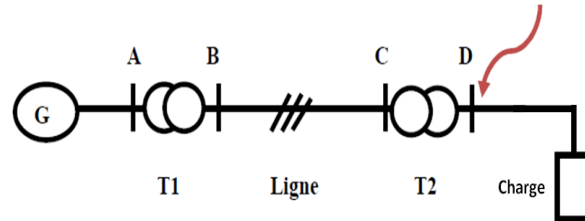


Fiche TD

Exercice N°1 :

Soit le schéma unifilaire d'un réseau triphasé



Un défaut triphasé symétrique est survenu au point D qui rend le système déséquilibré. Calculer en utilisant la méthode des impédances le courant de court-circuit parcouru dans le réseau. On donne :

1. Générateur

$$\Delta U_G = 12\%$$

$$U_{nG} = 10,5 \text{ kV}$$

$$S_{nG} = 50 \text{ MVA}$$

2. Transformateur 1

$$\Delta U_1 = 11\%$$

$$S_{nT1} = 30 \text{ MVA}$$

$$\Delta P_{cuT1} = 150 \text{ kW}$$

$$m_{T1} = \frac{120}{10} \text{ kV}$$

3. Transformateur 2

$$\Delta U_2 = 10\%$$

$$S_{nT2} = 10 \text{ MVA}$$

$$\Delta P_{cuT2} = 50 \text{ kW}$$

$$m_{T2} = \frac{10,75}{110} \text{ kV}$$

4. La ligne

$$R = 0,153 \Omega / \text{Km}$$

$$X = 0,153 \Omega / \text{Km}$$

$$L = 120 \text{ Km}$$

Exercice 2 :

Considérons un réseau triphasé linéaire et symétrique, c'est à dire composé d'impédances constantes et identiques pour les 3 phases (c'est le cas en pratique) ne **comportant que des forces électromotrices équilibrées**. Ce réseau subit un court-circuit dissymétrique entre une phase et la masse par la mise en contact par le sol (rupture soudaine) ou par une pièce conductrice avec la terre (Fig. 1). Les courants et tensions peuvent se trouver déséquilibrés.

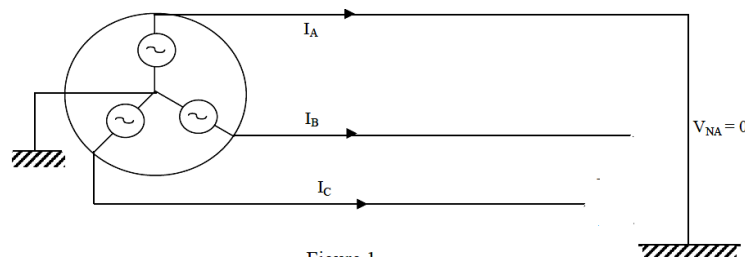


Figure 1.

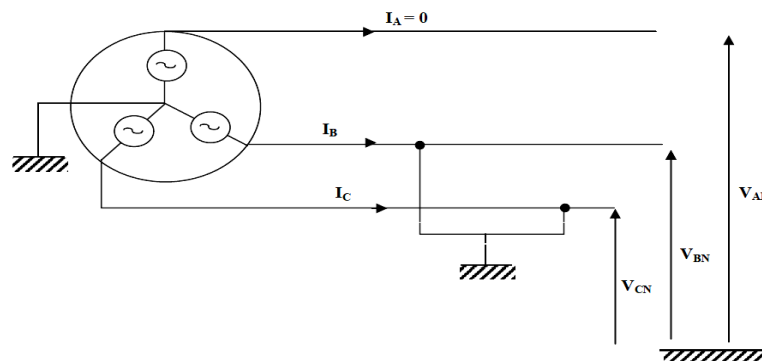
1- Déterminer les expressions de V_A , V_B et V_C .

2- Déterminer les courants de défaut de différentes phases.

Application numérique : $E_d = 20 \text{ kV}$, et $Z_d = Z_i = j0,2 \Omega$, $Z_h = j0,15 \Omega$

Exercice 3 :

On considère un réseau équilibré avec un générateur délivre trois tension équilibrés de 15 kV un défaut entraînant un court-circuit dissymétrique entre deux phases et la terre.



1- Déterminer les expressions des composantes symétriques des tensions de ligne V_d , V_i et V_h .

