

# Compte-rendu de la journée Inter GDR MACS-SEEDS et Inter GTs CSE et S3

## Commande des Systèmes Électriques et Sûreté, Surveillance, Supervision

Jeudi 21/11/2013

Arts et Métiers (ENSAM), 151 boulevard de l'Hôpital, 75013, Paris

### 48 Présents

Daniel Hissel ([daniel.hissel@univ-fcomte.fr](mailto:daniel.hissel@univ-fcomte.fr)), Mickael Hilairet ([mickael.hilairet@univ-fcomte.fr](mailto:mickael.hilairet@univ-fcomte.fr)), Olteanu Severus ([SEVERUS.OLTEAN@gmail.com](mailto:SEVERUS.OLTEAN@gmail.com)), Vincent Cocquempot ([vincent.cocquempot@univ-lille1.fr](mailto:vincent.cocquempot@univ-lille1.fr)), Anne Barros ([anne.barros@utt.fr](mailto:anne.barros@utt.fr)), Audine Subias ([subias@laas.fr](mailto:subias@laas.fr)), Gerard Champenois ([gerard.champenois@univ-poitiers.fr](mailto:gerard.champenois@univ-poitiers.fr)), Marco Pengov ([marco.pengov@mpsa.com](mailto:marco.pengov@mpsa.com)), Cristina Vlad ([Cristina.vlad@supelec.fr](mailto:Cristina.vlad@supelec.fr)), Taleb Miassa ([Miassa.taleb@supelec.fr](mailto:Miassa.taleb@supelec.fr)), Emmanuel Godoy ([Emmanuel.godoy@supelec.fr](mailto:Emmanuel.godoy@supelec.fr)), Eric Berthelot ([berthelot@lgep.supelec.fr](mailto:berthelot@lgep.supelec.fr)), Robert Gérard ([gerard.robert@edf.fr](mailto:gerard.robert@edf.fr)), Benoit Marx ([benoit.marx@univ-lorraine.fr](mailto:benoit.marx@univ-lorraine.fr)), Didier Maquin ([didier.maquin@univ-lorraine.fr](mailto:didier.maquin@univ-lorraine.fr)), Emmanuel Schaffer ([emmanuel.schaeffer@univ-nantes.fr](mailto:emmanuel.schaeffer@univ-nantes.fr)), François Auger ([francois.auger@univ-nantes.fr](mailto:francois.auger@univ-nantes.fr)), Zhihao SHI ([zhihao.shi@univ-nantes.fr](mailto:zhihao.shi@univ-nantes.fr)), Nouredine Manamanni ([nouredine.manamanni@univ-reims.fr](mailto:nouredine.manamanni@univ-reims.fr)), Sinuhé Martinez ([sinuhe.martinez@univ-reims.fr](mailto:sinuhe.martinez@univ-reims.fr)), Tarek Raissi ([tarek.raissi@cnam.fr](mailto:tarek.raissi@cnam.fr)), José Ragot ([jose.ragot@univ-lorraine.fr](mailto:jose.ragot@univ-lorraine.fr)), Teodor Tiplica ([teodor.tiplica@univ-angers.fr](mailto:teodor.tiplica@univ-angers.fr)), Abdel Aitouche ([abdel.aitouche@hei.fr](mailto:abdel.aitouche@hei.fr)), Julien Marzat ([julien.marzat@onera.fr](mailto:julien.marzat@onera.fr)), Antoine Picot ([picot@laplace.univ-tlse.fr](mailto:picot@laplace.univ-tlse.fr)), Lakhdar Aggoune ([lakhdar.aggoune@yahoo.fr](mailto:lakhdar.aggoune@yahoo.fr)), Yassine Khaled ([yassine.khaled@ensea.fr](mailto:yassine.khaled@ensea.fr)), Ghaleb Hoblos ([ghaleb.hoblos@esigelec.fr](mailto:ghaleb.hoblos@esigelec.fr)), Amrane Oukaour ([amrane.oukaour@unicaen.fr](mailto:amrane.oukaour@unicaen.fr)), Anne lise Gehin ([anne-lise.gehin@polytech-lille.fr](mailto:anne-lise.gehin@polytech-lille.fr)), Flavien Peysson ([flavien.peysson@predict.fr](mailto:flavien.peysson@predict.fr)), Asmae Elmejdoubi ([asmae.elmejdoubi@unicaen.fr](mailto:asmae.elmejdoubi@unicaen.fr)), Antoine Grall ([antoine.grall@utt.fr](mailto:antoine.grall@utt.fr)), Christophe Simon ([christophe.simon@univ-lorraine.fr](mailto:christophe.simon@univ-lorraine.fr)), Christophe Berenguer ([christophe.berenguer@grenoble-inp.fr](mailto:christophe.berenguer@grenoble-inp.fr)), Thierry Boileau ([thierry.boileau@univ-lorraine.fr](mailto:thierry.boileau@univ-lorraine.fr)), Garance Vinson ([garance.vinson@gmail.com](mailto:garance.vinson@gmail.com)), Nicolas Heraud ([heraud@univ-corse.fr](mailto:heraud@univ-corse.fr)), Danh Ngoc Nguyen ([danh-ngoc.nguyen@utt.fr](mailto:danh-ngoc.nguyen@utt.fr)), Ahmed Chaibet ([ahmed.chaibet@estaca.fr](mailto:ahmed.chaibet@estaca.fr)), Moussa Boukhniher ([moussa.boukhniher@estaca.fr](mailto:moussa.boukhniher@estaca.fr)), Dimitri Lefebvre ([dimitri.lefebvre@univ-lehavre.fr](mailto:dimitri.lefebvre@univ-lehavre.fr)), François Guerin ([francois.guerin@univ-lehavre.fr](mailto:francois.guerin@univ-lehavre.fr)), Alexandre Bobrinskoy ([alexandre.bobrinskoy@fr-thalesgroup.com](mailto:alexandre.bobrinskoy@fr-thalesgroup.com)), Vincent Mazauric ([vincent.mazauric@schneider.electric.com](mailto:vincent.mazauric@schneider.electric.com)), Glumineau Alain ([Alain.Glumineau@ircryn.ec-nantes.fr](mailto:Alain.Glumineau@ircryn.ec-nantes.fr)), Ghanes Malek ([ghanes@ensea.fr](mailto:ghanes@ensea.fr)).

