



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Jahresbericht 23. November 2012

Messmethoden zur standardisierten Effizienz- bestimmung hocheffizienter elektr. Antriebe.

Joint Research Work mit Australien

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm „Elektrizitätstechnologien und –anwendungen“
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

EPFL, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, CH-1015 Lausanne

Auftragnehmer:

Laboratoire de Machines Electriques (LME)
EPFL-STI-IEL
Station 11
CH-1015 Lausanne
<http://lme.epfl.ch>

Autoren:

Roland Wetter, EPFL, roland.wetter@epfl.ch

BFE-Bereichsleiter:	Dr. Michael Moser
BFE-Programmleiter:	Roland Brüniger
BFE-Vertragsnummer:	SI/500500749-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Contexte

La réorientation de la politique énergétique en Suisse et dans le monde mise sur plusieurs types d'intervention aptes à diminuer l'empreinte environnementale. Une des actions prioritaires consiste à améliorer le rendement des systèmes énergétiques.

Dans le domaine des entraînements électriques et des moteurs en particulier, d'importants efforts sont consentis depuis plusieurs années au niveau international pour améliorer les performances énergétiques des moteurs.

Le présent projet s'insère dans ce contexte. Il consiste dans la définition de standards de mesure, voire de nouvelles méthodes de mesure de l'efficacité énergétique de moteurs électriques à haut niveau de rendement.

Importance des méthodes de mesure

La mesure précise du rendement prend une importance accrue pour plusieurs raisons:

- les nouvelles classes de rendement (*IE4 Super Premium efficiency*) des moteurs nécessitent d'élaborer de nouvelles méthodes normatives de mesure en raison du très faible niveau des pertes;
- la détermination précise du rendement est indispensable pour assurer la qualité des produits mis sur le marché, pour respecter et faire respecter les exigences légales en matière de performances;
- la mise en œuvre de plus en plus fréquente de moteurs alimentés par des sources électroniques de puissance dont l'onde de tension est non sinusoïdale, modifie passablement la nature des pertes dans les moteurs.

Entraînements retenus

Cette recherche se limite délibérément à des moteurs alimentés par des convertisseurs de fréquence. Les puissances se situent dans la plage comprise entre 1 kW et 100 kW.

Buts du projet

L'objectif de cette recherche est de participer à la définition de méthodes de mesure normalisables du rendement des moteurs électriques à faible niveau de pertes. Il s'agit de définir des méthodes d'essai précises et reproductibles. La description de ces méthodes doit être univoque et permettre de déterminer le rendement sans ambiguïté et avec précision.

Limites des méthodes de mesure actuelles

Les normes de mesure actuelles du rendement ne sont pas vraiment adaptées pour répondre correctement aux défis que représentent les entraînements à courant alternatif à vitesse variable. Les pertes supplémentaires provoquées par les ondes de courant non sinusoïdales ne sont pas évaluables par la méthode très largement utilisée jusqu'ici de la mesure de rendement indirecte par sommation des pertes.

Pour cette raison, la méthode de mesure directe revient au premier plan. Cette méthode devient cependant d'autant plus imprécise, en termes de mesure, que le rendement est meilleur.

Les travaux couverts par ce projet concerneront tant les principes de mesure, par l'élaboration de nouvelles méthodes, que par la définition des conditions cadres de la mesure.

Travaux réalisés et résultats acquis

L'année 2012 a principalement consisté dans la définition du projet et à assurer les conditions-cadres de son exécution.

- Définition de la nature de la collaboration internationale avec le laboratoire *Ca/Test* de Port Elliot, Australie (cf. ci-dessous, Collaboration internationale).
- Suite à diverses réallocations de locaux en raison des remaniements des priorités de recherche à l'EPFL, les espaces dévolus à la recherche énergétique de puissance en électricité ont dû être partiellement redéployés suite à une réduction des surfaces dévolues au domaine; ceci a

nécessité des efforts soutenus durant le premier semestre pour conserver un laboratoire fonctionnel.

