

# 105 年公務人員特種考試警察人員、一般警察人員考試及 105 年特種考試交通事業鐵路人員考試試題

考試別：鐵路人員考試

等別：高員三級考試

類科別：電力工程

科目：電力系統

考試時間：2 小時

一、在圖 1 之三相平衡電路中，電源為 a-b-c 相序，電源相電壓有效值為 220V，傳輸線與負載阻抗單位為歐姆。電源經傳輸線供電兩組三相平衡負載，試計算：（每小題 5 分，共 20 分）

(一) 電源線電流  $I_s$  大小。

(二) 負載線電壓  $V_{ab}$  大小。

(三) 負載吸收總實（有效）功率、總虛（無效）功率、總視在功率。

(四) 總負載功率因數（PF）。

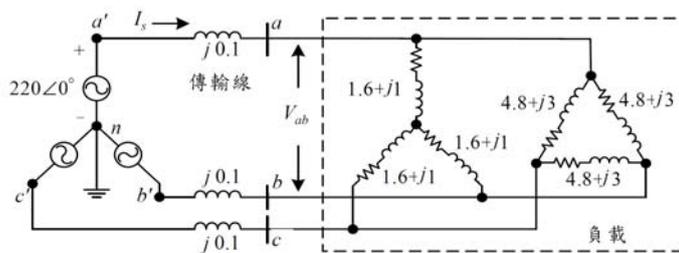


圖 1

【擬答】：

圖中  $\Delta$  之  $Z_{\Delta} = 4.8 + j3$  化成 Y 型為  $Z_Y = 1.6 + j1$

$$(一) |Z_T| = \left| (1.6 + j1) // (1.6 + j1) + j0.1 \right| = |0.8 + j0.5 + j0.1| = 1\Omega$$

$$\text{電源線電流 } I_s \text{ 大小為 } |I_s| = \frac{220}{1} = 220A$$

(二) 負載線電壓  $V_{ab}$  大小為

$$|V_{ab}| = \sqrt{3} \times 220 \times \left| (1.6 + j1) // (1.6 + j1) \right| = 359.48V$$

(三) 負載吸收總實（有效）功率為

$$P_{3\phi} = 3 \times 220^2 \times \text{Re} \left[ (1.6 + j1) // (1.6 + j1) \right] = 3 \times 220^2 \times 0.8 = 116.16kW$$

總虛（無效）功率為

$$Q_{3\phi} = 3 \times 220^2 \times \text{Im} \left[ (1.6 + j1) // (1.6 + j1) \right] = 3 \times 220^2 \times 0.5 = 72.6kVAR$$

$$\text{總視在功率為 } S_{3\phi} = 3 \times 220^2 \times \sqrt{0.8^2 + 0.5^2} = 136.98kVA$$

(四) 總負載功率因數（PF）為  $pF = \cos \left[ \tan^{-1} \frac{0.5}{0.8} \right] = 0.848$ （落後）

公職王歷屆試題(105 鐵路特考)

二、圖 2 為一個單機無限匯流排系統。圖中同步發電機操作在 60Hz，經過  $X_L=0.4$  的傳輸線傳送功率  $P_G^0=0.80$  至無限匯流排。同步發電機內電壓  $|E_a|=1.8$ ，轉子慣量  $H=5$  秒，轉子阻尼 (D) 忽略，同步電抗  $X_d=X_q=1.0$ ，無限匯流排電壓為  $|V_\infty|=1.0$ 。以上所述各標么值均已統一基準值。

(一)寫出此系統的搖擺方程式 (SwingEquation)。(5 分)

(二)若發電機出口匯流排發生三相短路，再清除此事故，請使用等面積法則，計算此系統臨界清除時間，單位為秒。(15 分)

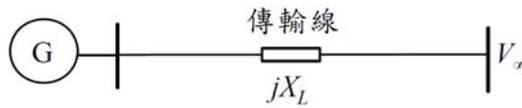


圖 2

【擬答】：

$$(一) P_e = \frac{1.8 \times 1}{1.0 + 0.4} \sin \delta = 1.286 \sin \delta$$

則搖擺方程式 (SwingEquation) 為

$$\frac{2 \times 5}{377} \frac{d^2 \delta(t)}{dt^2} = 0.8 - 1.286 \sin \delta \Rightarrow \frac{10}{377} \frac{d^2 \delta(t)}{dt^2} = 0.8 - 1.286 \sin \delta$$

