

Rezumat al activităților derulate în anul 2016 în cadrul proiectului PN II–RU–TE–2014–4–1761: Controlul Ierarhizat Inteligent al Sistemelor Distribuite de Producere și Utilizare a Energiei Electrice

Această etapă a avut, în conformitate cu Planul de realizare a proiectului, patru obiective:

1. Obținerea algoritmilor de conducere a sistemului (cu validare preliminară);
2. Realizarea simulatorului electromecanic de turbină eoliană;
3. Realizarea simulatorului fizic de sistem fotovoltaic;
4. Realizarea convertorului bidirecțional pentru transferul energiei înspre/dinspre baterie;
5. Working/training visit.

Activitățile aferente celor patru obiective pot fi observate în tabelul următor:

An	Obiective	Activități
2016	Obținerea algoritmilor de conducere a sistemului (cu validare preliminară)	Stabilirea algoritmilor de predicție a variabilelor exogene aleatoare și testarea acestora prin simulare numerică
		Definirea indicatorului de performanță multicriterial
		Stabilirea algoritmului de control ierarhizat inteligent, aferent sistemului integrat, și generarea scenariilor regimurilor de lucru
		Validarea preliminară, prin simulare numerică, a algoritmului de control ierarhizat inteligent
	Realizarea simulatorului electromecanic de turbină eoliană	Stabilirea structurii, realizarea și testarea simulatorului fizic de turbină eoliană
	Realizarea simulatorului fizic de sistem fotovoltaic	Stabilirea structurii, realizarea și testarea simulatorului fizic de panou PV
	Realizarea convertorului bidirecțional pentru transferul energiei înspre/dinspre baterie	Stabilirea structurii și realizarea convertorului bidirecțional de transfer a energiei dinspre/înspre baterie
	Working/training visit	Working/training visit

Obiectivele asumate în anul 2016 au fost îndeplinite integral, fiind realizate în proporție de 100% toate activitățile prevăzute în cadrul planului de realizare. În cadrul etapei de derulare 2016 au fost obținute următoarele rezultate de diseminare: 1 articol publicat în revistă ISI, 3 articole în conferințe ISI Proceedings, 1 articol în conferință națională, precum și o carte.

Obiectiv I: Obținerea algoritmilor de conducere a sistemului (cu validare preliminară)

1. Stabilirea algoritmilor de predicție a variabilelor exogene aleatoare și testarea acestora prin simulare numerică

Obiectivul acestui capitol vizează: definirea variabilelor exogene ale sistemului distribuit de producere și utilizare a energiei electrice (SDPUEE); elaborarea programelor pentru generarea în regim de simulare numerică a acestor variabile (adică puterea sursei eoliene, puterea sursei PV și puterea consumată în rețeaua locală); elaborarea unui set de algoritmi pentru predicția liniară și neliniară a acestor variabile; stabilirea contextului în care este necesară utilizarea algoritmilor de predicție (este vorba de predicția variabilei ”deficit/excedent” energetic).

Algoritmi de predicție

S-au testat algoritmi de predicție liniară (AR, ARMA) iar concluziile sunt:

1. în ipoteza că se știe natura seriei de timp (de ex., se știe că aceasta este de tip AR sau ARMA) și se știe ordinul filtrului de formare atunci rezultatele predicției sunt apropiate de cele ideale, în cazul predicției pe un pas. În acest caz, abaterea standard a reziduului este practic egală cu cea de la intrarea filtrului de formare ($=1$), iar funcția de autocorelație a reziduului este un impuls (reziduul este un zgomot alb);
2. dacă se realizează predicția pe $M > 1$ pași, reziduul nu mai este un zgomot alb și abaterea standard crește pe măsura creșterii lui M ;
3. dacă nu se cunoaște ordinul filtrului de formare (de ex. ordinul real este $n = 4$, iar predictorul are ordinul $m = 2$ sau 3), eroarea poate fi foarte mare, chiar și la predicția pe un pas. Dacă se adoptă m mai mare decât ordinul real al filtrului de formare, atunci reziduul este un zgomot alb, la predicția pe un pas;
4. a rezultat următoarea procedură de determinare a ordinului predictorului: se face succesiv predicția pentru diferite valori scăzătoare ale ordinului m al predictorului, pornind de la o valoare mare, și ne oprim atunci când abaterea standard a reziduului crește brusc (funcția de autocorelație nu mai este un impuls).

