***POC***
***Axa 1 Cercetare, dezvoltare tehnologică și inovare (CDI) în sprijinul competitivității economice și dezvoltării afacerilor***
***Acțiunea: 1.2.3 Parteneriate pentru transfer de cunoștințe***
***Denumire Proiect: CERCETĂRI ŞI TRANSFER DE CUNOŞTINTE ÎN DOMENIUL TEHNOLOGIILOR ŞI INSTRUMENTELOR SOFTWARE PENTRU INFORMATIZAREA PROCESELOR INDUSTRIALE - TISIPRO***
***ID / Cod My SMIS: P_40_416 / 105736***
***Nr. Contract: 61/05.09.2016***

# PORTOFOLIU INTERMEDIAR DE COMPETENȚE ȘI EXPERTIZE FORMULAT DE ECHIPA DE IMPLEMENTARE

**Perioada: 01.12.2017-28.02.2018**

## - Rezumat -

În cadrul activității **A. Stimularea transferului de cunoștințe**, sub-activitatea A.1 Identificarea și formularea ofertei de expertiză și rezultate, a fost continuată formularea portofoliilor de competențe și expertize de cercetare pe domeniul proiectului TISIPRO, în scopul prezentării firmelor în cadrul sub-activităților A.2 (Asistență directă acordată întreprinderilor pentru identificarea din oferta de expertiză ce se potrivește cu nevoile și cerințele lor), A.3 (Organizarea de întâlniri individuale cu întreprinderile sau organizarea de evenimente tematice) și A.5 (Identificarea de noi potențiali beneficiari ai transferului de cunoștințe).

Domeniile și echipele de lucru sunt următoarele:

I. Domeniul Știința calculatoarelor și tehnologia informației

Șef lucr. dr. ing. Ion-Eugen GANEA

Șef lucr. dr. ing. Marius-Adrian MARIAN

II. Domeniul Sisteme automate, subdomeniile Sisteme embedded și Proiectare asistată pentru sisteme de conducere

Prof. univ. dr. ing. Cosmin-Cătălin IONETE

Șef lucr. dr. ing. Ion-Marian POPESCU

Conf. univ. dr. ing. Gheorghe-Dorin ȘENDRESCU

Asist. univ. dr. ing. Constantin ȘULEA-IORGULESCU

III. Domeniul Sisteme automate, subdomeniul Aplicații software pentru sisteme de control și de achiziții de date

Prof. univ. dr. ing. Emil PETRE

Prof. univ. dr. ing. Dan POPESCU

Conf. univ. dr. ing. Monica-Gabriela ROMAN

Prof. univ. dr. ing. Dan SELIȘTEANU

IV. Domeniul Software aplicativ pentru Ingineria electrică, subdomeniile Sisteme de acționare, Energetică și Proiectare asistată de calculator

Prof. univ. dr. ing. Iuri-Sergiu IVANOV

Prof. univ. dr. ing. Lucian MANDACHE

Asist. univ. dr. ing. Constantin ȘULEA-IORGULESCU

V. Domeniul Sisteme automate, subdomeniul Robotică și Mecatronică

Prof. univ. dr. ing. Dorin POPESCU

Prof. univ. dr. ing. Dan SELIȘTEANU

## I. Domeniul Știința calculatoarelor și tehnologia informației

**Subdomeniul**: Proiectarea unor infrastructuri de securitate și serviciilor / mecanismelor de securitate asociate

**Subdomeniul**: Servicii informatice în nor (cloud)

Competențele și expertizele prezentate și dezvoltate sunt corelate cu obiectivul general al proiectului TISIPRO: *creșterea interacțiunii Universității din Craiova (UCV) cu mediul industrial,* bazată pe facilitarea accesului întreprinderilor la expertiza științifică și infrastructura de cercetare a Universității din Craiova, Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică, în scopul transferării rezultatelor de cercetare către întreprinderile industriale.

Atingerea acestui obiectiv se va concretiza prin obținerea unor instrumente software aplicabile direct în mediul industrial specific. Direcția majoră abordată în această etapă a fost dedicată proiectării unor infrastructuri de securitate și a serviciilor, cu accent pe *principiile de securitate în cloud computing,* temă de interes pentru potențialul partener SC Centrul de Calcul SA Tg. Jiu.

Vom prezenta în această secțiune câteva dintre recomandările făcute în a doua jumătate a anului 2016, de Guvernul Marii Britanii (prin Centrul Național pentru Securitate Cibernetică) în legătură cu analiza și implementarea securității în cloud. Aceste recomandări sunt de luat în considerare atunci când informații oficiale urmează a fi stocate în infrastructuri bazate pe cloud sau furnizate via servicii de tip cloud.

Aceste principii sunt enunțate succint în lista următoare:

1. **Protecția datelor în tranzit**. Importanța acestui principiu derivă din consecințele pe care le poate avea un atac efectuat asupra acestora țintind obiective majore de securitate precum confidențialitate sau integritate. Pentru a asigura protecția datelor în tranzit, proprietarul unei infrastructuri de tip cloud va implementa măsuri complementare bazate pe criptografie și securitatea rețelei de comunicație.

2. **Protecția informațiilor și mecanisme de recuperare a acestora**. Atacuri potențial reușite împotriva informațiilor consumatorilor pot conduce la complicații juridice și economice majore pentru proprietarii infrastructurilor de tip cloud. Prin urmare, sunt necesare să fie puse în acțiune atât mecanisme de protecție cât și mecanisme de recuperare a informațiilor. Acestea trebuie să acopere protecția informațiilor la nivel fizic.

3. **Separarea consumatorilor**. Conceptul din spatele acestui principiu declară faptul că activitățile și informațiile unui consumator trebuie să fie perimetrate clar de cele

ale unui alt consumator. În această manieră, compromiterea sau existența unor vulnerabilități asociate unui consumator nu vor avea impact asupra celorlalți. Perimetrând fiecare consumator, infrastructura și serviciile de tip cloud capătă o robustețe mai mare.

4. **Cadrul general de guvernanță**. Maturitatea unei infrastructurii de tip cloud și a serviciilor asociate este dată de cadrul general de guvernanță. În ceea ce privește chestiunea securității, lucrurile nu stau cu nimic diferit. Pentru un proprietar al unei infrastructuri de tip cloud, devine necesară crearea, impunerea și utilizarea unui cadru de guvernanță care să abordeze sistemic și să coordoneze toate activitățile, persoanele, mecanismele și controalele ce au legătură cu securitatea serviciilor și a informațiilor.