### Laboratoires représentés :

LAAS, LGEP, CReSTIC, LIAS, ESTACA, GREEN, FEMTO-ST, IRCCyN, ECS-LAB, IREENA, SUPELEC (Dpt Auto), CRAN, CNAM, LASQUO, LAGIS, ONERA, LAPLACE, IRSEEM/ESIGELEC, LUSAC, ICD/UTT, GIPSA-Lab, SPE/Corse, ULH-GREAH.

### Industriels :

PSA PEUGEOT CITROËN, EDF, PREDICT, MESSIER-BUGATTI-DOWTY, IMS/THALES, SCHNEIDER ELECTRIC.

## 1- Exposés

### Exposé 1 : 10h-11h

Titre : Du diagnostic au pronostic des systèmes piles à combustible

Auteurs : Daniel HISSEL

Résumé:

Après une introduction sur les piles à combustible, leur principe de fonctionnement, leurs caractéristiques statiques et dynamiques, la présentation se focalisera sur les mécanismes de défaillance des piles à combustible de type PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell), les plus couramment utilisées dans le domaine applicatif (transport ou stationnaire). Différentes interactions entre le coeur de pile à combustible et les auxiliaires du système seront mises en évidence, grâce à de nombreux essais expérimentaux. L'évaluation, en temps réel, de l'état de santé de la pile à combustible sera présentée grâce à différentes approches basées modèle ou signal. Des premières pistes vers le pronostic de l'état de la pile à combustible (durée de vie restante) seront également données. Il s'agit là d'un verrou technologique de première importance à lever avant de voir apparaître sur le marché, à prix compétitifs, des systèmes piles à combustible.

