



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00391**

(22) Data de depozit: **02/12/2015**

(30) Prioritate:

18/12/2014 US 14/575, 789

(41) Data publicării cererii:

29/12/2017 BOPI nr. **12/2017**

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. **US 2015/063361 02/12/2015**

(87) Publicare internațională:

Nr. **WO 2016/099880 23/06/2016**

(71) Solicitant:

• **GENERAL ELECTRIC COMPANY,**
1 RIVER ROAD, SCHENECTADY,
NEW YORK, NY, US

(72) Inventatori:

• **SINGAL KALPESH, NISKAYUNA,**
NEW YORK, US;
• **ZAMANIAN FATEMEH, NISKAYUNA,**
NEW YORK, US;
• **MAROTTA EGIDIO, HOUSTON, TEXAS,**
US;
• **SIVARAMAKRISHNAN SHYAM,**
NISKAYUNA, NEW YORK, US

(74) Mandatar:

ROMINVENT S.A.,
STR. ERMIL PANGRATTI NR.35,
SECTOR 1, BUCUREȘTI

(54) METODE ȘI SISTEME DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A DEBITULUI UNUI FLUID INDUS DE O UNITATE DE POMPARE CU PRĂJINI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la metode și sisteme de îmbunătățire a debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini. Sistemul conform invenției este prevăzut pentru îmbunătățirea unui debit al unui fluid indus de o unitate (100) de pompare cu prăjini, o unitate (212) de comandă de pompare fiind configurată pentru a controla mișcarea cursei unității (100) de pompare cu prăjini, unitatea (212) de comandă de pompare fiind configurată să stocheze un prim set (702) de date de timpi ai cursei, bazat pe un prim nivel de presiune, și un al doilea set de date de timpi ai cursei, bazat pe un al doilea nivel de presiune, să stocheze un set (802) de ponderi de presiune, și să primească un nivel (804) de presiune actual, care este între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune, unitatea (212) de comandă de pompare fiind configurată, de asemenea, să determine un set (806) actual de date de timpi ai cursei, bazat pe nivelul de presiune actual, primul set de timpi ai cursei, al doilea set de timpi ai cursei și setul de ponderi de presiune, și să inițieze cel puțin o cursă a unității (100) de pompare cu prăjini.

Revendicări: 24

Figuri: 9

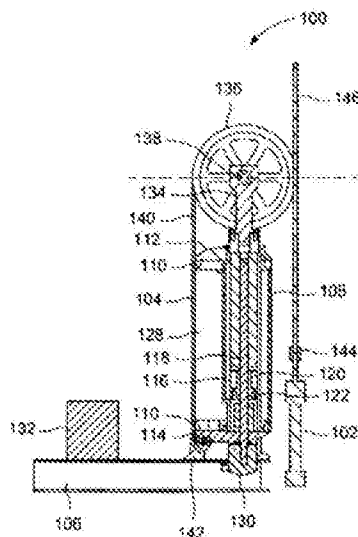


Fig. 1



METODĂ ȘI SISTEME DE ÎMBUNĂTĂȚIRE A DEBITULUI UNUI FLUID INDUS DE O UNITATE DE POMPARE CU PRĂJINI

[0001] Domeniul invenției se referă, în general, la controlul 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 liniare 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 garniturii 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.

[0005] Într-un aspect, este prevăzut un sistem pentru îmbunătățirea debitului unui fluid indus de o unitate de pompare cu prăjini. Sistemul include o unitate de comandă de pompare care include un procesor și o memorie. Unitatea de comandă de pompare este 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 este, de asemenea, configurată pentru a stoca un prim set de date de timpi ai cursei bazat pe un prim nivel de presiune și un al doilea set de date de timpi ai cursei bazat pe un al doilea nivel de presiune. Primul set de date de timpi ai cursei și cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei se bazează pe o multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini. Unitatea de comandă de pompare este configurată suplimentar pentru a stoca un set de ponderi de presiune bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei și multitudinea de constrângeri și să primească un nivel de presiune actual. Nivelul actual de presiune se situează între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune. Mai mult, unitatea de comandă de pompare este, de asemenea, configurată pentru a determina un set actual de date de timpi ai cursei bazat pe nivelul actual de presiune, primul set de timpi ai cursei, al doilea set de timpi ai cursei și setul de ponderi de presiune și inițiază cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini. Acea cel puțin o cursă se bazează pe setul actual de date de timpi ai cursei.

[0006] Într-un alt aspect, este prevăzută o metodă bazată pe calculator pentru îmbunătățirea 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 stocarea unui prim set de date de timpi ai cursei bazat pe un prim nivel de presiune și unui al doilea set de date de timpi ai cursei bazat pe un al doilea nivel de presiune. Primul set de date de timpi ai cursei și cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei se bazează pe o multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini. Metoda include, de asemenea, stocarea unui set de ponderi de presiune bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei și multitudinea de constrângeri și primirea unui nivel de presiune actual. Nivelul actual de presiune se situează între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune. Metoda mai include determinarea unui set actual de date de timpi ai cursei bazat pe nivelul actual de presiune, primul set de timpi ai cursei, cel de-al doilea set de timpi ai cursei și setul de ponderi de presiune și inițierea a cel puțin a unei curse a unității de pompare cu prăjini. Acea cel puțin o cursă se bazează pe setul actual de date de timpi ai cursei.

[0007] Într-un alt aspect, este prevăzută o unitate de pompare cu prăjini pentru a induce un debit de fluid. Unitatea de pompare cu prăjini include o unitate de comandă de pompare care include un procesor și o memorie. Unitatea de comandă de pompare este 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 este configurată pentru a stoca un prim set de date de timpi ai cursei bazat pe un prim nivel de presiune și un al doilea set de date de timpi ai cursei bazat pe un al doilea nivel de presiune. Primul set de date de timpi ai cursei și cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei se bazează pe o multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini. Unitatea de comandă de pompare este, de asemenea, configurată să stocheze un set de ponderi de presiune bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei și multitudinea de constrângeri și să primească un nivel de presiune actual. Nivelul actual de presiune se situează între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune. Unitatea de comandă de pompare este configurată suplimentar pentru a determina un set actual de date de timpi ai cursei bazat pe nivelul actual de presiune, primul set de timpi ai cursei, cel de-al doilea set de

timpi ai cursei și setul de ponderi de presiune și să inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini. Acea cel puțin o cursă se bazează pe setul actual de date de timpi ai cursei.

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

[0009] FIG. 1A este o vedere în secțiune transversală a unei unități de pompare cu prăjini exemplificativă, 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 controlul unității de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B;

[0012] FIG. 3 este o vedere schematică a unei configurații exemplificative a unui sistem client care poate fi utilizat împreună cu sistemul prezentat în FIG. 2;

[0013] FIG. 4 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;

[0014] FIG. 5 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;

[0015] FIG. 6 este o vedere grafică a unei scheme exemplificative a sincronizărilor primare și secundare ale cursei pentru utilizare cu unitatea de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B;

[0016] FIG. 7 este o schemă bloc a unui proces de generare a sincronizărilor primare și secundare ale cursei prezentate în FIG. 6;

[0017] FIG. 8 este o schemă bloc a unui proces de pompare bazat pe presiune, folosind unitatea de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B; și

[0018] FIG. 9 este o schemă bloc a procesului de pompare bazat pe presiune și fracțiunea de gaz, folosind unitatea de pompare cu prăjini prezentată în FIG. 1A și 1B.

[0019] Dacă nu se indică altfel, desenele furnizate aici sunt menite să ilustreze caracteristicile exemplurilor de realizare a invenției. Aceste caracteristici se consideră a fi

aplicabile într-o mare varietate de sisteme cuprinzând unul 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 exemplelor de realizare dezvăluite aici.

[0020] În următoarea descriere și în revendicări, se va face referire la un număr de termeni, care vor fi definiți ca având următoarele semnificații.

[0021] Formele singulare "un", "o" și "-ul" includ referințele la plural, cu excepția cazului în care contextul dictează în mod clar altfel.

[0022] "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.

[0023] 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 acestea, cu excepția cazului în care contextul sau limbajul indică altfel.

[0024] 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.

[0025] Mai mult, așa cum sunt utilizați 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.

[0026] Așa cum este utilizat aici, termenul "mediu citibil de calculator non-tranzitoriu" este destinat 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.

[0027] 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.

[0028] 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 controlată 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.

[0029] 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 exemplificativ, 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.

[0030] 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**.

[0031] 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**.

[0032] 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**.

[0033] 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 peste 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**.