5. **Securitatea operațională**. Alături de cadrul de guvernanță a securității, un operator sau proprietar de infrastructură de tip cloud (și servicii conexe) trebuie să pună în aplicare proceduri și protocoale care să asigure buna funcționare a acestora. Existența și aplicarea acestor măsuri operaționale garantează o adaptare rapidă la schimbări și situații de criză generate de agresiuni la adresa serviciilor și infrastructurii în timpul funcționării. Lipsa acestora poate crea întreruperi ale serviciilor oferite clienților și ineficiență în gestionarea atacurilor de securitate.

6. **Securitatea personalului**. Personalul implicat în concepția, planificarea, gestiunea, implementarea și operarea unei infrastructuri de tip cloud și a serviciilor asociate reprezintă elementul esențial. Educația continuă a personalului va viza familiarizarea acestuia cu cele mai noi chestiuni de securitate informatică și operațională pentru a asigura o cultură internă a securității. Adițional, personalul implicat va fi monitorizat (auditat) de responsabili interni și/sau externi pentru a evita „defectarea” voluntară sau involuntară a acestora.

7. **Dezvoltarea serviciilor ținând cont de securitate**. Obiectivele de securitate informatică (privite cel mai adesea ca cerințe opționale și non-funcționale) trebuie să fie prezente de la bun început în concepția și dezvoltarea serviciilor de tip cloud. Prezența și includerea acestora în procesele de dezvoltare software (sau de integrare hardware-software) pot atenua și identifica vulnerabilitățile potențiale sau deja existenta în versiuni precedente ale acestor servicii de tip cloud.

8. **Asigurarea securității în lanțul de aprovizionare**. Este un principiu important dacă ne amintim o definiție a securității frecvent utilizată: „securitatea este la fel de puternică ca cea mai slabă verigă din lanț”. Operatorii unei infrastructuri, plus a serviciilor de tip cloud sunt adesea integratori de soluții de securitate. Atunci când operatorii nu impun verificări/controale stricte și în mod continuu asupra securității soluțiilor folosite, vor exista inevitabil riscuri de securitate asociate.

9. **Gestiunea securizată a consumatorilor**. Abonații unor servicii sau a unei infrastructuri de tip cloud trebuie să fie înzestrați de operatorii acestora cu instrumente suplimentare de securitate. Aceste instrumente le vor permite abonaților să își protejeze atât informațiile cât și utilizarea serviciilor de tip cloud. Absența acestora pe de altă parte, poate conduce la situații incerte în care utilizatori pot accesa în mod neautorizat informații și servicii ale abonaților.

10. **Identificarea și autentificarea utilizatorilor**. Accesul la infrastructura și serviciile de tip cloud trebuie să fie posibil doar după o etapă de identificare și autentificare a utilizatorilor. Impunerea acestui principiu va îngreuna considerabil accesul neautorizat al agresorilor, furtul și modificarea informațiilor de către aceștia, respectiv apariția atacurilor de tip negarea serviciului (în eng. *denial of service*).

11. **Protejarea interfețelor către exterior**. Acest principiu este important fiindcă ia în analiză interfața cu exteriorul a infrastructurii și a serviciilor de tip cloud. Accesul utilizatorilor legitimi este guvernat de principiul precedent din listă, însă multe dintre servicii nu pot fi disponibile doar în anumite locații, rețele private sau dispozitive astfel încât să fie reduse scenariile de atac posibile. Pentru serviciile disponibile în Internet, există risc major de interacțiune cu potențiali agresori. Suplimentar dacă aceste interfețe sunt dedicate managementului la distanță, aceste interfețe trebuie concepute și implementate cu obiectivul de a fi robuste în fața atacurilor.

12. **Administrarea protejată a serviciilor**. Metodele folosite de furnizorul de servicii în cloud pentru operarea acestor servicii trebuie să fie proiectate astfel încât să reziste unor potențiale riscuri de exploatare. Implementarea acestui principiu este importantă fiindcă un agresor extern poate manipula și compromite aceste metode de operare conducând astfel și la compromiterea serviciilor operate.

13. **Furnizarea informațiilor de auditare către abonați**. Informații care monitorizează utilizarea serviciilor de către abonați trebuie să fie puse la dispoziția abonaților. În felul acesta, abonații pot face o analiză a acestor date și pot deduce dacă activități ilegitime au avut loc asupra propriilor resurse/servicii. Informațiile de tip audit permit o reacție în timp util a abonaților. Mai mult, o astfel de analiză poate permite optimizări ale serviciilor sugerate de abonați.

14. **Utilizarea protejată a serviciilor de către abonați**. Operatorii de servicii vor aduce la cunoștința abonaților care le sunt obligațiile și care sunt procedurile care permit utilizarea în siguranță a acestor servicii în cloud. Respectarea acestora este o responsabilitate pe care abonații trebuie să o achite. Neimplementarea sau ignorarea de către abonați a acestui principiu poate determina vulnerabilități majore în sistem.

## **II. Domeniul Sisteme automate, Subdomeniile:** Sisteme embedded și Proiectare asistată pentru sisteme de conducere

Atingerea obiectivului TISIPRO se va concretiza prin obținerea unor instrumente software aplicabile direct în mediul industrial specific. În etapa curentă a fost dezvoltată următoarea direcție majoră a portofoliului de competențe și expertize, în concordanță cu solicitările firmelor partenere:

*- Analiza vibrațiilor și soluții de detectare a defectelor*

Problema analizei vibrațiilor și a proiectării, inclusiv prin mijloace software, a unor soluții de detectare a defectelor specifice, este de interes pentru potențiali parteneri, cum ar fi de exemplu, SC Vonrep SRL Tg. Jiu și SC Reloc SA Craiova.

A fost abordată problema vibrațiilor existente în rulmenți utilizați pe scară largă în industrie. Un rulment cu element de rostogolire are din construcție spații foarte mici care nu permit o mișcare semnificativă a axului față de rulment. Forțele ce acționează asupra axului sunt transferate prin intermediul elementelor de rostogolire (bile) către carcasa exterioară a rulmentului și apoi, în cele din urmă, casetei rulmentului. O caracteristică clasică a rulmenților cu element de rostogolire este generarea unor vibrații cu frecvențe specifice bazate pe geometria rulmentului, numărul de elemente de rostogolire și viteza cu care rulmentul se rostogolește. Un rulment trece prin trei faze de defecțiune: pre defecțiunea, defecțiunea, și faza aproape catastrofic/catastrofic. În fiecare etapă se emit vibrații specifice care cer tehnici de diagnosticare/monitorizare specifice.

