





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: 01.09.2017-30.11.2017

- 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)

În acest domeniu a fost abordată următoarea subdirecție a portofoliului de competențe și expertize, în concordanță cu solicitările firmelor (de exemplu, SC Centrul de Calcul SA Tg. Jiu), formulate în cadrul întâlnirilor desfășurate în proiect:

- *Proiectarea unor infrastructuri de securitate și a serviciilor: Autentificarea utilizatorilor*

Această subdirecție este importantă pentru asigurarea securității multi-nivel în cadrul DCS-urilor (Distributed Control Systems) vizate de proiect.

Între mecanismele de securitate prezente și impuse în proximitatea resurselor ce se doresc a fi protejate, un concept important îl reprezintă definirea unui perimetru de securitate. Istoric vorbind acest concept simplifică două obiective majore: în primul rând, acest concept este similar ridicării unui zid de protecție împotriva potențialilor agresori din exterior, iar în al doilea rând, conceptul își propune păstrarea în captivitate a unor entități bine definite.

Chestiunea ***autentificării*** este importantă pentru multe domenii de activitate umană. În domeniul calculatoarelor și a tehnologiilor informatice autentificarea utilizatorilor devine bază pentru alte mecanisme de securitate care vin în aval. Vorbim în acest context, despre mecanismul de control al accesului, respectiv despre mecanismele de trasabilitate și responsabilitate a utilizatorilor asupra propriilor acțiuni în interiorul unui perimetru de securitate. Într-un spectru mai larg, autentificarea are legătură și cu drepturile/credențialele asociate unui utilizator (mecanismul de autorizare). Procesul de autentificare a unui utilizator presupune întotdeauna doi pași:

1. Etapa de identificare: presupune că utilizatorul va înainta un identificator către sistemul informatic. Asupra identificatorilor folosiți vor fi luate măsuri de precauție ținându-se cont de faptul că acești identificatori sunt folosiți în aval în cadrul altor mecanisme de securitate (autorizare, controlul accesului, trasabilitate, responsabilitate/contabilitate, etc.);
2. Etapa de validare: presupune verificarea identității pretinse de către utilizator și confirmarea/infirmarea legăturii dintre credențialul de identificare și posesorul legitim al acestuia.

În ceea ce privește mijloacele de autentificare ale identității utilizatorilor, literatura de specialitate specifică trei categorii distincte care se bazează pe:

1. Factori de cunoaștere;
2. Factori de posesie;
3. Factori inerenți/intrinseci.

Aceste trei categorii apar alteori descriși sub forma a patru categorii distincte datorită faptului că factorii intrinseci utilizatorilor (cei ce țin de biometrie) pot fi sparți în două categorii (caracteristici statice, respectiv dinamice).

În portofoliu au fost prezentate concepte utile pentru întreprinderi, care pot fi implementate în cadrul viitoarelor contracte subsidiare:

- **Autentificarea bazată pe parolă**

Este mecanismul de autentificare cel mai des întâlnit în scenariile informatice cu care interacționăm cotidian (sisteme de operare multi-utilizator, platforme web, etc.). Fiind atât de folosit putem spune că este un mecanism care a depășit proba timpului și a dovedit că funcționează, însă probleme sale inerente sunt multiple, iar vulnerabilitățile de care este susceptibil nu îl (mai) recomandă pentru scenarii critice. Este de asemenea, relativ simplu de implementat nenecesitând încorporarea unor funcționalități suplimentare (cum este cazul celor care folosesc factori de posesie), respectiv dispozitive suplimentare de achiziție și prelucrare ale unor caracteristici biometrice.

- **Politici de securitate a parolelor recomandate**

Au fost enumerate câteva recomandări practice care vizează mecanismele de autentificare bazate pe nume de utilizator și parolă.

- **Autentificarea bazată pe factori de posesie**

În domeniul tehnologiilor informatice, factorii de posesie cei mai des întâlniți sunt:

  - Cardurile de memorie,
  - Cardurile inteligente

Deosebirea majoră dintre cele două constă în faptul că toate cardurile de memorie pot doar stoca date, dar nu le pot prelucra. Cel mai cunoscut card de memorie este cardul magnetic. Cardurile inteligente pe de altă parte au și capacitatea de a prelucra date. În plus, acestea au interfețe de comunicație cu contact sau fără contact fizic. Ele pot fi clasificate în funcție de:

- Caracteristicile fizice
- Interfața de comunicație cu exteriorul
- Protocolul de autentificare

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

A fost dezvoltată următoarea direcție majoră a portofoliului de competențe și expertize, în concordanță cu solicitările firmelor partenere:

- *Soluții software pentru sisteme embedded – proiectarea bazată pe model*

Proiectarea bazată pe model (MBD, Model-Based Design) este o metodă vizuală bazată pe modelarea matematică pentru proiectarea sistemelor de control complexe și este utilizată cu succes în multe aplicații de control, industriale, aerospațiale și auto.

Acesta oferă o metodologie eficientă care include patru elemente cheie în procesul de dezvoltare:

- modelarea unei instalații (pornind de la principii de funcționare sau prin identificarea sistemului),
- sintetizarea și analizarea unui controler al instalației,
- simularea simultană a instalației și a controlerului și
- programarea / implementarea controlerului.

Design-ul bazat pe modele integrează toate aceste faze multiple și oferă un cadru comun pentru comunicare pe parcursul întregului proces de proiectare.

Modelul bazat pe paradigma de proiectare este semnificativ diferit de metodologia de proiectare tradițională. În loc să utilizeze structuri complexe și un cod extensiv de software, proiectanții pot formula caracteristici funcționale avansate prin utilizarea blocurilor de calcul computerizate cu durată continuă și discretă. Aceste modele și instrumentele asociate de asistență pentru simulare pot oferi prototipuri rapide, verificări funcționale virtuale și testarea software-ului și validarea hardware / software-ului.

