

111 年公務人員高等考試三級考試試題

類 科：電力工程

科 目：電力系統

考試時間：2 小時

陳銘老師解題

一、如圖 1 所示，一個單相、480 伏電力系統供應三組單相負載，其中負載 1 吸收實功率 12 kW、虛功率 6.67 kVAR，負載 2 吸收視在功率 4 kVA、功率因數 0.96 領先，負載 3 吸收實功率 15 kW、功率因數 1.0。(每小題 10 分，共 20 分)

(一)計算電源提供的複數功率、功率因數與電流大小。

(二)計算三組負載合成的等效串聯電抗 Z_{eq} 值。

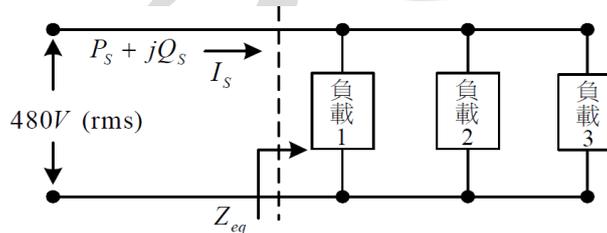


圖 1 一個單相、480 伏電力系統

1. 《考題難易》：★
2. 《解題關鍵》：注意負載的虛功是領先或是落後
3. 《命中特區》：課本 1-2 範例 7

【擬答】：

$$(一) L_1: P_1 = 12kW; Q_1 = 6.67kVAR(lag)$$

$$L_2: P_2 = 4k \times 0.96 = 3.84kW; Q_2 = 4k \times \sin[\cos^{-1}0.96] = 1.12kVAR(lead)$$

$$L_3: P_3 = 15kW; Q_3 = 0kVAR$$

$$\text{總實功率為 } P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 12k + 3.84k + 15k = 30.84kW$$

$$\text{總虛功率為 } Q_T = Q_1 - Q_2 = 6.67k - 1.12k = 5.55kVAR(lag)$$

$$\text{電源提供的複數功率為 } S = 30.84 + j5.55(kVA)$$

$$\text{電流大小為 } |I| = \frac{|S|}{V} = \frac{\sqrt{30.84^2 + 5.55^2}k}{480} = \frac{31.3354k}{480} = 65.282A$$

$$\text{功率因數為 } pF = \frac{P}{|S|} = \frac{30.84k}{31.3354k} = 0.9842(lag)$$

$$(二) S = 30.84 + j5.55(kVA) = 31.3354k \angle 10.2^\circ$$

$$S_{1\phi} = \frac{|V|^2}{Z^*} \Rightarrow Z = \frac{|V|^2}{S_{1\phi}^*} = \frac{480^2}{31.3354k \angle -10.2^\circ} = 7.3527 \angle 10.2^\circ \Omega$$

二、一個 60 Hz 電力系統由三個區域電力系統互聯組成，各區域的速度下垂 (speed droop) 控制特性由各區域基準額定得到，各區域基準額定與實際發電量如下表所示，三個區域負載的頻率敏感系數 (D 值) 不計。(每小題 10 分，共 20 分)

區域	速度下垂控制特性	基準額定	實際發電量
A	0.02 pu	16,000MW	12,800MW
B	0.0125 pu	12,000MW	9,600MW
C	0.01 pu	6,400MW	5,120MW

公職王歷屆試題 (111 高考三級)

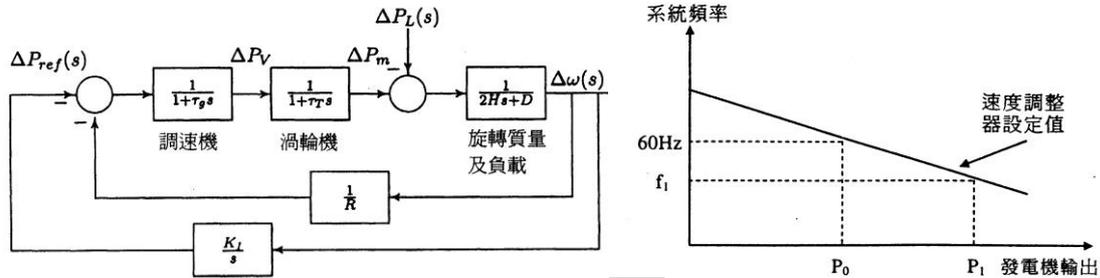
(一)請以方塊圖、特性曲線與公式等，說明同步發電機以速度下垂控制功率的原理。

(二)若此電力系統在區域 B 有一部滿載 400 MW 發電機因故跳機解聯，試計算此電力系統僅使用速度下垂控制進入穩態時的頻率實際值 (Hz)，與各區域的發電量變動實際值 (MW)。

