

## 110 年特種考試地方政府公務人員考試試題

等 別：四等考試  
類 科：電力工程  
科 目：輸配電學概要

陳銘老師解題

一、一單相交流電壓源  $v(t) = \sqrt{2} \times 110 \cos(120\pi t)$  伏特，初始角度為零，輸出電流  $i(t) = \sqrt{2} I_{rms} \cos(120\pi t + \beta)$  安培，輸出瞬時功率 (instantaneous power)  
 $p(t) = \sqrt{3} \times 110 \times [1 + \cos(240\pi t)] + 110 \times \sin(240\pi t)$  瓦，求其平均功率 (實功率) (real power)，虛功率 (reactive power)，輸出電流的  $I_{rms}$ ？(15 分)

1. 《考題難易》：★★
2. 《解題關鍵》：需使用積化和差與複角公式分解比對方得
3. 《命中特區》：課本第 1 章 1-2 複數功率第二重點

【擬答】：

$$\begin{aligned} v(t) &= 110\sqrt{2} \cos(120\pi t), i(t) = \sqrt{2} I_{rms} \cos(120\pi t + \beta) \\ p(t) &= v(t) \cdot i(t) = 110\sqrt{2} \cos(120\pi t) \cdot \sqrt{2} I_{rms} \cos(120\pi t + \beta) \\ &= 110 \times I_{rms} \times 2 \cos(120\pi t) \cos(120\pi t + \beta) = 110 \times I_{rms} \times [\cos(240\pi t + \beta) + \cos \beta] \\ &= 110 \times I_{rms} \times [\cos(240\pi t) \cos \beta - \sin(240\pi t) \sin \beta] + 110 \times I_{rms} \times \cos \beta \\ &= 110 \times I_{rms} \cos \beta + 110 \times I_{rms} \cos \beta \cos(240\pi t) - 110 \times I_{rms} \sin \beta \sin(240\pi t) \end{aligned}$$

比對  $p(t) = \sqrt{3} \times 110 \times [1 + \cos(240\pi t)] + 110 \times \sin(240\pi t)$

則

$$I_{rms} \times \cos \beta = \sqrt{3}; -I_{rms} \times \sin \beta = 1$$

所以

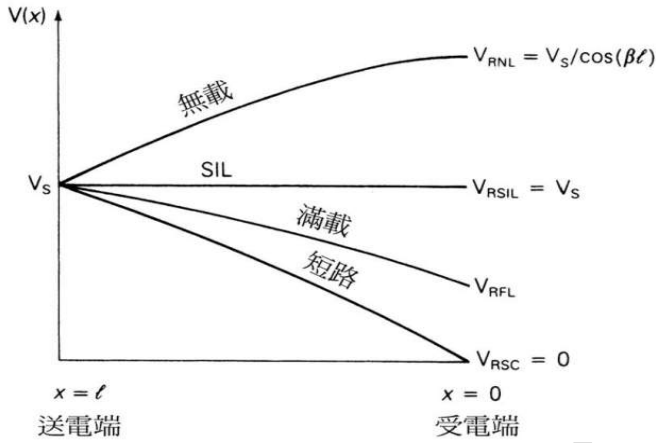
$$I_{rms} = 2A; \beta = -30^\circ$$
$$P = VI \cos \theta = 110 \times 2 \times \cos 30^\circ = 190.53W$$
$$Q = VI \sin \theta = 110 \times 2 \times \sin 30^\circ = 110VAR$$

二、請說明為何當系統重載時，會造成負載端電壓下降的現象。(10 分)

1. 《考題難易》：★
2. 《解題關鍵》：瞭解送電端與受電端電壓之關係
3. 《命中特區》：課本第 2 章 2-2 輸電線路重點七與八

【擬答】：

當長程輸電在重載時，由於線路電流過大造成線路壓降增加，因此負載端電壓會有下降現象，如圖所示。



因此在重載時：使用並聯電容器、靜態虛功控制與同步電容器來改善電壓、提高電力輸送能力與改善系統穩定度。

志光 學儒 保成

# 工科公職+國營

善用重疊考科，一次準備  
一年內超過 8 次上榜機會！

<b>初等考</b> 1月 ● 最容易上手的公職考試	<b>關務特考</b> 4月 ● 考科少於同職等考試	<b>鐵路特考</b> 6月 (110年因疫情延至9月) ● 佐級錄取率最高	<b>高普考</b> 7月 (110年因疫情延至10月) ● 主流考試，缺額眾多	<b>調查局特考</b> 8月 (110年因疫情延至10月) ● 三等月薪76,000起
<b>地方特考</b> 12月 ● 考科同高普考	<b>自來水評價人員</b> 不定期舉辦 ● 只考選擇題	<b>台電考試</b> 不定期舉辦 ● 考科少、好準備	<b>中油僱員</b> 不定期舉辦 ● 只考2科，多為選擇題	<b>國營事業職員級</b> 不定期舉辦 ● 國營退休潮，缺額多，工科類科競爭者少