Concepția și etapele MBD sunt prezentate în Fig. 1.

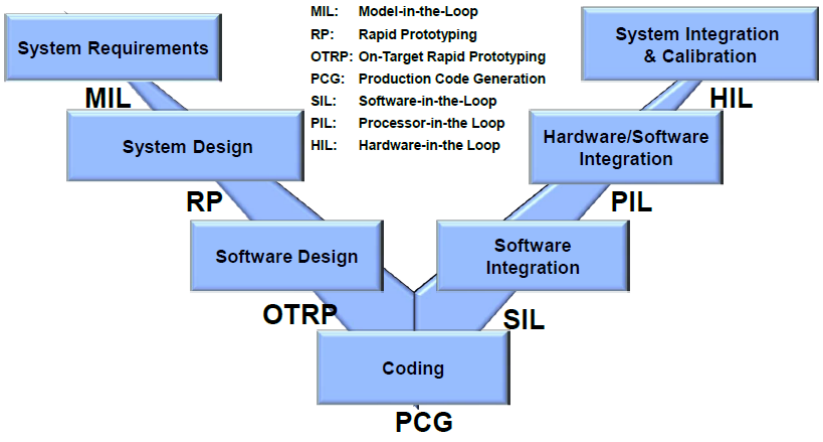


Fig. 1. Etapele MBD

Pe parcursul diferitelor etape ale designului bazat pe modele, sunt necesare mai multe nivele de modelare, atât din punct de vedere al instalațiilor, cât și din punctul de vedere al controlului, pentru ca întreg comportamentul funcțional al modelului să se potrivească cu cel al codului generat.

Primul pas este simularea (**MIL, Model-in-the-Loop**) unde nici controllerul, nici instalația nu operează în timp real. Acest pas, folosit de obicei spre începutul procesului, permite inginerilor să studieze performanța sistemului și să proiecteze algoritmul (elementele) de control într-un mediu virtual, prin simularea computerizată a întregului sistem sau subsistem.

Rapid Control Prototyping (**RCP**) este un proces care permite testarea rapidă și rularea repetată a strategiilor de control pe un calculator în timp real cu dispozitive de intrare / ieșire reale. Protocolul de control rapid diferă de HIL prin aceea că strategia de control este simulată în timp real și "instalația" (sau sistemul de controlat) este reală.

Pentru **On-Target Rapid Prototyping (OTRP)** funcționalitatea nouă sau modificată este adăugată la codul de producție din procesorul țintă încorporat de controler pentru a verifica adăugările / modificările.

În faza **Software-in-the-Loop (SIL)** (Fig. 2), codul software de producție real este încorporat în simularea matematică care conține modelele sistemului fizic. Acest lucru se face pentru a permite includerea funcționalității software pentru care nu există niciun model sau pentru a permite o simulare mai rapidă.

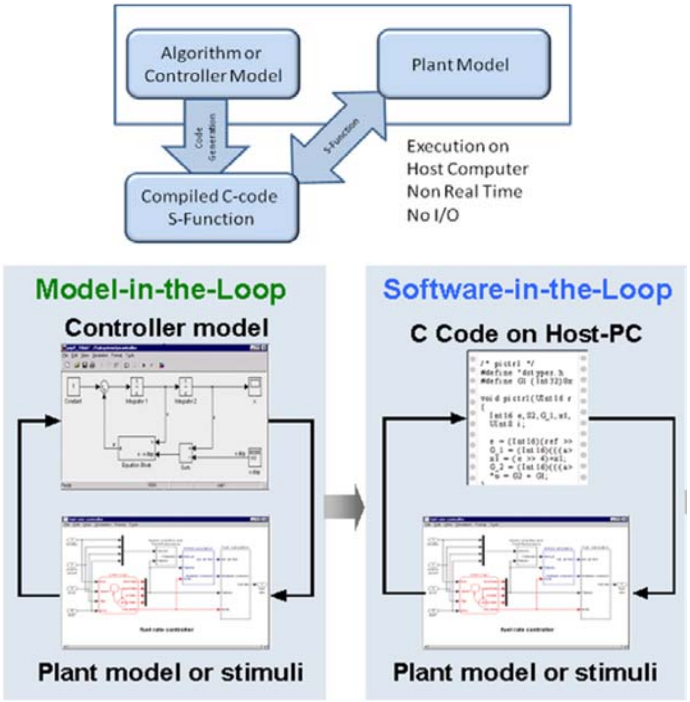


Fig. 2. Software in the loop (SIL)

Pe parcursul fazei **processor-in-the-loop** (**PIL**) comanda este compilată și descărcată într-un procesor țintă încorporat și comunică direct cu modelul instalației prin intermediul comunicațiilor standard, cum ar fi Ethernet. În acest caz, pentru comunicație nu sunt utilizate dispozitive I/O.

Hardware-In-the-Loop (HIL) este o tehnică pentru combinarea unui model de simulare matematică a unei instalații cu hardware fizic actual pe care este implementat controllerul, astfel încât hardware-ul să funcționeze ca și cum ar fi fost integrat în sistemul real. Pentru testarea și dezvoltarea controllerelor electronice încorporate, controlerul hardware și software-ul asociat sunt conectate la o simulare matematică a instalației, care este executată pe un computer în timp real.

Continuând analogia sistemului de control, în MBD se dezvoltă un "controler" pentru a influența o "instalație" bazată pe anumite "cerințe" ce definesc performanțele sistemului de control. Odată ce am dezvoltat modelul de controller, vom rula o simulare pentru a "verifica" că acest controler a influențat instalația astfel încât să fie îndeplinite "cerințele". Pentru a verifica designul, se dezvoltă de obicei "cazuri de testare" ce se bazează pe anumite "rezultate așteptate", se execută simularea cu ajutorul cazurilor de testare și se verifică rezultatele generate față de rezultatele așteptate.

