



Ecole Centrale de Lyon - INSA de Lyon - Université Claude Bernard Lyon 1

Ampère - UMR 5005

Génie Électrique, Automatique et Bio-Ingénierie



École Centrale de Lyon - INSA de Lyon - Université Claude Bernard Lyon 1

Ampère

Unité Mixte de Recherche du CNRS - UMR 5005

Génie Électrique, Automatique et Bio-Ingénierie

Offre de thèse de doctorat
Début : Septembre / Octobre 2024

“Intégration de l’état de santé et de la fiabilité des condensateurs à l’évaluation des impacts environnementaux d’un convertisseur d’électronique de puissance”

Mots clés : Electronique de puissance, Condensateur, Fiabilité, Analyse sur Cycle de Vie, Circularité

Contexte

Les enjeux environnementaux sont de plus en plus présents et pressants. En particulier, les enjeux forts de décarbonation impliquent l’électrification massive de nombreux secteurs avec, de fait, une présence significativement plus importante dans notre quotidien d’équipements d’énergie électrique. Cela implique nécessairement une augmentation drastique et continue de la quantité de déchets d’équipements d’énergie électrique. Parmi eux, les convertisseurs d’électronique de puissance occupent une place notable puisqu’ils se retrouvent dans un nombre important d’applications et il est essentiel de se préoccuper du lien entre leur augmentation de production et les limites planétaires afin que cette transition écologique soit durable.

Les condensateurs sont largement présents dans les convertisseurs d’électronique de puissance et sont responsables d’environ 30% de leurs défaillances impliquant généralement la fin de vie desdits convertisseurs.

Il est donc essentiel de s’intéresser aux impacts environnementaux associés à ses défaillances en les quantifiant mais aussi de pouvoir évaluer les impacts environnementaux associés au convertisseur et ainsi commencer à développer des outils et des méthodes pour la circularité (réutilisation, recyclage, réparation, reconditionnement, etc.).

Objectifs de la thèse

La thèse présente quatre objectifs principaux.

1) Développer des indicateurs permettant de quantifier directement le lien entre l’état de santé



et/ou la probabilité de défaillance d'un condensateur et les impacts environnementaux associés.

2) Développer un banc expérimental (travail déjà entamé lors d'un stage) afin de pouvoir étudier plusieurs architectures de convertisseurs et conditions de fonctionnement des condensateurs. Effectuer des mesures de vieillissement du condensateur dans et hors du convertisseur.

3) Relier la fin de vie du condensateur à différents scénarii de fin de vie du convertisseur (i.e. que se passe-t-il si le condensateur est défaillant ? que se passe-t-il si on réussit à prévenir cette défaillance ?) et le relier aux impacts environnementaux globaux (du convertisseur de puissance ou de l'application). Les aspects économiques et de « filières » (par exemple filières de fin de vie, applications) pourront potentiellement être intégrés.

4) Pouvoir extraire de ce travail des premiers résultats et préconisations pour l'intégration de la circularité à l'électronique de puissance.

Verrous scientifiques

Les principaux verrous scientifiques sont les suivants :

- 1) Si beaucoup d'études existent sur la fiabilité des condensateurs, et que les études sur les impacts environnementaux commencent à se développer, très peu (aucun à notre connaissance) de travaux ne traite du lien entre fiabilité et impacts environnementaux ce qui représente pourtant un enjeu majeur. Cela implique de faire le lien entre deux domaines scientifiques (fiabilité et analyse sur cycle de vie) et de développer de nouveaux indicateurs.
- 2) La partie diagnostic associé à la prise de décision pour la réduction des impacts environnementaux représente un verrou.
- 3) Conserver une approche systémique est un verrou important : il faut aller du composant au système en identifiant des principes génériques sur les liens entre fiabilité et impacts environnementaux. La diversité des conditions de fonctionnement possible est un frein sur ce point.
- 4) Dans la continuité du point 1), il faut ensuite établir un lien entre ces travaux et les principes de circularité.

Contributions originales attendues

- Inventaire du cycle de vie complet (représentation de flux entrants et sortants) de condensateurs
- Développement d'outils et méthodes faisant le lien entre fiabilité et impacts environnementaux des condensateurs



- Développement d'outils et méthodes faisant le lien entre défaillance d'un condensateur et impacts environnementaux du convertisseur d'électronique de puissance selon des critères de circularité à définir
- Préconisations et recommandations sur la prise en compte de la fiabilité des composants d'électronique de puissance pour l'éco-conception et la circularité de cette filière.

Profil du candidat ou de la candidate recherchés

Le candidat ou la candidate sera issu.e d'un Master ou d'une école d'ingénieur.e.s avec une spécialisation en génie électrique et/ou en fiabilité et/ou en analyse sur cycle de vie. Néanmoins des bonnes connaissances de l'ensemble des domaines seraient appréciées. Des compétences et/ou une appétence pour la mise en œuvre expérimentale est un point qui sera apprécié.

Des connaissances en Python seraient une plus-value. Une bonne maîtrise de l'anglais, notamment à l'écrit, est attendue.

Informations pratiques

Le doctorant ou la doctorante sera hébergé, sur le site de la DOUA, à l'Université Claude Bernard Lyon 1.

Le doctorat a une durée de 3 ans avec un financement de l'école doctorat EEA de l'Université Claude Bernard Lyon1.

