

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00719

(22) Data de depozit: 13/04/2017

(30) Prioritate:

14/04/2016 US 15/099342

(41) Data publicării cererii:

30/04/2019 BOPI nr. 4/2019

(86) Cerere internațională PCT:

Nr. US 2017/027365 13/04/2017

(87) Publicare internațională:

Nr. WO 2017/180839 19/10/2017

(71) Solicitant:

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

(72) Inventatori:

• SINGAL KALPESH, ONE RESEARCH
CIRCLE, NY, GLENVILLE, US;
• SIVARAMAKRISHNAN SHYAM,
ONE RESEARCH CIRCLE, OK, EDMOND,
US;
• BARTON JUSTIN EDWIN,
ONE RESEARCH CIRCLE, NY, GLENVILLE,
US

(74) Mandatar:

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

(54) UNITATE DE POMPARE CU PRĂJINI ȘI METODĂ
DE ACȚIONARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o unitate de pompare cu prăjini și, mai particular, la un regulator de unitate de pompare cu prăjini, și la o metodă de acționare pentru controlul unei contrabalansări în timpul funcționării unității de pompare cu prăjini. Unitatea de pompare, conform invenției, are un regulator pentru acționarea unui motor primar, care include un procesor configurat să acționeze motorul primar pe o primă cursă și pe o a doua cursă; mai este configurat să calculeze o primă valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă, și să cupleze ajustarea unei contrabalansări, să estimeze o a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă; mai este configurat să decupleze ajustarea contrabalansării în timpul celei de-a doua curse, atunci când cea de-a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru. În metoda conform invenției contrabalansarea cuprinde o forță de contrabalansare generată de presiune într-un vas de presiune, care acționează asupra unui plunger cuplat la motorul primar, și în care calculul forțelor de contrabalansare estimate cuprinde estimarea unei multitudini de coeficienți, pentru o aproximare polinomială a presiunii, ca o funcție de poziția cursei pe baza unei presiuni curente și a poziției curente a cursei x,

calcularea de presiuni estimate în vasul de presiune la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pe baza aproximării polinomiale, a poziției curente a cursei x și a multitudinii de coeficienți, și calcularea forțelor de contrabalansare estimate pe baza presiunilor estimate.

Revendicări: 20

Figuri: 5

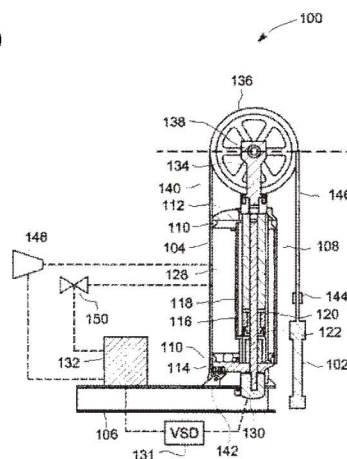
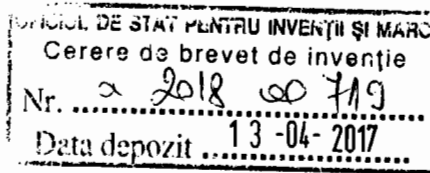


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, 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).





UNITATE DE POMPARE CU PRĂJINI ȘI METODĂ DE ACȚIONARE

STADIUL TEHNICII

[0001] Domeniul dezvoltării se referă în general la unități de pompare cu prăjini și, mai particular, la un regulator de unitate de pompare cu prăjini și la o metodă de acționare pentru controlul unei contrabalansări în timpul funcționării unității de pompare cu prăjini.

[0002] Cele mai cunoscute unități de pompare cu prăjini (cunoscute de asemenea și ca unități de pompare de suprafață) sunt utilizate în sonde forate pentru a induce curgerea fluidului, de exemplu petrol și apă. Exemple de unități de pompare cu prăjini includ, de exemplu, și fără limitare, unități de pompare liniară și unități de pompage de adâncime. Unitățile de pompare cu prăjini convertesc mișcarea de rotație de la un motor primar, de exemplu, un motor sau un motor electric, în mișcare alternativă rectilinie deasupra gurii de sondă. Această mișcare este utilizată la rândul său, pentru antrenarea unei pompe de talpa sondei cu mișcare alternativă rectilinie prin intermediul unei coloane de prăjini de pompare. Coloana de prăjini de pompare, care se poate extinde pe mile în lungime, transmite mișcarea alternativă rectilinie de la gura sondei la suprafața unui piston subteran sau plunjer și supape într-o zonă purtătoare de fluid a sondei forate. Mișcarea alternativă rectilinie a supapelor pistonului induce curgerea fluidului pe lungimea coloanei de prăjini de pompare către gura sondei.

