

109 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等別：三等考試

類科：電力工程

科目：電力系統

一、某 25 MVA、69/13.8 kV Δ -Y 結線變壓器，其電抗為 5%，Y 接中性點直接接地，69 kV 系統電源之正序、負序、與零序等效阻抗值分別為 0.1 pu、0.1 pu、0 pu。計算 13.8 kV 側發生單相接地故障時：

(一)變壓器 13.8 kV 側之各相電流與電壓實際值。(12 分)

(二)變壓器 69 kV 側之各相電流與電壓實際值。(12 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★★
2. 《解題關鍵》使用對稱分量法求得

【擬答】

(一)變壓器 13.8 kV 側

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{1.0}{j0.15 + j0.15 + j0.05} = \frac{1.0}{j0.35} = -j2.857 \text{ pu}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -j2.857 \\ -j2.857 \\ -j2.857 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j8.571 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$I_a = I_f = -j2.857 \times 3 \times \frac{25M}{\sqrt{3} \times 13.8k} = -j8.965kA$$

$$V_{a1} = E_a - I_{a1}Z_1 = 1.0 - (-j2.857) \times (j0.15) = 1.0 - 0.42855 = 0.57145 \text{ pu.}$$

$$V_{a2} = -I_{a2}Z_2 = -(-j2.857) \times (j0.15) = -0.42855 \text{ pu.}$$

$$V_{a0} = -I_{a0}Z_0 = -(-j2.857) \times (j0.05) = -0.14285 \text{ pu.}$$

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = 0 \text{ pu.}$$

$$V_b = V_{a0} + a^2V_{a1} + aV_{a2} = -0.14285 + a^2 \times 0.57145 + a \times (-0.42855) = -0.2143 - j0.866 \text{ pu.}$$

$$V_c = V_{a0} + aV_{a1} + a^2V_{a2} = -0.2143 + j0.866 \text{ pu.}$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = 0.2143 + j0.866 = 0.8921 \angle 76.1^\circ \text{ pu.}$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = -j1.732 = 1.732 \angle 270^\circ \text{ pu.}$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = (-0.2143 + j0.866) - 0 = 0.8921 \angle 103.9^\circ \text{ pu.}$$

上述之實際線間電壓為：

$$V_{ab} = 0.8921 \times 13.8k \angle 76.1^\circ = 12.31 \angle 76.1^\circ (kV)$$

$$V_{bc} = 1.732 \times 13.8k \angle 270^\circ = 23.9 \angle 270^\circ (kV)$$

$$V_{ca} = 0.8921 \times 13.8k \angle 103.9^\circ = 12.31 \angle 103.9^\circ (kV)$$

(二)變壓器 69 kV 側

$$I_{a0} = 0$$

$$I_{a1} = I_{a2} = \frac{1.0}{j0.15 + j0.15 + j0.05} = \frac{1.0}{j0.35} = -j2.857 \text{ p.u.}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j2.857 \\ -j2.857 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j5.714 \\ j2.857 \\ j2.857 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j5.714 \\ j2.857 \\ j2.857 \end{bmatrix} \times \frac{25M}{\sqrt{3} \times 69k} = \begin{bmatrix} -j1.1953kA \\ -j5976kA \\ -j5976kA \end{bmatrix}$$

$$V_{a1} = E_a - I_{a1}Z_1 = 1.0 - (-j2.857) \times (j0.1) = 1.0 - 0.2857 = 0.7143 \text{ p.u.}$$

$$V_{a2} = -I_{a2}Z_2 = -(-j2.857) \times (j0.1) = -0.2857 \text{ p.u.}$$

$$V_{a0} = -I_{a0}Z_0 = 0$$

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = 0.4286 \text{ p.u.}$$

$$V_b = V_{a0} + a^2V_{a1} + aV_{a2} = 0 + a^2 \times 0.7143 + a \times (-0.2857) = -0.2143 - j0.866 \text{ p.u.}$$

$$V_c = V_{a0} + aV_{a1} + a^2V_{a2} = -0.2143 + j0.866 \text{ p.u.}$$

$$V_{ab} = V_a - V_b = 0.6429 + j0.866 = 1.0786 \angle 53.4^\circ \text{ p.u.}$$

$$V_{bc} = V_b - V_c = -j1.732 = 1.732 \angle 270^\circ \text{ p.u.}$$

$$V_{ca} = V_c - V_a = (-0.6429 + j0.866) = 1.0786 \angle 126.6^\circ \text{ p.u.}$$

