



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00371

(22) Data de depozit: 15/12/2015

(30) Prioritate:  
18/12/2014 US 14/575, 819

(41) Data publicării cererii:  
29/12/2017 BOPI nr. 12/2017

(86) Cerere internațională PCT:  
Nr. US 2015/065721 15/12/2015

(87) Publicare internațională:  
Nr. WO 2016/100283 23/06/2016

(71) Solicitant:  
• GENERAL ELECTRIC COMPANY,  
1 RIVER ROAD, SCHENECTADY,  
NEW YORK, NY, US

(72) Inventatori:  
• SINGNAL KALPESH, NISKAYUNA,  
NEW YORK, US;  
• SIVARAMAKRISHNAN SHYAM,  
NISKAYUNA, NEW YORK, US;  
• ZAMANIAN FATEMEH, NISKAYUNA,  
NEW YORK, US

(74) Mandatar:  
ROMINVENT S.A.,  
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,  
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(54) METODE ȘI SISTEM PENTRU ÎMBUNĂȚĂȚIREA DEBITULUI  
UNUI FLUID INDUS DE O UNITATE DE POMPARE  
CU PRĂJINI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la metode și sistem pentru îmbunătățirea debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini. Sistemul conform invenției include unul sau mai mulți senzori și o unitate de pompare cu prăjini, configurată pentru a controla mișcarea cursei unității de pompare cu prăjini, unitatea de comandă de pompare fiind configurată:

- să inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini,
- să recepționeze date de senzori de la unul sau mai mulți senzori;
- după o determinare a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, să realizeze o primă reglare a sincronizării curente a cursei, și revenirea la etapa a;
- după o determinare a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, să realizeze o a doua reglare a sincronizării curente a cursei, și revenirea la etapa a; și
- după determinarea niciunei încălcări cel puțin a unui set de constrângeri, să realizeze o a treia reglare a sincronizării curente, și revenirea la etapa a.

Revendicări: 29  
Figuri: 8

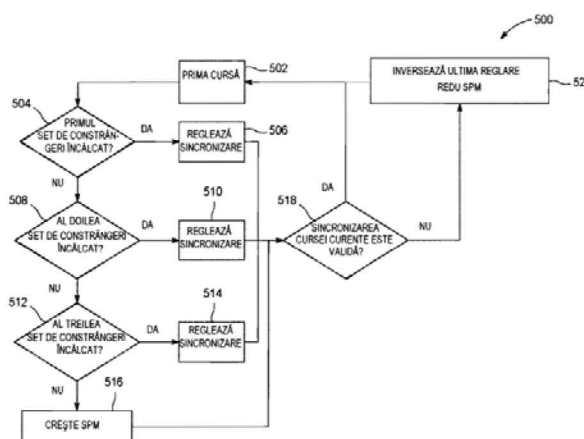


Fig. 5

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod vizorului, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



34

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2017 0341
Data depozit ... 15.12.2015

## **METODE ȘI SISTEM PENTRU ÎMBUNĂTĂȚIREA DEBITULUI UNUI FLUID INDUS DE O UNITATE DE POMPARE CU PRĂJINI**

**[0001]** Domeniul invenției se referă, în general, la comandarea unităților de pompare cu prăjini și, mai specific, la metode și la un sistem pentru controlul unei unități de pompare cu prăjini pentru a crește debitul unui fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini.

**[0002]** Cele mai cunoscute unități de pompare cu prăjini (cunoscute și ca unități de pompare de suprafață) sunt utilizate în puțuri pentru a induce curgerea unui fluid, de exemplu petrol și apă. Funcția principală a unității de pompare liniară este de a transforma mișcarea de rotație de la un motor de bază (de exemplu, un motor sau un motor electric) într-o mișcare alternativă deasupra capului de sondă. Această mișcare este, la rândul ei, utilizată pentru a antrena alternativ o pompă de fund printr-o conexiune cu ajutorul unei garnituri de prăjini de pompare. Garnitura de prăjini de pompare, care se poate extinde mile în lungime, transmite mișcarea alternativă de la capul puțului de la suprafață la supapele subterane într-o zonă prezentând fluid a puțului. Mișcarea alternativă a supapelor induce curgerea fluidului către în sus pe lungimea garnituri de prăjini de pompare la capul puțului.

**[0003]** Unitățile de pompare cu prăjini sunt expuse la o gamă largă de condiții. Acestea variază în funcție de utilizarea puțului, de tipul și proporțiile mecanismului de articulare a unităților de pompare și de condițiile puțului. Mai mult, condițiile puțului, cum ar fi presiunea la fundului puțului, se pot schimba în timp. Aceste condiții pot cauza variabilitatea debitului de fluid. În plus, aceste condiții afectează garnitura de prăjini de pompare. Garnitura de prăjini de pompare transmite sarcini dinamice de la pompa de la fundul puțului și unitatea de pompare cu prăjini. Garnitura de prăjini de pompare se comportă similar cu un arc pe distanțe lungi. Prăjina de pompare se alungește și se retrage pe baza expunerii la eforturi de alungire variabile. Răspunsul garniturii de prăjini de pompare este amortizat oarecum datorită imersării sale într-un fluid vâscos (apă și petrol), dar profilul de mișcare al unității de pompare cu prăjini combinat cu încărcarea funcției de salt a pompei lasă în general puțin timp pentru ca oscilațiile să se diminueze înainte de apariția următoarei perturbații.

[0004] Unitatea de pompare cu prăjini imprimă o mișcare variabilă continuă pe garnitura de prăjini de pompare. Garnitura de prăjini de pompare răspunde la mișcarea variabilă prin trimiterea de unde de solicitare variabile în jos pe lungimea sa pentru a-și modifica propria mișcare. Garnitura de prăjini de pompare se întinde și se contractă pe măsură ce dezvoltă forța necesară pentru a deplasa pompa și fluidul de la fundul puțului. Unitatea de pompare cu prăjini, detașându-se de efectele de frecare și inerția fluidului, tinde să-și revină sub forța elastică de la garnitura de prăjini de pompare inițiind un răspuns oscilatoriu suplimentar în garnitura de prăjini de pompare. Deplasarea undelor de efort de la surse multiple interferează unele cu altele de-a lungul garniturii de prăjini de pompare (unele constructiv, altele distructiv), pe măsură ce traversează lungimea sa și reflectă variațiile de sarcină înapoi la unitatea de pompare cu prăjini, unde pot fi măsurate.

#### SCURTĂ DESCRIERE

[0005] Într-un aspect, este prevăzut un sistem pentru creșterea debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini. Sistemul include unul sau mai mulți senzori configurați pentru a monitoriza una sau mai multe condiții ale unității de pompare cu prăjini și pentru a genera semnale reprezentând date de senzori pe baza uneia sau mai multor condiții și o unitate de comandă de pompare cuprinzând un procesor și o memorie. Unitatea de comandă de pompare este în comunicație cu unul sau mai mulți senzori și este configurată să controleze mișcarea cursei unității de pompare cu prăjini, controlând astfel debitul de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini. Unitatea de comandă de pompare este configurată să (a) inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini. Acea cel puțin o cursă se bazează pe datele de timp al cursei curente, iar datele de timp al cursei curente includ o valoare pentru curse pe minut (SPM). Unitatea de comandă de pompare este, de asemenea, configurată să (b) recepționeze semnale reprezentând date de senzori de la unul sau mai mulți senzori; (c) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, realizarea unei prime reglări la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a), (d) după o determinare, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, efectuarea unei a doua reglări a sincronizării cursei curente și revenirea la etapa (a); și (e), după o determinare, pe baza datelor de senzori, a nici unei

încălcări a cel puțin unui set de constrângeri, realizarea unei a treia reglări la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a).

**[0006]** Într-un alt aspect, este prevăzută o metodă bazată pe calculator pentru creșterea debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini. Metoda este implementată folosind o unitate de comandă de pompare în comunicație cu o memorie. Metoda include (a) inițierea a cel puțin a unei curse a unității de pompare cu prăjini. Acea cel puțin o cursă se bazează pe datele de timp al cursei curente, iar datele de timp al cursei curente includ o valoare pentru curse pe minut (SPM). Metoda include de asemenea (b) recepționarea semnalelor reprezentând datele de senzori de la unul sau mai mulți senzori. Acel unul sau mai mulți senzori sunt configurați pentru a monitoriza una sau mai multe condiții ale unității de pompare cu prăjini și pentru a genera semnale reprezentând date de senzori pe baza uneia sau mai multor condiții. Metoda include suplimentar (c), după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, efectuarea unei prime ajustări a sincronizării cursei curente, și revenirea la etapa (a), (d) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, efectuarea unei a doua ajustări a sincronizării cursei curente, și revenirea la etapa (a); și (e) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a nici unei încălcări a cel puțin unui set de constrângeri, efectuarea unei a treia reglări a sincronizării cursei curente și revenirea la etapa (a).

**[0007]** Într-un alt aspect, este prevăzut un dispozitiv de stocare citibil de calculator având instrucțiuni executabile de procesor încorporate pe acesta pentru îmbunătățirea debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini. Atunci când sunt executate de o unitate de comandă de pompare cuplată comunicativ la o memorie, instrucțiunile executabile de procesor determină ca unitatea de comandă de pompare să (a) inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini. Acea cel puțin o cursă se bazează pe datele de timp al cursei curente, iar datele de timp al cursei curente includ o valoare pentru curse pe minut (SPM). Instrucțiunile executabile de procesor determină, de asemenea, ca unitatea de comandă de pompare să (b) recepționeze semnale reprezentând date de senzori de la unul sau mai mulți senzori. Acel unul sau mai mulți senzori sunt configurați să monitorizeze una sau mai multe condiții ale unității de pompare cu prăjini și să genereze semnale reprezentând date de senzori pe baza acelei

una sau mai multe condiții. Instrucțiunile executabile de procesor determină suplimentar unitatea de comandă de pompare să (c) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, efectueze o primă ajustare la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a); d) după o determinare, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, să efectueze o a doua ajustare la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a); și (e) după o determinare, pe baza datelor de senzori, a nici unei încălcări a cel puțin unui set de constrângeri, să efectueze o a treia reglare la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a).