[0003] În mod tipic, unitățile de pompare cu prăjini cunoscute conferă o mișcare continuă variabilă coloanei de prăjini de pompare. Coloana de prăjini de pompare răspunde la diferitele condiții de sarcină de la unitatea de suprafață, pompa de talpa sondei și mediul înconjurător prin modificarea propriei sale mișcări în mod static și dinamic. Coloana de prăjini de pompare se întinde și se contractă pe măsură ce acumulează forța necesară pentru a mișca pompa de talpa sondei și fluidul. Unitatea de pompare cu prăjini, scăpând de efectele frecării și depășind rezistența fluidului și inerția, tinde să genereze o forță de interacțiune contrareactivă coloanei de prăjini de pompare excitând modurile dinamice ale coloanei de prăjini de pompare, ceea ce determină un răspuns oscilator. Undele de tensiune care se deplasează din surse multiple interferează una cu alta de-a lungul coloanei de prăjini de pompare (unele constructiv, altele distructiv), pe măsură ce traversează lungimea acestora și reflectă variațiile de sarcină înapoi la unitatea de pompare cu prăjini. Sarcina variabilă rezultată pe unitatea de pompare cu prăjini introduce ineficiențe în funcționarea unității de pompare cu prăjini. De exemplu, și fără limitare, o sarcină variabilă poate introduce un dezechilibru al cuplului pe motorul primar, unde o diferență a valorilor de vârf a cuplului în timpul unei curse ascendente și a unei curse descendente este diferită de zero. Un asemenea dezechilibru al cuplului, la care se face de asemenea referire ca și dezechilibru al cuplului motorului, este în mod convențional atenuat de o contrabalansare.

DESCRIERE PE SCURT

[0004] Într-un aspect, este prevăzut un regulator pentru acționarea unui motor primar al unei unități de pompare cu prăjini. Regulatorul include un procesor configurat să acționeze motorul primar pe o primă cursă și pe o a doua cursă. Regulatorul mai este configurat să calculeze o primă valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă și să cupleze ajustarea

unei contrabalansări. Regulatorul mai este configurat să estimeze o a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă. Regulatorul mai este configurat să decupleze ajustarea contrabalansării în timpul celei de-a doua curse atunci când a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru.

[0005] Într-un alt aspect, este prevăzută o metodă de acționare a unei unități de pompare cu prăjini. Metoda include acționarea unui motor primar al unității de pompare cu prăjini pe o primă cursă și pe o a doua cursă. Metoda mai include, calcularea unei prime valori de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă și cuplarea ajustării unei contrabalansări. Metoda mai include estimarea unei a doua valori de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă. Metoda mai include decuplarea ajustării contrabalansării în timpul celei de-a doua curse atunci când a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru.

[0006] Într-un alt aspect, este prevăzută o unitate de pompare cu prăjini. Unitatea de pompare cu prăjini include un motor primar cuplat la un plunjer într-un vas sub presiune. Unitatea de pompare cu prăjini mai include un compresor, o supapă de purjare și un regulator al unității de pompare cu prăjini. Compresorul și supapa de purjare sunt cuplate la vasul de presiune. Compresorul este configurat să crească o presiune în vasul de presiune atunci când compresorul este cuplat. Supapa de purjare este configurată să reducă presiunea în vasul de presiune atunci când supapa de purjare este cuplată. Regulatorul unității de pompare cu prăjini este cuplat la compresor și la supapa de purjare și este configurat să acționeze motorul primar pe o primă cursă și pe o a doua cursă. Regulatorul unității de pompare cu prăjini mai este configurat să calculeze o primă valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă și să cupleze unul dintre compresor și supapa de purjare pentru a ajusta o contrabalansare. Regulatorul unității de pompare cu prăjini mai este configurat să estimeze o a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă. Regulatorul unității de pompare cu prăjini mai este configurat să decupleze compresorul și supapa de purjare în timpul celei de-a doua curse atunci când a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru.