Odată ce hardware-ul controlerului țintă este disponibil, poate începe testarea **PIL/ HIL**. Testarea HIL poate fi efectuată în raport cu modelul simulat al instalației, dar acum modelul instalației trebuie să interacționeze cu intrările / ieșirile efective pe care hardware-ul controlerului le așteaptă. Acest lucru ar putea servi ca un test de acceptare în fabrică înainte de instalarea pe UCU și testarea în raport cu instalația reală.

Etapele descrise mai sus arată puterea acestui flux de lucru denumit generic MBD. Acesta este baza multor fluxuri de lucru care pot fi certificate funcțional. Reținem că MBD nu se limitează la sistemele de control. Este aplicabil, de exemplu, pentru procesarea semnalelor, video și comunicații.

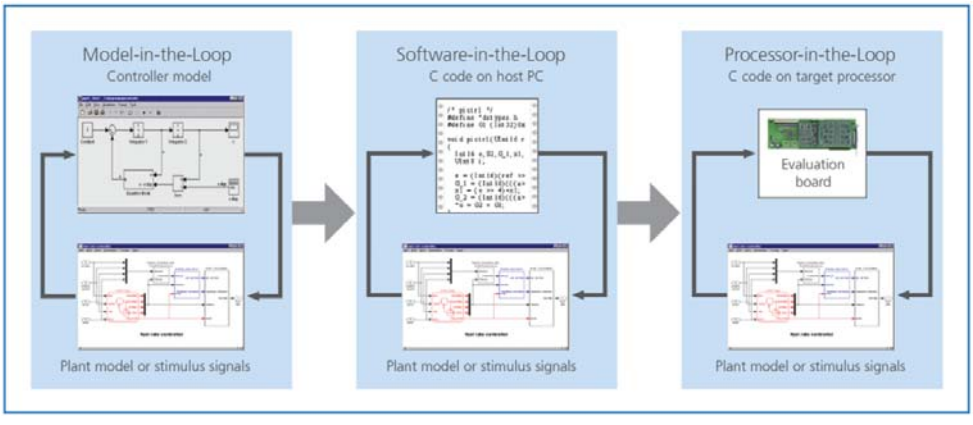


Fig. 3. Paradigmele MIL, SIL și PIL

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

Competențele și expertizele prezentate și dezvoltate de echipa ASCODATA 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.

Unul dintre obiectivele specifice ale proiectului TISIPRO este ***Identificarea și oferirea de soluții software inovative*** din domeniul informaticii aplicate și al automaticii pentru obținerea de produse și procese, tehnologii noi sau îmbunătățite, identificate de întreprinderi ca fiind cerute de piață. Ideea de cercetare aplicativă este sintetizată de paradigma Sistemelor de Control Distribuite (Distributed Control Systems - DCS). Această abordare constă în conducerea unitară a proceselor prin implementarea unor sisteme distribuite și ierarhizate, în general pe 5 niveluri - Fig. 1.

Arhitectura acestor instrumente software este una deschisă și emulează ideea de toolbox-uri caracteristice celor mai importante medii de proiectare asistată de calculator din domeniul ingineriei sistemelor (Matlab/Simulink, LabView, dSpace etc.). Fiecare instrument software este dedicat unui anumit nivel al DCS, după cum se poate observa din Fig. 1. În cadrul domeniului **Sisteme automate**, pentru portofoliul de competențe și expertize *Aplicații software pentru sisteme de control și de achiziții de date ASCODATA***,** una dintre direcțiile de cercetare vizate este orientată către *Instrumente software pentru acordarea automată a regulatoarelor din buclele primare ale proceselor*.

În consecință, echipa de cercetare oferă expertiză întreprinderilor pentru realizarea de servicii și soluții noi/îmbunătățite sub forma unor ***instrumente software care permit derularea unor proceduri de acordare automată pentru controllerele (regulatoarele) din cadrul DCS-ului specific întreprinderii.*** Mai precis, în cadrul acestei direcții este vizat Nivelul 1 din Fig. 4 (Nivelul de reglare).

Pentru realizarea acestor proceduri de acordare automată este utilizat mediul de programare și dezvoltare MATLAB/Simulink (mai precis utilitarul SISO Design Tool), disponibil în laboratoarele Universității din Craiova (Matlab 7, R2014b etc.). Precizăm că anumite facilități și meniuri pot să difere în funcție de versiunea de Matlab disponibilă.