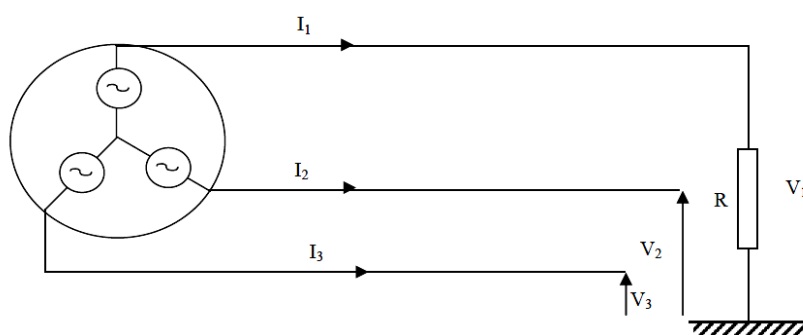
2- Déterminer les expressions des composantes symétriques des courants de ligne I_d , I_i et I_h .

3- Calculer les courants de défauts.

Application numérique : $E_d = 15 \text{ kV}$, et $Z_d = Z_i = j0,36 \Omega$; $Z_h = j0,25 \Omega$.

Exercice 4

Soit un générateur symétrique, et le défaut suivant :



1- Donner le type de défaut

2- Calculer I_1 , V_1 , V_2 et V_3 sachant que $R = 1,1 \Omega$, $E_d = 20 \text{ kV}$, $E_i = E_h = 0$ et $Z_d = Z_i = j0,1 \Omega$, $Z_h = j0,14 \Omega$.

3- Que peut-on conclure des valeurs de V_2 et V_3 obtenues ?

Solution

Exercice N°1

- Calcul de courant de court-circuit triphasé

✓ Générateur

$$R_G = 0$$

$$Z_G = X_G = \frac{\Delta U(\%) \times U_{nG}^2}{S_{nG}} = \frac{(12) \times (10.5)^2}{50} = 0,26 \, \Omega$$

✓ Transformateur 1

$$Z_{T1} = \sqrt{(R_{T1})^2 + (X_{T1})^2}$$

$$R_{T1} = \frac{\Delta P_{cc} \times U_{n1}^2}{1000 \times S_{n1}^2} = \frac{150 \times (10)^2}{1000 \times (30)^2} = 0,016 \, \Omega$$

Il n'y a pas le nombre 1000 et 100 dans le dénominateur dans les relations.

$$Z_{T1} = \frac{\Delta U_1 \times U_{n1}^2}{100 \times S_{n1}} = \frac{11 \times (10)^2}{100 \times 30} = 0,36 \, \Omega$$

$$X_{T1} = \sqrt{(Z_{T1})^2 - (R_{T1})^2} = \sqrt{(0,36)^2 - (0,016)^2} = 0,35 \, \Omega$$

✓ La ligne

$$R_R = R \times L = (0,153) \times (120) = 18,36 \, \Omega$$

$$X_R = X \times L = (0,4) \times (120) = 48 \, \Omega$$

✓ Transformateur 2

$$Z_{T2} = \sqrt{(R_{T2})^2 + (X_{T2})^2}$$

$$R_{T2} = \frac{\Delta P_{cc} \times U_{n1}^2}{1000 \times S_{n1}^2} = \frac{50 \times (110)^2}{1000 \times (10)^2} = 6,05 \, \Omega$$

Il n'y a pas le nombre 1000 et 100 dans le dénominateur dans les relations.

$$Z_{T2} = \frac{\Delta U_1 \times U_{n1}^2}{100 \times S_{n1}} = \frac{10 \times (110)^2}{100 \times 10} = 121 \, \Omega$$

$$X_{T2} = \sqrt{(Z_{T2})^2 - (R_{T2})^2} = \sqrt{(121)^2 - (6,05)^2} = 120,84 \, \Omega$$

- Valeurs des résistances et réactances ramenés au point de défaut.

✓ Générateur

$$X_G' = X_G \times m_{T1}^2 \times m_{T2}^2 = 0,32 \, \Omega$$

X_G' : réactance de générateur ramené à la tension de défaut.

✓ **Transformateur 1**

$$Z_{T1}' = Z_{T1} \times m_{T1}^2 \times m_{T2}^2 = 0,5 \, \Omega$$

$$R_{T1}' = R_{T1} \times m_{T1}^2 \times m_{T2}^2 = 0,022 \, \Omega$$

$$X_{T1}' = \sqrt{(Z_{T1}')^2 - (R_{T1}')^2} = 0,49 \, \Omega$$

Z_{T1}' : impédance de transformateur 1 ramené à la tension de défaut.

R_{T1}' : résistance de transformateur 1 ramené à la tension de défaut.

X_{T1}' : Réactance de transformateur 1 ramené au tension de défaut.

