

Conf.dr.ing. Ioan-Emilian CEUCA

TEZĂ DE ABILITARE

ANALIZA, MODELAREA ȘI PROIECTAREA CIRCUITELOR ELECTRONICE DIN AUTOMOBILE

**FACULTATEA DE ELECTRONICĂ, TELECOMUNICAȚII ȘI
TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI**

2017

Rezumat

Teza de abilitare prezintă o parte din realizările științifice și profesionale acumulate în intervalul 2005-2017, după finalizarea tezei de doctorat. Activitatea de cercetare realizată în această perioadă a fost axată pe următoarele domenii:

- Analiza, modelarea, simularea și proiectarea circuitelor electronice și a unităților de control electronic (ECU) din industria auto, inclusiv din punctul de vedere al integrității semnalelor, integrității alimentării și noilor reglementări aduse de standardul ISO 26262 referitoare la siguranța funcțională
- Analiza, modelarea, simularea și implementarea convertoarelor cc-cc și implementarea convertoarelor cc-ca, în special a convertoarelor rezonante utilizate în sistemele de încălzire prin inducție;
- Analiza, modelarea, simularea și implementarea circuitelor de comanda și control pentru motarele BLDC;
- Analiza, modelarea și monitorizarea sistemelor de energie verde și integrarea în Smart City

Ca rezultat al acestei activități de cercetare au fost publicate un număr de 41 de articole, din care 1 articol este în revistă ISI, 28 articole indexate ISI Proceedings și 25 sunt indexate în baze de date internaționale. Totodată, au fost publicate și un număr de 5 cărți în edituri naționale recunoscute, și un capitol de carte în editură internațională. În plus, trebuie menționat faptul că am participat la realizarea a peste 10 de contracte de cercetare, din care la 5 dintre ele sunt director sau responsabil de proiect. Din aceste 5 proiecte, 2 sunt proiecte internaționale cu firme recunoscute în domeniul automotive (Continental) sau în domeniul realizării de echipamente electrocasnice de înaltă fiabilitate inclusiv pentru sisteme de încălzire prin inducție (Miele).

Această lucrare trece în revistă contribuțiile aduse în domeniul modelării circuitelor electronice de putere, din care am selectat patru direcții:

- D1. Analiza modelarea simularea și proiectarea circuitelor electronice și a unităților de control (ECU) din industria auto.
- D2. Analiza, modelarea matematică, simularea și implementarea convertoarelor cc-cc și convertoarelor cc-ca rezonante
- D3. Analiza, modelarea, simularea și implementarea circuitelor de comanda și control pentru motarele BLDC
- D4. Analiza, modelarea și monitorizarea sistemelor de energie verde și integrarea în Smart City

D1. Analiza modelarea simularea și proiectarea circuitelor electronice și a unităților de control (ECU) din industria auto.

Acest domeniul este legat de domeniul de doctorat unde am studiat și am prezentat soluții practice de îmbunătățire a performanțelor echipamentelor de putere din automobile și în special a sistemului de alimentare. Putem menționa aici o analiză cuprinzătoare a modelelor de baterie pentru regimurile de încărcare și descărcare. Scopul direcției de cercetare a fost de a propune un model de comportament electric pentru exploatarea corectă și pentru dezvoltările viitoare în special pentru proiectarea de automobile electrice și hibride. Cercetările au permis și realizarea unui model pentru ansamblul baterie -alternator, model ce a fost validat prin măsurători experimentale.

Cu toate acestea, având în vedere spectrul larg al problemei și complexitatea domeniului, soluțiile propuse reprezintă doar o mică parte din multitudinea de abordări posibile ale acestei teme și un punct de plecare pentru dezvoltarea ulterioară a acestor soluții, deoarece sistemul electric ce include alternatorul și redresorul trifazat cu diode este utilizat pe scară largă în industria automobilelor.

Apariția standardului ISO 26262 și a aplicării măsurilor de siguranță pentru sistemele care includ unul sau mai multe circuite electrice și/sau electronice la autoturismele care sunt produse în serie, mi-a permis să mă alătur companiei Continental și să încep noua direcție în domeniul dezvoltării hardware legate de proiectarea ECU a autovehiculelor.

