

電力系統講義

第五回

502322-5



社團法
考友社
出版發行

輸配電學講義 第五回 目錄

第五回 (1/2)

第十二講 非對稱故障	1
命題重點	1
精選試題	16
第十三講 非對稱成分與非對稱負載之進一步考慮	35
命題重點	35
精選試題	36

第五回 (2/2)

第十四講 電力系統穩定度	1
命題重點	1
精選試題	24

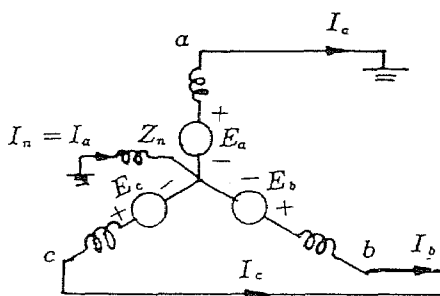
第十二講 非對稱故障

命題重點

電力系統的故障多數為非對稱故障；單線接地，線間短路，及雙線接地。對每一種故障均可利用表示故障情況的方程式及對稱成分法分析並決定系統各部份的電流及電壓。

一、無載發電機之單線接地故障

無載接發電機中性點經一電抗接地。發生單相接地故障時之電路圖如下所示。故障點之情況可以下式表示：



$$V_a = 0, I_b = 0, I_c = 0$$

由電流對稱成分得

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{I_c}{3}$$

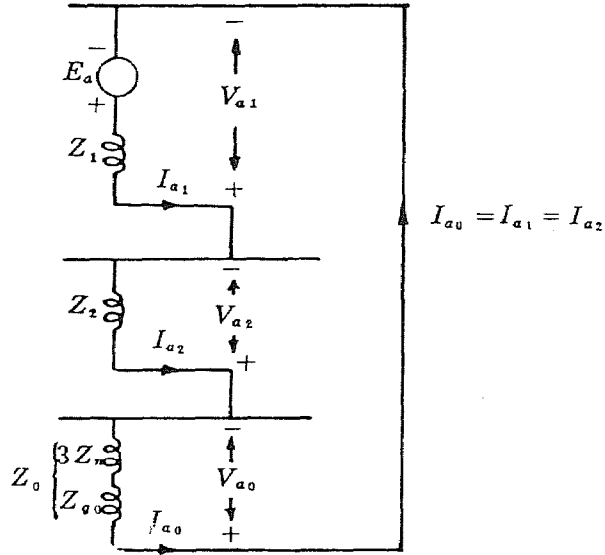
代入矩陣式

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_a \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

得

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

與前述矩陣式及對稱成分關係式一併應用可以決定故障點所有的電流及電壓。其等值相序網路連接圖如下所示。



若發電機的中性點未接地，零相序網路呈開路狀態， Z_0 為無窮大， I_{a0} 為零，且 I_{a1} 、 I_{a2} 亦為零。故線路 a 上無電流流動。

例題 12.1 一額定為 20 MVA、13.8 kv 之凸極發電機，直軸次暫態電抗為 0.25 標么，負相序及零相序電抗分別為 0.35 及 0.10 標么。發電機之中性點直接接地。求發電機之次暫態電流，及在發電機端子處發生一單相接地故障時，於次暫態情況下的線間電壓。此時發電機運轉於無載及額定電壓，並忽略其電阻。

解：以 20 MVA，13.8 kv 為基準，無載時其內電壓等於端電壓，即 $E_a = 1.0$ 標么。

$$I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} = \frac{1.0 + j0.0}{j0.10 + j0.25 + j0.35}$$

$$= -j1.43 \text{ 標么}$$

$$\begin{aligned}
 I_a &= I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} = -j4.29 \text{ 標么} = -j4.29 \times \frac{20000}{\sqrt{3} \times 13.8} \\
 &= -j3590 \text{ A}
 \end{aligned}$$

