

110 年公務人員特種考試關務人員考試試題

考試別：關務人員考試

等別：三等考試

類科：電機工程

科目：電力系統

一、一部三相、Y 連接、440V、60Hz 之感應電動機連接至一個三相平衡電源，已知該感應電動機的線電流大小為 40 A。當一個 Δ 連接之理想電容器組與該感應電動機並聯連接後，三相電源之總線電流大小降低為 34.1A，三相電源之總功率因數則升高至 0.9 落後 (lagging)。

試求：感應電動機的輸入實功率與輸入虛功率、理想電容器組之每相電容值與每相電流值、合併感應馬達與理想電容器組之 Δ 連接每相等效阻抗值。(25 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《解題關鍵》使用電容器做功因修正前後之實功不變

【擬答】

(一)實功前後保持不變，因此連接電容器之前功因為 $pF = \frac{34.1 \times 0.9}{40} = 0.76725$

感應電動機的輸入實功率為 $P_{3\phi} = \sqrt{3} \times 440 \times 40 \times 0.76725 = 23.39kW$

輸入虛功率為 $Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times 440 \times 40 \times \sin[\cos^{-1} 0.76725] = 19.55kVAR$

(二)加入 Δ 連接電容器組後虛功為 $Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times 440 \times 34.1 \times \sin[\cos^{-1} 0.9] = 11.33kVAR$

因此 Δ 連接電容器組之虛功為 $Q_C = 19.55k - 11.33k = 8.22kVAR$

則 $Q_C = 3\omega C_{\Delta} V_L^2 \Rightarrow 8.22k = 3 \times 377 \times C_{\Delta} \times 440^2 \Rightarrow C_{\Delta} = 37.54\mu F$

每相電流值為 $I_P = 377 \times 37.54\mu \times 440 = 6.23A$

(三)合併感應馬達與理想電容器組之 Δ 連接每相等效阻抗值為

$$Z_Y = \frac{|V_L|^2}{S^*} = \frac{440^2}{\left(\sqrt{23.39^2 + 11.33^2} k \angle \cos^{-1} 0.9\right)^*} = \frac{440^2}{25.99k \angle -25.84^\circ} = 7.45 \angle 25.84^\circ \Omega$$

公職王歷屆試題（110 關務特考）

二、一部三相、Y 連接、額定 2GVA、24kV、60Hz、同步電抗 1.0 標么之大型同步發電機，經輸電線傳送 1GVA、功率因數 0.85 落後的功率到一個電壓大小為 23kV 的無限匯流排（infinite bus）。假設忽略輸電線的阻抗及該同步發電機的電樞電阻，並以該同步發電機之端電壓相角為 0° 做參考。當同時調整該同步發電機之場電流（field current）下降 20% 且調整其蒸氣渦輪機輸入機械功率後，致使該發電機之輸出虛功為零。試求：該調整工作的前、後，同步發電機的內電勢電壓大小（kV）、功率角（power angle）以及傳送至無限匯流排的實功（MW）。（25 分）

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《解題關鍵》瞭解兩個匯流排間的電力潮流關係即可解出

【擬答】

(一)調整前：忽略輸電線的阻抗及該同步發電機的電樞電阻

基準容量為 2GVA，24kV，則發電機端電壓為 $\frac{23k}{24k} \angle 0^\circ = 0.9583 \angle 0^\circ p.u$

電流為 $I = \frac{\frac{1}{2}}{0.9583} \angle -\cos^{-1}0.85 = 0.5218 \angle -31.79^\circ p.u$

同步發電機之內電勢為

$$E_g = 0.9583 \angle 0^\circ + (0.5218 \angle -31.79^\circ)(1 \angle 90^\circ) \\ = 0.9583 \angle 0^\circ + 0.5218 \angle 58.21^\circ = 1.2332 + j0.44352 = 1.3105 \angle 19.78^\circ p.u$$