#### DESENE

**[0008]** Acestea și alte caracteristici, aspecte și avantaje ale prezentei dezvoltări vor deveni mai bine înțelese atunci când următoarea descriere detaliată este citită cu referire la desenele însoțitoare, în care caracterele asemănătoare reprezintă părți similare pe parcursul desenelor, în care:

**[0009]** FIG. 1A este o vedere în secțiune transversală a unei unități de pompare cu prăjini exemplificative, într-o poziție complet retrasă;

**[0010]** FIG. 1B este o vedere în secțiune transversală a unității de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A, într-o poziție complet extinsă;

**[0011]** FIG. 2 este o vedere schematică a unui sistem pentru comanda unității de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B;

**[0012]** FIG. 3 este o vedere schematică a unei configurații exemplificative a unei unități de comandă de pompare care poate fi utilizată împreună cu sistemul prezentat în FIG. 2;

**[0013]** FIG. 4 este o vedere grafică a unui profil de viteză exemplificativ al unei curse a unității de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B;

**[0014]** FIG. 5 este o schemă bloc a unui proces de pompare utilizând unitatea de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B;

**[0015]** FIG. 6 este o schemă bloc a unui prim proces de reglare bazat pe reglarea sincronizării cursei curente după ce primul set de constrângeri este încălcat, așa cum este prezentat în FIG. 5;

**[0016]** FIG. 7 este o schemă bloc a unui al doilea proces de reglare bazat pe reglarea sincronizării cursei curente după ce al doilea set de constrângeri este încălcat, așa cum este prezentat în FIG. 5; și

**[0017]** FIG. 8 este o schemă bloc a unui al treilea proces de reglare bazat pe reglarea sincronizării cursei curente după ce al treilea set de constrângeri este încălcat, așa cum este prezentat în FIG. 5.

**[0018]** Dacă nu se indică altfel, desenele furnizate aici sunt menite să ilustreze caracteristicile exemplilor de realizare a invenției. Aceste caracteristici se consideră a fi aplicabile într-o mare varietate de sisteme cuprinzând una sau mai multe exemple de realizare a invenției. Ca atare, desenele nu sunt menite să includă toate caracteristicile convenționale cunoscute de persoanele cu pregătire medie în domeniu ca fiind necesare pentru implementarea exemplilor de realizare dezvăluite aici.

#### DESCRIEREA DETALIATĂ

**[0019]**În următoarea descriere și în revendicări, se va face referire la un număr de termeni, care vor fi definiți ca având următoarele semnificații.

**[0020]**Formele singulare "un", "o" și "-ul" includ referințele la plural, cu excepția cazului în care contextul dictează în mod clar altfel.

**[0021]** "Opțional" sau "în mod opțional" înseamnă că evenimentul sau circumstanța descrisă ulterior poate sau nu poate să aibă loc și că descrierea include situațiile în care are loc evenimentul și cazurile în care nu au loc.

**[0022]** Limbajul aproximativ, așa cum este utilizată aici în întreaga descriere și în revendicări, poate fi aplicat pentru a modifica orice reprezentare cantitativă care poate varia în mod permisibil fără a rezulta într-o modificare a funcției de bază la care este asociat. În consecință, o valoare modificată de un termen sau termeni, cum ar fi "în jur de", "aproximativ" și "substanțial", nu trebuie să se limiteze la valoarea precisă specificată. Cel puțin în unele cazuri, limbajul aproximativ poate corespunde preciziei unui instrument pentru măsurarea valorii. Aici și în întreaga descriere și revendicări, limitele intervalului pot fi combinate și schimbate, astfel de intervale sunt identificate și includ toate sub-intervalele conținute în acesta, cu excepția cazului în care contextul sau limbajul indică altfel.

**[0023]** Așa cum sunt utilizați în cadrul de față, termenii "procesor" și "calculator" și termenii asociați, de exemplu, "dispozitiv de procesare", "dispozitiv de calcul" și "controler", nu sunt limitați doar la acele circuite integrate menționate în domeniu ca un calculator, ci se referă în sens general la un microcontroler, un microcalculator, un controler logic programabil (PLC), un circuit integrat specific aplicației și alte circuite programabile, iar acești termeni sunt utilizați în mod interschimbabil aici. În exemplele de realizare descrise aici, memoria poate include, dar nu se limitează la, un mediu citibil de calculator, cum ar fi o memorie cu acces aleatoriu (RAM) și un mediu nevolatil citibil de calculator, cum ar fi memoria flash. În mod alternativ, pot fi utilizate și o dischetă, o memorie doar în citire – disc compact (CD-ROM), un disc magneto-optic (MOD) și /sau un disc versatil digital (DVD). De asemenea, în exemplele de realizare descrise aici, canalele suplimentare de intrare pot fi, dar nu se limitează la, periferice de calculator asociate cu o interfață de operare, cum ar fi un mouse și o tastatură. În mod alternativ, pot fi utilizate și alte periferice de calculator care pot include, de exemplu, dar nu se limitează la, un scanner. Mai mult decât atât, în exemplul de realizare ilustrativ, canalele suplimentare de ieșire pot include, dar nu se limitează la, un monitor interfață pentru operator.

**[0024]** Mai mult, așa cum se utilizează aici, termenii "software" și "micro-instrucțiuni" sunt interschimbabili și includ orice program de calculator stocat în memorie pentru a fi executat de calculatoare personale, stații de lucru, clienți și servere.

**[0025]** Așa cum este utilizat aici, termenul "mediu citibil de calculator non-tranzitoriu" este conceput a fi reprezentativ pentru orice dispozitiv tangibil bazat pe calculator implementat în orice metodă sau tehnologie pentru stocarea pe termen scurt și pe termen lung a informațiilor, cum ar fi, instrucțiuni citibile de calculator, structuri de date, module de program și sub-module sau alte date din orice dispozitiv. Prin urmare, metodele descrise aici pot fi codificate ca instrucțiuni executabile încorporate într-un mediu tangibil, non-tranzitoriu citibil de calculator, incluzând, fără limitare, un dispozitiv de stocare și un dispozitiv de memorie. Aceste instrucțiuni, atunci când sunt executate de un procesor, determină procesorul să efectueze cel puțin o parte din metodele descrise aici. Mai mult, așa cum este utilizat aici, termenul "mediu citibil de calculator, non-tranzitoriu" include toate mediile tangibile citibile de calculator incluzând, fără a se

limita la, dispozitive de stocare pe calculator non-tranzitorii incluzând, fără limitare, mediile volatile și nevolatile și medii detașabile sau nedetașabile, cum ar fi micro-instrucțiuni, mijloace de stocare fizică și virtuală, CD-ROM-uri, DVD-uri și orice altă sursă digitală, cum ar fi o rețea sau Internet, precum și mijloacele digitale care urmează să fie dezvoltate, cu singura excepție să fie un semnal de propagare, tranzitoriu.

**[0026]** Mai mult, așa cum este utilizat aici, termenul "în timp real" se referă la cel puțin unul dintre momentul de apariție a evenimentelor asociate, timpul de măsurare și colectare a datelor predeterminate, timpul de procesare a datelor și timpul unui răspuns al sistemului la evenimente și mediu. În exemplele de realizare descrise aici, aceste activități și evenimente apar în mod substanțial instantaneu.

**[0027]** Sistemul de comandă al pompării cu prăjini, așa cum este descris aici, furnizează o metodă eficientă din punct de vedere al costului pentru controlul unei unități de pompare cu prăjini pentru a spori debitul unui fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini pe baza condițiilor curente ale puțului. Mai mult decât atât, mișcarea unității de pompare cu prăjini este actualizată în mod repetat pentru a se asigura că mișcarea garnituri de prăjini de pompare nu va deteriora garnitura de prăjini de pompare, unitatea de pompare cu prăjini sau puțul în sine. De asemenea, sistemul și metodele descrise aici nu se limitează la nici un unic set predefinit de condiții de puț. De exemplu, sistemul și metodele descrise aici pot fi utilizate cu condiții de puț variabile și se pot adapta în timp pe măsură ce condițiile se schimbă. Ca atare, mărimea debitului de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini este în mod constant actualizată pentru a fi îmbunătățită pe baza condițiilor curente ale puțului și a capacităților unității de pompare cu prăjini. Ca atare, producția și eficiența unităților de pompare cu prăjini sunt crescute.

**[0028]** FIG. 1A și 1B sunt vederi în secțiune transversală ale unei unități de pompare cu prăjini **100** exemplificative, în pozițiile complet retrasă (**1A**) și complet extinsă (**1B**). În exemplul de realizare, unitatea de pompare cu prăjini **100** (cunoscută și ca o unitate de pompare liniară) este o unitate de pompare cu prăjini orientată vertical având un vector vertical de mișcare liniară situat adiacent unei cap de puț **102**. Unitatea de pompare cu prăjini **100** este configurată pentru a transfera mișcarea liniară verticală într-un puț subteran (nereprezentat) printr-o garnitură de prăjini de pompare (nereprezentată) pentru a induce curgerea unui fluid. Unitatea de pompare cu prăjini



**100** include un vas sub presiune **104** cuplat la o structură de bază de montaj **106**. În unele exemple de realizare, structura de bază de montaj **106** este ancorată la o fundație stabilă situată adiacent puțului subteran producător de fluid. Vasul sub presiune **104** poate fi compus dintr-un corp de carcasă **108** cilindric sau altă formă adecvată, construit din placă profilată și flanșe de capăt turnate sau prelucrate **110**. Atașate la flanșele de capăt **110** sunt capetele de presiune superior și inferior **112** și **114**, respectiv.

