

104 年公務人員普通考試試題

類科: 電子工程

科目: 輸配電學概要

一、有一三相輸配線電路其系統單線圖如圖所示，系統以 120kV、500MVA 作基值(base)，假設於匯流排 2 發生電力故障，故障前於匯流排 2 的合成相序阻抗分別為：

零序阻抗 $X^0 = j0.045pu$ ，正序阻抗 $X^1 = j0.15pu$ ，負序阻抗 $X^2 = j0.15pu$ ，開路電壓為 $1.0\angle 0^\circ$ ，試分別計算：

(一)經 $j0.025pu$ 阻抗接地的單線接地故障之真實故障電流。(10 分)

(二)三相直接短路故障的相序總電流。(5 分)

(三)前述兩種狀態下，哪一種故障型態的故障電流最大？如果要使得三相短路電流為最大，則在變壓器 T_1 或 T_2 上做什麼處理？(5 分)



【解】

(一)單線接地故障之標么故障電流

$$I_f = 3I_{2,a}^0 = 3 \times \frac{1.0\angle 0^\circ}{j0.045 + j0.15 + j0.15 + 3 \times j0.025} = \frac{3.0}{j0.42} = -j7.1429pu$$

則真實故障電流為

$$|I_f| = 7.1429 \times \frac{500M}{\sqrt{3} \times 120k} = 17.1831kA$$

(二)三相直接短路故障的相序總電流為

$$|I_f| = \frac{1.0}{0.15} \times \frac{500M}{\sqrt{3} \times 120k} = 16.0375kA$$

(三)只要將 T_2 的 Y 型側直接接地部分拿掉，如此在零序合成相序網路上，右側形成開路，看到的等效阻抗只有左邊的串聯阻抗合成，因此零序阻抗大幅增加，單線接地故障之電流變小。

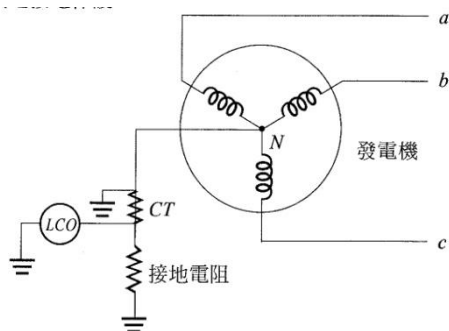
二、電力系統保護設計中，需要用到方向性接地過電流電驛來偵測接地故障，並判斷故障的發生位置，此時需要用到零序電壓 V^0 及零序電流 I^0 ，請：

(一)繪圖說明獲取 V^0 及 I^0 的接線圖，並說明其理論根據。(10 分)

(二)說明如何取得負序電壓 V^2 及負序電流 I^2 ？(10 分)

【解】

(一)方向性接地過電流電驛接線如下：



零序分量的取得：以電流為例

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \Rightarrow I_n = I_a + I_b + I_c = 3I_{a0}$$

所以只要把發生故障後產生非平衡條件下，分別測得 A 相、B 相與 C 相之電壓與電流，三者相加，此值即為零序分量的 3 倍，最後除以 3，可得零序電壓或電流。

(二)發生故障，三相不對稱了，通常就是產生零序或是負序分量。

$$I_{a2} = \frac{1}{3} \times [I_a + I_b \angle -120^\circ + I_c \angle 120^\circ]$$

所以將 A 相的不動，B 相順時針轉 120 度，C 相逆時針轉 120 度，再將三者相加後，除以 3 即可得負序分量。

三、有一個工廠其主要用電設備集中在 220V 的低壓動力匯流排上，其規格如下：照明設備容量共 100kVA，平均功率因數為 0.90；感應電動機總容量為 500kVA，平均功率因數為 0.70；辦公室電腦資通訊設備等低壓總負載可以等效為 220V、80kVA，平均功率因數為 0.60，請計算：

(一)全廠的功率因數與用電總容量。

(二)為了將功率因數提高至 0.95，最少需加裝多少電容量(kVAR)的電容器組？

(三)如果用 240V、50kVAR 的電容器來組裝(二)所需的無效功率，則需用到幾組？如何接線？加上電容器組後，最後的實際功率因數為多少？

【解】

(一)照明設備容量：

$$P_1 = 100k \times 0.9 = 90kW; Q_1 = 100k \times \sin[\cos^{-1}0.9] = 43.59kVAR$$

感應電動機總容量：

$$P_2 = 500k \times 0.7 = 350kW; Q_2 = 500k \times \sin[\cos^{-1}0.7] = 357.07kVAR$$

