

TP : Commande d'un moteur brushless DC par onduleur triphase commandé en modulation de largeur d'impulsion

Un moteur Brushless de type BLDC est une machine synchrone dont le comportement reproduit celui d'une machine à courant continu, où la commutation est réalisée électroniquement plutôt que par un collecteur.

1. Le moteur brushless DC : moteur synchrone a courant continu

Les moteurs BLDC ("brushless direct courant") entrent dans la catégorie des moteurs synchrones, ce qui signifie que le champ magnétique créé par le stator et celui généré par le rotor tournent à la même fréquence.

1.1. Description générale

Il s'agit d'un entraînement hautes performances qui bénéficie d'un avantage déterminant par rapport au moteur DC : l'absence de collecteur, puisqu'hormis les roulements, il n'y a aucun contact mécanique entre la partie fixe (le stator) et la partie mobile (le rotor).



Observer le moteur et compléter :

Le moteur est alimenté

Le rotor est constitué de avec une alternance des pôles Nord et Sud.

Nombre de paire de pôles :

Le stator est constitué de

Nombre de paire de pôles :

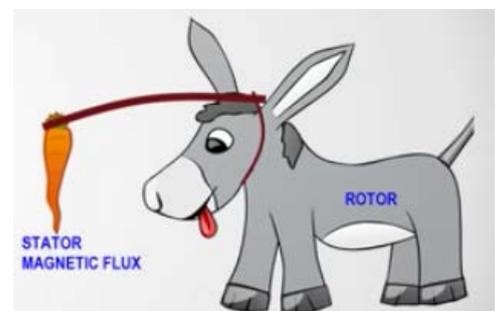
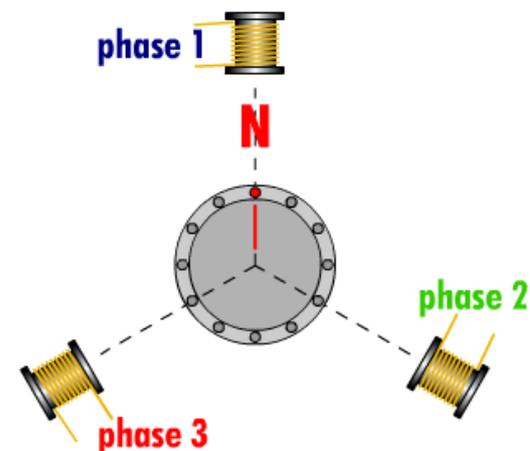
Celles-ci sont le plus souvent connectées en étoile, mais elles peuvent également être connectées en triangle.

Dans le outrunner (ou à rotor externe), les bobines de stator forment le centre (noyau) du moteur, tandis que les aimants permanents tournent dans un rotor en surplomb qui entoure le noyau.

1.2. Principe de fonctionnement :

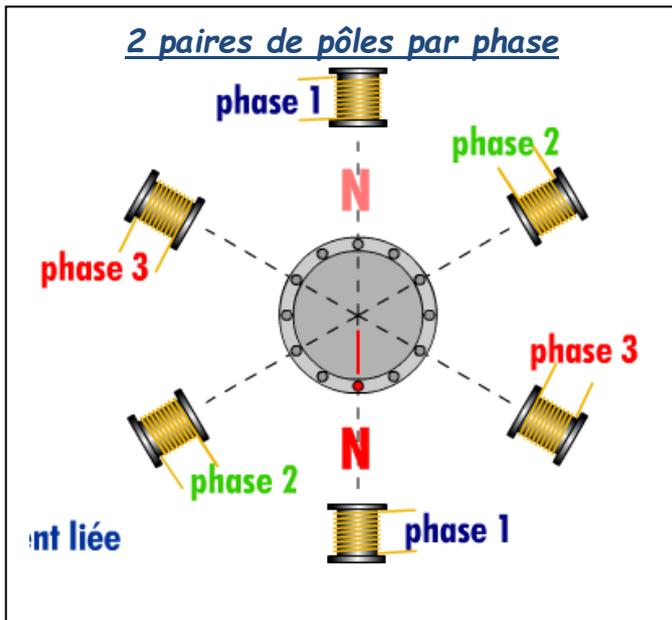
Le champ magnétique tournant peut être créé à partir d'un système de tensions triphasées alimentant des enroulements disposés à 120° l'un par rapport à l'autre.

