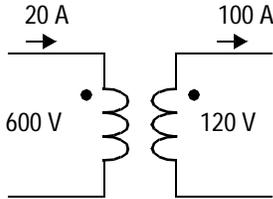


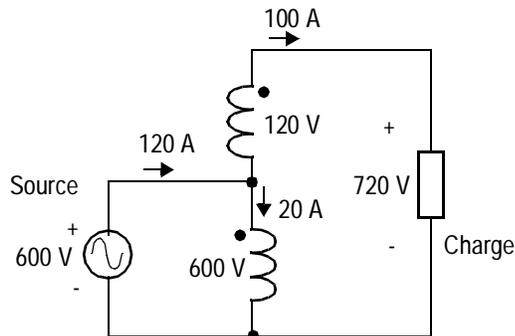
## GEL-15216 Électrotechnique

**Corrigé de l'examen final Hiver 2000****Problème no. 1** (20 points)

a) Conditions nominales de fonctionnement du transformateur monophasé à deux enroulements:

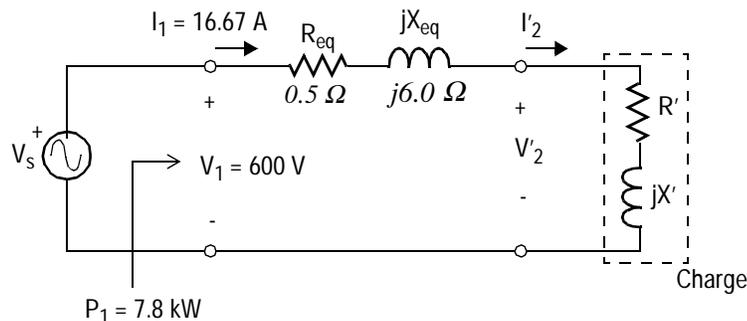


Le schéma de câblage de l'autotransformateur de rapport 600 V / 720 V:



La capacité de l'autotransformateur est égale à:  $600 \text{ V} \times 120 \text{ A} = 72000 \text{ VA}$

b) Circuit équivalent réfléchi au primaire:



Le rapport de transformation est égal à:  $a = 600/120 = 5$

La puissance apparente au primaire est:  $S_1 = V_1 \times I_1 = 600 \times 16.67 = 10002 \text{ VA}$

La puissance active au primaire est égale à:  $P_1 = (R_{eq} + R')I_1^2$

On déduit:  $R' = \frac{P_1}{I_1^2} - R_{eq} = \frac{7800}{(16.67)^2} - 0.5 = 27.57 \Omega$

La puissance réactive au primaire est égale à:  $Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{(10002)^2 - (7800)^2} = 6261 \text{ VA}$

On a:  $Q_1 = (X_{eq} + X')I_1^2$

On déduit: 
$$X' = \frac{Q_1}{I_1^2} - X_{eq} = \frac{6261}{(16.67)^2} - 6 = 16.53 \Omega$$

Le facteur de puissance au primaire est: 
$$\cos(\phi_1) = \frac{P_1}{S_1} = \frac{7800}{10002} = 0.78 \rightarrow \phi_1 = 38.7^\circ$$

La tension  $V'_2$  est égale à: 
$$V'_2 = V_1 - (R_{eq} + jX_{eq})I_1 = 600 - (0.5 + j6)(16.67 \angle -38.7^\circ) = 535.9 \angle -7.8^\circ \text{ V}$$

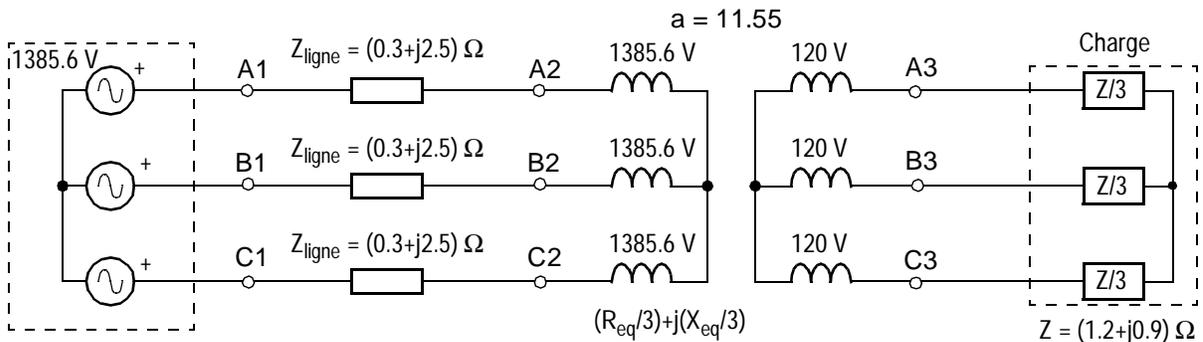
La tension au secondaire est: 
$$V_2 = \frac{V'_2}{a} = \frac{535.9 \angle -7.8^\circ}{5} = 108 \angle -7.8^\circ \text{ V}$$

La valeur efficace de la tension secondaire est donc 108 V.