*Etapa de pre defecțiune*. În timpul acestei etape rulmentul este în faza de început a defecțiunii. Rulmentul are crăpături fine sau defecte microscopice care în mod normal nu sunt vizibile ochiului uman.

*Etapa defecțiunii*. În timpul acestei etape la rulment apar crăpături care sunt vizibile ochiului uman. În această fază rulmentul produce sunete auzibile, iar temperatura crește.

*Etapa aproape catastrofic/catastrofic*. Rulmentul intră în această fază și este iminentă distrugerea sa. Zgomotele auzibile produse de rulment cresc, iar temperatura rulmentului crește semnificativ până la supra-încălzire. Uzura rapidă cauzează creșterea crăpăturilor din rulment și o mișcare relativă a axului față de rulment.

În etapa curentă a fost prezentată o *metodă de calcul al frecvențelor de lucru pentru un rulment cu element de rostogolire.* Calculul acestor frecvențe este esențial, deoarece se întâmplă frecvent ca orice defect al unui element să genereze rapid defecte ale altor elemente, deci cunoașterea existenței și modul de evoluție a unui defect poate duce la evitarea unor probleme.

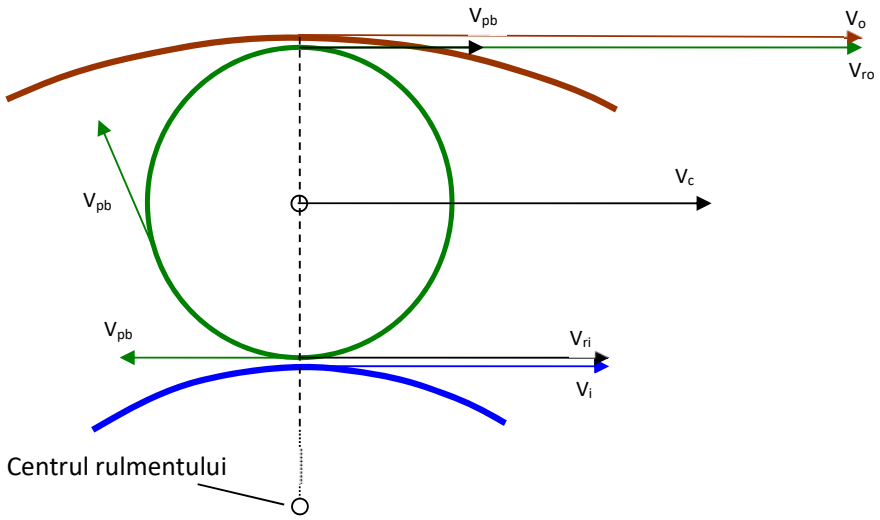



**Fig. 1.** Configurația vitezelor în diferite puncte ale unui rulment

Folosind geometria de bază a unui rulment, pot fi determinate frecvențele fundamentale generate de aceste defecțiuni. Elementele de rostogolire (bilele) trec printr-un canal pe carcasa exterioară sau interioară generând frecvențele exterioare sau interioare. Aceste frecvențe pot fi deduse din geometria rulmentului presupunând că nu există alunecare sau modificare dimensională cu încărcarea. Au fost prezentate o parte din frecvențele de bază ale rulmenților cu element de rostogolire considerând că ambele curse (carcase) se rotesc. În cazul unui rulment ideal la care deplasarea bilei datorită frecării este nulă, viteza liniară a unui punct de pe suprafața exterioară a unei bile este egală cu viteza liniară a punctului de pe carcasa cu care bila este în contact. În Fig. 1 sunt prezentate vitezele în cele mai semnificative puncte de pe rulment.

Vibrațiile produse de mașinile ce au rulmenți cu element de rostogolire se pot împărți în trei zone de frecvență:

*1. Zona vibrațiilor rotorului*, unde vibrațiile asociate rotorului se întâlnesc în domeniul de la 1/4 până la de trei ori viteza de rotație a axului. Multe defecte ale rulmentului cu element de rostogolire sunt rezultatul direct al defecțiunilor asociate rotorului (dezechilibru, nealiniere sau instabilitatea rotorului). Trebuie menționat aici că în zona vibrațiilor rotorului nu intră exclusiv numai vibrațiile asociate rotorului. În această zonă se regăsesc și frecvențe asociate rulmenților. O colivie defectă poate produce componente ale vibrațiilor cu valori sub 1/2 din viteza de rotație a axului.

*2. Zona Prime Spike* este a doua zonă de frecvență a vibrațiilor pentru monitorizarea mașinilor cu rulmenți de rostogolire. Denumirea zonei Prime Spike este un termen folosit de Bentley Nevada Corporation pentru descrierea domeniului de frecvență a vibrațiilor care să cuprindă toate frecvențele rulmentului ce sunt generate atunci când elementele

cursei interioare sau exterioare sunt defecte. Această zonă de frecvență este în mod normal de 1 până la 7 ori frecvența cursei exterioare (1...7EPx). Din defecțiunile rulmenților 90% sunt datorate problemelor asociate cursei exterioare sau cursei interioare, celelalte 10% sunt datorate unor defecțiuni apărute la elementul de rostogolire.

*3. Zona de înaltă frecvență* este a treia zonă și este zona de frecvență înaltă. Această zonă acoperă frecvențe de la aproximativ 5kHz la aproximativ 25kHz. Dacă măsurarea frecvențelor înalte este folosită pentru detectarea defecțiunilor rulmenților, ea trebuie folosită ca un supliment la măsurătorile făcute asupra vibrațiilor din domeniul de frecvență a rotorului și a zonei Prime Spike.

Bazat pe observarea multor rulmenți cu element de rostogolire cele mai multe informații despre problemele apărute la rulmenți se întâlnesc în zona Prime Spike (1-7EPx). Informații despre comportamentul rotorului se găsesc în general în zona cuprinsă între 1/4 și 3 ori viteza de rotație. Semnalele de frecvențe foarte înalte, mai mari de 8EPx, pot conține informații de avertizare precum și alte date privind starea instalației.

