

Micro Gas Turbines

(RTO-EN-AVT-131)

Executive Summary

Portable equipment as well as propulsion of small airplanes (UAV) and robots have enhanced the need for portable power supplies of large energy density (kWh/kg). This has resulted in a growing interest in micro-gasturbines as they should be capable of delivering 20 times more energy than batteries for the same weight. On the high-power end (up to 100 kW), micro-gasturbines are also of interest for distributed power generation in applications where heat and power can be used. The need for high performance and the specific problems, resulting from the miniaturization of components, are at the origin of a worldwide increase of research on micro-gasturbines and the motivation for the present lecture series.

This course describes the state-of-the-art and gives an overview of the research activities in the USA, Asia and Europe on following problems that are specific for micro and nano-gasturbines:

- the large heat fluxes, resulting from the large temperature differences and small dimensions, and their unfavourable impact on flow and thermodynamic performance;
- the oil free bearings that can withstand the very high temperatures of the components and capable of operating at the very high RPM (over 10.6 rev/min), needed to produce the required pressure ratio in the very small rotors;
- the high performant and compact heat exchangers, for maximizing the cycle efficiency and minimizing the exhaust temperature;
- the special combustion chamber designs and the use of non-conventional fuels, that are required to cope with the short residence time in the very small combustion chambers;
- the unconventional materials and appropriate manufacturing techniques, that can resist the very high metal temperatures (1200 to 1500 K) resulting from the absence of any turbine cooling in the small dimensions; and
- new electrical generators and motors capable of operating at the very high RPM and the related power control.

It is shown what progress is still needed in all those fields before portable gas-turbine units between .1 and 1 kW will become available.

Possible applications of micro-gasturbines for propulsion of UAV and integration in Fuel-cells are also presented. It is concluded that a lot of research is still required before the target of 75% thermal efficiency will be reached for the latter ones.

The important progress that can be expected in the upcoming years from the present research activities in this field justifies optimistic expectations and could be the topic of a new Lecture Series on this topic in 2 or 3 years.

Micro turbines à gaz

(RTO-EN-AVT-131)

Synthèse

Les équipements portables ainsi que la propulsion de petits aéronefs (UAV) et les robots ont accru le besoin en matière d'alimentations portables ayant une densité énergétique importante (kWh/kg). Cette situation a entraîné un intérêt grandissant pour les micro turbines à gaz car elles devraient pouvoir fournir 20 fois plus d'énergie que les batteries, pour le même poids. En ce qui concerne les puissances élevées (jusqu'à 100 kW), les micro turbines à gaz sont également intéressantes pour la production d'énergie distribuée dans des applications susceptibles d'utiliser la chaleur et l'énergie. Le besoin de performances élevées et les problèmes spécifiques, résultant de la miniaturisation des composants, sont à l'origine d'un accroissement mondial de la recherche sur les micro turbines à gaz et de la motivation de cette série de conférences.

Ce cours décrit l'état de l'art et donne un aperçu des activités de recherche aux USA, en Asie et en Europe sur les problèmes suivants, spécifiques aux micro et aux nano turbines à gaz :

- les flux thermiques importants, résultant des grandes différences de température et des dimensions réduites, et leur impact négatif sur les performances de débit et de thermodynamique ;
- les roulements sans huile capables de supporter les températures très élevées des composants et de fonctionner à la vitesse très élevée (supérieure à 10.6 tours/mn), nécessaire pour produire le taux de pression requis dans ces très petits moteurs ;
- les échangeurs de chaleur compacts et très performants, afin d'optimiser l'efficacité cyclique et de minimiser la température d'échappement ;
- la conception de chambre de combustion spéciale et l'utilisation de carburants non conventionnels, nécessaires pour répondre au temps de résidence réduit dans les très petites chambres de combustion ;
- les matériaux non conventionnels et les techniques de fabrication appropriées, susceptibles de résister aux températures très élevées du métal (1200 à 1500 K) résultant de l'absence de refroidissement de la turbine dans ces dimensions réduites ; et
- les nouveaux générateurs électriques et moteurs capables de fonctionner à une vitesse très élevée et la commande de puissance correspondante.

Il est démontré que des progrès doivent encore être faits dans tous ces domaines avant que des turbines à gaz portables variant de 0.1 à 1 kW soient disponibles.

Les applications possibles des micro turbines à gaz pour la propulsion des UAV et l'intégration en piles à combustible sont également présentées. Il en ressort qu'un important travail de recherche est encore nécessaire avant d'atteindre l'objectif de 75 % de rendement thermique pour ces dernières.

Le progrès important pouvant être attendu dans les prochaines années, à partir des recherches actuelles dans ce domaine, justifie des espérances optimistes et pourrait être le sujet d'une nouvelle série de conférences dans 2 ou 3 ans.