En activant des enroulements spécifiques dans le stator, en fonction de la position du rotor, un champ magnétique tournant est généré. Voir Fig. 3-15. Des capteurs montés à l'intérieur du moteur détectent la position des aimants permanents sur le rotor. Par exemple, lorsque le rotor se déplace d'un angle ou d'une distance spécifique, l'un des capteurs détectera le passage d'un pôle magnétique nord à un pôle magnétique sud.



1.3. Influence du nombre de pôles par phase sur la vitesse

Les enroulements du moteur, alimentés en triphasé, créent un champ magnétique tournant à deux pôles : Nord et Sud. Au glissement près, le rotor tourne à la vitesse de rotation du champ magnétique.



En associant deux bobines reliées en série à chaque phase, on double le nombre de pôles. Sur une période, le champ magnétique va passer 3 bobines (soit $\frac{1}{2}$ tour). Le rotor cherchant à s'aligner avec le champ tournant va donc tourner deux fois moins vite.

Les bobines du stator alimentées en triphasé créent un champ magnétique tournant dont la vitesse de rotation n_s (appelée *vitesse de synchronisme*) est égale à :

$$n_s = \frac{f}{p}$$

f : fréquence du réseau d'alimentation en Hz
 p : nombre de paires de pôles par phase
 n_s : vitesse de rotation du champ tournant en tour/s

2. Etude de la commutation :

1.4. Conversion d'énergie

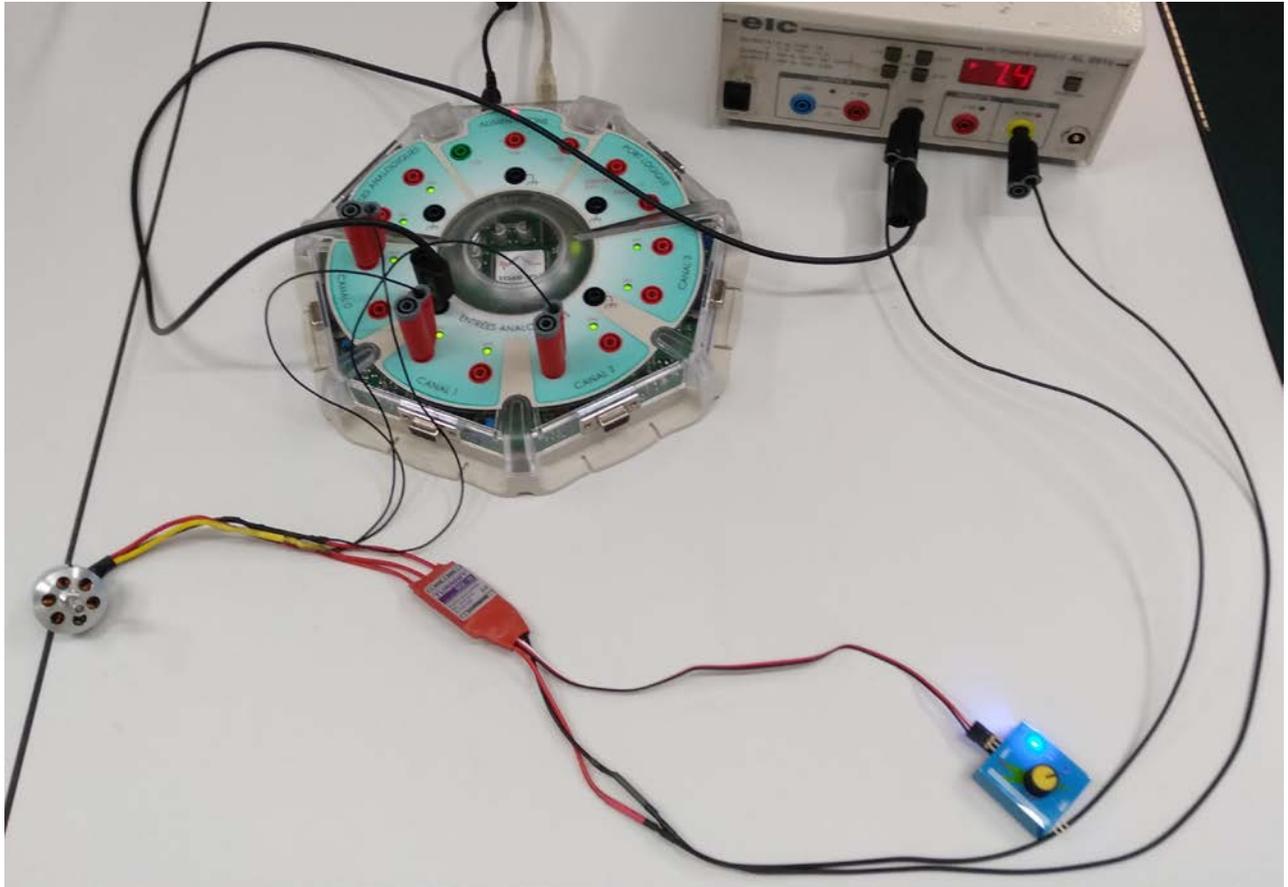
2. Quelle conversion d'énergie effectue l'ESC ?
3. La représenter :



