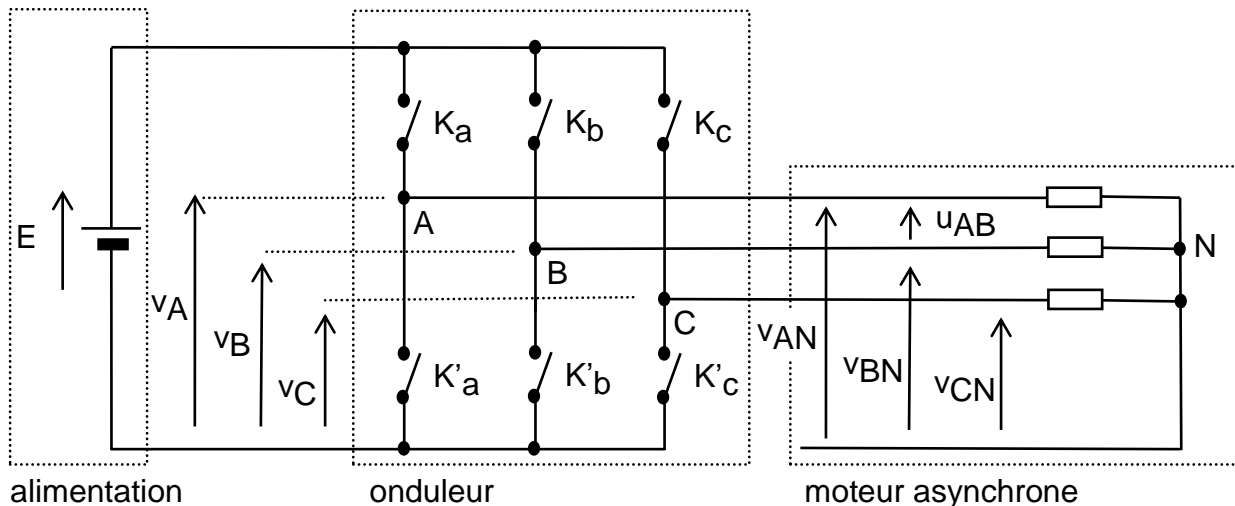


Chaque moteur de traction d'un tramway est alimenté à partir d'un onduleur de tension triphasé. Le réseau d'alimentation fournit une tension continue de  $E = 750 \text{ V}$  par l'intermédiaire d'une caténaire. Les moteurs asynchrones ont leurs enroulements statoriques couplés en étoile

Les six interrupteurs électroniques  $K_a$  et  $K'_a$ ,  $K_b$  et  $K'_b$ ,  $K_c$ ,  $K'_c$  sont idéaux et commandés à l'ouverture et à la fermeture. Chaque interrupteur est commandé à la fermeture durant une demi-période et à l'ouverture pendant l'autre demi-période. La commande d'un bras de l'onduleur est décalée d'un tiers de période par rapport à la commande du bras suivant.

Le diagramme de conduction est représenté sur le document réponse en page 3.



**1. Représentation des tensions produites par l'onduleur**

- 1.1. Préciser la tension  $v_A$  lorsque  $K_a$  est fermé et  $v_A$  lorsque  $K'_a$  est fermé.
- 1.2. Donner les relations entre  $u_{AB}$ ,  $v_A$  et  $v_B$ . Donner les relations entre  $u_{CA}$ ,  $v_C$  et  $v_A$ .
- 1.3. Déterminer  $u_{AB}$  de 0 à  $t_2$ , de  $t_2$  à  $t_3$ , de  $t_3$  à  $t_5$  et de  $t_5$  à  $t_6$  en fonction de  $E$ .
- 1.4. Déterminer  $u_{CA}$  de 0 à  $t_1$ , de  $t_1$  à  $t_3$ , de  $t_3$  à  $t_4$  et de  $t_4$  à  $t_6$  en fonction de  $E$ .
- 1.5. Dédire des deux questions précédentes les courbes  $u_{AB}$  et  $u_{CA}$  sur le document réponse.
- 1.6. Vérifier que  $v_{AN} = \frac{1}{3} (u_{AB} - u_{CA})$  en utilisant les relations de la question 1.2. et celle imposée par les montages équilibrés :  $v_{AN} + v_{BN} + v_{CN} = 0$ .
- 1.7. Calculer  $v_{AN}$  de 0 à  $t_1$ , de  $t_1$  à  $t_2$ , de  $t_2$  à  $t_3$ , de  $t_3$  à  $t_4$ , de  $t_4$  à  $t_5$  et de  $t_5$  à  $t_6$ .
- 1.8. Dédire de la question précédente la représentation de la tension simple  $v_{AN}$  sur le document réponse.

## 2. La tension simple $v_{AN}$

$v_{AN}(t)$  obtenue se décompose en série de Fourier suivant la formule suivante :

$$v_{AN}(t) = \frac{2E}{\pi} \left[ \sin \omega t + \frac{1}{5} \sin (5 \omega t) + \frac{1}{7} \sin (7 \omega t) + \frac{1}{11} \sin (11 \omega t) \right]$$

2.1. vérifier sur la calculette graphique cette formule en programmant la formule

$$Y = \sin X + \frac{1}{5} \sin (5X) + \frac{1}{7} \sin (7X) + \frac{1}{11} \sin (11X) ]$$

en mode radian, choisir les échelles X de 0 à 7 et Y de -1.2 à 1.2 .

Relever la courbe obtenue sur la copie.

2.2. représenter le fondamental sur le document réponse page 3.

2.3. représenter le spectre d'amplitude de  $v_{AN}(t)$

indiquer les valeurs des fréquences si l'onduleur est programmé pour réaliser des tensions de période  $T = 20$  ms.

2.4. calculer le taux de distorsion harmonique TDH % de cette tension simple.

## 3. Calculer les valeurs efficaces

- de la tension composée U d'après la courbe  $U_{AB}$  ,

comme la tension est au  $\frac{2}{3}$  de la période à la valeur E on a  $U = \sqrt{\frac{2}{3}} E$

- de la tension simple V d'après la relation usuelle entre tension simple et composée,

- du fondamental  $V_F$  d'après la formule de la décomposition en série

## 4. Bilan des puissances

Si le courant en ligne est pratiquement sinusoïdal et de valeur efficace 100 A et que le moteur a un facteur de puissance de  $\cos \varphi_F = 0,8$  calculer :

4.1. la puissance apparente S,

4.2. la puissance active P,

4.3. la puissance réactive Q,

4.4. la puissance déformante D,

4.5. le facteur de puissance PF

4.6. le facteur de déplacement DPF.



	K <sub>a</sub>	K' <sub>a</sub>	K <sub>a</sub>
	K' <sub>b</sub>	K <sub>b</sub>	K' <sub>b</sub>
K <sub>c</sub>	K' <sub>c</sub>		K <sub>c</sub>

