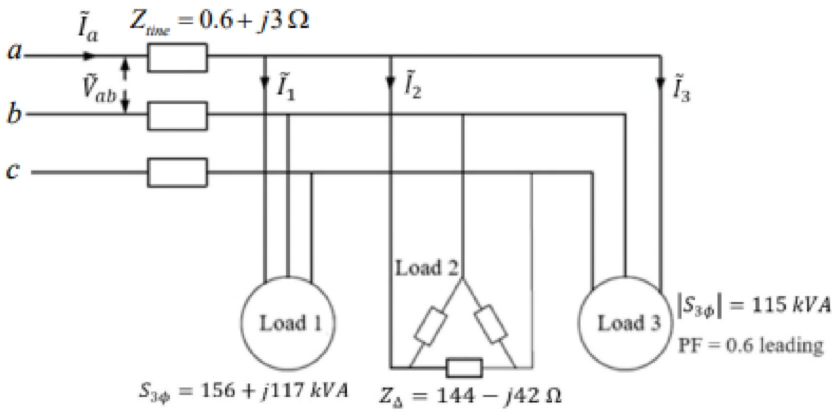
113 年公務人員高等考試三級考試試題

類　　科：電力工程
科　　目：電力系統
考試時間：2 小時

陳銘老師

一、圖一為一個三相平衡電路，電源為正相序經輸電線（line）饋電於三個並聯負載，假設負載端 a 相的線對中性點電壓相量為$2600\angle 0°V$，試計算 a 相電流相量($\tilde{I}_a$)以及 a 相與 b 相間之線電壓相量($\tilde{V}_{ab}$)。(25 分)



圖一：某一個三相平衡電路

1.《考題難易》：★★★
2.《解題關鍵》： 三相轉成單相電路解題過程
3.《命中特區》： 1-2 平衡與非平衡三相電路

【擬答】：

㈠ a 相電流相量($\tilde{I}_a$)

$$I_{line}=I_{L1}+I_{L2}+I_{L3}=\frac{\frac{156k-j117k}{3}}{2.6k}+\frac{2600\angle 0^0}{\frac{144-j42}{3}}+\frac{\frac{115k}{3}}{2.6k}\angle+Cos^{-1}0.6$$

$$=(20-j15)+(49.92+j14.56)+(8.846+j11.795)=78.766+j11.355$$

$$=79.58\angle 8.2^0$$

㈡線路阻抗為

$$Z=0.6+j3=3.0594\angle 78.69^0$$

$$V_{an}=2600\angle 0^0+(79.58\angle 8.2^0)(3.0594\angle 78.69^0)=2600\angle 0^0+243.467\angle 86.89^0$$

$$=2613.209+j243.108=2624.493\angle 5.32^0 V$$

a 相與 b 相間之線電壓相量($\tilde{V}_{ab}$)

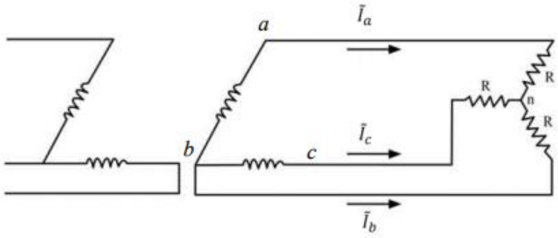
$$|V_{ab(L-L)}|=\sqrt{3}\times 2624.493=4545.755V$$

二、某一台三相 Δ-Δ 接線變壓器是由三個單相變壓器組成(每個單相變壓器之額定值為 5 kVA，其二次側線電壓為 220 V)，並在 220 V 下提供三相平衡的 15kW 純電阻性負載。之後，因三相負載降低至 10 kW，但仍然是純電阻且平衡的。於此情形下，有人建議，在三分之二負載下，可以去除一個單相變壓器，並以 V-V 接線運作如圖二所示。假設相序為 abc，$\tilde{V}_{ab}=220\angle 0°$ V。

㈠求移除一個變壓器後的每個線電流相量($\tilde{I}_a$、$\tilde{I}_b$、$\tilde{I}_c$)。(12 分)

㈡求其餘兩個變壓器各自所提供的複數功率。(8 分)

㈢對此開Δ操作的變壓器，必須對負載施加什麼限制？(5 分)



圖二：某三相Δ-Δ連接變壓器去除一個單相變壓器之示意圖

1.《考題難易》：★★
2.《解題關鍵》： 瞭解 V-V 變壓器之操作
3.《命中特區》： 3-1 發電機與系統模組

【擬答】：

(一)線路電流大小為

$$S_{V-V}=10k=\sqrt{3}\times 220\times I_L \Rightarrow I_L=26.2432A$$

$$I_a=\frac{V_{ab}}{R}=26.2432\angle 0^0\,A$$

$$I_b=\frac{V_{bc}}{R}=26.2432\angle -120^0\,A$$

$$I_c=-(I_a+I_b)=-\left(26.2432\angle 0^0+26.2432\angle -120^0\right)=26.2432\angle 120^0$$

(二)兩個變壓器各自所提供的複數功率為

$$S_{T1}=220\angle 0^0\times 26.2432\angle 0^0=5.7735kVA$$

$$S_{T2}=(-220\angle -120^0)\times(26.2432\angle -120^0)=5.7735\angle -60^0\,kVA$$

(三) V-V 連接之利用率僅達 0.866.V-V 連接的優點是△-△接線的變壓器組中,有一具故障時,可改接成此接線法繼續供電.同時,考慮未來負載的增加,新配電系統可暫時按 V 接線的方式供電,而將來加一具變壓器,改接為△-△接線,以應付增加的負載.桿上裝置時,因裝桿可簡化,小容量負載多採用此接線.其缺點有變壓器的利用率低,負載時二次端電壓有少許不平衡的情形等。

