

(a)

**Sistem pentru reglarea parametrilor  
la procedee de prelucrare prin frecare**

**- Descrierea invenției -**

(b) *Invenția se referă* la un sistem pentru reglarea parametrilor în timpul funcționării, la procedee de prelucrare prin frecare, aplicate la anumite materiale de bază metalice sau mase plastice. Procedeele avute în vedere [1] sunt: sudarea prin frecare cu element activ rotitor (friction stir welding, FSW), găurirea prin frecare, filetarea prin profilare, broșarea rotativă, procesarea prin frecare cu element activ rotitor (ca tratament termomecanic) și altele.

Sistemul este destinat pentru procedeele menționate, care se caracterizează prin faptul că ele constau în prelucrarea materialelor prin deformare plastică la rece, respectiv în domeniul de plasticitate al materialelor, până la maximum 80% din valoarea temperaturii de topire a acestor materiale, deci fără topirea lor. Principiul de funcționare al acestor procedee constă în utilizarea frecării în vederea generării căldurii necesare pentru aducerea materialelor procesate la temperatura de plastifiere necesară pentru deformarea plastică în condiții corespunzătoare sau optime a pieselor de procesat, în scopul realizării operațiilor de prelucrare dorite asupra acestora. În cazul sudării FSW, scopul este realizarea îmbinării dintre două materiale similare sau disimilare prin amestecarea mecanică a materialelor cu ajutorul uneltei specializate care agită cele două materiale până la combinarea intimă a acestora în cadrul unei structuri comune. În cazul găuririi prin frecare se urmărește executarea unor găuri prin deformarea și străpungerea materialului de bază, fără așchierea acestuia. La fel, la filetarea prin profilare se deformează metalul de bază pentru obținerea profilului filetului, fără tăierea metalului de bază.

(c) *In stadiul actual* al tehnicii, în scopul îndeplinirii cerințelor de calitate ale procedeelelor de prelucrare prin frecare, se efectuează monitorizarea în timp real a parametrilor de funcționare ai utilajelor specializate pentru procedeele menționate. Parametrii de funcționare principali sunt următorii: poziția pe verticală a Zin a uneltei, forța de apăsare verticală, turația uneltei, viteza de deplasare a uneltei pe direcție verticală la toate procedeele, viteza de deplasare a uneltei pe direcție orizontală transversală (Oy) pentru poziționare la FSW, viteza de deplasare a uneltei pe direcție orizontală (Ox) la FSW, forța de refulare orizontală la FSW, temperatura în zona de acționare a uneltei, etc. Există și parametri secundari: temperatura mediului ambiant, curenții de aer din zona de lucru, parametrii interni ai blocurilor funcționale ale echipamentului de frecare: curentul actuatorului (motorului) de rotire a uneltei, curentul actuatorului de poziționare pe verticală, curentul actuatorului pentru poziționare orizontală pe direcție transversală, curentul

actuatoarea pentru deplasarea tehnologică orizontală cu viteza tehnologică, etc. Acești parametri trebuie analizați în mod selectiv, în funcție de procedeul de prelucrare sau de procesare utilizat.

Asupra desfășurării procesului de prelucrare influențează și anumiți factori: forma, dimensiunile și materialul uneltei de prelucrare, poziționarea uneltei, poziționarea pieselor care se prelucrează, forma constructivă și caracteristicile dispozitivului de poziționare, natura materialului de prelucrat, starea suprafeței materialului de prelucrat, starea de tratament mecanic, termic sau chimic, structura materialelor de prelucrat, etc.

Monitorizarea este o metodă prin care se urmărește menținerea parametrilor de funcționare la valorile prescrise, selectate anterior ca valori corespunzătoare pentru îndeplinirea cerințelor tehnice ale operațiunii de prelucrare. Metoda prin care se realizează menținerea parametrilor este efectuarea unor corecții ale valorilor prescrise ale acestor parametri. Corecțiile sunt introduse de către operatorul echipamentului de prelucrare prin frecare, în prezent mai ales în mod manual, de la pupitrul de comandă al echipamentului de prelucrare prin frecare menționat.

Randamentul energetic al procedeelor de frecare este influențat de toți parametrii și factorii enumerați mai sus. Procedeurile sunt foarte complexe și ele sunt analizate în detaliu prin software specializat de simulare, modelare și proiectare. Unele programe din această categorie se bazează pe analiza prin metoda elementului finit. Rezultatele analizei conduc la selectarea anumitor domenii de valori pentru parametrii procedeelor sau pentru anumiți factori.

Din punctul de vedere al tehnologiei de prelucrare prin frecare este necesară menținerea valorilor parametrilor și factorilor procedeului la valorile prescrise optime, în scopul realizării repetabilității execuției, cu obținerea caracteristicilor mecanice și a proprietăților fizico-chimice ale pieselor prelucrate prin frecare, la nivelul cerințelor tehnice prevăzute în documentația de execuție a acestor piese de prelucrat.

La sudarea prin frecare cu element activ rotitor (FSW), modul de pătrundere a uneltei în metalele de bază, precum și menținerea adâncimii de pătrundere a acesteia au o mare importanță asupra desfășurării procedeului de sudare FSW, respectiv asupra rezultatelor sudării.

Sunt cunoscute în tehnica actuală anumite metode de monitorizare aplicate la aceste procedee: monitorizarea temperaturii cu termocuple amplasate în anumite puncte ale metalelor de bază, cât mai apropiate de zona de acțiune a uneltei de frecare, este una dintre metode, pentru care există deja o experiență destul de vastă privind modul de utilizare și interpretarea rezultatelor.

O metodă modernă este monitorizarea temperaturii cu ajutorul unei camere termografice cu recepție în infraroșu, care înregistrează variațiile în timp ale temperaturii în toate punctele imaginii în infraroșu captate, care interesează pentru tehnologia de prelucrare prin frecare utilizată, ceea ce este de mare folos pentru analiza desfășurării procesului de prelucrare, în scopul perfecționării sale. Există aici dificultatea de a nu cunoaște, în unele cazuri, valoarea exactă a factorului de emisivitate în punctele unde este măsurată și înregistrată temperatura. Acest factor este utilizat în

calculul automat al temperaturii în funcție de caracteristicile optice ale imaginii fiecărui punct: strălucire, contrast, culoare, etc. Factorul de emisivitate depinde de natura materialului, de starea suprafeței și chiar de temperatură, care influențează emisivitatea, prin intermediul structurii materialului și al caracteristicilor optoelectronice ale materialului monitorizat, în fiecare punct al acestuia. Analiza variației temperaturii devine un proces foarte complex, în această situație.

