

Journée Académie - Industrie

Problématique d'estimation pour les machines électriques

21-21 janv. 2025

Mines de Paris

France



Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Challenges in Motor Control for General Purpose Drives, Jebai Al Kassem [et al.] | 3 |
| Unified model and observer design for AC machines, Kader Zohra | 4 |
| Estimation des caractéristiques mécaniques et diagnostic à partir des mesures électriques sans capteur mécanique, Erik Etien | 5 |
| Etude expérimentale des machines synchrones à réluctance variable, problématique de modélisation et d'estimation du flux et du couple., Romain Delpoux . . | 6 |
| ePowertrain performance optimisation through Pulse Width Modulation (PWM) strategies : models and experimental results, Fabien Vidal-Naquet | 7 |
| Signal injection for sensorless control of AC motors, Philippe Martin | 8 |
| Torque observation of wound rotor synchronous motor with model uncertainties for electric vehicles applications, Malek Ghanes | 9 |
| Safran Landing Systems : Taxiage électrique, Frédéric Bach [et al.] | 10 |
| Liste des participants | 10 |
| Liste des intervenants | 12 |

L'objectif global de cette journée est de :

- favoriser le dialogue entre chercheurs et industriels pour anticiper les futures tendances et priorités de recherche;
- cartographier les activités actuelles en France dans le domaine de l'estimation appliquée aux machines électriques
- faire un état des lieux des moyens expérimentaux développés dans les laboratoires français
- identifier les problématiques et enjeux stratégiques pertinents pour le secteur industriel.

Cette journée est soutenue par la SAGIP et le GDR SEEDS du CNRS.

Pour les GTs CSE et SYNOBS :

- Pauline Bernard, GT SynObs, SAGIP
- Romain Delpoux, GT CSE, SAGIP
- Jean-Yves Gauthier, GT CSE, SEEDS
- Malek Ghanes, GT CSE, SAGIP
- Ngac-Ky Nguyen, GT CSE, SEEDS

Accès :

- Salle V107 (suivre fléchage depuis l'accueil), Mines Paris, 60 boulevard Saint-Michel, 75006 Paris

Challenges in Motor Control for General Purpose Drives

Jebai Al Kassem ^{*†} ¹, Pascal Combes ^{* ‡} ², Dilshad Surroop ^{* §} ²

¹ Schneider Electric Industries S.A.S. – Schneider Electric Industries S.A.S. – France

² Schneider Electric Industries S.A.S. – Schneider Electric Industries S.A.S. – France

Contenu:

- Présentation de Schneider Electric et de l'activité STIE (généralités, chiffres, gamme de puissance, types moteurs, applications, ...)
- Présentation des différentes collaborations (aussi industrielles)
- Exemple de nos sujets de recherches :
 - Approche observateur-contrôleur pour les moteurs électriques (avec et sans capteur)
 - Observateur pour le PMSM
 - Observateur pour le moteur SynRM
 - Injection de signal (thèses et suite)
 - Contrôle unifié (thèse)
 - Problèmes actuels / challenges:
 - Auto-tuning (rotor bloqué, à l'arrêt, en rotation)
 - Maintenance prédictive
 - Stabilité du bus DC
 - PMSM à flux axial

*Intervenant

†Auteur correspondant: al-kassem.jebai@schneider-electric.com

‡Auteur correspondant: pascal.combes@se.com

§Auteur correspondant: dilshad.surroop@se.com

Unified model and observer design for AC machines

Kader Zohra * ¹

¹ Equipe Codiase Laplace – Université de Lyon, Institut National des Sciences Appliquées, Université Claude Bernard-Lyon I - UCBL (FRANCE), Ecole Centrale de Lyon – France

For decades, the problem of sensorless control, which usually refers to the speed regulation of AC machines without the need for a speed sensor, was handled independently for each machine type. After Boldea et al. presented the concept of active flux, the AC machines equations were handled in a more unified way. The active flux concept transforms the salient machines into non-salient machines and simplifies the observer design process. However, even though the voltage model (VM) can be written in a unified form, the current model (CM), which represents the rotor flux dynamics, still depends on the motor type. This gives the path to different hybrid observer forms that combine both the VM and the CM of the machine where the rotor dynamics are still needed.

Our objective is to create a universal observer structure that could drive both Synchronous Machines (SMs) and Induction Machines (IMs) without modifying the observer structure. Thus, using the active flux concept, we propose different methods for observer design while only a minimum knowledge on the machine's parameters are needed. Moreover, to confirm our theoretical results, the proposed observers were validated on a Permanent Magnet SM (PMSM) and IM using MATLAB/Simulink simulations and experimental tests conducted on a real test bench.

