K I_A n$$

$$\text{由題意：} 150 = K \times 50 \times 1000 \dots\dots (1)$$

當電源輸入電壓為額定值，且 $I_A=50A$ 時，電樞感應電勢為

$$E_B = 200 - 50 \times 0.2 = 190$$

$$190 = K \times 50 \times n' \dots\dots (2)$$

$$\frac{(1)}{(2)} = \frac{150}{190} = \frac{K \times 50 \times 1000}{K \times 50 \times n'}$$

$$n' = 1266.67 \text{ rpm}$$

(二) 當電源輸入電壓為額定值時，且 $I_A=100A$ 時，電樞感應電勢為

$$E_B' = 200 - 100 \times 0.2 = 180$$

同題意中 $I_A=100A$ 時，電樞感應電勢為 180V 狀況，轉速 = 1000 rpm

$$\text{感應扭力 } T = \frac{P_o}{\omega} = \frac{180 \times 100}{2 \times \pi \times \frac{1000}{60}} = 171.89 \text{ (N-m)}$$

$$\text{效率 } \eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% = \frac{180 \times 100}{200 \times 100} = 90\%$$

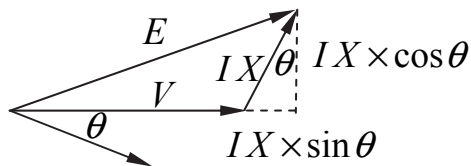
二、某部 3 相 6 極同步發電機之電樞繞組採 Y 接方式，其額定端電壓、電流及頻率分別為 346 伏特 (V)、100 安培 (A) 及 60 赫茲 (Hz)。假設此同步機之電樞繞組銅損及電樞反應均不計，且在無載時調整激磁場電流及原動機轉速，使其端電壓及頻率分別為 346 (V) 及 60 (Hz)。此後在各運轉狀況下，激磁電流及轉速均保持不變。

(一) 若 3 相 Y 接負載之電流為 100A 且功率因數 (PF) 為 0.8 落後時之輸出端電壓為 329 (V)，請計算出電樞繞組同步電抗 (歐姆 (Ω))。(15 分)

(二) 若負載電流減為 50 (A)，且 PF 變成 0.8 超前，請計算出此時之端電壓 (V)。(10 分)

【擬答】

(一)



$$E_p = \sqrt{(V_p + IX \times \sin \theta)^2 + (IX \times \cos \theta)^2}$$

$$\frac{346}{\sqrt{3}} = \sqrt{\left(\frac{329}{\sqrt{3}} + 100 \times X \times 0.6\right)^2 + (100 \times X \times 0.8)^2}$$

$$39905.33 = 36080.33 + 22793.79X + 3600X^2 + 6400X^2$$

$$10000X^2 + 22793.79X - 3825 = 0$$

$$X^2 + 2.279379X - 0.3825 = 0, \quad X = 0.314 \Omega$$

(二)

$$E_p = \sqrt{(V_p + IX \times \sin \theta)^2 + (IX \times \cos \theta)^2}$$

$$\frac{346}{\sqrt{3}} = \sqrt{(V_p + 50 \times 0.314 \times (-0.6))^2 + (50 \times 0.314 \times 0.8)^2}$$

$$199.37 = V + 50 \times 0.314 \times (-0.6)$$

$$V_p = 208.79 \quad V$$

$$\text{端電壓 } V = 208.79 \times \sqrt{3} = 361.63 \quad V$$

三、假設有 2 個相同的理想單變壓器，其高電壓繞組及低電壓繞組匝數比為 10:1；同時有 1 個額定電壓、額定容量及功率因數分別為 200 伏特 (V)、100 千伏安 (kVA) 及 0.8 落後的單相負載；1 部額定電壓為 200 V 的理想發電機；以及 1 條等效阻抗 $Z_L = (0.01 + j0.04) \Omega$ 的導線。

(一)若將發電機直接經導線連接到負載，請計算負載端電壓 (V) 及導線損失功率 (瓦特 (W))。(10 分)

(二)為有效降低導線損失功率及電壓降，而將發電機經由此 2 變壓器及導線連接到負載，請畫出接線圖，並計算出負載端電壓 (V) 及導線損失功率 (瓦特 (W))。(假設導線可承受任何電壓) (15 分)

【擬答】

(一)

$$\text{負載阻抗 } Z_{Load} = \frac{(200)^2}{100 \text{ kVA}} \angle 36.87^\circ = 0.32 + j0.24 \quad \Omega$$

負載電流

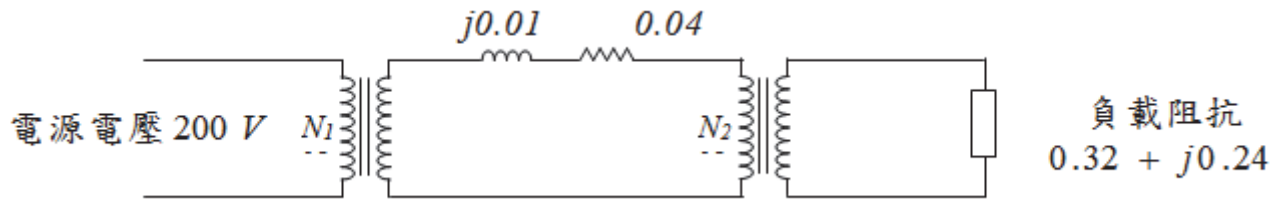
$$I_{Load} = \frac{200}{0.32 + j0.24 + 0.01 + j0.04} = 352.38 - j298.99 = 462.13 \angle -40.31^\circ \quad A$$