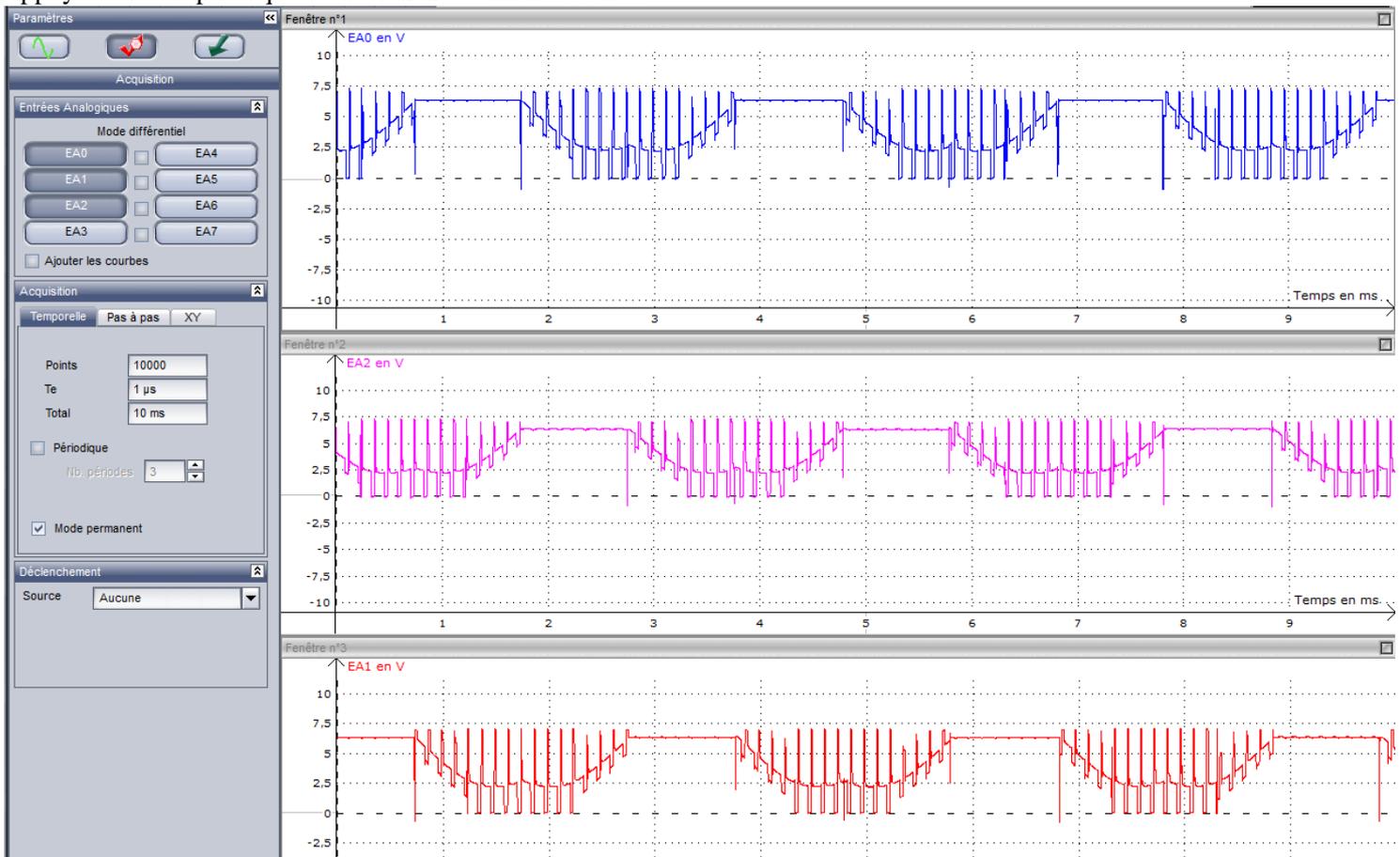
3.1. Observation des tensions:

Alimenter le contrôleur ESC avec une alimentation continue réglée sur 7,4 V
Observer les tensions de chacune des trois phases sur les voies EA0 ; EA1 ; EA2 (calibre ± 10 V)

Paramètre d'acquisition : durée totale 10 ms
10000 points



Créer 3 fenêtres pour afficher séparément les 3 phases
 Lancer l'acquisition en mode permanent.
 Démarrer le moteur
 Appuyer sur echap lorsque vous voulez étudier les courbes



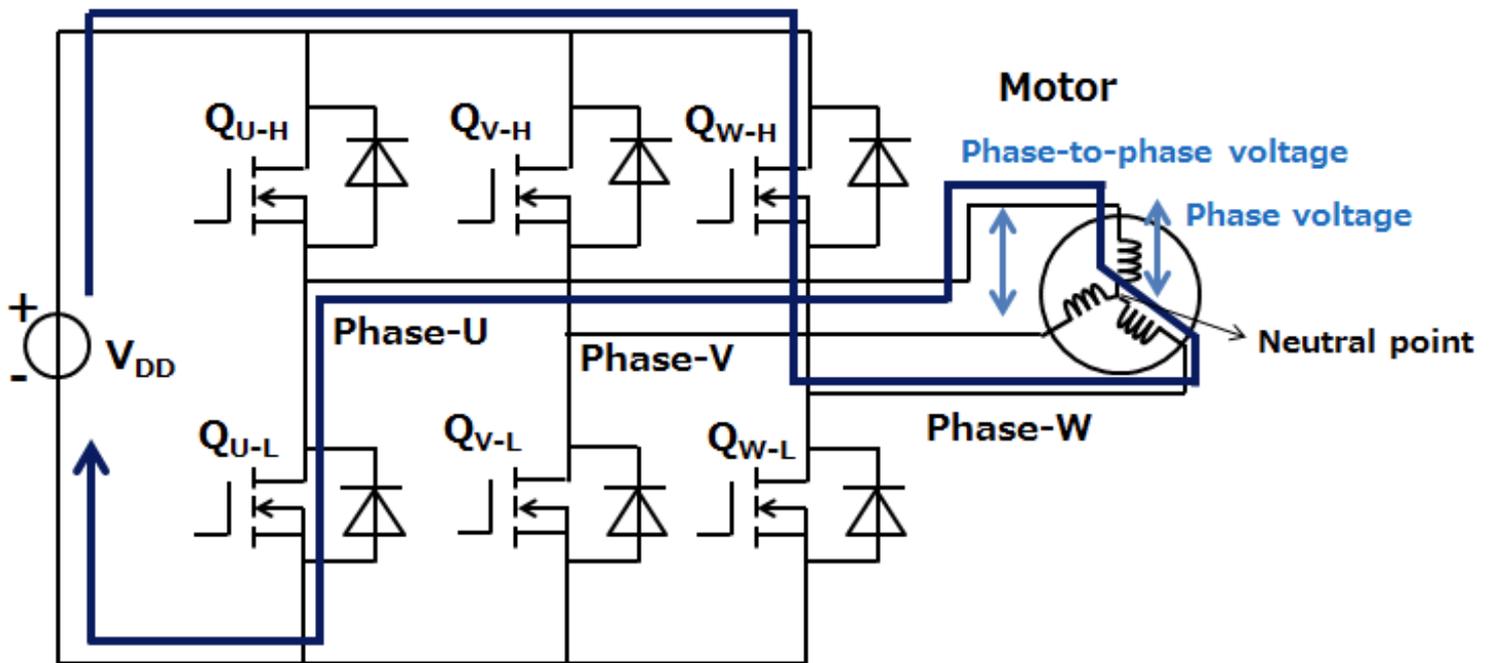
Forme des courbes : Présence de pics à cause des diodes de roue libre

1. Mesurer la période T0 de la tension EA0
2. Mesurer la période T1 de la tension EA1
3. Mesurer la période T2 de la tension EA2
4. La période est-elle la même ?
5. Mesurer le déphasage entre deux phases
6. Retrouve-t-on 120 ° ?

