

# 104 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

一、針對一個用戶電力系統進行電力潮流計算與檢討時，請說明電壓降、功率因數的定義與改善方式，亦請說明用戶端變壓器容量與線路容量選定時的考量因素。

【擬答】：

(一)電壓降的定義與改善方式：

1. 定義：
$$\Delta V = V_S - V_R = I \times (R + jX)$$

可見欲計算穩定狀態下的電壓降，需先知道線路阻抗與線路電流，所以亦與功率因數有關。

2. 改善方式：

- (1)提高功因：功因提升，則線路電流 I 變小。
- (2)採用較高的匯流排電壓：在高壓下之電流將變小。
- (3)降低線路電阻 R：考慮導線材質與粗細。
- (4)降低電抗 X：可使用成束導體。

(二)功率因數的定義與改善方式：

$$pF = \cos \theta = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

1. 定義：

分成兩種：

- (1)電感性：滯後
- (2)電容性：領先

2. 改善方式：

- (1)同步調相機：同步電動機也是一種負載作用，當過激磁運轉時，除了供應自己所需之虛功外，還可將多餘部分供應至系統上。
- (2)並聯電容器：當負載為電感性時，加上並聯電容器可使虛功得以補償而下降。  
有三：
  - ①高壓側改善—高壓進相電容器併接於高壓母線或變壓器一次側
  - ②低壓側改善—低壓進相電容器併接於低壓匯流排或變壓器二次側
  - ③負載側改善—進相電容器併接於負載使用端。
- (3)並聯電抗器：當負載端電壓超過送電端時，此時就需加上並聯電抗器。

(三)用戶端變壓器容量與線路容量選定時的考量因素：

1. 採用高效率變壓器：選擇變壓器時，請選擇無載損(鐵損)及負載損(銅損)較小與效率較高的變壓器。
2. 停用負載太輕的變壓器，將該負載接到其他可供利用的變壓器，若使用三台單相變壓器供給三相電源的場合，可利用其中兩台改成 V-V 接線供電，而停用一台。若負載太重時，亦需考慮換大適當變壓器容量或增加變壓器組。
3. 合理選擇配電變壓器的容量：如此才不會造成配電變壓器過負荷燒壞。
4. 變壓器高低壓側均應加裝避雷器
5. 定期測量變壓器接地電阻

二、進行電力系統分析與計算時，經常使用標么系統 (per unit system)，請說明使用標么系統進行計算的原因與優點。再請以一部 60 MVA、161/22.8kV 之三相變壓器為例，說明如何設定標么系統中的功率、電壓、電流、阻抗基準值。

【擬答】：

(一)原因：

電力系統通常包含了不同容量、不同電壓之設備與輸配線路，若以實際數值來計算，不僅複雜且費時，因此電力系統就選定了基準值進行運算，將各項已知的數值與此基準值比較

## 公職王歷屆試題 (104 高考)

而得新的比值，如此計算上將更為簡捷而快速，此即使用標么系統的原因。

(二)採用標么值的優點如下：

1. 易於比較電力系統各元件的特性與參數：

例如一台額定值為 110KV' 與 10MVA 的變壓器，短路電壓為 11.6KV；而另一台額定值為 10.5KV' 與 7.5MVA 的變壓器，短路電壓為 1.05KV，若取各自的額定電壓為基準值，則

$$V_{s1} = \frac{11.6}{110} = 0.105$$

$$V_{s2} = \frac{1.05}{10.5} = 0.1$$

可瞭解短路電壓皆為額定電壓的 10% 左右。

2. 有利於判斷電機設備性能的好壞：

例如一台運轉中的發電機端電壓為 10.5KV，相電流為 1KA，若以發電機額定電壓 10.5KV 為基準值，電流基準值為 1.25KA，則

$$\begin{cases} V = 1.0 p.u. \\ I = 0.8 p.u. \end{cases}$$

即可馬上知道負載電流小於額定電流。

3. 可以不將理想變壓器當成電路元件，使計算的工作量大減。

4. 以標么值計算，結果比較容易分析。

(三) 1. 所選定的基準值，盡量使多種電機額定值，標么值等於 1 或接近 1。

2. 電力基準值  $S_b$  通常是以額定容量做為基準值(base)，所以  $S_b = 60MVA$ 。

3. 電壓基準值通常是選定系統的公稱電壓，電力系統接了許多變壓器，有高壓與低壓兩個繞組，所以電壓基準值有二： $V_{b(HV)} = 161kV$  與  $V_{b(LV)} = 22.8kV$ 。