**錄取率高** 109年 工科錄取率 最高達 **19.42%**

<b>電力工程</b>	<b>電子工程</b>	<b>機械工程</b>	<b>資訊工程</b>
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、400 km、500 kV、60 Hz 未經補償之三相線路，已知其正相序串聯阻抗為  $z = j0.3 \Omega/\text{km}$ ，正相序並聯導納  $y = j3 \times 10^{-6} \text{ S}/\text{km}$ ，計算此線路的 ABCD 參數及等效  $\pi$  型電路。(20 分)

1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：\*瞭解長程輸電線傳輸參數  
\*等效於中程  $\pi$  型電路之過程
3. 《命中特區》：課本第 2 章 2-2 輸電線路範例 5 與重點五

【擬答】：

(一)特性阻抗如下

$$Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}} = \sqrt{\frac{0.3 \angle 90^\circ}{3 \times 10^{-6} \angle 90^\circ}} = 316.23 \Omega$$

$$\gamma = \sqrt{0.3 \angle 90^\circ \times 3 \times 10^{-6} \angle 90^\circ} = j9.487 \times 10^{-4} = j\beta \Rightarrow \beta = 9.487 \times 10^{-4} \text{ rad} / \text{km}$$

公職王歷屆試題 (110 地方政府特考)

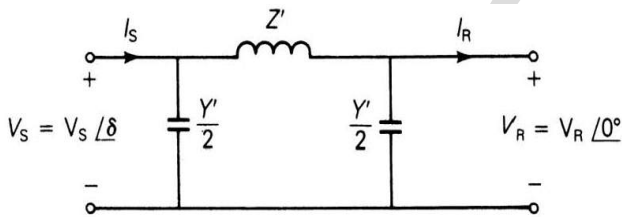
當損失不計時，則

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta l & jZ_C \sin \beta l \\ j\frac{1}{Z_C} \sin \beta l & \cos \beta l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix}$$

則 ABCD 參數為

$$\begin{aligned} [T] &= \begin{bmatrix} \cos 9.487 \times 10^{-4} \times 400 & j316.23 \times \sin 9.487 \times 10^{-4} \times 400 \\ j\frac{1}{316.23} \sin 9.487 \times 10^{-4} \times 400 & \cos 9.487 \times 10^{-4} \times 400 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0.9289 & j117.1435 \\ j1.171 \times 10^{-3} & 0.9289 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

(二)無損失傳輸線之  $\pi$  型等效電路如下



$$Z' = (j\omega L\ell) \left( \frac{\sin \beta\ell}{\beta\ell} \right) = jX' \Omega$$

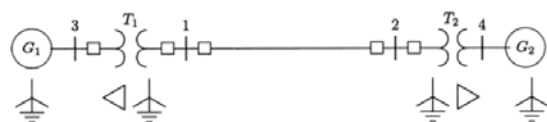
$$\frac{Y'}{2} = \left( \frac{j\omega C\ell}{2} \right) \frac{\tan(\beta\ell/2)}{(\beta\ell/2)} = \frac{j\omega C'\ell}{2} S$$

$$Z' = j117.1435 \Omega$$

$$1 + \left( \frac{Y'}{2} \right) \times Z' = 0.9289 \Rightarrow \frac{Y'}{2} \times j117.1435 = -0.0711 \Rightarrow \frac{Y'}{2} = j6.0695 \times 10^{-4} S$$

四、圖一所示電力系統的電抗資料，係以共通基準值的標么值表示，如下表：

項目	$X_1$	$X_2$	$X_0$
$G_1$	0.1	0.1	0.05
$G_2$	0.2	0.2	0.05
$T_1$	0.3	0.3	0.3
$T_2$	0.3	0.3	0.3
線路1-2	0.3	0.3	0.5