[0034] 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**.

[0035] 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**. O cursă a unității de pompare cu prăjini **100** reprezintă timpul necesar unității de pompare cu prăjini **100** pentru a se extinde din poziția complet retrasă în poziția complet extinsă și înapoi în poziția complet retrasă, așa cum este prezentat în FIG. 1A și 1B. 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 pompare **212** poate include, dar fără a se limita la, un controler de unitate de pompare **124** (prezentat în FIG. 1).

[0036] Unitatea de comandă de pompare **212** este în comunicație cu motorul de comandă de pompare **240**. În exemplul de realizare ilustrativ, motorul de comandă de pompare **240** include motorul **130** (prezentat în FIG.1A) și un VSD (nereprezentat). Motorul de comandă de pompare **240** transmite date către unitatea de comandă de pompare **212** și primește comenzi de la unitatea de comandă de pompare **212**. Motorul

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).

[0037] 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**.

[0038] Unitatea de comandă de pompă **212** este în comunicație cu un sistem client **214**. Unitatea de comandă de pompă **212** se conectează la sistemul client **214** 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 pompă cu prăjini **100** către dispozitivul client. Aceste date ar putea include date de la senzori, curse pe minut curente și alte date funcționale pe care dispozitivul client le-ar putea monitoriza. Mai mult decât atât, unitatea de comandă de pompă **212** poate primi instrucțiuni suplimentare de la dispozitivul client. În plus, dispozitivul client poate accesa baza de date **220** prin unitatea de comandă de pompă **212**. Dispozitivul client ar putea prezenta datele de la o unitate de comandă de pompă 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.

[0039] FIG. 3 este o vedere schematică a unei configurații ilustrative a sistemului client **214** care poate fi utilizat cu sistemul **200** (ambele prezentate în FIG.2). Dispozitivul calculator utilizator **302** este operat de un utilizator **301**. Dispozitivul calculator utilizator **302** poate include, dar fără a se limita la, sisteme client **214** (prezentat în FIG.2). Dispozitivul calculator utilizator **302** include un procesor **305** pentru executarea instrucțiunilor. În unele exemple de realizare, instrucțiuni executabile sunt 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). Zona de memorie **310** este orice dispozitiv care permite stocarea și extragerea informațiilor, cum ar fi instrucțiuni executabile și/sau date de tranzacție. Zona de memorie **310** poate include unul sau mai multe medii citibile de calculator.

[0040] Dispozitivul calculator utilizator **302** include, de asemenea, cel puțin o componentă de ieșire media **315** pentru prezentarea informațiilor către utilizatorul **301**. Componenta de ieșire media **315** este orice componentă capabilă să transporte informații la utilizatorul **301**. În unele exemple de realizare, componenta de ieșire media **315** include un adaptor de ieșire (nereprezentat), cum ar fi un adaptor video și/sau un adaptor audio. Un adaptor de ieșire este cuplat funcțional la procesorul **305** și cuplabil funcțional la un dispozitiv de ieșire, cum ar fi un dispozitiv de afișare (de exemplu, un tub cu raze catodice (CRT), ecran cu cristale lichide (LCD), ecran cu diode emițătoare de lumină (LED) sau ecran „cerneală electronică”) sau un dispozitiv de ieșire audio (de exemplu, un difuzor sau căști). În unele exemple de realizare, componenta de ieșire media **315** este configurată să prezinte o interfață grafică cu utilizatorul (de exemplu, un browser web și/sau o aplicație client) la utilizatorul **301**. O interfață grafică cu utilizatorul poate include, de exemplu, o interfață magazin online pentru vizualizarea și/sau achiziționarea de articole și/sau o aplicație portofel pentru gestionarea informațiilor de plată. În unele exemple de realizare, dispozitivul calculator utilizator **302** include un dispozitiv de intrare **320** pentru primirea intrărilor de la utilizatorul **301**. Utilizatorul **301** poate utiliza dispozitivul de intrare **320**, fără limitare, pentru a selecta și/sau introduce unul sau mai multe articole pentru cumpărarea și/sau cerere de cumpărare sau pentru a

accesa informațiile de creditare și/sau informații de plată. Dispozitivul de intrare **320** poate include, de exemplu, o tastatură, un dispozitiv de indicare, un mouse, un stilou, un panou sensibil la atingere (de exemplu, o tastatură tactilă sau un ecran tactil), un giroscop, un accelerometru, un detector de poziție, un dispozitiv de intrare biometric și/sau un dispozitiv de intrare audio. O singură componentă, cum ar fi un ecran tactil, poate funcționa atât ca un dispozitiv de ieșire al componentei de ieșire media **315**, cât și ca dispozitiv de intrare **320**.

[0041] Dispozitivul calculator utilizator **302** poate include, de asemenea, o interfață de comunicație **325**, cuplată comunicativ cu un dispozitiv la distanță, cum ar fi unitatea de comandă de pompare **212** (prezentată în FIG.2). Interfața de comunicație **325** poate include, de exemplu, un adaptor de rețea cu fir sau wireless și/sau un dispozitiv de emisie-recepție de date wireless pentru utilizarea cu o rețea de telecomunicații mobile.

[0042] În zona de memorie **310** sunt stocate, de exemplu, instrucțiuni citibile de calculator pentru furnizarea unei interfețe de utilizator către utilizatorul **301** prin intermediul componentei de ieșire media **315** și, opțional, primirea și procesarea intrărilor de la dispozitivul de intrare **320**. O interfață de utilizator poate include, printre alte posibilități, un browser web și/sau o aplicație client. Browser-ele web permit utilizatorilor, cum ar fi utilizatorul **301**, să afișeze și să interacționeze cu media și alte informații, de obicei încorporate pe o pagină Web sau pe un site web de la unitatea de comandă de pompare **212**. O aplicație client permite utilizatorului **301** să interacționeze cu, de exemplu, unitatea de comandă de pompare **212**. De exemplu, instrucțiunile pot fi stocate de un serviciu tip cloud și ieșirea de la execuția instrucțiunilor trimisă către componenta de ieșire media **315**.

[0043] Procesorul **305** execută instrucțiuni executabile de calculator pentru implementarea aspectelor invenției. 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 instrucțiunile discutate suplimentar mai jos.

[0044] FIG. 4 este o vedere schematică a unei configurații exemplificative a unității de comandă de pompare **212** care poate fi utilizată împreună cu sistemul **200**

(ambele prezentate în FIG.2). Mai specific, dispozitivul calculator server **401** poate include, dar fără a se limita la, unitatea de comandă de pompare **212** și serverul bază de date **216** (ambele prezentate în FIG.2). Dispozitivul calculator server **401** include, de asemenea, un procesor **405** pentru executarea instrucțiunilor. Instrucțiunile pot fi stocate într-o zonă de memorie **410**. Procesorul **405** poate include una sau mai multe unități de procesare (de exemplu, într-o configurație cu mai multe nuclee).

[0045] Procesorul **405** este cuplat funcțional la o interfață de comunicație **415**, astfel încât dispozitivul calculator server **401** este capabil să comunice cu un dispozitiv la distanță, cum ar fi un alt dispozitiv calculator server **401**, senzorii **230** (prezențați în FIG.2), motorul de comandă de pompare **240** (prezentat în FIG.2) sau sistemele client **214** (prezentate în FIG.2). De exemplu, interfața de comunicație **415** poate primi cereri de la sistemele client **214**, așa cum este ilustrat în FIG. 2.

[0046] Procesorul **405** este de asemenea cuplat funcțional la un dispozitiv de stocare **434**. Dispozitivul de stocare **434** este orice hardware operat de calculator adecvat pentru stocarea și/sau extragerea 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 **434** este integrat în dispozitivul calculator server **401**. De exemplu, dispozitivul calculator server **401** poate include unul sau mai multe unități de hard disk ca dispozitiv de stocare **434**. În alte exemple de realizare, dispozitivul de stocare **434** este extern dispozitivului calculator server **401** și poate fi accesat de o multitudine de dispozitive calculator server **401**. De exemplu, dispozitivul de stocare **434** poate include o rețea zonă de stocare (SAN), un sistem de stocare atașat la rețea (NAS) și/sau mai multe unități de stocare, cum ar fi hard disk-uri și/sau discuri stare solidă într-o configurație redundantă de discuri ieftine (RAID).