### Exposé 2 : 11h-11h30

Titre : "Commande et supervision d'un système de production d'énergie électrique multi-sources pour l'alimentation des sites isolés"

Auteurs : Francois Guerin et Dimitri Lefebvre (GREAH - université du Havre)

Résumé :

Les énergies renouvelables ont fait la preuve de leur compétitivité par rapport aux énergies conventionnelles pour l'alimentation des zones rurales isolées. Dans ces zones généralement dépourvues de réseaux électriques conventionnels, des micro-centrales hybrides sont conçues pour répondre à des besoins énergétiques variés. Par ailleurs, les obstacles liés à la fiabilité de la production et à la maintenance peuvent souvent être surmontés (supervision, commandes déportées...). En effet, pour que ces micro-centrales soient compétitives, il convient de minimiser les interventions humaines en mettant en oeuvre des dispositifs de surveillance capables de détecter et de diagnostiquer les défauts qui affectent les composants du système et son instrumentation. L'exposé présentera la commande à trois niveaux hiérarchiques d'un système de production d'énergie électrique multi-sources. Cette commande vise à optimiser les transferts d'énergie et est associée à un outil de diagnostic et de supervision (élaboration de commandes tolérantes aux fautes) permettant de garantir la disponibilité des équipements et de fiabiliser le niveau de service délivré.

### Exposé 3 : 11h30-12h

Titre: Interconnected Observers for Online Supercapacitor Ageing Monitoring

Auteurs : Zhihao SHI, François AUGER, Emmanuel SCHAEFFER, Philippe GUILLEMET, Luc LORON (IREENA)

Résumé :

Supercapacitor (also called EDLC) is widely used in different domains such as energy and transportation domains, thanks to its high capacitance, high power density and long life cycle. But the EDLC ageing is also a big issue that can lead to some catastrophic events. The supercapacitor ageing is visible by the evolution of some parameters such as the capacitances (C) or the equivalent series resistance (Rs). To observe the state of health of the supercapacitors, offline techniques such as Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) are regularly used to characterize the supercapacitors. But this requires the supercapacitors to be removed from their application. An online in situ monitoring method is proposed based on the estimation of the supercapacitor parameters by means of real-time observers. Two kinds of observers, an Extended Kalman Observer (EKO) and Interconnected Observers (IOs), are designed and compared. Identification results are presented for real 1F Nichicon supercapacitors enduring an accelerated ageing process and compared with the offline characterization. The results show that the Interconnected Observers

succeed to observe the state of health of the supercapacitors with a guaranteed convergence in real time during their ageing.

#### **Exposé 4 : 14h-14h30**

Titre : Détection de défauts électriques dans les actionneurs synchrones à aimants

Auteurs : Thierry Boileau, Nicolas Leboeuf, Babak Nahid-Mobarakeh (GREEN), Farid Meibody-Tabar, Guy Clerc (AMPERE)

Résumé :

L'objectif de cet exposé est de présenter la détection d'un déséquilibre électrique dû à un défaut de court-circuit dans un actionneur électrique à aimants permanents. Pour ce faire, nous proposons d'abord un modèle régissant le comportement dynamique de l'actionneur électrique en présence de ce défaut. Concernant la détection du défaut, le défi est la détection en temps réel et sans capteurs supplémentaires (à part ceux utilisés pour la commande) et surtout le plus tôt possible. Parmi les indicateurs de défaut développés au GREEN, ici nous présentons une approche basée sur la démodulation synchrone de la composante du vecteur tension générée par le défaut. Le développement théorique et l'évaluation par essais pratiques seront présentés. Si le temps le permet, nous comparerons les résultats obtenus par cette approche avec d'autres méthodes testées sur le même banc d'essais (puissance instantanée, filtre de Kalman, estimation de paramètres, approche par analyse des résidus, ...).