圖一

試針對發生在匯流排 1 的故障求其戴維寧相序阻抗並計算直接三相故障發生在匯流排 1 的故障電流，以及直接雙線對地故障發生在母線 1 的故障電流，以標么值表示。(20 分)

1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：瞭解三相對稱與非對稱故障之計算
3. 《命中特區》：課本第 3 章範例 13

【擬答】：

(一)故障前於匯流排 1 的合成相序阻抗分別為

正序電抗為

$$X_1 = (0.1 + 0.3) // (0.3 + 0.3 + 0.2) = 0.4 // 0.8 = \frac{0.8}{3} \Omega$$

負序電抗為

公職王歷屆試題 (110 地方政府特考)

$$X_2 = (0.1 + 0.3) // (0.3 + 0.3 + 0.2) = 0.4 // 0.8 = \frac{0.8}{3} \Omega$$

零序電抗為

$$X_0 = (0.3) // (0.5 + 0.3) = 0.3 // 0.8 = \frac{2.4}{11} \Omega$$

(二) 三相故障發生在匯流排 1 的故障電流為

$$I_f = \frac{1.0}{\frac{0.8}{3}} = 3.75 p.u.$$

(三) 直接雙線對地故障

1. 相序電流為

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_0 Z_2}{Z_0 + Z_2}} = \frac{1.0}{j \frac{0.8}{3} + j \frac{0.8}{3} // j \frac{2.4}{11}} = \frac{1.0}{j \frac{1.16}{3}} = -j \frac{3}{1.16} = -j 2.5862 p.u.$$

$$V_{a1} = V_{a2} = V_{a0} = E_a - I_{a1} \times Z_1 = 1 - \left( -j \frac{3}{1.16} \right) \left( j \frac{0.8}{3} \right) = 0.3103 p.u.$$

$$I_{a2} = -\frac{V_{a2}}{Z_2} = -\frac{0.3103}{j \frac{0.8}{3}} = j 1.1636 p.u.$$

$$I_{a0} = -\frac{V_{a0}}{Z_0} = -\frac{0.3103}{j \frac{2.4}{11}} = j 1.4222 p.u.$$

2. 故障電流為

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} = j 1.4222 + 2.5862 \angle -210^\circ + 1.1636 \angle 210^\circ = -3.2474 + j 2.1335 = 3.8855 \angle 146.7^\circ p.u.$$

$$I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2} = j 1.4222 + 2.5862 \angle 30^\circ + 1.1636 \angle -30^\circ = 3.2474 + j 2.1335 = 3.8855 \angle 33.3^\circ p.u.$$

五、紡織廠自備變壓器，由 69 kV 受電，主變壓器 7500 kVA，阻抗 7%，負載約 6000 kVA，包含低壓電動機 4500 kVA，功因 0.8，電燈 1500 kVA，功因 0.85，變壓器有 500 kVA，20 具，阻抗 5%，每具變壓器平均負載約 300 kVA，計算主變壓器消耗之無效功率、以及 20 具變壓器消耗之無效功率，若改善功因至 0.95，需安裝多少 kvar 電容器。(20 分)

1. 《考題難易》：★★★★
2. 《解題關鍵》：需瞭解變壓器在有載下的虛功計算與功因提升
3. 《命中特區》：課本第 1 章 1-2 複數功率

【擬答】：

$$(\rightarrow) Q_L = Z_{tr(pu)} \times kVA_{tr} \times \left( \frac{kVA_L}{kVA_{tr}} \right)^2$$

$$\text{主變壓器 } Q_{L1} = 0.07 \times 7500 \times (6000 / 7500)^2 = 336 \text{ kvar}$$

$$\text{其它變壓器 } Q_{L2} = 0.05 \times 500 \times (300 / 500)^2 \times 20 = 180 \text{ kvar}$$