電壓之對稱成分爲

$$\begin{aligned}
 V_{a1} &= E_a - I_{a1} Z_1 = 1.0 - (-j1.43)(j0.25) = 1.0 - 0.357 \\
 &= 0.643 \text{ 標么}
 \end{aligned}$$

$$V_{a2} = -I_{a2} Z_2 = -(-j1.43)(j0.35) = -0.50 \text{ 標么}$$

$$V_{a0} = -I_{a0} Z_0 = -(-j1.43)(j0.10) = -0.143 \text{ 標么}$$

線對地電壓爲

$$V_a = V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = -0.143 + 0.643 - 0.50 = 0 \text{ 標么}$$

$$\begin{aligned}
 V_b &= V_{a0} + a^2 V_{a1} + a V_{a2} = -0.143 + (-0.5 - j0.866)(0.643) \\
 &\quad + (-0.5 + j0.866)(-0.50) = -0.215 - j0.990 \text{ 標么}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= V_{a0} + a V_{a1} + a^2 V_{a2} = -0.143 + (-0.5 + j0.866)(0.643) \\
 &\quad + (-0.5 - j0.866)(-0.50) = -0.215 + j0.990 \text{ 標么}
 \end{aligned}$$

線間電壓爲

$$\begin{aligned}
 V_{ab} &= V_a - V_b = 0.215 + j0.990 = 1.01 \angle 77.7^\circ \text{ 標么} \\
 &= 1.01 \times \frac{13.8}{\sqrt{3}} = 8.05 \angle 77.7^\circ \text{ kv}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{bc} &= V_b - V_c = 0 - j1.980 = 1.980 \angle 270^\circ \text{ 標么} = \\
 &= 1.980 \times \frac{13.8}{\sqrt{3}} = 15.78 \angle 270^\circ \text{ kv}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{ca} &= V_c - V_a = -0.215 + j0.990 = 1.01 \angle 102.3^\circ \text{ 標么} \\
 &= 8.05 \angle 102.3^\circ \text{ kv}
 \end{aligned}$$

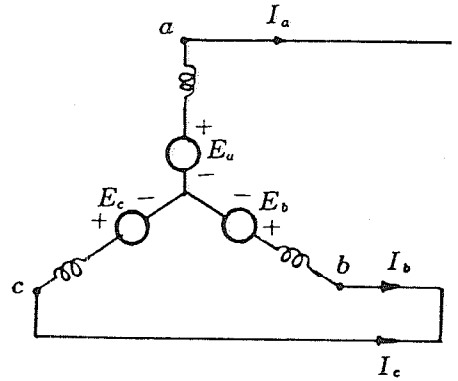
三、無載發電機之線間故障

無載Y接發電機的b相及c相發生線間故障時之電路圖如下所示。故障點的情況可用下式表示：

$$I_a = 0, \quad I_b + I_c = 0, \quad V_b = V_c$$

由電壓對稱成分得

$$V_{a1} = V_{a2}$$



由電流對稱成分得

$$I_{a0} = 0 \quad I_{a1} = -I_{a2}$$

故得 $V_{a0} = 0$

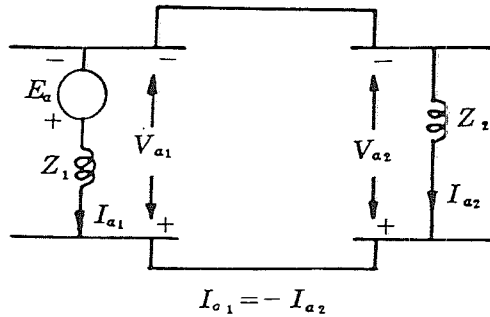
將上式各值代入矩陣式

$$\begin{bmatrix} V_{a0} \\ V_{a1} \\ V_{a2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_a \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} Z_0 & 0 & 0 \\ 0 & Z_1 & 0 \\ 0 & 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix}$$

