

Production d'énergie électrique et raccordement au réseau

Partie A : Etude de l'alternateur triphasé en régime sinusoïdal au fonctionnement nominal.

Plaque signalétique : $S_m = 40000 \text{ kVA}$; $N_m = 1500 \text{ t/mn}$

Couplage étoile sans neutre : $f = 50 \text{ Hz}$; $U_m = 11,0 \text{ kV}$.

A1 - Nombre de pôles : 1500 t/mn et $50 \text{ Hz} \Rightarrow \underline{2p = 4}$.

A2 - Puissance active : $P_m = S_m \cdot \cos \varphi_a \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} P_m = 32000 \text{ kW} \\ \text{Puissance fournie.} \end{array} \right.$
réactive : $Q_m = S_m \sin \varphi_a \Rightarrow \underline{Q_m = 24000 \text{ kVAR}}$

A3 - Intensité nominale en ligne : $\left\{ \begin{array}{l} I_m = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_m} \Rightarrow \underline{I_m = 2,10 \text{ kA}} \end{array} \right.$

A4 - $X_a = \frac{6600}{2100} \Rightarrow \underline{X_a = 3,14 \Omega} \Rightarrow \underline{L_a = 10 \text{ mH}}$.

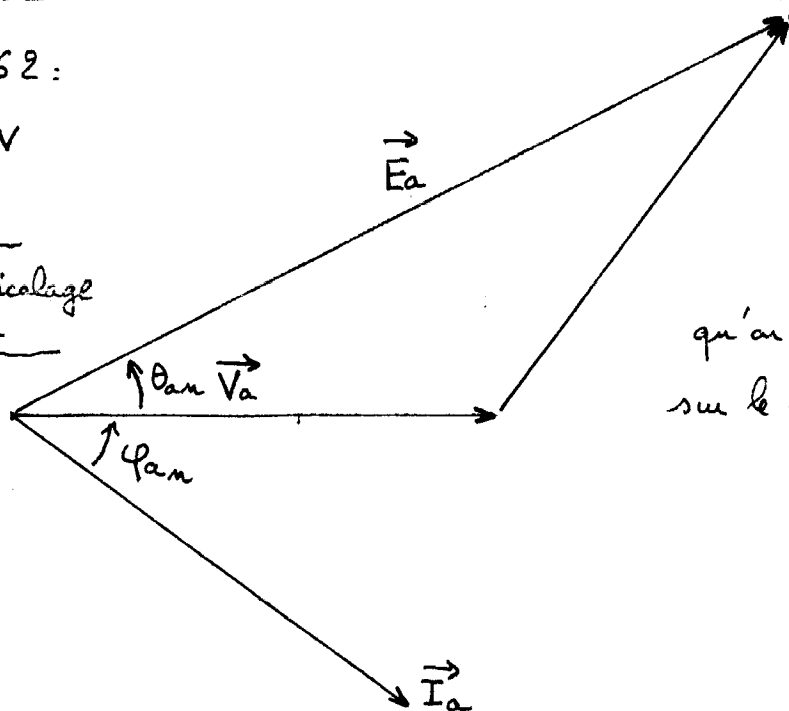
A5 - De $e_a = v_a + L_a \frac{di_a}{dt} \Rightarrow \underline{E_a = V_a + j X_a \cdot I_a}$.

A6 - A61 -

A62 :

$\left\{ \begin{array}{l} E_{a_m} = 11600 \text{ V} \\ \theta_{a_m} = 27,1^\circ \end{array} \right.$

θ_{a_m} angle de décalage interne



qu'on peut donner sur le document réponse n°1

$\varphi_{a_m} = 36,3^\circ$

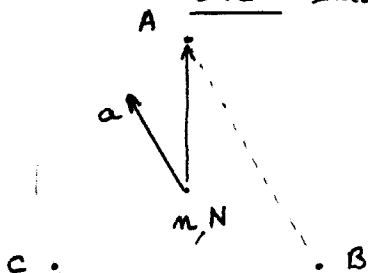
Partie B : Rôle du transformateur triphasé placé entre le réseau HTA et la distribution BTA

B1. Caract. du transformateur

B11. rapport de transformation m_c par colonne.