Altă metodă constă în monitorizarea curenților consumați în sarcină ai actuatorilor, respectiv ai motoarelor echipamentului de prelucrare prin frecare. Curenții consumați de aceste actuatore sunt parametri de funcționare ai unor componente ale echipamentului, care asigură realizarea parametrilor principali ai procesului tehnologic de frecare aplicat. De aceea, curenții actuatorilor constituie parametri secundari ai procesului. Variațiile parametrilor secundari influențează parametrii principali ai procesului. De aceea, este utilă cunoașterea funcțiilor de interdependență dintre parametrii principali și parametrii secundari ai procesului de frecare.

Metodele de monitorizare a parametrilor de funcționare menționați permit cunoașterea procesului de frecare și oferă unele posibilități de intervenție asupra procesului, în scopul perfecționării acestuia.

Există unele sisteme electronice computerizate și dotate cu software specializat, care realizează monitorizarea prin metodele menționate. Acestea au frecvența de eșantionare până la circa 100 kHz sau chiar mai mult, ceea ce asigură o acuratețe suficient de ridicată în urmărirea exactă a parametrilor proceselor specifice procedurilor industriale de prelucrări mecanice. În această categorie se integrează și procesele analizate aici. Urmărirea parametrilor trebuie să se efectueze în timp real, pentru ca operatorul să aibă posibilitatea de a interveni prin corecții asupra procesului industrial în timp real, de asemenea.

În scopul realizării unui nivel de calitate ridicat este necesară intervenția activă asupra parametrilor, pentru determinarea valorilor optime ale acestor parametri și menținerea acestor valori optime ale parametrilor prin sisteme automate programabile. Astfel de sisteme din generația precedentă, echipate cu controlere logice programabile (PLC), aflate încă în exploatare, sunt descrise în lucrarea [2].

(d) **Problema pe care o rezolvă invenția** este realizarea unui sistem pentru reglarea parametrilor, în special a poziției și a deplasării uneltei de procesare prin frecare, care să permită un regim termic adecvat al procesului de frecare, în scopul executării de îmbinări FSW, găuri prin frecare, găuri filetate prin profilare, găuri broșate sau alte operații bazate pe frecare, conform anumitor cerințe tehnologice, cu consum redus de energie și cu deformații minime ale materialelor de bază utilizate.

Sistemul de reglare a parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate la pct. (c), prin aceea că sistemul are următoarele posibilități de reglare realizate prin software-ul specific al sistemului, suprapus în cadrul unui sistem ierarhizat

peste componentele proprii de software, având funcții de programare și de autoadaptare, ale actuatorilor principale ale utilajului de prelucrare prin frecare, care sunt motorul pentru deplasare verticală și motorul de rotire a uneltei de prelucrare sau de procesare prin frecare:

1. Prescrierea poziției uneltei de procesare prin frecare la o anumită valoare  $Z_{in}$  a coordonatei pe axa verticală Oz și menținerea acestei poziții;

2. Programarea unei funcții de deplasare pe verticală a uneltei de procesare prin frecare, de forma  $Z_{in} = f(t)$  referitoare la coordonata pe axa verticală Oz, căreia îi corespunde o anumită viteză de deplasare pe verticală, astfel încât valoarea acestei viteze este corelată cu turația uneltei de procesare prin frecare; această variantă de programare se aplică în special la găurirea prin frecare și la filetarea prin profilare;

3. Programarea prin prescrierea unei anumite succesiuni de valori ale forței de apăsare verticală a uneltei de frecare pe suprafața metalului de bază și menținerea fiecărei valori a forței; această variantă de programare permite obținerea unui regim de frecare stabil care produce o valoare controlată a puterii dezvoltate prin procesul de frecare; această variantă de programare permite realizarea și menținerea unei anumite adâncimi de pătrundere a uneltei de frecare în metalul de bază; această variantă de programare permite urmărirea deformațiilor și neuniformităților suprafeței metalelor de bază, având în vedere că în cazul ieșirii uneltei de frecare din metalul de bază forța realizată se reduce și se anulează, astfel încât sistemul de reglare va comanda introducerea uneltei în metalul de bază, respectiv în cazul intrării mai profunde a uneltei de frecare în metalul de bază forța realizată crește, astfel încât sistemul de reglare va comanda ieșirea controlată a uneltei din metalul de bază; această variantă de programare se aplică în special la sudarea FSW.

(e) *Sistemul propus* pentru reglarea parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare este descris în continuare.

În loc de a analiza variația temperaturii pentru a stabili influența fiecărui parametru asupra temperaturii pentru a selecta anumite valori optime ale parametrilor, este mai pragmatic să se determine experimental parametrii optimi, iar ulterior să se asigure repetabilitatea acestora, în scopul de a asigura și reproductibilitatea rezultatelor obținute.

Acționările actuatorilor sau ale motoarelor echipamentelor de prelucrare prin frecare sunt realizate în soluție constructivă cu inverter, având frecvența internă de funcționare de 20...100 kHz. Etajul final de putere al inverterului este realizat cu tranzistori de tip MOSFET sau IGBT, care primesc în baza lor impulsuri de la un sistem de comandă și reglare a parametrilor interni de funcționare ai inverterului, precum și a parametrilor tehnologici ai utilajului. Tensiunea alternativă de frecvență ridicată de ieșire a inverterului este transformată în următoarele moduri: redresare pentru acționare în curent continuu; generarea unei tensiuni alternative sintetice de joasă frecvență, având forma de undă sinusoidală sau alte forme, pentru acționarea în curent alternativ a actuatorilor, cu domeniul de reglare continuă 0...50 Hz. Aceste actuatore au timp de răspuns

foarte redus, de ordinul 1... 2 milisecunde, iar astfel ele au posibilitatea de a introduce corecții foarte rapide în sistemele de acționare în care ele sunt utilizate ca elemente de execuție în cadrul sistemelor de reglare a parametrilor mecanici ai utilajelor de procesare prin frecare: turația uneltei de frecare, viteza de poziționare pe verticală sau pe orizontală, viteza de deplasare tehnologică pe orizontală sau pe verticală, forța verticală de apăsare, etc.