[0047] În unele exemple de realizare, procesorul **405** este cuplat funcțional la dispozitivul de stocare **434** printr-o interfață de stocare **420**. Interfața de stocare **420** este orice componentă capabilă să furnizeze procesorului **405** acces la dispozitivul de stocare **434**. Interfața de stocare **420** poate include, de exemplu, un adaptor ATA (Advanced Technology Attachment), un adaptor Serial ATA (SATA), un adaptor Interfață Mic Sistem de Calculator (SCSI), un controler RAID, un adaptor SAN, un adaptor de

rețea și/sau orice componentă care asigură procesorului **405** acces la dispozitivul de stocare **434**.

[0048] Procesorul **405** execută instrucțiuni executabile de calculator pentru implementarea aspectelor invenției. În unele variante 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 **405** este programat cu instrucțiuni așa cum este descris mai jos.

[0049] FIG. 5 reprezintă o vedere grafică a unui profil de viteză exemplificativ **500** al unei curse a unității de pompare cu prăjini **100** (prezentată în FIG. 1A și 1B). Profilul de viteză **500** ilustrează viteza pistonului superior **134** (prezentat în FIG. 1B). Axa x a profilului de viteză **500** este timpul T, iar axa y este viteza pistonul superior **134** în raport cu structura de bază de montaj **106** (ambele prezentate 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.

[0050] 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, Vmax se bazează pe atributele unității de pompare cu prăjini **100**. În exemplul de realizare exemplificativ, valoarea absolută a lui Vmax pe cursa ascendentă este aceeași cu valoarea absolută a lui Vmax pe cursa descendentă. Cu toate acestea, în alte exemple de realizare, valorile absolute ale vitezelor pe cursele ascendentă și descendentă sunt diferite.

[0051] Timpul T1 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 Vmax în timp ce se extinde. Timpul T2 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 .

[0052] 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 timpi ai cursei, deoarece ele controlează fiecare etapă a cursei. În exemplul de realizare ilustrativ, T_{up} , T_1 , T_2 , T_3 și T_4 sunt stocate ca procente din T . De exemplu, dacă T_1 este de 10%, atunci etapa de accelerare pe cursa ascendentă va ocupa 10% din timpul total al cursei.

[0053] FIG. 6 este o vedere grafică a unui grafic exemplificativ **600** al sincronizărilor de cursă primară și secundară pentru utilizarea cu unitatea de pompare cu prăjini **100** (prezentată în FIG. 1A și 1B). Graficul **600** ilustrează cantitatea de debit de fluid indus la diferite sincronizări decursă, care sunt calculate pentru diferite presiuni de admisie ale pompei (PIP) (cunoscute și sub denumirea de presiune la fundul puțului). Axa x a graficului **600** este PIP, iar axa y este barili pe zi (BPD), cantitatea de debit de fluid indus folosind sincronizarea cursei asociate. Fiecare punct al graficului **600** reprezintă o sincronizare diferită a cursei pentru unitatea de pompare cu prăjini **100**. Sincronizările de cursă **602** și **604** reprezintă profilurile primare bazate pe condiții predeterminate. În exemplul de realizare exemplificativ, sincronizarea cursei **602** se bazează pe o valoare PIP de 100 psi, iar sincronizarea cursei **604** se bazează pe o valoare PIP de 3000 psi. Sincronizările de cursă **602** și **604** sunt calculate pentru cea mai mare valoare BPD, având în vedere o multitudine de constrângeri. Graficul **600** include, de asemenea, sincronizările cursei secundare **606**, care sunt interpolate pe baza sincronizărilor cursei primare inferioară **602** și superioară **604**.

[0054] Sincronizările cursei primare **602** și **604** sunt calculate în punctele de la cele două capete ale spectrului pentru condițiile de puț, în cazul în care condițiile reale

de puț este de așteptat să existe între cele două puncte. Sincronizările cursei primare **602** și **604** sunt calculate pentru cel mai mare debit de fluid indus pentru aceste condiții și în limitele constrângerilor. În exemplul de realizare exemplificativ, există patru seturi de constrângeri, constrângeri de flambaj, constrângeri de oboseală, constrângeri de echilibrare a forței de cuplu și șurub și constrângeri fizice.

[0055] Primul set de constrângeri este proiectat pentru a împiedica flambarea garniturii de prăjini de pompare (nereprezentată). 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.

[0056] Al doilea 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. Aceste tensiuni variabile sunt configurate 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.

[0057] Al treilea set de constrângeri se bazează pe echilibrarea cuplului și forța șurubului. Aceste constrângeri sunt configurate astfel încât să echilibreze cuplul motorului **130** și forța care este plasată pe șurubul cu role **118** (ambele prezentate în FIG.1). Aceste constrângeri se bazează pe toleranța pe care motorul **130** și șurubul cu role **118** o prezintă și sunt prezentate ca ecuațiile



$$T_{tol} = \frac{||T_{max}| - |T_{min}||}{\max(|T_{max}|, |T_{min}|)}, \quad \text{Eq. (1)}$$

unde Tmax și Tmin sunt cuplurile maxim și minim la care sunt supuse motorul **130** și șurubul cu role **118** și

$$F_{screw, tol} = \frac{||F_{max}| - |F_{min}||}{\max(|F_{max}|, |F_{min}|)}, \quad \text{Eq. (2)}$$

unde Fmax și Fmin sunt forțele maximă și minimă la care sunt supuse motorul **130** și șurubul cu role **118**

[0058] Al patrulea set de constrângeri se bazează pe atributele fizice ale unității 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, o sarcină maximă pe prăjina lustruită, o forță minimă și maximă a șurubului, o putere maximă a motorului, puterea pătratică medie pentru motor, cuplul maxim pentru motor, cuplul pătratic mediu pentru motor, clasa de presiune permisă a recipientului sub presiune **104** (prezentat în FIG. 1) și rotațiile maxime pe minut ale motorului **130**. Aceste constrângeri poate fi necesar să fie actualizate pe măsură ce piesele sunt schimbate în unitatea de pompare cu prăjini **100**.

[0059] FIG. 7 este o diagramă a procesului **700** de generare a sincronizărilor de cursă primare (**602** și **604**) și secundară **606** (toate prezentate în FIG. 6). În exemplul de realizare ilustrativ, procedeul **700** este realizat de către sistemul client **214** (prezentat în FIG.2), care este amplasat separat de dispozitivul de pompare cu prăjini **100** (prezentat în FIG.1). În unele exemple de realizare, sistemul client **214** este un dispozitiv mobil pe care un utilizator îl conectează direct la sistemul de comandă de pompare **212** (prezentat în FIG.2). Sistemul client **214** transmite sincronizările de cursă primară și secundară la unitatea de comandă de pompare **212**. În alte exemple de realizare, procedeul **700** este realizat de unitatea de comandă de pompare **212**.

[0060] Sistemul client **214** stochează **702** o multitudine de constrângeri pentru unitatea de pompare cu prăjini **100**. Sistemul client **214** primește **704** un nivel ridicat de presiune și un nivel scăzut de presiune de la un utilizator. Nivelul ridicat și nivelul scăzut

sunt două niveluri extreme pentru presiune, astfel încât este de așteptat ca condițiile din puț să fie între cele două niveluri. În exemplul de realizare exemplificativ, nivelul ridicat și nivelul scăzut sunt stabilite la 3000 psi și, respectiv, 100 psi. Sistemul client **214** calculează **706** sincronizarea de cursă optimă la fiecare dintre cele două niveluri pentru a crea temporizările de cursă de optimizare **602** și **604** superioară și inferioară. Calculele se bazează pe constrângeri și sunt calculate pentru cel mai înalt debit de fluid posibil. În exemplul de realizare exemplificativ, debitul de fluid se bazează pe barili pe zi (BPD). Exemple de sincronizări de cursă primară la nivelurile ridicat **604** și scăzut **602** sunt prezentate în Tabelul 1.

Variabilă	Sincronizări cursă primară	
PIP (psi)	100	3000
SPM	6,3333	13,4
T1 (%)	15	10
T2 (%)	10	12
T3 (%)	6	8
T3 (%)	9	7
BPD	178,24	355,89

Tabelul 1

[0061] Odată ce au fost calculate sincronizările de cursă primară, sistemul client **214** selectează **708** o multitudine de niveluri de presiune între nivelul ridicat și nivelul scăzut. În exemplul de realizare ilustrativ, multitudinea de niveluri de presiune este selectată de utilizator. În alte exemple de realizare, multitudinea nivelurilor de presiune este selectată de sistemul client **214**. Sistemul client **214** calculează **710** sincronizările de cursă pentru fiecare din multitudinea selectată de niveluri de presiune. Sistemul client **214** determină **712** o pondere pentru fiecare nivel de presiune selectat. Pentru fiecare nivel de presiune, sistemul client **214** calculează o pondere minimă m care satisface toate constrângerile, dând în același timp cea mai mare valoare a BPD pentru acel nivel de presiune. Ponderea m se bazează pe următoarea ecuație, unde X poate fi orice variabilă a sincronizării cursei curente, cum ar fi $T1$ sau T .

$$X(PIP) = m * X(100 \text{ psi}) + (1 - m) * X(3000 \text{ psi}) \quad \text{Ec.(3)}$$

în care X este variabila dorită, cum ar fi T1 sau T, PIP este presiunea la fundul puțului dorită, X(100 psi) este variabila dorită calculată la 100 psi din sincronizarea cursei primare **602**, X(3000 psi) este variabilă dorită calculată la 3000 psi din sincronizarea cursei primare **604** și m este ponderea pentru calculul celei mai mari valori a BPD la PIP.