資通訊設備：

$$P_3 = 80k \times 0.6 = 48kW; Q_3 = 80k \times \sin[\cos^{-1}0.6] = 64kVAR$$

$$\text{總實功為 } P_T = 90 + 350 + 48 = 488kW; \text{總虛功為 } Q_T = 43.59 + 357.07 + 64 = 464.66kVAR$$

$$\text{電總容量為 } S_T = \sqrt{488^2 + 464.66^2} = 673.83kVA$$

$$\text{全廠的功率因數為 } pF = \frac{488k}{673.83k} = 0.724 (\text{滯後})$$

$$(二) Q_C = 464.66k - 488k \times \tan[\cos^{-1}0.95] = 464.66k - 160.40k = 304.26kVAR$$

(三) 240V、50kVAR 的電容器接到 220V 的低壓動力匯流排上，實際容量應為

$$Q'_C = 50k \times \left(\frac{220}{240} \right)^2 = 42.01kVAR \Rightarrow n > \frac{304.26k}{42.01k} = 7.24$$

至少要接 8 組，並接至 220V 的低壓動力匯流排上。

$$8 \text{ 組的補償虛功為 } Q_C = 42.01k \times 8 = 336.08kVAR$$

則總虛功為

$$Q_T = 464.66k - 336.08k = 128.58kVAR$$

最後的實際功率因數為

$$pF = \frac{488}{\sqrt{488^2 + 128.58^2}} = 0.967$$

四、有一組三相 220V、150hp 的感應電動機，滿載時的功率因數為 0.8，使用面積為 $250mm^2$ 的銅導線配線，線路長度為 50m，金屬管配線，導線阻抗每公里為 $0.0722 + j0.110\Omega$ ，請計算：

(一)滿載運轉時的電壓降為幾伏特？多少百分壓降？(6 分)

(二)如果改為線電壓 380V 的額定馬達，則壓降為多少？(6 分)

(三)為了減少線路電壓降，一般可以採行何種方法？(8 分)

【解】

$$I = \frac{150 \times 746}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.8} \angle -\cos^{-1} 0.8 = 367.08 \angle -36.87^\circ A$$

導線阻抗共

$$Z = (0.0722 + j0.110) \times \frac{50}{1000} = \frac{1}{1000} \times (3.61 + j5.5) = \frac{6.5789}{1000} \angle 56.72^\circ \Omega$$

電壓降大小為

$$|\Delta V| = \sqrt{3} \times \frac{6.5789}{1000} \times 367.08 = 4.183 V$$

$$\frac{\Delta V}{V} \times 100\% = \frac{4.183}{220} \times 100\% = 1.9\%$$

$$I = \frac{150 \times 746}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} \angle -\cos^{-1} 0.8 = 212.52 \angle -36.87^\circ A$$

電壓降大小為

$$|\Delta V| = \sqrt{3} \times \frac{6.5789}{1000} \times 212.52 = 2.422 V$$

$$\frac{\Delta V}{V} \times 100\% = \frac{2.422}{380} \times 100\% = 0.64\%$$

(三)方法有下列數種：

1. 提高電源電壓可以改善線路壓降。
2. 改善功率因數。
3. 線徑粗的導線。
4. 使用捆紮導線。

五、試繪圖說明負載中心整套式配電站(Load Center Unit Substation)的：

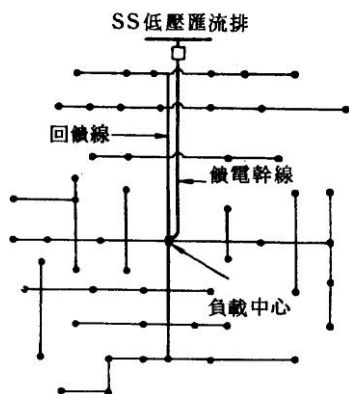
(一)系統架構圖及主要設備組成。

(二)供應三相 220V 動力設備為主的變壓器常採用 Δ 接，但又要兼有接地點的設計，常採用什麼方法？

(三)低壓總開關常採用空氣斷路器(Air Circuit Breaker)為主？或以模殼斷路器(Molded-Case Breaker)居多？為什麼？

【解】

(一)系統架構圖如下：經由負載中心饋電線路呈放射狀排列，其配電站置於負載中心處。



1. 降壓變壓器與變壓器的主斷路器，包含過電流電驛。

2. 熔絲與復閉器。

3. 高壓隔離開關。

4. 氣衝裝置。

5. 一次饋線斷路器。

6. 各種保護開關。

(二)變壓器再低壓部分採用 Δ 接，一般使用浮動中性點設計，使每相電壓相對於浮動中性點恰為相電壓。

(三)

1. 利用預先貯存的壓縮空氣來當消除電弧介質。壓縮空氣不僅作為消除電弧和絕緣介質，而且還作為傳動的動力，斷流容量大，滅弧時間短，而且快速自動重合閘時斷流容量不降低。

總之，空氣斷路器結構簡單，空氣壓力利用好，氣耗量少，常被低壓總開關採用。

2. 模殼斷路器：

利用模殼絕緣體做成外殼，可用來隔離導體與接地金屬之用，更可保持安全。

內部包含熱磁跳脫單元，故障電流愈大，消弧效果更佳。