Procedeul FSW de sudare realizează un factor de concentrare a energiei de ordinul  $0,16 \cdot 10^9 \dots 0,44 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ , mai redus decât la procedeele de sudare cu arcul electric, unde acest factor este de ordinul  $1 \cdot 10^9 \dots 2 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ . Acest lucru este explicabil, întrucât la sudarea FSW nu este necesară topirea metalelor de bază, care necesită o energie latentă specifică ridicată. Factorul de concentrare a energiei nu are deci o valoare suficient de ridicată pentru topirea metalului de bază.

Energia liniară a procedurii FSW este în domeniul 8 ... 48 kJ/cm, ceea ce arată că ea este mai ridicată decât valoarea de 2,5 ... 15 kJ/cm de la unele procedee de sudare cu arcul electric. Comparația acestor valori arată că există unele resurse de creștere a vitezei de avans a procedurii, ceea ce poate conduce la mărirea productivității procedurii. Aceste resurse sunt și mai mari, dacă nivelul de putere al actuatorului principal al unui echipament FSW, care este motorul de rotire a uneltei FSW, este ridicat de la 4 ... 5,5 kW cât este puterea nominală a acestui motor în prezent, la 10 ... 15 kW în regim intermitent, cu pauze pentru răcire, în care trebuie executate alte operațiuni ale procesului tehnologic de fabricație.

Această variantă tehnologică necesită un sistem de reglare original, conceput în funcție de cerințele tehnice specifice ale procedurilor de prelucrare și de procesare prin frecare menționate. Se impune corelarea impulsurilor de comandă pentru actuatorii echipamentului de procesare prin frecare, astfel încât să se obțină randamentul maxim al procesului tehnologic, prin reducerea intervalelor pentru fazele intermediare ale procesului, în care are loc disiparea energiei dezvoltate prin procesul de frecare în masa pieselor de sudat, fără ca această energie să fie folosită în mod util pentru plastifierea materialelor de bază.

În legătură directă cu această precizare, trebuie adăugat că placa de bază pe care sunt poziționate piesele de sudat prin procedeul FSW, respectiv piesele pentru alte procedee de procesare prin frecare trebuie să fie executate din materiale izolatoare termic, pentru a nu consuma pentru încălzirea proprie o parte însemnată din energia produsă de uneltea FSW, respectiv de alte unelte de prelucrare sau procesare prin frecare.

Forța de apăsare pe verticală trebuie să aibă o valoare corespunzătoare pentru a realiza temperatura necesară prin procesul de frecare, dar fără a produce pătrunderea prea adâncă a uneltei de frecare în metalele de bază, ceea ce provoacă reducerea inutilă și nedorită a grosimii metalelor de bază; în cazul în care pătrunderea este excesivă, îmbinarea realizată prin procedeul FSW prezintă defectul de lipsă de material, care trebuie evitat.

În scopul evitării apariției defectelor de lipsă de consolidare, de tipul cavitare sau de tipul tunel, care afectează negativ caracteristicile îmbinărilor FSW, trebuie aplicate forțe laterale

orizontale, perpendiculare pe direcția de sudare FSW. Aceste forțe trebuie să producă refularea materialului agitat, astfel încât golurile de material să dispară prin comprimare.

Impulsurile de comandă pentru fiecare fază elementară a procesului de sudare FSW, respectiv pentru celelalte procedee abordate aici, se includ în programele de execuție automată a operațiunilor de sudare FSW, respectiv de găurire prin frecare, de filetare prin profilare, de broșare rotativă și pentru alte operațiuni de procesare prin frecare, în scopul obținerii efectelor energetice necesare din punct de vedere tehnologic, în fiecare proces de prelucrare prin frecare. Corelarea impulsurilor de comandă pentru fiecare fază a procesului de prelucrare prin frecare se realizează prin respectarea diagramei de timp a procesului tehnologic, transpusă în programul de funcționare automată a utilajului de prelucrare prin frecare. Aceasta permite realizarea efectelor energetice necesare în fiecare fază elementară a procesului de frecare. În unele situații este necesară programarea în mod adecvat în timp a impulsurilor de comandă în cadrul programului de funcționare automată, pentru distribuirea în timp și în spațiu, într-un anumit mod, a efectelor energetice ale procesului de sudare, în funcție de configurația pieselor de procesat prin frecare.

Controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC) utilizat este un controler de înaltă performanță pentru mașini și utilaje industriale.

Caracteristicile tehnice principale ale controlerului (MAC) [3] utilizat:

1. Două procesoare-nucleu sincronizate pentru acționări;
2. Durata minimă a ciclului: 125  $\mu$ s;
3. Numărul de axe: 256 sau 128;
4. Funcția de secvență logică;
5. Funcția de mișcare;
6. Multifuncțional cu sincronizare;
7. Porturi pentru rețea internă EtherCAT , pentru maximum 512 aparate (slaves);
8. Porturi pentru conexiuni la două rețele (din fabrică) Ethernet / IP (1 Gbps);
9. Sintaxa și semantica de programare în conformitate cu standardul IEC 61131-3 [4];
10. Blocuri de funcție "PLCopen" certificate pentru controlul mișcării;
11. Capacitatea programului 80 MB;
12. Moduri de control al mișcării: controlul poziției, controlul vitezei, controlul cuplului;
13. Tipuri de axe: axe de acționare cu motor din categoria fără perii (brushless), axe virtuale de acționare cu motor fără perii, axe cu encoder, axe virtuale cu encoder;
14. Poziții care pot fi gestionate: poziții de comandă și poziții reale;
15. Funcții de monitorizare: limite software pe axe, eroare de curent, viteza, accelerația (pozitivă sau negativă), cuplul, interpolarea vitezei și interpolarea accelerației (pozitivă sau negativă);
16. Card SD de memorie 2 GB sau 4 GB, ca unitate externă de stocare;
17. Software-ul de calculator: Sysmac Studio, versiunea 1.13 sau o versiune superioară [5].