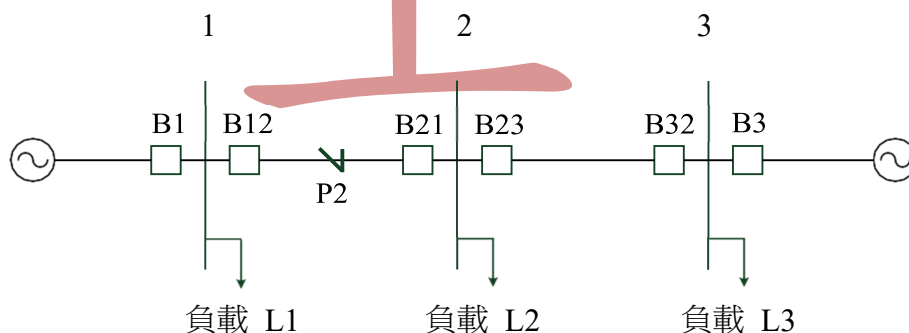
上述之實際線間電壓為：

$$V_{ab} = 1.0786 \times 69k \angle 53.4^\circ = 74.42 \angle 53.4^\circ \text{ (kV)}$$

$$V_{bc} = 1.732 \times 69k \angle 270^\circ = 119.508 \angle 270^\circ \text{ (kV)}$$

$$V_{ca} = 1.0786 \times 69k \angle 126.6^\circ = 74.42 \angle 126.6^\circ \text{ (kV)}$$

二、圖為雙電源之電力系統單線圖，計劃於圖中□符號標記位置處裝設方向電驛與延時過電流電驛。



(一)如果各電驛間要完成保護協調運作，方向電驛與延時過電流電驛要裝設於那些位置？

(9分)

(二)當故障發生於P2時，電驛B12、B21、B23是否要動作？若這些電驛有動作，請說明其動作時間要如何安排？(9分)

(三)若故障發生於匯流排2時，請說明各電驛要如何動作，確保匯流排2可受保護。(8分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★
2. 《解題關鍵》使用後衛保護方式進行電驛設定

【擬答】

(一)方向電驛要裝設於 B12、B21、B23、B32

延時過電流電驛要裝設於 B1、B3

(二)故障發生於 P2 時，電驛 B12、B21 需先動作；B23 協調，最接近故障之斷路器才會動作清除故障，其他的斷路器仍維持原狀，除非最近的斷路器動作失敗時，下一個最接近故障點的斷路器才馬上動作。

(三)故障發生於匯流排 2 時，電驛 B21、B23、B12、B32 均需先動作。

志光.學儒.保成

公職工科+國營事業

1+1 更有力

準備公職的同時，可報考國營事業考試，善用重疊考科，一次準備就上榜！

110年上榜路徑大公開！一起準備最聰明，一年超過8次上榜機會，等你工頂！

初等考 1月 ●最容易上手的公職考試	關務特考 4月 ●考科少於同職等考試	鐵路特考 6月 ●佐級錄取率最高	高普考 7月 ●一次準備，四次上榜機會	調查局特考 8月 ●三等月薪76,000起
地方特考 12月 ●考科同高普考	自來水評價人員 不定期舉辦 ●只考選擇題	台電考試 不定期舉辦 ●考科少、好準備 ●110年預計5月考試	中油僱員 不定期舉辦 ●只考2科，多為選擇題	國營事業職員級 不定期舉辦 ●國營退休潮，缺額多，限工科報考競爭者少

錄取率高 109年 工科錄取率 最高達**19.42%**

電力工程	電子工程	機械工程	資訊工程
高考 19.42% 普考 17.33%	高考 9.04% 普考 9.39%	高考 18.27% 普考 13.70%	高考 12.92% 普考 10.47%

三、某一 200 英哩 (mile) 三相輸電線路，工作頻率為 60 Hz，其每相分布線路參數為電阻 $r=0.21 \Omega/\text{mile}$ ，串聯電抗 $x=0.78 \Omega/\text{mile}$ ，併聯電納 $b=5.42 \times 10^{-6} \text{ S}/\text{mile}$ 。

(一)試求出該三相輸電線路於工作頻率 60 Hz 時之衰減常數與傳播速度。(13 分)

(二)如該線路於受電端為開路，而受電端之線對線電壓為 100 kV 時，試決定送電端之電壓與電流大小。(12 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★★
2. 《解題關鍵》需知長程輸電線參數模型

【擬答】

(一)

1. $z=0.21+j0.78=0.8078 \angle 74.93^\circ \Omega/\text{mi}$

$$y = j5.46 \times 10^{-6} = 5.46 \times 10^{-6} \angle 90^\circ \text{S/mi}$$

$$2. Z_C = \frac{\sqrt{z}}{\sqrt{y}} = 384.64 \angle -7.535^\circ \Omega$$

$$\gamma \ell = \sqrt{zy} \ell = 0.42 \angle 82.465^\circ = 0.0551 + j0.4164 = 0.42 \angle 82.46^\circ$$