DESENE

[0007] Acestea și alte caracteristici, aspecte și avantaje ale prezentei dezvoltări vor fi mai bine înțelese atunci când următoarea descriere detaliată va fi citită cu referire la desenele însoțitoare în care caracterele asemenea reprezintă părți asemenea în desene în care:

[0008] FIG. 1 este o vedere în secțiune transversală a unui exemplu de unitate de pompare cu prăjini într-o poziție complet retrasă;

[0009] FIG. 2 este o vedere în secțiune transversală a unității de pompare cu prăjini arătată în FIG. 1 într-o poziție complet extinsă;

[0010] FIG. 3 este o diagramă a forței pentru unitatea de pompare cu prăjini arătată în FIG. 1 și 2;

[0011] FIG. 4 este o schemă-bloc a sistemului de comandă pentru unitatea de pompare cu prăjini arătată în FIG. 1 și 2; și

[0012] FIG. 5 este o schemă a procesului tehnologic a unui exemplu de metodă de exploatare a regulatorului arătat în FIG. 4.

[0013] Dacă nu s-a indicat altfel, desenele furnizate aici sunt menite să ilustreze caracteristici ale variantelor de realizare a acestei dezvoltări. Aceste

caracteristici se consideră a fi aplicabile într-o mare varietate de sisteme cuprinzând una sau mai multe variante de realizare ale acestei dezvoltări. Ca atare, desenele nu sunt menite să includă toate caracteristicile convenționale cunoscute de persoanele de specialitate din domeniu ca fiind necesare pentru punerea în practică a variantelor de realizare dezvoltate aici.

DESCRIERE DETALIATĂ

[0014] În următoarea descriere și revendicări, se face referire la un număr de termeni care au următoarele semnificații.

[0015] Formele singulare "un", "o" și "cele articulate" includ referințe la plural, cu excepția cazului în care contextul dictează în mod clar altfel.

[0016] "Opțional" sau "în mod opțional" înseamnă că evenimentul sau circumstanța descrisă ulterior poate sau nu să aibă loc și că descrierea include situații în care evenimentul are loc și situații în care acesta nu are loc.

[0017] Limbajul aproximativ, așa cum este utilizat aici în întreaga descriere și revendicări, poate fi aplicat pentru a modifica orice reprezentare cantitativă care poate varia în mod permisibil fără a rezulta o schimbare a funcției de bază de care este legată. În consecință, o valoare modificată printr-un termen sau termeni, cum ar fi "circa", "aproximativ" și "substanțial", nu trebuie să fie limitată la valoarea precisă specificată. În cel puțin unele cazuri, limbajul aproximativ poate corespunde preciziei unui instrument pentru măsurarea valorii. Aici și în întreaga descriere și revendicări, limitele de domeniu pot fi combinate și/sau schimbate, asemenea intervale sunt identificate și includ toate sub-intervalele conținute acolo, cu excepția cazului în care contextul sau limbajul indică altfel.

[0018] Așa cum sunt utilizați aici, termenii "procesor" și "calculator" și termenii aferenți, de exemplu, "dispozitiv de prelucrare", "dispozitiv de calcul" și "regulator" nu sunt limitați doar la acele circuite integrate menționate în domeniu ca și un calculator, ci în sens larg se referă la un microregulator, un microcalculator, un regulator logic programabil (PLC), un circuit integrat specific aplicației și alte circuite programabile, iar acești termeni sunt utilizați aici în mod alternativ. În variantele de realizare descrise aici, memoria poate include, dar nu este limitată 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, poate fi utilizată și o dischetă, o memorie doar pentru citit - un disc compact (CD-ROM), un disc magnetooptic (MOD) și/sau un disc digital versatil (DVD). De asemenea, în variantele de realizare descrise aici, canalele suplimentare de intrare pot fi, dar nu sunt limitate la, periferice de calculator asociate cu o interfață de operator, cum ar fi un mouse și o tastatură. Alternativ, pot fi utilizate de asemenea și alte periferice de calculator care pot include, de exemplu, dar nu sunt limitate la, un scanner. Mai mult, în exemplul de variantă de realizare, canalele suplimentare de ieșire pot include, dar nu sunt limitate la, un monitor interfață de operator.

[0019] Mai mult, așa cum sunt utilizați aici, termenii "software" și "soft integrat" sunt interschimbabile și includ orice program de calculator stocat în memorie pentru a fi executat de calculatoare personale, stații de lucru, clienți și servere.

[0020] Așa cum este utilizat aici, termenul de "mediu citibil de calculator netranzitoriu" intenționează să fie 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 și submodule de program sau alte date în orice dispozitiv. Prin urmare, metodele descrise aici pot fi codificate ca instrucțiuni executabile concretizate într-un mediu tangibil, netranzitoriu, 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 "medii citibile de calculator netranzitorii" include toate mediile tangibile, citibile de calculator, incluzând, fără limitare, dispozitive de stocare ale calculatorului netranzitorii, incluzând, fără limitări, medii volatile și nevolatile, și medii amovibile și nedemontabile, cum ar fi un soft integrat, stocare fizică și virtuală, CD-ROM, DVD și orice altă sursă digitală, cum ar fi o rețea sau Internet, precum și mijloace digitale care urmează să fie dezvoltate, cu singura excepție fiind un semnal de propagare tranzitoriu.