負載端電壓

$$V_{Load} = (462.13 \angle -40.31^\circ) \times (0.32 + j0.24) = 184.52 - j111.11 = 184.85 \angle -3.44^\circ \quad V$$

$$\text{導線損失功率 } P_{Line} = (462.13)^2 \times 0.01 = 2135.64 \quad W$$

(二)



負載電流

$$I_{Load} = \frac{200}{0.32 + j0.24 + (0.01 + j0.04) \times \frac{1}{10^2}} = 399.49 - j300.02 = 499.60 \angle -36.90^\circ \text{ A}$$

負載端電壓

$$V_{Load} = (499.60 \angle -36.90^\circ) \times (0.32 + j0.24) = 199.841 - j0.129 = 199.8416 \angle -0.037^\circ \text{ V}$$

$$\text{導線損失功率 } P_{Line} = \left(\frac{499.60}{10} \right)^2 \times 0.01 = 24.96 \text{ W}$$

四、乙廠房內有 1 部 4 極、5 匹馬力 (hp) 的 3 相感應電動機，其定子繞組採 Δ 接方式。此 3 相感應電動機之額定端電壓、頻率及轉速分別為 220 伏特 (V)、60 赫茲 (Hz)、1764 轉/分 (rpm)；此外該電動機在進行無載、轉子堵轉及直流試驗時，所得數據經分析計算得知定子側單相等效電路 (如圖所示) 中，定子繞組等效阻抗 (Z_1)、激磁電抗 (jX_m) 及轉子繞組等效阻抗 (Z_2) 分別如下：(假設鐵損可忽略，且圖中 s 為轉差率)

$$Z_1 = R_1 + jX_1 = (0.1 + j2.0)(\Omega)$$

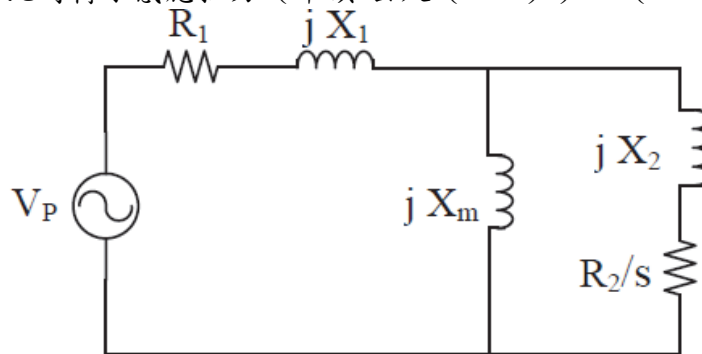
$$jX_m = (j48.0)(\Omega)$$

$$Z_2 = R_2 + jX_2 = (0.2 + j2.0)(\Omega)$$

(一)請計算出額定端電壓、頻率及轉速下之輸入電源線電流 (安培 (A)) 及功率因數。

(10 分)

(二)在額定端電壓及頻率之下，若該感應電動機轉子受到外力加速而以 1818 (rpm) 之穩態轉速運轉，請計算出此時轉子感應扭力 (牛頓-公尺 (N-m))。(15 分)



【擬答】

$$(一) \text{轉差率 } s = \frac{1800 - 1764}{1800} \times 100\% = 2\%$$

圖為分析計算至每相等效電路，故：

輸入電源線電流

$$I_i = \frac{\frac{220}{\sqrt{3}}}{0.1 + j2 + (j48) // \left(\frac{0.2}{2\%} + j2 \right)} = 10.099 - j6.415 = 11.964 \angle -32.42^\circ \text{ A}$$

$$\text{功率因數 } \cos \theta = \cos 32.42^\circ = 0.844$$

(二)

$$\text{此時轉差率 } s = \frac{1800 - 1818}{1800} \times 100\% = -1\%$$

輸入電源線電流

$$I_i' = \frac{\frac{220}{\sqrt{3}}}{0.1 + j2 + (j48) // \left(\frac{0.2}{(-1\%)} + j2 \right)} = -5.651 - j3.678 = 6.742 \angle -146.944^\circ = -6.742 \angle 33.056^\circ \quad A$$

流經轉子阻抗 Z_2 的電流

$$= (-5.651 - j3.678) \times \frac{j48}{j48 + \left(\frac{0.2}{(-1\%)} + j2 \right)} = -5.894 - j1.173$$

$$= 6.01 \angle -168.743^\circ = -6.01 \angle 11.257^\circ \quad A$$

前兩項電流為負值代表電流由電機流向電源側，此時電機由轉軸輸入能量(動能)，轉換成電能傳回電源。

$$\text{每相轉軸能量} = I_2^2 \times \frac{1-s}{s} R_2 = (-6.01)^2 \times \frac{1-(-1\%)}{-1\%} \times 0.2 = -729.626 \quad W \text{ (負值)}$$

表示能量由轉軸輸入)

$$\text{三相總轉軸能量} = 3 \times 729.626 = 2188.878 \quad W$$

$$\text{三相總轉子感應扭力 } T = \frac{P}{\omega} = \frac{2188.878}{2 \times \pi \times \frac{1818}{60}} = 11.497 \text{ (牛頓-公尺 (N-m))}$$