1. 《考題難易》：★★
2. 《解題關鍵》：採用負載頻率控制(LFC; Load Frequency Control)來調度，以維持頻率穩定
3. 《命中特區》：第 6 章 6-3 AGC 課本內容與範例 4

【擬答】：

(一)方塊圖如下



各發電機依據速度調定率的設定值，將其轉子轉速的變化反應於出力調整上，因而補償了負載的變化，因此達到平衡的狀態。當發電機以調速機無拘束方式運轉時，系統頻率與機組出力的影響可用下式表示：

$$\frac{\Delta P}{\Delta f} = -\frac{P_r}{f_0 - f_r} = -\frac{P_r}{f_r \times R_s} \times 100\%$$

$$R_s = \frac{f_0 - f_r}{f_r} \times 100\%$$

$$R = -\frac{\Delta f}{\Delta P_G} = -\frac{f_0 - f}{P_G} \text{ (Hz/MW)}$$

當系統的頻率下降時，速率亦逐漸減少，因而 $P_a = P_m - P_e$ 為負值，此時調速機可控制機械功率之輸出，其設計是將使發電機的瓦數上升來補償增加的負載，因此上式中以負號表示。

(二) 400MW 機組輸出的減少，則系統頻率減到之標么值為

$$\frac{\Delta f}{f_R} = \frac{-400}{\frac{16000}{0.02} + \frac{12000}{0.0125} + \frac{6400}{0.01}} = -\frac{1}{6000} pu$$

調速機動作後，頻率降至 0.01Hz，則實際頻率為 $f_{new} = 60 - 0.01 = 59.99Hz$

上線的發電機增加其輸出為

$$\begin{cases} \Delta P_{gA} = \frac{16000}{0.02} \times \frac{1}{6000} = 133MW \\ \Delta P_{gB} = \frac{12000}{0.0125} \times \frac{1}{6000} = 160MW \\ \Delta P_{gC} = \frac{6400}{0.01} \times \frac{1}{6000} = 107MW \end{cases}$$

三、圖 2 為一個三相電力系統單線圖，各設備的正、負、零相序電抗標么 (pu) 值與基準 (Base) 值已標示於圖上。假設在匯流排 4 的 b-c 相發生完全雙線短路接地 (2LG) 事故，事故前故障相的電壓為 1.0 pu，變壓器的正、負、零相序電抗值假設相等，且變壓器相位移不予考慮。(每小題 10 分，共 20 分)

公職王歷屆試題 (111 高考三級)

