



**Aplicații ingineresti în domeniul procesării semnalelor de măsurare, a analizei de fiabilitate și a monitorizării și controlului de proces**

**Teză de abilitare**

**- rezumat -**

**Conf.dr.ing. Radu Adrian Munteanu**

**Facultatea de Inginerie Electrică**  
**Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca**

**26 mai 2015**



## ***Preambul* – Motivarea solicitării atestatului de abilitare în Inginerie Electrică**

Într-o realitate cotidiană caracterizată de o continuă schimbare, esența existenței este dată de adaptarea la context. Și cum nimic nu se schimbă mai repede ca tehnologia, persoanele care lucrează în acest domeniu trebuie să aibă capacitatea de adaptare cea mai rapidă. În momentul în care dorești să explici, să îndrumi și să-i înveți și pe alții, această capacitate rapidă de adaptare trebuie să fie dublată de vocația de a predă. Pe scurt, tot ceea ce am scris mai sus se imbină, armonios și cursiv, în profesia de dascăl universitar în științe tehnice.

Mediul academic te învață că ideile dau cele mai bune roade doar în echipă. Ideile pentru lucrările de licență sau disertație ale studenților, ideile pentru contractele de cercetare cu mediul privat și cele pentru proiectele naționale și internaționale, cu parteneri naționali sau internaționali, toate te fac să lucrezi împreună cu alți colegi, într-o echipă. Transpunerea ideilor într-un plan de proiect, scrierea și realizarea acestui proiect te învață că interacțiunea cu ceilalți nu este doar o componentă socială, ci este și o importantă componentă a progresului tehnologic. Iar ordonarea ideilor și activităților din cadrul unui proiect de echipă trebuie asumată de către un coordonator, care îndeplinește rolul de interfață intra-grup, precum și de interfață în relațiile echipei cu exteriorul. Coordonatorul de proiect, numit în cuvintele de astăzi managerul proiectului, are capacitatea de a-și asuma responsabilitatea desfășurării și finalizării proiectului, atât în nume personal, cât și colectiv, pentru întreaga echipă. Prin atitudinea și implicarea lui, fiecare membru al echipei conștientizează atât responsabilitatea individuală, cât și cea colectivă. Iar bucuria reușitei este savurată infinit mai plăcut în echipă...

În contextul prezentat, proiectele cele mai complexe, sub aspectul formării valorilor prin cercetare științifică, se regăsesc în activitatea școlii doctorale, în care binomul ”conducător de doctorat – doctorand” poate genera performanța ce contribuie la dezvoltarea cunoașterii în domeniu. Acest lucru motivează ambele categorii de parteneri, iar în timp, rezultatele contribuie la comunicarea științifică internațională și, implicit, la creșterea prestigiului Universității.

Atestatul de abilitare va avea un puternic impact pozitiv asupra dezvoltării activității academice de predare, de cercetare științifică, de management și de tutoriat a candidatului, cercetarea doctorală reprezentând o muncă a echipei candidat – îndrumător. Totodată, dobândirea atestatului de abilitare va crește capacitatea de cercetare și vizibilitatea Departamentului de Electrotehnică și Măsurări, și nu în ultimul rând, va spori și capacitatea de atragere de noi proiecte, contracte și finanțări pentru Universitate.

## **Direcții și competențe profesionale. Domenii de competență complementare Ingineriei Electrice**

Candidatul a absolvit Facultatea de Electrotehnică a Universității Tehnice din Cluj-Napoca, specializarea *Electrotehnică Generală*, obținând diploma de *inginer electric* în anul 1999 ca și șef de promoție (lucrarea de diplomă realizată la Institut fuer Werkzeugmaschinen der Universitaet Stuttgart, Germania – program Socrates-Erasmus), concomitent cu diploma de *licențiat în sociologie*, specializarea *Sociopsihopedagogie/Sociologie*, la Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, în anul 1998. O continuare firească a reprezentat-o obținerea diplomelor de master/studii aprofundate în specializările *Metrologie și Instrumentație* (2000) și *Sociopsihopedagogie/Comunicare Socială* (1999).

Un moment remarcabil al carierei universitare a candidatului l-a constituit acordarea titlului de **Doctor în Inginerie Electrică** (Ordinul Ministrului nr. 4871 din 7 August 2006), cu mențiunea *Magna cum Laude*, în urma susținerii tezei cu titlul ”*Contribuții la dezvoltarea tehnicilor de detecție sincronă și aplicații*”. Obținerea titlului academic de conferențiar universitar, în anul imediat următor (2007), a venit ca o confirmare a experienței de predare și cercetare dobândite și a oferit oportunitatea pentru următorii pași: conducerea colectivelor de cercetare și implicarea și coordonarea lor în cadrul proiectelor și contractelor de cercetare științifică sau de dezvoltare instituțională și de formare a resurselor umane.