[0062] De exemplu, rezultatele aplicării ecuației de mai sus la multiple niveluri de presiune pot fi văzute mai jos în Tabelul 2. 100 și 3000 sunt nivelurile primare **602** și **604**, în timp ce 200, 400, 800, 1000, 1200 și 1500 reprezintă nivelurile secundare **606**.

PIP	100	200	400	800	1000	1200	1500	3000
m	1	0,96	0,86	0,77	0,37	0,16	0	0
SPM	6,33	6,61	7,32	7,95	10,78	12,26	13,4	13,4
T1 (%)	15	14,8	14,3	13,85	11,85	10,8	10	10
T2 (%)	10	10,08	10,28	10,46	11,26	11,68	12	12
T3 (%)	6	6,08	6,28	6,46	7,26	7,68	8	8
T4 (%)	9	8,92	8,72	8,54	7,74	7,32	7	7
BPD	178,24	185,34	203,11	219,09	290,15	327,46	330	355,89

Tabelul 2

[0063] Calculele de mai sus oferă o pereche de sincronizări de cursă primare **602** și **604** și o multitudine de sincronizări de cursă secundare **606** pentru utilizarea cu unitatea de pompare cu prăjini **100**. În exemplul de realizare ilustrativ, doar valorile diferite ale lui m (setul de ponderi) pentru diferitele niveluri de presiune și sincronizările de cursă primare pentru nivelurile ridicat și scăzut sunt furnizate la unitatea de comandă de pompare **212**. În alte exemple de realizare, sincronizările de cursă primare și secundare sunt furnizate unității de comandă de pompare **212**. Unitatea de comandă de pompare **212** utilizează apoi sincronizările de cursă pentru a controla cursele unității de pompare cu prăjini **100**.

[0064] În alte exemple de realizare, calculele de mai sus sunt realizate pentru fracțiunea de gaz de la fundul puțului, unde PIP este menținută la o valoare constantă.

În aceste exemple de realizare suplimentare, sunt calculate sincronizările de cursă primare pentru o valoare ridicată și o valoare scăzută ale fracțiunii de gaz de la fundul puțului. Apoi, acele sincronizări de cursă primare sunt folosite pentru a calcula sincronizările de cursă secundare pentru nivelurile selectate ale fracțiunii de gaz de la fundul puțului dintre nivelurile ridicat și scăzut ale fracțiunii de gaz de la fundul puțului.

[0065] FIG. 8 este o diagramă a procesului de pompare bazat pe presiune **800** utilizând unitatea de pompare cu prăjini **100** (prezentată în FIG. 1A și 1B). Procesul **800** este configurat pentru a mări debitul de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini **100**, asigurând în același timp o funcționare sigură pe baza condițiilor curente. Unitatea de comandă de pompare **212** (prezentată în FIG.2) stochează **802** valorile pentru m (ponderile) la diferite niveluri de presiune și sincronizările de cursă primare pentru nivelurile de presiune ridicată și joasă generate în timpul procedurii **700** (prezentat în FIG.7). Unitatea de comandă de pompare **212** primește **804** un nivel de presiune curent. În unele exemple de realizare, unitatea de comandă de pompare **212** primește **804** nivelul de presiune curent de la unul sau mai mulți senzori **230** (prezentati în FIG.2). În alte exemple de realizare, nivelul de presiune curent este estimat pe baza condițiilor din puț. În alte exemple de realizare, unitatea de comandă de pompare **212** primește **804** nivelul de presiune curent de la sistemul client **214** (prezentat în FIG.2).

[0066] Unitatea de comandă de pompare **212** determină **806** un set de sincronizări de cursă curentă pe baza nivelului actual de presiune. Unitatea de comandă de pompare **212** compară nivelul actual de presiune cu nivelurile de presiune asociate ponderilor stocate. Dacă nivelul actual de presiune este același cu cel asociat ponderii stocate, atunci unitatea de comandă de pompare **212** aplică Ecuația (3) folosind ponderea potrivită pentru a determina un set de timpi ai cursei curente. De exemplu, dacă nivelul actual de presiune este de 400 psi, atunci unitatea de comandă de pompare **212** va determina sincronizarea cursei curente pentru a se potrivi acelor valori indicate în Tabelul 2 pentru 400 psi. Dacă nivelul actual de presiune se află între două niveluri de presiune cu ponderi asociate, unitatea de comandă de pompare **212** calculează o linie pentru cele două niveluri de presiune și ponderile asociate. Folosind linia calculată, unitatea de comandă de pompare **212** determină o pondere pentru nivelul de presiune curent. Unitatea de comandă de pompare **212** aplică Ecuația (3)1

utilizând ponderea determinată pentru a calcula un set curent de sincronizări de cursă. În unele exemple de realizare, linia este calculată pentru a se potrivi pentru mai multe niveluri de presiune. Unitatea de comandă de pompă **212** inițiază **808** cel puțin o curbă pe baza setului actual de sincronizări de cursă.

[0067] FIG. 9 este o schemă bloc a procedurii de pompă pe baza presiunii și fracțiunii de gaz **900**, utilizând unitatea de pompă cu prăjini **100** (prezentată în FIG. 1A și 1B). Procedura **900** este configurată pentru a îmbunătăți debitul de fluid indus de unitatea de pompă cu prăjini **100**, asigurând o funcționare sigură în funcție de condițiile reale. Unitatea de comandă de pompă **212** (prezentată în FIG. 2) stochează **902** patru seturi de sincronizări de curse primare pe baza următoarelor patru seturi de condiții: nivel scăzut al presiunii și nivel scăzut al fracțiunii de gaz, nivel scăzut al presiunii și nivel ridicat al fracțiunii de gaz, nivel ridicat al presiunii și nivel scăzut al fracțiunii de gaz, nivelul ridicat al presiunii și nivel ridicat al fracțiunii de gaz. Unitatea de comandă de pompă **212** stochează **904** două seturi de valori pentru m (ponderi), un set pentru nivelurile de presiune și un set pentru niveluri fracțiunii de gaz. Nivelurile de presiune pentru ponderile de presiune se situează între nivelul ridicat al presiunii și nivelul scăzut al presiunii. Nivelurile fracțiunii de gaz asociate cu ponderile fracțiunii de gaz se află între nivelul ridicat al fracțiunii de gaz și nivelul scăzut al fracțiunii de gaz. În exemplul de realizare ilustrativ, ambele seturi de ponderi sunt calculate folosind procedura **700** (prezentat în FIG. 7). În timp ce în alte exemple de realizare, ponderile sunt calculate pe o bază polinomială.

[0068] Unitatea de comandă de pompă **212** recepționează **906** un nivel curent al fracțiunii de gaz. Unitatea de comandă de pompă **212** recepționează **908** un nivel curent al presiunii. Unitatea de comandă de pompă **212** determină **910** un set curent de sincronizări de cursă pe baza nivelului curent al presiunii și a nivelului curent al fracțiunii de gaz. Unitatea de comandă de pompă **212** folosește cele patru seturi de sincronizări de cursă primare și cele două seturi de ponderi pentru a calcula una sau mai multe ponderi pentru nivelul curent al fracțiunii de gaz și nivelul curent al presiunii. Unitatea de comandă de pompă **212** aplică una sau mai multe ponderi calculate la cele patru seturi de timpi ai cursei primare pentru a determina sincronizarea curentă a

cursei. Unitatea de comandă de pompare **212** inițiază **912** cel puțin o cursă pe baza setului curent de timpi ai cursei.

[0069] 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.