#### **Exposé 5 : 14h30-15h**

Titre : Vers le diagnostic et le pronostic des machines synchrones à aimants permanents

Auteurs : Garance Vinson (1) (2), Pauline Ribot (2), Michel Combacau (2)

(1): *Messier-Bugatti-Dowty, 78140 Velizy-Villacoublay, France*

(2): *CNRS LAAS, 7 av du Colonel Roche, Univ de Toulouse, 31400 Toulouse, France*

Résumé :

Les travaux présentés concernent la détection et l'isolation de deux fautes progressives des Machines Synchrones à Aimants Permanents: les courts-circuits entre spires d'une même phase et la désaimantation partielle du rotor. Les fautes sont analysées et modélisées analytiquement, et des résidus de fautes sont créés. L'évolution de la valeur des résidus en fonction de la progression de la dégradation est déterminée via des simulations dynamiques sous Matlab Simulink. Des essais sont réalisés sur des machines en faute et les résultats sont comparés aux résultats de simulation.

#### **Exposé 6 : 15h00-15h30**

Titre: Présentation du banc d'essai de l'IRCCyN sur la machine asynchrone en défaut : état actuel et améliorations à apporter.

Par Emmanuel Schaeffer, IREENA. Nantes-Atlantique

#### **Exposé 7 : 15h30-16h00**

Titre : Détection de défauts statoriques naissants dans les moteurs à courants alternatifs

Auteurs : Gérard Champenois (LIAS - Poitiers) et Monia Bouzid (LSE-ENIT - Tunis)

Résumé:

L'exposé débutera par le rappel du calcul analytique de la composante inverse des courants statoriques pour des défauts statorique de court-circuit dans une phase, inter-phases et entre phases-terre. Cependant, la tension d'alimentation déséquilibrée, les asymétries de construction de la machine et les biais apportés par les capteurs de courant peuvent également contribuer à la création de cette composante inverse. Pour améliorer la précision de la détection des défauts, on propose une méthode basée sur le théorème de superposition pour retrancher les composantes inverses dues aux asymétries de construction de la machine et aux biais apportés par les capteurs de courant. Une méthode originale permet de séparer expérimentalement ces deux composantes qui sont sensibles à l'amplitude du courant et à l'amplitude du couple. Ainsi, la compensation est efficace pour tout niveau de couple. Des résultats expérimentaux seront donnés à la fin de l'exposé.

## 2. Conclusion

Les exposés ont porté sur des problématiques liées au pronostic, à la sûreté de fonctionnement, au diagnostic (détection, localisation, identification) pour les systèmes électriques (pile à combustibles, machines asynchrones et synchrones à aimant, convertisseurs statiques, stockage d'énergie, énergies renouvelables). Les débats ont été animés et riches. Les slides des différentes présentations peuvent être consultés sur les sites des GTs CSE et S3 (<http://www2.irccyn.ec-nantes.fr/CE2/> et <http://www.ensem.inpl-nancy.fr/gts3>).

La prochaine réunion du groupe S3 aura lieu en fin janvier-début février 2014.

La conférence SAFEPROCESS sera organisée par le groupe de travail S3 du GDR MACS. Elle aura lieu à l'ENSAM du 2 au 4 septembre 2015. Le deadline pour la soumission des papiers est le 01 novembre 2014.

La prochaine réunion du groupe de travail CSE aura lieu probablement en début d'année 2014. Cette réunion sera probablement associée à la journée thématique du GT inter GdR RSEI (Réseaux et Systèmes Électriques Intelligents) sur les Smarts Grids pour aborder l'Efficacité Énergétique sous l'angle des problématiques technologiques (du ressort du GdR SEEDS), des problématiques de contrôle, d'observation, de diagnostic et monitoring (GdR MACS), ainsi que des problématiques de mesure et de traitement du signal (GdR ISIS).