Un punct important al dezvoltării și implicării în contractele de cercetare l-a constituit și partea de invenție, începută încă din anii studiului la lucrarea de doctorat.

Astfel, ne sunt relevate direcțiile de cercetare și predare ale candidatului:

- ✓ Măsurări Electrice și Electronice, Procesarea Semnalelor de Măsurare
- ✓ Fiabilitate și Testare
- ✓ Automatică, Monitorizare și Control de Proces

Preocupările de cercetare au avut la bază formarea candidatului din perioada de doctorat, dar și contractele de cercetare în care acesta a fost implicat (30 de contracte), mai ales cele patru contracte de cercetare câștigate prin competiție, în care a fost director sau responsabil de proiect. Rezultatele și experiența acumulate de-a lungul acestor cercetări din perioada post-doctorală (iunie 2006 – prezent) s-au materializat în 4 brevete de invenție, alte 10 cereri de brevet depuse la OSIM, 7 cărți și 94 de articole științifice publicate în reviste internaționale / naționale sau prezentate la conferințe internaționale de prestigiu. Nu este de neglijat nici activitatea de îndrumare a studenților pentru realizarea lucrărilor de licență și disertație, sau implicarea activă în temele de cercetare ale unor doctoranzi din colectivul de Măsurări Electrice, activitate vizibilă prin lucrările științifice rezultate ca urmare a acestor colaborări. Experiența dobândită este valorificată și ca recenzor/editor la reviste științifice de prestigiu sau la conferințe științifice internaționale de largă recunoaștere.

Competențele de cercetare ale candidatului, dezvoltate de-a lungul carierei universitare, pot fi grupate în două mari categorii, specifice proceselor moderne de evaluare:

### *Competențe profesionale*

- Inginerie Electrică, cu specializare pe Măsurări Electrice și Electronice, Fiabilitate, Achiziții de Date și Procesare de Semnal
- Aplicații industriale, în special pentru automatizare și control, particularizate la aplicații domotice și monitorizare de proces
- Cunoștințe avansate ale metodelor și tehnicilor ingineresti de cercetare multi-și intradisciplinare
- Utilizarea software-urilor specifice problemelor de cercetare studiate, cu accent pe un pachet software pentru analiză complexă de fiabilitate
- Noțiuni avansate de invenție, centrate pe explicarea problemelor și a soluțiilor ingineresti din punctul de vedere al necesității și rigurozității brevetării

### *Competențe transversale*

- Managementul proiectelor și a resurselor umane implicate - certificat de manager de proiect, manager/responsabil de proiect la două proiecte instituționale POS-DRU
- Consilier orientare privind cariera - certificat R29
- TIC (Tehnologia Informațiilor și a Comunicațiilor)

## **Memoriu tehnico-științific al activității și rezultatelor de cercetare din perioada de după conferirea titlului de doctor (septembrie 2006 – mai 2015)**

Descrierea acestei activități va fi sprijinită de informația din brevetele sau cererile de brevete de invenție ale acestuia, dar și de cea din articolele științifice ale candidatului. Accentul va cădea pe acele realizări unde implicarea candidatului a fost foarte intensă (prim autor, co-autor principal, domeniu de cercetare de interes), punându-se în evidență creativitatea și inovarea, acestea reprezentând caracteristici ale unei activități de cercetare de succes și premisele unei îndrumări mai pertinente ale viitorilor doctoranzi.

### ***1. Măsurări Electrice și Electronice, Procesarea Semnalelor de Măsurare***

Candidatul și-a susținut teza de doctorat în acest domeniu, iar dintre cele 34 lucrări și brevete de invenție încadrate pe această direcție de cercetare, în teză sunt prezentate succint câteva realizări ale candidatului:

- **Metodă intuitivă și aparat electronic pentru determinarea defazajului la analizoare frecvențiale [B6].** Cererea de brevet de invenție se referă la o metodă intuitivă și la un aparat electronic ieftin și simplu, recomandat în special

pentru uz didactic, destinat determinării defazajului dintre două semnale electrice sinusoidale, în cazul analizei frecvențiale.

- **Traductor electronic analogic pentru măsurarea puterii în curent continuu [B7], [A123].** Cererea de brevet de invenție se referă la un traductor electronic analogic utilizat pentru măsurarea puterii în circuite de curent continuu. Traductorul poate fi utilizat în sisteme de reglare automată a diferitelor mărimi dinamice (cuplu, viteză) sau tehnologice (temperatură, presiune, etc.) sau în cazul reglării puterii degajate pe rezistența de sarcină la încălziri, topiri, evaporări sau a puterii dezvoltate de celule fotovoltaice, pile de combustie, etc.