Prin prelucrarea frecvențelor fundamentale calculate anterior și prin testarea pe un stand a anumitor tipuri de rulmenți se pot detecta următoarele domenii ale defectelor, conform firmei Digitline (exemplu):

- defect de colivie cu frecvența aproximativă: 0.38X…0.42X

$\Leftrightarrow$ prin calcul $F_{colivie} = 11.81Hz = 0.40X$

- defect de bilă cu frecvența aproximativă: 1.5X…3X

$\Leftrightarrow$ prin calcul $F_{bila} = 75.09Hz = 2.57X$

- defect de inel interior cu frecvența aproximativă: 4X…10X

$\Leftrightarrow$ prin calcul $F_{carcasa_INT} = 138.85Hz = 4.76X$

- defect de inel exterior cu frecvența aproximativă: 2X…7X

$\Leftrightarrow$ prin calcul $F_{carcasa_EXT} = 94.51Hz = 3.23X$

unde $X = \frac{1750}{60} Hz = 29.17Hz$, frecvența de rotație a carcasei (cursei) interioare a rulmentului (exemplu).

Se impune o precizare, în sensul că astfel de domenii de diagnoză pot fi realizate în principal în practică, pe tipuri particulare de rulmenți considerați “buni” și vor fi folosite ca modele de referință pentru determinarea unor grade de uzură în cazul unor rulmenți în exploatare.

## **III. Domeniul: Sisteme automate, Subdomeniul:** Aplicații software pentru sisteme de control și de achiziții de date

În acest portofoliu intermediar a fost prezentată prezintă *tehnica de proiectare a unor algoritmi de conducere adaptivi și robust-adaptivi pentru un proces bioelectrochimic de tratare a apelor reziduale*. Bioprocesul conține un bioreactor cu amestec perfect, utilizat pentru creșterea unei populații de bacterii, cuplat cu un reactor electrochimic, cu întârziere, folosit pentru regenerarea substratului (Fig. 2).

Conducerea automată are drept scop menținerea nivelului de poluare la un nivel impus scăzut. Pentru conducerea acestui bioproces, se prezintă și se analizează un algoritm de control adaptiv precum și un algoritm de control robust-adaptiv proiectat în condițiile (practice) în care concentrațiile poluanților la intrarea în reactor sunt complet necunoscute, dar pentru acestea se cunosc limitele intervalelor între care evoluează.

Schema de control adaptiv se obține prin combinarea unei comenzi liniarizante exacte cu un observer asimptotic de stare utilizat pentru estimarea on-line a stărilor nemăsurabile și cu un estimator al parametrilor utilizat pentru estimarea on-line a reacțiilor incerte sau necunoscute. Structura de control robust-adaptivă se va obține prin combinarea unei comenzi liniarizante exacte cu un observer interval (care va calcula câte o limită inferioară și una superioară între care vor evolua stările nemăsurabile ale procesului) și cu un estimator al parametrilor utilizat pentru estimarea on-line a reacțiilor necunoscute, care va utiliza de asemenea informațiile furnizate de observer-ul interval.

Tehnicile de conducere pot fi utilizate în cadrul aplicațiilor preliminate în parteneriat cu Compania de Apă Oltenia.

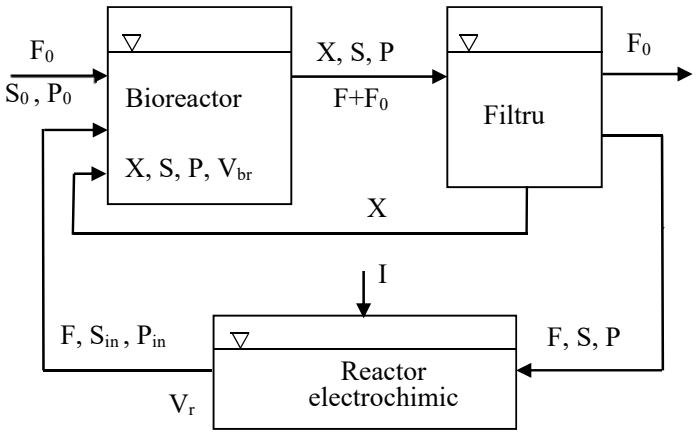



**Fig. 2.** Reprezentarea schematică a procesului bioelectrochimic cu poluant extern

Utilizând ecuațiile de bilanț al masei, modelul este descris prin ecuațiile diferențiale:

$$\begin{aligned}
&\dot{X}(t) = \mu(S)X(t) - \big(D(t) + D_0(t)\big)X(t) - k_d X(t),\\
&\dot{S}(t) = -\frac{1}{Y_{SX}}\mu(S)X(t) + D(t)(S(t-\tau) + rP(t-\tau)) + D_0(t)S_0(t) - \big(D(t) + D_0(t)\big)S(t), \quad (1)\\
&\dot{P}(t) = (1/Y_{SX})\,\mu(S)X(t) + D(t)(1-r)P(t-\tau) + D_0(t)P_0(t) - \big(D(t) + D_0(t)\big)P(t).
\end{aligned}$$

unde $X$, $S$ și $P$ sunt respectiv concentrația biomasei, a substratului și a produsului, $D(t) = F(t)/V_{br}(t)$ este viteza de diluție, $F$ este debitul de recirculare, $V_{br}$ este volumul bireactorului, $Y_{SX}$ este coeficientul de producție considerat constant, $\mu(S)$ este viteza specifică de creștere, $k_d$ este viteza de deces a biomasei, iar $r = \big(P(t-\tau) - P_{in}(t)\big)/P(t-\tau)$ este viteza de regenerare a substratului.

Obiectivul controlului constă în obținerea unei cantități de biomasă cât mai mare cu o stare fiziologică dorită. Procesul de producere a biomasei necesită reglarea concentrației $S$ a substratului din bioreactor la o valoare $S^*$ care să corespundă unei viteze specifice dorite de creștere a biomasei, acționând asupra concentrației $S_{in}(t)$ a substratului de alimentare. Pentru controlul acestui proces este mult mai eficient a utiliza drept mărime de comandă debitul $F$, respectiv viteza de diluție $D$, variabila controlată fiind concentrația $S$ a substratului din interiorul bireactorului.

Pentru dezvoltarea schemelor de conducere au fost proiectate într-o primă etapă ***observere asimptotice și observere interval pentru estimarea stării***.