La thèse sera financée par l'Université Claude Bernard Lyon 1 via une bourse ministérielle affiliée à l'école doctorale EEA de Lyon, et est conditionnée par un entretien devant le comité de sélection de l'école doctorale, auquel l'équipe encadrante préparera le candidat en amont (procédure détaillée sur le site de l'école doctorale). Le doctorat est d'une durée de trois ans, au salaire mensuel brut de 2100 €, avec une évolution de salaire prévue au cours de la thèse suivant l'arrêté ministériel du 26 décembre 2022. Le futur doctorant aura également la possibilité de réaliser 64 heures annuelles d'enseignement en tant que doctorant(e) chargé(e) d'enseignement rémunérées à hauteur de 280€ brut mensuel (en plus du salaire précédemment cité).

Merci de fournir un CV, une lettre motivations et vos derniers relevés de notes.

Contact :

Hugo Helbling, Maître de Conférences des Universités au laboratoire Ampère

hugo.helbling@univ-lyon1.fr

Pascal Venet, Professeur des Universités au laboratoire Ampère

pascal.venet@univ-lyon1.fr

Ali Sari, Professeur des Universités au laboratoire Ampère

ali.sari@univ-lyon1.fr



PhD thesis position
Begin: September / October 2024

“Integrating capacitor state of health and reliability into the environmental impact assessment of a power electronics converter “

Key words: Power electronics, Capacitor, Reliability, Life cycle assessment, Circularity

Context

Environmental issues are becoming increasingly present and pressing. In particular, the high stakes involved in decarbonization imply the massive electrification of many sectors, with the consequent presence of significantly more electrical energy equipment in our daily lives. This necessarily implies a drastic and continuous increase in the quantity of waste electrical energy equipment. Among them, power electronic converters occupy a notable place, as they are found in a significant number of applications, and it is essential to address the link between their increased production and planetary limits in order to move towards a sustainable ecological transition. Capacitors are widely used in power electronics converters, and in 2019 were responsible for 30% of their failures, generally leading to end-of-life.

It is therefore essential to quantify the environmental impacts associated with these failures, but also to be able to assess the environmental impacts associated with the converter, and thus begin to develop tools and methods for circularity (reuse, recycling, repair, reconditioning, etc.).

Objectives

The thesis has four main objectives.

- 1) Develop indicators to directly quantify the link between the state of health and/or the reliability of a capacitor and the associated environmental impact.
- 2) Develop an experimental bench (work already started during an internship) to study several converter architectures and/or capacitor operating conditions. Perform capacitor aging measurements inside and outside the converter.
- 3) Link capacitor end-of-life to different converter end-of-life scenarios (i.e. what happens if the capacitor fails? What happens if we manage to prevent this failure?) and its overall environmental impacts (of the power converter or the application. Economic and “sectors” (e.g. end-of-life sectors, applications) aspects could potentially be integrated.
- 4) Be able to extract from this work initial results and recommendations for integrating circularity into power electronics field.



Scientific barriers

The main scientific challenges are as follows.

- 1) While many studies exist on the reliability of capacitors, and studies on their environmental impact are beginning to develop, very few (none, to our knowledge) deal with the link between capacitor reliability and associated environmental impacts, which represent a major challenge. This involves linking two scientific fields and developing new indicators.
- 2) The diagnostic part, associated with decision-making to reduce environmental impacts, represents a scientific barrier.
- 3) Maintaining a systemic approach is a major lock: we need to go from the component to the system, identifying generic principles on the links between reliability and environmental impact. The diversity of possible operating conditions is an obstacle in this respect.
- 4) Following on from point 1), it is necessary to establish a link between this work and the principles of circularity.

Expected original contributions

- Complete life cycle inventory (representation of incoming and outgoing flows) of one or more capacitors.
- Development of tools and methods linking the reliability and environmental impact of a capacitor.
- Development of tools and methods linking the capacitor failure to the environmental impact of the associated power electronics converter.
- Recommendations on how to consider the reliability of power electronics components for the eco-design and circularity of this sector.

Profile of the candidate

The candidate will have a Master's degree or an engineering degree with a specialization in electrical engineering and/or reliability and/or life cycle assessment. However, good knowledge of both fields would be appreciated. Skills and/or an appetite for experimental implementation would be appreciated.

Knowledge of Python would be an asset. A good command of English, particularly in writing, is expected.

Practical information

The PhD student will be located on the DOUA site at Université Claude Bernard Lyon 1.

The PhD has a duration of 3 years and is funded by the EEA doctoral school of Université Claude Bernard Lyon 1.



The thesis will be financed by Université Claude Bernard Lyon 1 via a ministerial grant affiliated to the Lyon EEA doctoral school, and is subject to an interview with the doctoral school's selection committee, for which the supervising team will prepare the candidate in advance (detailed procedure on the doctoral school website). The doctorate duration is three years, at a gross monthly salary of €2,100, with salary progression planned during the course of the thesis in accordance with the ministerial decree of December 26, 2022. The future doctoral student will also have the opportunity to carry out 64 hours of teaching per year as a doctoral lecturer, remunerated at €280 gross per month (in addition to the above-mentioned salary).

Please provide a CV, a letter of motivation and your most recent transcripts.

Contact :

Hugo Helbling, Associate Professor, Ampere Laboratory

hugo.helbling@univ-lyon1.fr

Pascal Venet, Professor, Ampere Laboratory

pascal.venet@univ-lyon1.fr

Ali Sari, Professor, Ampere Laboratory

ali.sari@univ-lyon1.fr