- **Algoritm direct, simplificat pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale [B12].** Cererea de brevet de invenție face referire la un algoritm direct, simplificat pentru determinarea răspunsului frecvențial la semnale sinusoidale. Soluția propusă este directă, mult mai simplă, ieftină și ușor de implementat, care nu necesită multiplicatoare, soluție bazată pe relee (electronice). Noutatea soluției tehnice constă în efectuarea integrării semnalului pe intervale de timp bine definite, pentru a obține componentele  $\text{Re}(\omega)$  și  $\text{Im}(\omega)$ , eliminând efectuarea corelației și, implicit, multiplicatoarele, inerente în variantele clasice.

- **Metoda detecției sincrone multiple de măsurare a rezistenței neliniare și a rezistenței statice [A46].** În lucrare este prezentată metoda detecției sincrone multiple de măsurare a rezistenței neliniare și a rezistenței statice, continuând preocupările candidatului din perioada tezei de doctorat în domeniul detecției sincrone. Această metodă a fost dezvoltată pe baza cercetărilor existente în teza de doctorat a candidatului.

- **Utilizarea Transformatei Hilbert Discrete pentru realizarea unui vector-voltmetru în timp discret [A129].** Lucrarea prezintă o aplicație în timp discret pentru realizarea unui vector-voltmetru numeric. Vector-voltmetrul reprezintă o aplicație directă a unei configurații de două detectoare sincrone în cuadratură. Se utilizează pentru a determina atât informația conținută în amplitudine, cât și informația conținută în fază.

În cadrul acestei direcții de cercetare menționăm și [A36], [A37], [A39], [A40], [A42], [A44], [A51], [A67], [A96], [A103], [A128], [C6], [C7], [C9], din lista de lucrări a candidatului.

## 2. *Fiabilitate și Testare*

Dintre cele 19 articole ale candidatului încadrate pe această direcție de cercetare, în paginile următoare vor fi trecute în revistă câteva dintre cele mai reprezentative, care să ilustreze utilitatea și aplicabilitatea analizei de fiabilitate în domenii diverse.

- **Studiul fiabilității motoarelor electrice cu magneți permanenți**

Articolul [A91] își propune estimarea probabilității de bună funcționare a unui motor electric MS-1 N-8811 cu magneți permanenți. Pentru a determina fiabilitate unui motor, s-a utilizat metoda analitică, ținându-se cont de fiabilitățile rulmenților, ale contactelor și ale

înfășurărilor. Au fost utilizate modelele repartițiilor exponențială și Weibull. În calculul de fiabilitate, pentru fiecare dintre componentele motorului, coeficienții au fost aleși ținându-se cont de perioada normală de 5 ani de funcționare. Același tip de motor (MS-1 N-8811) a fost folosit și în [A104], ca și parte a unui studiu mai extins pentru un algoritm de calcul al indicatorilor statistici și de fiabilitate folosiți în proiectarea și analiza motoarelor electrice de dimensiuni mici și medii, precum și al sistemelor în care acestea sunt incluse. Metoda utilizată este FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), avându-se în vedere defecțiunile uzuale care pot apărea în funcționarea motorului. Astfel, este calculată influența părților constructive ale motorului asupra fiabilității sale, predicția numărului de defecțiuni de-a lungul perioadei maxime de funcționare, analiza nivelului de risc și sunt determinate valorile critice ale elementelor motorului.

- **Studiul fiabilității echipamentelor medicale**

Fiabilitatea unui produs medical este astăzi foarte importantă, toată lumea dorind produse care să poată fi utilizate fără defecțiuni pentru un timp cât mai îndelungat. Este dificil să realizezi un asemenea produs fără a investi în fiabilitatea lui, încă din faza de proiectare. Lucrarea [A115] prezintă analiza de fiabilitate pentru un holter (înregistrator de ritm cardiac pe durată prelungită) de uz personal, precum și analiza FMEA cu ajutorul software-ului Relx. Această abordare poate fi utilizată pentru orice alt aparat similar și ajută producătorul în proiectarea unui produs mai bun.