Spre exemplificare, observerul interval robust pentru estimarea stărilor necunoscute capabil să prelucreze și incertitudinile din variabilele de intrare, parametrii modelului etc., este prezentat în ecuațiile următoare:

$$\begin{aligned}
(IO^+) &= \begin{cases}
\dot{\hat{w}}^+(t) = W(t)\hat{w}^+(t) + Z(t)\zeta_1(t) + Mv^+(t)\\
\hat{w}(0)^+ = Nx(0)^+,\\
\hat{\zeta}_2^+(t) = N_2^{-1}(\hat{w}^+(t) - N_1\zeta_1(t)),
\end{cases}\\
(IO^-) &= \begin{cases}
\dot{\hat{w}}^-(t) = W(t)\hat{w}^-(t) + Z(t)\zeta_1(t) + Mv^-(t)\\
\hat{w}(0)^- = Nx(0)^-,\\
\hat{\zeta}_2^-(t) = N_2^{-1}(\hat{w}^-(t) - N_1\zeta_1(t)),
\end{cases}
\end{aligned} \qquad (2)$$

Observerele interval funcționează ca o pereche de două observere: un observer superior, care furnizează o margine superioară a vectorului de stare și un observer inferior, care furnizează o margine inferioară a vectorului de stare, sau altfel spus furnizează un interval în care va evolua vectorul de stare.

***Strategiile de control*** dezvoltate au fost următoarele:

*1. Comanda liniarizantă exactă*. Reprezintă cazul ideal în care modelul procesului este complet cunoscut, iar comanda se calculează prin liniarizare exactă intrare-ieșire. Se utilizează pentru proiectarea algoritmilor adaptivi și robust-adaptivi.

*2. Controlul adaptiv.* Atunci când cineticele procesului sunt incomplet cunoscute și variabile în timp, iar anumite variabile de stare nu sunt accesibile, este propus un *controller adaptiv* se obține prin combinarea ecuațiilor unui observer asimptotic și ale unui estimator al cineticilor cu legea de comandă liniarizantă exactă (Fig. 3).

*3. Strategie de control robust-adaptiv.* A fost dezvoltată în condiții mult mai realiste: concentrații de intrare nemăsurabile, dar cu margini cunoscute, viteze de reacție necunoscute etc. Algoritmul robust-adaptiv utilizează o comandă liniarizantă exactă cuplată cu un observer interval pentru stări și cu un estimator al vitezei specifice (Fig. 4).

Performanțele strategiilor de conducere au fost analizate prin simulări intensive. De exemplu, în Fig. 5, 6 sunt prezentate unele rezultate pentru cazul controllerului robust adaptiv, în condiții de incertitudini, perturbații parametrice și măsurători corupte cu zgomote. Sistemul în circuit închis are o comportare bună, foarte apropiată de cea a sistemului în circuit închis din cazul ideal, când se utilizează comanda liniarizantă exactă.

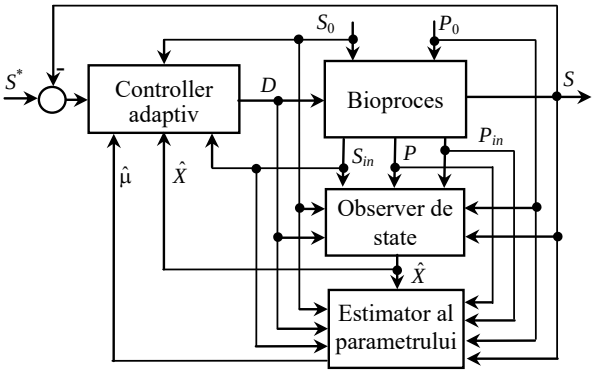



**Fig. 3.** Structura sistemului adaptiv

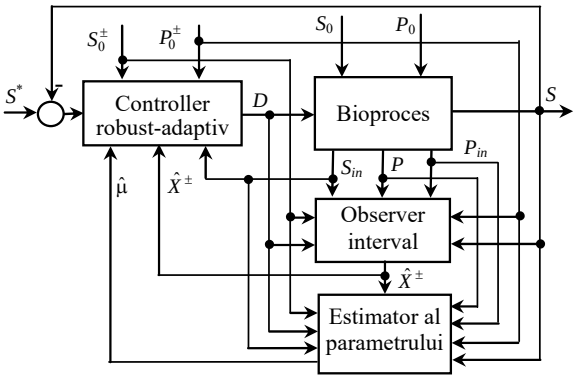



**Fig. 4.** Structura sistemului robust-adaptiv

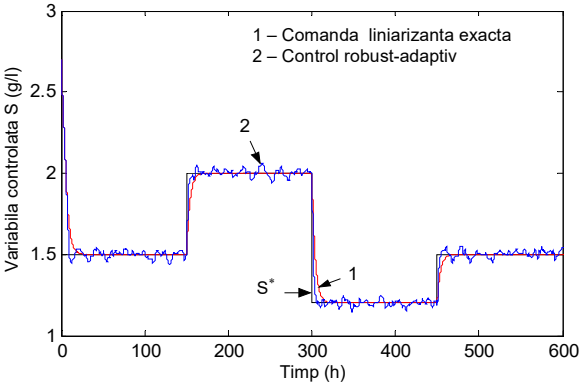



**Fig. 5.** Evoluția în timp a ieșirii *S*

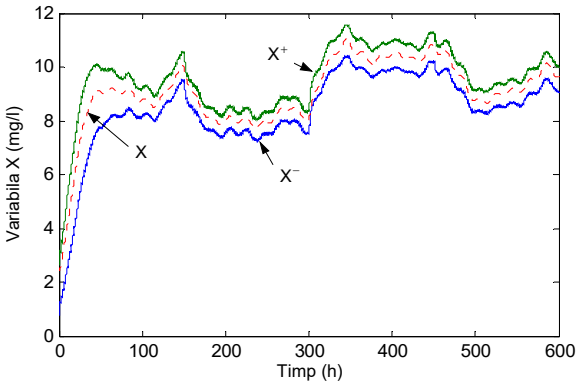



**Fig. 6.** Estimările stării - observerul interval

## IV. Domeniul Software aplicativ pentru Ingineria electrică, **Subdomeniile:** Sisteme de acționare, Energetică și Proiectare asistată de calculator

Obiectivul TISIPRO este *creșterea interacțiunii Universității din Craiova cu mediul industrial,* bazată pe facilitarea accesului întreprinderilor la expertiza științifică și infrastructura de cercetare a Universității din Craiova, în scopul transferării rezultatelor de cercetare către întreprinderile industriale. Atingerea acestui obiectiv se va concretiza prin obținerea unor instrumente software specifice pentru Ingineria electrică, cu posibile aplicații contractuale la SC Indaeltrac SRL Craiova, SC Reloc SA Craiova.