(一)繪出圖 2 系統的正、負、零序電路。

(二)以圖 2 相序電路組合，計算此事故流入地面故障電流的標么值與實際值。

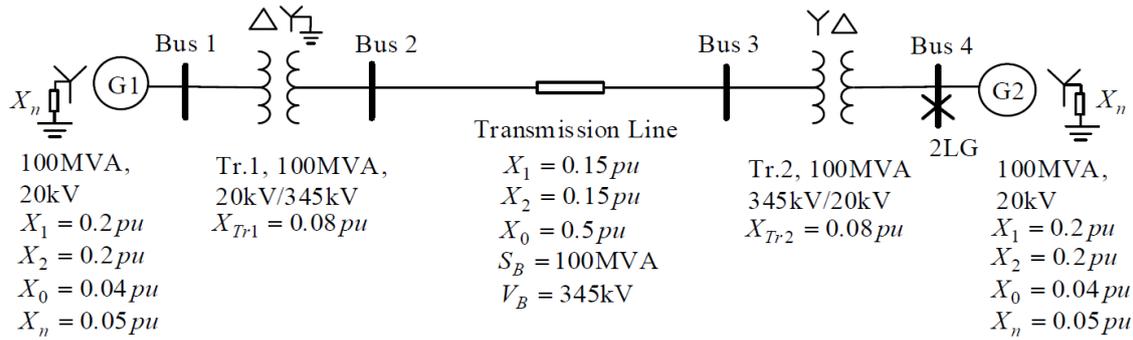
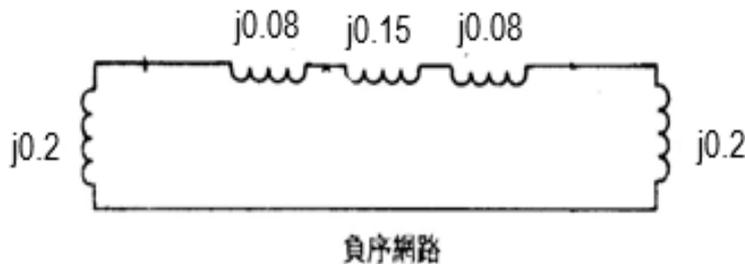
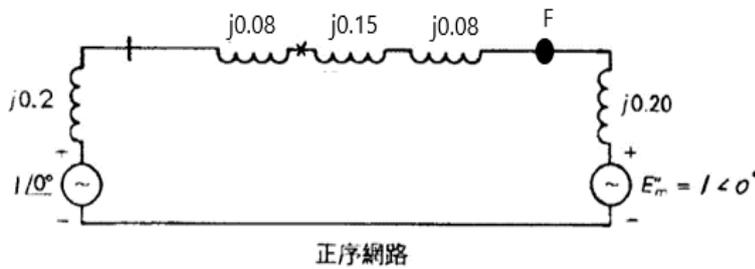
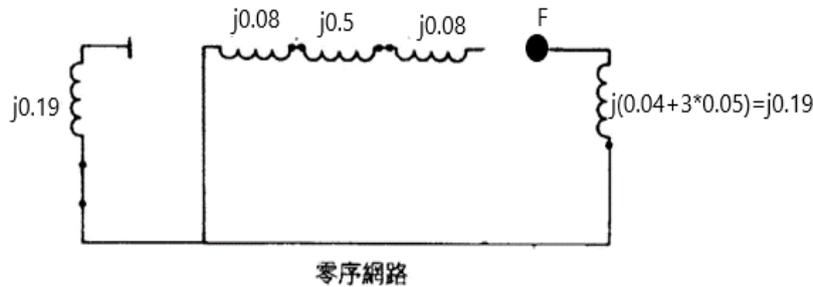


圖 2 一個三相電力系統單線圖

1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：瞭解雙線接地故障的特性
3. 《命中特區》：第 4 章 4-3 非對稱故障 自我演練 7

【擬答】：

(一)正、負、零序電路如下



(二)相序之戴維寧等效阻抗如下

$$X_{1(th)} = X_{2(th)} = (0.2 + 0.08 + 0.15 + 0.08) // (0.2) = 0.51 // 0.2 = 0.1437$$

$$X_{0(th)} = (0.04 + 0.05 * 3) = 0.19$$

$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_0 Z_2}{Z_0 + Z_2}} = \frac{1.0}{j0.1437 + \frac{j0.19 \times j0.1437}{j0.19 + j0.1437}} = -j4.434 p.u.$$

$$V_{a1} = V_{a2} = V_{a0} = E_a = I_{a1} \times Z_1 = 1.0 - (-j4.434)(j0.1437) = 1 - 0.76 = 0.3628 p.u.$$

$$I_{a2} = -\frac{V_{a2}}{Z_2} = -\frac{0.3628}{j0.1437} = j2.525 p.u.$$

$$I_{a0} = -\frac{V_{a0}}{Z_0} = -\frac{0.3628}{j0.19} = j1.909 p.u.$$

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} = j1.909 - j4.434 + j2.525 = 0 p.u.$$