[0070] Un efect tehnic exemplificativ al metodelor, sistemelor și aparatului descrise aici include cel puțin unul dintre: (a) determinarea sincronizării cursei curente pentru condițiile de puț curente pentru o unitate de pompare cu prăjini pe baza sincronizării cursei predeterminate pentru condiții predeterminate, în care sincronizarea cursei curente și sincronizarea cursei predeterminate sunt calculate pentru a reduce orice solicitări pe garnitura de prăjini de pompare și pe unitatea de pompare cu prăjini, concomitent cu îmbunătățirea debitului de fluid; (b) 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 și asupra unității de pompare cu prăjini.

[0071] 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.

[0072] Deși caracteristicile specifice ale diferitelor exemple de realizare pot să fie prezentate 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.

[0073] 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.

[0074] 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 literal revendicărilor.

REVENDICĂRI

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

- o unitate de comandă de pompare cuprinzând un procesor și o memorie, unitatea de comandă de pompare fiind configurată pentru a comanda mișcarea cursei unității de pompare cu prăjini, controlând astfel debitul de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini, respectiva unitate de comandă de pompare fiind configurată să:

- stocheze un prim set de date de timpi ai cursei bazat pe un prim nivel de presiune și un al doilea set de date de timpi ai cursei bazat pe un al doilea nivel de presiune, primul set de date de timpi ai cursei și al doilea set de date de timpi ai cursei fiind bazate pe o multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini;

- stocheze un set de ponderi de presiune bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei și multitudine de constrângeri;

- primească un nivel curent de presiune, în care nivelul curent de presiune este situat între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune;

- determine un set curent de date de timpi ai cursei bazat pe nivelul curent de presiune, primul set de timpi ai cursei, al doilea set de timpi ai cursei și setul de ponderi de presiune; și

- inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini, în care cea cel puțin o cursă se bazează pe setul curent de date de timpi ai cursei.

2. Sistem conform revendicării 1, în care primul set de date de timpi ai cursei este bazat suplimentar pe un prim nivel al fracțiunii de gaz, al doilea set de date de timpi ai cursei este bazat suplimentar pe primul nivel al fracțiunii de gaz și în care respectiva unitate de comandă de pompare este configurată suplimentar să:

- stocheze un al treilea set de date de timpi ai cursei bazat pe primul nivel de presiune și al doilea nivel al fracțiunii de gaz, și un al patrulea set de date de timpi ai cursei bazat pe al doilea nivel de presiune și al doilea nivel al fracțiunii de gaz, și al treilea set de date de timpi ai cursei și al patrulea set de date de timpi ai cursei fiind bazate suplimentar pe multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini;

- stocheze un set de ponderi ale fracțiunii de gaz bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei, al treilea set de date de timpi ai cursei, al patrulea set de date de timpi ai cursei și multitudinea de constrângeri;

- primească un nivel curent al fracțiunii de gaz, în care nivelul curent al fracțiunii de gaz este situat între primul nivel al fracțiunii de gaz și al doilea nivel al fracțiunii de gaz; și

- determine setul curent de date de timpi ai cursei pe baza nivelului curent de presiune, a setului de ponderi de presiune, a nivelului curent al fracțiunii de gaz și a setului de ponderi ale fracțiunii de gaz.

3. Sistem conform revendicării 2, în care setul de ponderi ale fracțiunii de gaz este bazat pe unul sau mai multe niveluri de presiune suplimentare situate între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune, și în plus este bazat pe unul sau mai multe niveluri suplimentare ale fracțiunii de gaz situate între primul nivel al fracțiunii de gaz și al doilea nivel al fracțiunii de gaz.

4. Sistem conform revendicării 2, în care cel de-al treilea set de timpi ai cursei și cel de-al patrulea set de timpi ai cursei bazate pe multitudinea de constrângeri facilitează îmbunătățirea debitului de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini.

5. Sistem conform revendicării 1, în care multitudinea de constrângeri cuprinde unul sau mai multe criterii de flambaj, unul sau mai multe criterii de oboseală și unul sau mai multe atribute fizice ale unității de pompare cu prăjini.

6. Sistem conform revendicării 5, în care multitudinea de constrângeri cuprinde suplimentar unul sau mai multe criterii de cuplu care echilibrează un cuplu aplicat unității de pompare cu prăjini și unul sau mai multe criterii de forță de șurub care echilibrează o forță de șurub aplicată unității de pompare cu prăjini.

7. Sistem conform revendicării 1, în care datele curente de timpi ai cursei cuprind cel puțin unul dintre 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, un parametru de viteză superioară și curse pe minut.

8. Sistem conform revendicării 1, în care setul de ponderi de presiune se bazează pe unul sau mai multe niveluri suplimentare de presiune situate între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune.

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

- determine o primă pondere de presiune și o a doua pondere de presiune pentru setul de ponderi de presiune pe baza nivelului curent de presiune;
- aplice prima pondere de presiune la primul set de date de timpi ai cursei pentru a primi un prim rezultat;
- aplice a doua pondere de presiune la cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei pentru a primi un al doilea rezultat; și să
- determine setul curent de date de timpi ai cursei pe baza primului rezultat și a celui de-al doilea rezultat.

10. Sistem conform revendicării 1, în care primul set de timpi ai cursei și cel de-al doilea set de timpi ai cursei bazate pe multitudinea de constrângeri facilitează îmbunătățirea valorii debitului de fluid indus de unitatea de pompare cu prăjini.

11. Metodă bazată pe calculator pentru îmbunătățirea 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:

- stocarea unui prim set de date de timpi ai cursei bazat pe un prim nivel de presiune și unui al doilea set de date de timpi ai cursei bazat pe un al doilea nivel de presiune, primul set de date de timpi ai cursei și al doilea set de date de timpi ai cursei fiind bazate pe o multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini;

- stocarea unui set de ponderi de presiune bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei și multitudinea de constrângeri;
- primirea unui nivel curent de presiune, în care nivelul curent de presiune este situat între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune;
- determinarea unui set curent de date de timpi ai cursei pe baza nivelului curent de presiune, a primului set de timpi ai cursei, a celui de-al doilea set de timpi ai cursei și a setului de ponderi de presiune; și
- inițierea cel puțin a unei curse a unității de pompare cu prăjini, în care cea cel puțin o cursă se bazează pe setul curent de date de timpi ai cursei.

12. Metodă conform revendicării 11, în care primul set de date de timpi ai cursei este bazat suplimentar pe un prim nivel al fracțiunii de gaz, cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei este bazat suplimentar pe primul nivel al fracțiunii de gaz și în care metoda cuprinde suplimentar:

- stocarea unui al treilea set de date de timpi ai cursei bazat pe primul nivel de presiune și un al doilea nivel al fracțiunii de gaz, și unui al patrulea set de date de timpi ai cursei bazat pe cel de-al doilea nivel de presiune și al doilea nivel al fracțiunii de gaz, al treilea set de date de timpi ai cursei și al patrulea set de date de timpi ai cursei fiind bazate suplimentar pe multitudinea de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini;
- stocarea unui set de ponderi ale fracțiunii de gaz bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei, al treilea set de date de timpi ai cursei, al patrulea set de date de timpi ai cursei și multitudinea de constrângeri;
- primirea unui nivel curent al fracțiunii de gaz, în care nivelul curent al fracțiunii de gaz este situat între primul nivel al fracțiunii de gaz și cel de-al doilea nivel al fracțiunii de gaz; și
- determinarea setului curent de date de timpi ai cursei pe baza nivelului curent de presiune, a setului de ponderi de presiune, a nivelului actual al fracțiunii de gaz și a setului de ponderi ale fracțiunii de gaz.

13. Metodă conform revendicării 12, în care setul de ponderi ale fracțiunii de gaz este bazat pe unul sau mai multe niveluri de presiune suplimentare situate între primul

nivel de presiune și cel de al doilea nivel de presiune, și în plus este bazat pe unul sau mai multe niveluri suplimentare ale fracțiunii de gaz situate între primul nivel al fracțiunii de gaz și al doilea nivel al fracțiunii de gaz.

14. Metodă conform revendicării 11, în care multitudinea de constrângeri cuprinde unul sau mai multe criterii de flambaj, unul sau mai multe criterii de oboseală și unul sau mai multe atribute fizice ale unității de pompare cu prăjini.

15. Metodă conform revendicării 13, în care multitudinea de constrângeri mai cuprinde unul sau mai multe criterii de cuplu care echilibrează un cuplu aplicat unității de pompare cu prăjini și unul sau mai multe criterii de forță de șurub care echilibrează o forță a șurubului aplicată unității de pompare cu prăjini.

