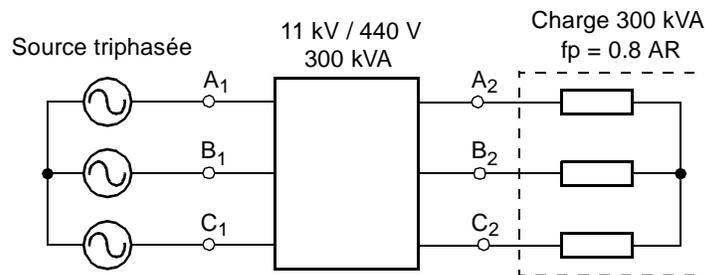


CORRIGÉ DES EXERCICES DU CHAPITRE 4

Partie 2

4.14

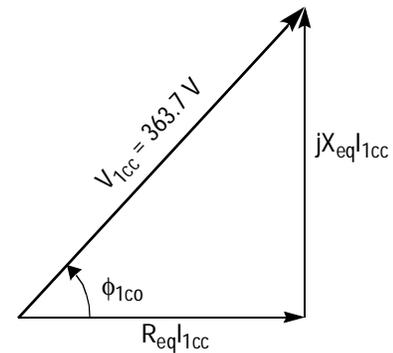
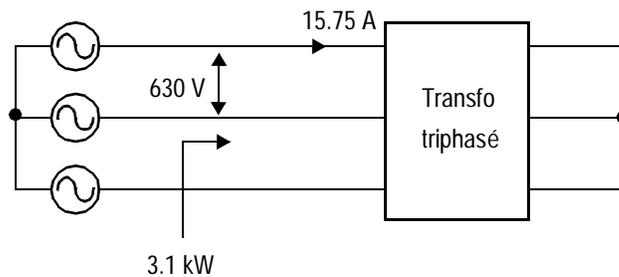


Courant nominal au primaire:
$$I_{A1}(\text{nom}) = \frac{(300\text{kVA})/3}{(11\text{kV})/(\sqrt{3})} = 15.75 \text{ A}$$

a) Rendement du transformateur

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + P_{Cu}} = \frac{300 \times 0.8}{(300 \times 0.8) + 1.3 + 3.1} = 0.982$$

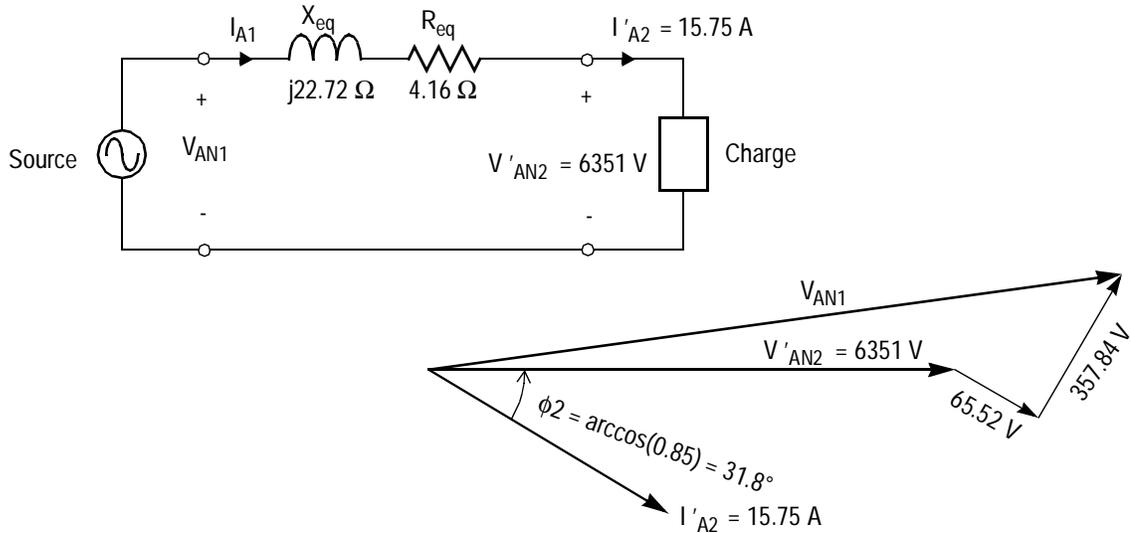
b) Pour le calcul de la tension et le courant au primaire, on utilisera le modèle simplifié du transformateur. Par conséquent, on ne calcule que R_{eq} et X_{eq} (à partir de l'essai en court-circuit)

Essai en court-circuit:**Pour une phase**

Calcul de R_{eq} :
$$R_{eq} = \frac{(3100/3)}{15.75^2} = 4.16 \Omega$$

Calcul de X_{eq} :
$$X_{eq} = \frac{\sqrt{\left(\frac{630}{\sqrt{3}}\right)^2 - (4.16 \times 15.75)^2}}{15.75} = 22.72 \Omega$$

Circuit équivalent monophasé ramené au primaire du montage:



Le courant de ligne au primaire est égal à sa valeur nominale: $I_{A1} = 15.75 \text{ A}$