Direcția majoră din această etapă este centrată pe ***controlul mașinilor asincrone de mare putere***. Datorită avantajelor constructive, prețului, fiabilității și costurilor reduse de exploatare, mașinile asincrone sunt utilizate tot mai frecvent în aplicații industriale.

În ceea ce privește sursa de alimentare, soluțiile care s-au impus sunt invertoarele cu modulație în durată cu două niveluri la puteri medii și mari, respectiv invertoarele multinivel (cel mai frecvent cu trei niveluri) la puteri foarte mari.

În ceea ce privește controlul, s-au impus două strategii: comanda vectorială sau cu orientare după câmp, respectiv controlul direct al cuplului (Direct Torque Control).

În această etapă a fost abordată *comanda vectorială a mașinii asincrone*, cu cele trei tipuri de comandă din punct de vedere teoretic: cu orientare după fluxul statoric, orientare după fluxul rotoric și orientare după fluxul de magnetizare sau rezultant. În practică, aproape totalitatea aplicațiilor se bazează pe comanda vectorială cu orientare după fluxul rotoric.

Toate tipurile de comenzi se bazează pe obținerea valorilor prescrise ale componentelor activă și reactivă ale curentului statoric, precum și a pulsației de alunecare prin prelucrarea ecuațiilor de tensiuni statorice și rotorice exprimate în sistemul de referință solidar cu fluxul după care se face orientarea (statoric, rotoric sau de magnetizare). Cea mai simplă cale de particularizare a ecuațiilor de tensiuni pentru unul din referențiale este utilizând expresiile fazoriale ale celor două ecuații obținute pentru un sistem general de coordonate, care se rotește cu o viteză oarecare $\omega_g$.

Au fost abordate detaliat următoarele concepte:

- Modelul fazorial al mașinii asincrone în sisteme de coordonate proprii
- Modelul fazorial într-un sistem general de coordonate
- Comanda vectorială a motorului asincron cu orientare după fluxul statoric

Comanda vectorială a motorului asincron cu orientare după fluxul statoric a fost utilizată pentru două cazuri distincte:

- *Comanda vectorială cu orientare după fluxul statoric pentru motorul asincron alimentat de la invertor de tensiune*
- *Comanda vectorială cu orientare după fluxul statoric pentru motorul asincron alimentat de la invertor sursă de curent*

În prima situație, pentru obținerea schemelor de comandă vectorială a motorului asincron, cu orientare după fluxul statoric, în cazul alimentarii de la invertor cu caracter de sursă de tensiune (la puteri relativ mari, când nu este posibilă realizarea unor bucle rapide de curent pentru controlul curenților statorici), este necesară, din aceleași considerente ca și în cazul comenzii cu orientare după fluxul rotoric, considerarea ecuațiilor de tensiuni statorice.

Au fost dezvoltate și prezentate:

- Ecuațiile de tensiuni statorice în sistemul de referință solidar cu fluxul statoric; circuite de decuplare;
- Ecuațiile de tensiuni rotorice în sistemul de referință solidar cu fluxul statoric; modelul fluxului;
- Sistemul de reglare a vitezei motorului asincron, cu orientare după fluxul statoric, pentru invertor de tensiune (Fig. 7).

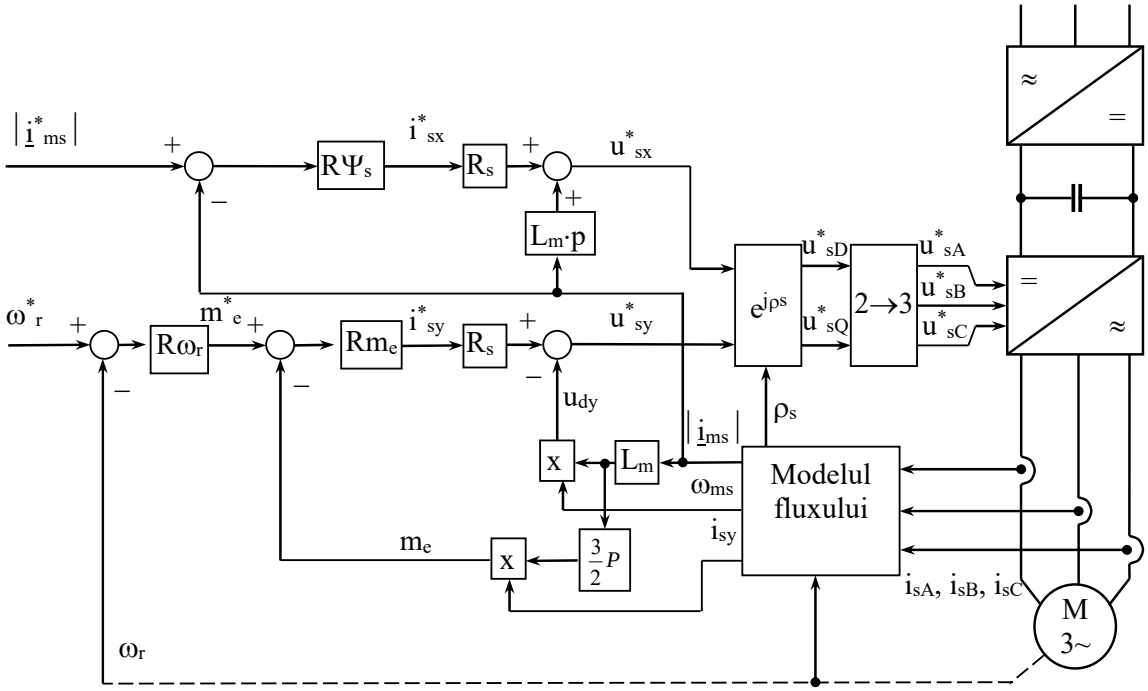



**Fig. 7.** Sistem de reglare a vitezei motorului asincron cu orientare după fluxul statoric, cu reacție după $i_{sx}$, $i_{sy}$

Schema de reglare, deși utilizează reacții după curentul de magnetizare statoric și cuplu, este sensibil mai simplă decât cea similară în cazul orientării după fluxul rotoric, cu excepția modelului fluxului.