Generarea variabilelor exogene

În bilanțul energetic al sistemului distribuit de producere și utilizare a energiei electrice (SDPUEE) intervin următoarele fluxuri de energie (puteri):

- puteri generate de sursele de energie regenerabilă (eoliană și PV),
- puteri consumate în sarcină,
- puteri transferate de la rețea SDPUEE sau de la SDPUEE la rețea.

Ultima categorie rezultă ca urmare a comenzilor date de sistemul de conducere al SDPUEE. În consecință, se vor considera ca variabile exogene aleatoare puterile generate de sursa eoliană, de sursa PV și puterea consumată de sarcină.

Pentru generarea puterii eoliene s-a utilizat schema Simulink destinată obținerii vitezei vântului (inclusiv a componentelor sezonieră și de turbulență), dată în Raportului Științific aferent fazei din anul 2015. Sursa eoliană s-a considerat cu puterea nominală de 1.5 kW, obținută la viteza nominală a vântului $v_n = 11$ m/s. Sursa începe să debiteze de la viteza de demaraj a turbinei $v_d = 3.5$ m/s. S-a utilizat o perioadă de eșantionare de 1 secundă, iar intervalul de timp de o zi, se regăsesc diferite regimuri ale vitezei vântului.

Pentru studiul în regim de simulare numerică a puterii debitate de sursa PV din cadrul SDPUEE, s-a considerat regimul de vară, când sursa PV poate genera energie electrică în intervalul orar 6.00 – 21.00. S-au considerat celule PV având randamentul conversiei de circa 15%. Pentru iradianță s-a introdus în programul de generare a puterii de la sursa PV, o variabilă aleatoare care se scade din puterea electrică a PV (numai atunci când debitează). S-a utilizat perioadă de eșantionare de 1 secundă.

Pentru studiul în regim de simulare numerică a puterii consumate în sarcină, s-a considerat o locuință.

Predicția deficitului/excesului de energie electrică în cadrul SDPUEE

În cadrul structurii de conducere a SDPUEE, comenzile se stabilesc în funcție de valorile actuale ale deficitului sau excedentului de energie în sistem, de tendința lor de variație și, eventual, de predicția privind evoluția viitoare a acestora. Deci, este mai importantă predicția deficitului/excedentului de energie în sistem, decât predicția componentelor puterii care intră în ecuația de bilanț.

Predicția seriei de timp "deficit/excedent" s-a făcut utilizând modelul ARMA, în două condiții distincte: utilizând un pas de eșantionare de 1 secundă, deci incluzând și componenta de turbulență (de înaltă frecvență) în problematica predicției, cât și utilizând un pas de eșantionare de 1 minut, caz în care nu este reprodusă componenta de turbulență.

Au rezultat următoarele concluzii:

1. Pentru necesitățile sistemului de conducere al SDPUEE nu este necesară operația de predicție a fiecărei serii de timp implicate (puterea eoliană, puterea sursei PV și puterea consumată în sarcină), ci doar predicția seriei de timp ”deficit/excedent”;

2. Principala dificultate în predicția seriei de timp menționate este generată de faptul că variațiile sarcinii pot fi imprevizibile și, mai ales, ele conțin salturi de tip treaptă de amplitudine relativ mare, în raport cu media zilnică a puterii;

3. Un obiectiv important urmărit și realizat a constat în elaborarea programelor de predicție liniară (cu modele AR și ARMA) aplicate pentru necesitățile conducerii SDPUEE;

4. Generarea celor 3 variabile exogene (puterea eoliană, puterea sursei PV și puterea consumată în sarcină) este considerată ca un eșantion dintr-o varietate de posibilități. Ea poate fi cu ușurință modificată pentru a ilustra numeroase alte situații care pot fi abordate în cadrul scenariilor de analiză a algoritmilor de conducere a SDPUEE.