✓ **La ligne**

$$R_R' = R_R \times m_{T2}^2 = 0,175 \, \Omega$$

$$X_R' = X_R \times m_{T2}^2 = 0,45 \, \Omega$$

R_R' : Résistance de réseau ramené à la tension de défaut.

X_R' : Réactance de réseau ramené à la tension de défaut.

✓ **Transformateur 2**

$$R_{T2}' = R_{T2} \times m_{T2}^2 = 0,05 \, \Omega$$

$$X_{T2}' = X_{T2} \times m_{T2}^2 = 1,15 \, \Omega$$

R_{T2}' : résistance de transformateur 2 ramené à la tension de défaut.

X_{T2}' : réactance de transformateur 2 ramené à la tension de défaut.

Et finalement l'impédance de court-circuit vaut :

$$Z_{CC} = \sqrt{(R_{CC})^2 + (X_{CC})^2}$$

$$R_{CC} = R_{T1}' + R_{T2}' + R_R' = 0,25 \, \Omega$$

$$X_{CC} = X_{T1}' + X_{T2}' + X_G' + X_R' = 2,42 \, \Omega$$

$$Z_{CC} = \sqrt{(R_{CC})^2 + (X_{CC})^2} = 2,43 \, \Omega$$

- Alors le courant $I_{cc3\emptyset}$ égale à :

$$I_{cc3} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \times Z_{CC}} = \frac{10,75}{\sqrt{3} \times 2,43} = 2,55 \, kA$$

Un correspond à la tension composé à vide de transformateur le plus proche de point de défaut (la tension secondaire composé de transformateur).

Exercice N°2

1- Détermination de V_A , V_B et V_C :

Les courants en B et C sont supposés négligeables par rapport à I_A . Alors on écrit :

$I_B = I_C \approx 0$ et $V_A = 0$.

$$\begin{cases} I_h = \frac{1}{3}(I_A + I_B + I_C) = \frac{I_A}{3} \\ I_d = \frac{1}{3}(I_A + aI_B + a^2I_C) = \frac{I_A}{3} \\ I_i = \frac{1}{3}(I_A + a^2I_B + aI_C) = \frac{I_A}{3} \end{cases}$$

Remarque : dans le cas d'un court circuit dissymétrique ligne – terre, $I_d = I_i = I_h = I_A/3$.

En considérant que le générateur produit normalement un système équilibré direct, on peut écrire : $E_d = E_A$; $E_i = 0$ et $E_h = 0$

Si on désigne par Z_d , Z_i et Z_h les composantes symétriques de l'impédance de défaut :

$$\begin{cases} V_d = E_d - Z_d I_d \\ V_i = 0 - Z_i I_i \\ V_h = 0 - Z_h I_h \end{cases}$$

On applique les expressions démontrés dans le cours on obtient

$$\begin{aligned} I_d = I_i = I_h &= \frac{E_d}{Z_d + Z_i + Z_h} \\ V_d &= \frac{Z_i + Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} \times E_d \\ V_i &= -\frac{Z_i}{Z_d + Z_i + Z_h} \times E_d \\ V_h &= -\frac{Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} \times E_d \end{aligned}$$

Retour aux grandeurs de phase

$$V_a = 0$$

$$V_B = \frac{(a^2 - a)Z_i + (a^2 - 1)Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} \times E_d$$

$$V_c = \frac{(a - a^2)Z_i + (a - 1)Z_h}{Z_d + Z_i + Z_h} \times E_d$$

Le courant de défaut peut se calculer comme suite :

$$I_{CC1Terre} = I_a = \frac{3 E_d}{Z_d + Z_i + Z_h} \quad I_b = I_c = 0$$

Pour l'application numérique n'oublie pas que toutes les grandeurs en valeur complexes.

Exercice N°3

1- Les expressions des tension V_d , V_i et V_o

$$V_b = V_c = 0, I_b = -I_c \text{ (Phases en défaut)}$$

$$I_a = 0 \text{ (Phases saine)}$$

Traduction en grandeurs symétriques

$$\begin{cases} V_d = \frac{1}{3}(V_a + a.V_b + a^2.V_c) = \frac{1}{3}V_a \\ V_i = \frac{1}{3}(V_a + a^2.V_b + a.V_c) = \frac{1}{3}V_a \\ V_h = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c) = \frac{1}{3}V_a \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_d = V_i = V_h$$