[0021] Mai mult, așa cum este utilizat aici, termenul "în timp real" se referă la cel puțin una dintre aparițiile evenimentelor asociate, timpul de măsurare și colectare a datelor predeterminate, timpul de prelucrare a datelor și timpul unui răspuns al sistemului la evenimente și mediu. În variantele de realizare descrise aici, aceste activități și evenimente apar substanțial instantaneu.

[0022] Variantele de realizare a prezentei dezvoltări se referă la un regulator pentru o unitate de pompare cu prăjini. Regulatele descrise aici, în cadrul unei curse a unității de pompare cu prăjini, estimează dezechilibrul cuplului motorului primar pentru acea cursă pe baza dezechilibrului cuplului măsurat pentru o cursă anterioară. Regulatele folosesc dezechilibrul estimat al cuplului pentru a cupla sau a decupla o ajustare a unei contrabalansări în timp real în timpul cursei. Cuplarea și decuplarea în timp real a ajustărilor contrabalansării facilitează regulatele care acționează unitatea de pompare cu prăjini, astfel încât dezechilibrul cuplului pe motorul primar să converge eficient la un interval dorit.

[0023] FIG. 1 și 2 sunt vederi în secțiune transversală ale unui exemplu de unitate de pompare cu prăjini 100, în poziții complet retrasă (1) și respectiv complet extinsă (2). În exemplul de variantă de realizare, unitatea de pompare cu prăjini 100 (cunoscută de asemenea și ca o unitate liniară de pompare) este o unitate de pompare cu prăjini orientată vertical având un vector vertical de mișcare liniară situată adiacent unei guri de sondă 102. Unitatea de pompare cu prăjini 100 este configurată să transfere mișcarea liniară verticală într-un puț subteran (care nu este arătat) prin intermediul unei coloane de prăjini de pompare (care nu este arătată) pentru a induce curgerea unui fluid. Unitatea de pompare cu prăjini 100 include un vas de presiune 104 cuplat la o structură de bază de montare 106. În unele variante de realizare, structura de bază de montare 106 este ancorată de o fundație stabilă situată adiacent puțului subteran producător de fluid. Vasul de presiune 104 include un corp de carcasă cilindric sau altă formă adecvată 108 construit, de exemplu, și fără limitare, dintr-o tablă de oțel laminată și include în plus flanșe de capăt turnate sau prelucrate 110. Atașate de

flanșele de capăt 110 sunt capetele de presiune superior și respectiv inferior 112 și 114.

[0024] Capetele 112 și 114 superior și inferior penetrante ale vasului de presiune sunt un ansamblu de element de acționare liniar 116 care include un șurub filetat 118 orientat vertical (cunoscut de asemenea și ca un șurub cu role), o piuliță planetară cu role 120 (cunoscută de asemenea și ca un ansamblu de piuliță cu șurub cu role), un piston plonjor 122 într-un tub de piston plonjor 124 și un tub de ghidare 126. Vasul de presiune 104 este cuplat la un compresor 148 care comprimă un fluid în interiorul vasului de presiune 104 pentru a acumula sau mări o presiune care acționează asupra pistonului plonjor 122 ca o forță de contrabalansare. Vasul de presiune 104 mai este cuplat la o supapă de purjare 150 care eliberează fluidul din vasul de presiune 104 pentru a ușura sau a reduce presiunea care acționează asupra pistonului plonjor 122, reducând prin aceasta forța de contrabalansare. Fluidul din vasul de presiune 104 poate include, de exemplu, și fără limitare, aer.

[0025] Șurubul cu role 118 este montat pe o suprafață interioară 128 a capului inferior 114 al vasului de presiune și se extinde până la capul superior 112 al vasului de presiune. Extensia arborelui șurubului cu role 118 continuă sub capul inferior 114 al vasului de presiune pentru a se conecta cu un cuplaj de comprimare (care nu este arătat) al unui motor 130, adică motorul primar. Motorul 130 este cuplat la un dispozitiv de antrenare cu viteză variabilă (VSD) 131 configurat astfel încât viteza de rotație a motorului 130 poate fi ajustată în mod continuu. VSD 131 inversează de asemenea direcția de rotație a motorului, astfel încât intervalul de cuplu și viteză ale acestuia poate fi efectiv dublat. Șurubul cu role 118 este acționat în sensul acelor de ceasornic pentru cursa ascendentă și în sens invers acelor de ceasornic pentru cursa descendentă. Motorul 130 este în comunicație cu un regulator 132 al unității de pompare cu prăjini. În exemplul de variantă de realizare, regulatorul unității de pompare 132 transmite comenzi motorului 130 și VSD 131 pentru a controla viteza, direcția și cuplul șurubului cu role 118.