[0029] Penetrând capetele superior și inferior **112** și respectiv **114** ale vasului sub presiune respectiv, este prevăzut un ansamblu de acționare liniară **116**. Acest ansamblu de acționare liniară **116** include un șurub filetat orientat vertical **118** (cunoscut și ca un șurub cu rolă), o piuliță tip rolă planetară **120** (cunoscută și ca un ansamblu piuliță șurub cu rolă), un piston de împingere **122** într-un tub de piston de împingere **124** și un tub de ghidare **126**,

[0030] Șurubul cu rolă **118** este montat pe o suprafață interioară **128** a capului inferior **114** al vasului sub presiune și se extinde până la capul superior **112** al vasului sub presiune. Extensia arborelui șurubului cu rolă **118** continuă sub capul inferior al vasului sub presiune **114** pentru a se conecta cu un cuplaj de compresiune (nereprezentat) al unui motor **130**. Motorul **130** este cuplat la un dispozitiv de acționare cu viteză variabilă (VSD) (nereprezentat) configurat astfel încât viteza de rotație a motorului **130** să poată fi reglată în mod continuu. De asemenea, VSD inversează direcția de rotație a motorului **130**, astfel încât intervalul său de cuplu și viteză poate fi dublat efectiv. Șurubul cu rolă **118** este acționat în direcția acelor de ceasornic pentru cursa ascendentă și în sens invers acelor de ceasornic pentru cursa descendentă. Motorul **130** este în comunicație cu un controler al unității de pompare **132**. În exemplul de realizare ilustrativ, controlerul unității de pompare **132** transmite comenzi către motorul **130** și VSD pentru a controla viteza, direcția și cuplul șurubului cu rolă **118**.

[0031] În interiorul vasului sub presiune **104**, porțiunea filetată a șurubului cu rolă **118** este interfațată cu ansamblul piuliță șurub cu rolă planetar **120**. Ansamblul piuliță **120** este atașat fix la segmentul inferior al pistonului de împingere **122** astfel încât, pe măsură ce șurubul cu rolă **118** se rotește în direcția acelor de ceasornic, pistonul de împingere **122** se deplasează către în sus. În timpul rotirii în sens invers acelor de ceasornic a șurubului cu rolă **118**, pistonul de împingere **122** se mișcă în jos. Acest lucru

este arătat în general în FIG. 1A și 1B. Tubul de ghidare **126** este amplasat coaxial în jurul tubului de piston de împingere **124** și montat static la capul inferior al vasului sub presiune **114**. Tubul de ghidare **126** se extinde în sus prin corpul de carcasă **108** pentru a culisa în capul superior al vasului sub presiune **112**.

**[0032]** Pistonul superior **134** și un ansamblu de tambur de cablu **136** sunt cuplate și sigilate fix la capătul superior al pistonului de împingere **122**. Ansamblul tambur de cablu **136** include un ax **138** care trece lateral prin secțiunea superioară a pistonului superior **134**. Un cablu **140** trece prin ansamblul tambur de cablu **136** rezemat în canelurile prelucrate în diametrul exterior al ansamblului tambur de cablu **136**. Cablul **140** este cuplat la ancorele **142** de pe structura de bază de montaj **106** pe partea vasului sub presiune **104**, opusă capului de puț **102**. La capul puțului, pe partea vasului sub presiune **104**, cablul **140** este cuplat la o bară suport **144** care, la rândul său, este cuplată la o tijă lustruită **146** care se extinde din capul de puț **102**.

**[0033]** Unitatea de pompare cu prăjini **100** transmite forța liniară și mișcarea prin intermediul ansamblului piuliță șurub cu rolă planetară **120**. Motorul **130** este cuplat la elementul rotativ al ansamblului piuliță șurub cu rolă planetară **120**. Prin rotirea fie în sensul acelor de ceasornic, fie în sens invers acelor de ceasornic, motorul **130** poate influența mișcarea de translație a piuliței rolă planetară **120** (și prin conectare, la pistonul de împingere **122**) de-a lungul lungimii șurubului cu rolă **118**.

**[0034]** FIG. 2 este o vedere schematică a unui sistem **200** pentru controlul unității de pompare cu prăjini **100** (prezentat în FIG. 1A și 1B), în exemplul de realizare ilustrativ, sistemul **200** este utilizat pentru compilarea și răspunderea la datele de la o multitudine de senzori **230** și controlul cursei unității de pompare cu prăjini **100**. Senzorii **230** sunt în comunicație cu o unitate de comandă de pompare **212**. Senzorii **230** se conectează la unitatea de comandă de pompare **212** prin numeroase interfețe, incluzând, fără limitare, o rețea, cum ar fi o rețea cu arie locală (LAN) sau o rețea cu arie largă (WAN), conexiuni prin apelare, modem-uri de cablu, conexiune la Internet, wireless, și linii speciale de mare viteză pentru Rețea Digitală pentru Servicii integrate (ISDN). Senzorii **230** primesc date despre condițiile unității de pompare cu prăjini **100** și raportează aceste condiții către unitatea de comandă de pompare **212**. Unitatea de

comandă de pompă 212 poate include, dar fără a se limita la, un controler de unitate de pompă 124 (prezentat în FIG. 1).

[0035] Unitatea de comandă de pompă 212 este în comunicație cu motorul de comandă de pompă 240. În exemplul de realizare ilustrativ, motorul de comandă de pompă 240 include motorul 134 (prezentat în FIG.1A) și un VSD (nereprezentat). Motorul de comandă de pompă 240 transmite date către unitatea de comandă de pompă 212 și primește comenzi de la unitatea de comandă de pompă 212. Sistemul de comandă de pompă 240 se conectează la unitatea de comandă de pompă 212 prin numeroase interfețe, incluzând, fără limitare, o rețea, cum ar fi o rețea cu arie locală (LAN) sau o rețea cu arie largă (WAN), conexiuni prin apelare, modem-uri de cablu, conexiune la Internet, wireless, și linii speciale de mare viteză pentru Rețea Digitală pentru Servicii integrate (ISDN).

[0036] Un server bază de date 216 este cuplat la baza de date 220, care conține informații despre o varietate de aspecte, așa cum este descris mai jos în detaliu. Într-un exemplu de realizare, baza de date centralizată 220 este stocată pe unitatea de comandă de pompă 212. Într-un exemplu alternativ de realizare, baza de date 220 este stocată la distanță de unitatea de comandă de pompă 212 și poate fi necentralizată. În unele exemple de realizare, baza de date 220 include o singură bază de date având secțiuni sau partiții separate sau în alte variante de realizare, baza de date 220 include mai multe baze de date, fiecare fiind separată una de alta. Baza de date 220 stochează datele de stare primite de la mai mulți senzori 230. În plus, baza de date 220 stochează constrângerile, datele componentelor, specificațiile componentelor, ecuații și datele despre istoric generate ca parte a colectării datelor de stare de la mai mulți senzori 230.

[0037] În unele exemple de realizare, unitatea de comandă de pompă 212 este în comunicație cu un dispozitiv client (nereprezentat). Unitatea de comandă de pompă 212 se conectează la dispozitivul client prin mai multe interfețe, incluzând, fără a se limita la o rețea, cum ar fi o rețea cu arie locală (LAN) sau o rețea extinsă (WAN), conexiune de apelare, modem-uri de cablu, conexiune Internet, wireless și linii speciale de mare viteză Rețea Digitală pentru Servicii Integrate (ISDN). În aceste exemple de realizare, unitatea de comandă de pompă 212 transmite date despre funcționarea

unității de pompare cu prăjini **100** către dispozitivul client. Aceste date ar putea include date de la senzori, curse pe minut curente și alte date operaționale pe care dispozitivul client le-ar putea monitoriza. Mai mult decât atât, unitatea de comandă de pompare **212** poate primi instrucțiuni suplimentare de la dispozitivul client. În plus, dispozitivul client poate accesa baza de date **220** prin unitatea de comandă de pompare **212**. Dispozitivul client ar putea prezenta datele de la o unitate de comandă de pompare la un utilizator. În alte exemple de realizare, unitatea de comandă de pompare poate include o unitate de afișare (nu este prezentată) pentru a afișa date direct către un utilizator.

[0038] FIG. 3 este o vedere schematică a unei configurații ilustrative a unității de comandă de pompare **212** care poate fi utilizată cu sistemul **200** (prezentat în FIG.2). Mai precis, dispozitivul de calculator server **301** poate include, dar fără a se limita la, unitatea de comandă de pompare **212** și serverul de bază de date **216** (prezentat în FIG.2). Dispozitivul de calculator server **301** include, de asemenea, un procesor **305** pentru executarea instrucțiunilor. Instrucțiunile pot fi stocate într-o zonă de memorie **310**. Procesorul **305** poate include una sau mai multe unități de procesare (de exemplu, într-o configurație cu mai multe nuclee).

[0039] Procesorul **305** este cuplat funcțional la o interfață de comunicație **315**, astfel încât dispozitivul calculator server **301** este capabil să comunice cu un dispozitiv la distanță, cum ar fi un alt dispozitiv calculator server **301**, senzorii **230** sau motorul de comandă de pompare **240** (ambele ilustrate în FIG.2). De exemplu, interfața de comunicație **315** poate recepționa date de la senzorii **230** printr-o rețeaua LAN, așa cum este ilustrat în FIG. 2.

[0040] Procesorul **305** poate fi, de asemenea, cuplat funcțional la un dispozitiv de stocare **334**. Dispozitivul de stocare **334** este orice hardware care funcționează pe calculator adecvat pentru stocarea și/sau recuperarea datelor, cum ar fi, dar fără a se limita la, datele asociate cu baza de date **220** (prezentată în FIG.2). În unele exemple de realizare, dispozitivul de stocare **334** este integrat în dispozitivul calculator server **301**. De exemplu, dispozitivul calculator server **301** poate include una sau mai multe unități de hard disk drept dispozitiv de stocare **334**. În alte exemple de realizare, dispozitivul de stocare **334** este extern dispozitivului de calculator server **301** și poate fi accesat de o multitudine de dispozitive de calculator server **301**. De exemplu, dispozitivul de stocare

**334** poate include o rețea de arie de stocare (SAN), un sistem de stocare atașat rețelei (NAS) și/sau mai multe unități de stocare, cum ar fi hard disk-uri și/sau discuri stare solidă într-un șir redundant al configurației de discuri ieftine (RAID).