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} = 6.6724 \angle 154.59^\circ p.u.$$

$$I_c = I_{a0} + a I_{a1} + a^2 I_{a2} = 6.6724 \angle 25.41^\circ p.u.$$

112年 虛實整合

多元學習新型態

志光 保成 學儒 | 重聽OK 旁聽OK

突破傳統上課形式 **5大方式** 彈性又便利

| 面授學習 | 直播學習 | 在家學習 | 視訊學習 | Wifi學習 |

<p>◆學習◆ 零時差</p>	<p>同類科各班別 皆可同步直播上課</p>	<p>◆服務◆ 零死角</p>	<p>服務緊貼需求 隨時掌握學習狀況</p>
<p>線上 課業諮詢</p>	<p>老師 申論批閱</p>	<p>雙師資 雙循環</p>	<p>多元 補課方式</p>
<p>上榜生 經驗親授</p>	<p>時事 專題講座</p>	<p>歷屆試題 練習</p>	<p>班導師 制度</p>

各班服務略有不同，詳情請洽全國志光、保成、學儒門市

四、圖 3 為一個以標么 (pu) 值表示的輻射型饋電系統。

(一)若要維持負載匯流排電壓 $|V_2|$ 在 1.0 pu，計算負載匯流排電壓相角 $\angle\theta_2$ ，與電容器組所需的虛功率補償量 Q_{G2} 。(15 分)

(二)計算負載匯流的短路容量 (short-circuit capacity) 標么值。(5 分)

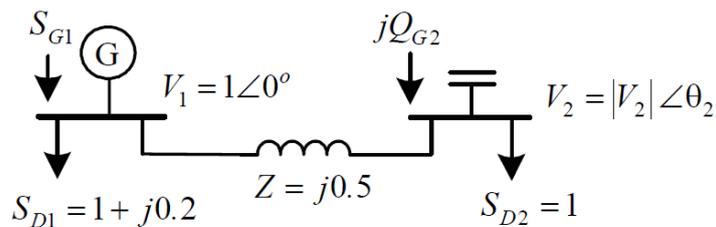


圖 3 一個輻射型饋電系統

1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：需瞭解兩個匯流排間的電力潮流分析
3. 《命中特區》：第 3 章 3-2 電力潮流分析 範例 1

【擬答】：

$$\text{(一)} P_{12} = \frac{1 \times 1}{0.5} \sin \theta_{12} = 1 \Rightarrow \theta_{12} = 30^\circ$$

所以

$$V_2 = 1 \angle -30^\circ$$

$$Q_{G2} = Q_{21} = \frac{1^2}{0.5} - \frac{1 \times 1}{0.5} \cos 30^\circ = 0.268 \text{ p.u.}$$

$$\text{(二)} X_c = \frac{1^2}{0.268} = 3.7313 \text{ p.u.}$$

$$SCC = \frac{0.268}{3.7313} = 0.072 \text{ p.u.}$$

五、在電力系統中，常用的過電流保護電驛有以下四種，請繪出此四種過電流保護電驛的基本接線方塊圖與動作公式，並說明其過電流保護電驛的典型保護應用：(每小題 5 分，共 20 分)

- (一) 瞬時／延時過電流電驛 (ANSI 保護代碼 50/51)。
- (二) 差動電驛 (ANSI 保護代碼 87)。
- (三) 方向性過電流電驛 (ANSI 保護代碼 67)。
- (四) 測距電驛 (ANSI 保護代碼 21)。

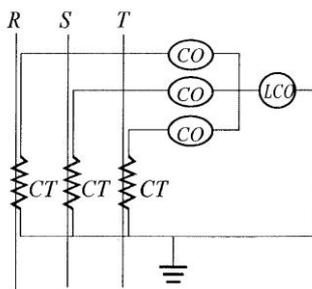
1. 《考題難易》：★★★
2. 《解題關鍵》：熟悉各種保護電驛
3. 《命中特區》：第 7 章 7-2 系統保護 第三重點