*Intervenant

Estimation des caractéristiques mécaniques et diagnostic à partir des mesures électriques sans capteur mécanique

Erik Etien * ¹

¹ Automatique et Systèmes [équipe du LIAS] (A S) – IUT - Université de Poitiers – * Laboratoire LIAS
– ENSIP – Bâtiment B25 – 2 rue Pierre Brousse – TSA 41105 – 86073 Poitiers Cedex 9 – France *
Laboratoire LIAS - ISAE-ENSMA – Téléport 2 – 1 avenue Clément Ader – BP 40109 – 86961
Chasseneuil – France, France

Le Laboratoire Collaboratif IONESCO réunit des équipes de recherche de l'Université de Poitiers et de la Société Chauvin Arnoux (C.A) spécialisée dans les instruments de mesures pour l'analyse des réseaux électriques. La société C.A a souhaité développer une nouvelle activité sur la surveillance des moteurs électriques en milieu industriels : estimation des caractéristiques mécaniques et diagnostic à partir des mesures électriques sans capteur mécanique. Bien que ce sujet soit bien connu de la communauté académique, son transfert en milieu industriel a mis au jour plusieurs verrous que nous nous sommes efforcés de lever : nombre limité d'informations sur le moteur, impossibilité de réaliser des essais d'identification. L'exposé présentera la méthodologie développée et les résultats expérimentaux obtenus.

*Intervenant

Etude des machines synchrones à réluctance variable, problématique de modélisation et d'estimation du flux et du couple.

Romain Delpoux * ¹

¹ Univ Lyon, INSA Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, Ecole Centrale de Lyon, CNRS, Ampère, UMR5005 Villeurbanne, France – Université de Lyon, Institut National des Sciences Appliquées, Université Claude Bernard-Lyon I - UCBL (FRANCE), Ecole Centrale de Lyon – 25 avenue Jean Capelle - Bât St Exupéry 69621 Villeurbanne Cedex - France, France

Le laboratoire Ampère mène, parmi ses diverses activités de recherche, des travaux sur la commande des machines électriques, avec un intérêt particulier pour les machines synchrones. Cette thématique vise à développer et mettre en œuvre des lois de commande avancées, en s'appuyant sur des modèles dynamiques issus d'une compréhension approfondie des phénomènes physiques, avec une validation expérimentale systématique sur des bancs d'essai représentatifs du domaine. Les recherches récentes portent notamment sur la réduction de l'utilisation des terres rares dans ces machines, révélant des phénomènes non linéaires complexes, tels que les saturations magnétiques et les ondulations de couple. À terme, l'objectif est de proposer des solutions de commande génériques pour les machines synchrones, intégrant des implémentations temps réel sur microcontrôleurs à faibles capacités de calcul, adaptées aux exigences industrielles. Cette présentation portera sur certains bancs expérimentaux du laboratoire ainsi que sur les avancées récentes concernant les machines à réluctance variable.

*Intervenant

ePowertrain performance optimisation through Pulse Width Modulation (PWM) strategies : models and experimental results

Fabien Vidal-Naquet ^{*† 1}

¹ IFP Energies nouvelles (IFPEN) – IFPEN, IFP Energies nouvelles, 1 et 4 avenue de Bois-Préau,
92852 Rueil-Malmaison, France. – 1-4 avenue de Bois Préau 92500 Rueil-Malmaison, France

IFPEN seeks to enhance the performances of eDrive systems through the practical implementation of advanced control techniques, such as position synchronous PWM, adaptable switching frequency, or overmodulation.

In collaboration with Emotors, a tier one supplier manufacturing motors and inverters, a joint simulation-experimentation approach was used to identify powertrain performance improvements, specifically for electric motor and inverter efficiency, as well as to assess factors such as DC ripple.

Indeed, due to the infinite number of degrees of freedom of PWM, it is impossible to fully conduct the optimization process experimentally, on the real setup. Selected control algorithms performance is demonstrated through rigorous experimental evaluation, conducted on a full-scale in-series production motor, emphasizing the practical relevance and potential impact of the optimization strategy.

*Intervenant

†Auteur correspondant: Fabien.VIDAL-NAQUET@ifpen.fr

Signal injection for sensorless control of AC motors

Philippe Martin ^{*† 1}

¹ Centre Automatique et Systèmes (CAS) – Mines Paris - PSL (École nationale supérieure des mines de Paris), Mines Paris - PSL (École nationale supérieure des mines de Paris) – 60 boulevard Saint-Michel, 75006 Paris, France

Sensorless control algorithms have become a standard feature of variable-speed drives for AC motors, allowing precise control using only stator current measurements. While these algorithms are well understood at medium to high speeds, their performance at low speeds remains a significant challenge. This difficulty arises from the theoretical limitation of reduced observability of the system from stator current measurements at low speeds.