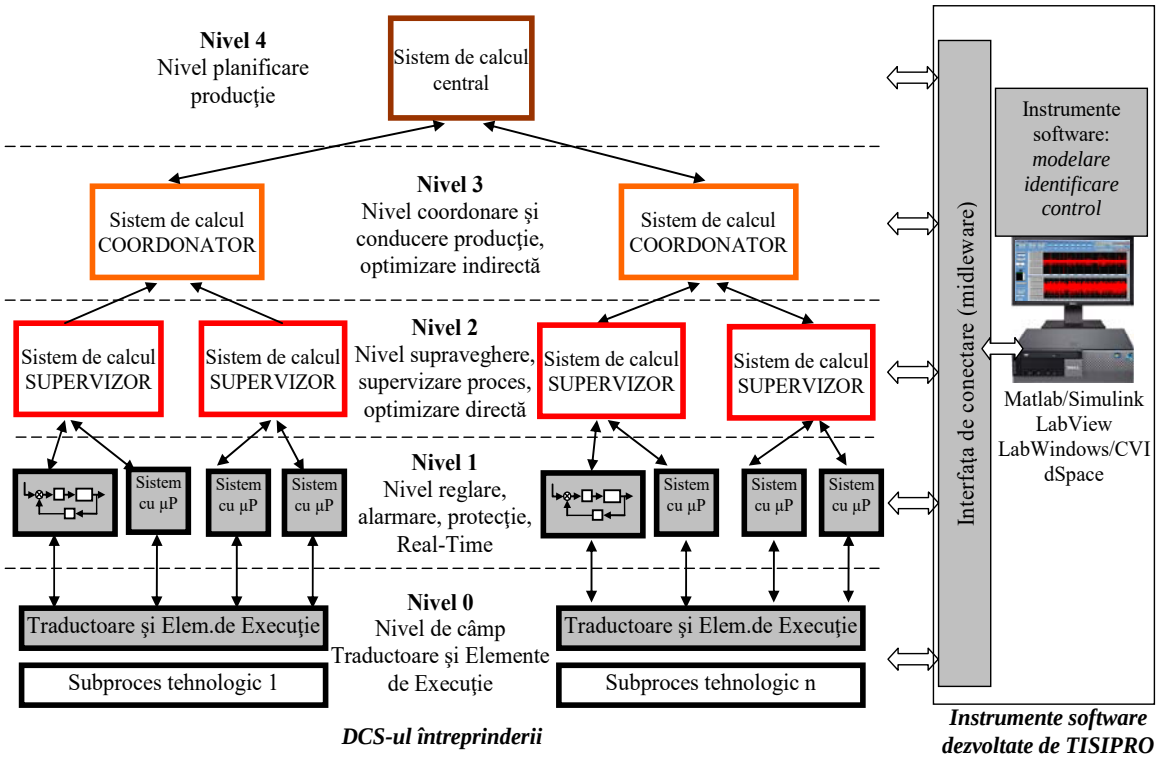


Fig. 4. Structură distribuită și ierarhizată de conducere pe 5 niveluri

În portofoliu au fost abordate și prezentate noțiuni utile pentru implementarea unor controllere în DCS-ul firmelor:

- **Instrumentul de proiectare SISO Design Tool**

Au fost prezentate:

- *Componentele și opțiunile de proiectare SISO Design Tool*
  - Interfața grafică *SISO Design Task* din *Control and Estimation Tools Manager*, care facilitează proiectarea regulatoarelor pentru sisteme în circuit închis cu o singură intrare și o singură ieșire.
  - Fereastra grafică de acordare *Graphical Tuning*, care reprezintă de asemenea o interfață grafică, utilizată pentru afișarea și manipularea caracteristicilor Bode, Nichols și a locului rădăcinilor pentru controlerul care este proiectat în mod curent.
  - Interfața *LTI Viewer* asociată cu *SISO Design Task*
- *Utilizarea SISO Design Task Node și importul de modele în SISO Tool*
- *Structuri cu reacție în SISO Tool (Fig. 5)*
- *Fereastra Graphical Tuning (Fig. 6)*

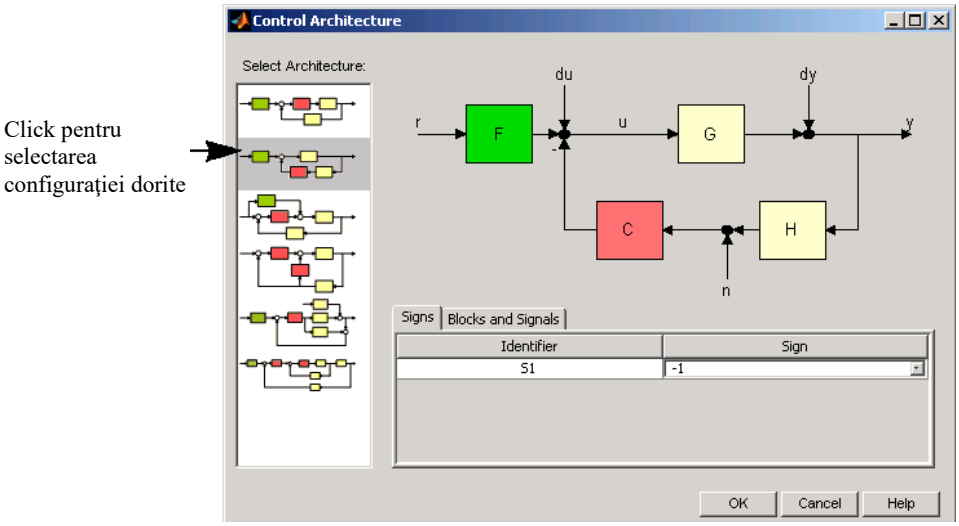


Fig. 5. Selectarea arhitecturii buclei de reglare

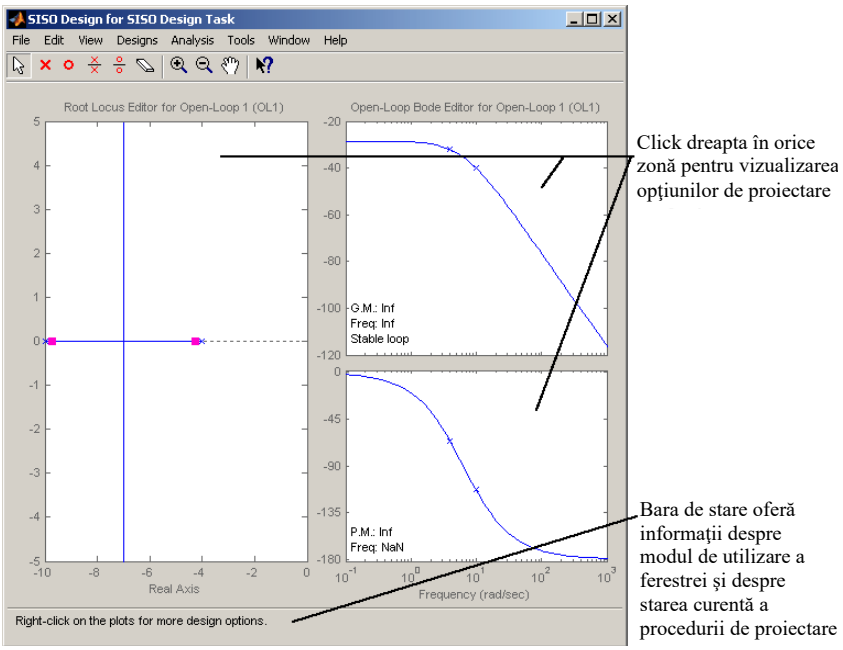


Fig. 5. Fereastra Graphical Tuning

- **Proiectarea regulatoarelor în SISO D.T. cu metoda de acordare automată**

Au fost prezentate:

- *Metode de acordare automată*

Interfața SISO Design Tool a softului MATLAB dispune de o procedură de acordare automată (*automated tuning*) care simplifică operațiunea de proiectare și acordare a compensatoarelor. În total există cinci metode de acordare automată disponibile în SISO Design Tool, metode care permit proiectarea “on-the-fly” a unui controler, astfel încât să fie satisfăcute cerințele de proiectare ale utilizatorului.

- *Metoda de acordare optimizată*

Accesarea metodei de acordare optimizată creează o sarcină de proiectare în cadrul procedurii *Automated tuning* care are rolul de asistent în procesul de acordare și optimizare a sistemului de conducere.

- *Metoda de acordare PID (Fig. 7)*

Legile de reglare PID (proporțional-integrator-derivator) sunt cele mai uzuale metode de reglare folosite în industria modernă. SISO Design Tool furnizează patru metode de acordare PID, inclusiv o metodă pentru sisteme (procese) instabile (*Singular frequency based tuning*). În majoritatea aplicațiilor, regulatoarele PID rezultate în urma procesului de acordare furnizează performanțe acceptabile.

- *Acordarea automată de tip PID. Exemplu pentru motorul de c.c.*
- *Acordarea automată de tip IMC (Internal Model Control)*
- *Acordarea automată pe baza sintezei LQG*
- *Acordarea automată cu metoda Loop Shaping*

Metoda de tip *loop shaping* (modelarea buclei) permite proiectarea unui regulator stabilizator cu reacție de ordin complet cu lărgime de bandă sau formă dorită. Prin urmare, forma dorită a buclei poate fi specificată prin alegerea unei lărgimi de bandă dorite sau prin modelarea răspunsului în frecvență a sistemului în circuit deschis.

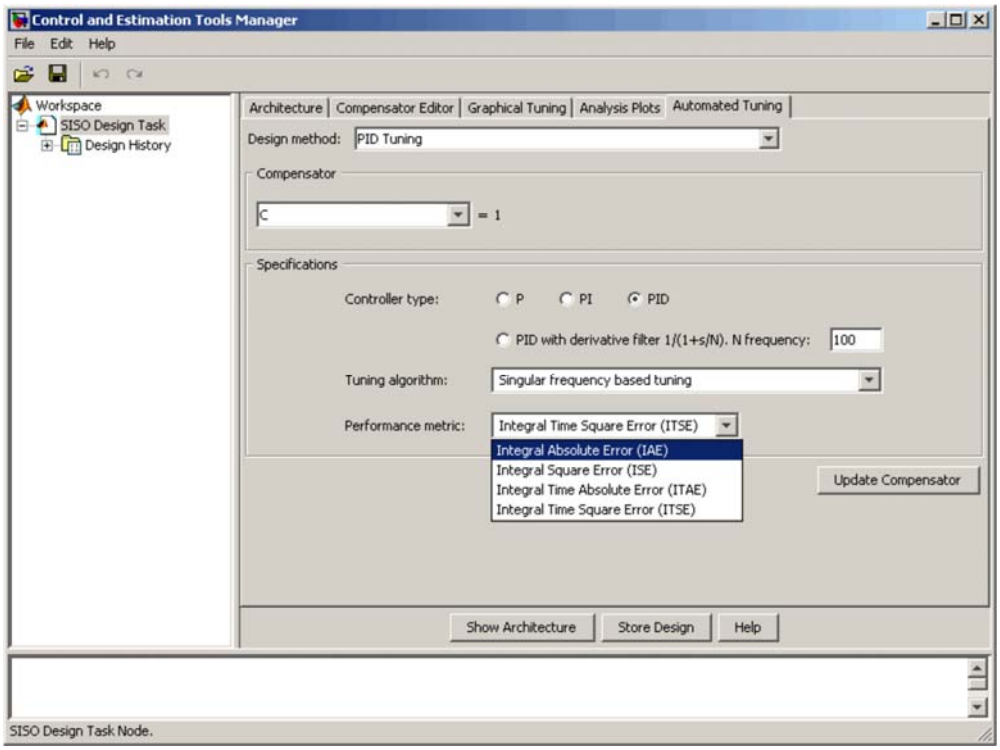


Fig. 7. Acordarea PID – opțiuni de acordare

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

Competențele și expertizele prezentate și dezvoltate sunt corelate cu obiectivul general al proiectului TISIPRO: *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 aplicabile direct în mediul industrial specific (cu posibile aplicații contractuale la SC Indaeltrac SRL Craiova, SC Reloc SA Craiova).