Pe baza specificației de proiectare a sistemului, proiectarea unei unități ECU se face din perspectiva nivelului hardware. Procesul de dezvoltare hardware se bazează pe conceptul modelului V cu specificarea cerințelor hardware și presupune alegerea optimă a arhitecturii hardware-ului în corelație cu proiectarea, testarea și integrarea software-ului la nivel de system astfel încât să fie îndeplinite standardele de siguranță funcțională. Am fost implicat în proiectarea calculatoarelor de bord, acronim BCM (Body Control Module) pentru platformele grupului Nissan și Renault unde am proiectat și analizat funcții importante de ASIL B, ASIL C și ASIL D. Am participat efectiv la designul a aproape 50 funcții dintre care cele mai importante sunt Faza Scurtă, Pilot Automat, Frinarea de urgență, Frânarea asistată, ESCL (Sistemul de blocare a volanului, Sistemul de semnalizare, ESP/VDC, Inchiderea Centralizată, etc.

Rezultatele principale au fost publicate în 14 lucrări, 9 dintre acestea fiind incluse în baza de date ISI și 3 contracte cu Continental.

D2. Analiza, modelarea matematică, simularea și implementarea convertoarelor cc-cc și convertoarelor cc-ca rezonante

Rezultatele principale obținute în urma cercetărilor efectuate în direcția D2 sunt legate de modelarea convertoarelor cc-cc. Ca metodologie în modelarea și simularea acestor convertoare, s-a plecat de la analiza convertoarelor pe intervale de timp de funcționare, descrierea fiecărui interval prin ecuații diferențiale, urmând implementarea acestor ecuații într-o platforma destinată simulării fiecărui tip de convertor. Rezultatele obținute sunt verificate și validate apoi prin simularea circuitului cu simulatoare dedicate, cum sunt Orcad Pspice sau Matlab/Simulink. S-a plecat de la analiza structurilor de bază ale convertoarelor dc-dc, urmând introducerea elementelor parazite ale acestora. Metoda care poate fi utilizată cu succes pentru îmbunătățirea performanțelor echipamentelor de putere din industria automobilelor din cauza sarcinilor electrice diverse din autoturisme, care continuă să crească de mai mulți ani, iar cerințele de putere duc la încărcări mari pentru sistemele de alimentare cu energie. În plus, creșterea cererii de energie îi determină pe producători să găsească soluții pentru comportamentul acestora în regim staționar, și, mai important, comportamentul și fenomenele tranzitorii care pot să apară în astfel de circuite de alimentare. O altă direcție este aceea de a conserva energia și implică recuperarea energiei în timpul perioadelor de frânare.

S-au obținut rezultate în direcția de cercetare și în domeniul modelării convertoarelor cc-ca rezonante, în special a celor utilizate în sistemele de încălzire prin inducție. Pentru modelarea și simularea acestor convertoare s-a plecat de la analiza convertoarelor pe intervale de timp de funcționare, descrierea fiecărui interval prin ecuații diferențiale, urmând implementarea acestor ecuații într-o platforma destinată simulării fiecărui tip de convertor. Rezultatele obținute sunt verificate și validate apoi prin simularea circuitului cu simulatoare dedicate, cum sunt Orcad Pspice sau Matlab/Simulink.

Rezultatele obținute sunt valorificate prin publicarea unui număr de 8 lucrări științifice indexate în baza de date ISI Thomson Reuters.

D3. Analiza, modelarea, simularea și implementarea circuitelor de comanda și control pentru motarele BLDC

Rezultatele principale obținute în urma cercetărilor efectuate în direcția D3 sunt legate de înțelegerea, modelarea și proiectarea circuitelor BLDC de comandă a motorului. Rezultatele sunt verificate și validate prin simularea acestora cu ajutorul simulatoarelor

dedicate, cum ar fi PSpice Orcad și Matlab / Simulink. Studiile au permis dezvoltarea unei plăci pentru a comanda unui motor BLDC fără senzori, utilizând o tehnică de comandă BLDC, simplă, fără utilizarea unor dispozitive suplimentare complicate. Această nouă metodă de control se bazează pe o soluția cu un microcontroller pe 16 biți, care nu necesită hardware extern ci doar câteva rezistențe pentru a citi semnalele BEMF și apoi aduce la modulul ADC integrat. Algoritmul descris utilizează filtrarea digitală neliniară, bazată pe o funcție de detecție majoritară, pentru a detecta semnalele EMF generate de un motor BLDC.

