

Onduleur 2

Source des images : ale

Les deux premières fonctions de l'onduleur ont été décrites dans l'article onduleur 1 :

- Réglage de la fréquence déterminé par potentiomètre
- Génération de courant alternatif à l'aide d'un pont commutable

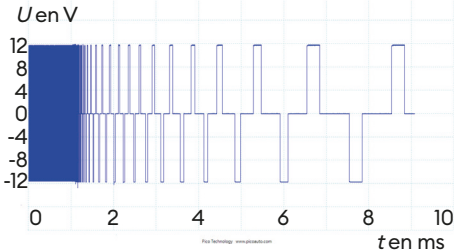


Fig. 1 : Réglage de la fréquence à l'aide d'un potentiomètre. La durée de la période devient de plus en plus longue vers la droite, donc la fréquence diminue.

La troisième tâche de l'onduleur consiste à transformer les signaux de manière sinusoïdale. Ce n'est pas facile pour une unité de commande fonctionnant de manière numérique. La fonction sinusoïdale trigonométrique modifie la forme de la courbe de manière constante et non linéaire. Si un microprocesseur est programmé avec des séquences commutation-arrêt de différentes longueurs, il produira un signal PWM, c'est-à-dire un signal carré avec des phases haute et basse de longueur inégale.

Afin de générer un signal sinusoïdal à partir de ces signaux PWM, on a besoin soit de filtres passe-bas (voir article : les bases du courant alternatif, les filtres électriques) soit de bobines (inductances). Les bobines sont déjà présentes dans les e-machines de l'e-mobilité et la forme du courant circulant peut donc être influencée par l'auto-induction. La fig. 2 montre le processus avec un signal carré 50 : 50 et un circuit en pont. En rouge, l'augmentation du courant en forme d'arc et en bleu la courbe de tension rectangulaire (puisque le courant est mesuré via la chute de tension d'une résistance ohmique, l'écran de l'oscilloscope l'affiche également sous forme de tension). Le champ magnétique qui apparaît autour des enroulements de la bobine lorsque le courant augmente provoque l'induction d'une contre tension dans la bobine elle-même, ce qui retarde l'augmentation du courant.

Hard et Software

La fig. 4 montre le schéma et le branchement construit. Contrairement au circuit

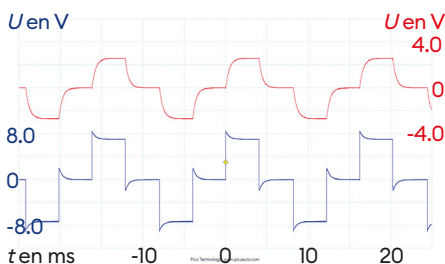


Fig. 2 : L'augmentation arquée de la courbe de courant rouge montre l'influence de l'auto-induction dans la bobine.

de l'article « Onduleur 1 » une bobine (sans noyau) de 1 000 spires (inductance d'environ 18 mH) est désormais connectée comme charge et non pas une résistance ohmique. De plus, les types de transistors bipolaires sont connectés de manière à ce que la charge soit toujours appliquée du côté collecteur.

La commande étant effectuée par un microprocesseur librement programmable, la puissance de sortie est limitée (5 V, 40 mA). Afin de faire fonctionner la bobine en 12 V, un optocoupleur est connecté.

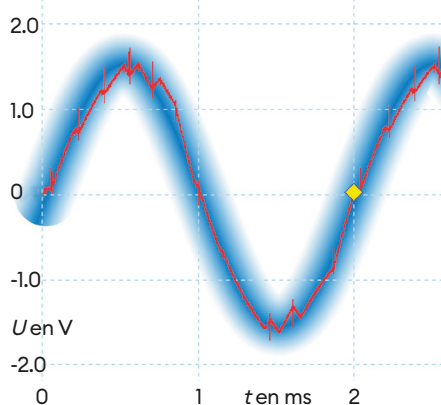


Fig. 3 : Le signal a été réglé sur une période de 2 ms.