$$(二) 當 1.286 \times \sin \delta = 0.8 \Rightarrow \sin \delta = \frac{0.8}{1.286} = 0.622 \Rightarrow \delta = 38.47^\circ = 38.47 \times \frac{\pi}{180} = 0.6714 \text{ rad}$$

$$\delta_{cr} = \text{Cos}^{-1} [(\pi - 2\delta_0) \sin \delta_0 - \cos \delta_0]$$

$$= \text{Cos}^{-1} [(\pi - 2 \times 0.6714) \sin 38.47^\circ - \cos 38.47^\circ] = 70.36^\circ$$

$$\text{則 } t_{cr} = \sqrt{\frac{4H(\delta_{cr} - \delta_0)}{\omega_s P_m}} = \sqrt{\frac{4 \times 5 \times (70.36^\circ - 38.47^\circ) \times \frac{\pi}{180}}{377 \times 0.8}} = 0.192 \text{ s}$$

三、圖 3 的三相電力系統中，在匯流排 4 的 a 相發生單相接地的 (SLG) 短路事故。事故前系統為平衡，故障相的電壓在事故前為 1.0 標么，事故前線路電流可忽略。(每小題 10 分，共 20 分)

(一)繪出計算此短路電流所需相序組合電路。

(二)計算此故障電流的標么值。

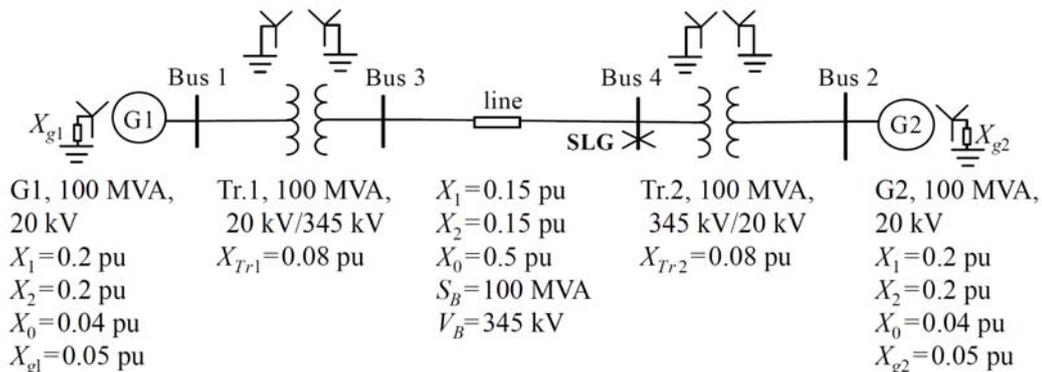


圖 3

【擬答】：

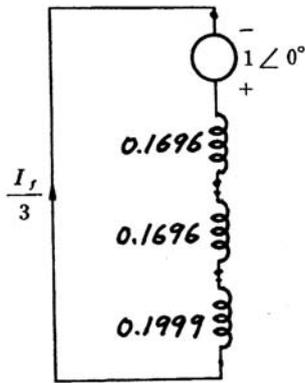
(一)各相序之戴維寧等效阻抗如下：

公職王歷屆試題(105 鐵路特考)

$$X_{1(th)} = X_{2(th)} = (0.2 + 0.08 + 0.15) // (0.08 + 0.2) = 0.43 // 0.28 = 0.1696$$

$$X_{0(th)} = (0.15 + 0.04 + 0.08 + 0.5) // (0.04 + 0.08 + 0.15) = 0.77 // 0.27 = 0.1999$$

三個相序網路為串聯型式，如下圖所示：



(二)故障電流的標么值如下：

$$I_f = 3 \times I_{a1} = 3 \times \frac{1.0}{j(0.1696 + 0.1696 + 0.1999)} = -j5.5648 p.u.$$

四、圖 4 為一個發電機組保護電驛架構單線圖，其中以 ANSI Code 編號的保護電驛有 51、32、46、49、27、59、81、64、87G、51N，試說明各編號的保護功能與目的。(20 分)

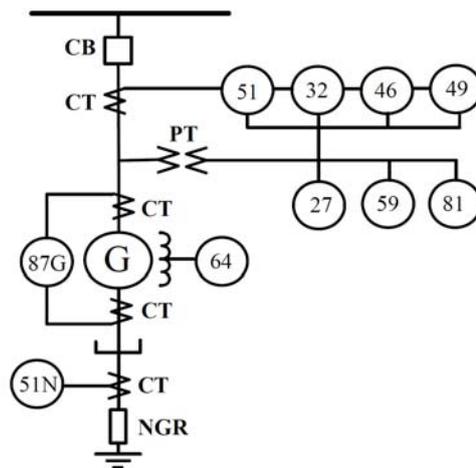


圖 4

【擬答】：

(一) 51：感應式過電流電驛

過電流電驛乃利用比流器 CT 二次側之電流，在電驛內產生磁場，及另外以其它激磁方式產生與主磁通相異 90° 之磁場，互相作用後產生移動磁場，促使轉盤轉動。

目的：電路過載保護。

(二) 51N：小能量過電流電驛(LCO)