Rezultatele notabile în direcția cercetării D3, au permis implementarea unui sistem de recuperare a energiei la frînarea motorului BLDC, pentru a fi utilizat în sistemele de propulsie ale bicicletelor electrice. Recuperarea și reutilizarea energiei conduc la o scădere considerabilă a consumului total de energie necesar pentru modul de tracțiune. În același timp, combinarea cu utilizarea super-condensatoarelor cresc durata de funcționare a bateriei, care alimentează în mod normal sistemul de propulsie al unui motor electric.

Rezultatele obținute sunt valorificate prin publicarea unui număr de 8 lucrări științifice indexate în baza de date ISI Thomson Reuters și o lucrare a fost premiată cu premiul „Best Paper Award” la CAS 2015 – International Semiconductor Conference.

Experiența în domeniu a fost concretizată printr-un contract cu MIELE TEHNICA, “Dezvoltarea experimentală a unui circuit de recuperare a energiei pentru mașinilor de spălat Miele prin folosirea supercapacitorilor”. Scopul principal este identificarea componentelor care influențează randamentul, analizarea contribuțiilor acestora și a propunerilor de obținere a unui nou design al circuitele electronice pentru obținerea unei eficiențe mai mari.

D4. Analiza, modelarea și monitorizarea sistemelor de enegie verde și integrarea în Smart City

Direcția D4 a fost un subiect de interes pentru mine de la începutul carierei mele academice. Elaborarea unui proiect eolian implică mai multe etape, dintre care cele mai importante sunt: evaluarea domeniului, evaluarea potențialului energetic, cercetarea tehnică, implementarea proiectului-pilot, auditul financiar și implementarea proiectului pentru parcuri eoliene. Am fost implicat în două contracte internaționale de măsurare a vântului (2009 și 2010) pe baza unui studiu de caz real, care a fost orientat asupra utilizării tehnologiilor avansate de achiziție, stocare, transmisie și prelucrare a datelor legate de energia verde. Contribuția personală constă în optimizarea tehnicilor de măsurare pentru a respecta atât cerințele clienților, cât și condițiile existente la locația

specificată. Odată cu acumularea experienței în acest domeniu, am fost implicat în proiecte ce vizau monitorizarea unor locații precum Parcul Ecologic Pianu și analiza datelor de mediu și energetice referitoare la conceptul de Smart City din Alba Iulia. Pornind de la reducerea poluării în orașe, consumul de energie, la nivel național, este considerat un indicator "de sănătate" pentru economia națională. Utilizarea soluțiilor alternative de energie în casele personale pentru creșterea eficienței energetice ca surse alternative de energie, precum și integrarea acestora cu rețea de distribuție a energiei și gestionarea inteligentă a utilităților sporesc calitatea vieții locuitorilor. Studiile efectuate de mine mi-au permis să concluzionez că aceste argumente trebuie corelate cu creșterea gradului de conștientizare a publicului în ceea ce privește comportamentul ecologic pentru reducerea poluării în orașe.

Unele dintre rezultatele din această direcție de cercetare au fost obținute și prin colaborarea pentru finalizarea tezelor de doctorat "Contribuții la sistemele de management al bateriilor" a d-lui ing. Dorin CADAR și "Contribuții privind utilizarea energiilor regenerabile în localități rurale" a d-nei. ing. Georgiana Iacob Corsiuc, ambele susținute la UT Cluj Napoca.

Rezultatele obținute sunt valorificate prin publicarea unui număr de 8 lucrări științifice, din care 6 sunt indexate în baza de date ISI Thomson Reuters.

În cadrul acestei teze de abilitare am dorit să prezint, o metodologie de modelare și proiectare a circuitelor electronice, deoarece integrarea software-ului și electronicii astăzi, sun forma sistemelor incorporate (embedded) pentru controlul circuitelor electronice de putere în industria auto, schimbă modul tradițional de proiectare în electronică. și necesită cunoștințe avansate de integrare și funcționalitate. Este necesară astfel o reconsiderare a proiectării unor astfel de circuite, considerând că în cadrul conducerii unor viitoare teze de doctorat este important să inoculăm doctoranzilor un mod riguros de abordare a problemelor. Ca urmare, nu am făcut o trecere în revistă a tuturor realizărilor personale ci am încercat să punctez metode prin care, plecând de la simplu la complicat, să analizăm și modelăm circuite electronice complexe, scoțând în evidență nu doar comportamentul acestora în regim staționar, dar și, comportamentul mai important, datorat fenomenelor tranzitorii care pot să apară în astfel de circuite.