Exercice 1 : Bilans de puissances actives, réactives et apparentes (4 points)

Une charge A globalement inductive de puissance apparente S1=15 kVA, de facteur de puissance $\cos\varphi 1 = 0{,}6$, et une charge B de puissance apparente S2 = 12 kVA, globalement inductive de facteur de puissance $\cos\varphi 2 = 0{,}9$, sont en parallèle sur une source de tension U = 200 V, 50 Hz alternative sinusoïdale monophasée.

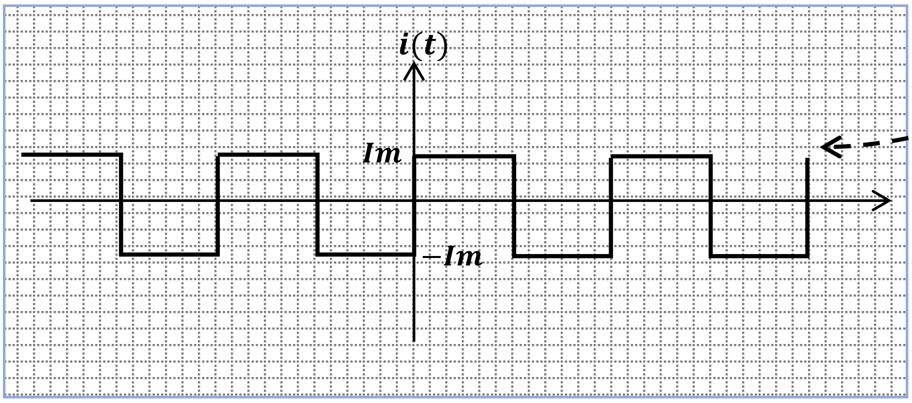
1. Calculer la valeur efficace du courant dans chaque charge.
2. Calculer la puissance active P, la puissance réactive Q et la puissance apparente S de l'ensemble, par le théorème de Boucherot.
3. Calculer le facteur de puissance de l'installation et le courant total.
4. En parallèle sur la source, on ajoute une charge capacitive pure de puissance apparente S3 = 5 kVA. Calculer le courant dans cette charge. Faire le bilan global des puissances, déterminer le facteur de puissance global et le courant appelé sur le réseau.

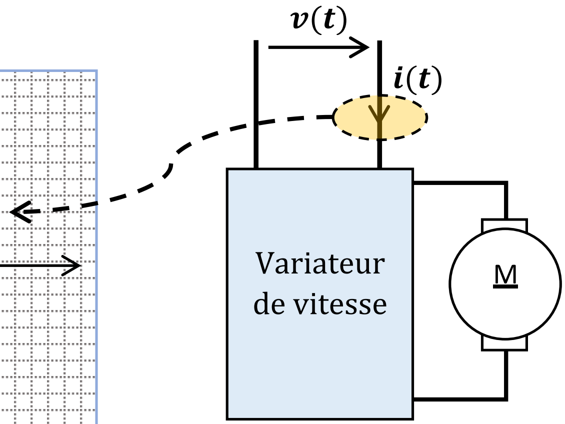
Exercice 2 : variateur de vitesse (10 points)

Un variateur de vitesse alimenté par un réseau alternatif sinusoïdal et absorbe un courant alternatif de même période, l'objectif est de calculer le THD et de dimensionner un filtre anti-harmonique si nécessaire.

Le courant capté par un appareil de mesure est le suivant :

Données : Im=12A, V=220 V, f=50 Hz





1. Vérifier que i(t) possède une symétrie sur les deux demi-périodes
2. Quelle est la nature de la fonction i(t), que vaut alors la valeur A_n.
3. Calculer la valeur moyenne et la valeur efficace par la méthode de votre choix ;
4. Démontrer que : $i(t) = \frac{4\,Im}{\pi} \sum_{k=0}^{+\infty} \frac{1}{2k+1} \sin(\,(2k+1).\,\omega.\,t\,)$
5. Recalculer la valeur efficace du courant i(t), supposant que les harmoniques de rang n > 10 sont nulles
6. Tracer le spectre de i(t),
7. Exprimer l'expression du fondamental i1(t)

8. Calculer les valeurs efficaces I1, I3, I5 et I7.
9. Calculer la puissance active P1 et Q1. Sachant que le déphasage entre la tension et le courant fondamental i1(t) est $\varphi 1 = 30°$.
10. Calculer la puissance déformée D.
11. Calculer le facteur de puissance k.
12. Calculer le THD puis conclure sur la qualité de transmission d'énergie électrique
13. Donner deux effets de la pollution d'harmonique.
14. Que vaut la valeur de l'inductance L afin de supprimer l'harmonique 3, sachant que $C = 24\ \mu f$