- **Studiul fiabilității aparatelor și echipamentelor industriale – cazul unei mașini de tricatat industriale**

Lucrările [A107], [A108], [A118] se centrează pe fiabilitatea unei mașini industriale de tricatat, de-a lungul unei perioade de funcționare de 4500 de ore (aproximativ 6 luni), după care au fost prevăzute operații de mentenanță. Datorită numărului mare de componente ale mașinii, analiza de fiabilitate se concentrează asupra modulelor de importanță majoră: modulul pentru țesătură (sistemul modular Fabric Take-Down), modulul sistemului (sania) de Alunecare (Sliding System), ansamblul axelor cu came (modulul Cam Box). Sunt analizate fiabilitatea, rata de defectare și MTBF, precum și componentele cu cel mai mare risc de defect sau funcționare defectuoasă. Modulul de calcul al fiabilității dezvoltat poate fi utilizat la orice tip de mașină industrială de tricatat.

În cadrul acestei direcții de cercetare menționăm și [A58], [A73], [A102], din lista de lucrări a candidatului.

### ***3. Automatică, Monitorizare și Control de Proces***

Contribuția autorului s-a manifestat prin 24 de articole științifice [A52], [A54], [A89], [A101], cărți, brevete sau cereri de brevete de invenție, cât și prin implicarea în contracte de cercetare. Enumerăm:

- **Traductor criogenic capacitiv de nivel cu plăci coplanare pentru azot lichid** [B5]. Cererea de brevet de invenție se referă la un aparat destinat sesizării

nivelului de azot lichid cu aplicații în tehnica nucleară, separări de izotopi, testarea componentelor electronice, aplicații spațiale, tehnică medicală, magneți superconductori, instalații criogenice industriale de obținere a azotului lichid, etc. Invenția rezolvă problema generării unui semnal electric de curent continuu dacă nivelul de azot lichid într-un rezervor termoizolant se modifică în gama  $\pm 3\text{mm}$  față de un nivel de referință stabilit arbitrar de utilizator, semnalizează valoarea nivelului sub sau peste nivelul de referință și comandă anclanșarea/declanșarea unui releu în funcție de valoarea nivelului. Traductorul poate fi înglobat într-un sistem de reglare automată a nivelului de azot într-un vas de răcire, condensator, etc., constituind o soluție tehnică simplă și ieftină.

Cercetările asupra controlului roboților mobili inteligenți au fost validate în conferințe internaționale de prestigiu și au fost concretizate în cereri de brevete de invenție, premiate la cele mai importante saloane internaționale de invenții cu cele mai înalte distincții. Amintim:

- **Metodă și dispozitiv pentru control extins hibrid forță-poziție al sistemelor robotice și mecatronice** [B8]. În cererea de brevet de invenție, cercetarea se referă la o metodă și un dispozitiv pentru control extins hibrid forță-poziție al sistemelor robotice și mecatronice.

- **Metodă și dispozitiv pentru controlul dinamic al unui robot pășitor** [B10]. Cererea de brevet de invenție se referă la o metodă și la un dispozitiv de control dinamic al unui robot pășitor, destinat controlului în timp real a poziției traiectoriei de mișcare a vârfurilor și articulațiilor picioarelor robotului, forțelor de reacțiune și dinamicii mersului robotului, în vederea creșterii stabilității deplasării, cu aplicații în transportul de materiale nucleare, în activități agricole, în aplicații militare, pentru detectarea minelor, și, în general, în aplicații pe terenuri denivelate, greu accesibile.

- **Metodă și dispozitiv de acționare și control al roboților mobili inerțiali** [B9]. Cererea de brevet de invenție se referă la o metodă și un dispozitiv de acționare și control al roboților mobili inerțiali destinați în principal aplicațiilor de inspecții biomedicale.

Alte cercetări concretizate cu brevete de invenție sunt:

- **Metodă și dispozitiv de control în timp real al actuatorilor** [B11]. Cererea de brevet de invenție se referă la o metodă și la un dispozitiv de control a unui actuator în flux continuu, pentru determinarea caracteristicilor și parametrilor lui funcționali, cu aplicare directă în realizarea unui stand de încercare a unui motor electric.

- **Metodă și dispozitiv de măsurare a vitezei de rotație în medii puternic perturbante** [B1]. Brevetul de invenție se referă la o metodă și la un dispozitiv pentru măsurarea vitezei de rotație, într-un mediu puternic perturbant, a unui hidrogenerator.

- **Sistem fără fir, pentru telemăsurarea înclinației** [B4], [A57]. Invenția se referă la un sistem fără fir, destinat măsurării înclinației unui obiect față de verticala locului. Sistemul este alcătuit dintr-un dispozitiv-senzor, destinat a fi atașat unui obiect a cărei înclinație trebuie măsurată, și o unitate de achiziție, dispozitivul-senzor



fiind alcătuit dintr-un senzor de accelerație 3D, pentru măsurarea accelerației gravitaționale pe trei direcții ortogonale, un circuit convertor A/D, pentru conversia valorilor măsurate ale accelerației în valori numerice, un microcontroler având implementat un algoritm de calcul, pentru transformarea valorilor numerice în valori unghiulare, și o interfață radio, pentru comunicarea cu unitatea de achiziție, alimentarea dispozitivului-senzor fiind asigurată de un acumulator și un bloc de management al acumulatorului, având funcțiile de control al încărcării și de monitorizare a curentului consumat.