(f) Sistemul pentru reglarea parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare, conform invenției, prezintă următoarele **avantaje**:

- Sistemul efectuează reglarea în timp real a poziției pe verticală a uneltei de prelucrare prin frecare la procedeele: sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), găurire prin frecare, filetare prin profilare, broșare rotativă, procesare prin frecare cu element activ rotitor ca tratament termomecanic, etc. Scopul este obținerea de piese, realizate prin aceste procedee de prelucrare și de procesare prin frecare, conforme cu documentația tehnică de execuție a acestora.

- Sistemul permite reglarea poziției pe verticală a uneltei de prelucrare prin frecare prin prescrierea unei valori fixe a coordonatei verticale  $Z_{in}$ , respectiv prin prescrierea unei serii de coordonate verticale  $Z_{in_1}, Z_{in_2}, \dots, Z_{in_i}, \dots, Z_{in_n}$ , în cadrul unui program automat de funcționare a echipamentului de prelucrare prin frecare. Această variantă de funcționare se utilizează la găurirea prin frecare și la filetarea prin profilare. Sistemul de reglare se bazează pe o subrutină cu rol de regulator software al poziției verticale, inclusă în controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC).

- Sistemul permite reglarea poziției pe verticală a uneltei de procesare prin frecare prin prescrierea unei anumite valori a forței verticale de apăsare  $F_z$ . În acest caz, poziția verticală a uneltei de prelucrare prin frecare este variabilă în funcție de forma, neuniformitățile sau deformațiile pieselor de prelucrat sau de procesat. Această variantă de funcționare permite realizarea și menținerea unei valori optime a pătrunderii uneltei de frecare în materialul de adaos, evitarea supraîncălzirii și a excavării excesive de material de bază, care poate duce la lipsă de material, ca defect la sudarea FSW. Sistemul de reglare se bazează pe o subrutină cu rol de regulator software al forței verticale, inclusă în controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC).

- Această configurație a sistemului de reglare a poziției pe verticală a uneltei de prelucrare sau de procesare prin frecare permite realizarea sistemului cu un număr redus de componente hardware.

- Timpul de răspuns al sistemului de reglare descris este de ordinul 1 ... 4 milisecunde, suficient pentru procedeele de prelucrare prin frecare abordate, care se bazează pe procese mecanice de viteză relativ redusă.

- Sistemul asigură controlul asupra formei, dimensiunilor, aspectului, caracteristicilor mecanice și proprietăților fizico-chimice ale metalului pieselor la care se execută operațiuni de prelucrare și procesare prin frecare.

- Deformația pieselor de metal de bază la care se aplică sistemul de reglare descris este mai redusă, deoarece regimul termic este controlat, la aplicarea procedeelelor de frecare menționate.

(g) Se dă, în continuare, **un exemplu de realizare a invenției**, în legătură și cu figurile următoare:

Figura 1 - Organigrama sistemului pentru reglarea parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare (sau procesare prin frecare);



Figura 2 - Schema bloc a mașinii pe care se implementează sistemul pentru reglarea parametrilor;

Figura 3 - Secvență din subrutina pentru reglarea poziției pe Axa Z;

Figura 4 - Secvență din subrutina pentru reglarea forței Fz de apăsare verticală.

(h) Sistemul pentru reglarea parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare, în conformitate cu figura 1, cu referire specială la reglarea poziției și a deplasării pe verticală a uneltei de prelucrare prin frecare, conform invenției, este **constituit** din: un pupitru de comandă cu ecran cu atingere 1 pentru elaborarea unui program de prelucrare (sau procesare) prin frecare 2, pentru un echipament de prelucrare (sau procesare) prin frecare 3, prin prescrierea valorilor pentru niște parametri 4 (4.1: poziția Zin pe direcție verticală Oz a uneltei; 4.2: poziția uneltei pe direcție orizontală transversală Oy pentru poziționare; 4.3: forța Fz de apăsare verticală; 4.4: turația uneltei; 4.5: viteza Vz de deplasare a uneltei pe direcție verticală, la toate procedeele; 4.6: poziția uneltei 8 pe direcție orizontală Ox; 4.7: viteza de deplasare a uneltei 8 pe direcție orizontală Ox, la FSW; etc.), care sunt transferați în programul de prelucrare prin frecare 2, aflat în controlerul pentru automatizarea mașini (MAC) 5 al unității de conducere 6 a echipamentului de prelucrare prin frecare 3, iar valorile de referință din programul de prelucrare prin frecare 2 sunt transmise la componentele aferente ale echipamentului de prelucrare prin frecare 3 (3.1: actuatorul pentru deplasare pe verticală, intrarea Zin pentru poziție - pentru parametrul 4.1; 3.2: actuatorul pentru deplasarea uneltei pe direcție orizontală Oy pentru poziționare - pentru parametrul 4.2; 3.3: referința pentru forța Fz de apăsare verticală din regulatorul software intern - pentru parametrul 4.3; 3.4: actuatorul pentru rotirea uneltei - pentru parametrul 4.4; 3.5: actuatorul pentru deplasarea uneltei pe direcție verticală, intrarea Vz pentru viteză, la toate procedeele - pentru parametrul 4.5; 3.6: actuatorul pentru deplasarea uneltei pe direcție orizontală Ox, la FSW - pentru parametrul 4.6; 3.7: referința pentru viteza pe direcție orizontală Ox, din regulatorul software intern - pentru parametrul 4.7, etc.), iar în controlerul pentru automatizarea mașini MAC 5 al unității de conducere 6 se află o subrutină 7 pentru reglarea poziției Zin pe verticală a uneltei de prelucrare prin frecare 8, astfel încât poziția prescrisă este dată prin parametrul 4.1, iar reacția de poziție este dată de encoderul incremental de poziție 9 al actuatorului pentru deplasare pe verticală 3.1, iar în controlerul pentru automatizarea mașini MAC 5 al unității de conducere 6 se află și o subrutină 10 pentru reglarea forței Fz de apăsare verticală, astfel încât forța prescrisă este dată de parametrul 4.3, iar reacția de forță verticală de apăsare este dată de un traductor de forță verticală 11, astfel încât, **conform invenției**, unealta de prelucrare prin frecare 8 are posibilitatea de a funcționa, la alegere, în regim de realizare și de menținere a poziției prescrise Zin/4.1, respectiv în regim de realizare și de menținere a forței verticale de apăsare prescrise Fz/4.3, în scopul execuției operațiunii de prelucrare prin frecare, conform programului de prelucrare prin frecare 2, elaborat pe baza cerințelor tehnice din specificația pentru o piesă de prelucrat prin frecare 12, astfel încât, **conform invenției**, programul de prelucrare prin frecare 2 poate fi elaborat în numeroase variante, în funcție de procedeul de frecare abordat (de exemplu: sudare FSW 2.1, găurire prin frecare GF