Direcțiile majore analizate în această etapă aparțin ***instrumentelor de proiectare asistată de calculator pentru simularea blocurilor de forţă şi comandă ale invertoarelor multinivel***:

- *Prezentarea familiei de programe SPICE*
- *Tipuri de analiză în SPICE*
- *Optimizarea procesului de calcul*

În funcție de regimul de funcționare al circuitelor analogice în general și al celor cu elemente de comutație statică în particular, precum și de configurația lor, modelele matematice care le descriu funcționarea pot fi sisteme de ecuații algebrice sau diferențiale. Rezolvarea acestor ecuații este, în general, laborioasă, în cele mai multe situații fiind practic imposibilă fără utilizarea mijloacelor de calcul. Se apelează astfel la metode de calcul numeric ce pot fi implementate cu ajutorul oricărui program de calcul de uz general, în particular Matlab®. Date fiind particularitățile circuitelor electrice, s-au dezvoltat programe de calcul specializate pentru analiza lor numerică. Acestea au facilități evidente privind introducerea datelor și interpretarea rezultatelor, realizând în plus formularea sistematică a ecuațiilor, precum și optimizarea algoritmilor numerici prin rezolvarea problemelor de convergență și de control al erorilor.

În prezent există o multitudine de familii de programe specializate, care au versiuni profesionale, de circulație limitată, destinate în special unor clase relativ restrânse de circuite, versiuni comerciale, cu performante bune și domeniu mai larg de aplicare, precum și versiuni destinate scopului educațional. Cea mai cunoscută familie este ***SPICE – Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis***. Primele sale versiuni au apărut la începutul anilor ’70, la Universitatea Berkeley – California, ca necesitate la dezvoltarea circuitelor electronice integrate. Versiunile sale comerciale au

performante foarte bune pentru aplicații uzuale atât din electronică, circuite analogice și digitale, cât și din electrotehnica curenților tari.

Majoritatea covârșitoare a programelor specializate în analiza circuitelor existente pe piață folosesc principii similare cu versiunile SPICE, chiar sintaxa programării fiind asemănătoare. SPICE este o familie de programe de analiză de uz general, destinată circuitelor liniare, neliniare și parametrice ce funcționează atât în regimuri staționare, cât și variabile, inclusiv circuite cu elemente de comutație statică și circuite logice. Funcționarea sa are la bază formularea și rezolvarea ecuațiilor nodale ale circuitului.

Circuitele analizate pot conține: rezistoare liniare sau neliniare, bobine izolate sau cuplate magnetic, condensatoare, surse independente de tensiune sau de curent, continue sau variabile în timp, surse comandate, linii de transmisie, contacte închis-deschis, siguranțe fuzibile, componente electronice (diode, tranzistoare bipolare, unijoncţiune, cu efect de câmp, tiristoare, triacuri, amplificatoare operaționale, circuite logice). Alte elemente de circuit pot fi modelate cu ajutorul celor enumerate.

Programele conțin biblioteci în care sunt memorate caracteristicile funcționale ale unui mare număr de componente uzuale, fabricate de mari producători (Analog Devices, Burr-Brown, Harris, National Semiconductor, Texas Instruments, SGS Thomson, Linear Technology), acestea putând fi apelate cu mare ușurință. Marii producători de componente electronice pun la dispoziția potențialilor utilizatori, cu titlu gratuit, versiuni ale programului SPICE care conțin biblioteci extinse de componente din portofoliul lor. Dintre acestea, remarcăm programele TINA-TI, de la Texas Instruments și LTspice de la Linear Technology.

Principalele secțiuni ale versiunii SPICE 3 (deținută cu licență de utilizare de către Universitatea din Craiova), care se regăsesc și la celelalte versiuni, sunt:

► Input Editor este un editor al datelor de intrare, în care acestea se prezintă sub formă de text care respectă o anumită sintaxă. Datele de intrare conțin informații despre natura elementelor de circuit, caracteristicile lor funcționale, modul de interconectare, regimul de funcționare și mărimile de ieșire ale analizei.

► Schematic Editor este un editor de intrare grafic, în care natura și modul de interconectare a elementelor se prezintă, natural și foarte sugestiv, sub forma unei scheme electrice formată prin interconectarea de simboluri predefinite.

► Circuit Simulation este secțiunea care realizează simularea propriu zisă - formularea și rezolvarea ecuațiilor. În timpul simulării se creează fișiere temporare care stochează rezultatele intermediare. Rezultatele finale ale simulării sunt depuse în fișierul de ieșire, care poartă același nume ca și fișierul de intrare și are extensia .OUT.

► Output Editor este secțiunea care permite citirea fișierului cu datele de ieșire, precum și tipărirea sau exportarea sa.

► IntuScope este un utilitar de postprocesare grafică a datelor din fișierul de ieșire, care permite vizualizarea acestora sub formă de reprezentări grafice plane. Reprezentările grafice se pot salva în fișiere ce poartă extensia .GA sau pot fi exportate.

► SpiceMod este un utilitar care facilitează modelarea unor elemente de circuit (componente electronice) pe baza datelor de catalog furnizate de producătorul acestora. Programul conține o bibliotecă de componente electronice creată cu ajutorul acestui utilitar, care poate fi completată de utilizator.

În SPICE sunt posibile următoarele ***categorii de analize***:

- analize în curent continuu;
- analize în domeniul timp;
- analize în domeniul frecvență;
- analize avansate.

Spre exemplificare, *analizele în domeniul frecvență* se desfășoară prin modificarea frecvenței unei mărimi de excitație sinusoidală, între două valori și cu un pas specificate; calcularea curenților și tensiunilor laturilor se efectuează pentru fiecare valoare a frecvenței. Pentru *circuitele neliniare* analiza în frecvență este o analiză de semnal mic: se supune analizei modelul de semnal mic al circuitului, care este un model liniarizat în jurul punctului static de funcționare. Pentru exemplificare, se va obține răspunsul în frecvență al unui filtru activ trece bandă (tip Butterworth de ordinul IV), de tipul celor folosite în circuitele de comandă pentru eliminarea zgomotelor (Fig. 8). Fișierul de intrare este prezentat în Tabelul 1, iar analizele grafice obținute în Fig. 9.