D'après les données : $m_c = \frac{N_2}{N_1} = \frac{400/\sqrt{3}}{20000} \Rightarrow \underline{m_c = 11,5 \cdot 10^{-3}}$

B12. Indice horaire I_R du transfo.



Sur la courb. de Fresnel : $A \xrightarrow{000} B \xrightarrow{000} A$

"On va de n vers a comme on va de B

vers A $\Rightarrow \underline{I_R = 11}$

B2. Premier cas de fonctionnement. (Charge linéaire équilibrée)

$$\underline{i_m(t) = -[i_a(t) + i_b(t) + i_c(t)]}$$

$\Rightarrow \underline{i_m(t) = 0}$ la charge étant équilibrée.

B3. Deuxième cas de fonctionnement. (Charge non linéaire équilibrée)

D'après le texte : $i_b(t) = I_{B1} \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3}) + I_{B3} \sqrt{2} \sin(3\omega t - 2\pi)$

$i_c(t) = I_{C1} \sqrt{2} \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3}) + I_{C3} \sqrt{2} \sin(3\omega t - 4\pi)$

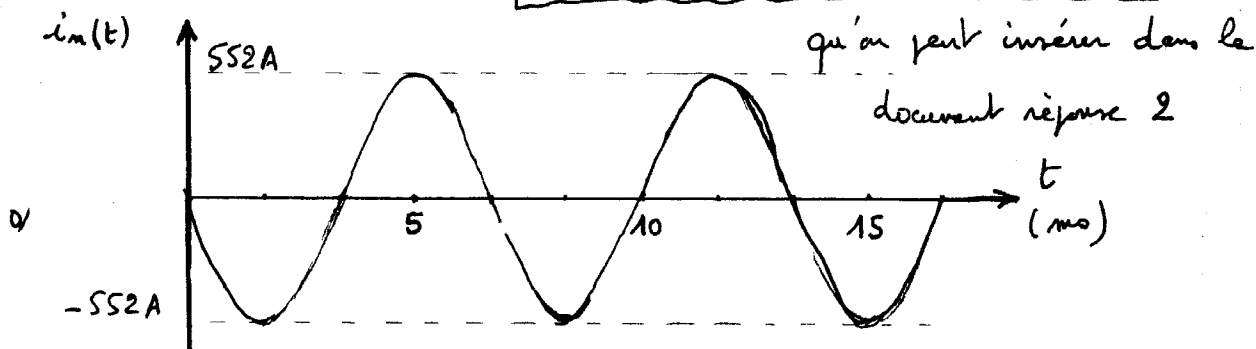
B31 - On voit bien que les 3 composantes de rang 3 sont en phase

B32 - Loi des nœuds au point n : $\underline{i_m(t) = -[i_a(t) + i_b(t) + i_c(t)]}$

Alors si $I_{A1} = I_{B1} = I_{C1} = 900 A$ et $I_{A3} = I_{B3} = I_{C3} = 130 A$,

on obtient : $i_m(t) = -3 \cdot 130 \sqrt{2} \sin(3\omega t)$

$\underline{I_m = 390 A} \leftarrow$ soit $\underline{i_m(t) = -390 \sqrt{2} \sin(3\omega t)}$.



B33 - Courants dans les enroulements primaires.

On a $N_1 j_A = N_2 i_a \Rightarrow j_A = m_c \cdot i_a$ soit $\{j_A(t) = 0,0115 i_a(t)\}$

de même pour $j_B(t)$ et $j_C(t)$: $\{j_B(t) = 0,0115 i_b(t)\}$ et $\{j_C(t) = 0,0115 i_c(t)\}$

B34 - loi des nœuds au point A : $\{i_1 = j_A - j_C\}$

Alors $i_1 = 0,0115 [i_a(t) - i_c(t)]$

donc $i_1 = 0,0115 \left[300\sqrt{2} \left\{ \sin(\omega t) - \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \right\} - 130\sqrt{2} \left\{ \sin(3\omega t) - \sin\left(3\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) \right\} \right]$

Alors $\{i_1 = 18\sqrt{2} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)\}$



B35 - Intérêt de ce couplage : ne pas polluer le réseau HTA avec l'harmonique 3.