[0041] În unele exemple de realizare, procesorul **305** este cuplat funcțional la dispozitivul de stocare **334** printr-o interfață de stocare **320**. Interfața de stocare **320** este orice component capabil să furnizeze procesorului **305** acces la dispozitivul de stocare **334**. Interfața de stocare **320** poate include, de exemplu, un adaptor Advanced Technology Attachment (ATA), un adaptor Serial ATA (SATA), un adaptor Small Calculator System Interface (SCSI), un controller RAID, un adaptor SAN, un adaptor de rețea și/sau orice component care furnizează procesorului **305** acces la dispozitivul de stocare **334**.

[0042] Procesorul **305** execută instrucțiuni executabile de calculator pentru implementarea aspectelor dezvoltării. În unele exemple de realizare, procesorul **305** este transformat într-un microprocesor cu scop special prin executarea instrucțiunilor executabile de calculator sau prin programarea în alt mod. De exemplu, procesorul **305** este programat cu instrucțiuni așa cum este descris suplimentar mai jos.

[0043] FIG. 4 este o vedere grafică a unui profil de viteză exemplificativ **400** al unei curse a unității de pompare cu prăjini **100** (prezentată în FIG. 1A și 1B). Profilul de viteză **400** ilustrează viteza pistonului superior **134** (prezentat în FIG. 1B). Axa x a profilului de viteză **400** este timpul T, iar axa y este viteza pistonului superior **134** în raport cu structura de bază de montaj **106** (ambele reprezentate în FIG. 1A). Timpul T reprezintă timpul necesar unității de pompare cu prăjini **100** pentru a finaliza o cursă din starea complet retrasă în starea complet extinsă și înapoi în starea complet retrasă. Prin urmare, dacă T este egal cu 60 de secunde, atunci unitatea de pompare cu prăjini **100** încheie 1 cursă pe minut (SPM). Dacă T este egal cu 10 secunde, atunci SPM este 6.

[0044] În partea stângă a profilului de viteză la momentul de timp  $T = 0$ , unitatea de pompare cu prăjini **100** este retrasă complet, așa cum este prezentat în FIG. 1A. Time Tup reprezintă valoarea de timp necesară pentru ca unitatea de pompare cu prăjini să treacă din starea complet retrasă la starea complet extinsă. Tup este, de asemenea, cunoscut sub numele de timpul cursei ascendente, în timp ce (T-Tup) este timpul cursei descendente. Vmax este viteza maximă la care unitatea de pompare cu

prăjini **100** poate să se extindă sau să se retragă. În exemplul de realizare exemplificat,  $V_{max}$  se bazează pe attributele unității de pompare cu prăjini **100**. În exemplul de realizare exemplificativ, valoarea absolută a lui  $V_{max}$  pe cursa ascendentă este aceeași cu valoarea absolută a lui  $V_{max}$  pe cursa descendentă. Cu toate acestea, în alte exemple de realizare, valorile absolute ale vitezelor pe cursele ascendentă și descendentă sunt diferite.

**[0045]** Timpul  $T_1$  reprezintă valoare de timp necesară pentru ca unitatea de pompare cu prăjini **100** să accelereze din starea de staționare, adică viteza egală cu 0, la  $V_{max}$  în timp ce se extinde. Timpul  $T_2$  reprezintă valoare de timp necesară pentru ca unitatea de pompare cu prăjini **100** să decelereze de la  $V_{max}$  la 0 în timp ce se extinde, atunci când unitatea de pompare cu prăjini **100** atinge vârful extensiei sale. Timpul  $T_3$  reprezintă valoarea de timp necesară pentru ca unitatea de pompare cu prăjini **100** să accelereze de la starea staționară la  $-V_{max}$  în timp ce se retrage. Timpul  $T_4$  reprezintă valoarea de timp necesară ca unitatea de pompare cu prăjini **100** să decelereze de la  $-V_{max}$  la 0 în timp ce se retrage, atunci când unitatea de pompare cu prăjini **100** devine complet retrasă. În unele exemple de realizare,  $T_4$  are aceeași valoare de timp ca  $T_1$ .

**[0046]** Unitatea de comandă de pompare **212** setează  $T$ ,  $T_{up}$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  și  $T_4$  și instruește motorul de comandă de pompare **240** (prezentat în FIG.2) să rotească șurubul cu role **118** (prezentat în FIG.1) pentru a implementa sincronizarea cerută. Aceste variabile sunt, de asemenea, cunoscute sub denumirea de timp al cursei, deoarece ele controlează fiecare etapă a cursei.

**[0047]** FIG. 5 este o schemă bloc a procedurii de pompare **500** utilizând unitatea de pompare cu prăjini **100** (prezentată în FIG. 1A și 1B). Procedura **500** este configurată pentru a mări cursele pe minut (SPM) ale unității de pompare cu prăjini **100**, asigurând în același timp că nu se produce deteriorarea garniturii de prăjini de pompare. Cantitatea de flux de fluid indusă este direct proporțională cu SPM, prin urmare este dorit optimizarea SPM. SPM este controlată de unitatea de comandă de pompare **212** (prezentată în FIG.2). SPM este calculată ca  $60/T$ , unde  $T$  este timpul de cursă în secunde. În plus față de SPM, unitatea de comandă de pompare **212** controlează, de asemenea,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  și  $T_{up}$ , așa cum este prezentat în FIG. 4. Prin manipularea acestor variabile, unitatea de comandă de pompare **212** poate, de asemenea, să

asigure că unitatea de pompare cu prăjini **100** nu încalcă constrângerile care sunt configurate pentru a asigura funcționarea corectă a unității de pompare cu prăjini **100**.

**[0048]** În exemplul de realizare ilustrativ, unitatea de comandă de pompare **212** monitorizează trei seturi de constrângeri. În alte exemple de realizare, pot exista mai multe sau mai puține seturi de constrângeri sau seturile pot conține constrângeri diferite sau pot fi calculate prin metode diferite. Constrângerile sunt ordonate pe baza unei ierarhii. În exemplul de realizare exemplificativ, primul set de constrângeri se bazează pe specificațiile de sarcină și putere ale unității de pompare cu prăjini **100**. Aceste constrângeri sunt predeterminate pe baza unității individuale de pompare cu prăjini **100**. Aceste constrângeri pot varia în funcție de model sau între diferitele unități de pompare cu prăjini. Aceste constrângeri includ, dar nu se limitează la, sarcina maximă a prăjinii lustruite, sarcina maximă a șurubului (compresiune/tracțiune), puterea maximă a motorului, cuplul maxim al motorului, rădăcina pătrată a mediei aritmetice a puterii motorului, rădăcina pătrată a mediei aritmetice a cuplului motorului, evaluarea permisă a presiunii recipientului sub presiune **104** (prezentat în FIG. 1) și viteza unghiulară maximă a șurubului. Aceste constrângeri pot să fie actualizate pe măsură ce piese sunt schimbate în unitatea de pompare cu prăjini **100**.

**[0049]** Cel de-al doilea set de constrângeri este proiectat pentru a împiedica flambarea prăjinii de pompare. Secțiunea transversală a garniturii de prăjini de pompare nu este constantă și variază de-a lungul lungimii sale. Pentru a ține cont de aceste grosimi variabile, sarcina efectivă minimă este calculează în mai multe puncte (cunoscute și sub denumirea de puncte de conicitate). Sarcina efectivă minimă este modificată suplimentar cu un factor de siguranță. Aceste constrângeri sunt actualizate în funcție de dimensiunile garniturii de prăjini de pompare și vor fi actualizate atunci când este utilizată o garnitura de prăjini de pompare diferită, cu dimensiuni diferite.

**[0050]** Al treilea set de constrângeri este proiectat pentru a preveni oboseala în garnitura de prăjini de pompare. Garnitura de prăjini de pompare este în mod constant sub tensiune și are o tensiune mai mică, pentru a împiedica orice supunere la o forță de compresiune a garniturii de prăjini de pompare. Aceste modificări constante ale tensiunii reprezintă o solicitare ciclică a garniturii de prăjini de pompare. Efectul pe care această solicitare ciclică îl are asupra garniturii de prăjini de pompare este cunoscut sub numele

de oboseală. Constrângerile de oboseală se bazează pe tensiunea maximă și minimă care este plasată pe garnitura de prăjini de pompare în timpul unui ciclu având în vedere rezistența la tracțiune a prăjinii de pompare. Aceste constrângeri sunt modificate suplimentar de un factor de serviciu. În exemplul de realizare ilustrativ, factorul de serviciu este în plus față de orice factor de siguranță utilizat și reflectă starea puțului.

[0051] Unitatea de comandă de pompare **212** stochează începerea sincronizării cursei pentru procesul **500**, care include valori pentru  $T$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_{up}$  și  $V_{max}$ . Unitatea de comandă de pompare **212** începe procesul **500** instruind unitatea de pompare cu prăjini **100** să efectueze **502** o cursă utilizând timpul cursei curente. Deși în exemplul de realizare ilustrativ este efectuată numai o singură cursă în Etapa **502**, în alte exemple de realizare, pot fi efectuate mai multe curse. În timpul cursei, unitatea de comandă de pompare **212** primește date de la senzorii **230** (ilustrați în FIG.2) despre condițiile unității de pompare cu prăjini **100** în timpul diferitelor etape ale cursei. Unitatea de comandă de pompare **212** determină **504** dacă primul set de constrângeri a fost încălcat în timpul cursei. Cel puțin una dintre constrângerile din setul de constrângeri trebuie să fie încălcată pentru ca determinarea să fie adevărată. Dacă primul set de constrângeri a fost încălcat, unitatea de comandă de pompare **212** ajustează **506** timpul cursei pe baza încălcării primului set de constrângeri. Apoi, unitatea de comandă de pompare **212** determină **518** dacă timpul cursei curente este validă. De exemplu, este  $T_1 + T_2 + T_3 + T_4 > T$ . Dacă timpul cursei curente este validă, unitatea de comandă de pompare **212** revine la Etapa **502** și inițiază o cursă pe baza sincronizării cursei curente. Dacă timpul cursei curente nu este validă, unitatea de comandă de pompare **212** inversează **520** ultima reglare făcută la timpul cursei curente și mărește  $T$ , ceea ce scade astfel SPM. Unitatea de comandă de pompare **212** revine la Etapa **502** și inițiază o cursă pe baza sincronizării cursei curente.