[0026] În interiorul vasului de presiune 104, porțiunea filetată a șurubului cu role 118 este interfațată cu ansamblul de piuliță cu șurub cu role planetare 120. Ansamblul de piuliță 120 este atașat fix de segmentul inferior al pistonului plonjor 122, astfel încât, pe măsură ce șurubul cu role 118 se rotește în sensul acelor de ceasornic, pistonul plonjor 122 se deplasează în sus. La rotirea în sens invers acelor de ceasornic a șurubului cu role 118, pistonul plonjor 122 se deplasează în jos. Acest lucru este arătat în general în FIG. 1 și 2. Tubul de ghidare 126 este situat coaxial în jurul tubului plonjor 124 și montat static la capul de presiune inferior 114. Tubul de ghidare 126 se extinde în sus prin corpul carcasei 108 pentru a aluneca în capul superior 112 al vasului de presiune.

[0027] Un plunjer superior 134 și un ansamblu de tambur cu cablu 136 și cuplate și etanșate fix de capătul superior al pistonului plonjor 122. Ansamblul de tambur cu cablu 136 include o axă 138 care trece lateral prin secțiunea superioară a plunjerului superior 134. Un cablu 140 trece peste ansamblul de tambur cu cablu 136, așezat în caneluri prelucrate în diametrul exterior al ansamblului de tamburului cu cablu 136. Cablul 140 este cuplat de ancorele 142 de pe structura de bază de montare 106, pe partea laterală a

vasului de presiune 104, opusă gurii de sondă 102. La partea gurii de sondă a vasului de presiune 104, cablul 140 este cuplat la o bară de suport 144 care, la rândul său, este cuplată la o tijă lustruită 146 care se extinde din gura de sondă 102.

[0028] Unitatea de pompare cu prăjini 100 transmite forța și mișcarea liniară prin intermediul ansamblului de piuliță cu șurub cu role planetare 120. Motorul 130 este cuplat la elementul rotativ al ansamblului de piuliță cu șurub cu role planetare 120. Prin rotirea fie în sensul acelor de ceasornic fie în sens invers acelor de ceasornic, motorul 130 poate afecta mișcarea de translație a piuliței cu role planetare 120 (și prin legătură, a pistonului plonjor 122) de-a lungul lungimii șurubului cu role 118.

[0029] FIG. 3 este o diagramă de forță pentru unitatea de pompare cu prăjini 100 (arătată în FIG. 1 și 2). Pentru claritate, FIG. 3 prezintă ansamblul de tambur cu cablu 136, cablul 140, tija lustruită 146, vasul de presiune 104 și pistonul plonjor 122. Atunci când motorul 130 antrenează pistonul plonjor 122 în sus, sarcina $F_{șurub}$, pe șurubul cu role 118 include greutatea ansamblului de tambur cu cablu 136, F_{ans} , precum și greutatea coloanei de prăjini de pompare (care nu este arătată) suspendată de tija lustruită 146. La greutatea coloanei de prăjini de pompare și a fluidului se face referire, de asemenea, ca și sarcina puțului, $F_{puț}$, și acționează dublu pe șurubul cu role 118, deoarece cablul 140 este atașat de ancorele 142, furnizând o tensiune în cablul 140 egală și opusă sarcinii puțului, $F_{puț}$. Sarcina, $F_{șurub}$, de pe șurubul cu role 118 include de asemenea, o componentă inerțială pentru ansamblul de tambur cu cablu 136. Sarcina, $F_{șurub}$, pe șurubul cu role 118 este redusă printr-o forță de contrabalansare, F_{cbal} . Forța de contrabalansare, F_{cbal} , este o funcție a unei arii a suprafeței A, a pistonului plonjor 122 și a presiunii din vasul de presiune 104. Forța de contrabalansare, F_{cbal} , produce o contrabalansare sau un efect de contrabalansare pentru unitatea de pompare cu prăjini 100. Pentru o cursă descendentă, șurubul cu role 118 acționează împotriva forței de contrabalansare, F_{cbal} . Sarcina, $F_{șurub}$, pe șurubul cu role 118 este suma acestor forțe și este reprezentată de următoarea ecuație:

$$F_{șurub}(x) = 2 \cdot F_{puț}(x) + m_{ans} \cdot g + m_{ans} \cdot \dot{x} - F_{cbal}(x) \quad \text{Ec. (1)}$$