Les signaux PWM du microprocesseur sont programmés de telle sorte qu'au début de la demi-onde, le temps d'activation soit relativement long et soit ensuite suivi d'un court temps d'arrêt. Dans la zone du sommet de la courbe, les deux parties ont à peu près la même longueur et lors de la descente les rapports d'enclenchement sont inversés. Pour la demi-onde négative, le principe est exactement le même. Le fait qu'il devienne négatif est dû au circuit en pont. Sur la fig. 3, la courbe rouge mesurée est accompagnée d'une courbe sinusoïdale bleue calculée.

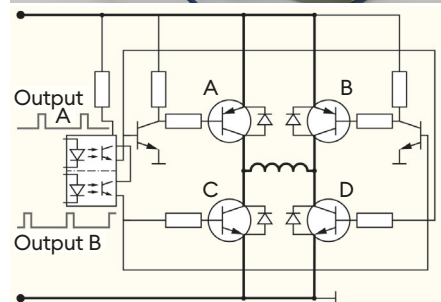
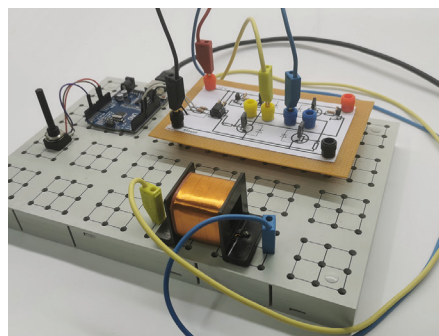


Fig. 4 : Le circuit est contrôlé par un microprocesseur via deux sorties.

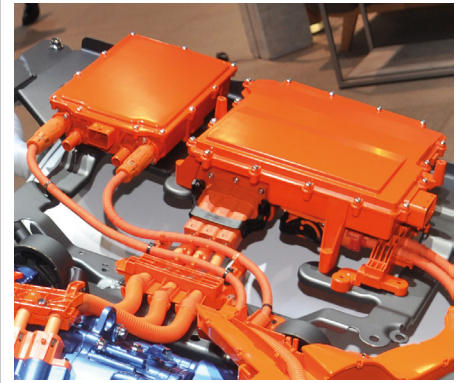


Fig. 5 : Typique pour un onduleur : deux câbles haute tension entrant et trois sortants.

Résultats

Il ressort clairement des courbes que reproduire la forme sinusoïdale n'est pas si simple. Toutefois, lors du fonctionnement de e-machines, le courant doit être aussi sinusoïdal que possible afin de réduire le bruit et les vibrations. Sur la fig. 6, seules les fréquences ont été modifiées avec le même principe. On peut clairement voir que la simulation de courbe se détériore nettement à mesure que la durée de la période augmente. En effet, l'inductance de la bobine ne change pas et le courant augmente et diminue toujours au même rythme. Aux basses fréquences, la formation de facettes augmente, aux hautes fréquences, la tension de crête devient plus petite et la forme d'onde souffre en raison de la vitesse de commutation élevée. Si la résolution de la demi-onde est améliorée par d'avantage de signaux PWM (taux d'échantillonnage plus élevé), la qualité du courant alternatif sinusoïdal s'améliore. Un onduleur ne doit pas former qu'une courbe sinusoïdale, mais plutôt trois courbes sinusoïdales avec un déphasage de 120°. Cela nécessite un processeur plus rapide et un circuit en pont différent. Grâce à la connexion en étoile ou en triangle des bobines, six transistors de puissance suffisent pour créer un courant triphasé.

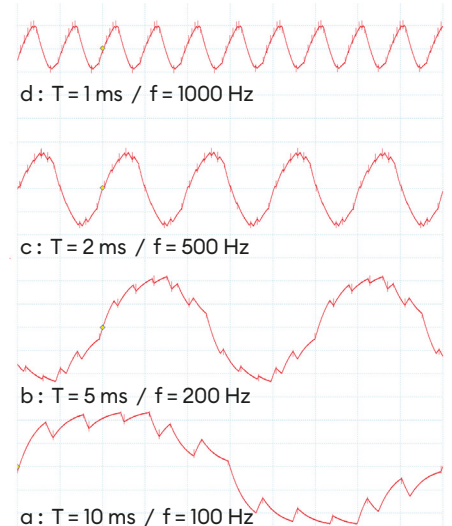


Fig. 6 : La précision de la forme se dégrade à mesure que la durée de la période augmente.