2. Definirea indicatorului de performanță multicriterial

Controlul sistemului distribuit de producere și utilizare a energiei electrice (SDPUEE) este ierarhizat pe două niveluri:

- *Nivelul 1*, aferent subsistemelor de bază ale SDPUEE: sursa eoliană, sursa PV și inverterul/filtru activ de putere, care realizează transferul energetic bidirecțional, dinspre și înspre rețea, asigurând și performanțele de calitate a energiei electrice;
- *Nivelul 2*, care se referă la întregul sistem energetic.

Criteriile de performanță impuse la cele două niveluri sunt diferite: la *Nivelul 1* ele sunt monocriteriale, iar la *Nivelul 2* – unde este vizată performanța unui sistem cu componente ce au cerințe diferite – se are în vedere adoptarea unui indicator multicriterial.

Cu toate că interesul principal este îndreptat spre definirea unui indicator multicriterial, aferent *Nivelului 2*, care va fi prezentat în secțiunea 2.3, în secțiunea care urmează se face o scurtă referire la criteriile de performanță corespunzătoare *Nivelului 1*, având în vedere specificul sistemului de mică putere abordat în cadrul acestui proiect.

La nivelul 1 ierarhic, s-au prezentat criteriile de performanță pentru conducere subsistemului eolian, al subsistemului PV, dar și pentru conducerea inverterului/filtrului activ de putere.

La nivelul 2 ierarhic s-a arătat că o primă cerință care se impune este reducerea costului energiei electrice consumate de la rețeaua publică. N alt criteriu important care trebuie luat în considerare la conducerea SDPUEE vizează creșterea duratei de viață a bateriei. Costul ridicat al bateriei, cât și faptul că durata de viață a acesteia este dependentă de regimul de funcționare, justifică cerința impusă sistemului de comandă de a asigura o durată de viață a bateriei cât mai mare. Astfel, dacă s-ar impune funcționarea bateriei pe un ciclu de încărcare-descărcare, cu o rată de încărcare/descărcare nominală, în condițiile când bateria funcționează în SDPUEE cu puteri variabile aleator produse de sursele de energie regenerabilă, atunci energia facturată ar fi mare. Dacă însă s-ar impune prin sistemul de conducere un regim care ar viza minimizarea energiei facturate, atunci este posibil ca bateria să funcționeze într-un regim în care frecvența comutărilor încărcare ↔ descărcare să fie excesivă, cu consecința reducerii duratei de viață a bateriei.

Un criteriu de performanță care ar lua în considerare cele două cerințe contradictorii, și anume: reducerea energiei facturate și a numărului de comutări încărcare ↔ descărcare, este:

$$I = \int_0^T (P_{rs}(t) - P_{sr}(t)) dt + \gamma \cdot N_T^E$$

în care γ este factorul ce ponderează cei doi termeni ai criteriului de performanță.

Spre deosebire de criteriile de performanță aferente *Nivelului 1* ierarhic, care se optimizează în timp real, prin sisteme de control automat, criteriul este utilizat off-line, în regimul de proiectare, pentru stabilirea parametrilor sistemului de conducere de la nivelul ierarhic superior. Această particularitate este determinată de faptul că minimizarea criteriului este valabilă doar pentru un profil dat (cel admis într-o instanță particulară) al curbelor de evoluție a puterii surselor de energie regenerabilă și a puterii consumate în sarcină, ambele fiind **evoluții aleatoare**. Într-o altă instanță, în

care evoluțiile respective diferă, parametrii sistemului de conducere care ar minimiza criteriul menționat ar fi diferiți. În aceste condiții, stabilirea parametrilor care intervin în algoritmul de control la nivelul superior al SDPUÉE se poate face analizând prin simulare numerică performanțele sistemului în diverse situații privitoare la variabilele exogene aleatoare. Alegerea parametrilor "adecvați", pe baza acestei analize, ar trebui să aibă în vedere, în special, regimurile de vară și de iarnă la funcționarea surselor de energie regenerabilă.

S-a evaluat componenta energetică, cea referitoare la durata de viață a bateriei, cât și indicatorul de performanță multicriterial.

