



Stockage de l'énergie éolienne par volant d'inertie

NEMSI Salima

Attachée de Recherche

Division Energie Eolienne - CDER

E-mail : s.nemsi@cder.dz

La demande croissante en électricité et l'épuisement progressif des sources d'énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) et leurs inconvénients écologiques (réchauffement climatique de la planète provoqué par l'émission des gaz à effet de serre) poussent les décideurs à s'orienter vers de nouvelles sources d'énergies dites renouvelables qui sont illimitées, non polluantes et dont l'exploitation cause moins de dégâts sur l'environnement.

Parmi toutes les énergies renouvelables contribuant à la production électrique, l'énergie éolienne tient actuellement le rôle de vedette. Elle est la source d'électricité qui croît le plus rapidement dans le monde.

Cependant, une caractéristique importante de l'énergie éolienne est la fluctuation de la puissance produite au fil du temps. Or, la stabilité du réseau repose sur l'équilibre entre production et consommation. Pour cela, l'idée de stockage a été exploitée. En effet, ce dernier représente la clé de pénétration de l'énergie éolienne dans un système électrique car il fournit non seulement une solution technique au gestionnaire du réseau pour assurer en temps réel l'équilibre production/consommation, mais il permet également d'exploiter au maximum les ressources d'énergies renouvelables en évitant le délestage.

Il existe à l'heure actuelle plusieurs méthodes de stockage d'énergie qui peuvent être classées en deux catégories (1) :

- **Le stockage à court terme** : Pour cette catégorie, le temps de stockage est inférieur à 10 minutes. Ce type est utilisé pour lisser les fluctuations de puissance produite par la ferme éolienne et pour régler la tension et la fréquence du réseau (réglage primaire).

- **Le stockage à long terme** : Le temps de stockage est supérieur à 10 minutes. Ce type est utilisé pour répondre aux pics d'appels de puissance aux heures de pointe du réseau électrique et en cas d'absence du vent.

De plus, il existe différents moyens de stockage à court terme et long terme. Les plus importants sont présentés dans les tableaux 1 et 2 :

Tableau 1. Moyens de stockage à court terme (2)

| Moyens de stockage | Efficacité % |
|--------------------|--------------|
| Volant d'inertie | 70-80 |
| Supraconducteur | 80-95 |
| Super condensateur | 70-80 |

Tableau 2. Moyens de stockage à long terme (2)

| Moyens de stockage | Efficacité % |
|---------------------|--------------|
| Pompage hydraulique | 90-70 |
| Compresseur d'air | 40-50 |
| Batterie | 60-70 |

Dans cet article, on présente une solution de stockage de l'énergie éolienne à court terme. Cette solution consiste en l'utilisation du volant d'inertie afin de garantir, en temps réel, la stabilité du système électrique.

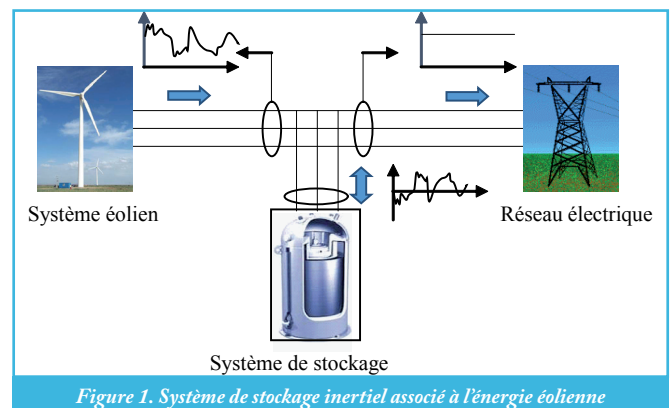


Figure 1. Système de stockage inertiel associé à l'énergie éolienne

Quels sont les constituants du système de stockage par volant d'inertie ?

Les principaux composants d'un dispositif de stockage inertiel sont schématisés par la figure 2. On trouve ainsi en premier lieu le volant, puis le moteur-générateur, le tout guidé par des paliers éventuellement magnétiques, un convertisseur électronique de puissance et une enceinte à basse pression (3).

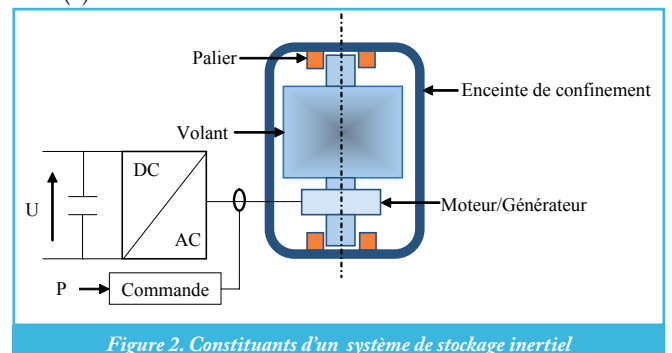


Figure 2. Constituants d'un système de stockage inertiel



Quel est le principe de fonctionnement du système de stockage par volant d'inertie ?