[0052] Dacă primul set de constrângeri nu a fost încălcat în timpul cursei, unitatea de comandă de pompare **212** determină **508** dacă a fost încălcat al doilea set de constrângeri. Dacă a fost încălcat al doilea set de constrângeri, unitatea de comandă de pompare **212** ajustează timpul cursei curente pe baza încălcării celui de-al doilea set de constrângeri. Unitatea de comandă de pompare **212** determină **518** dacă timpul cursei curente este validă. Dacă timpul cursei curente este validă, unitatea de comandă



de pompare **212** revine la Etapa **502** și inițiază o cursă în funcție de timpul cursei curente ajustate.

**[0053]** Dacă primul set și cel de-al doilea set de constrângeri nu au fost încălcate în timpul cursei, unitatea de comandă de pompare **212** determină **512** dacă a fost încălcat al treilea set de constrângeri. Dacă a fost încălcat cel de-al treilea set de constrângeri, unitatea de comandă de pompare **212** ajustează **514** timpul cursei curente pe baza încălcării celui de-al treilea set de constrângeri. Unitatea de comandă de pompare **212** determină **518** dacă timpul cursei curente este validă. Dacă timpul cursei curente este validă, unitatea de comandă de pompare **212** revine la Etapa **502** și inițiază o cursă pe baza sincronizării cursei curente ajustate.

**[0054]** Dacă nici unul dintre seturile de constrângeri nu a fost încălcat, unitatea de comandă de pompare **212** ajustează **516** timpul cursei curente prin scăderea T pentru a crește SPM. Unitatea de comandă de pompare **212** determină **518** dacă timpul cursei curente este validă. Dacă timpul cursei curente este validă, unitatea de comandă de pompare **212** revine la Etapa **502** și inițiază o cursă bazată pe timpul cursei curente ajustată. Procesul **500** este proiectat pentru a atinge o SPM sau o viteză de pompare optimă pentru unitatea de pompare cu prăjini **100** prin mai multe iterații. Deoarece procesul **500** este în timp real, timpul cursei curente se bazează pe condițiile actuale din puț.

**[0055]** Unitatea de comandă de pompare **212** stochează de asemenea o variabilă `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE` și o variabilă `ULTIMA_MODIFICARE`. `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE` este actualizat cu ultima defecțiune de constrângere detectată de unitatea de comandă de pompare **212**. Dacă unitatea de comandă de pompare **212** determină **504** că primul set de constrângeri a fost încălcat, atunci `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE` este actualizat pentru a reprezenta o încălcare a primului set de constrângeri. Cel mai ridicat set de constrângeri care a fost încălcat este listat în variabila `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE`. De exemplu, dacă primul set de constrângeri și cel de-al treilea set de constrângeri au fost încălcate, atunci primul set de constrângeri este listat în variabila `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE`. Variabila `ULTIMA_MODIFICARE` este actualizată pentru a stoca ultima reglare făcută la timpul cursei curente. De exemplu, în Etapa **516**, când nici unul dintre seturile de constrângeri nu este

încălcăt, `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE` este setat la `NICIUNUL`. Și `ULTIMA_MODIFICARE` este setat să reducă `T`.

[0056] FIG. 6 este o schemă bloc a unui prim proces de reglare **600** bazat pe reglarea **506** a sincronizării cursei curente după ce primul set de constrângeri este încălcăt (prezentat în FIG. 5). Primul proces de reglare **600** este configurat pentru a ajusta timpul cursei curente ca răspuns la o încălcare a primului set de constrângeri. În exemplul de realizare ilustrativ, primul set de constrângeri se bazează pe specificațiile de încărcare și putere ale unității de pompare cu prăjini **100** (prezentată în FIG.1). Unitatea de comandă de pompare **212** determină **602** în timpul cărei faze a cursei a avut loc încălcarea pe baza datelor de la senzorii **230** (prezențați în FIG.2). Etapele se bazează pe profilul de viteză **400** (prezentat în FIG. 4).

[0057] Dacă încălcarea a avut loc în timpul accelerării cursei ascendente ( $T_1$ ) sau în timpul vitezei constante a cursei ascendente (timpul dintre  $T_1$  și  $T_2$ ), unitatea de comandă de pompare **212** determină dacă `ULTIMA_MODIFICARE` a fost să se reducă  $T_1$ . Dacă determinarea este adevărată, unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T$ , reducând astfel SPM. Dacă determinarea este falsă, unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T_1$ .

[0058] Dacă încălcarea a avut loc în timpul decelerării cursei ascendente ( $T_2$ ), unitatea de comandă de pompare **212** determină dacă `ULTIMA_MODIFICARE` a fost să se reducă  $T_2$ , unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T$ , reducând astfel SPM. Dacă determinarea este adevărată, unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T$ , reducând astfel SPM. Dacă determinarea este falsă, unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T_2$ .

[0059] Dacă încălcarea a avut loc în timpul accelerării cursei descendente ( $T_3$ ) sau în timpul vitezei constante a cursei descendente (timpul dintre  $T_3$  și  $T_4$ ), unitatea de comandă de pompare **212** determină dacă `ULTIMA_MODIFICARE` a fost să se reducă  $T_3$ . Dacă determinarea este adevărată, unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T$ , reducând astfel SPM. Dacă determinarea este falsă, unitatea de comandă de pompare **212** mărește  $T_3$ .

[0060] Dacă încălcarea a avut loc în timpul decelerării cursei descendente ( $T_4$ ), unitatea de comandă de pompare **212** determină dacă `ULTIMA_MODIFICARE` a fost

reducerea T4, unitatea de comandă de pompă 212 crește T, reducând astfel SPM. Determinarea este adevărată, unitatea de comandă de pompă 212 crește T, reducând astfel SPM. Dacă determinarea este falsă, unitatea de comandă de pompă 212 crește T4.

[0061] FIG. 7 este o schemă bloc a unui al doilea proces de reglare 700 bazat pe reglarea 510 sincronizării cursei curente după încălcarea celui de-al doilea set de constrângeri (prezentat în FIG.5). Al doilea proces de reglare 700 este configurat pentru a regla timpul cursei curente ca răspuns la o încălcare a celui de-al doilea set de constrângeri. În exemplul de realizare ilustrativ, cel de-al doilea set de constrângeri este proiectat pentru a împiedica flambarea garniturii de prăjini de pompă. În exemplul de realizare ilustrativ, ca răspuns la o încălcare a celui de-al doilea set de constrângeri, unitatea de comandă de pompă 212 reglează timpul cursei curente prin creșterea T2 și T3 (ambele prezentate în FIG.4).

[0062] FIG. 8 este o schemă bloc a unui al treilea proces de reglare 800 bazat pe reglarea sincronizării cursei curente după încălcarea celui de-al treilea set de constrângeri (prezentat în FIG 5). Al treilea proces de reglare 800 este configurat pentru a regla timpul cursei curente ca răspuns la o încălcare a celui de-al treilea set de constrângeri. În exemplul de realizare ilustrativ, cel de-al treilea set de constrângeri este proiectat pentru a preveni oboseala în garnitura de prăjini de pompă. Unitatea de comandă de pompă 212 determină 802 dacă ULTIMUL\_MOD\_DEFECȚIUNE este OBOSEALĂ. Dacă determinarea este nu, atunci unitatea de comandă de pompă 212 stabilește 804 ULTIMUL\_MOD\_DEFECȚIUNE la OBOSEALĂ și stabilește o variabilă ACȚIUNE\_OBOSEALĂ la zero.

[0063] Unitatea de comandă de pompă 212 determină 806 valoarea ACȚIUNE\_OBOSEALĂ și ajustează timpul cursei curente pe baza acelei valori. Mai jos este prezentat un tabel al valorilor pentru ACȚIUNE\_OBOSEALĂ și acțiunile pe care le efectuează unitatea de comandă de pompă 212.

Valoare ACȚIUNE_OBOSEALĂ	Acțiune Realizată
0	reducere T1

1	reducere T2
2	reducere T3
3	creștere T1
4	creștere T2
5	creștere T2
6	Crește T și setează ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE la NICIUNUL

**[0064]** Dacă unitatea de comandă de pompare **212** determină **802** că `ULTIMUL_MOD_DEFECȚIUNE` este `OBOSEALĂ`, unitatea de comandă de pompare **212** determină **808** dacă încălcarea curentă a celui de-al treilea set de constrângeri este mai mare decât cea mai recentă încălcare anterioară a celui de-al treilea set de constrângeri. Dacă determinarea este că încălcarea actuală nu este mai mare, unitatea de comandă de pompare **212** continuă cu Etapa **806**. Dacă determinarea este că încălcarea actuală este mai mare, unitatea de comandă de pompare **212** inversează **810** ultima modificare făcută și mărește `ACȚIUNE_OBOSEALĂ` cu 1. Apoi, unitatea de comandă de pompare continuă cu Etapa **806**.

**[0065]** Sistemul și metodele descrise mai sus oferă o metodă rentabilă pentru controlul unei unități de pompare cu prăjini pentru a spori debitul unui fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini pe baza condițiilor de puț curente. Mai mult decât atât, mișcarea unității de pompare cu prăjini este actualizată în mod repetat pentru a se asigura că mișcarea garniturii de prăjini de pompare nu va deteriora garnitura de prăjini de pompare, unitatea de pompare cu prăjini sau puțul în sine. De asemenea, sistemul și metodele descrise aici nu se limitează la niciun set predefinit de condiții de puț. De exemplu, sistemul și metodele descrise aici pot fi utilizate cu condiții de puț variabile și se pot adapta în timp pe măsură ce condițiile de puț se modifică. Ca atare, cantitatea de debit de fluid indusă de unitatea de pompare cu prăjini este în mod constant actualizată pentru a fi îmbunătățită pe baza condițiilor de puț curente și a capacităților unității de

pompare cu prăjini. Ca atare, producția și eficiența unităților de pompare cu prăjini sunt crescute.

