

Hydraulique

Définition

Une turbine hydraulique est un moteur qui transforme l'énergie gravitationnelle de l'eau en énergie mécanique.

Principe de fonctionnement

L'eau est canalisée vers un rotor constitué d'aubes, de pales ou d'aiguets qui entre en rotation sous la force engendrée par cet écoulement. L'axe de ce rotor est ensuite utilisé comme « force motrice » pour entraîner différentes machines mécaniques ou de production électrique.

Calcul de la puissance

La puissance brute est directement proportionnelle aux débit et hauteur de chute.

La puissance nette est la puissance utilisable à l'arbre de la turbine. Elle est donnée par la puissance brute diminuée des différentes pertes. Par commodité, plutôt que soustraire des pertes variables en fonction des circonstances, on multiplie la puissance brute par un coefficient transformé en pourcentage, le rendement. La puissance brute se mesure généralement en kilowatts.

Voici la formule :

$$P = H \times Q \times g$$

Avec P = Puissance en kilowatts, H = hauteur de chute en mètres, Q = débit en m³ par seconde et g, constante gravitationnelle, = 9,80665 (valeur que l'on remplace, pour simplification, par 9,81).

(Si l'on veut la puissance brute en « chevaux vapeur », la formule sera : $P_{cv} = H \times Q / 0,075$)

La puissance nette, en kilowatts, sera :

$P_{nette} = \text{rendement} \times H \times Q \times g$ sera toujours inférieur à 1)

Calcul de la production

La production est donnée par la puissance nette multipliée par le nombre d'heures de fonctionnement. La production est généralement donnée en kilowattheures (kWh), unité de travail.

Pour avoir un calcul précis de la production, on analyse, dans la mesure du possible, les débits journaliers du cours d'eau sur une période la plus longue possible (pour une base de données valable, il faut au minimum 5 ans consécutifs). On classe tous les débits par ordre décroissant, et l'on trace la « courbe des débits classés », synthèse théorique, ramenée sur 365,25 jours, des caprices du cours d'eau.

En fonction de chaque valeur de débit, une hauteur de chute est mesurée ou estimée (plus le débit est important, plus la hauteur de chute a tendance à diminuer). La hauteur de chute détermine la quantité d'eau exacte que pourront « avaler » les turbines (une même turbine prendra moins d'eau à mesure que la hauteur diminue). Hauteur de chute et débit des turbines déterminent la puissance nette. Cette valeur, en corrélation directe avec les débits, permet de tracer une nouvelle courbe de puissance. Par intégration de cette courbe, on obtient la production annuelle.

En France, on compte, en moyenne, 8 jours d'arrêt pour crue. Pour une bonne base d'estimation de dimensionnement des turbines, on regarde sur la courbe des débits classés quelle est la valeur de débit à 100 jours. Si les turbines sont correctement adaptées au site, la production annuelle s'élève à environ 50% de la production totale théorique obtenue en multipliant la puissance maximale par 24 heures et 365 jours (ou 8 760 heures). Ainsi, on peut estimer qu'une centrale de 100 kW produira environ 440 000 kWh par an.

Classification des turbines hydrauliques

On divise les turbines hydrauliques en deux familles :

- Les turbines à action

Une turbine est dite à action lorsque le flux hydraulique agit que du côté amont des parties actives, par pression.

Ces turbines ne sont pas intégralement « mouillées » : seule une partie de leur périphérie est en contact direct avec le flux actif.

- Les turbines à réaction

Une turbine est dite à réaction lorsque le flux hydraulique agit une première fois du côté amont, par pression, puis une deuxième fois (où le préfixe « ré ») du côté aval, par dépression. Ces turbines sont complètement « mouillées » : elles sont intégralement incluses dans des conduites où l'air est absent.

Turbines à action

Historiquement, toutes les premières turbines étaient à action. La turbine type est la roue à aubes. Aujourd'hui, pour les petites puissances et les très basses chutes, il est toujours possible, et souvent avantageux, d'utiliser ce type de machine.

On utilise un autre type de turbine à action, cette fois pour les hautes et très hautes chutes, la roue Pelton.

Les turbines à action ont l'avantage d'un coût intéressant par kW installé, d'une grande simplicité technique, d'une bonne robustesse et d'une excellente fiabilité. En outre, le génie civil peut être relativement simple.

Elles ont l'inconvénient de ne pas utiliser intégralement la hauteur de chute disponible, et de ne fonctionner que pour des débits relativement faibles.

Turbines à réaction

Ces machines ont commencé à apparaître au milieu du XIX^{ème} siècle (brevet de James Francis en 1849). Leur véritable essor date des années 1930.

Comme pour les turbines à action, elles utilisent, bien sûr, la force engendrée par la poussée de l'eau en amont. Mais, en plus, elles bénéficient d'un dispositif statique, nommé aspirateur ou diffuseur, situé en aval du rotor.

Ce dispositif permet de profiter de la hauteur restant entre la turbine et le niveau aval, en fonctionnant par dépression (où le terme « aspirateur »). Ce dispositif, de par sa forme tronconique inversée, permet aussi de ralentir le flux. L'énergie cinétique engendrée par ce ralentissement se répercute, via l'aspirateur, sur le rotor (où le terme, parfois employé, de « diffuseur »).

Aujourd'hui, on utilise essentiellement trois types de turbines à réaction :

- les Francis (moyennes à hautes chutes, débits importants),
- les Kaplan (très basses, basses et moyennes chutes, débits très importants),
- les Banki (basses à moyennes chutes, débits modérés).

Les turbines à réaction ont l'avantage d'utiliser au maximum le potentiel fourni par le site. Elles bénéficient donc d'un rendement particulièrement élevé.

Autre avantage, ces turbines peuvent se développer en de multiples versions et adaptations, et fonctionnent avec un excellent rendement quelle que soit la dimension de la machine, depuis la « micro-turbine » de quelques centaines de Watt au monstre de plusieurs centaines de méga-Watt.

Elles ont l'inconvénient d'être assez complexes, de demander des études approfondies, d'être délicates à mettre au point, de nécessiter, sauf fabrications ou adaptations particulières, un génie civil lourd et précis. Le prix de revient par kW installé peut facilement devenir exorbitant.