Exercice 3 : Filtre d'entrée du variateur du moteur de l'axe Z (CNC2017) <u>(6 points)</u>

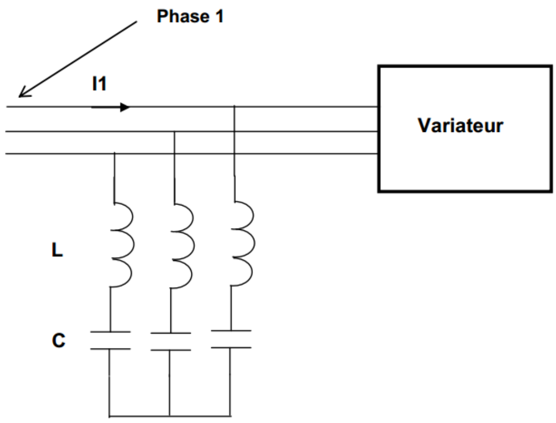
Le moteur de l'axe Z est un moteur asynchrone triphasé entrainé par un variateur électronique de vitesse. Les variateurs électroniques de vitesse étant des charges non linéaires (redresseur + triphasé + onduleurs) sont des générateurs d'harmoniques de courants. Sur un réseau triphasé symétrique les harmoniques sont de rangs impairs et leurs amplitudes diminuent avec leurs rangs. Il existe plusieurs solutions pour réduire les valeurs des courants harmoniques.

Dans cette partie on va étudier l'une de ces solutions, qui consiste à filtrer ces harmoniques à l'aide d'un filtre passif.

Le filtre utilisé est constitué de 3 cellules LC placées entre les phases et le neutre

Chaque cellule ayant le même rôle, on étudiera celle de la phase 1.

Pour supprimer un harmonique, la cellule LC doit faire un court- circuit à la fréquence de cet harmonique.



Sans le filtre, le courant I1(t) a l'allure de la figure 7. Les courants I2 et I3 sont les mêmes que I1(t), décalés respectivement de T/3 et 2T/3. L'ensemble sans filtre consomme une puissance active P= 3,2 kW et réactive Q = 1,6 kVAR. La tension entre phases fournie par le réseau est U=400V, f = 50 Hz, la valeur maximale du courant de ligne I1(t) est Im = 12 A.

B-1) Sans cellule LC, calculer la valeur efficace I1f de I1. En déduire la puissance apparente S absorbée par la charge et le facteur de puissance.

B-2) Sur quels facteurs doit-on agir pour relever le facteur de puissance ?

B-3) Sachant que I1(t) se décompose en harmoniques tels que :

$$\mathbf{I1(t)=}\ \frac{4\,\mathrm{Im}}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{2n+1}\sin((2n+1)\frac{\pi}{3})\cos((2n+1)\omega t)$$

Justifiez le fait que l'harmonique 5 (n=2) soit le plus gênant. Déterminer la valeur efficace du fondamental Ifond

B-4) Calculer le taux de distorsion harmonique THD.

B-5) Avec la cellule LC on veut supprimer l'harmonique de rang 5 de chacun des trois courants I1, I2 et I3. En déduire une relation entre L, C et w.

B-6) Montrer alors que vis-à-vis du fondamental, la cellule LC se comporte comme un condensateur équivalent Cq

B-7) Calculer la valeur de Cq pour que les cellules LC compensent la puissance réactive Q pour la fréquence du fondamental.

B-8) En déduire les valeurs de C et de L.

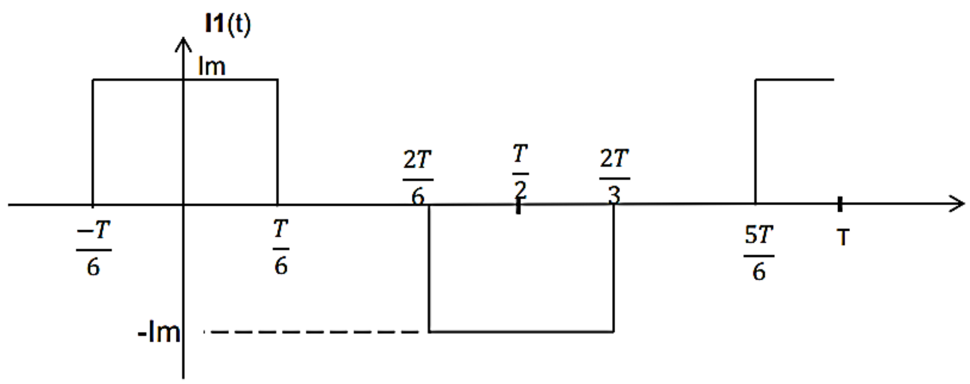


Figure 7