2- Les expressions des courants I_d , I_i et I_o

Soit d'après l'équation (*)

$$V_i = -Z_i I_i \quad \text{et} \quad V_h = -Z_h I_h$$

$$\text{Donc } I_i = -\frac{(E_d - Z_d I_d)}{Z_i}$$

$$I_h = -\frac{(E_d - Z_d I_d)}{Z_h}$$

$$I_a = I_d + I_i + I_h = 0$$

$$\Rightarrow I_a = I_d - \frac{(E_d - Z_d I_d)}{Z_i} - \frac{(E_d - Z_d I_d)}{Z_h} = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} I_d = \frac{E_d (Z_i + Z_h)}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h} \\ I_i = -\frac{E_d Z_h}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h} \\ I_h = -\frac{E_d Z_i}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h} \end{cases}$$

3- Calcul des courants de courts-circuits

Retour aux grandeurs de phase :

$$I_c = \frac{(a-1)E_d Z_i + (a-a^2)E_d Z_h}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h}$$

$$I_b = -\frac{(a-1)E_d Z_i + (a-a^2)E_d Z_h}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h}$$

$$\begin{aligned} I_{CC2} = I_c &= aI_d + a^2 I_i + I_0 \quad \Rightarrow I_c = \frac{\sqrt{3} E_d (Z_h \angle +90^\circ + Z_i \angle +150^\circ)}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h} \\ I_{CC2} = I_b &= a^2 I_d + a I_i + I_0 \quad \Rightarrow I_b = \frac{\sqrt{3} E_d (Z_h \angle -90^\circ + Z_i \angle -150^\circ)}{Z_d Z_i + Z_d Z_h + Z_i Z_h} \end{aligned}$$

On peut écrire la forme suivante :

$$a-1 = -\frac{3}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \angle +150^\circ$$

Donc :

$$(a-1)E_d Z_i = \sqrt{3} \angle +150^\circ E_d Z_i = \sqrt{3} E_d Z_i \angle +150^\circ$$

On obtient Le phasage de $Z_i + 150^\circ$

Exercice 4

1- Le défaut survenu c'est un défaut phase-terre à travers une impédance.

2- Calcul de courant de défaut I1

Dans ce cas la tension au point du défaut n'est pas nulle.

· Expression du défaut (Z_H : Impédance de la terre)

$$V_1 = Z_H \times I_a \text{ (phase en défaut)}$$

$$I_2 = I_3 = 0 \text{ (phases saines)}$$

Traduction en grandeurs symétriques

$$\begin{cases} I_d = \frac{1}{3}(I_a + a.I_b + a^2.I_c) = \frac{1}{3}.I_a \\ I_i = \frac{1}{3}(I_a + a^2.I_b + a.I_c) = \frac{1}{3}.I_a \\ I_h = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = \frac{1}{3}.I_a \end{cases}$$

$$\Rightarrow I_d = I_i = I_h$$

On a :

$$V_1 = Z_H \times I_1$$

$$I_2 = I_3 = 0$$

Alors:

$$\begin{cases} V_1 = Z_H \times I_a = V_d + V_i + V_h \\ I_2 = a^2 I_d + a I_i + I_h \\ I_3 = a I_d + a^2 I_i + I_h \end{cases}$$

Puisque

$$I_d = I_i = I_h = \frac{1}{3} I_1 \text{ L'équation est devenue :}$$

$$V_1 = Z_H \times I_a = V_d + V_i + V_h = 3 Z_H \times I_d$$

Les valeurs des composantes symétriques des courants et des tensions sont :

La sommation de L'équation de défaut donne :

$$E_d + 0 + 0 = V_d + V_i + V_h + Z_d I_d + Z_i I_i + Z_h I_h$$

$$E_d = 3 Z_H I_d + Z_d I_d + Z_i I_d + Z_h I_d$$

Donc :

$$I_d = I_i = I_h = \frac{E_d}{3 Z_H + Z_d + Z_i + Z_h}$$

• Retour aux grandeurs de phase

$$I_1 = I_d + I_i + I_h$$

$$I_a = \frac{3 E_d}{Z_d + Z_i + Z_h + 3 Z_H} = I_{CC1Terre}$$

Calcul des tensions

$$V_d = E_d - Z_d I_d$$

$$V_i = Z_i I_i$$

$$V_h = V_h I_h$$

Les tensions de phases

$$V_1 = Z_H I_a$$

$$V_2 = a^2 V_d + a V_i + V_h$$

$$V_3 = a V_d + a^2 V_i + V_h$$

$$I_1 = 18\,000 \text{ A } V_1 = 19,933 \text{ kV } V_2 = 23,1 \text{ kV } V_3 = 21 \text{ kV}$$

3- Il y a des surtensions sur les lignes 2 et 3.