**[0066]** Un efect tehnic exemplificativ al metodelor, sistemelor și aparatului descrise aici include cel puțin unul dintre: (a) determinarea eventualelor constrângeri care au fost încălcate în timpul unei curse, unde constrângerile sunt ordonate pe baza unei ierarhii predeterminate pentru a identifica potențiala solicitare asupra garniturii de prăjini de pompare sau asupra unității de pompare cu prăjini; (b) reglarea sincronizării cursei pe baza constrângerii clasificate cea mai sus încălcate pentru a reduce eventualele solicitări pe garnitura de prăjini de pompare și unitatea de pompare cu prăjini; și (c) inițierea unei noi curse pe baza sincronizării de cursă ajustată pentru un debit crescut de fluid, reducând în același timp solicitarea asupra garniturii de prăjini de pompare sau asupra unității de pompare cu prăjini.

**[0067]** Exemple de realizare ilustrative a sistemelor și metodelor pentru controlul cursei unei unități de pompare cu prăjini pentru a controla debitul unui fluid sunt descrise mai sus în detaliu. Sistemele și metodele descrise aici nu se limitează la exemplele de realizare specifice descrise aici, ci mai degrabă, componentele sistemelor sau etapele metodelor pot fi utilizate independent și separat de alte componente sau etape descrise aici. De exemplu, metodele pot fi de asemenea utilizate în combinație cu alte unități de pompare liniare și nu sunt limitate la implementarea numai cu unități de pompare liniare, așa cum este descris aici. În schimb, exemplele de realizare ilustrative pot fi implementate și utilizate în legătură cu multe alte aplicații de control al pompării.

**[0068]** Deși caracteristicile diferitelor exemple de realizare pot să fi fost arătate în unele desene, iar în altele nu, aceasta este doar pentru comoditate. În conformitate cu principiile sistemelor și metodelor descrise aici, orice caracteristică a desenului poate fi citată sau revendicată în combinație cu orice caracteristică a oricărui alt desen.

**[0069]** Unele exemple de realizare implică utilizarea unuia sau mai multor dispozitive electronice sau de calcul. Astfel de dispozitive includ în mod obișnuit un procesor sau un controler, cum ar fi o unitate de procesare centrală de uz general (CPU), o unitate de procesare grafică (GPU), un microcontroler, un procesor de calculator cu set de instrucțiuni redus (RISC), un circuit integrat specific aplicației (ASIC), un circuit logic programabil (PLC) sau orice alt circuit sau procesor capabil să

execute funcțiile descrise aici. Metodele descrise aici pot fi codificate ca instrucțiuni executabile încorporate într-un mediu citibil de calculator, incluzând, fără limitare, un dispozitiv de stocare sau un dispozitiv de memorie. Aceste instrucțiuni, atunci când sunt executate de un procesor, determină procesorul să efectueze cel puțin o parte din metodele descrise aici. Exemplele de mai sus sunt doar exemplificative și, prin urmare, nu intenționează să limiteze în nici un fel definiția sau semnificația termenului de procesor.

**[0070]** Această descriere scrisă utilizează exemple pentru a dezvălui variantele de realizare, incluzând cel mai bun mod și, de asemenea, pentru a permite oricărei persoane de specialitate în domeniu să practice exemplele de realizare, incluzând fabricarea și utilizarea oricăror dispozitive sau sisteme și realizarea oricăror metode încorporate. Scopul brevetabil al dezvăluirii este definit de revendicări, și poate include alte exemple care apar specialiștilor în domeniu. Aceste alte exemple sunt destinate să se încadreze în scopul revendicărilor, dacă ele au elemente structurale care nu diferă de limbajul literal al revendicărilor sau dacă includ elemente structurale echivalente cu diferențe nesemnificative față de limbajul limbaj al revendicărilor.

## REVEDICĂRI

1. Sistem pentru îmbunătățirea debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini, sistemul menționat cuprinzând:

- unul sau mai mulți senzori configurați pentru a monitoriza una sau mai multe condiții ale unității de pompare cu prăjini și a genera semnale reprezentând datele senzorului bazate pe una sau mai multe condiții; și

- o unitate de comandă de pompare cuprinzând un procesor și o memorie, respectiva unitate de comandă de pompare fiind în comunicație cu acel unul sau mai mulți senzori, unitatea de comandă de pompare fiind configurată pentru a controla mișcarea cursei unității de pompare cu prăjini, controlând astfel debitul de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini, unitatea de comandă de pompare fiind configurată să:

(a) inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini, în care cea cel puțin o cursă se bazează pe datele de timp al cursei curente, în care datele de timp al cursei curente includ o valoare pentru curse pe minut (SPM);

(b) recepționeze semnale care reprezintă date de senzori de la unul sau mai mulți senzori;

(c) după o determinare, pe baza datelor senzorilor, a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, să realizeze o primă reglare la timpul cursei curente și revenirea la etapa (a);

(d) după o determinare, pe baza datelor senzorilor, a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, să realizeze o a doua reglare la timpul cursei curente și revenirea la etapa (a); și

(e) după determinarea, pe baza datelor senzorilor, a nici unei încălcări a cel puțin unui set de constrângeri, să realizeze o a treia reglare la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a).

2. Sistem conform revendicării 1, în care respectiva unitate de comandă de pompare este configurată suplimentar, după o determinare, pe baza datelor senzorilor,

a unei încălcări a unui al treilea set de constrângeri, să realizeze o a patra reglare la timpul cursei curente, și să revină la etapa (a).

3. Sistem conform revendicării 1, în care a treia reglare mărește valoarea pentru SPM pentru a crește debitul de fluid indus.

4. Sistem conform revendicării 1, în care respectiva unitate de comandă de pompare este configurată suplimentar ca, după determinarea faptului că timpul cursei curente depășește timpul total disponibil pentru o cursă, să efectueze cel puțin una dintre reducerea valorii pentru SPM și inversarea uneia sau mai multora dintre reglajele realizate anterior.

5. Sistem conform revendicării 1, în care primul set de constrângeri se bazează pe una sau mai multe specificații de încărcare și putere ale unității de pompare cu prăjini.

6. Sistem conform revendicării 1, în care al doilea set de constrângeri se bazează pe unul sau mai multe criterii de flambaj.

7. Sistem conform revendicării 2, în care al treilea set de constrângeri se bazează pe unul sau mai multe criterii de oboseală.

8. Sistem conform revendicării 1, în care timpul cursei curente include suplimentar cel puțin un timp de accelerare a cursei ascendente, un timp de decelerare a cursei ascendente, un timp de accelerare a cursei descendente, un timp de decelerare a cursei descendente, un timp al cursei ascendente și un parametru de viteză superioară.

9. Sistem conform revendicării 1, în care numita cel puțin o cursă cuprinde o multitudine de trepte care includ o treaptă de accelerare a cursei ascendente, o treaptă



de decelerare a cursei ascendente, o treaptă de accelerare a cursei descendente, o etapă de decelerare a cursei descendente și o treaptă de viteză constantă.

10. Sistem conform revendicării 9, în care respectiva unitate de comandă de pompare este configurată suplimentar să:

- determine o treaptă din multitudinea de trepte a acelei cel puțin o cursă în care a fost încălcată prima constrângere;
- determine ultima reglare făcută la timpul cursei curente; și
- realizeze prima reglare pe baza treptei determinate și a ultimei reglări făcute.

11. Sistem conform revendicării 2, în care respectiva unitate de comandă de pompare este configurată suplimentar să stocheze cel puțin una dintre ultima acțiune realizată și un ultim mod de defecțiune pe baza căruia setul de constrângeri a fost încălcat.

12. Sistem conform revendicării 11, în care, după o determinare, pe baza datelor senzorilor, a unei încălcări a celui de-al treilea set de constrângeri, unitatea de comandă de pompare este configurată suplimentar să realizeze o a patra reglare bazată pe o valoare a încălcării celui de-al treilea set de constrângeri, ultima acțiune efectuată și ultimul mod de defecțiune.

13. Sistem conform revendicării 1, în care respectiva unitate de comandă de pompare este configurată suplimentar să:

- simuleze o reglare făcută recent la timpul cursei curente prin trecerea prin etapele (c) și (d): și
- după o determinare de nici o încălcare a cel puțin unui set de constrângeri, să revină la etapa (a).

14. Metodă bazată pe calculator pentru creșterea unui debit al unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini, metoda menționată fiind implementată utilizând o

unitate de comandă de pompare în comunicație cu o memorie, metoda menționată cuprinzând:

(a) inițierea a cel puțin unei curse a unității de pompare cu prăjini, în care cea cel puțin o cursă se bazează pe date de timp al cursei curente, în care datele de timp al cursei curente includ o valoare pentru curse pe minut (SPM);

(b) recepționarea semnalelor reprezentând datele de senzori de la unul sau mai mulți senzori, în care unul sau mai mulți senzori sunt configurați pentru a monitoriza una sau mai multe condiții ale unității de pompare cu prăjini și a genera semnale reprezentând date de senzori bazate pe una sau mai multe condiții;

(c) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, efectuarea unei prime reglări a sincronizării cursei curente și revenirea la etapa (a);

(d) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, efectuarea unei a doua reglări a sincronizării cursei curente și revenirea la etapa (a); și

(e) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a nici unei încălcări a cel puțin unui set de constrângeri, efectuarea unei a treia reglări a sincronizării cursei curente și revenirea la etapa (a).

15. Metodă conform revendicării 14, cuprinzând suplimentar, după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al treilea set de constrângeri, efectuarea unei a patra reglări a sincronizării cursei curente și revenirea la etapa (a).

16. Metodă conform revendicării 14, cuprinzând suplimentar, după determinarea faptului că timpul cursei curente depășește timpul total disponibil pentru o cursă, efectuarea cel puțin a unei dintre reducerea valorii pentru SPM și inversarea uneia sau mai multor ajustări făcute anterior.

17. Metodă conform revendicării 14, în care primul set de constrângeri se bazează pe una sau mai multe specificații de sarcină și putere ale unității de pompare cu prăjini.