Semnalul de reacție pentru curentul de magnetizare statoric se obține din modelul fluxului, iar cel pentru cuplu pe baza expresiei în care mărimile de calcul sunt cele "măsurate" (obținute de asemenea din modelul fluxului).

În cel de-al doilea caz a fost dezvoltată o schemă de reglare pe baza comenzii vectoriale cu orientare după fluxul statoric pentru motorul asincron alimentat de la invertor sursă de curent. În acest caz, ca și în cazul comenzii cu orientare după fluxul rotoric, nu mai este necesară considerarea ecuațiilor de tensiuni statorice, ci doar a celor rotorice, scrise, evident, în sistemul solidar cu fazorul fluxului statoric.

Pe aceasta bază se poate obține schema de reglare vectorială a motorului asincron, cu orientare după fluxul statoric, în cazul alimentarii de la invertor sursă de curent, prezentată în Fig. 8. Componenta activă a curentului statoric, $i^*_{sy}$, se obține simplu, ca ieșire a regulatorului de cuplu. Componenta reactivă, $i^*_{sx}$, se obține ca sumă dintre ieșirea regulatorului de flux și componenta de decuplare. Mărimile de reacție sunt obținute din modelul fluxului, același cu cel utilizat și în schema anterioară.

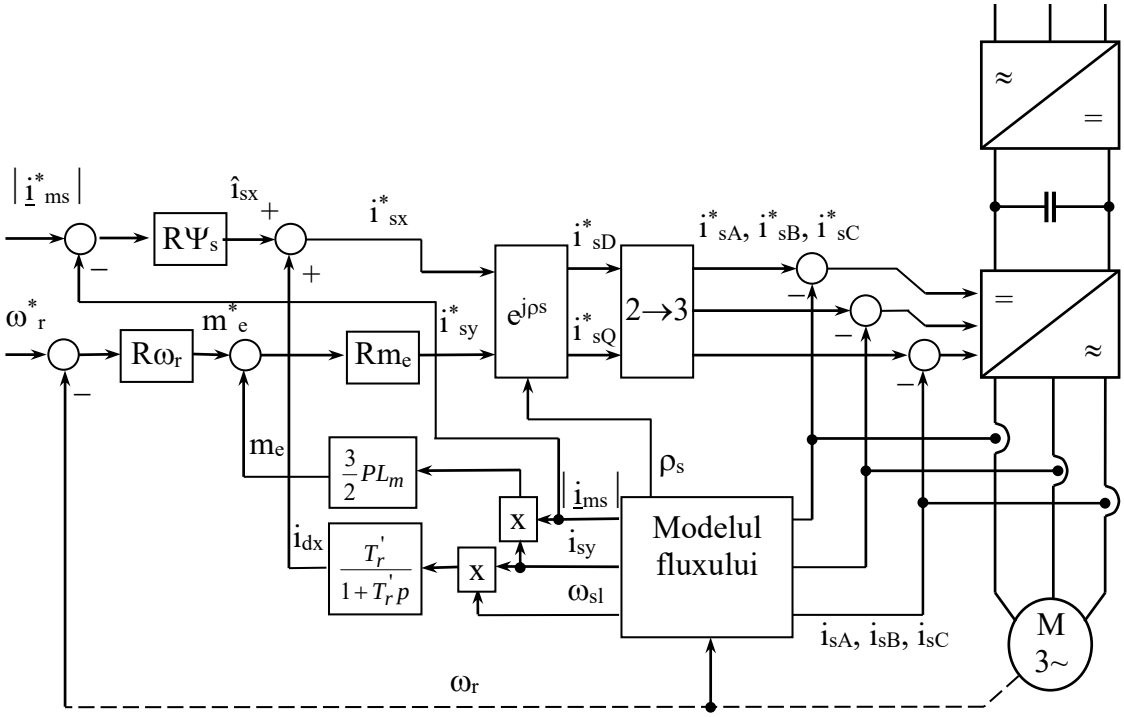



**Fig. 8.** Sistem de reglare a vitezei motorului asincron, cu orientare după fluxul statoric, pentru invertor cu caracter de sursă de curent

## V. Domeniul Sisteme automate, Subdomeniul Robotică și Mecatronică

Creșterea performanțelor și asigurarea competitivității presupune automatizare, robotizare, informatizare, utilizarea unor sisteme flexibile de fabricație. În această etapă au fost abordate ***soluțiile automate/informatizate de monitorizare, control şi achiziții de date pentru sisteme flexibile de fabricație***.

SCADA este prescurtarea pentru Monitorizare, Control şi Achiziţii de Date (Supervisory Control And Data Acquisition). Termenul se referă la un sistem amplu de măsură şi control. Prin termenul SCADA se înţelege de obicei un centru de comandă care monitorizeaza şi controlează un întreg spaţiu de producţie. Cea mai mare parte a operaţiunilor se execută automat de către unitati terminale comandate de la distanţă (Remote Terminal Unit) sau de către automate programabile (AP sau PLC – Programmable Logic Controller). Funcţiile de control ale centrului de comandă sunt de cele mai multe ori restrânse la funcţii decizionale sau funcţii de administrare generală.

Dezvoltarea AP/PLC-urilor și a elementelor sistemelor SCADA a condus la posibilitatea de a realiza sisteme flexibile de fabricație automate, care permit flexibilitate și precizie, cât și monitorizarea procesului. Luând în considerare performanțele oferite de PLC-uri, s-au studiat și realizat mai multe sisteme de conducere descentralizate în formulă Master-Slave, de tip SCADA. Se poate afirma că industria AP/PLC s-a dezvoltat pe trei direcții: mini/microautomate, automate compacte și echipament distribuit. În prezent se manifestă tendința de a combina structurile adaptate și fiabile ale AP/PLC cu capacitățile software ale PC-urilor. Cea mai favorabilă implementare a sistemelor de măsură pentru monitorizarea și controlul parametrilor electrici și/sau neelectrici din cadrul proceselor, în vederea reglării acestora sau pentru furnizarea informațiilor unor sisteme SCADA, este pe structură modulară:

- o componentă de achiziții de date din proces;
- o componentă de reglare, de control a parametrilor din proces.