【擬答】：

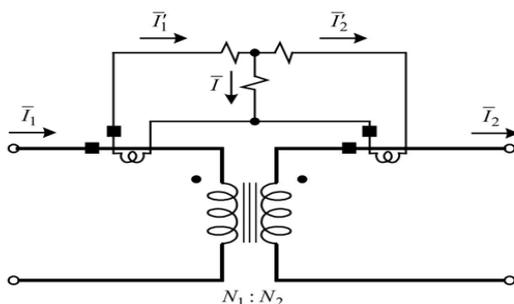
(一) 可分成瞬間與延時，當電流超過所設定的值時，此一電驛將跳脫，當運用於複雜的輸電網路時，在保護調度上有其困難，因而無法達到快速保護之要求。

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。

如圖所示



(二) 該種電驛多用於保護發電機線圈、三相變壓器等設備，須有通訊頻道之配合，如圖所示



$$1. I_1' = \frac{I_1}{a_1}, I_2' = \frac{I_2}{a_2}$$

其中 a_1 為一次側 CT1 匝數比； a_2 為二次側 CT2 匝數比

$$2. \text{差動電流 } I = I_1' - I_2' = \frac{I_1}{a_1} - \frac{I_2}{a_2}, \frac{a_2}{a_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

其值大於跳脫電流設定值時，電驛將動作達到保護變壓器之目的。

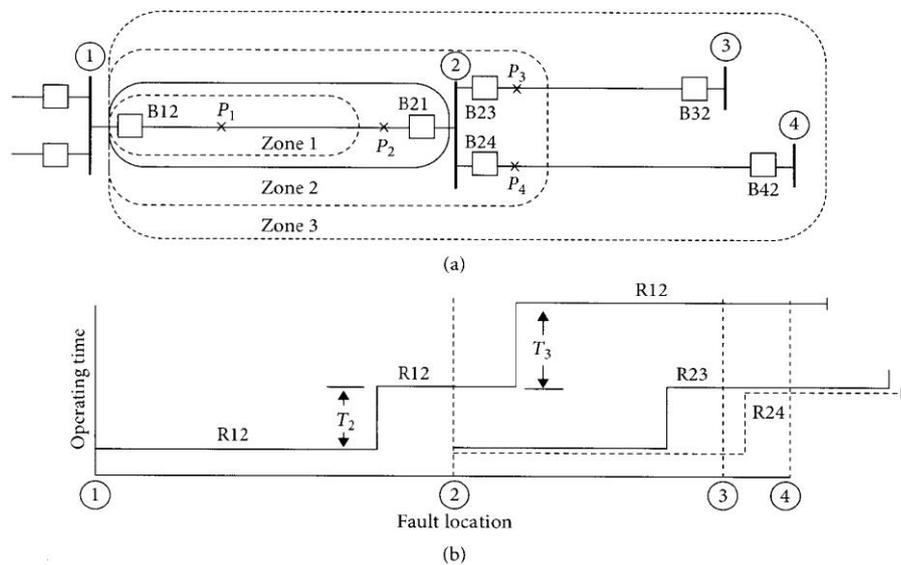
$$3. |I_1' - I_2'| > |I_p| \Rightarrow \text{跳脫}; |I_1' - I_2'| < |I_p| \Rightarrow \text{閉鎖}$$

(三) 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，一般是用在環路或發電廠，防止電流逆送到系統。

原理是利用故障電流與電壓之關係而動作，設 E 與 I 之乘積為正值時，力矩方向會使接觸點閉合，反之為啓斷。

當故障電流由匯流排流出時，會將過電流電驛與方向電驛串聯，電驛即動作，僅將兩端之斷路器跳脫，其他斷路器不致受到事故影響，繼續供電。

(四) 利用此一電驛可測出電驛裝置點至故障點之距離，若線路太短在保護範圍內設定有其困難，如圖所示。



志光學儒保成

我同時考取4種工科考試



跟著**連過4榜**的學長掌握關鍵科目解題技巧

不考取不放棄！我選擇**考取班**

推薦給正在準備工科考試的你！

基本電學是全部學科的根基，跟著老師的課程，從解釋概念到掌握電路的解題技巧，成為你的上榜關鍵秘笈。

盧源

普考 電力工程 / 鐵路特考 佐級電子工程 / 國營聯招新進職員 電機(二) / 地方特考四等 電力工程(高市)

你還有這些機會!!

鐵路特考

高普考

地方特考

自來水評價人員

台電僱員

中油僱員

國營聯招職員級