18. Metodă conform revendicării 14, în care al doilea set de constrângeri se bazează pe unul sau mai multe criterii de flambaj.

19. Metodă conform revendicării 15, în care al treilea set de constrângeri se bazează pe unul sau mai multe criterii de oboseală.

20. Metodă conform revendicării 14, în care timpul cursei curente include suplimentar cel puțin un timp de accelerare a cursei ascendente, un timp de decelerare a cursei ascendente, un timp de accelerare a cursei descendente, un timp de decelerare a cursei descendente, un timp al cursei ascendente și un parametru de viteză superioară.

21. Metodă conform revendicării 14, în care numita cel puțin o cursă cuprinde o multitudine de trepte care includ o treaptă de accelerare a cursei ascendente, o treaptă de decelerare a cursei ascendente, o treaptă de accelerare a cursei descendente, o etapă de decelerare a cursei descendente și o treaptă de viteză constantă.

22. Dispozitiv de stocare care poate fi citit de calculator, având instrucțiuni executabile de un procesor implementate pe acesta, pentru îmbunătățirea unui debit al unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini, în care, atunci când sunt executate de o unitate de comandă de pompare cuplată comunicativ la o memorie, instrucțiunile executabile de procesor determină unitatea de comandă de pompare să:

(a) inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini, în care cea cel puțin o cursă se bazează pe date de timp al cursei curente, în care datele de timp al cursei curente includ o valoare pentru curse pe minut (SPM);

(b) recepționeze semnale reprezentând datele de senzori de la unul sau mai mulți senzori, în care unul sau mai mulți senzori sunt configurați pentru a monitoriza una sau mai multe condiții ale unității de pompare cu prăjini și a genera semnale reprezentând date de senzori bazate pe acele una sau mai multe condiții;

(c) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui prim set de constrângeri, efectuarea unei prime reglări la timpul cursei curente și revenirea la etapa (a);

(d) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al doilea set de constrângeri, efectuarea unei a doua reglări la timpul cursei curente și revenirea la etapa (a); și

(e) după determinarea, pe baza datelor de senzori, a nici unei încălcări a cel puțin unui set de constrângeri, efectuarea unei a treia reglări la timpul cursei curente și revenirea la etapa (a).

23. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 22, în care instrucțiunile executate de către procesor determină unitatea de comandă de pompare, după determinarea, pe baza datelor de senzori, a unei încălcări a unui al treilea set de constrângeri, să efectueze o a patra reglare la timpul cursei curente, și revenirea la etapa (a).

24. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 22, în care instrucțiunile executate de către procesor determină unitatea de comandă de pompare, după determinarea faptului că timpul cursei curente depășește timpul total disponibil pentru o cursă, să efectueze cel puțin una dintre o reducere a valorii pentru SPM și inversarea uneia sau mai multor ajustări efectuate anterior.

25. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 22, în care primul set de constrângeri se bazează pe una sau mai multe specificații de încărcare și putere ale unității de pompare cu prăjini.

26. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 22, în care al doilea set de constrângeri se bazează pe unul sau mai multe criterii de flambaj.

27. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 23, în care al treilea set de constrângeri se bazează pe unul sau mai multe criterii de oboseală.



28. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 22, în care timpul cursei curente include suplimentar cel puțin un timp de accelerare a cursei ascendente, un timp de decelerare a cursei ascendente, un timp de accelerare a cursei descendente, un timp de decelerare a cursei descendente, un timp al cursei ascendente și un parametru de viteză superioară.

29. Dispozitiv de stocare citibil de calculator conform revendicării 22, în care cea cel puțin o cursă include o multitudine de trepte, care include o treaptă de accelerare a cursei ascendente, o treaptă de decelerare a cursei ascendente, o treaptă de accelerare a cursei descendente, o etapă de decelerare a cursei descendente și o treaptă de viteză constantă.