Comme dans la majorité des systèmes de stockage d'énergie électrique, il y a une transformation réversible d'énergie. Ainsi, lors du stockage, l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique par l'intermédiaire du moteur électrique. Puis, l'énergie mécanique est à son tour stockée dans le volant d'inertie sous forme d'énergie cinétique d'une masse tournante. En revanche, lors de la décharge du système de stockage, l'énergie mécanique est reconvertie en énergie

à la rupture et la masse volumique du matériau utilisé pour sa fabrication. La résistance à la rupture du matériau doit être la plus importante possible de manière à garantir des niveaux de vitesse élevés. La masse volumique doit être suffisamment faible pour permettre une grande réactivité du volant. Le matériau a donc une grande importance dans la conception du système de stockage inertiel.

Le tableau 3 présente quelques types et caractéristiques des matériaux utilisés pour la construction des volants d'inertie.

Tableau 3. Types et caractéristiques des matériaux utilisés pour la construction des volants d'inertie (1)

| Matériau | Kevlar | Fibre de carbone & résine | Fibre de verre & résine | Aciers de grande résistance | Alliage d'aluminium |
|---|--------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Masse volumique(kg/m ³) | 1800 | 1500 | 2000 | 7800 | 2700 |
| Résistance à la rupture(MN/m ²) | 4800 | 2400 | 1600 | 1300 - 2100 | 594 |

électrique par l'intermédiaire du générateur électrique. Le régime de fonctionnement est déterminé par le convertisseur électronique de puissance qui impose le sens de transfert de l'énergie à travers la machine électrique (1).

La figure 3 montre le fonctionnement du volant d'inertie pendant une minute où la vitesse initiale du volant est fixée à 1500 trs/min. Lors de la première phase, la vitesse croît de 1500 à 3000 trs/min, dans ce cas, le système stocke l'énergie. Alors que durant la deuxième phase lorsque la vitesse décroît de 3000 trs/min à 1500 trs/min, le système fournit de l'énergie.

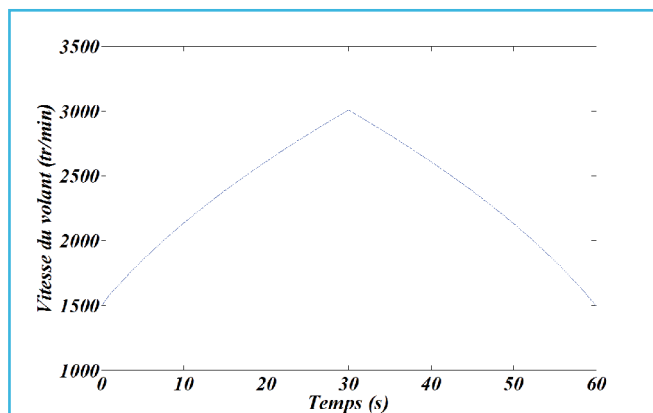


Figure 3. Vitesse du volant d'inertie

Quels sont les matériaux utilisés pour la fabrication des volants d'inertie ?

L'énergie stockée dans le système décrit ici est proportionnelle au moment d'inertie du volant. Elle est limitée par la ré-

Quels sont les avantages et les inconvénients du stockage inertiel ?

Comme tout système, le stockage par volant d'inertie présente des avantages et des inconvénients :

Avantages

- Occupe peu d'espace par rapport aux batteries.
- Système propre qui ne produit aucune pollution.
- Durée de vie indépendante du nombre de cycles de stockage/déstockage.
- Connaissance précise du niveau d'énergie stockée.
- Moins de contraintes thermiques.
- Maintenance facile.

Inconvénients

- Faible durée de stockage.
- Risque de rupture du matériau utilisé.

Références

- (1) G.O.Cimuca, 2005 : Système inertiel de stockage d'énergie associé à des générateurs éoliens, thèse de doctorat en génie électrique, université de Lille.
- (2) X. Xiaoning, Z. Xuesong, 2013: The study of energy storage technology application in wind power integration, Applied mechanics and materials, vol 391, pp 261-264.
- (3) H. Ben Ahmed, B. Multon, N. Bernard et C. Kerzreho, 2007 : Le stockage inertiel électromécanique, Revue 3EI n°48, pp. 18-29.