2.2, filetare prin profilare FP 2.3, broșare rotativă BR 2.4), precum și în funcție de specificația fiecărei piese de prelucrat prin frecare 12, în parte (de exemplu, sudare FSW piesa 1: FSW 2.1.1, sudare FSW piesa 2: FSW 2.1.2, ... , sudare FSW piesa m: FSW 2.1.m; găurire prin frecare piesa 1: GF 2.2.1, găurire prin frecare piesa 2: GF 2.2.2, ... , găurire prin frecare piesa n: GF 2.2.n; filetare prin profilare piesa 1: FP 2.3.1, filetare prin profilare piesa 2: FP 2.3.2, ... , filetare prin profilare piesa p: FP 2.3.p; broșare rotativă piesa 1: BR 2.4.1, broșare rotativă piesa 2: BR 2.4.2, ..., broșare rotativă piesa q: BR 2.4.q, etc.), astfel încât, **conform invenției**, în controlerul pentru automatizarea mașini MAC 5 al unității de conducere 6 se acumulează mai multe programe de prelucrare prin frecare 2, care pot fi apelate în funcție de specificația tehnică a fiecărui tip de piesă de prelucrat prin frecare 12.

Observație. În descrierea de mai sus sunt menționate componentele principale ale sistemului de reglare, din nivelul superior al sistemului ierarhizat. Nu sunt menționate unele componente care fac parte din sistemele de reglare subordonate, aparținând de: actuatorul pentru deplasare orizontală Oy pentru poziționare, actuatorul pentru deplasare orizontală Ox pentru viteza tehnologică, traductorul de forță orizontală Fx, parametrii specifici pentru unelte, etc. Temperatura în zona de acționare a uneltei de frecare este monitorizată cu termocuple sau cu camera termografică, dar aceste componente nu intervin în sistemul de reglare descris.

(i) Invenția poate fi **aplicată industrial** la echipamente de prelucrare și de procesare prin frecare, în scopul perfecționării calitative a acestora, prin ridicarea nivelului de automatizare.

Procedeele de prelucrare prin frecare sunt promovate pentru creșterea productivității tehnologiilor industriale pentru producția de serie. Pregătirea adecvată a pieselor de îmbinat, mecanizarea și automatizarea permit repetabilitatea corectă a execuției și îndeplinirea cerințelor tehnice de calitate.

Aplicațiile țintă constau în elementele structurale cu acoperiri metalice anticorozive, pentru dispozitive, aparate electrice, unelte, structuri sudate sau mijloace de transport. Domeniile vizate ale aplicațiilor sunt: electrotehnică, industria prelucrătoare, construcții, material rulant și industria de automobile.

Procedeele abordate, precum și sistemul de reglare descris sunt ecologice, deoarece ele nu utilizează substanțe toxice și nu produc deșeuri sau substanțe nocive.

### Bibliografie

1. ISIM Timișoara; Nano Inteliform S.R.L. Timișoara: Proiectul "O îmbinare rapidă prin procedee alternative", acronim J-FAST. Programul Manunet. Beneficiar: UEFISCDI Bucuresti.
2. Karl-Heinz John; Michael Tiegelkamp: "IEC 61131-3: Programing Industrial Automation Systems". [http://www.dee.ufri.br/control\\_e\\_automatico/cursos/IEC61131-3\\_Programming\\_Industrial\\_Automation\\_Systems.pdf](http://www.dee.ufri.br/control_e_automatico/cursos/IEC61131-3_Programming_Industrial_Automation_Systems.pdf).
3. Omron: "NX7 series machine controller" (hardware).
4. IEC 61131-3:2013, "Programmable controllers - Part 3: Programming languages".
5. Omron: "Sysmac Studio Module Version: 1.1.7.20" (software).

## Sistem pentru reglarea parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare

### Revendicare

1. Sistem pentru reglarea parametrilor la procedee de prelucrare prin frecare, în conformitate cu figura 1, cu referire specială la reglarea poziției și a deplasării pe verticală a uneltei de prelucrare prin frecare, conform invenției, **caracterizat prin aceea că el este constituit** din: un pupitru de comandă cu ecran cu atingere 1 pentru elaborarea unui program de prelucrare (sau procesare) prin frecare 2, pentru un echipament de prelucrare (sau procesare) prin frecare 3, prin prescrierea valorilor pentru niște parametri 4 (4.1: poziția Zin pe direcție verticală Oz a uneltei; 4.2: poziția uneltei pe direcție orizontală transversală Oy pentru poziționare; 4.3: forța Fz de apăsare verticală; 4.4: turația uneltei; 4.5: viteza Vz de deplasare a uneltei pe direcție verticală, la toate procedeele; 4.6: poziția uneltei 8 pe direcție orizontală Ox; 4.7: viteza de deplasare a uneltei 8 pe direcție orizontală Ox, la FSW; etc.), care sunt transferați în programul de prelucrare prin frecare 2, aflat în controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC) 5 al unității de conducere 6 a echipamentului de prelucrare prin frecare 3, iar valorile de referință din programul de prelucrare prin frecare 2 sunt transmise la componentele aferente ale echipamentului de prelucrare prin frecare 3 (3.1: actuatorul pentru deplasare pe verticală, intrarea Zin pentru poziție - pentru parametrul 4.1; 3.2: actuatorul pentru deplasarea uneltei pe direcție orizontală Oy pentru poziționare - pentru parametrul 4.2; 3.3: referința pentru forța Fz de apăsare verticală din regulatorul software intern - pentru parametrul 4.3; 3.4: actuatorul pentru rotirea uneltei - pentru parametrul 4.4; 3.5: actuatorul pentru deplasarea uneltei pe direcție verticală, intrarea Vz pentru viteză, la toate procedeele - pentru parametrul 4.5; 3.6: actuatorul pentru deplasarea uneltei pe direcție orizontală Ox, la FSW - pentru parametrul 4.6; 3.7: referința pentru viteza pe direcție orizontală Ox, din regulatorul software intern - pentru parametrul 4.7, etc.), iar în controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC) 5 al unității de conducere 6 se află o subrutină 7 pentru reglarea poziției Zin pe verticală a uneltei de prelucrare prin frecare 8, astfel încât poziția prescrisă este dată prin parametrul 4.1, iar reacția de poziție este dată de encoderul incremental de poziție 9 al actuatorului pentru deplasare pe verticală 3.1, iar în controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC) 5 al unității de conducere 6 se află și o subrutină 10 pentru reglarea forței Fz de apăsare verticală, astfel încât forța prescrisă este dată de parametrul 4.3, iar reacția de forță verticală de apăsare este dată de un traductor de forță verticală 11, astfel încât, **conform invenției**, unealta de prelucrare prin frecare 8 are posibilitatea de a funcționa, la alegere, în regim de realizare și de menținere a poziției prescrise Zin/4.1, respectiv în regim de realizare și de menținere a forței verticale de apăsare prescrise Fz/4.3, în scopul execuției operațiunii de prelucrare prin frecare,