În cadrul acestei direcții de cercetare menționăm și [A43], [A52], [A54], [A89], [A101], [A120], [A123], [A127], [C6], din lista de lucrări a candidatului.

Amintim și activitățile de cercetare ale candidatului în domenii conexe direcțiilor de cercetare prezentate:

- energie regenerabilă (7 lucrări);
- inginerie medicală și bioinginerie (9 lucrări);
- inventică și proprietate industrială;
- managementul calității în învățământul superior și politica științei (10 lucrări).

## Concluzii

Activitatea de cercetare și experiența educațională a candidatului de-a lungul întregii cariere este reprezentată de:

- ✓ 11 cărți științifice (două ca prim-autor)
- ✓ 129 articole științifice
- ✓ 4 brevete de invenție și 10 cereri de brevete de invenție (trei ca prim-autor)
- ✓ premiul "GHEORGHE CARTIANU" în domeniul Științei și Tehnologiei Informației al Academiei Române
- ✓ 3 premii ANCS și Diploma de Excelență a Academiei de Științe Tehnice
- ✓ 115 premii, medalii și distincții la saloanele internaționale și naționale de inventică
- ✓ 4 contracte de cercetare câștigate prin competiție, ca director/responsabil de contract
- ✓ 2 proiecte instituționale (POSDRU) câștigate prin competiție, ca manager/responsabil de proiect
- ✓ 4 proiecte/contracte de cercetare internaționale, ca și membru al echipei
- ✓ 22 de proiecte de cercetare câștigate prin competiție, ca și membru al echipei
- ✓ 6 proiecte instituționale (POSDRU) câștigate prin competiție, ca și membru al echipei
- ✓ consilier educație proprietate intelectuală și industrială al Universității Tehnice din Cluj-Napoca

## **Direcții de dezvoltare a carierei care necesită abilitarea**

Principala direcție de dezvoltare a carierei, ulterioară abilitării, o constituie continuarea activității de cercetare științifică. Pe viitor, candidatul va încerca să dezvolte cercetările realizate până în prezent și va acorda o importanță deosebită transferului cunoștințelor dobândite către studenți, prin intermediul activității didactice, dar și către proiectele de cercetare academice sau cu industria (transferul de tehnologie va încerca valorificarea prototipurilor invențiilor brevetate sau în curs de brevetare).

Prin intermediul prezentei teze de abilitare, candidatul dorește să-și extindă expertiza și capacitatea de cercetare spre studiile doctorale, trecând la un nivel superior de îndrumare și coordonare. Autorul consideră că are capacitatea de a-și folosi experiența acumulată în cadrul proiectelor de cercetare la care a participat, iar cooperarea cu alte colective din universități sau din industrie, va crește potențialul de atragere a noi contracte de cercetare, pe plan național și internațional.

Enumerăm câteva posibile viitoare direcții de cercetare și de dezvoltare aplicativă:

- ✓ Dezvoltarea de noi algoritmi de procesare a semnalului cu utilizări în măsurările electrice
- ✓ Măsurarea și monitorizarea parametrilor instalațiilor de producere a energiei regenerabile
- ✓ Dezvoltarea unor metode și algoritmi pentru măsurarea diverselor nivelurilor de poluare a mediului
- ✓ Studiul fiabilității instalațiilor de producere a energiei regenerabile
- ✓ Analize de fiabilitate a diverselor sisteme și procese industriale
- ✓ Monitorizarea și controlul sistemelor domotice
- ✓ Asistarea persoanelor prin intermediul monitorizării și procesării semnalelor biomedicale
- ✓ Statistică și măsurare a rezultatelor cercetării, analize scientometrice

Totodată, se va accentua originalitatea cercetării și se va încuraja brevetarea și diseminarea acestor rezultate.

În final, subliniem că întreaga activitate științifică a candidatului s-a desfășurat în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca. Prin prezenta teză de abilitare, acesta dorește să-și exprime mulțumirea față de cadrul instituțional în care și-a dezvoltat cariera și este convins că atestatul de abilitare va reprezenta o oportunitate prin care va crește vizibilitatea și prestigiul acestei instituții de tradiție a învățământului superior românesc.