La tension ligne neutre au primaire est donnée par:

$$V_{AN1} = V'_{AN2} + (R_{eq} + jX_{eq})I_{A1} = 6351 + (4.16 + j22.72)15.75 \angle -31.8^\circ$$

$$V_{AN1} = 6600.8 \angle 2.3^\circ \text{ V}$$

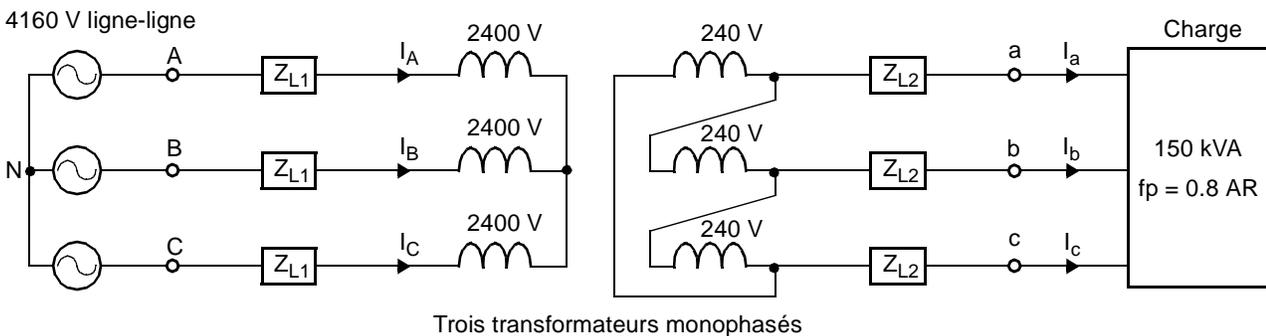
La tension ligne-ligne au primaire est égale à:

$$|V_{AB1}| = \sqrt{3} \times |V_{AN1}| = 11433 \text{ V}$$

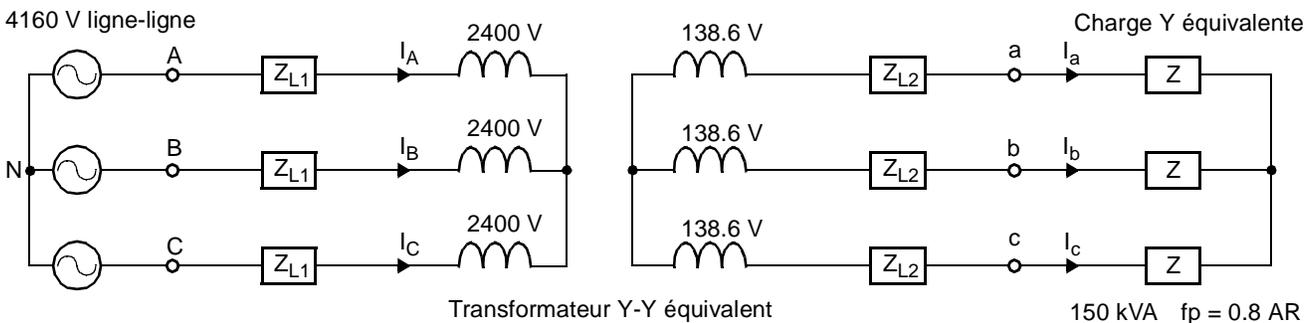
b) Le facteur de régulation du transformateur (avec une charge 300 kVA, $\text{fp} = 0.85 \text{ AR}$) est:

$$\text{reg} = \frac{11433 - 11000}{11000} = 3.9 \%$$

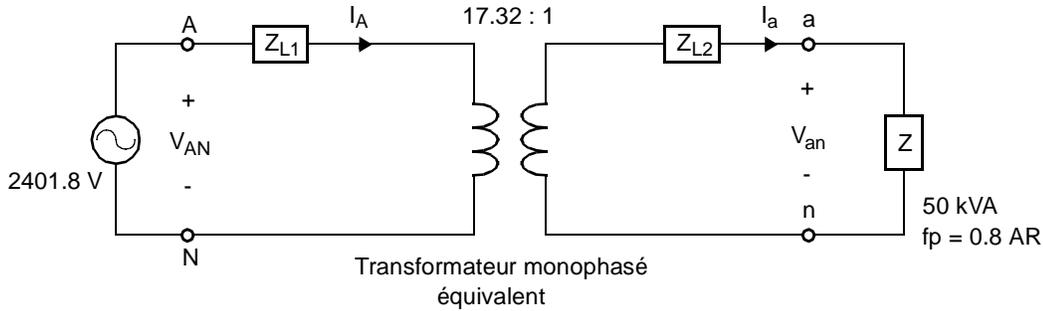
4.15



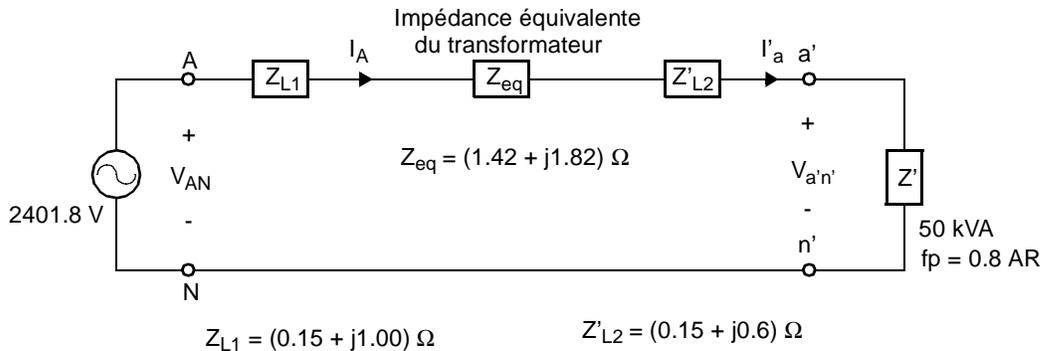
On convertit le système en un système Y équivalent:



On trace le circuit monophasé équivalent:



Circuit équivalent réfléchi au primaire:



Le courant de ligne I_A est égal à sa valeur nominale:

$$|I_A| = |I_{a'}| = \frac{50000}{138.6} \times \frac{1}{17.32} = 20.83 \text{ A}$$

La tension V_{AN} est prise comme référence de phase: $V_{AN} = 2401.8 \angle 0^\circ \text{ V}$

La phase du courant I_A est approximativement égale à $-\arccos(0.8) = -36.9^\circ$.