16. Metodă conform revendicării 11, în care datele curente de timp ai cursei cuprind cel puțin unul dintre 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, un parametru de viteză superioară și curse pe minut.

17. Metodă conform revendicării 11, în care setul de ponderi de presiune se bazează pe unul sau mai multe niveluri de presiune suplimentare situate între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune.

18. Unitate de pompare cu prăjini pentru inducerea unui debit de fluid, unitatea de pompare cu prăjini cuprinzând:

- o unitate de comandă de pompare cuprinzând un procesor și o memorie, unitatea de comandă de pompare fiind configurată pentru a comanda 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:

- stocheze un prim set de date de timp ai cursei bazat pe un prim nivel de presiune și un al doilea set de date de timp ai cursei bazat pe un al doilea nivel

de presiune, primul set de date de timpi ai cursei și al doilea set de date de timpi ai cursei fiind bazate pe o multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini;

- stocheze un set de ponderi de presiune bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei și multitudine de constrângeri;

- primească un nivel curent de presiune, în care nivelul curent de presiune este situat între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune;

- determine un set curent de date de timpi ai cursei pe baza nivelului curent de presiune, a primului set de timpi ai cursei, a celui de-al doilea set de timpi ai cursei și a setului de ponderi de presiune; și

- inițieze cel puțin o cursă a unității de pompare cu prăjini, în care cea cel puțin o cursă se bazează pe setul curent de date de timpi ai cursei.

19. Unitate de pompare cu prăjini conform revendicării 18, în care primul set de date de timpi ai cursei este bazat suplimentar pe un prim nivel al fracțiunii de gaz, cel de-al doilea set de date de timpi ai cursei este bazat suplimentar pe primul nivel al fracțiunii de gaz și în care unitatea de comandă de pompare este configurată suplimentar să:

- stocheze un al treilea set de date de timpi ai cursei bazat pe primul nivel de presiune și un al doilea nivel al fracțiunii de gaz, și un al patrulea set de date de timpi ai cursei bazat pe cel de-al doilea nivel de presiune și al doilea nivel al fracțiunii de gaz, al treilea set de date de timpi ai cursei și al patrulea set de date de timpi ai cursei fiind bazate suplimentar pe multitudine de constrângeri ale unității de pompare cu prăjini;

- stocheze un set de ponderi ale fracțiunii de gaz bazat pe primul set de date de timpi ai cursei, al doilea set de date de timpi ai cursei, al treilea set de date de timpi ai cursei, al patrulea set de date de timpi ai cursei și multitudine de constrângeri;

- primească un nivel curent al fracțiunii de gaz, în care nivelul curent al fracțiunii de gaz este situat între primul nivel al fracțiunii de gaz și cel de-al doilea nivel al fracțiunii de gaz; și

- determine setul curent de date de timpi ai cursei pe baza nivelului curent de presiune, a setului de ponderi de presiune, a nivelului curent al fracțiunii de gaz și a setului de ponderi ale fracțiunii de gaz.

20. Unitate de pompare cu prăjini conform revendicării 19, în care setul de ponderi ale fracțiunii de gaz este bazat pe unul sau mai multe niveluri de presiune suplimentare situate între primul nivel de presiune și cel de al doilea nivel de presiune, și este în plus bazat pe unul sau mai multe niveluri suplimentare ale fracțiunii de gaz situate între primul nivel al fracțiunii de gaz și al doilea nivel al fracțiunii de gaz.

21. Unitate de pompare cu prăjini conform revendicării 18, în care setul de ponderi de presiune se bazează pe unul sau mai multe niveluri de presiune suplimentare situate între primul nivel de presiune și al doilea nivel de presiune.

22. Unitate de pompare cu prăjini conform revendicării 18, în care multitudinea de constrângeri cuprinde unul sau mai multe criterii de flambaj, unul sau mai multe criterii de oboseală și unul sau mai multe atribute fizice ale unității de pompare cu prăjini.

23. Unitate de pompare cu prăjini conform revendicării 18, în care multitudinea de constrângeri mai cuprinde unul sau mai multe criterii de cuplu care echilibrează un cuplu aplicat unității de pompare cu prăjini și unul sau mai multe criterii de forță de șurub care echilibrează o forță a șurubului aplicată unității de pompare cu prăjini.

24. Unitate de pompare cu prăjini conform revendicării 18, în care datele curente de timpi ai cursei cuprind cel puțin unul dintre 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, un parametru de viteză superioară și curse pe minut.

