

ABSTRACT

The present habilitation thesis summarizes the achievements and the perspectives of the teaching and research activities of the author. The report is structured on the main topics related to the optimization of the motorization of light electric vehicles (EVs). First of all, we will introduce the frame in which the research activities have been employed.

The research experience of the author has been started with a co-tutoring PhD thesis, at the initiative of the *University of Technology from Belfort-Montbéliard* (UTBM) - France, and the *Technical University of Cluj-Napoca* (TUCN) - Romania. The subject of the research (a novelty, at that time, for both partners) has been proposing the study of a wide speed range motorization solution based on hybrid excited machines. (The hybrid excitation refers to a main field source, the permanent magnet, and auxiliary an electromagnet used to vary the constant field of the magnet.) After a consistent study, which gave encouraging results, the author's public defense of the PhD thesis report took place in 12 July 2005 in France. This moment, was followed (from the author's point of view) by a rich experience in both universities – which are now partners in several educational programs or research projects.

At UTBM, firstly as a PhD student and next, for two years as *Attaché Temporaire d'Enseignement et Recherche* (between 2003-2004 and 2005-2006) and for another two year as Associated Professor (between 2007-2009), the author has been benefited of the experience of a high quality research personal in the field of power electronics, microcontrollers and digital signal processors programming. At home, at the TUCN, firstly as a student and after that as a master-student, PhD student, Assistant Lecturer (2005-2006, 2009-2011) and Lecturer (since 2011) the author's study has been focused in the field of electrical engineering in general, and in the topic of design and control of electrical machines and their drives, in particular.

In this context, the author has assimilated interdisciplinary competences which should contribute to the transfer of knowledge towards the industrial environment. Thus, the author has been involved in several research projects, financed by the Romanian Government or by the industrial partners. To be more precisely, the author was or he is the project manager for 5 research contracts:

- two research contracts with industrial partners from Switzerland (XANTOS and HYTEN).
- three national contracts: of TD type (for PhD students); of TE type (for your researchers); of PCCA type (partnership or cooperation research project, involving industrial partners).

These contracts have permitted the acquisition of high quality and performance equipment which is now in the custody of the CAREESD research center from TUCN. This should increase the confidence of our industrial partners with regard to the quality of our research.

At the UTBM, as research team leader, the author has been involved in several projects with industrial applicability, where we put in place a testing platform for electric motors with hybrid supply for the propulsion of light electric vehicles (golf cars and electric scooters).

With the occasion of the research employed at UTBM, the author has been involved in a collaboration which dates now from 2009. This research cooperation concerns the optimization of electrical machines involved in the electric vehicles and power generation for insulated wind power plants. This research subject was realized with a French colleague, Associated Professor Lhassane IDOUMGHAR (habilitated to be PhD supervisor, in informatics, since 2012) from University of Haute-Alsace (UHA), Mulhouse-France. At the UHA the author had two research stages, and in May 2013 he has been "invited professor".

The author has also participated to several international courses, namely:

- „*Sensorless Control of Permanent Magnet Machines*” course organized by Aalborg University (Denmark).

- „FPGA-Basics” and „FPGA-EDrive” courses organized by dSPACE GmbH (Germany).

All this experience in interdisciplinary fields had the final goal of obtaining competitive solutions for the motorization of light electric vehicles, in terms of performances and cost, capable to contribute to the progress of the technology involved in hybrid-electric vehicles.

The visibility of the scientific results plays an important role in promoting the local research. This has motivated the author to employ a consistent dissemination activity which has produced the following results (starting from the PhD thesis public defense): 4 books in national edition and 1 book chapter in international edition, 12 journal articles (10 of ISI type), 29 international conference articles and 1 national patent proposition.

In order to keep a high level of his research, the author has been involved in editorial activity, as scientific secretary, for the *International Journal of Electrical Engineering in Transportation*. Also, the author is a member of the IEEE scientific organization and reviewer for the journals: *IEEE Transactions in Industrial Electronics* and *IEEE Transactions on Vehicular Technology*.

In perspective, the author is intending to study an entirely magnetic traction system (the mechanical gear being replaced by a magnetical one) and the limits of high speed motorization for the propulsion of electric vehicles. These approaches could contribute to the increase of the electric vehicles' autonomy.

REZUMAT

Actualul raport de teză de abilitare prezintă în rezumat realizările și perspectivele didactice și de cercetare ale autorului. Raportul este structurat pe principale tematici de cercetare utilizate la optimizarea optimală a motorizării vehiculelor electrice. Mai întâi de toate, va fi amintit cadrul în care au fost desfășurate activitățile de cercetare.