conform programului de prelucrare prin frezare 2, elaborat pe baza cerințelor tehnice din specificația pentru o piesă de prelucrat prin frezare 12, astfel încât, **conform invenției**, programul de prelucrare prin frezare 2 poate fi elaborat în numeroase variante, în funcție de procedeul de frezare abordat (de exemplu: sudare FSW 2.1, găurire prin frezare GF 2.2, filetare prin profilare FP 2.3, broșare rotativă BR 2.4), precum și în funcție de specificația fiecărei piese de prelucrat prin frezare 12, în parte (de exemplu, sudare FSW piesa 1: FSW 2.1.1, sudare FSW piesa 2: FSW 2.1.2, ... , sudare FSW piesa m: FSW 2.1.m; găurire prin frezare piesa 1: GF 2.2.1, găurire prin frezare piesa 2: GF 2.2.2, ... , găurire prin frezare piesa n: GF 2.2.n; filetare prin profilare piesa 1: FP 2.3.1, filetare prin profilare piesa 2: FP 2.3.2, ... , filetare prin profilare piesa p: FP 2.3.p; broșare rotativă piesa 1: BR 2.4.1, broșare rotativă piesa 2: BR 2.4.2, ... , broșare rotativă piesa q: BR 2.4.q, etc.), astfel încât, **conform invenției**, în controlerul pentru automatizarea mașinii (MAC) 5 al unității de conducere 6 se acumulează mai multe programe de prelucrare prin frezare 2, care pot fi apelate în funcție de specificația tehnică a fiecărui tip de piesă de prelucrat prin frezare 12.

## DESENE

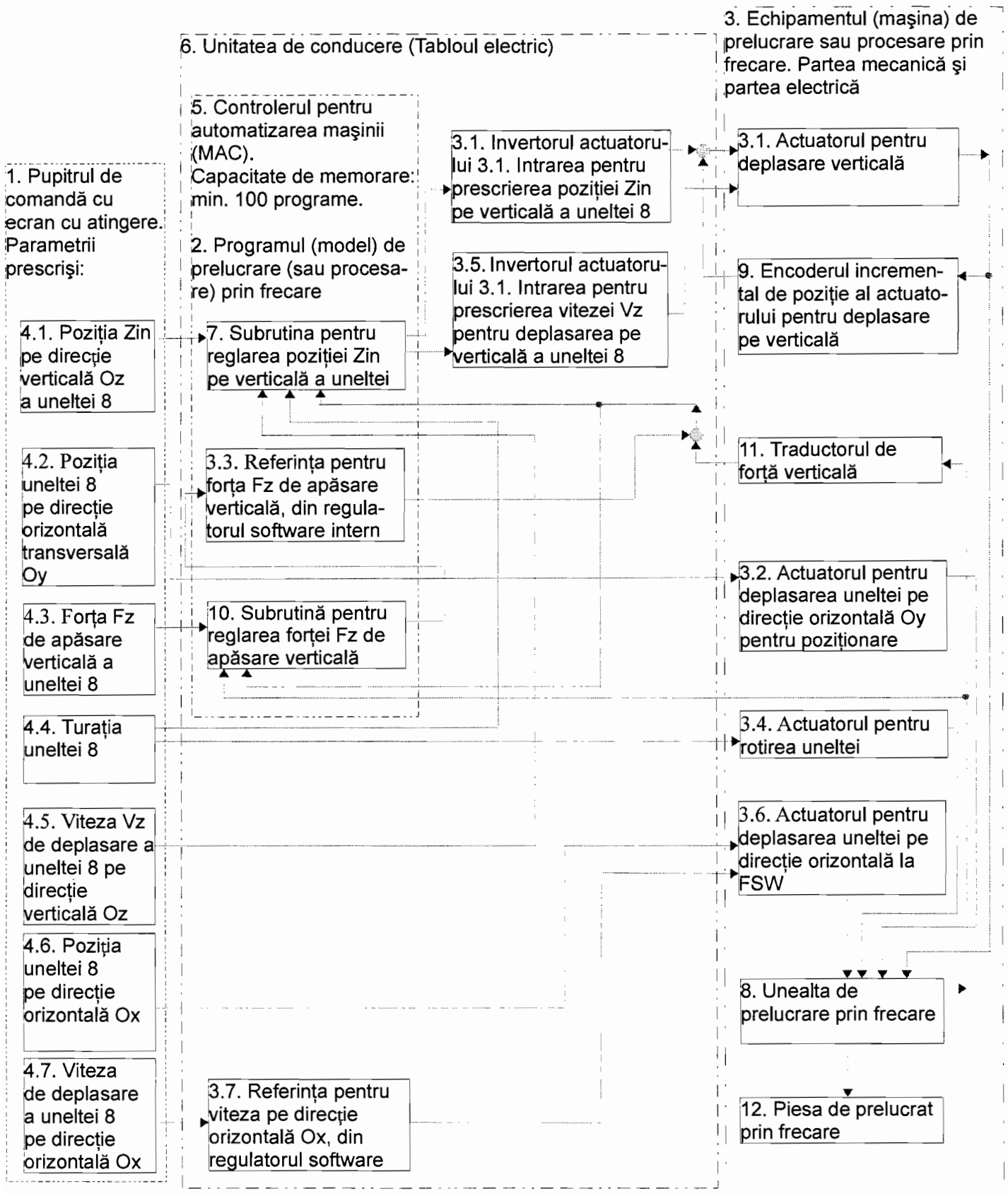


Figura 1.  
Organigrama sistemului pentru reglarea parametrilor  
la procedee de prelucrare prin frecare  
Pag. 1 / 1

