



Giacintec

Mesure, Télémessure, Equipement

Lettre d'info de décembre 2020

jlrouvet@giacintec.com

Sujet : Mesures sur turbines

Les mesures de pression, de température et de débit sont essentielles au fonctionnement optimal des turbines à gaz et à vapeur et autres turbo réacteurs et turbo propulseurs. La vie de ce type de machines repose aussi sur le suivi des couples de torsion et la surveillance vibratoire.

Les mesures sont réalisées dans des environnements très particuliers puisque les températures internes sont de 300°C à plus de 1200°C. Les éléments sensibles supportant de telles températures sont rares.

Les capteurs de pression, par exemple, sont conçus pour des fonctionnements en environnement thermique permanent sous 200 °c dans le meilleur des cas sauf les capteurs piézoélectriques qui tiennent des environnements plus chauds.



Capteur piézoélectrique Columbia (400°C)

Certains capteurs 'exotiques' avaient été conçus, par le passé, pour pallier aux problèmes thermiques, ils utilisent un dispositif de refroidissement par circulation de liquide ou de gaz. Une autre technique consiste à déporter la membrane du média chaud en utilisant un capillaire rempli de fluide supposé inoxydable et

incompressible. Enfin, une transmission mécanique à barre d'appui peut transmettre l'information.



Capteur

refroidi par circulation de gaz.

In fine, le fonctionnement en hautes températures n'est pas facile à garantir.

Les mesures vibratoires relèvent du même souci et rares sont les capteurs dont la tenue en température est suffisante pour certaines applications.



Accéléromètre

modèle 378 HTXP

Les modèles 378 supportent 400 °C et mesures chocs et vibrations. Le câble intégré a permis de les faire valider pour installation sur générateurs de vapeurs dans les centrales nucléaires. Ce n'est pas la seule tenue thermique qui a fait pencher la balance mais une possibilité de déploiement rapide grâce au câble intégré gainé métal. En effet, ce câble limite la présence des techniciens en zone chaude.



Giacintec

Mesure, Télémessure, Equipement

Les modèles 378 possèdent des sensibilités de 5 ou 55 $\mu\text{C/g}$, suivant le modèle, avec des bandes passantes de 2 Hz à 2 KHz ou à 4 KHz.

La mesure en environnement chaud ne facilite pas le prélèvement de certains paramètres comme le **couple de torsion**.

Si des jauges de déformations tiennent de fortes températures, la plupart des électroniques ne survivent pas à plus de 125°C. La raison réside dans les limites thermiques des composants électroniques. Les plus performants sont donnés pour 125 voire 150°C. Sur un rotor de turbine et en continu, hors zones particulièrement chaudes, les températures avoisinent ces températures limites et l'auto échauffement ajoute jusqu'à 10 ou 20 °C à la température des composants.

Les composants d'électroniques numériques n'acceptent pas ces températures élevées et seul l'analogique est pertinent dans l'élaboration d'une solution.

D'ailleurs les phénomènes à explorer ne se limitent pas aux régimes établis et la bande passante revêt une grande importance, tout autant qu'un calage en phase des différentes mesures.

La mesure du couple de torsion est d'autant plus complexe que l'intégrité de la chaîne cinématique doit être préservée et que l'insertion d'un coupleur mécanique est, souvent, interdite.

La télémessure représente donc une solution. L'arbre de transmission est équipé de jauges de déformations montées en pont complet et ce pont est lié à une électronique embarquée chargée de conditionner et transmettre le signal sans liaison physique (filaire).



Il existe plusieurs difficultés, d'une part obtenir un signal propre de mesure suffisamment important pour être exploitable et, d'autre part, offrir une bonne précision. L'alimentation du pont de jauges est donc un point sensible, limité par le transfert d'énergie de la partie fixe vers la partie embarquée. Si le signal d'alimentation est assez important et le nombre de déformations consistant, la mesure du couple de torsion est envisageable. Il reste à amplifier le signal et à le transmettre. L'amplification au travers d'un ampli différentiel donne de bons résultats et un réglage du gain ou de la pleine échelle de mesure est possible. Pour préserver bande passante, calage en phase avec d'autres mesures et un niveau de bruit visible, l'analogique sera préféré. En effet, le numérique converti des signaux analogiques en 'mots' et les mots ne différencient pas un signal mesure d'un bruit. Une bande passante de 5, voire 10 KHz est parfaitement accessible en analogique et la transmission est instantanée permettant un calage entre différentes voies d'un même émetteur, différents émetteurs et des mesures radio et filaires. La double conversion en fréquence immunise le signal mesure de toute perturbation, le signal de transmission véhiculant la mesure sous forme de sous porteuse.

Un autre point important est la compensation thermique. Les ponts de jauges peuvent-être compensés mais il est aussi possible de réaliser une mesure thermique et de compenser avec une matrice pré établie.



Giacintec

Mesure, Télémessure, Equipement

Support de pièces embarquées.

Aujourd'hui l'adaptation sur rotor de machine tournante est facilitée dans la mesure où il est possible d'imprimer les pièces en 3 D.

L'impression 3 D permet de s'adapter en termes de formes et de volumes mais offre l'avantage de tenues thermiques importantes jusqu'à plus de 230°C pour certains polymères. Les tenues mécaniques sont impressionnantes si des épaisseurs minimales sont respectées.

L'impression 3 D limite cependant les volumes des pièces polymère, par exemple 600 x 500 x 350 mm.

Un autre atout potentiel est la possibilité d'imprimer avec du métal. L'impression est réalisable en Alu, en Titane, en acier et pourquoi pas bronze pour des applications Marine.

Les mesures de couple de torsion ne sont pas les seules réalisables sur pièces tournantes, les déformations des aubes, les vibrations et les températures sont autant de paramètres pouvant être transmis sans fil.

Ceci amène aux problématiques d'analyse et d'expertise sur site 'client'. Mesures vibratoires et de pression, de température et de débit ne sont, usuellement, pas réalisées sur pièces mobiles. En revanche, le couple de torsion est prélevé sur l'arbre tournant. Lors d'une mission expertise, un technicien peut coller des jauges et installer, en provisoire, un moyen de transmission radio.

Un **kit télémessure** associé à un **kit jauges** permet de réaliser rapidement une installation provisoire pour caractériser les possibles problèmes.



Le montage de l'électronique sur l'arbre est alors réalisé avec des moyens sommaires et l'alimentation de la partie embarquée est réalisée par piles. Le réglage du gain est ajustable en utilisant des résistances de précision. Si l'étalonnage ne peut offrir une précision absolue de grande qualité, la précision relative demeure et les bandes passantes des signaux mesure du continu à 10 KHz permettent d'observer des transitoires essentiels pour caractériser un problème.

Pour conclure, un ensemble de solutions existe pour réaliser des mesures lors de la conception des turbines, pendant le fonctionnement sur site client en vue de maintenance prédictive et lors d'interventions d'expertise ou de dépannage.

./

Note : Les moyens applicables aux turbines peuvent être transposés à de nombreuses autres applications.