La tension $V_{a'n'}$ est donnée par:

$$V_{a'n'} = V_{AN} - (Z_{L1} + Z_{eq} + Z_{L2}) I_A$$

$$V_{a'n'} = (2401.8 \angle 0^\circ) - (0.15 + j1 + 1.42 + j1.82 + 0.15 + j0.6)(20.83 \angle -36.9^\circ) = 2330.6 \angle -0.9^\circ \text{ V}$$

On déduit la tension ligne ligne à la charge:

$$|V_{ab}| = \frac{\sqrt{3} \times |V_{a'n'}|}{17.32} = 233.06 \text{ V}$$

4.16 Schéma unifilaire:

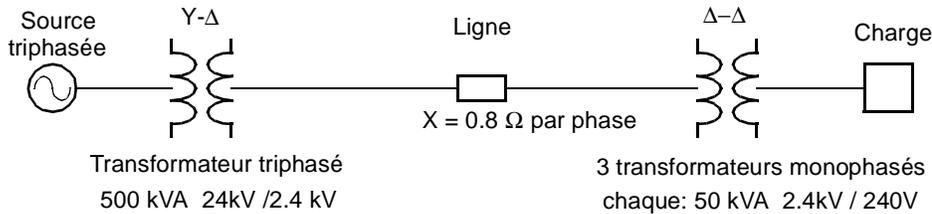


Schéma triphasé complet:

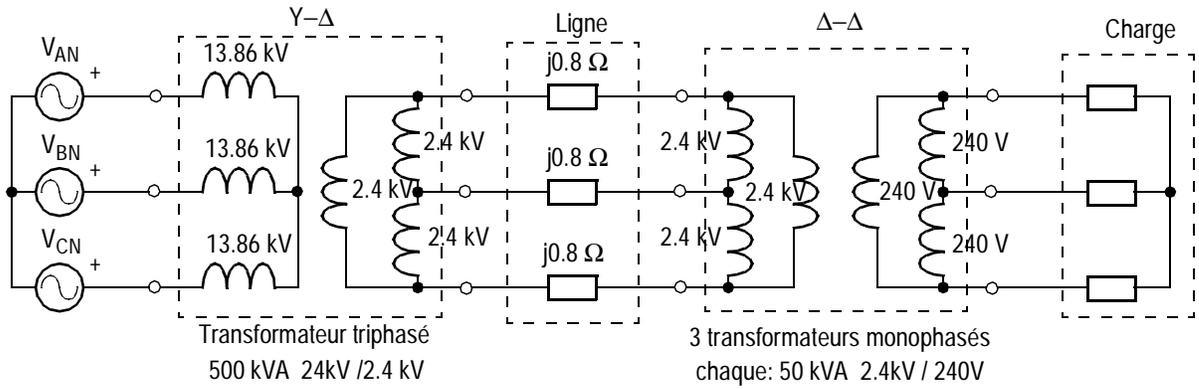
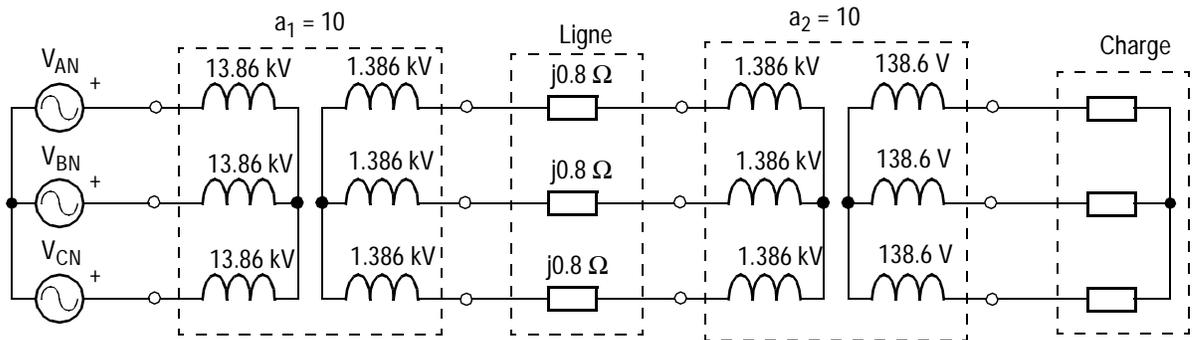
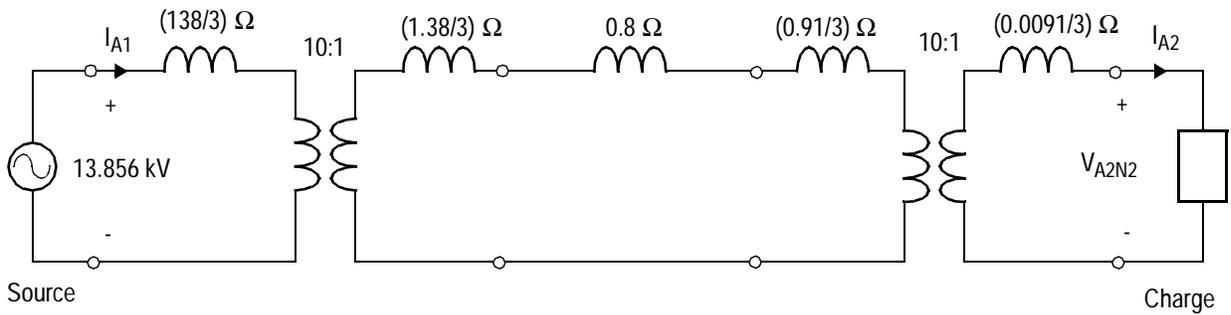