3.2. Principe de la commutation

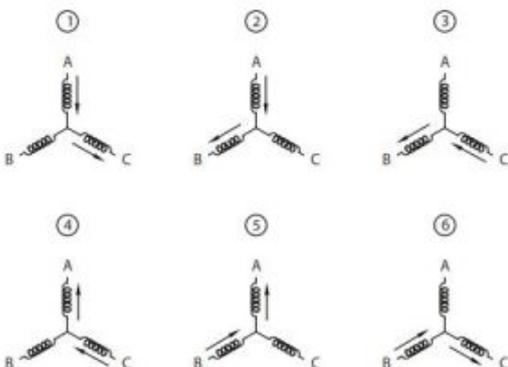
Chaque étape de la séquence de commutation d'un moteur BLDC triphasé implique l'alimentation de l'un des enroulements avec une tension positive, celle d'un deuxième avec une tension négative, le troisième étant laissé ouvert. La Figure 1 montre un schéma simplifié de la première des six étapes de la séquence de commutation d'un tel moteur.

Exemple : tension haute



4. Compléter le tableau suivant pour créer un champ tournant dans le sens horaire : Suivre les périodes 1 à 6 indiquées

	Haute tension (High)			Basse tension (Low)		
	QU-H	QV-H	QW-H	QU-L	QV-L	Qw-L
T1						
T2						
T3						
T4						



T5						
T6						

4.1. Inversion du sens de rotation

1. Comment inverser le sens de rotation du moteur ?
2. En pratique comment réaliser l'inversion ?

2.1. Etude de la commande pwm

Observer le signal de commande :

Observer le signal sur la voie EA4

Le signal que nous allons devoir générer doit avoir une fréquence de Hz.

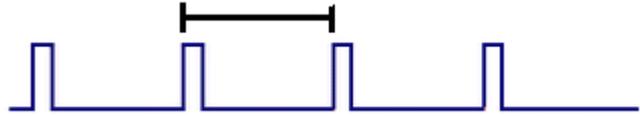
Autrement dit, le temps séparant deux fronts montants est de

$T = \dots\dots\dots$

$F =$

Faire varier la vitesse du moteur et observer le signal.

La fréquence varie-t-elle ?



Materiel :

TURNIGY Basic 18A Speed
Controller v3.1 w / BEC

TURNIGY BESC Carte de
programmaMon

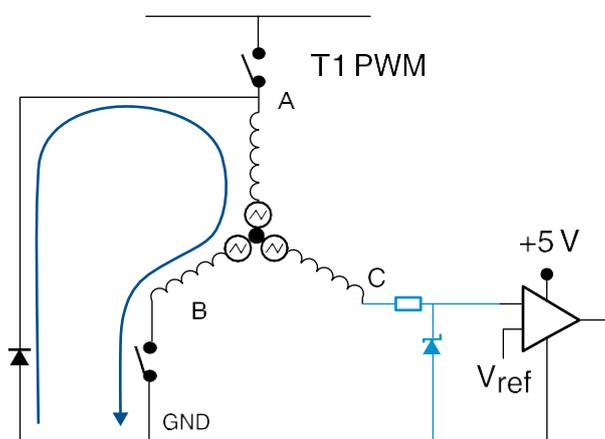
Turnigy Aerodrive DST-700
Brushless Outrunner moteur
700kv

2mm or Connecteurs

Correction:

Pattern	High-side devices			Low-side devices		
	Q_{U-H}	Q_{V-H}	Q_{W-H}	Q_{U-L}	Q_{V-L}	Q_{W-L}
t1	1	0	0	0	1	0
t2	1	0	0	0	0	1
t3	0	1	0	0	0	1
t4	0	1	0	1	0	0
t5	0	0	1	1	0	0
t6	0	0	1	0	1	0

La commande de moteur BLDC sans capteur (parfois appelée commande trapézoïdale sans capteur de moteurs BLDC) utilise la fonction EMF (BEMF) pour déterminer l'emplacement du rotor du moteur (la partie tournante du moteur) par rapport au stator du moteur (la partie fixe).



Une tension appliquée sur l'enroulement d'un moteur force le rotor à tourner. Cependant, le mouvement du rotor dans le champ magnétique du moteur est analogue au comportement d'un générateur. Par conséquent, le moteur reçoit non seulement une tension appliquée, mais génère également sa propre tension. Cette tension est appelée force contre-électromotrice ou CEM arrière et elle est proportionnelle à la vitesse de rotation du moteur. L'arrière EMF peut être utilisé pour déterminer la vitesse et la position

du rotor d'un moteur - aucun capteur n'est requis. Contrôler un moteur au moyen d'une contre-force électromagnétique n'est pas une tâche simple. la plupart des moteurs BLDC sans capteur sont contrôlés à l'aide d'un microcontrôleur, d'un processeur de signal numérique ou d'un circuit intégré de commande dédié.