3. Stabilirea algoritmului de control ierarhizat inteligent, aferent sistemului integrat, și generarea scenariilor regimurilor de lucru

Sistemul integrat de producere (cu surse eoliene și PV) și utilizare a energiei electrice vizează un indicator de performanță de tip multicriterial, de forma celui prezentat anterior, și pune o problemă de conducere care, în esență, se referă la algoritmul de comandă pentru vehicularea energiei electrice între componentele sistemului: sursele de energie regenerabilă, rețeaua publică, acumulatorul de energie (bateria) și rețeaua locală (sarcina). Algoritmul respectiv se referă la două aspecte:

- a) **sensul** transferului energetic și
- b) **nivelul** transferului energetic, adică puterea transferată.

Faptul că puterea cerută de sarcină și puterile debitate de sursele de energie regenerabilă sunt variabile aleatoare determină o varietate de **situații de comandă**, adecvate obiectivelor cerute de indicatorul multicriterial de performanță.

Factorul care determină varietatea situațiilor de comandă îl reprezintă caracterul aleator al surselor de energie regenerabilă și al sarcinii. Prezența bateriei este foarte importantă, nu numai în calitatea de acumulator al energiei în exces (de la sursele regenerabile), care contribuie la alimentarea sarcinii în perioadele de deficit energetic, dar și în calitatea de „senzor” al situației energetice din sistem. Evoluția tensiunii la bornele bateriei, care este legată nemijlocit de energia acumulată, reflectă în bună măsură contextul energetic în care evoluează SDPUÉE. Acest context poate fi caracterizat printr-un set de „stări” în care se poate afla sistemul integrat. Vectorii „stărilor” pot fi definiți prin valoarea curentă a energiei electrice acumulate în sistem, de tendința de variație a energiei acumulate, precum și de valorile predictate ale puterilor surselor de energie regenerabilă și ale puterii consumate în sarcină. Utilizarea predicțiilor pentru fiecare din cele 3 puteri este nerațională și excesivă; ceea ce interesează este predicția deficitului/excedentului de energie în sistem, adică a diferenței dintre suma puterilor surselor de energie regenerabilă și puterea consumată în sarcină.

Algoritmul de comandă poate fi utilizat în două abordări: **într-o abordare „crisp”** (nenuanțată), printr-un algoritm simplu de recunoaștere a unor „situații de comandă” prestabilite și **într-o abordare fuzzy**, în care starea energetică a sistemului este evaluată prin **valori lingvistice**. În acest caz, principiul de comandă prezentat se păstrează, însă toate variabilele care intervin în sistem, inclusiv comanda care stabilește sensul și nivelul transferurilor energetice, sunt exprimate prin evaluări fuzzy, iar legea de comandă se obține prin inferențe fuzzy.

Elaborarea și testarea sistemului de conducere la nivelul ierarhic superior se face ținând cont de existența mai multor **scenarii ale regimurilor de lucru**.

După analiza prin simulare au fost prezentate următoarele concluzii:

1. Algoritmul de conducere a SDPUÉE, stabilit în cadrul acestui capitol, furnizează comenzi care se referă la **sensul** și **nivelul** transferului energetic între SDPUÉE și rețeaua publică. El controlează evoluția tensiunii bateriei, dependentă nemijlocit de energia acumulată, întrucât această tensiune reflectă în bună măsură contextul energetic în care evoluează SDPUÉE. Au fost stabilite 4 variante ale algoritmului de control, care au fost analizate în cadrul unor scenarii ce se referă fie la diverse situații privind resursele de energie regenerabilă (regim de vară/regim de iarnă), fie la regimul de funcționare a bateriei: regimul tampon – considerat ca fiind cel standard – și regimul periodic, în care se realizează cicluri de încărcare-descărcare, în cursul funcționării normale a

SDPUEE. Variantele algoritmului de control includ atât algoritmi fuzzy, cu o bază de reguli conformă cu deciziile raționale ale unui operator uman care controlează sensul și nivelul transferului energetic între SDPUEE și rețeaua publică (variantele 1 și 2 ale regulatorului), fie algoritmi mai simpli (variantele 3 și 4 ale regulatorului). Analiza acestor regulatoare s-a făcut din două puncte de vedere: 1) al performanței de reglare a tensiunii și 2) al comenzii, adică al modului de realizare a transferului energetic între SDPUEE și rețea;