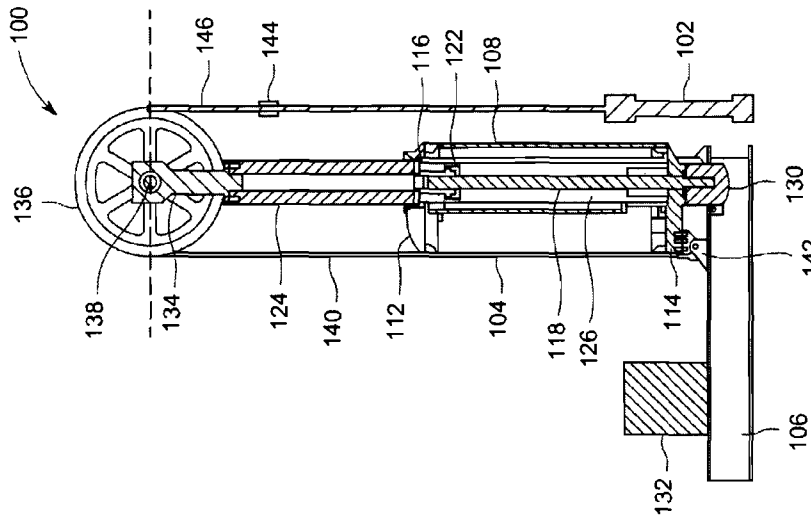


FIG. 1B

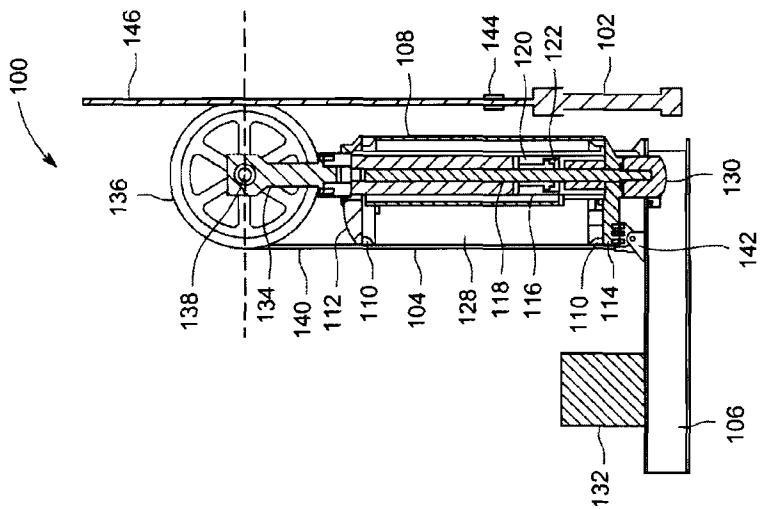


FIG. 1A

2/9

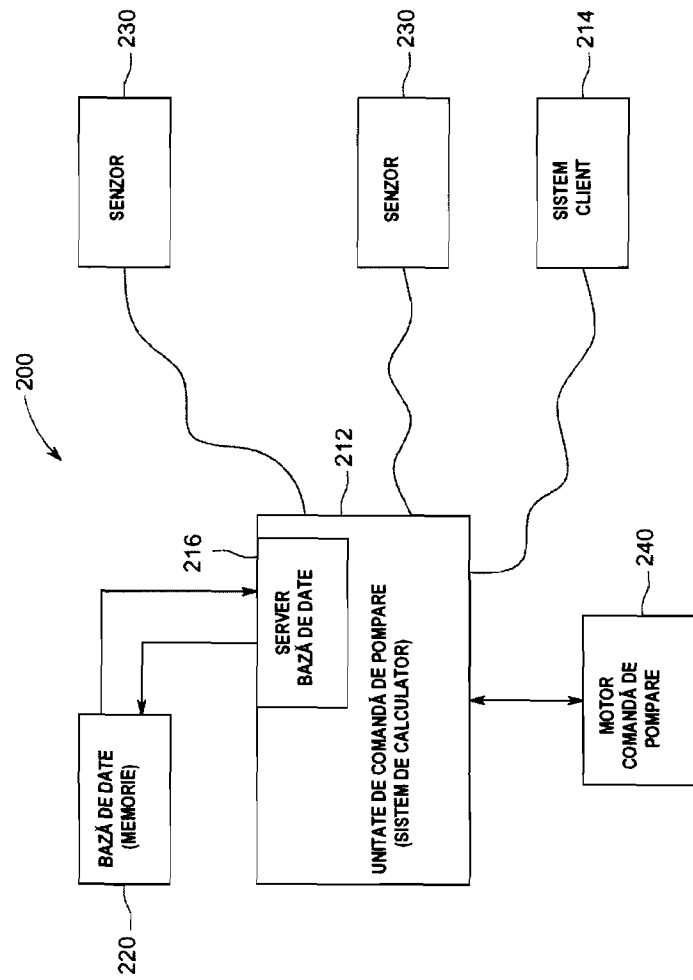


FIG. 2

3/9

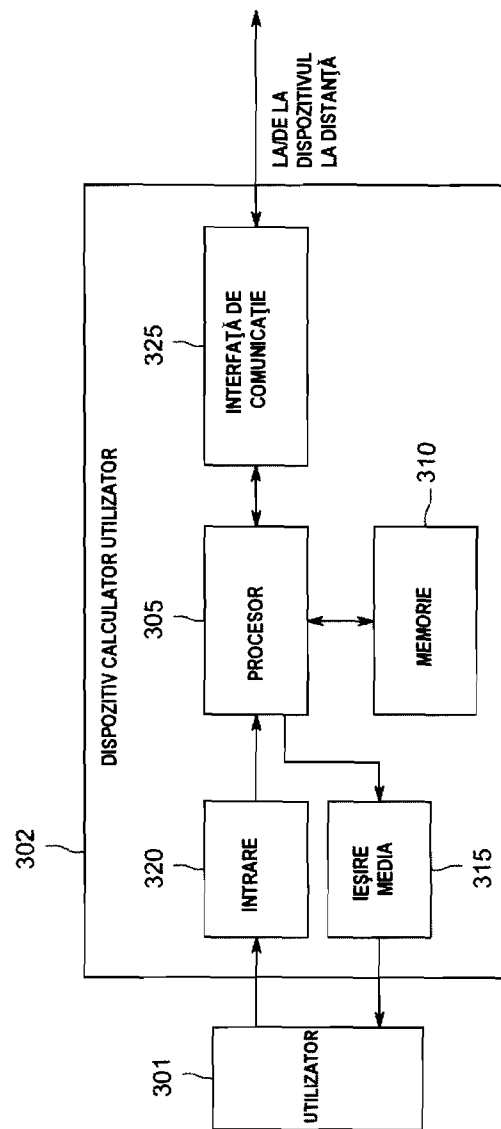


FIG. 3

4/9

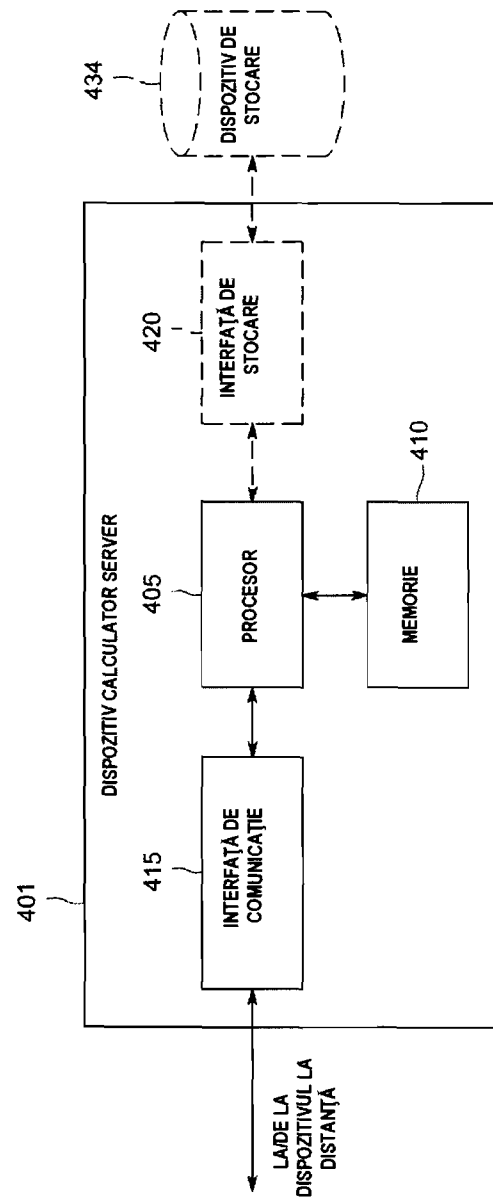
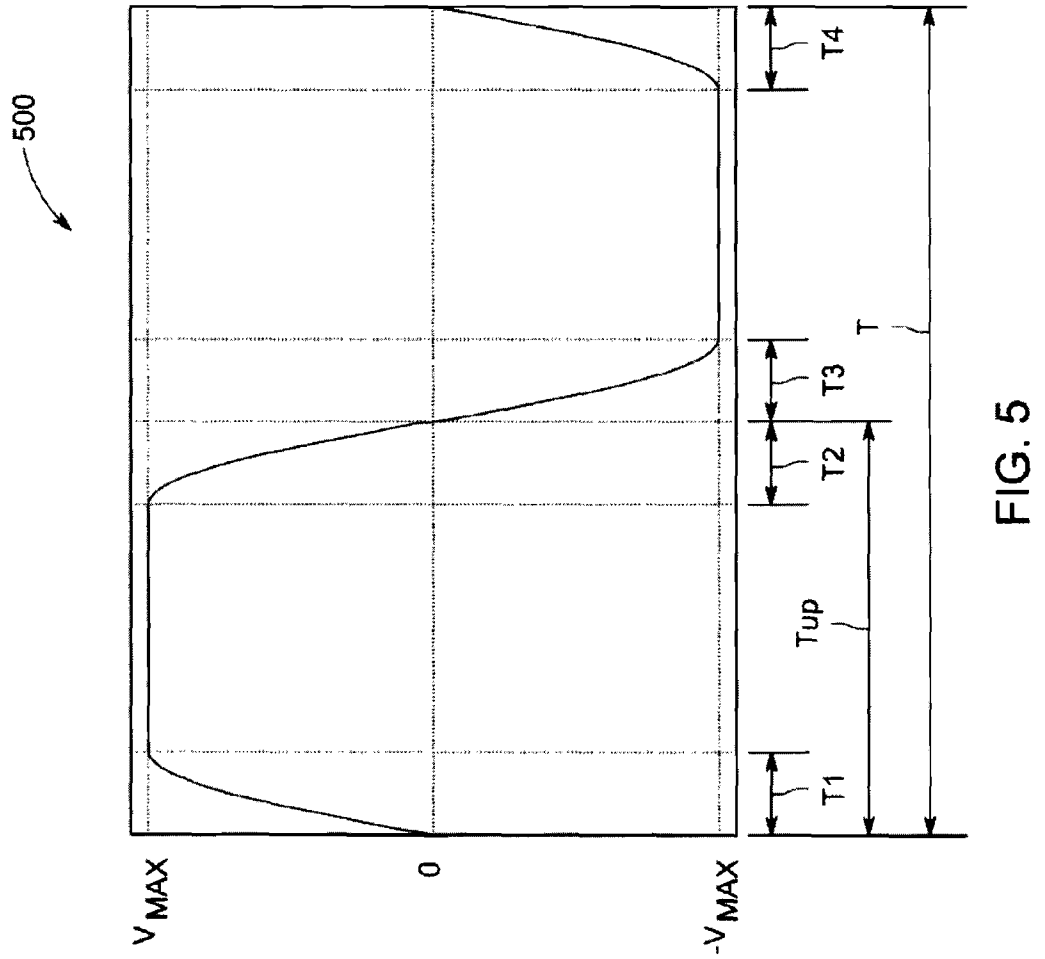