## DESENE

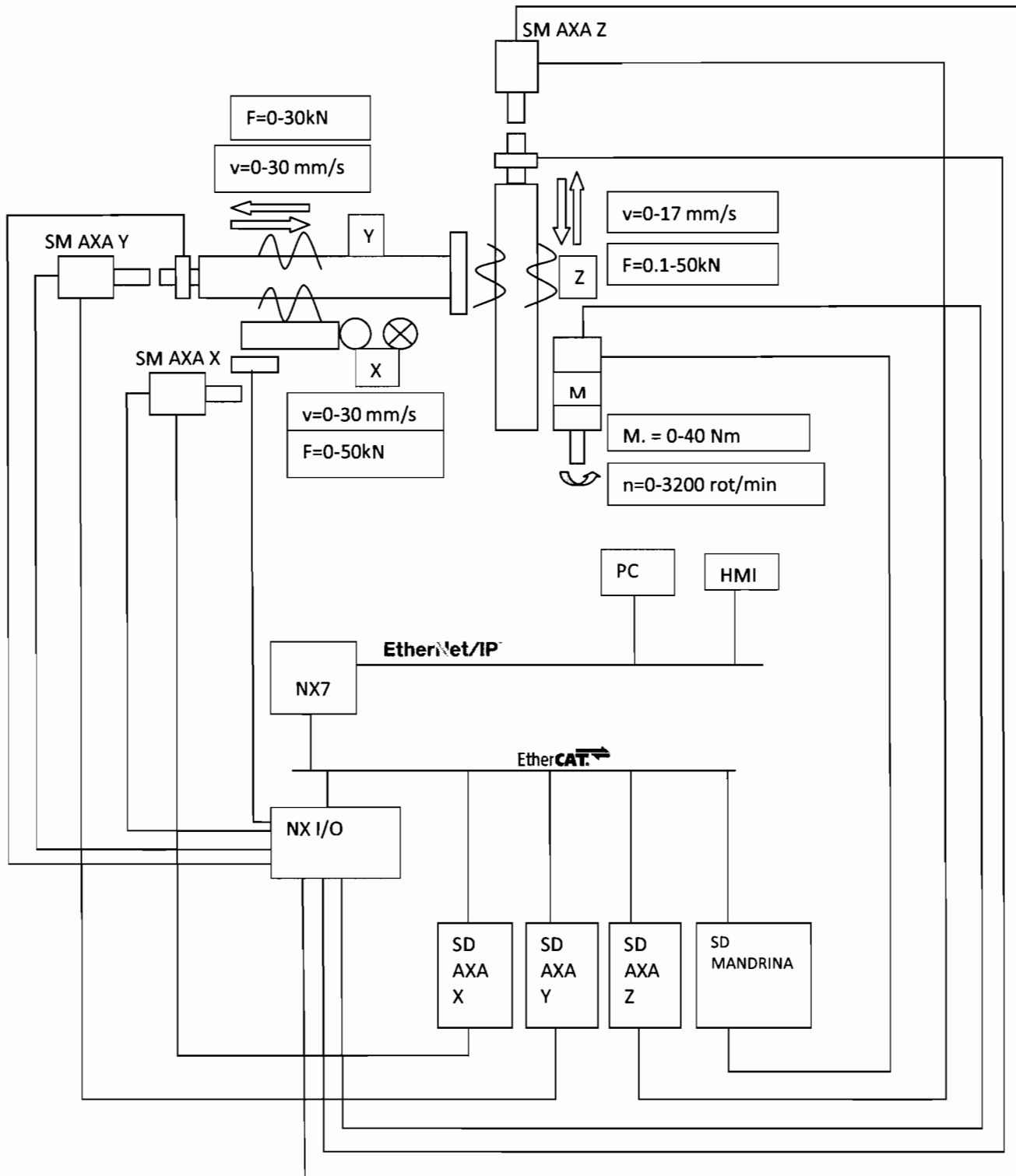


Figura 2.

Schema bloc a mașinii de prelucrare sau procesare,  
pe care se implementează sistemul pentru reglarea parametrilor  
(SD = ServoDrive, SM= ServoMotor)