得
$$I_{a1} = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2}$$

上列各式及對稱成分關係式一併應用可決定故障點所有的電流及電壓。

$V_{a1} = V_{a2}$ ，故知正相序網路與負相序網路必須並聯。其等值相序網路連接圖如下所示：



例題 12.2 如例題 12.1 所述，在發電機之端子間發生一線間故障，求在次暫態情況下故障點之次暫態電流及線間電壓。假定故障發生時發電機無載且於額定電壓運轉，電阻可以忽略。

解：
$$I_{a2} = -I_{a1} = -\frac{E_a}{Z_1 + Z_2} = -\frac{1.0 + j0.0}{j0.25 + j0.35} = j1.667 \text{ 標么}$$

● 精選試題 ●

1—60赫透平發電機額定 500 MVA，22 kv，Y 接，中性點直接接地，無載時運轉於額定電壓。該發電機與系統隔離，其電抗為 $X''=X_2=0.15$ 標么，及 $X_0=0.05$ 標么。求單線接地故障之次暫態線路電流與對稱的三相故障次暫態線路電流之比值。

解：(a) 單線接地故障之次暫態線路電流 $I_{1\phi g}$

$$I_{1\phi g} = \frac{3E_s}{X_1 + X_2 + X_0} = \frac{3 \times 1.0}{j0.15 + j0.15 + j0.05} = -j \frac{3.0}{0.35}$$

$$= -j 8.571$$

$$\text{標么} = -j 0.571 \times \frac{500000}{\sqrt{3} \times 22} = -j 112468.5^A$$

(b) 三相故障之次暫態線路電流 $I_{3\phi f}$

$$I_{3\phi f} = \frac{E_s}{E_1} = \frac{1.0}{j0.15} = -j 6.667 \text{ 標么}$$

$$= -j 6.667 \times \frac{500000}{\sqrt{3} \times 22} = -j 87479.9^A$$

故得

$$\frac{I_{1\phi g}}{I_{3\phi f}} = \frac{-j 8.571}{-j 6.667} = 1.286$$

2 如習題 12.1，求線至線故障之次暫態線路電流與發電機在對稱的三相故障次暫態線路電流之比值。

解：線至線故障時， $I_{a0}=0$

$$I_{a1} = -I_{a2} = \frac{E_s}{X_1 + X_2} = \frac{1.0}{j0.15 + j0.15} = -j 3.333 \text{ 標么}$$

$$I_a = I_{a0} + I_{a1} + I_{a2} = 0$$

$$I_b = I_{a0} + a^2 I_{a1} + a I_{a2} = (a^2 - a) I_{a1} = (-0.5 - j0.866 + 0.5 - j0.866)(-j3.333) = -5.773 \text{ 標么}$$

$$I_c = -I_b = 5.773 \text{ 標么}$$

故得

$$\frac{I_{\phi-\phi-f}}{I_{3\phi f}} = \frac{5.773}{6.667} = 0.866$$

3 如習題 12.1 求在發電機中性點所加以連接的感抗之歐姆值，用以限制單線接地故障之次暫態電流至三相故障者。

$$\text{解：} \quad \frac{3.0}{j(0.35 + 3X_n)} = \frac{1.0}{j0.15}$$

$$0.45 = 0.35 + 3X_n$$

$$X_n = \frac{0.1}{3} = 0.0333 \text{ 標么} = 0.0333 \times \frac{(22)^2}{500} = 0.0322 \Omega$$

4 如習題 12.3 求得之感抗，試求下列各故障之次暫態線路電流的比值：(a)單線接地故障，(b)線至線故障，(c)兩線至地故障。

解：

$$(a) \quad \frac{I_{1\phi g}}{I_{3\phi g}} = 1.0$$

$$(b) \quad \frac{I_{\phi-\phi-f}}{I_{3\phi f}} = 0.866$$

(c) 兩線至地故障時

$$I_{a1} = \frac{E_a}{X_1 + \frac{X_2 X_0}{X_2 + X_2}} = \frac{1.0}{j0.15 + \frac{(j0.15)(j0.1499)}{j0.2999}}$$

$$= -j4.445 \text{ 標么}$$