în care

m_{ans} este masa ansamblului de tambur cu cablu 136,

g este accelerația gravitațională,

\dot{x} este accelerația ansamblului de tambur cu cablu 136,

$2 \cdot F_{puț} \cdot g$ reprezintă forța F_{ans} , produsă de greutatea ansamblului de tambur cu cablu 136 și

$m_{ans} \cdot \dot{x}$ reprezintă forța produsă de inerția ansamblului de tambur cu cablu 136. \dot{x}

[0030] Sarcina puțului, $F_{puț}$, variază în cursul unei curse a pompei, datorită mai multor factori, inclusiv, de exemplu, și fără limitare la condițiile puțului și viteza pompei. Variația sarcinii contribuie la apariția dezechilibrului de forță pe șurubul cu role 118 și pe motorul primar, care este motorul 130 din unitatea de pompare cu prăjini 100. Dezechilibrul de forță pe șurubul cu role 118 se manifestă ca un dezechilibru de cuplu. Relația dintre cuplul motorului, T_{motor} și $F_{șurub}$ este reprezentată de următoarea ecuație:

7

$$T_{motor}(x) = F_{șurub}(x) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + I_{șurub} \alpha \quad \text{Ec. (2)}$$

unde

$F_{șurub}(x)$ este sarcina pe șurubul cu role 118, ca o funcție de poziția cursei, x ,

γ este pasul șurubului cu role 118,

η este eficiența șurubului cu role 118,

$I_{șurub}$ reprezintă inerția șurubului cu role 118 și

α reprezintă accelerația unghiulară a șurubului cu role 118.

[0031] Dezechilibrul cuplului motorului este definit ca o diferență în valori absolute ale valorilor de vârf ale cuplului în timpul unei curse ascendente și a unei curse descendente ca un procent din maximul celor două, adică o valoare mai mare a celor două. Unitatea de pompare cu prăjini 100 funcționează cel mai eficient atunci când valoarea dezechilibrului cuplului motorului este zero. În anumite variante de realizare, un interval dorit de dezechilibru al cuplului motorului este definit în jurul valorii de zero și, în plus, un interval acceptabil de dezechilibru al cuplului motorului poate fi definit în jurul intervalului dorit de dezechilibru al cuplului motorului. Dezechilibrul cuplului motorului este menținut de dorit în intervalul de dezechilibru dorit, totuși, dacă dezechilibrul cuplului motorului crește în amplitudine dincolo de intervalul de dezechilibru dorit, dar încă în intervalul de dezechilibru acceptabil, nu sunt necesare corecții. Dacă dezechilibrul cuplului motorului crește în amplitudine dincolo de intervalul de dezechilibru acceptabil, se fac corecții pentru a readuce dezechilibrul cuplului motorului în intervalul de dezechilibru dorit. Într-o variantă de realizare, de exemplu, și fără limitare, intervalul dorit de valori ale dezechilibrului cuplului motorului este definit inclusiv ca -5% până la 5%, iar intervalul acceptabil de valori ale dezechilibrului cuplului motorului este definit inclusiv ca -10% până la 10%. Dacă dezechilibrul cuplului motorului este măsurat la 7%, nu se fac corecții. Dacă dezechilibrul cuplului motorului este măsurat la 12%, se fac corecții pentru a aduce dezechilibrul cuplului motorului în intervalul de la -5% la 5%. Dezechilibrul cuplului motorului pentru o singură cursă a pompei este determinat, în general, după ce cursa pompei este completă și valorile de vârf ale cuplului sunt măsurate și cunoscute. Dezechilibrul cuplului motorului este definit de următoarea ecuație.

$$\text{Dezechilibru} = \frac{T_{virf, ascendent} - T_{virf, descendent}}{\max(T_{virf, ascendent}, T_{virf, descendent})} \cdot 100, \text{ Ec. (3)}$$

unde $T_{vârf, ascendent}$ și $T_{vârf, descendent}$ sunt cupluri de motor de vârf pentru cursa ascendentă și cursa descendentă.