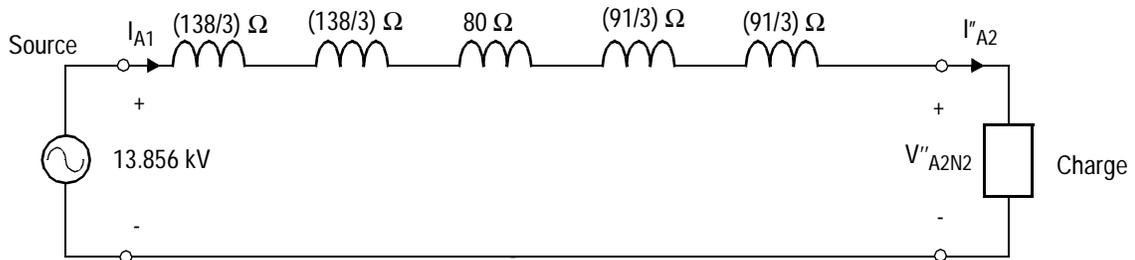
Schéma Y-Y équivalent:



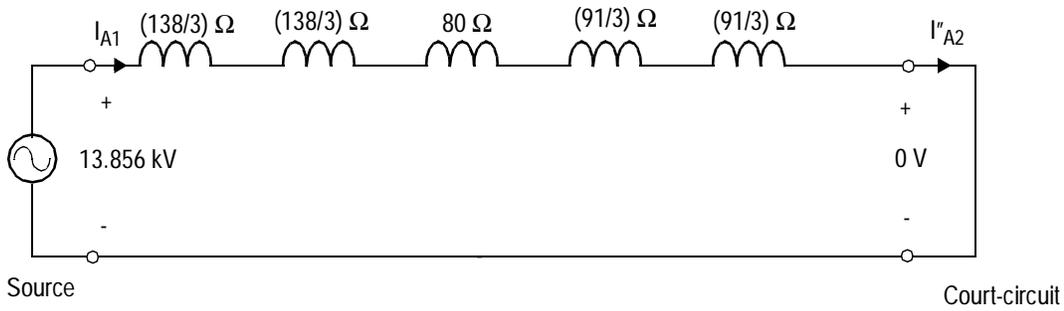
Circuit équivalent monophasé:



Circuit équivalent monophasé ramené au primaire:



Un court-circuit triphasé survient aux bornes de la charge:



Le courant de ligne au primaire:
$$I_{A1} = \frac{13856}{\frac{138}{3} + \frac{138}{3} + 80 + \frac{91}{3} + \frac{91}{3}} = \frac{13856}{232.67} = 59.55 \text{ A}$$

Le courant dans la ligne 2400 V est:
$$I_L = 10 \times I_{A1} = 595.5 \text{ A}$$

Le courant dans un enroulement primaire des transformateurs monophasés 2400V / 240V:

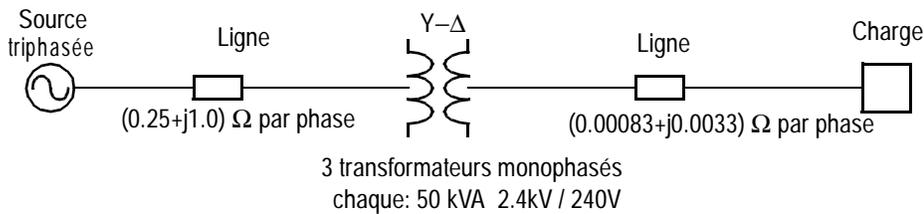
$$I_{pri} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = 343.8 \text{ A}$$

Le courant dans le court-circuit:
$$I_{A2} = 10 \times I_L = 5955 \text{ A}$$

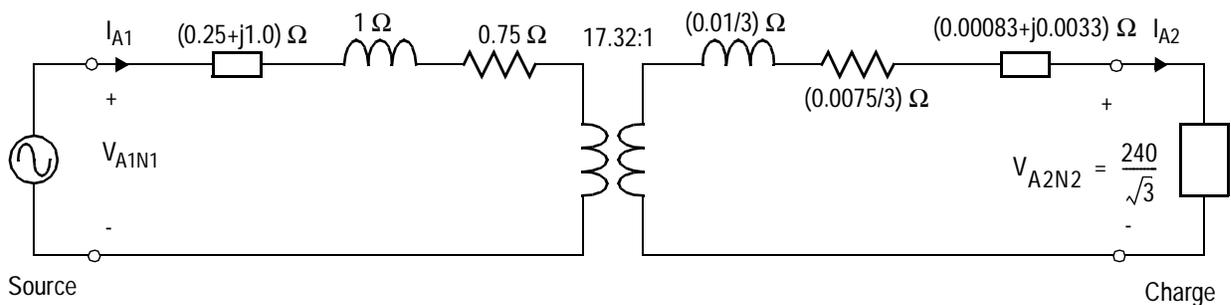
Le courant dans un enroulement secondaire des transformateurs monophasés 2400V / 240V:

$$I_s = \frac{I_{A2}}{\sqrt{3}} = 3438 \text{ A}$$

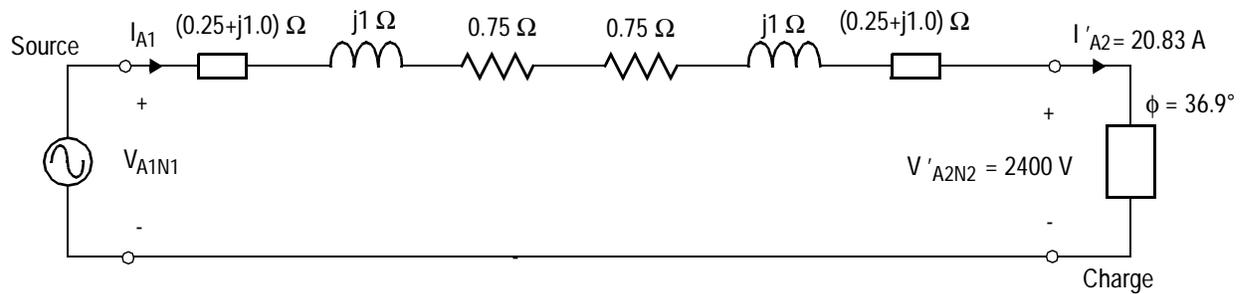
4.17



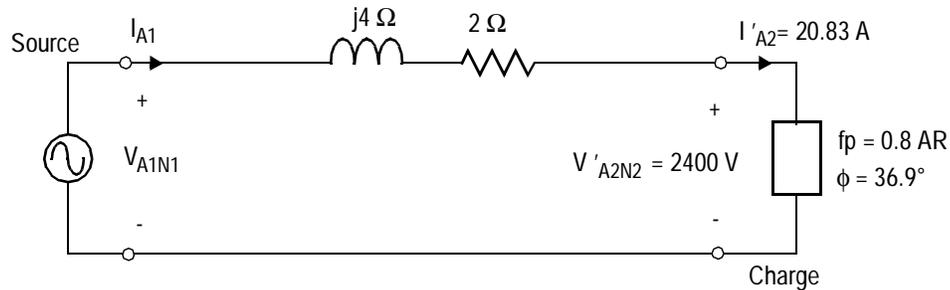
Circuit équivalent monophasé:



Circuit équivalent monophasé ramené au primaire:



Circuit équivalent simplifié:



La tension ligne-neutre à la source est égale à:

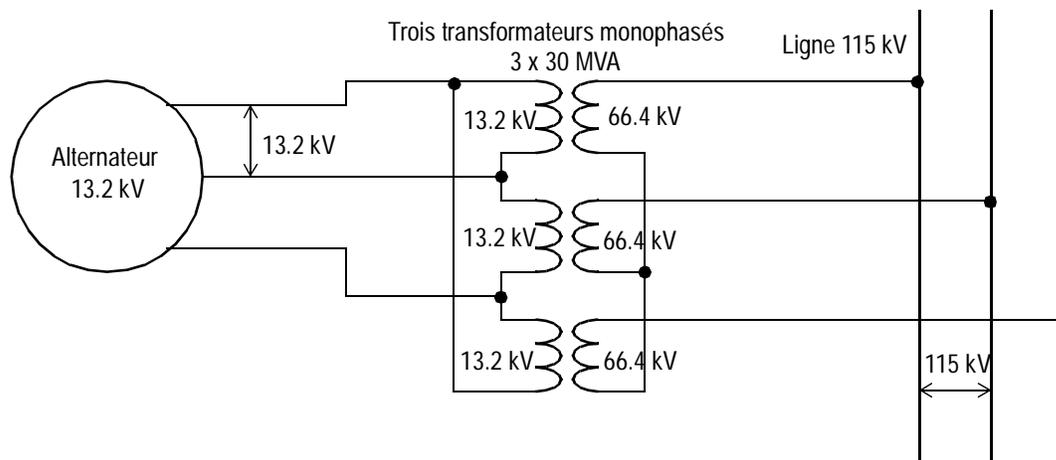
$$V_{A1N1} = V'_{A2N2} + (2 + j4)I'_{A2}$$

$$V_{A1N1} = 2400 + (2 + j4)(20.83 \angle -36.9^\circ) = 2483.7 \angle 1^\circ \text{ V}$$

La tension ligne-ligne à la source est:

$$|V_{A1B1}| = \sqrt{3} \times |V_{A1N1}| = 4301.9 \text{ V}$$

4.18



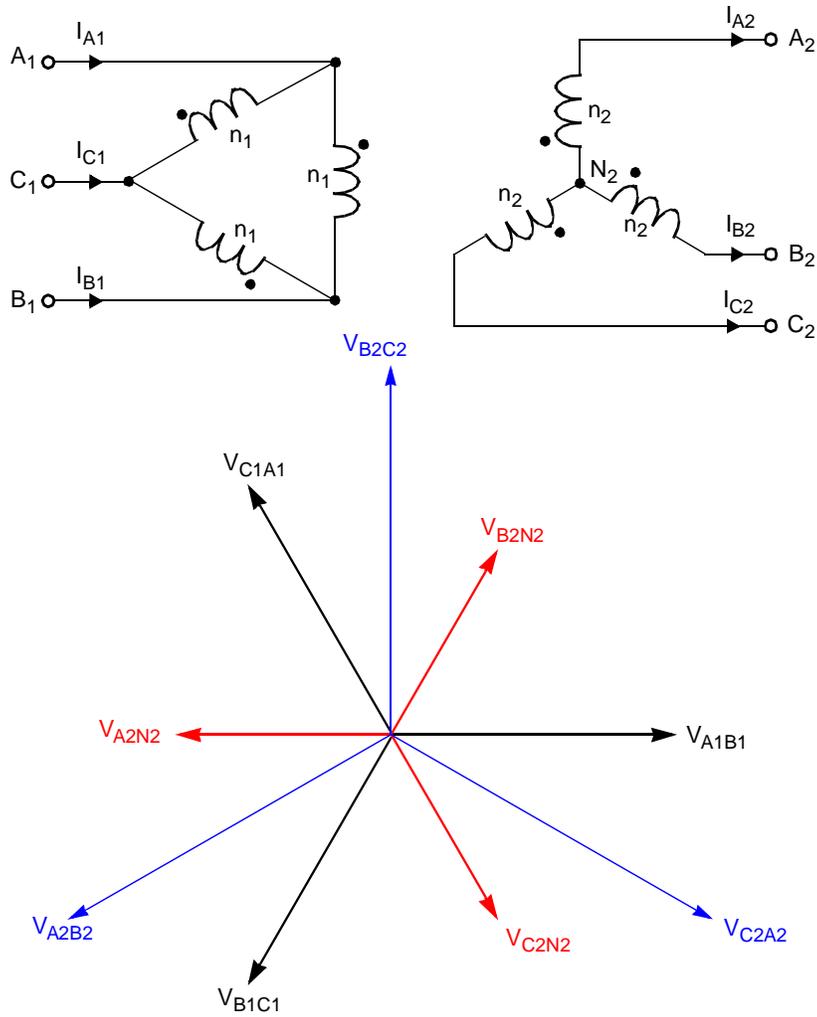
Courant primaire nominal de chaque transformateur monophasé:

$$I_p(\text{nom}) = \frac{30 \text{ MVA}}{13.2 \text{ kV}} = 2.273 \text{ kA}$$

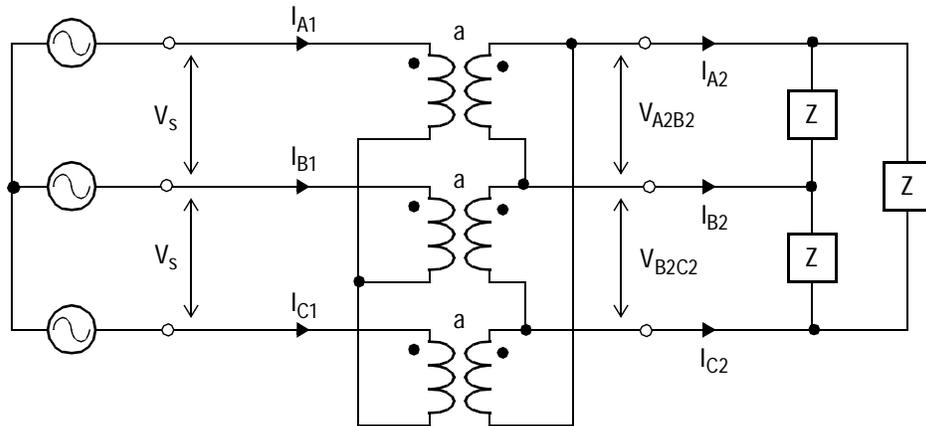
Courant secondaire nominal de chaque transformateur monophasé:

$$I_s(\text{nom}) = \frac{30 \text{ MVA}}{66.4 \text{ kV}} = 451.8 \text{ A}$$

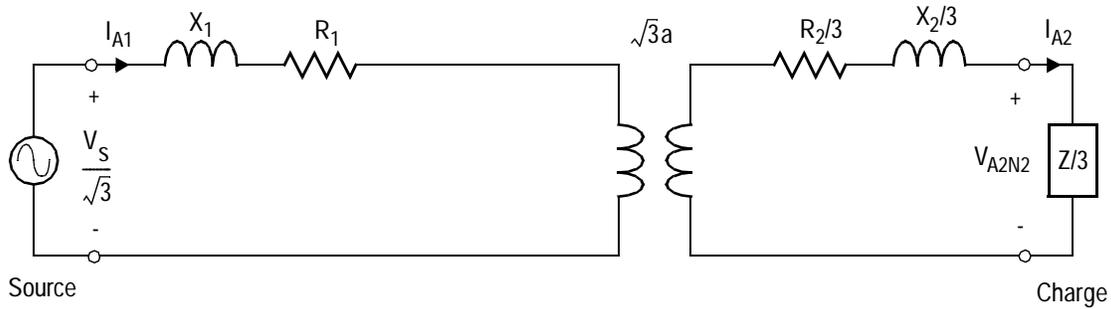
4.19



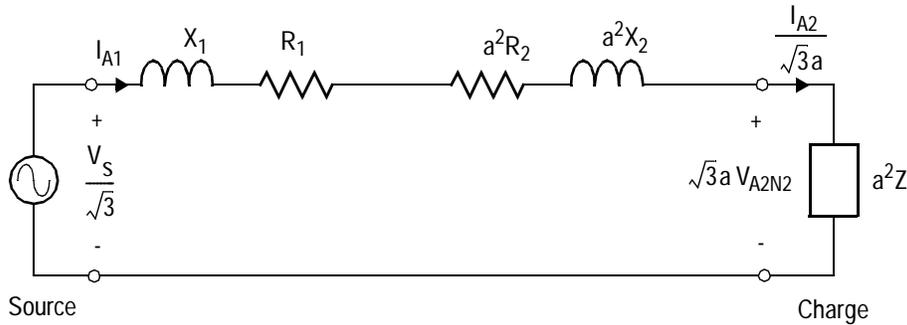
4.20



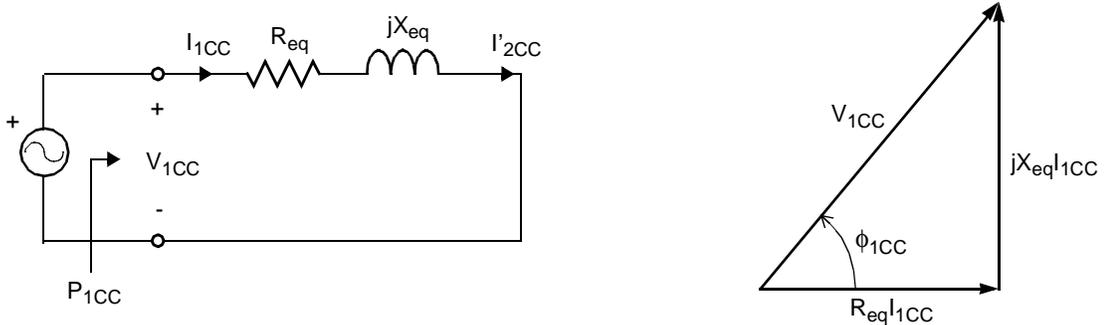
Circuit équivalent monophasé:



Circuit équivalent monophasé ramené au primaire:



4.21 a) Le circuit équivalent du transformateur et le diagramme vectoriel pour l'essai en court-circuit sont montrés dans la figure suivante.



La puissance active P_{1CC} mesurée au primaire est la puissance dissipée dans la résistance R_{eq} du transformateur:

$$P_{1CC} = R_{eq}(I_{1CC})^2$$

Cette puissance représente les pertes Fer dans le noyau magnétique du transformateur.

On peut déduire R_{eq} à partir de la puissance et du courant:

$$R_{eq} = \frac{P_{1CC}}{(I_{1CC})^2}$$

La réactance équivalente X_{eq} du transformateur peut être calculée à l'aide du diagramme vectoriel:

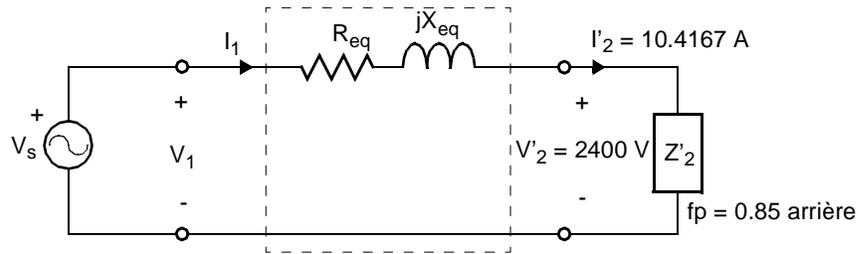
$$X_{eq} = \frac{\sqrt{V_{1CC}^2 - (R_{eq}I_{1CC})^2}}{I_{1CC}}$$

Avec les valeurs numériques, on a:

$$R_{eq} = \frac{390}{(10.4167)^2} = 3.6\Omega$$

$$X_{eq} = \frac{\sqrt{62^2 - (3.6 \times 10.4167)^2}}{10.4167} = 4.74 \Omega$$

b) Circuit équivalent réfléchi au primaire:



La tension V'_2 est prise comme référence de phase: $V'_2 = 2400 \angle 0^\circ \text{ V}$

Le courant I_2 est égal à: $I'_2 = 10.4167 \angle -31.8^\circ$

La tension V_s est donnée par:

$$V_s = V_1 = V'_2 + (R_{eq} + jX_{eq})I'_2$$

$$V_s = (2400 \angle 0^\circ) + (3.6 + j4.74)(10.4167 \angle -31.8^\circ) = 2458 \angle 0.5^\circ \text{ V}$$

4.22 a) Les valeurs de base S_B et V_B au primaire et au secondaire sont choisies. Les valeurs de base I_B et Z_B sont calculées.

Primaire				Secondaire			
S_B	V_B	I_B	Z_B	S_B	V_B	I_B	Z_B
75000 VA	14400 V	5.208 A	2764.8 Ω	75000 VA	240 V	312.5 A	0.768 Ω

Les valeurs des éléments du circuit équivalent du transformateur en pu sont calculées:

$$R_1 = 15 \Omega = (15/2764.8) \text{ pu} = 5.425 \times 10^{-3} \text{ pu}$$

$$X_1 = 35 \Omega = (35/2764.8) \text{ pu} = 1.2659 \times 10^{-2} \text{ pu}$$

$$R_C = 300 \text{ k}\Omega = (300000/2764.8) \text{ pu} = 108.50694 \text{ pu}$$

$$X_m = 377 \text{ k}\Omega = (377000/2764.8) \text{ pu} = 136.357 \text{ pu}$$

$$R_2 = 0.005 \Omega = (0.005/0.768) \text{ pu} = 6.5104 \times 10^{-3} \text{ pu}$$

$$X_2 = 0.01 \Omega = (0.01/0.768) \text{ pu} = 1.302 \times 10^{-2} \text{ pu}$$

b) Avec une impédance de charge connectée au secondaire:

L'impédance de charge est: $Z_2 = Z'_2 = 1.50 \angle 24^\circ \text{ pu} = (1.37032 + j0.6101) \text{ pu}$