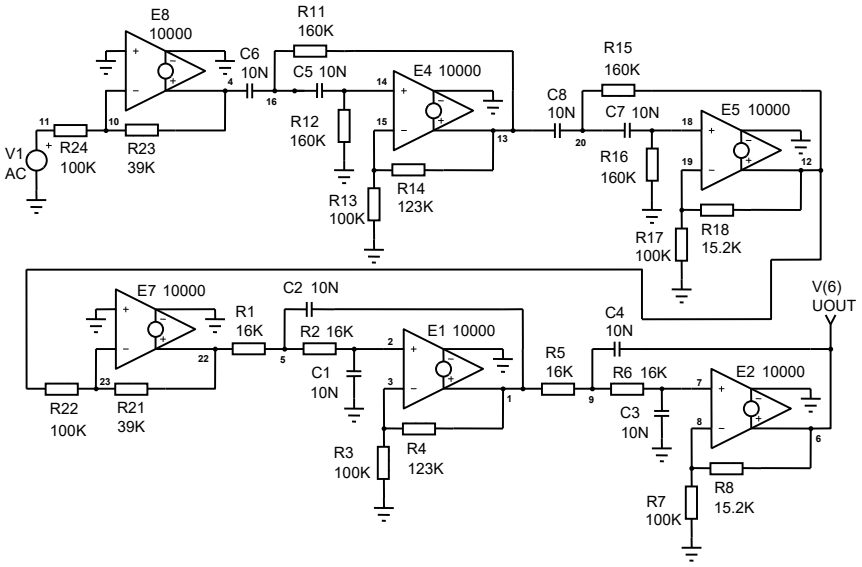


Fig. 8. Schema unui filtru activ trece bandă (tip Butterworth de ordinul IV)

Optimizarea procesului de calcul. Programele specializate efectuează calculele pe baza unor algoritmi predefiniți. Aceștia nu sunt însă eficienți în orice situație, astfel încât se poate pierde convergența sau se obțin rezultate eronate. În asemenea situații utilizatorul are posibilitatea să controleze algoritmul prin impunerea unor condiții adaptate aplicației. Algoritmii numerici utilizați de familia de programe SPICE sunt:

• Eliminarea tip Gauss, combinată cu tehnici de lucru cu matrice rare, pentru rezolvarea ecuațiilor algebrice liniare.

• Integrarea numerică prin crearea de modele discretizate, pe baza unor algoritmi de integrare impliciți; astfel ecuațiile diferențiale se transformă în ecuații algebrice.

• Algoritmul iterativ Newton-Raphson, pentru rezolvarea ecuațiilor algebrice neliniare, care liniarizează local funcțiile neliniare (prin aproximarea lor), așa încât analiza se reduce la rezolvarea unor ecuații algebrice liniare.

• Metoda simbolică, pentru analiza în domeniul frecvenței, care presupune rezolvarea de ecuații liniare pentru fiecare valoare a frecvenței din intervalul de analiză.

Tabelul 1. Fișierul de intrare

```
C:\SPICE\Ex_AC.CIR
.AC DEC 100 1HZ 100kHZ
.PRINT AC  VDB(6)
*ALIAS  V(6)=UOUT
.PRINT AC  V(6)  VP(6)
R1 22 5 16K
R2 5 2 16K
C1 2 0 10N
R3 3 0 100K
R4 3 1 123K
C2 5 1 10N
E2 6 0 7 8 10000
R5 1 9 16K
R6 9 7 16K
C3 7 0 10N
R7 8 0 100K
R8 8 6 15.2K
C4 9 6 10N
V1 11 0 AC 1
E4 13 0 14 15 10000
R11 16 13 160K
R12 14 0 160K
C5 14 16 10N
R13 15 0 100K
R14 15 13 123K
C6 4 16 10N
E5 12 0 18 19 10000
R15 20 12 160K
R16 18 0 160K
C7 18 20 10N
R17 19 0 100K
R18 19 12 15.2K
C8 13 20 10N
R21 22 23 39K
R22 12 23 100K
E7 22 0 0 23 10000
R23 4 10 39K
R24 11 10 100K
E8 4 0 0 10 10000
E1 1 0 2 3 10000
.END
```

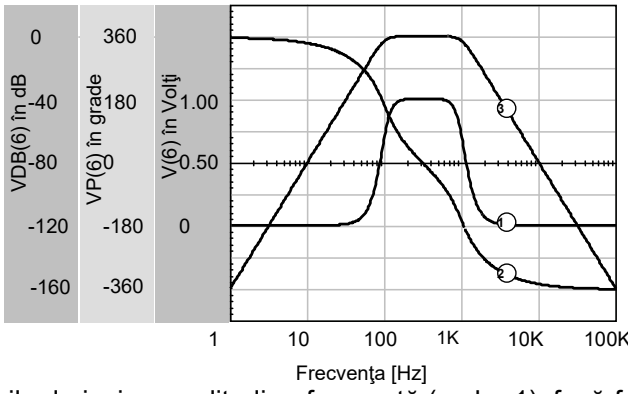


Fig. 9. Caracteristicile de ieșire amplitudine-frecvență (curba 1), fază-frecvență (curba2) și caracteristica de atenuare (curba 3)

V. Domeniul Sisteme automate, Subdomeniul Robotică și Mecatronică

Competențele și expertizele echipei MEROB 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. Echipa MEROB are competențe în monitorizare și achiziții de date, control pentru sisteme mecatronice/robotice, în utilizarea unelte software specifice pentru sistemele mecatronice/robotice, respectiv în dezvoltarea de software aplicativ pentru sistemele mecatronice/robotice.