FIG. 4

5/9





6/9

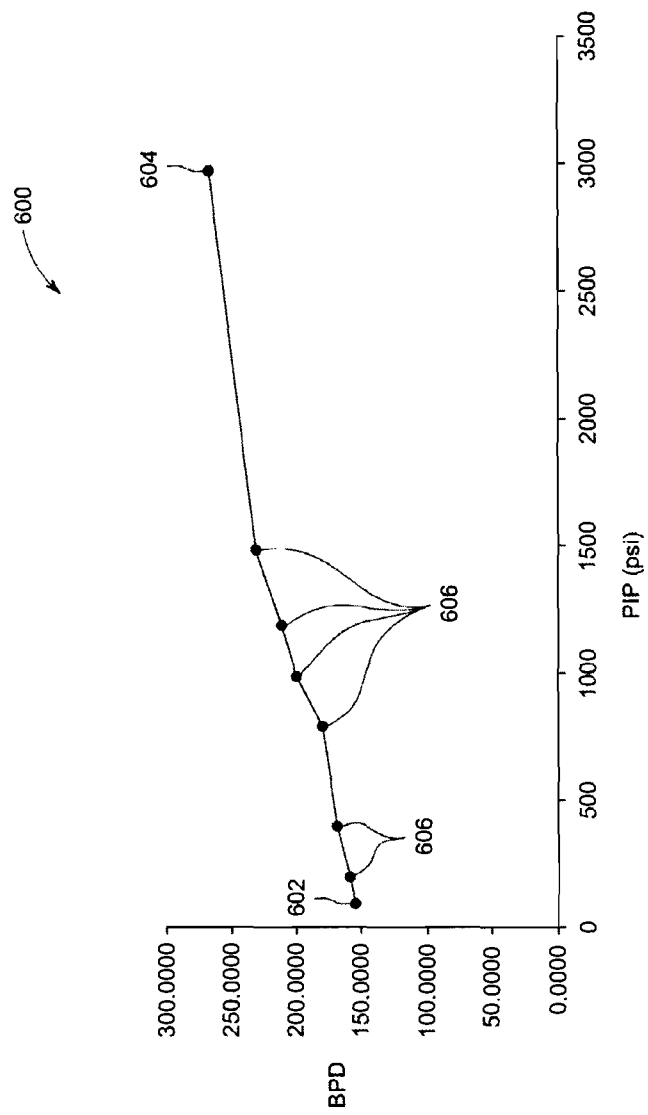


FIG. 6

7/9

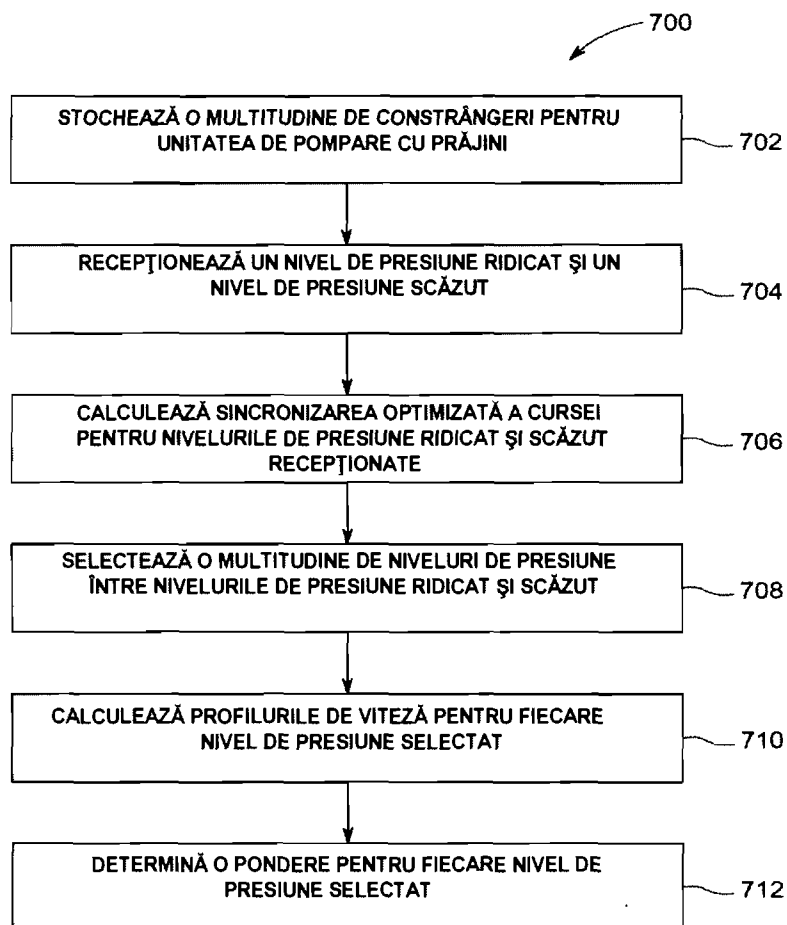


FIG. 7

8/9

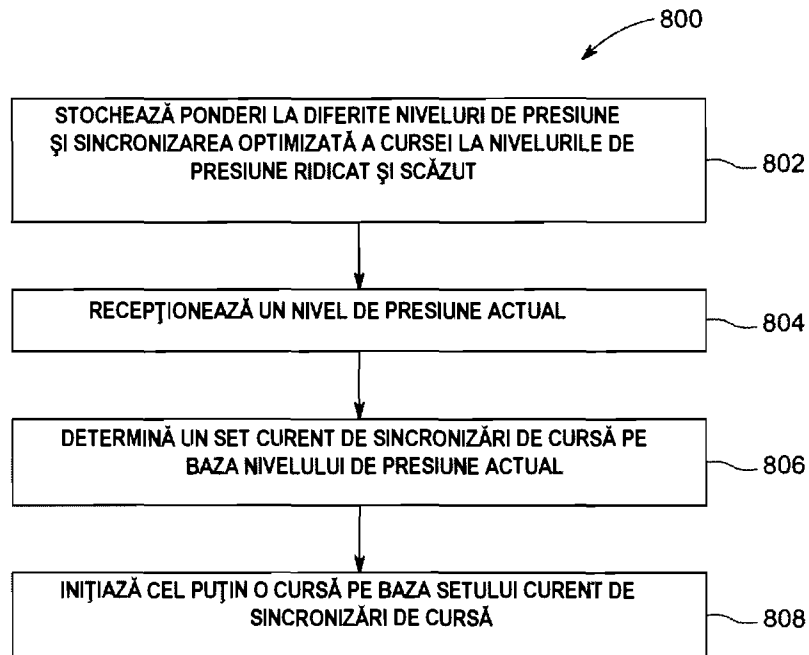


FIG. 8

9/9

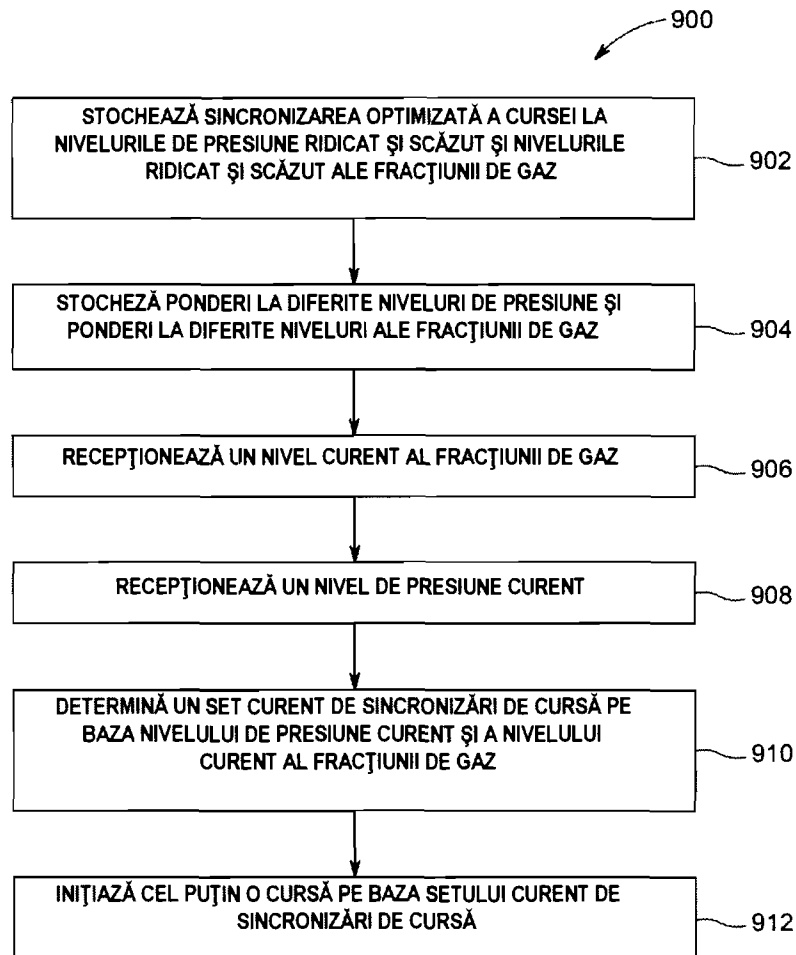


FIG. 9

REZUMAT