UdS - UFR Physique et Ingénierie - Master SPI - Spécialité Mécatronique
31 mars 2010

Énergies
Examen de contrôle continu n°2

Enseignant : E. Laroche
Durée : 1,5 heure
Documents interdits ; calculatrices autorisées

NB. Vous prendrez soin de répondre aux questions avec précision. La méthode permettant d'aboutir au résultat doit être expliquée. Les unités doivent être données quand cela est pertinent. Les expressions mathématiques doivent être simplifiées au maximum.

Onduleur triphasé à modulation plein onde

On considère un onduleur triphasé alimenté par une tension continue constante égale à 300 V commandé en plein onde et alimentant une charge équilibrée couplée en étoile.

Étude de la tension

Les tensions simples aux bornes de la charge sont données sur la figure 1. On précise que la période des signaux est de $T = 20$ ms et que les commutations interviennent tous les $T/6$.

1. Calculez la valeur efficace de la tension[1].
2. De par les symétries observées, quels sont les termes de la série de Fourier qui sont nuls.
3. Calculez l'expression générale des termes non-nuls de la série de Fourier.
4. Déterminez la valeur numérique de la valeur efficace du fondamental et des harmoniques jusqu'au rang 11.
5. Déterminez le taux d'harmoniques en tension.

[1] Vous pourrez vous contenter de faire les calculs sur une seule tension.

Étude du courant

L'onduleur alimente une charge inductive triphasée dont les caractéristiques nominales (sous tension sinusoïdale à 50 Hz) sont : $U = 400$ V (tension composée), $P = 2$ kW (puissance active totale), $F_p = 0,8$. On considère que la charge est couplée en étoile et que chaque élément est composé d'une résistance R mise en série avec une inductance L.

6. Déterminez R et L (expressions et valeurs numériques).
7. Déterminez l'expression de l'impédance complexe de la charge pour chaque harmonique.
8. Déterminez la valeur numérique des valeurs efficaces des harmoniques de courant des rangs 1 à 11.
9. Evaluez approximativement le taux d'harmoniques en courant.

Rappels

Un signal $x(t)$ de période T est décomposable en série de Fourier sous la forme :

$$x(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(k\omega t) + b_k \sin(k\omega t) \tag{1}$$

où les coefficients de sa série de Fourier s'expriment de la manière suivante :

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_T x(t)\mathrm{d}t \tag{2}$$

$$a_k = \frac{2}{T}\int_T x(t)\cos(k\omega t)\mathrm{d}t,\ \ k \geq 1 \tag{3}$$

$$b_k = \frac{2}{T}\int_T x(t)\sin(k\omega t)\mathrm{d}t,\ \ k \geq 1 \tag{4}$$

Le théorème de Parceval exprime que l'énergie du signal est la somme des énergies de ses différentes harmoniques, soit :

$$X_{\text{eff}}^2 = a_0^2 + \frac{1}{2}\sum_{k=1}^{\infty}(a_k^2 + b_k^2) \tag{5}$$

Le *taux d'harmoniques* se définit comme le rapport entre la valeur efficace des harmoniques et la valeur efficace du signal :

$$T_H = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} {X_k}^2}}{X_{\text{eff}}} \tag{6}$$

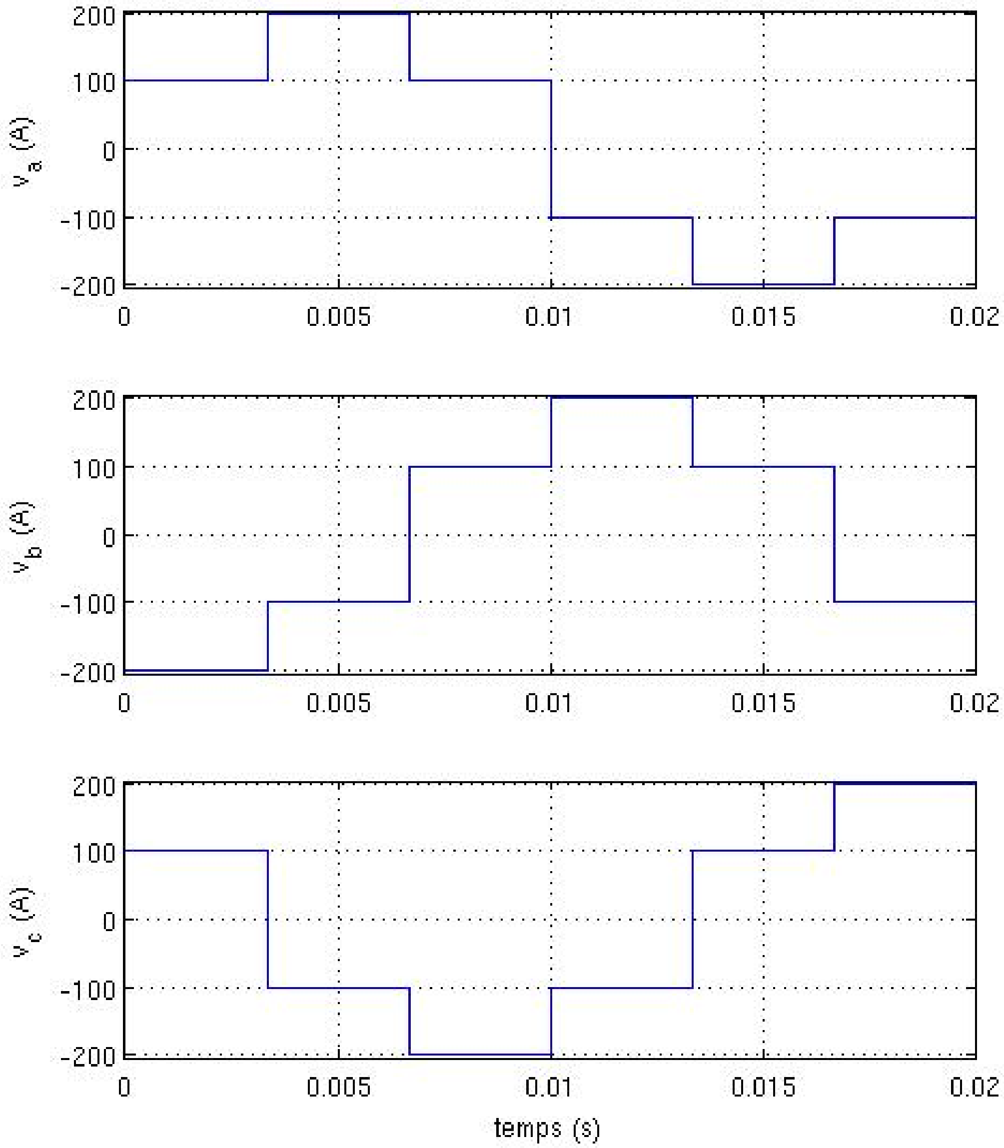

FIG. 1 – Onduleur triphasé : tensions simples