2. Performanțele variantelor 1 și 2 ale reguletoarelor, privind reglarea tensiunii bateriei sunt excelente, însă acest nivel de performanță nu este neapărat necesar și, în plus, este obținut printr-o vehiculare **permanentă**, într-un sens sau altul, a energiei în sistem. În realitate, o recomandare pentru asigurarea unei durate de viață ridicate a bateriei este ca tensiunea să corespundă, cu o toleranță acceptabilă, unui domeniu corespunzător situației de baterie încărcată. Deci, tensiunea poate fluctua în acest domeniu, iar regulatorul poate avea o zonă de insensibilitate, care reduce radical vehicularea energetică din sistem. Variantele 3 și 4 ale reguletoarelor sunt construite pe această bază.

4. Validarea preliminară, prin simulare numerică, a algoritmului de control ierarhizat inteligent a fost realizată pentru toate cele 4 variante de lucru și a permis obținerea de informații detaliate privind transferul energetic între componentele sistemului: rețea, surse de energie regenerabilă, sarcină și sistemul de acumulare a energiei. Această analiză a fost focalizată îndeosebi asupra influenței algoritmului de control asupra celor două componente ale indicatorului multicriterial de performanță: componenta care vizează performanța energetică și cea care vizează regimul de funcționare al bateriei. Analiza comparativă a performanțelor de control a scos în evidență avantajul utilizării unui regulator care are o zonă de insensibilitate (zonă moartă), așa cum este regulatorul din varianta 3.

Obiectiv II: Realizarea simulatorului electromecanic de turbină eoliană

1. Stabilirea structurii simulatorului fizic de turbină eoliană

S-a stabilit structura hardware și software a simulatorului electromecanic de turbină eoliană și au fost efectuate experimente pentru validarea funcționării acestuia. Generatorul cu magneți permanenți (PMG-GL-1500) poate debita o putere de 1,5 kW este antrenat de un motor asincron cu putere de 3 kW (960 rpm) prin intermediul unui convertizor de frecvență Danfoss VLT5000 cu puterea nominală de 5 kW. Simulatorul electromecanic de turbină eoliană are o structură Hardware-In-The-Loop (HIL). Tot experimentul a fost monitorizat în timp real cu ajutorul unui computer de proces și prin utilizarea suportului hardware/software al firmei dSPACE (prin pachetul ControlDesk). Suportul hardware a constat în utilizarea plăcii dSPACE DS 1103. Simulatorul a fost testat în funcționare insulară, debitând pe o sarcină de tip rezistiv cât și la mers în gol.

2. Realizarea convertorului CC/CC cu funcție MPPT aferent sursei eoliene

Întrucât simulatorul electromecanic de turbină eoliană are un generator sincron cu magneți permanenți a cărui tensiune de ieșire se modifică în funcție de viteza unghiulară la arbore, care se modifică, la rândul său, în funcție de viteza vântului și în conformitate cu specificațiile din foaia de catalog, tensiunea de la ieșirea generatorului variază între 0 și 90V în funcție de turație, s-a impus utilizarea unui convertor CC/CC care acceptă la intrare tensiune și mai mare și mai mică, comparativ cu cea de la ieșire. Astfel, pentru realizarea funcției de MPPT, se utilizează convertorul în configurație SEPIC, datorită simplității circuitului de comandă pe grilă a unicului comutator static. Controlul punctului de funcționare se face prin generarea corespunzătoare a semnalelor PWM de comandă pentru comutatoarele din etajele SEPIC, după algoritmul MPPT integrat în microcontroller. S-au utilizat un grup de 4 convertitoare SEPIC, conectate în paralel, cu funcționare întrețesută, fapt care ușurează efortul de comandă pentru comutatoarele statice, scade stresul de comutație al comutatoarelor statice, permite creșterea frecvenței de comutație și scăderea dimensiunilor fizice ale inductanțelor. Tranzistoarele și diodele de putere au fost alese astfel încât să funcționeze corect la curentul maxim prevăzut în circuit (20A pentru fiecare etaj boost), tensiune inversă de 150V, și frecvență de comutație de 10kHz. Pentru realizarea buclei de urmărire a puterii

maxime, s-au utilizat două traductoare, unul de tensiune – divizor rezistiv și unul de curent – ACS758, care aduc informațiile necesare la intrările analogice ale microcontrollerului. Semnalele din figurile următoare sunt preluate direct de la pinii microcontrollerului.