(二) 1. 電動機由 0.8 改善至 0.95 時， $\tan \theta_1 - \tan \theta_2 = 0.421$

$$\text{消耗無效功率} = 0.421 \times 4500 \times 0.8 = 1515.6 \text{ KVAR}$$

2. 電燈功因由 0.85 改善至 0.95 時， $\tan \theta_1 - \tan \theta_2 = 0.291$ ，

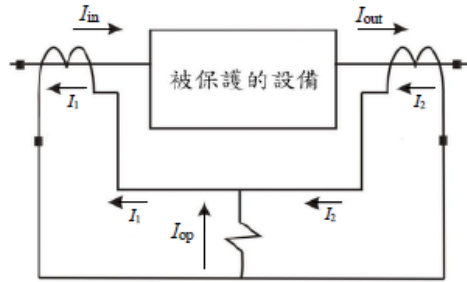
$$\text{消耗無效功率} = 0.291 \times 1500 \times 0.85 = 371.025 \text{ KVAR}$$

$$3. \text{全部消耗} = 336 + 180 + 1515.6 + 371.025 = 2402.625 \text{ KVAR}$$

(三)低壓側加裝電容器：

1. 電燈側加裝 371.025 KVAR
2. 低壓電動機側加裝 1515.6 KVAR

六、有一 100 kVA，2400/240 V 的變壓器採差動保護電驛（示意圖如圖二），試決定一次側、二次側適當比流器 CT 電流比，若電驛至多允許 20%  $I_1$  的誤差，求差動電驛之 K 值。（差動保護電驛跳脫臨界條件： $|I_1 - I_2| = K \left| \frac{I_1 + I_2}{2} \right|$ ）（15 分）



圖二 差動保護電驛示意圖

1. 《考題難易》：★★
2. 《解題關鍵》：瞭解差動電驛 K 值設定與選擇
3. 《命中特區》：課本第 6 章 6-3 保護設備 範例 5

【擬答】：

$$I_{1rated} = \frac{100k}{2.4k} = 41.7A \Rightarrow CT_1 : 50 : 5 \Rightarrow I_1' = 41.7 \times \frac{5}{50} = 4.17A$$

$$I_{2rated} = \frac{100k}{0.24k} = 417A \Rightarrow CT_2 : 500 : 5 \Rightarrow I_2' = 417 \times \frac{5}{500} = 4.17A$$

額定狀況  $I = I_1' - I_2' = 0$

閉鎖區域在  $I_1'$  與  $I_2'$  的差值達 20%

$$\frac{2+k}{2-k} = 1.2 \Rightarrow k = 0.1818$$

志光學儒 保成

# 公職/國營工科上科大勝利

眾多連續上榜，再創工科巔峰！

李○庭 109年鐵路員級機械工程【全國探花】 109年普考電子工程 109年普考機械工程	楊○仲 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】 109年普考電子工程	柯○蔚 109年普考資訊處理 109年普考資訊處理	林○錫 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程 109年普考機械工程	盧○芳 109年普考機械工程 109年普考電力工程	鄭○熙 109年普考機械工程 109年鐵路特考機械工程
陳○慶 109年鐵路特考電子工程【全國榜眼】 109年普考電子工程	蔡○全 109年鐵路特考機械工程【全國第四】 109年普考機械工程	彭○琳 109年普考資訊處理 109年普考資訊處理	黃○穎 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程 109年普考電力工程	簡○麟 109年普考電力工程 109年普考電力工程	林○宏 109年普考資訊處理 109年鐵路特考資訊處理
吳○弘 109年普考電子工程 109年地特四等電子工程【新北市狀元】	張○廷 109年普考電力工程【全國第五】 109年普考電力工程	李○ 109年普考資訊處理 109年鐵路特考資訊處理	蘇○宏 109年普考電力工程 109年鐵路特考電力工程 109年普考電力工程	賴○程 109年普考資訊處理 109年普考資訊處理	常○麟 109年普考機械工程 109年鐵路四等機械工程
許○翰 109年普考電子工程 108年地特三等【台北市狀元】	常○麟 109年普考機械工程 109年鐵路四等機械工程	翁○用 109年普考電力工程 109年普考電力工程	翁○用 109年普考電力工程 109年普考電力工程	翁○用 109年普考電力工程 109年普考電力工程	翁○用 109年普考電力工程 109年普考電力工程

109年單一年度 締造眾多優秀上榜

地特三等機械工程【高雄市狀元】陳○榮	地特四等資訊處理【台北市狀元】曾○皓	地特四等電力工程【桃園市狀元】鄧○駿	普考電子工程【全國榜眼】洪○銓
地特三等資訊處理【澎湖縣探花】沙○豪	地特四等電子工程【高雄市狀元】蔡○諺	國營聯招中油電機【探花】張○瑞	

（以下省略部分考場資訊，因字體過小，僅列出部分）