[0032] Având o sarcină variabilă, F_{put} , dezechilibrul cuplului motorului variază de asemenea în timp și pe una sau mai multe curse ale pompei. De exemplu, fluidul din sistem, cum ar fi aerul, se poate scurge în timp, contribuind la un sistem dezechilibrat. În consecință, efectul de contrabalansare al forței de contrabalansare F_{cbal} variază și este ajustabil pentru a controla dezechilibrul cuplului motorului. Contrabalansarea într-o unitate de pompare liniară, cum ar fi unitatea de pompare cu prăjini 100, este ajustabilă prin cuplarea compresorului 148 sau a supapei de purjare 150 pentru a mări sau micșora cantitatea de fluid din vasul de presiune 104,

afectând presiunea în consecință. În mod convențional, atunci când este identificat un dezechilibru al cuplului motorului în afara unui interval acceptabil după ce o cursă a pompei este completă, este cuplată o ajustare a contrabalansării și dezechilibrul cuplului motorului este determinat din nou după următoarea cursă a pompei. Dacă noul dezechilibru al cuplului motorului este încă în afara unui interval dorit, ajustarea rămâne cuplată pentru o altă cursă a pompei. În caz contrar, ajustarea este decuplată până când se detectează un alt dezechilibru al cuplului motorului în afara intervalului acceptabil după o cursă ulterioară a pompei. Controlul ajustării contrabalansării după ce dezechilibrul cuplului motorului este calculat la sfârșitul unei curse are ca rezultat o convergență sub-optimală pe intervalul de dezechilibru dorit datorită supra-ajustării contrabalansării.

[0033] În unitatea de pompare cu prăjini 100, sunt posibile două condiții de dezechilibru: un sub-echilibru și un supra-echilibru. Într-o condiție de sub-echilibru, unde dezechilibrul cuplului motorului este pozitiv, forța de contrabalansare, F_{cbal} , este mică și trebuie crescută pentru convergența dezechilibrului cuplului motorului la zero. Într-o condiție de supra-echilibru, unde dezechilibrul cuplului motorului este negativ, forța de contrabalansare, F_{cbal} , este mare și trebuie să fie redusă pentru convergența dezechilibrului cuplului motorului la zero.

[0034] În variante de realizare alternative, cum ar fi o unitate de pompare cu prăjini, de exemplu, o masă de contrabalansare poate fi deplasată. Într-o altă variantă de realizare alternativă, cum ar fi o unitate de pompare cu prăjini echilibrată cu aer, de exemplu, o configurație similară a vasului de presiune 104, compresorului 148 și supapei de purjare 150 este utilizată ca și contrabalansare. Cu referire din nou la unitatea de pompare cu prăjini 100, forța de contrabalansare, $F_{cbal}(x)$, este definită de următoarea ecuație:

$$F_{cbal}(x) = P(x) \cdot A \quad \text{Ec. (4)}$$

unde,

A este aria suprafeței pistonului plonjor 122,

$F_{cbal}(x)$ este forța de contrabalansare ca o funcție de poziția cursei, x ,

și

$P(x)$ este presiunea din interiorul vasului de presiune 104, ca o funcție de poziția cursei, x , care este în general măsurabilă sau estimată în timp real.

[0035] FIG. 4 este o schemă-bloc a unui sistem de comandă 400 pentru utilizarea cu unitatea de pompare cu prăjini 100 (arătată în FIG. 1 și 2). Sistemul de comandă 400 include un regulator 410 care acționează motorul 130 și include un procesor 420. Sistemul de comandă 400 mai include un senzor de poziție 430 configurat pentru a măsura poziția cursei, x , pentru unitatea de pompare cu prăjini 100 și pentru a genera și transmite un semnal de poziție 432 la regulatorul 410. În anumite variante de realizare, senzorul de poziție 430 include, de exemplu, și fără limitare, un traductor liniar. În variante de realizare alternative, senzorul de poziție 430 include, de exemplu, și fără limitare, un codificator pe motorul primar, adică motorul 130. În anumite variante de realizare, poziția este estimată pe baza RPM ale motorului 130. Sistemul de comandă 400 mai include un senzor de curent 440 configurat să măsoare curentul furnizat motorului 130. În variante de realizare alternative, cuplul este măsurat de un senzor de cuplu sau prin

orice altă măsurare adecvată pentru estimarea cuplului. Curentul furnizat motorului 130 este direct legat de cuplul motorului, T_{motor} , care este în continuare legat de sarcina pe șurubul cu role 118, $F_{șurub}$. Senzorul de curent 440 mai este configurat să genereze și să transmită un semnal de sarcină 442 la regulatorul 410. Sistemul de comandă 400 mai include un senzor de presiune 450 configurat să măsoare presiunea, P , în interiorul vasului de presiune 104. Senzorul de presiune 450 mai este configurat să genereze și să transmită un semnal de presiune 452 la regulatorul 410.