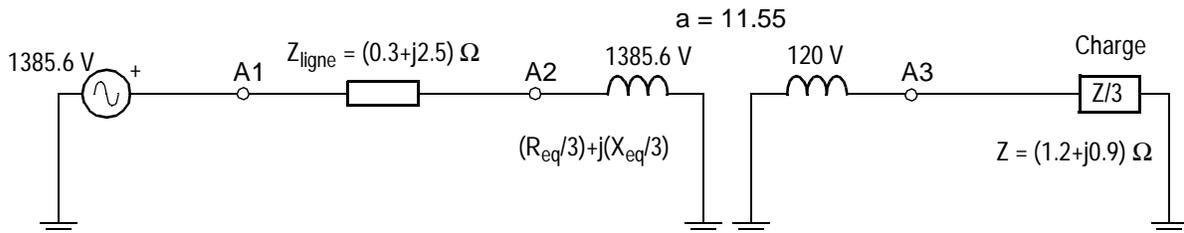
Le facteur de puissance de la charge est: 
$$\cos(\phi_2) = \cos\left[\text{atan}\left(\frac{X'}{R'}\right)\right] = \cos(30.94^\circ) = 0.858$$

**Problème no. 2** (20 points)

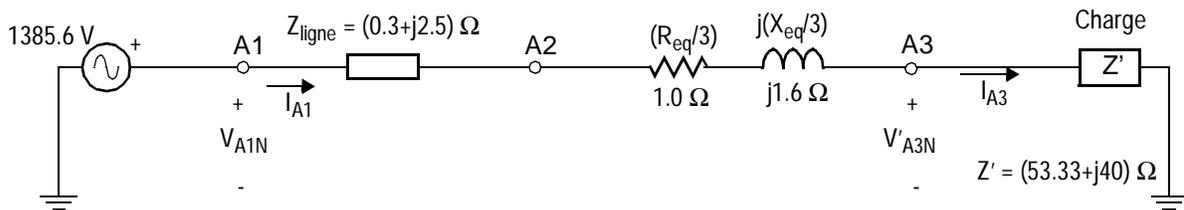
a) Le circuit équivalent Y-Y du système:



Circuit monophasé équivalent:



Circuit monophasé équivalent réfléchi au primaire:



Courant de ligne au primaire:

$$I_{A1} = \frac{V_{A1N}}{Z_{\text{ligne}} + \left(\frac{R_{\text{eq}}}{3} + \frac{jX_{\text{eq}}}{3}\right) + Z'} = \frac{1385.6 \angle 0^\circ}{(0.3 + j2.5) + (1 + j1.6) + (53.33 + j40)} = 19.736 \angle -38.9^\circ \text{ A}$$

La valeur efficace du courant de ligne au primaire est donc 19.736 A.

La tension ligne-neutre secondaire réfléchi au primaire:

$$V_{A3N} = Z' \times I_{A1} = (53.33 + j40)(19.736 \angle -38.9^\circ) = 1315.6 \angle -2^\circ \text{ V}$$

La valeur efficace de la tension ligne-ligne au secondaire est:

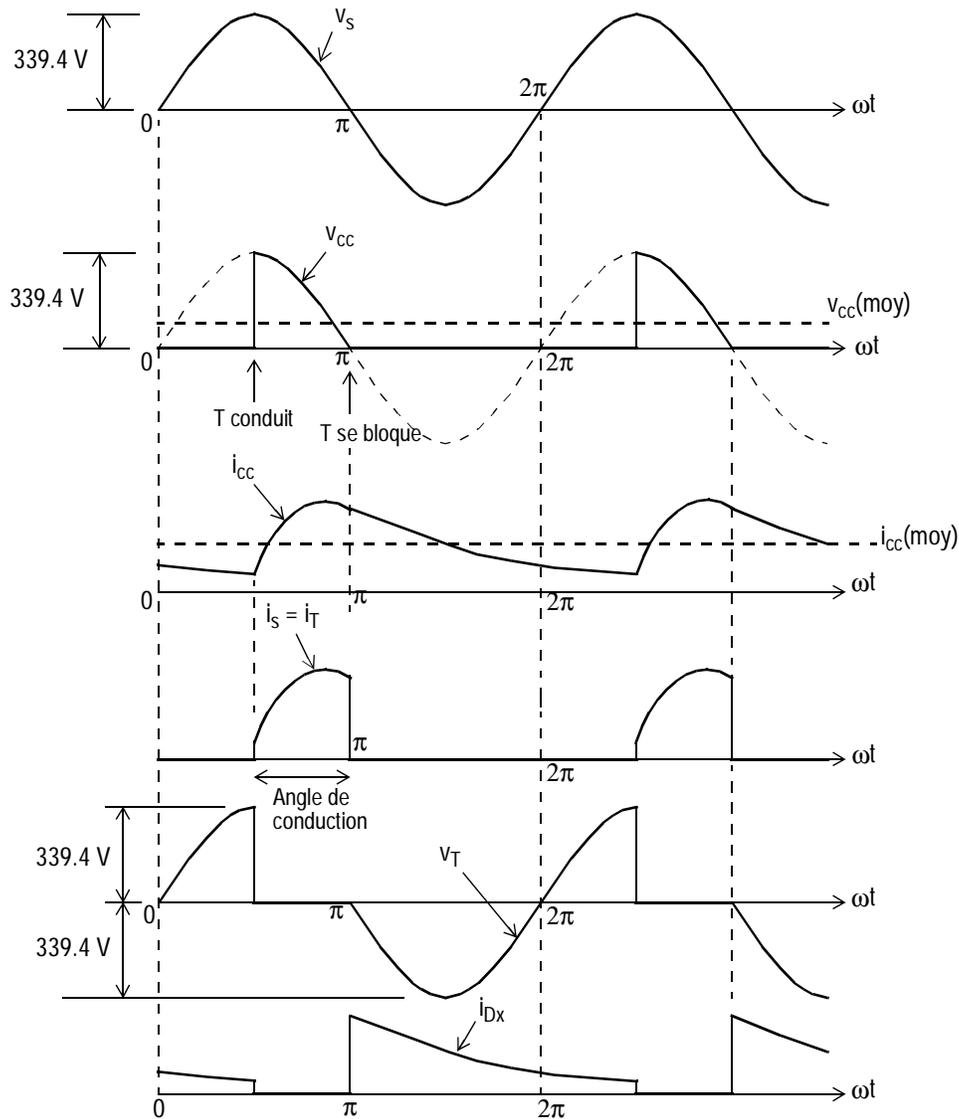
$$|V_{A3B3}| = \sqrt{3} \times \frac{|V_{A3N}|}{11.55} = 197.3 \text{ V}$$

b) Le rendement du transformateur dans ces conditions de fonctionnement est:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\text{Cu}} + P_{\text{Fe}}} = \frac{53.33 \times 19.736^2}{53.33 \times 19.736^2 + 1 \times 19.736^2 + \frac{1385.6^2}{18000/3}} = 0.967$$

**Problème no. 3** (20 points)

a) Formes d'onde des tensions  $v_{cc}$ ,  $v_T$  et celles des courant  $i_T$ ,  $i_{cc}$ :



b) L'angle d'amorçage est  $\alpha = 90^\circ$ . Le thyristor commence à conduire donc à  $\omega t = \pi/2$ . À  $\omega t = \pi$ , la tension  $v_{cc}$  a tendance à s'inverser et la diode Dx se met à conduire, ce qui a comme conséquence le blocage du thyristor T. La tension  $v_{cc}$  est égale à une section de la demi-alternance positive de la tension  $v_s$  (de  $\pi/2$  à  $\pi$  dans ce cas).