- Choix et acquisition des moteurs et des convertisseurs associés qui feront l'objet des premières investigations.
- Participation au *4th International Motor Summit for Energy Efficiency* à Zurich, suivi d'une rencontre de travail à Lausanne avec le partenaire australien.

Entraînements retenus pour analyse

Les moteurs acquis durant l'année sous revue sont les suivants :

- Moteur asynchrone standard IE3 (P = 11 kW) alimenté par un convertisseur de fréquence. Il s'agit d'un élément de référence choisi pour la comparaison des mesures par alimentation classique et par convertisseur. Cela permettra la vérification de la pertinence des méthodes de détermination des pertes supplémentaires.
- Moteur synchrone à aimants permanents (P = 11 kW). Ce type de moteur nécessite des procédés de mesure particuliers en raison de l'impossibilité d'une marche à vide sans excitation.
- Moteur hybride dit à ultra haut rendement (P = 7.5 kW). Il s'agit d'un moteur avec un bobinage triphasé classique au stator et un rotor avec une cage en aluminium et des aimants permanents. Cette combinaison permet le démarrage direct sur le réseau à fréquence industriel et l'accélération jusqu'à la vitesse synchrone. Il s'agit donc fondamentalement d'un moteur synchrone à démarrage asynchrone. Un convertisseur de fréquence n'est donc a priori pas nécessaire pour sa mise en vitesse. Si un réglage de vitesse est souhaité, le contrôle-commande du variateur de fréquence est simplifié en raison de la marche synchrone du moteur.
- Moteur réluctant synchrone (P = 11 kW). Ce type de moteur est le résultat d'un développement novateur de la firme ABB. Il nécessite cependant pour tous les régimes de fonctionnement d'un variateur de fréquence approprié. L'intérêt de ce type de moteur est double. D'une part, il ne nécessite pas d'aimant permanent (éléments relativement coûteux et faisant appel à des terres rares). D'autre part, la marche synchrone réduit notablement les pertes rotoriques.

Collaboration nationale

Le projet a reçu un soutien indirect des **industriels et fournisseurs suisses** qui ont offert des conditions d'acquisition très favorables des objets d'étude. Il s'agit des entreprises ABB Schweiz AG, Siemens Suisse SA et HS Weg Antriebssysteme AG.

L'**EPFL** met à disposition les équipements et espaces d'expérimentation, ainsi que les prestations d'usinage et de montage des pièces mécaniques et électriques. Elle libère également les compétences disponibles en son sein pour la réalisation de ce projet.

L'engagement du chef du programme de l'**OFEN**, M. R. Brüniger, a été décisive pour la concrétisation de la dimension internationale du projet et du financement.

Collaboration internationale

Ce projet se réalise dans le cadre d'une collaboration internationale entre d'une part le *Department of Climate Change and Energy Efficiency, Australia*, et d'autre part l'*Office fédéral de l'énergie (Suisse) - Programme de recherche Technologies et utilisations de l'électricité*.

Le partenaire exécutif australien est le laboratoire *CalTest*, Port Elliot, South Australia, par son directeur, M. Andrew Baghurst.

La contribution australienne se concentre principalement sur les procédés de la mesure directe. Celle de la Suisse sur les procédés de sommation des pertes. La collaboration prévoit, outre des échanges sur les procédés de mesure développés dans chaque laboratoire, également des échanges de moteurs pour permettre des mesures comparatives.

Evaluation de l'année 2012 et perspective pour 2013

L'année sous revue a été utilisée pour la mise sur pied du projet et dans la consolidation des conditions-cadres de sa réalisation.

Compte tenu du caractère novateur de certains moteurs retenus (dont la disponibilité commerciale n'était pas encore définie lors de leur commande) les délais de livraison ont été importants. Pour cette raison, les essais à large échelle débuteront en 2013. Les premiers résultats concrets seront disponibles au cours du 2^e semestre.