COLLEGE ED MATHEMATIQUES
DOCTORAL STIC
PAYS DE LA LOIRE

Nantes Université

THÈSE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 641
Mathématiques et Sciences et Technologies du numérique, de l'Information et de la Communication
Spécialité : *Génie électrique*

Par
Christophe RAMALINGOM

Outil d'aide à l'analyse et la conception d'architectures hybrides multi-sources

Application à l'aéronef plus électrique

Thèse présentée et soutenue à Saint-Nazaire, le 15 Juin 2023
Unité de recherche : Institut de Recherche en Énergie Électrique Nantes Atlantique (IREENA)
Thèse Cifre N° : 2019/0838

Rapporteurs avant soutenance :

Jean-Paul GAUBERT	Professeur des universités, Université de Poitiers, LIAS
Alexandre DE BERNARDINIS	Professeur des universités, Université de Lorraine, LMOPS

Composition du Jury :

Président :		*(à préciser après la soutenance)*
Examinateurs :	Corinne ALONSO	Professeur des universités, Université Paul Sabatier Toulouse, LAAS
	Daniela CHRENKO	Maitre de conférences HDR, UTBM, FEMTO-ST
	Mohamed MACHMOUM	Professeur des universités, Nantes Université, IREENA
Dir. de thèse :	Jean-Christophe OLIVIER	Maître de conférences HDR, Nantes Université, IREENA
Encadrants :	Azeddine HOUARI	Maître de conférences, Nantes Université, IREENA
	Vincent PAUVERT	Ingénieur de recherche, SAFRAN Tech

Invité(s) :

Christophe SAUDEMONT	Maitre de Conférences HDR, JUNIA Ecole des Hautes Etudes d'Ingénieur, L2EP

COLLEGE ED MATHEMATIQUES
DOCTORAL STIC
PAYS DE LA LOIRE

Nantes Université

Titre : Outil d'aide à l'analyse et la conception d'architectures hybrides multi-sources

Mots clés : Avion plus électrique (MEA), Hybridation électrique turbomachines, Stabilité, Droop control, SoC Recovery, Micro-réseau

Résumé : Face au contexte environnemental actuel, les acteurs du secteur aéronautique se sont fixés pour objectif de réduire de 50% les émissions de CO_2 de l'aviation d'ici 2050. Une des solutions envisagées est l'hybridation électrique de la propulsion. Celle-ci pourrait conduire à une évolution du réseau électrique de bord vers un micro-réseau intégrant des sources de stockage. Afin de quantifier l'impact de cette évolution, ces travaux de thèse proposent une approche de généralisation de l'étude de ces réseaux, aboutissant à un outil modulaire d'aide à l'analyse et la conception d'architectures hybrides multi-sources. Cet outil est appliqué sur une architecture multi-sources candidate, composée de deux génératrices et d'une batterie parallélisées sur un bus DC. Intégrées à l'outil, une stratégie de partage de puissance décentralisée ainsi qu'une fonction de maintien et récupération de l'état de charge de la batterie sont proposées, permettant la résilience du système en cas de défauts. Grâce à cette approche, l'évolution de la stabilité locale de ce système ainsi que de sa robustesse vis à vis de ses principaux paramètres a pu être quantifiée. De même, les lois de commandes proposées sont validées expérimentalement sur un banc multi-sources à échelle réduite, développé au cours de cette thèse.

Title : Design and Performance Analysis of Power System architectures : Application to More Electric Aircraft

Keywords : Design and Performance Analysis of Power System architectures : Application to More Electric Aircraft

Abstract : In response to the current environmental concern, the aeronautic sector have set the objective of reducing aviation's CO2 emissions by 50% by 2050. One of the solutions considered is the hybridisation of propulsion. This could lead to an evolution of the on-board electrical network towards a micro-grid integrating storage sources. In order to quantify the impact of this evolution, this thesis work proposes a generalisation approach to the study of these networks, leading to a modular tool to assist in the analysis and design of power system architectures. This tool is applied to a candidate power architecture, composed of two generators and a battery parallelized on a DC bus. A decentralised power sharing strategy as well as a battery state-of-charge maintenance and recovery function are proposed and integrated in the tool, allowing system resilience in case of faults. Through this approach, the evolution of the local stability of this system as well as its robustness with respect to its main parameters are quantified. Furthermore, the proposed control laws are experimentally validated on a small-scale test bench developed during this thesis.