# DESENE

Sudura FSW\_10

new\_Controller\_0 SUDURA

Program0 SUDURA

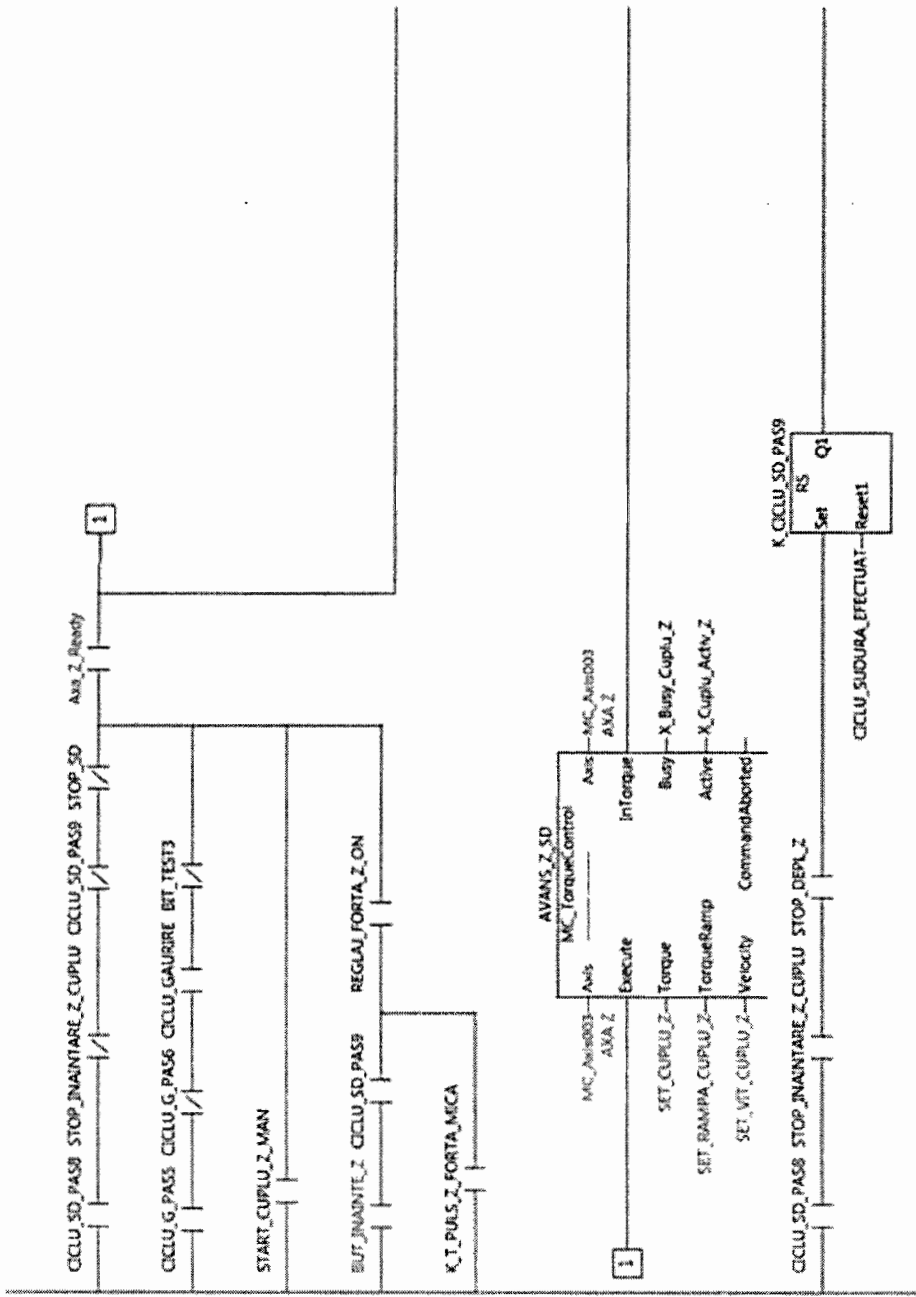


Figura 3. Secvență din subrutina pentru reglarea poziției Zin pe verticală a uneltei



# DESENE

Program 0 SUDURA

new\_Controller\_0\_SUDURA

Sudura FSW\_10

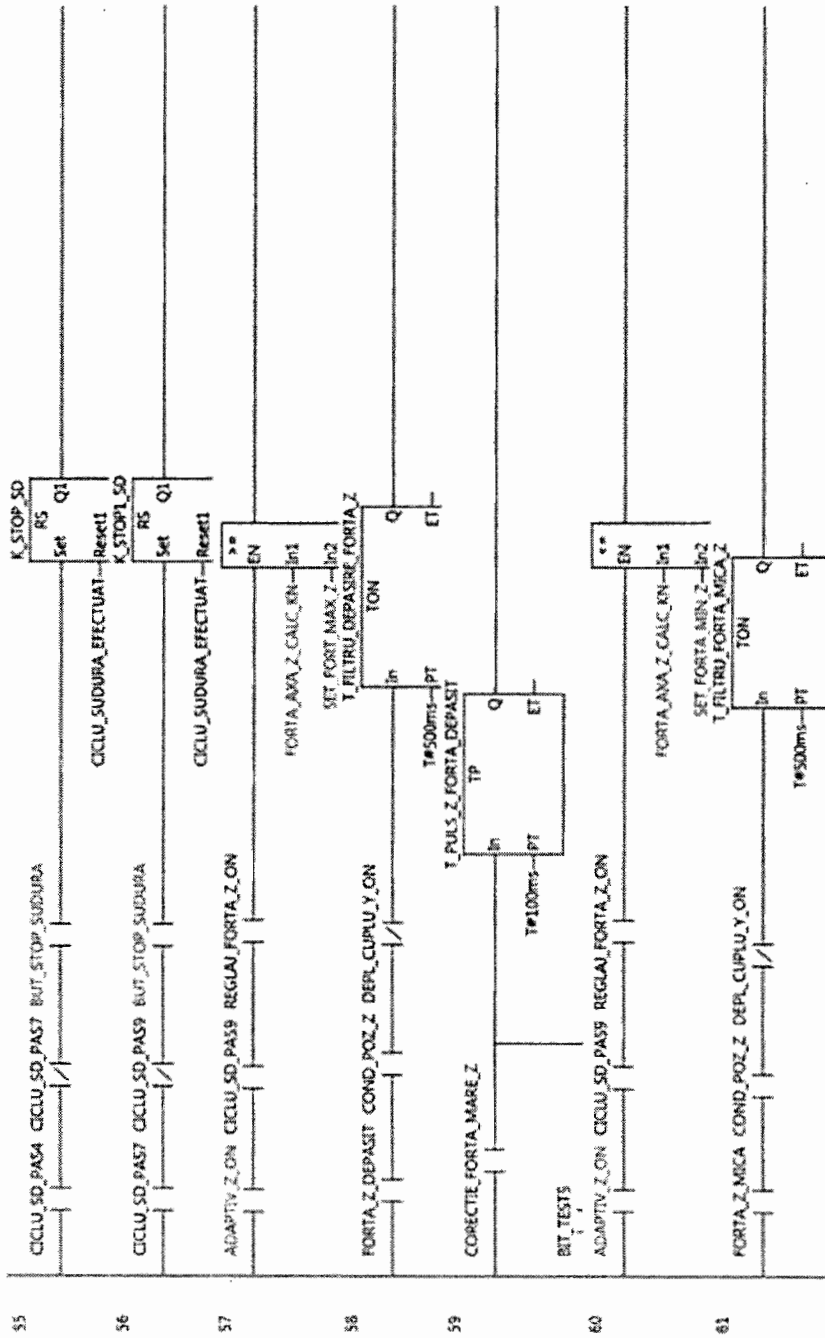


Figura 4. Secvență din subrutina pentru reglarea forței Fz de apăsare verticală