同步發電機之內電勢電壓大小為 $|E_g| = 1.3105 \times 24k = 31.452kV$

功率角為 19.78 度

傳送至無限匯流排的實功為 $1G \times 0.85 = 850MW$

(二)調整後：場電流（field current）下降 20%，

1. 則同步發電機之內電勢電壓大小為 $|E_g| = 1.3105 \times 24k \times 0.8 = 25.162kV$

2. 發電機之輸出虛功為零，則 $Q_{21} = 0 = \frac{0.9583^2}{1.0} - \frac{1.0484 \times 0.9583}{1.0} \cos\delta \Rightarrow \delta = 23.93^\circ$

3. 此時傳送至無限匯流排的實功（MW）為

$$P = \frac{1.0484 \times 0.9583}{1.0} \sin 23.93^\circ = 0.4075 p.u. \times 2G = 815.04MW$$

公職王歷屆試題（110 關務特考）

三、三部三相、60 Hz 的同步馬達分別具有 0.5 標么、0.25 標么、0.15 標么的次暫態電抗（以 2 MVA、440 V 為基準值），同時並聯至電力系統的匯流排 A，該匯流排 A 再經由三條具有相同 0.05Ω 電抗的輸電線連接至該電力系統的匯流排 B，匯流排 B 所具有的短路容量為三相、20 MVA（以三相、440 V 為標稱值）。若匯流排 A 故障前的電壓為 430 V，忽略兩部馬達故障前的負載電流，試求匯流排 A 發生三相短路故障的初始對稱均方根值電流（initial symmetrical rms current）的標么值與實際值。（25 分）

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《解題關鍵》使用戴維寧定理即可解出

【擬答】

忽略兩部馬達故障前的負載電流應改成三部

$$2 \text{ MVA、} 440 \text{ V 為基準值，則 } X_{line} = \frac{0.05}{\frac{0.44^2}{2}} = 0.5165 p.u$$

$$\text{匯流排 B 之電抗為 } X_S = \frac{2}{20} = 0.1 p.u.$$

$$\text{匯流排 A 故障前的電壓為 } 430 \text{ V，為 } \frac{430}{440} = 0.9773 p.u.$$

匯流排 A 發生三相短路故障，則等效電抗為

$$X_{th} = [0.5 // 0.25 // 0.15] // \left[\frac{0.5165}{3} + 0.1 \right] = 0.07895 // 0.2722 = 0.0612 p.u$$

$$\text{對稱均方根值電流（initial symmetrical rms current）的標么值為 } I_f = \frac{0.9773}{0.0612} = 15.969 p.u.$$

$$\text{實際值為 } I_f = 15.969 \times \frac{2M}{\sqrt{3} \times 0.44k} = 41.908 kA$$

公職王歷屆試題（110 關務特考）

四、兩部三相、60 Hz 的蒸氣渦輪機-同步發電機組 A、B，其額定功率與速度調整率（speed regulation）分別為（以個別機組之額定為基準值）：300 MW 與 5%（機組 A）、250 MW 與 7%（機組 B），兩部機組同時連接至 60 Hz 的電力系統。當系統頻率突然由 60 Hz 上升至 60.15 Hz 時，試分別求出這兩部蒸氣渦輪機組 A、B 之輸出功率變化值（MW）。（25 分）

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《解題關鍵》選定基準值後修正即可求出發電量變化

【擬答】

將每一機組的調速機速度調整率表成同一 MVA 基準，並選定 1000MVA 為視在功率，則：

$$R_1 = \frac{1000}{300} \times 0.05 = 0.167 p.u.$$

$$R_2 = \frac{1000}{250} \times 0.07 = 0.28 p.u.$$

$$\Delta \omega = \frac{60.15 - 60}{60} = \frac{0.15}{60} = 0.0025 p.u.$$

每一機組的發電量變化為

$$\Delta P_A = \frac{\Delta \omega}{R_1} = \frac{0.0025}{0.167} = 0.01497 pu = 14.97 MW$$

$$\Delta P_B = \frac{\Delta \omega}{R_2} = \frac{0.0025}{0.28} = 0.00893 pu = 8.93 MW$$

公
職
王