4. 因為電壓基準值有二，故電流基準值也分成下列二種：

$$I_{b(HV)} = \frac{60M}{\sqrt{3} \times 161k} = 215.16A$$

$$I_{b(LV)} = \frac{60M}{\sqrt{3} \times 22.8k} = 1519.34A$$

5. 阻抗基準值也分成下列二種：

$$Z_{b(HV)} = \frac{(161k)^2}{60M} = 432.02\Omega$$

$$Z_{b(LV)} = \frac{(22.8k)^2}{60M} = 8.66\Omega$$

三、經濟調度是運轉電力系統時非常重要的工作。請先說明發電廠中主要使用燃料的種類，那些發電機組要參與經濟調度？為什麼要經濟調度？另如果一個總負載為 900MW 的電力系統，三部發電機之增量成本函數為：

$$IC_1 = 9 + 0.02P_{G1} \$ / MW - h$$

$$IC_2 = 10 + 0.015P_{G2} \$ / MW - h$$

$$IC_3 = 12 + 0.01P_{G3} \$ / MW - h$$

時，忽略損失，請計算各發電機最佳發電量。

【擬答】：

(一)經濟調度成因：

電力系統之經濟運用是使系統運轉效率達到最高，也就是提高效率使每一度電的發電成本降至最低，以彌補一直的燃料、工資、保養與維護費用。一般新廠較舊廠效率為高，新機組亦較舊機組效率高，運轉時適當的選用，使一廠或一機組之成本降至最低。以往降低成本之方法為運轉時以效率高之電廠供電，一直供應到效率最高，負載再增加時，增加次高效率電廠供電，直到最高效率，再增加負載時，增加第三高效率電廠供電。此法若不計其

## 公職王歷屆試題 (104 高考)

輸電損失，成本仍不能降到最低，因此負載之經濟調度與線路損失應加以研究。

(二)燃料的種類：

1. 煤
2. 石油：燃重油與輕柴油
3. 天然氣
4. 核分裂：鈾燃料
5. 地熱

(三)運轉調度策略上向來以經濟為導向，即在最低燃料成本前提下，進行各發電機組分配。這種利用經濟調度原理進行抑制火力電廠的污染排放，已證實為一種經濟有效的防治方法。

$$(四) P_{G1} + P_{G2} + P_{G3} = 900M$$

$$\text{且 } IC_1 = 9 + 0.02P_{G1} = 10 + 0.015P_{G2} = 12 + 0.01P_{G3}$$

$$\text{則 } P_{G1} = 292.3MW; P_{G2} = 323.1MW; P_{G3} = 284.6MW$$

四、有一部三相變壓器規格為 161/22.8kV、60MVA、17%電抗性阻抗。其低壓側接視在功率 0.9 pu、功率因數為 0.8 落後之負載，且運轉電壓為 22.8kV 時，請計算 161kV 側之線電壓 pu 值與伏特值。如在低壓側並接三相等效 Y 接之電容器將低壓側功率因數改善為 1 時，請計算每相電容之 MVAR 值。

【擬答】：

(一)基準值： $S_b = 60MVA$

$$V_{b(HV)} = 161kV \text{ 與 } V_{b(LV)} = 22.8kV$$

$$V_{L(HV)} = 1.0\angle 0^\circ + j0.17 \times \frac{0.9}{1.0} \angle -\cos^{-1}0.8 = 1.0\angle 0^\circ + 0.153\angle 53.13^\circ$$

$$= 1.0 + (0.0918 + j0.1224) = 1.0918 + j0.1224 = 1.0986\angle 6.4^\circ$$

$$V_L = 1.0986 \times 161k = 176.87kV$$

$$(二) Q_L = 0.9 \times \sin[\cos^{-1}0.8] = 0.54pu.$$

$$\text{虛功為 } Q_L = 0.54 \times 60M = 32.4MVAR$$

在低壓側並接三相等效 Y 接之電容器將低壓側功率因數改善為 1，則  $Q_C = 32.4MVAR$

$$\text{則每相電容之 MVAR 值為 } \frac{32.4}{3}M = 10.8MVAR$$

五、有一部 60Hz 同步發電機，暫態電抗為 0.2 pu、慣性常數 H 為 5 秒、端電壓為 1 Pu 時，經由電抗值為 0.3 Pu 傳輸線傳送 1 Pu 實功率，至電壓為 1 Pu 的無限匯流排。請計算發電機的暫態內部電壓（內電勢）與對無限匯流排的功率角。當發電機端發生一個三相接地故障，之後清除故障，請利用搖擺方程式（swing equation）與等面積法則（equal area criterion）描述發電機功率角的振盪情形。

【擬答】：

$$(一) 1 = \frac{1 \times 1}{0.3} \sin \delta \Rightarrow \delta = 17.46^\circ$$

電流為

$$I = \frac{1.0\angle 17.46^\circ - 1.0\angle 0^\circ}{j0.3} = 1 + j0.153 = 1.012\angle 8.7^\circ$$

因此激磁電壓

$$E_a = 1.0\angle 0^\circ + (j0.5)(1.012\angle 8.7^\circ)$$

$$= 1.0 + (-0.077 + j0.5) = 0.923 + j0.5 = 1.0497\angle 28.44^\circ$$

(二)內電勢與無限匯流排之間的電功率方程式為  $P_e = \frac{1.0497 \times 1}{0.5} \sin \delta = 2.1 \sin \delta$

當發電機端發生一個三相接地故障，根據搖擺方程式與等面積法則，則

$$1.0 = 2.1 \sin \delta_0 \Rightarrow \delta_0 = 28.44^\circ \times \frac{2\pi}{360} = 0.496 \text{ rad}$$

$$\therefore \delta_{cr} = \cos^{-1} [(\pi - 2 \times 0.496) \times \sin 28.44^\circ - \cos 28.44^\circ] = 81.697^\circ$$

公  
職  
王