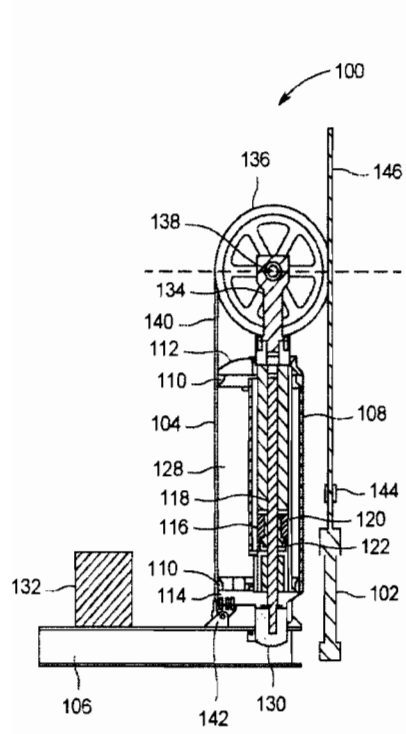


FIG. 1A

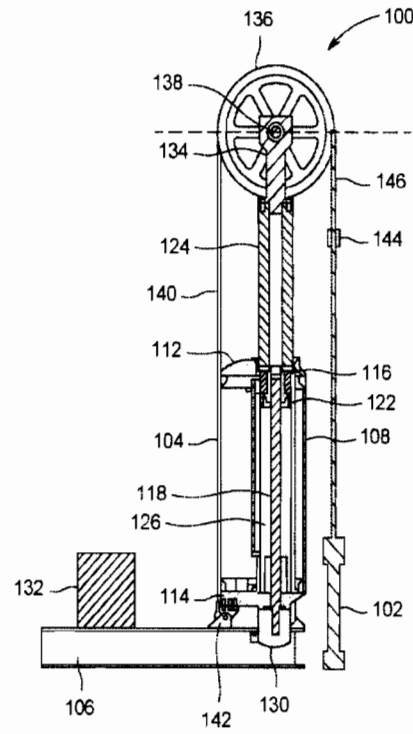


FIG. 1B

2

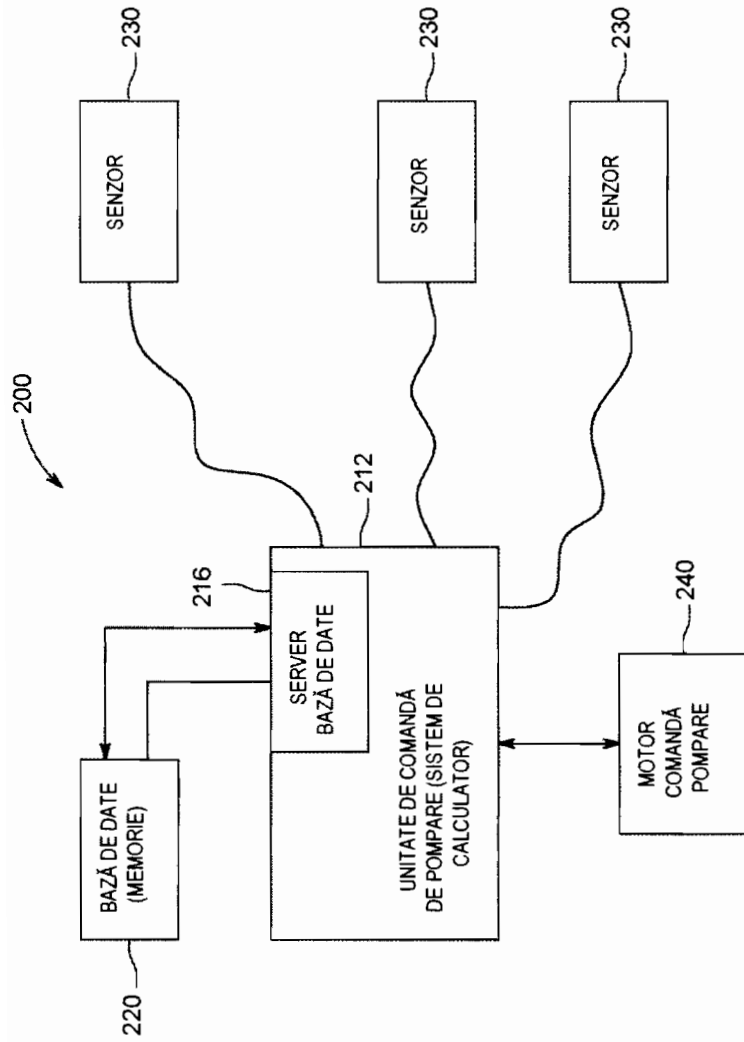


FIG. 2

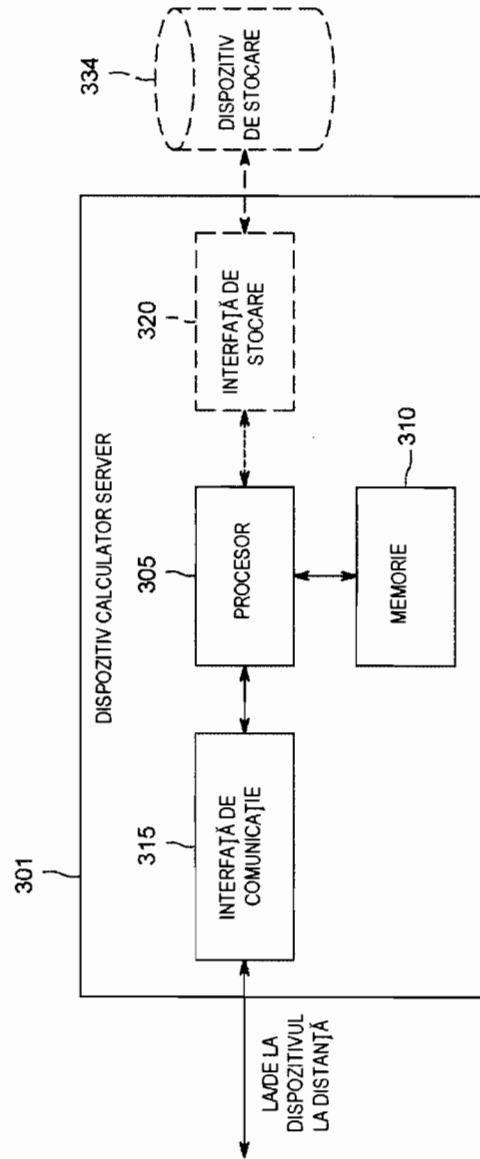


FIG. 3



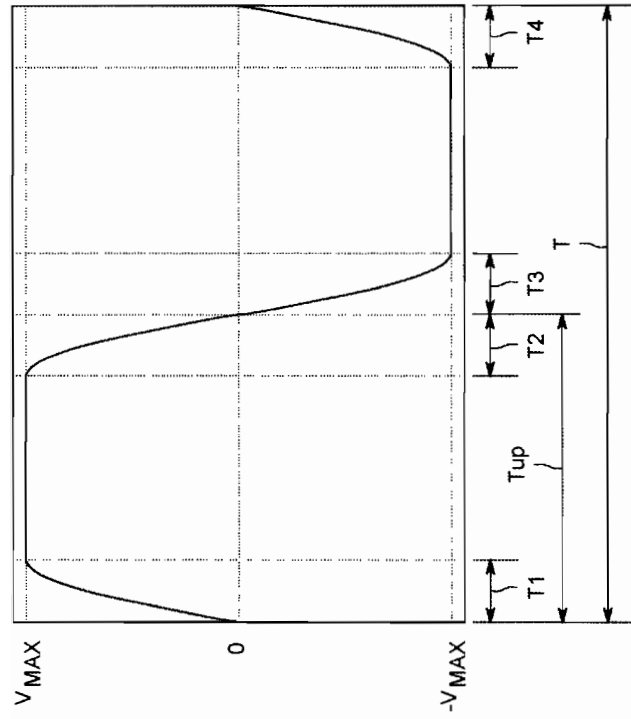


FIG. 4

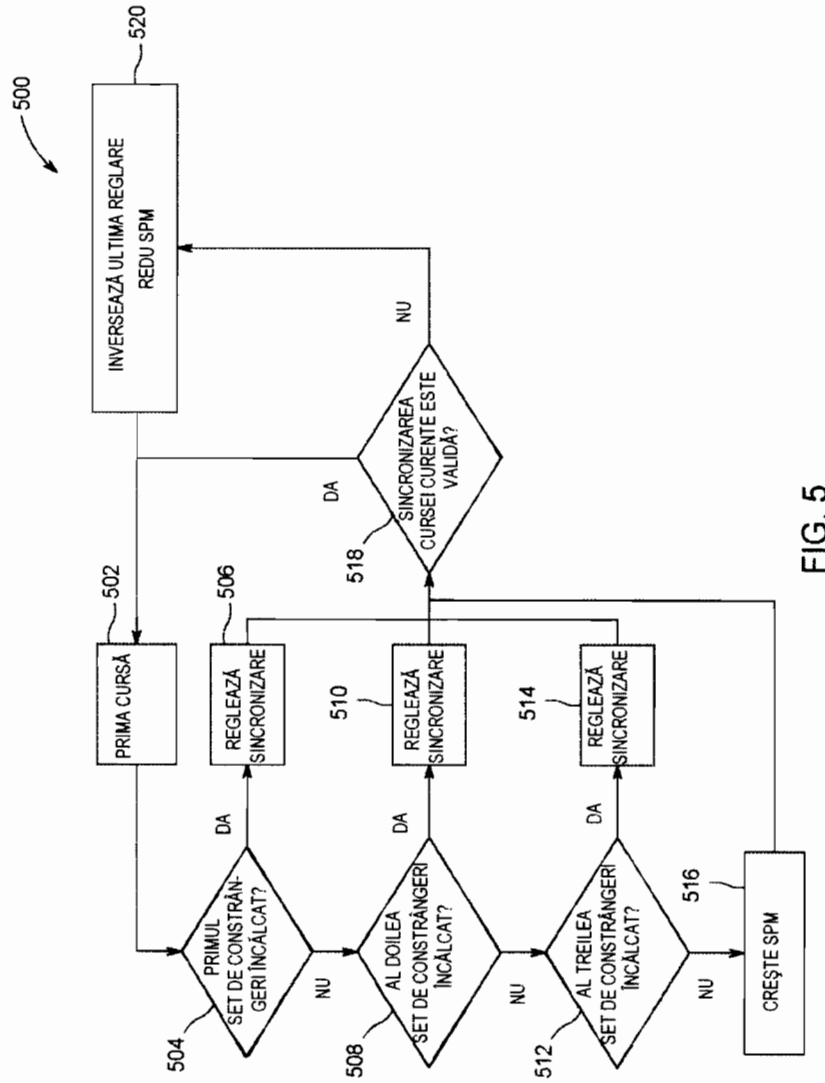


FIG. 5

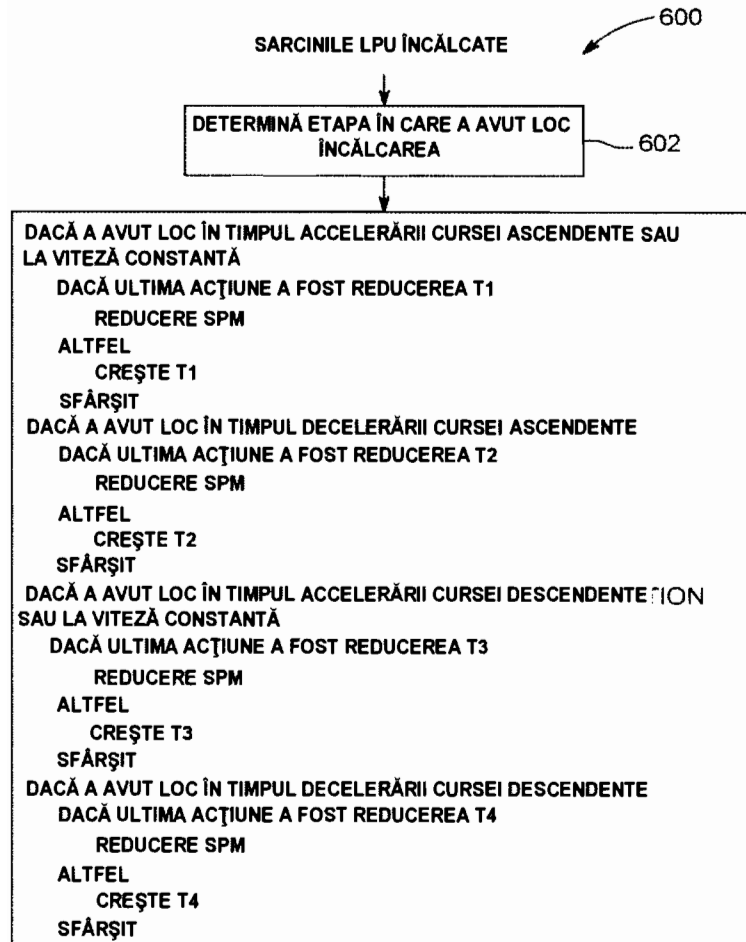


FIG. 6

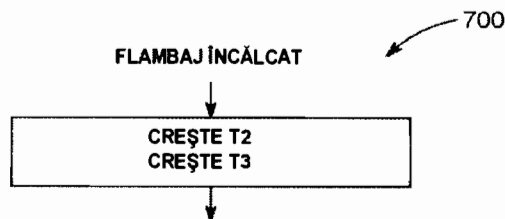


FIG. 7

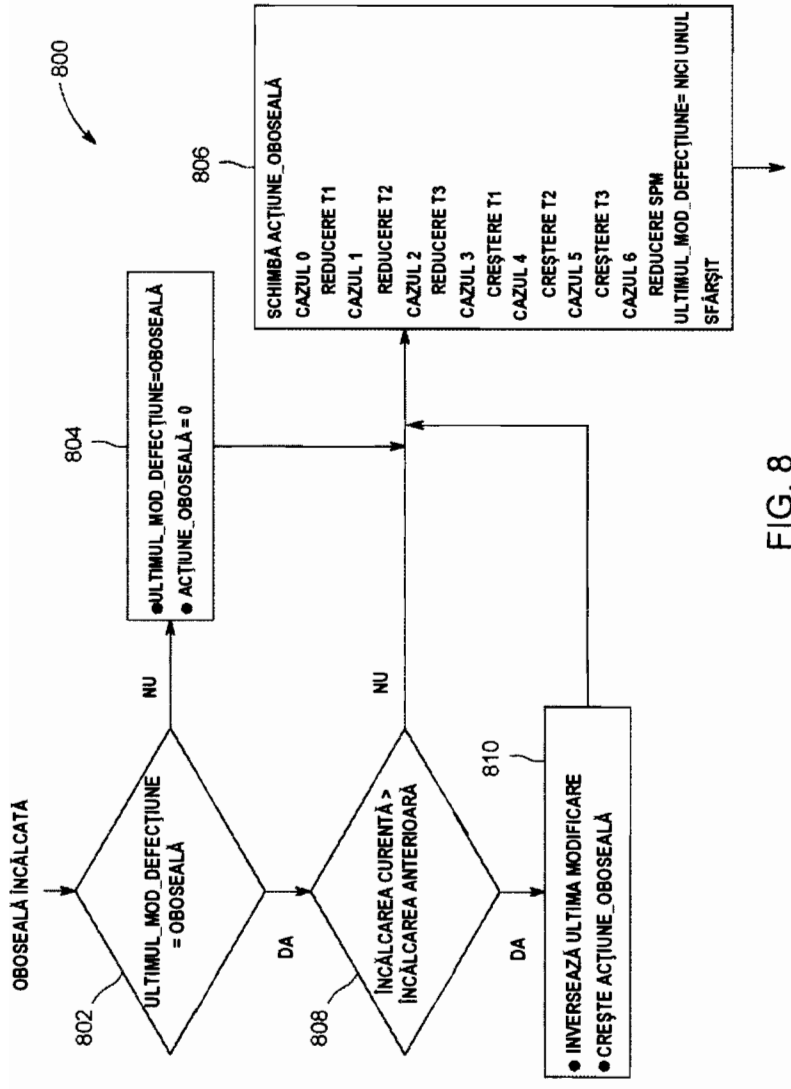


FIG. 8