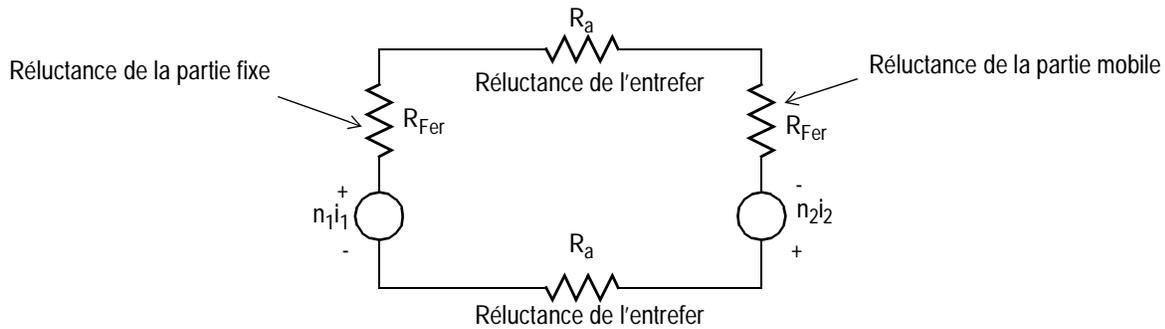
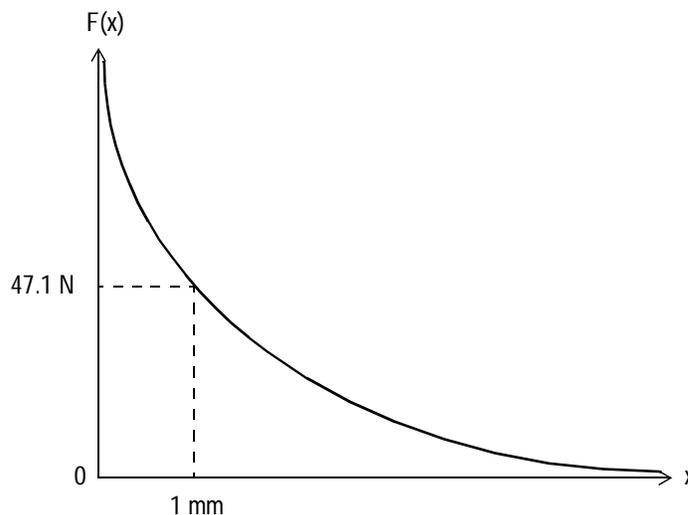
L'angle de conduction du thyristor T est:  $\theta_{\text{conduction}} = 180^\circ - 90^\circ = 90^\circ$

c) La valeur moyenne de  $v_{cc}$  est: 
$$v_{cc}(\text{moy}) = \frac{V_m}{2\pi} [1 + \cos\alpha] = \frac{339.4}{2\pi} [1 + 0] = 53.95 \text{ V}$$

La valeur moyenne de  $i_{cc}$  est: 
$$i_{cc}(\text{moy}) = \frac{v_{cc}(\text{moy})}{R} = \frac{53.95}{15} = 3.6 \text{ A}$$

**Problème no. 4** (20 points)

a) Circuit équivalent du système électromagnétique:

On néglige la réluctance de Fer car  $\mu \gg \mu_0$ .La réluctance totale du circuit magnétique est donc égale à:  $R = 2R_a = 2 \times \frac{x}{\mu_0 A} = \frac{2x}{\mu_0 ah} = 2.6526 \times 10^9 x$ L'inductance propre de la bobine no. 1:  $L_1 = \frac{n_1^2}{R} = \frac{3.77 \times 10^{-6}}{x}$ L'inductance propre de la bobine no. 2:  $L_2 = \frac{n_2^2}{R} = \frac{15.08 \times 10^{-6}}{x}$ L'inductance mutuelle:  $M = \frac{n_1 n_2}{R} = \frac{7.54 \times 10^{-6}}{x}$ b) Cas où  $i_1 = 5$  A et  $i_2 = 0$ L'énergie magnétique emmagasinée dans le système est donnée par:  $W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} L_1 i_1^2 + \frac{1}{2} L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$ Dans ce cas, on a:  $W_{\text{mag}} = \frac{1}{2} \left( \frac{3.77 \times 10^{-6}}{x} \right) 5^2 = \frac{4.7125 \times 10^{-5}}{x}$ La force développée est égale à:  $F = \frac{dW_{\text{mag}}}{dx} = \frac{d}{dx} \left\{ \frac{4.7125 \times 10^{-5}}{x} \right\} = -\frac{4.7125 \times 10^{-5}}{x^2} \text{ N}$ 

c) Cas où  $i_1 = 5 \text{ A}$  et  $i_2 = 2 \text{ A}$

L'énergie magnétique emmagasinée dans le système est donnée par:  $W_{\text{mag}} = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 + M i_1 i_2$

Dans ce cas, on a:  $W_{\text{mag}} = \frac{1}{2}\left(\frac{3.77 \times 10^{-6}}{x}\right)5^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{15.08 \times 10^{-6}}{x}\right)2^2 + \left(\frac{7.54 \times 10^{-6}}{x}\right)(5 \times 2) = \frac{1.53 \times 10^{-4}}{x}$

La force développée est égale à:  $F = \frac{dW_{\text{mag}}}{dx} = \frac{d}{dx}\left\{\frac{1.53 \times 10^{-4}}{x}\right\} = -\frac{1.53 \times 10^{-4}}{x^2} \text{ N}$