起動電流較小，系統正常下，三相電流之向量和零，LCO 不會動作，若發生單相接地時，三相電流之向量和不為零，LCO 動作。

目的：使用於 3φ4W 多重接地系統，作為單線接地之保護。

(三) 59：過電壓電驛(OVR)

電壓超過額定值時動作，設定值大約為系統正常電壓之 120%。

目的：系統異常升高之電壓保護，通常高壓電動機與電容器組，為防止過電壓運轉而損壞，可以使用 OVR。

(四) 27：欠電壓電驛(UVR)

## 公職王歷屆試題(105 鐵路特考)

電壓低於額定值時動作，當加上電壓之後，轉盤立即轉動，(因正常電壓必大於 UVR 之動作電壓設定值)，而瞬時切斷，當停電或電壓低於設定值，則動作，以達保護作用。

目的：電源異常之低壓保護、停電及電力熔絲熔斷之檢知。

### (五) 64：接地保護電驛

電機或其他設備接地絕緣發生故障時動作的繼電器。

目的：一般用於電機設備外殼的漏電保護。

### (六) 81：過頻率電驛

當系統超過一定頻率，通常是負載跳脫(停電)。

目的：發電機運轉過快，系統崩潰解聯的前兆，此時過頻率電驛會將一部份發電機立即卸載，企圖使系統恢復發電與用電平衡的狀態，也可以保護發電機。

### (七) 32：方向電驛

通過電驛線圈之電流須在指定方向與超過某值時才開始電驛之動作；若方向與規定不同者，雖超過某值，亦無法使電驛動作。

目的：控制指定的方向來進行電驛動作。

### (八) 46：電流逆相序電驛

用於電源側之檢測，若用於負載側則需 3E 或 SE 電驛進行保護。

目的：使用於多相電流相序相反、不平衡或負相成分，超過設定值動作。

### (九) 87G：發電機電流差動電驛

差動保護電驛之主要動作電流為差動電流，即流入流出匯流排之電流差( $I_d$ )。正常時電流差( $I_d$ )為零，保護電驛不動作，事故時之大量差流促使保護電驛動作。

目的：該種電驛多用於保護發電機線圈、三相變壓器等設備。

### (十) 49：電機或變壓器溫度電驛當溫度過高時，電驛將動作。

目的：一般用於電動機、發電機、變壓器啟動或運轉中內部繞組溫度過高導致絕緣破壞。

五、某工廠之配電電壓為三相、60Hz、線電壓 3.3kV，供電下游 3 個負載。負載 1 為感應馬達群，吸收實功率 2MW、功率因數 0.85 落後。負載 2 為同步馬達，吸收實功率 1MW、功率因數 1.0。負載 3 為公用負載，吸收視在功率 1MVA、功率因數 0.8 落後。若欲將總體負載功率因數修正為 0.95 落後：(每小題 10 分，共 20 分)

(一)請計算需並聯多少 MVAR 之三相電容器組。

(二)若此三相電容器為 Y 接線，計算各相電容器所需電容值。

【擬答】：

$$(一) \text{負載 1: } P_1 = 2MW; Q_{L1} = 2M \times \tan [ \cos^{-1} 0.85 ] = 1.239MVAR$$

$$\text{負載 2: } P_2 = 1MW; Q_2 = 0$$

$$\text{負載 3: } P_3 = 0.8MW; Q_{L3} = 0.6MVAR$$

則

總體負載之實功與虛功分別為

$$P_T = 2M + 1M + 0.8M = 3.8MW$$

$$Q_L = 1.239M + 0.6M = 1.839MVAR$$

當功因提升至 0.95 落後，則並聯三相電容器組容量為

$$Q_T = 3.8M \times \tan [ \cos^{-1} 0.95 ] = 1.249MAR$$

$$Q_C = 1.839M - 1.249M = 0.59MVAR$$

$$(二) 0.59M = 377 \times C_Y \times (3.3k)^2 \Rightarrow C_Y = \frac{0.59M}{377 \times (3.3k)^2} = 143.71\mu F$$