Unul dintre obiectivele specifice ale proiectului TISIPRO este ***identificarea și oferirea de soluții software inovative*** din domeniul informaticii aplicate și al automaticii pentru obținerea de produse și procese, tehnologii noi sau îmbunătățite, identificate de întreprinderi ca fiind cerute de piață. Această idee poate fi implementată de paradigma **Sistemelor flexibile de fabricaţie** (SFF) şi a **Fabricaţiei asistate de calculator** (*Computer-Aided Manufacturing*). Această abordare constă în conducerea unitară a proceselor industriale prin implementarea unor sisteme flexibile de fabricație și a fabricației asistate de calculator.

Direcția majoră analizată în această perioadă în cadrul subdomeniului este dedicată *Sistemelor flexibile de fabricaţie,* cu subdirecția *Structura şi funcţiile sistemelor flexibile de fabricaţie.*

Procesul de fabricație reprezintă totalitatea operațiilor tehnologice de fabricație. Sistemul de fabricație este constituit din mulțimea mijloacelor tehnice destinate fabricației (materiale, utilaje, dispozitive, scule, programe) denumite și mijloace de fabricație, la care se adaugă operatorii umani și relațiile între aceștia.

Sistemele flexibile de fabricație se structurează ierarhic și după amploarea ariei de activitate pe care o cuprind, în:

- *modul flexibil de fabricație MFF* - corespunde unui loc de muncă (post de lucru) în cadrul unui sistem clasic sau mecanizat.
- *celula flexibilă de fabricație* - conține mai multe MFF-uri.
- *linie flexibilă de fabricație* - conține mai multe celule flexibile de fabricație.
- *atelier flexibil de fabricație* - conține mai multe linii flexibile de fabricație.

Prin *flux* se înțelege determinarea cantitativă a unei anumite intrări sau ieșiri într-un anumit interval de timp. În Fig. 10 se prezintă schema de propagare a fluxului energetic prin sistemul de fabricație. Energia de intrare ΔE_I se repartizează pe subsistemul de prelucrare și pe cel de manipulare. Energia de intrare în subsistemul de prelucrare în parte înglobează informația în produs (EOP) și în parte se disipează (EODP). Energia de intrare în subsistemul de manipulare se disipează (EODM). Ca urmare, bilanțul fluxului energetic poate fi exprimat prin:

$$\sum_{t=0}^{t_f}\left(\frac{\Delta E_{OPt}}{\Delta t}+\frac{\Delta E_{ODPt}}{\Delta t}+\frac{\Delta E_{ODMt}}{\Delta t}\right)=\sum_{t=0}^{t_f}\left(\frac{\Delta E_{IPt}}{\Delta t}+\frac{\Delta E_{IMt}}{\Delta t}\right)=\sum_{t=0}^{t_f}\frac{\Delta E_{It}}{\Delta t} \quad (1)$$

Scheme similare pot fi definite și pentru fluxul de informații prin sistemul de fabricație. În Fig. 11 se prezintă schema bloc a unui sistem de fabricație flexibilă pentru executarea unor piese prin proces tehnologic de așchiere, pe care sunt indicate fluxurile de materiale, informații și energie.

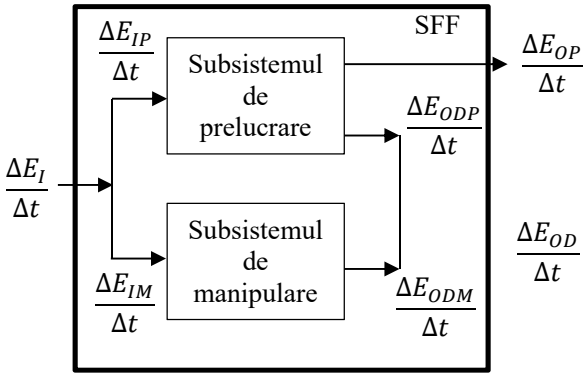


Fig. 10. Fluxul energetic prin SFF

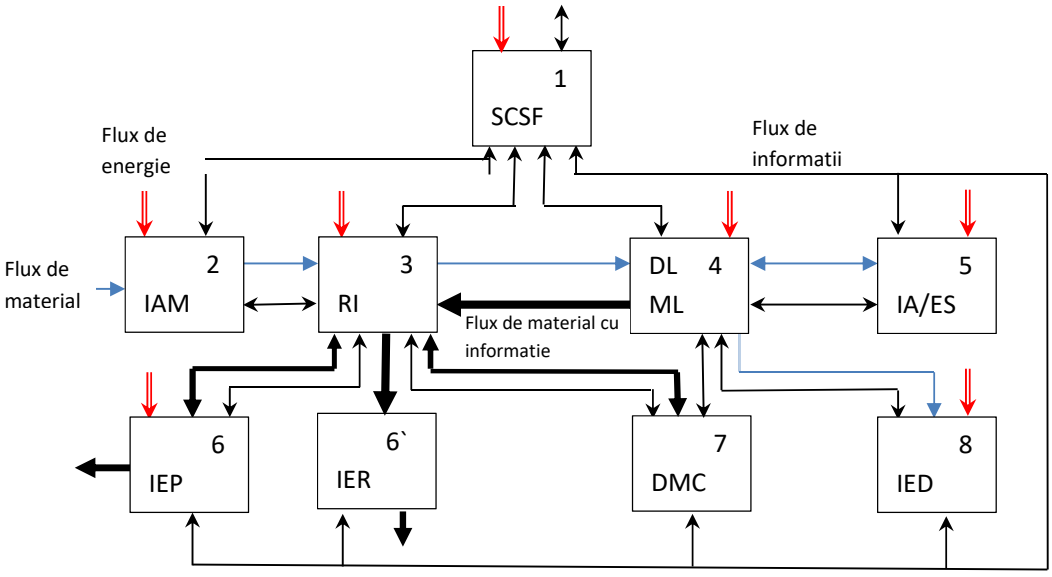


Fig. 11. Schema fluxurilor printr-un SFF