Experiența în cercetare a autorului a demarat cu ocazia unei teze de doctorat în cotutelă, inițiată de *Université de Technologie de Belfort-Montbéliard* (UTBM) - Franța, și de *Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca* (UTCN). Subiectul tezei (o noutate la acea vreme, pentru ambii parteneri) urmărea propunerea unei soluții de motorizare în plajă largă de viteze pentru vehicule electrice ușoare, pe baza unui motor cu excitație hibridă. (Excitația hibridă la o mașină electrică presupune existența unui magnet permanent, ca sursă principală de câmp, și auxiliar un electromagnet care să permită variația fluxului constant al magnetului). După un studiu consistent și cu rezultate științifice promițătoare, urmat de susținerea publică a tezei de doctorat în data de 12 Iulie 2005, au urmat o serie de experiențe didactice și de cercetare, atât la UTCN cât și la UTBM.

La UTBM, mai întâi ca și doctorand, apoi, timp de patru ani de zile, în calitate de *Attaché Temporaire d'Enseignement et Recherche* (perioada 2003-2004 și 2005-2006) și respectiv Conferențiar (perioada 2007-2009) autorul a beneficiat din plin de experiența cercetătorilor colectivului francez în privința următoarelor domenii de interes: electronică de putere, programarea microcontrolerelor și a procesoarelor digitale de semnal. Acasă, la UTCN, mai întâi ca student, masterand și doctorand, iar ulterior ca Asistent (2005-2006, 2009-20011) și Șef Lucrări (din 2011) autorul s-a format în domeniul electrotehnicii și al proiectării și controlului mașinilor electrice și a convertizoarelor statice asociate.

În acest context de cooperare s-au pus bazele unor competențe interdisciplinare care să contribuie atât la formarea autorului cât și la transferul cunoștințelor în zona aplicativă, industrială. În consecință, autorul a fost și este implicat în diverse contracte de cercetare, dintre care se amintesc cele în calitate de director de proiect:

- două contracte cu parteneri industriali din Elveția (firmele XANTOS și HYTEN).
- trei contracte naționale: *de tip TD* (pentru tineri doctoranzi); *de tip TE* (pentru tinere echipe de cercetare); *de tip PCCA* (cu parteneri industriali).

Aceste contracte de cercetare au permis echiparea centrului de cercetare CAREESD (din cadrul UTCN) cu echipamente de calitate și performante, infrastructură care aduce un plus de valoare și credibilitate în vederea implicării partenerilor industriali.

La UTBM, în calitate de responsabil de echipă de cercetare, autorul a fost implicat în diverse proiecte cu aplicație industrială, dintre se amintesc: platforma de teste pentru motorizări și hibridizare a alimentării (folosind baterii și ultracondensatoare) pentru vehicule electrice ușoare (carturi și scutere electrice). Tot în acest cadru, s-au pus bazele unei colaborări de cercetare care datează din anul 2009. Această colaborare vizează optimizarea proiectării mașinilor electrice pentru aplicațiile de propulsie electrică sau sisteme eoliene. Această tematică a fost realizată alături de colegul Conferențiar Lhassane IDOUMGHAR (abilitat să conducă cercetare din anul 2012) de la *Université de Haute Alsace* (Mulhouse, Franța), unde subsemnatul a efectuat 2 stagii de formare, și a fost în calitate de "profesor invitat" (Mai, 2013).

Autorul a participat de asemenea la diverse cursuri de formare, și anume:

- cursul „*Sensorless Control of Permanent Magnet Synchronous Machine*” organizat la Aalborg University (Danemarca).
- cursurile „*FPGA-Basics*” și „*FPGA-Edrives*” organizate de compania dSPACE GmbH (Germania).

Toată această experiență, formare interdisciplinară și competențe în domeniul propulsiei electrice are ca scop final propunerea unor soluții competitive ca performanțe și cost, care să

contribuie la progresul tehnologiei din domeniul vehiculelor electrice-hibride. În acest sens, vizibilitatea rezultatelor obținute joacă un rol important în promovarea cercetării autohtone, motiv pentru care autorul a întreprins o activitate de publicare consistentă, soldată (de la momentul susținerii tezei de doctorat) cu următoarele publicații: 4 cărți în edituri naționale și 1 capitol de carte în editură internațională, 12 articole de revistă (dintre care 10 de tip ISI), 29 de articole de conferință internațională și o propunere de brevet național.

În vederea menținerii calității în cercetare, autorul a întreprins activități editoriale la revista *International Journal of Electrical Engineering in Transportation*, fiind și recenzor pentru articole științifice propuse spre publicare în jurnalele *IEEE Transactions in Industrial Electronics* și *IEEE Transactions on Vehicular Technology*. De asemenea, autorul este membru al organizației IEEE.

Daca până în prezent activitatea de cercetare a autorului a fost concentrată spre motorizarea și managementul energiei la vehiculele electrice-hibride ușoare, în perspectivă se urmărește studiul sistemului de tracțiune în totalitate magnetic (cu reductor magnetic care să-l înlocuiască pe cel mecanic) și forțarea limitelor propulsiei folosind mașini de mare viteză. Aceste cercetări se estimează a fi soluții viabile în vederea creșterii autonomiei vehiculului electric.