La tension V'_2 est donnée par:

$$V'_2 = \frac{Z'_2}{Z'_2 + R_{eq} + jX_{eq}} \times V_1 = \frac{1.5 \angle 24^\circ}{1.5 \angle 24^\circ + 0.011935 + j0.02568} \times 1.0 \angle 0^\circ$$

$$V'_2 = 0.98585 \angle -0.7^\circ \text{ pu}$$

Le courant I_1 est donné par:

$$I_1 = V'_2 / Z'_2 = (0.98585 \angle -0.7^\circ) / (1.50 \angle 24^\circ) = 0.65726 \angle -24.7^\circ \text{ pu}$$

- Le rendement est $\eta = \frac{P_2}{P_2 + \text{Pertes Fer} + \text{Pertes Cuivre}}$

où $P_2 = R_2 |I_1|^2 = 1.37032(0.65726)^2 = 0.55391 \text{ pu}$

$$\text{Pertes Fer} = (V_1)^2 / R_C = (1)^2 / (108.50694) = 9.216 \times 10^{-3} \text{ pu}$$

$$\text{Pertes Cuivre} = R_{eq} |I_1|^2 = 0.011936(0.65726)^2 = 5.156 \times 10^{-3} \text{ pu}$$

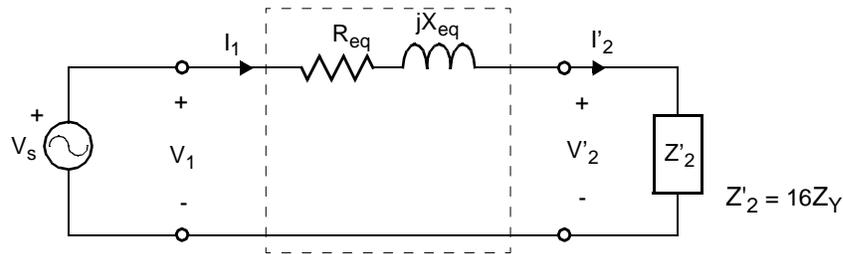
Alors:

$$\eta = (0.55391)/(0.55391 + 9.216 \times 10^{-3} + 5.156 \times 10^{-3}) = 0.9747$$

- Le facteur de régulation est donné par:

$$\text{reg} = (V_1 - V'_2)/V'_2 = (1 - 0.98585)/0.98585 = 1.4355 \%$$

4.23 a) On convertit la charge Δ en charge Y. L'impédance par phase Y est égale à $Z_Y = (10+j6)/3$
Le circuit équivalent par phase est montré dans la figure ci-dessous.



Dans ce circuit équivalent, R_{eq} et X_{eq} sont déterminées à l'aide de l'essai en court-circuit:

$$R_{eq} = \frac{P_{1cc}}{I_{1cc}^2} = \frac{(1800/3)}{(36.084)^2} = 0.46 \Omega$$

$$X_{eq} = \frac{\sqrt{V_{1cc}^2 - (R_{eq} I_{1cc})^2}}{I_{1cc}} = \frac{\sqrt{\left(\frac{55}{\sqrt{3}}\right)^2 - (0.46 \times 36.084)^2}}{36.084} = 0.75 \Omega$$

Le courant de ligne au primaire est égal à:

$$I_1 = \frac{V_1}{(R_{eq} + jX_{eq}) + Z'_Y} = \frac{(2400 \angle 0^\circ) / \sqrt{3}}{(0.46 + j0.75) + (53.34 + j32)} = 22 \angle -31.3^\circ \text{ A}$$

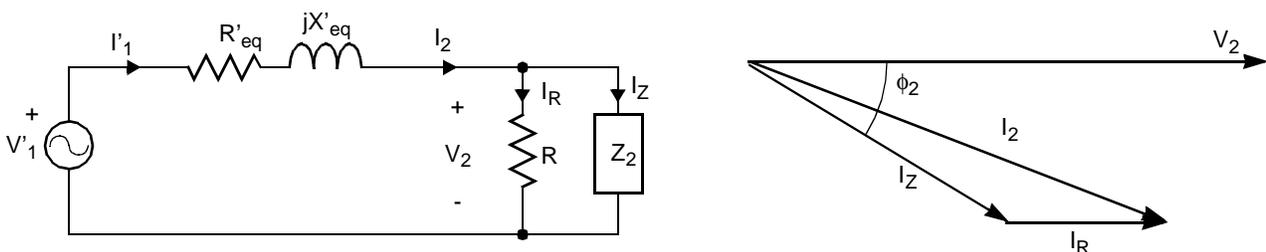
Le facteur de puissance au primaire vu par la source est:

$$\text{fp}_1 = \cos(31.3^\circ) = 0.854 \text{ AR}$$

b) Le courant secondaire avec Z_Y seulement $I_Z = 4 \times I_1 = 88 \angle -31.3^\circ \text{ A}$

Le courant nominal au secondaire est : $I_2(\text{nom}) = 50000/(600/1.732) = 144.3375 \text{ A}$

Le circuit équivalent (réfléchi au secondaire) et le diagramme vectoriel du circuit secondaire:



Pour ne pas dépasser la capacité du transformateur, il faut que le courant secondaire soit inférieur à sa valeur nominale, c'est à dire:

$$|I_Z| + |I_R| < |I_2(\text{nom})| = 144.3375 \text{ A}$$

A l'aide du diagramme vectoriel, on peut établir la relation suivante:

$$(|I_Z| \cos \phi_2 + |I_R|)^2 + (|I_Z| \sin \phi_2)^2 = (144.3375)^2$$

avec $\phi_2 = 31.3^\circ$.

Alors, on déduit: $I_R = 61.71 \text{ A}$

La valeur de R est $R = (600/1.732)/I_R = 5.61 \Omega$