因此

衰減常數為 0.0551NP

$$\text{傳播速度 } v = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{377}{\frac{0.4164}{200}} = \frac{377 \times 200}{0.4164} = 1.811 \times 10^5 \text{ mile/s}$$

(二) 線路於受電端為開路，

$$1. |V_R| = \frac{100k}{\sqrt{3}} = 57.735kV_{LN}, \text{ 令 } V_R = 57.735 \angle 0^\circ kV$$

$$2. V_S = V_R \cosh \gamma \ell = 57.735 \times 10^3 \cosh (0.42 \angle 82.46^\circ) \\ = 52.897 \angle 1.395^\circ kV_{LN}$$

$$|V_S| = \sqrt{3} \times 52.897k = 91.62 kV_{LL}$$

$$I_S = (V_R / Z_C) \sinh \gamma \ell = 0.0613 \angle 90.44^\circ$$

志光.學儒.保成 規劃了豐富完整的課程

精心安排專屬**工科人**的學習規劃，最完整的上榜課程

工科考試所需要的準備，我們通通幫你安排好了

法科
架構班

學校沒教的，我們教給你！
名師精解法科知識，
結合實務例子，助你建構
法科概念。

扎實
正規班

完整堂數規劃，循序漸進學
習，讓您深度修習工科各專
業學科知識。

作文
實戰班

作文再也不是理工人的痛！
透過專業老師的輔導，快速
強化您的寫作架構、邏輯概
念。

主題
題庫班

主題式教學，搭配各類試題
演練，進行考點分析及破題
要點訓練，讓您短時間各科
實力倍增。

精華
總複習

考前重點總複習，精準掌握
重要考點，讓您考前實力突
飛猛進。

時事議題
修法要點

自己沒時間彙整最新資訊
沒關係！
完整時事補充，修法即時解
析，考前重點全面補遺。

考前提要
關懷講座

名師考前最終提點，穩定你
累積許久的實力，讓你的觀
念更加清晰。

全國全真
模擬考

檢視應考實力、訓練臨場反
應、掌握最新考題趨勢，全
程比照考試時程，模擬考場
實戰氛圍，讓您能以平常心
應考！

公職王歷屆試題 (109 地方特考)

四、兩部發電機 G1 與 G2 之燃料成本如下：

$$C_1(P_{G1}) = 900 + 45 P_{G1} + 0.01 P_{G1}^2 ;$$

$$C_2(P_{G2}) = 2500 + 45 P_{G2} + 0.003 P_{G2}^2 ;$$

P_{G1} 與 P_{G2} 分別為兩部發電機之有效功率出力，而 C_1 與 C_2 為其燃料成本。

(一)若總負載為 600 MW，也不考慮發電機出力上下限與不考慮輸電線路損失，求出於最佳經濟調度各機組之出力與總燃料成本。(10 分)

(二)若總負載為 600 MW，考慮發電機出力上下限： $50 \text{ MW} \leq P_{G1} \leq 200 \text{ MW}$ ， $50 \text{ MW} \leq P_{G2} \leq 600 \text{ MW}$ 。於忽略輸電線路損失下，求出於最佳經濟調度各機組之出力與總燃料成本。(10 分)

(三)請說明不考慮發電機出力上下限，但考慮輸電線路損失 L 時，要如何求解最佳調度？(5 分)

【解題關鍵】

1. 《考題難易》★★

2. 《解題關鍵》每一機組均以相同之燃料遞增成本運轉最為經濟解題

【擬答】

$$(一) IC_1 = 0.02 P_{G1} + 45; IC_2 = 0.006 P_{G2} + 45 = \lambda$$

$$P_{G1} + P_{G2} = 600$$

則

$$P_{G1} = 138.46 \text{ MW}; P_{G2} = 461.54 \text{ MW}$$

$$C_1(P_{G1}) = 900 + 45 \times 138.46 + 0.01 \times (138.46)^2 = 7322.4 \$ / hr$$

$$C_2(P_{G2}) = 2500 + 45 \times 461.54 + 0.003 \times (461.54)^2 = 23908.36 \$ / hr$$

(二) $P_{G1} = 138.46 \text{ MW}; P_{G2} = 461.54 \text{ MW}$ 均在限制範圍內，因此答案與(一)相同

(三)考慮輸電線路損失 L 時，需滿足 $\frac{dF_n}{dP_n} \times L = \lambda$

$$L = \frac{1}{1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_n}}$$

其中 L 為罰點因數，其值為