Partie C : Influence de l'installation sur la circulation de signaux de commande à 175 Hz présents sur le réseau.

C1 - Filtrage passif des signaux de commande présents sur le réseau.

C11 - $\left\{ \underline{Y}_R = \frac{1}{R} \right\}$; $\left\{ \underline{Y}_L = \frac{1}{jL\omega} \right\}$ et $\left\{ \underline{Y}_C = jC\omega \right\}$.

Admittance complexe du circuit : $\underline{Y} = \underline{Y}_R + \underline{Y}_L + \underline{Y}_C$

donc $\underline{Y} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jL\omega} + jC\omega \Rightarrow \underline{Y} = \frac{jL\omega + R - RLC\omega^2}{jRL\omega}$

qui peut s'écrire : $\left\{ \underline{Y} = \frac{1}{R} + j\left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right) \right\}$ de la forme $\underline{Y} = A + jB$

avec $\left\{ A = \frac{1}{R} \right\}$ et $\left\{ B = C\omega - \frac{1}{L\omega} \right\}$.

C12 - Module de \underline{Y} : $Y = \sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2}$. On voit que ce module passe par son minimum $\left\{ Y_{\min} = \frac{1}{R} \right\}$ pour $\left\{ \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \right\}$.

Alors $\{Z_{\max} = R\}$.

C13 - Sur la figure C4 on voit que $\left\{ Z_{\max} = 1000 \Omega \right\}$
 $\left\{ \text{pour } f = 150 \text{ Hz} \right\}$

C14 - Avec $L = 4,0 \text{ mH}$ on déduit $\{ R = 1000 \Omega$.
 et $LC = \frac{1}{(2\pi)^2 \cdot 150^2} \Rightarrow \{ C = 281 \mu\text{F}$.

C15 - le filtre va donc permettre d'augmenter considérablement l'impédance de l'ensemble alternatif, temps de sortie y compris ce qui n'affaiblira pas trop l'amplitude des signaux 175 Hz envoyés sur le réseau HTA.

C2 - Filtrage actif des signaux de commande présents sur le réseau

C21 - Relation entre les tensions $\{ v_{\text{prod}}(t) = v_{\text{rés}}(t) + u_{A_1 A_2}(t)$

C22 - Donc $v_{\text{prod}}(t) = v_{50\text{Hz}}(t) + v_{175\text{Hz}}(t) + u_{A_1 A_2}(t)$

On aura donc $v_{\text{prod}}(t) = v_{50\text{Hz}}(t)$ si $\{ u_{A_1 A_2}(t) = v_{175\text{Hz}}(t)$.

C23 - C231 - Précaution : la commande d'I_{GBT} ne doit se faire que si l'autre ne conduit pas

C232 - La diode en antiparallèle permet l'inversion du courant dans l'interrupteur.

C24 - C241 - $u_{S12} = U_0$: $\{ K_{1,4}$ passants - $K_{2,3}$ bloqués

C242 - $u_{S12} = -U_0$: $\{ K_{1,4}$ bloqués $K_{2,3}$ passants

C243 - $u_{S12} = 0$ si $\{ K_{1,3}$ ou $K_{2,4}$ passants.

C244 -

	$u_{S12} + U_0$	$+U_0$	$-U_0$	$-U_0$	$+U_0$	$+U_0$
K_1	///	///				///
K_2			///	///		
K_3			///	///		
K_4	///	///				///

Tableaux qu'on peut trouver sur le document réponse n° 3.

C245 -

K_1	///	///				///	///
K_2			///	///	///		
K_3			///	///			
K_4	///	///			///	///	
K_5	///		///	///	///	///	
K_6		///	///	///		///	///
u_{S12}	U_0	U_0	0	$-U_0$	$-U_0$	0	U_0
u_{S13}	$-U_0$	0	U_0	U_0	0	$-U_0$	$-U_0$
u_{S31}	0	$-U_0$	$-U_0$	0	U_0	U_0	0