Componenta de achiziții de date poate lucra la viteze foarte mari și poate să utilizeze atât traductoare clasice cu ieșiri analogice cât și traductoare de ultimă generație cu ieșiri seriale. Pentru transmisie se pot folosi protocoalele ASCII, ModBus, ArcNet, CANopen, DeviceNet, ProfiBus, Ethernet etc.

În această etapă au fost abordate următoarele direcții:

*- Prezentarea sistemelor SCADA;*

*- Soluţii SCADA de control şi monitorizare pentru sisteme flexibile de fabricaţie.*

În cadrul primei direcții a fost realizată o prezentare exhaustivă a sistemelor SCADA:

- Conducerea şi monitorizarea proceselor cu sisteme SCADA

SCADA reprezintă tehnologia care permite unui utilizator să colecteze date de la unul sau mai multe elemente/instalații/procese aflate la o anumită distanță și să trimită instrucțiuni de control/comenzi către aceste elemente/instalații/procese.

- Elementele unui sistem SCADA

Cele trei componente principale ale sistemului SCADA (Fig. 9) sunt:

- Stația master MTU (Master Terminal Unit) și unitatea HMI (Human-Machine Interface).
- Mai multe unități „slave” RTU (Remote Terminal Unit) (Fig. 10).
- Infrastructura de comunicație (Protocoalele SCADA de bază: Modbus, RP-570, Conitel; Protocoalele standard: IEC 60870-5-101 sau 104, Profibus și DNP3).

Deși sistemele SCADA limitează controlul care poate fi exercitat de către MTU, ele totuși permit controlul. Partea “supervizoare” a SCADA și comunicația limitată sau intermitentă dintre unitatea MTU și unitățile RTU disting SCADA de alte sisteme de control precum DCS (Distributed Control System). Se preconizează că sistemele SCADA viitoare vor avea conexiune continuă de bandă largă între MTU și RTU. În acest caz se preconizează că sistemul nu va fi un sistem SCADA, ci va fi un DCS foarte mare.

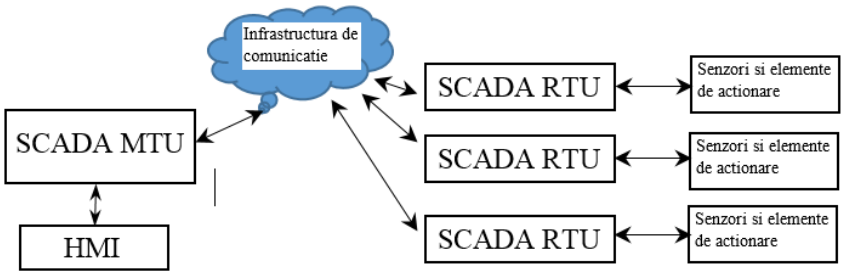



**Fig. 9.** Elementele unui sistem SCADA

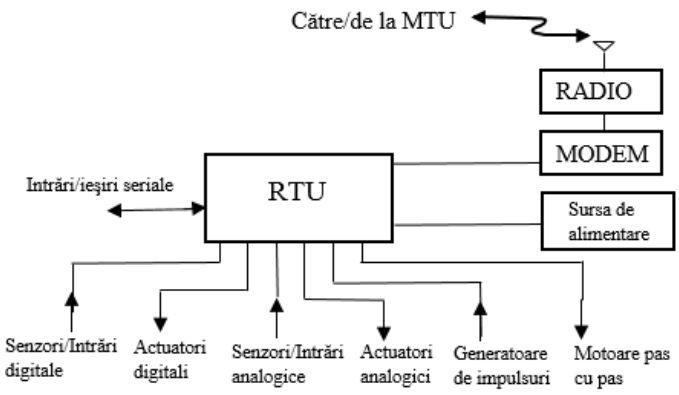



**Fig. 10.** O unitate RTU (Remote Terminal Unit)

*Soluţii SCADA de control şi monitorizare pentru sisteme flexibile de fabricaţie.* Au fost prezentate soluții SCADA tipice furnizate de Omron, precum și un sistem SCADA pentru un sistem flexibil de fabricaţie.

CX-Programmer și CX-Supervisor reprezintă nucleul unei aplicații SCADA, folosind echipamente Omron. Datorită interoperabilității dintre cele două programe, aplicațiile sunt ușor de dezvoltat, conexiunile, atât între dispozitive cât și între programe sunt gestionate automat de componenta CX-Server. Partea de interfață a aplicației SCADA este creată în CX-Supervisor, iar baza de date este de asemenea inclusă în CX-Supervisor.

Pentru două sisteme distincte din propriul laborator s-a dezvoltat un sistem SCADA format dintr-un calculator pe care a rulat interfața operator dezvoltată și două automate programabile Omron CP1L-E cu rol de RTU. Cele două AP-uri conduc două procese mecatronice (Fig. 11) ce pot face parte dintr-un SFF. Cu ajutorul software-ului CX-Supervisor a fost dezvoltată o interfață operator pentru ambele sisteme mecatronice (Fig. 12). Pe lângă partea de monitorizare, cu ajutorul interfeței se pot controla procesele, gestiona alarmele și se pot achiziționa date în timp real despre procesul condus.



**Fig. 11**. Procese mecatronice

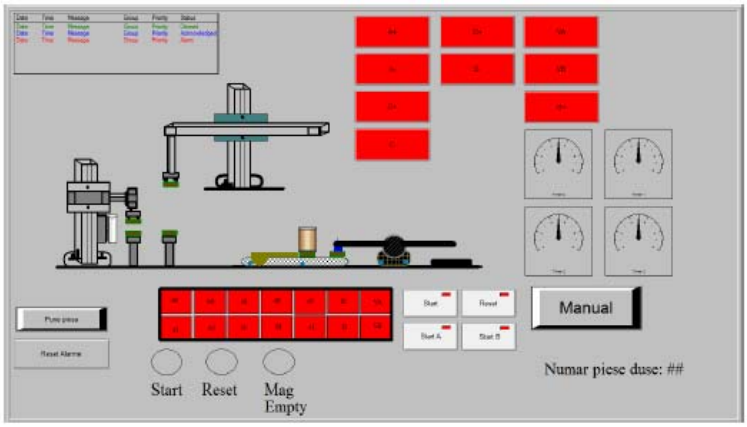



**Fig. 12.** Interfața operator pentru aplicația dezvoltată