Obiectiv III: Realizarea simulatorului fizic de sistem fotovoltaic

1. Stabilirea structurii, realizarea și testarea simulatorului fizic de panou PV

Puterea simulatorului fizic de sistem fotovoltaic a fost dimensionată la 1,5 kW, comparabilă cu cea a sistemului eolian. Pentru realizarea acestui obiectiv, s-a achiziționat o sursă programabilă de tensiune destinată emulării profilelor de putere pentru panouri fotovoltaice, cu următoarele caracteristici: tensiune de intrare 230 Vca, 50 Hz, monofazat, tensiune de ieșire reglabilă între 0 și 32 V, curent de ieșire reglabil până la 46 A, interfețe de comunicare: Ethernet, GPIB, RS-485, USB.

Sursa are și o interfață de programare de la calculator, prin USB/RS232, prin care se pot transmite parametrii panoului emulat, temperatura simulată și iradianța. Această interfață de programare este accesibilă și din mediul Matlab, ca port serial clasic, prin care se pot trimite în timp real date și comenzi sursei programabile. Funcțiile posibile, precum și cuvintele cheie sunt prezentate în manualul de utilizare al sursei.

Interfața prin care se pot specifica parametrii panourilor emulate permite obținerea caracteristicilor statice, pornind de la parametri reali ai panourilor. Există și posibilitatea de a edita manual punctele caracteristicii U/I.

S-a utilizat, ca sarcină, un reostat cu rezistența de 15,5 ohmi și curentul maxim admis de 10 A. Comunicarea dintre mediul software și partea hardware a furniturii s-a realizat cu o conexiune serială. S-a setat modul de funcționare REMOTE, pentru a permite comanda sursei din PC. Testarea emulatorului s-a realizat prin implementare a trei curbe tensiune-curent, corespunzătoare a trei valori de temperatură alese, respectiv 25 °C (curbă de culoare roșie), 50°C (curbă de culoare albastră) și 75°C (curbă de culoare verde). S-au utilizat trei valori diferite ale sarcinii conectate la sursă.

2. Realizarea convertorului CC/CC cu funcție MPPT aferent sursei fotovoltaice

Bancul de acumulatori electrochimici formează un sistem de tensiune continuă de 40...50V în funcție de starea de încărcare. Convertorul CC/CC trebuie să fie permanent ridicător de tensiune iar izolarea galvanică nu este necesară, deoarece acumulatorii nu sunt conectați galvanic cu rețeaua. S-a utilizat structura clasică de ridicător de tensiune (etaj boost).

Pentru a putea implementa fizic convertorul, cu o circulație de curent maxim de cca 100 A acesta va fi realizat din 4 etaje boost, conectate în paralel, comandate cu semnal PWM întrețesut (interleaved). În acest fel se optimizează și stresul comutatoarelor statice, se distribuie puterea pierdută pe mai multe componente, scade complexitatea circuitului de comandă pe grilă a comutatorului/comutatoarelor statice (deoarece tranzistoarele cu curent de colector mai mic au capacitate de grilă mai mică, ce poate fi încărcată/descărcată mult mai repede, scăzând timpii de comutație sau crescând frecvența de comutație = utilizarea unei inductanțe de valoare mai mică). De asemenea, curenții de intrare și de ieșire din convertor conțin variații de 4 ori mai mici decât dacă ar fi folosit un singur etaj boost. Controlul factorului de umplere se face cu un procesor numeric de semnal care permite generarea mai multor semnale PWM de frecvență și rezoluție mare. Achiziția informației de tensiune și curent de la intrare se face cu traductoare de curent cu efect Hall și respectiv cu un divizor de tensiune. Se ține seama de întârzierea prin filtrele utilizate pentru atenuarea zgomotelor de comutație induse în firele de măsură. Circuitul numeric de control se bazează pe circuitul DSPIC33FJ128GP804. S-a verificat funcționarea corectă a convertorului, atât în ceea ce privește comutația tranzistoarelor cât și obținerea tensiunii de cca. 50V la ieșire, pornind de la o tensiune de intrare de cca. 25V.