Signal injection provides a practical solution to this issue by introducing a high-frequency probing signal into the control system. This excitation induces small ripples in the measured outputs, which, when properly decoded, reveal critical information about the system's state.

In this presentation, we explore the fundamental principles of signal injection, framing it as a method for generating "virtual measurement outputs" that enhance system observability and control performance. Our analysis sheds light on the theoretical underpinnings and practical implications of this approach, offering insights into its role in overcoming low-speed sensorless control challenges.

*Intervenant

†Auteur correspondant: philippe.martin@mines-paristech.fr

Torque observation of wound rotor synchronous motor with model uncertainties for electric vehicles applications

Malek Ghanes ^{*† 1}

¹ Ecole Centrale de Nantes, LS2N UMR CNRS 6004, 44321, Nantes – Centre atlantique, Nantes – France

Une méthode d'observation du couple basée sur une approche de variation linéaire des paramètres (LPV) est proposée pour un actionneur synchrone à rotor bobiné utilisé dans les véhicules électriques (principalement l'actionneur de la Renault Zoé). L'actionneur est modélisé en prenant en compte les incertitudes paramétriques (magnétique et résistance). Les incertitudes magnétiques proviennent principalement de l'effet de saturation de l'inductance et sont considérées comme des variables d'état supplémentaires du système. En considérant les dérivées des incertitudes magnétiques comme des états et des perturbations, le modèle d'état de l'actionneur est formulé comme un système LPV ou un système non linéaire équivalent dépendant du temps. L'observabilité d'état et de l'entrée inconnue sont étudiées. Enfin, un observateur LPV robuste est conçu pour estimer le couple de l'actionneur. Les résultats de simulation et expérimentaux sont illustrés sur un benchmark de la propulsion des véhicules électriques pour montrer l'efficacité de l'observateur proposé.

*Intervenant

†Auteur correspondant: malek.ghanes@ls2n.fr

Safran Landing Systems : Taxiage électrique

Frédéric Bach * ¹, Leyla Arioua *

2

¹ Safran Landing Systems – System Equipments Division – France

² Safran Landing Systems – System Equipments Division – France

Safran Landing Systems travaille actuellement pour introduire un système de taxiage électrique permettant d'assurer la mobilité des aéronefs au sol pour ses futures plateformes avion. Derrière le fait d'introduire des moteurs électriques permettant de motoriser les roues d'avion, nous étudions ce système afin de l'optimiser au regard de critères de masse, de coûts et d'enveloppe. Un premier choix s'est porté sur une topologie machine électrique asynchrone fort couple pour laquelle nous étudions des lois de contrôle permettant d'assurer une bonne estimation du couple produit. En effet, le couple produit n'est pas mesurable via une solution capteur et est influencé par des paramètres opérationnels environnementaux tels que la température ambiante ou au niveau du rotor et les conditions d'alimentation électrique. L'un des enjeux du contrôle étudié étant d'essayer de se rendre le plus robuste possible vis-à-vis de ces variations paramétriques.

*Intervenant

Liste des participants

- Alhaj Hassan Samar
- Arioua Leyla
- Bach Frédéric
- Baili Hana
- Barbierato Gianluca
- Barbot Jean-Pierre
- Béchu Maxime
- Benjouad Abdelghani
- Bensalah Amina
- Bernard Pauline
- Brun Xavier
- Chen Yahao
- Cizeron Antoine
- Combes Pascal
- Delpoux Romain
- Di Meglio Florent
- El Hajji Taha
- Etien Erik
- Farhat Houssein
- Fourrage Cecile
- Gauthier Jean-Yves
- Ghanes Malek
- Ghassani Rashad
- Hetel Laurentiu
- Houmsi Hiba

- Houzet Simon
- Id-Khajine Lahoucine
- Jebai Al Kassem
- Laurieux Patrick
- Lin-Shi Xuefang
- Martin Philippe
- Mattar Rita
- Métras Gaël
- Moreau Sandrine
- Nicolau Florentina
- Queval Loic
- Surroop Dilshad
- Tfaily Ali
- Vidal-Naquet Fabien
- Vido Lionel
- Wehbe Ali
- Zohra Kader

Liste des intervenants

Al Kassem, Jebai, 4

Arioua, Leyla, 11

Bach, Frédéric, 11

Combes, Pascal, 4

Delpoux, Romain, 7

Etien, Erik, 6

Ghanes, Malek, 10

Martin, Philippe, 9

Surroop, Dilshad, 4

Vidal-Naquet, Fabien, 8

Zohra, Kader, 5