三、某三相、Y 接線同步發電機經輸電線路連接至 25 kV 無限母線。輸電線的電抗每相為 4Ω，發電機的同步電抗每相為 1Ω，發電機可以提供無限母線的最大有效功率為 150 MW。假設發電機正在提供其最大有效功率的 15%，試求輸送到無限母線的無效功率。(25 分)

1.《考題難易》：★★
2.《解題關鍵》：兩個匯流排之間的電力潮流分析
3.《命中特區》： 1-1 電力系統構成

【擬答】：

$$P_e=3\times\frac{|V_1||V_2|}{X}\sin\delta \Rightarrow P_{\max}=3\times\frac{|V_1||V_2|}{X}$$

發電機端電壓

$$150M=3\times\frac{|V_1|\times\frac{25k}{\sqrt{3}}}{4}\Rightarrow |V_1|=\frac{24k}{\sqrt{3}}\Rightarrow |V_1|_{L-L}=24kV$$

輸送到無限母線的無效功率為

$$-Q_{21}=-3\left[\frac{|V_2|^2}{X}-\frac{|V_1||V_2|}{X}\cos\delta\right]=-3\left[\frac{\left(\frac{25k}{\sqrt{3}}\right)^2}{4}-\frac{\frac{30k}{\sqrt{3}}\times\frac{25k}{\sqrt{3}}}{4}\cos 8.6269^0\right]=-(156.25M-185.3786M)=29.1286MVAR$$

四、㈠假設x_1和x_2的初始值皆為 1，使用 Gauss-Seidel 方法執行兩次疊代來解下列方程式組。（10 分）

$$
\begin{aligned}
x_1 + x_1x_2 &= 10 \\
x_1 + x_2 &= 6
\end{aligned}
$$

㈡假設x_1和x_2的初始值皆為 1，使用 Newton-Raphson 方法執行兩次疊代來解下列方程式組。（15 分）

$$
\begin{aligned}
2x_1^2 + x_2^2 &= 8 \\
x_1^2 - x_2^2 + x_1x_2 &= 4
\end{aligned}
$$

1.《考題難易》：★★★ *2.《解題關鍵》*：**G-S 與 N-R 法迭代** *3.《命中特區》*： 3-2 電力潮流分析

【擬答】：

㈠使用 Gauss-Seidel 方法執行兩次疊代

$$
\begin{bmatrix} X_1(1) \\ X_2(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{10}{1+X_2(0)} \\ 6-X_1(1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} X_1(2) \\ X_2(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dfrac{10}{1+X_2(1)} \\ 6-X_1(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 1 \end{bmatrix}
$$

㈡設定 2 個函數為

$$f_1(X_1, X_2) = 2X_1^2 + X_2^2 - 8 = 0$$

$$f_2(X_1, X_2) = X_1^2 + X_1X_2 - X_2^2 - 4 = 0$$

Jacobian Form 為 $J = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial f_1}{\partial X_1} & \dfrac{\partial f_1}{\partial X_2} \\ \dfrac{\partial f_2}{\partial X_1} & \dfrac{\partial f_2}{\partial X_2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4X_1 & 2X_2 \\ 2X_1 + X_2 & X_1 - 2X_2 \end{bmatrix}$

*1.*將初始值代入上式，則

$$f\left(X_1^{(0)},X_2^{(0)}\right)=\begin{bmatrix}f_1\\f_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-5\\-3\end{bmatrix},\qquad J^{(0)}=\begin{bmatrix}4&2\\3&-1\end{bmatrix}\Rightarrow\left[J^{(0)}\right]^{-1}=\frac{1}{-10}\begin{bmatrix}-1&-2\\-3&4\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{10}&\frac{1}{5}\\\frac{3}{10}&-\frac{2}{5}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\Delta X_1^{(0)}\\\Delta X_2^{(0)}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1}{10}&\frac{1}{5}\\\frac{3}{10}&-\frac{2}{5}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}-5\\-3\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\frac{11}{10}\\\frac{3}{10}\end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix}X_1(1)\\X_2(1)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1\\1\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}-\frac{11}{10}\\\frac{3}{10}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{21}{10}\\\frac{7}{10}\end{bmatrix}$$

2.將第一次疊代值代入上式，則

$$f\left(X_1^{(1)},X_2^{(1)}\right)=\begin{bmatrix}f_1\\f_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{131}{100}\\\frac{139}{100}\end{bmatrix},$$

$$J^{(1)}=\begin{bmatrix}\frac{42}{5}&\frac{7}{5}\\\frac{49}{10}&\frac{7}{10}\end{bmatrix}\Rightarrow\left[J^{(1)}\right]^{-1}=-\frac{50}{49}\begin{bmatrix}\frac{7}{10}&-\frac{7}{5}\\-\frac{49}{10}&\frac{42}{5}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\frac{35}{49}&\frac{70}{49}\\5&-\frac{420}{49}\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\Delta X_1^{(1)}\\\Delta X_2^{(1)}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}-\frac{35}{49}&\frac{70}{49}\\5&-\frac{420}{49}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}\frac{131}{100}\\\frac{139}{100}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{5145}{4900}\\-\frac{26285}{4900}\end{bmatrix}\Rightarrow\begin{bmatrix}X_1(2)\\X_2(2)\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{131}{100}\\\frac{139}{100}\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\frac{5145}{4900}\\-\frac{26285}{4900}\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\frac{1274}{4900}\\\frac{33096}{4900}\end{bmatrix}$$