Pentru a putea introduce eficient informația în placa dSPACE 1103, a fost adăugat un circuit de amplificare și decalare a tensiunii, astfel încât domeniul de ieșire să se încadreze în [-10V; 10V]. Pentru achiziția informației de curent de la ieșirea panourilor fotovoltaice este necesar un traductor cu domeniu mai larg al curentului. S-a folosit circuitul ACS758 (produs de același producător și după aceleași principii precum ACS712).

Obiectiv IV: Realizarea convertorului bidirecțional pentru transferul energiei înspre/dinspre baterie

1. Stabilirea structurii și realizarea convertorului bidirecțional de transfer a energiei dinspre/înspre baterie

Acest convertor trebuie să permită atât transferul energiei din baterie către partea de tensiune continuă a filtrului activ (cca 700V tensiune cvasi-staționară), cât și transferul energiei către baterie, din partea de tensiune continuă a filtrului activ.

S-a ales varianta unui circuit pe bază de punți H cu comandă corelată (punte H în primar și redresor sincron în secundar). Totodată, a fost aleasă varianta utilizării a câte o sursă de tensiune izolată pentru fiecare tranzistor flotant și comandarea acestuia cu un circuit integrat specializat în comanda tranzistoarelor neflotante. Izolarea semnalului de comandă se face cu optocuplor digital de mare viteză, astfel că cerințele de timp mort nu cresc semnificativ. Toate componentele au fost amplasate pe o singură parte a cablajului, astfel că sursa poate fi utilizată în montajul final suprapus peste etajul izolator galvanic și driver IGBT. În structura finală a standului, cele 4 punți H vor primi semnal PWM de la placa de control DS1103, care va stabili punctul de funcționare și transferul energetic prin modificarea factorului de umplere al semnalului PWM. Pentru verificarea funcționării convertorului, în această etapă s-a aplicat tensiune de alimentare și semnal PWM de la un generator de semnal pentru a verifica funcționarea circuitelor de comandă pe grilă a tranzistoarelor de putere.

Obiectiv V: Working/training visit

S-a efectuat o vizită de studiu în cadrul Departmentului Energy Technology, Facultatea Engineering and Science, Aalborg University, Danemarca, în perioada 09.10.2016 și 12.10.2016, de către cercetătorii Vlad Ciprian și Epure Silviu. În cadrul acestei vizite de studiu s-au abordat următoarele teme:

- conversia energiei eoliene și a energiei fotovoltaice;
- elemente de electronică de putere aferente sistemelor studiate și structurilor de control aferente;
- sisteme și tehnologii de stocare a energiei electrice;
- sisteme de achiziții de date dSpace (dSpace controller boards).

Concluzii

Obiectivele asumate în anul 2016 au fost îndeplinite integral, **fiind realizate în proporție de 100% toate activitățile prevăzute în cadrul planului de realizare**. În cadrul etapei de derulare 2016 au fost obținute rezultatele prevăzute, după cum urmează:

1. Raport științific de etapă;
2. Simulator electromecanic de turbină eoliană.
3. Simulator fizic de sistem fotovoltaic.
4. Convertor bidirecțional pentru transferul energiei înspre/dinspre baterie.

Diseminarea rezultatelor

Indicatorii realizați pentru activitatea de diseminare a rezultatelor sunt următorii:

5. 1 articol publicat în revistă ISI;
6. 2 articole în conferințe ISI Proceedings;
7. 1 articol în conferință BDI (IEEE Xplore);
8. 1 articol în conferință națională;
9. o carte.