[0036] Sistemul de comandă 400 mai include o supapă de purjare 460 cuplată la vasul de presiune 104. Supapa de purjare 460 este controlată de către regulatorul 410 utilizând un semnal de comandă a supapei 462 transmis la un regulator de supapă 470 pentru supapa de purjare 460. Atunci când supapa de purjare 460 este cuplată de către regulatorul 410, supapa de purjare 460 deschide și scade lichidul din vasul de presiune 104. Sistemul de comandă 400 mai include un compresor 480 cuplat la vasul de presiune 104. Compresorul 480 este controlat de către regulatorul 410 utilizând un semnal de comandă a compresorului 482 transmis la un regulator de compresor 490 pentru compresorul 480. Atunci când compresorul 480 este cuplat de către regulatorul 410, compresorul 480 mărește fluidul din vasul de presiune 104. Atunci când compresorul 480 și supapa de purjare 460 sunt decuplate, cantitatea de fluid din vasul de presiune 104 este menținută. În anumite variante de realizare, fluidul din vasul de presiune 104 se schimbă în timp chiar și atunci când compresorul 480 și supapa de purjare 460 sunt decuplate. În mod obișnuit, lichidul se schimbă lent. În asemenea variante de realizare, regulatorul 410 este configurat să presupună faptul că, cantitatea de fluid rămâne constantă de la o cursă la următoarea atunci când compresorul 480 și supapa de purjare 460 sunt decuplate. Dacă fluidul se modifică substanțial într-o cursă sau într-o altă perioadă scurtă de timp, o asemenea modificare poate induce erori în calcule.

[0037] Presiunea P , din cadrul vasului de presiune 104, se modifică ca o funcție a poziției cursei, deoarece volumul vasului de presiune 104 se schimbă pe măsură ce pistonul plonjor 122 translatează pe fiecare cursă ascendentă și cursă descendentă. Regulatorul 410 este configurat să trateze comprimarea fluidului în vasul de presiune 104 ca un proces politropic, care este descris de următoarea ecuație:

$$P(x) \cdot V(x)^n = C \quad \text{Ec. (5)}$$

unde,

$P(x)$ este presiunea din vasul de presiune 104, ca o funcție de poziția cursei, x ,

$V(x)$ este volumul vasului de presiune 104 ca o funcție de poziția cursei, x ,
 n este un indice politropic și

C este o constantă pentru comprimarea unei cantități fixe de fluid.

[0038] Regulatorul 410 este configurat să modeleze volumul, $V(x)$, pe baza dimensiunilor fizice cunoscute ale vasului de presiune 104 și poziției cursei, x . Indicele politropic, n , este în general constant. Regulatorul 410, în anumite variante de realizare, este configurat să estimeze indicele politropic, n , când nici compresorul 480 și nici supapa de purjare 460 nu sunt cuplate, adică atunci când cantitatea de fluid din vasul de presiune 104 este constantă. Atunci când compresorul 480 sau supapa de purjare 460 sunt cuplate, regulatorul 410 este configurat să utilizeze o ultimă valoare estimată

pentru indicele politropic, n . Indicele politropic, n , este estimat folosind un estimator recursiv cel mai mic pătrat sau orice alt estimator adecvat, incluzând, de exemplu, și fără limitare, un filtru Kalman, cu un factor de uitare bazat pe ecuația de mai jos:

$$\log(P(x)) = -n \cdot \log(V(x)) + \log(C) \quad \text{Ec. (6)}$$

[0039] În alte variante de realizare, regulatorul 410 utilizează alte relații de presiune, P , și poziție, x . De exemplu, și fără limitare, poate fi utilizată o aproximare polinomială (arătată mai jos).

$$P(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 \dots \quad \text{Ec. (7)}$$

unde

a_0 , a_1 , a_2 , etc. sunt estimate folosind estimatorul recursiv cel mai mic pătrat sau alt estimator adecvat,
 a_0 variază cu cantitatea de fluid, și
 a_1 și a_2 sunt constante.

[0040] În timpul funcționării unității de pompare cu prăjini 100, regulatorul 410 este configurat să primească semnalul de poziție 432, semnalul de sarcină 442 și semnalul de presiune 452. În timpul unei prime curse, regulatorul 410 calculează un prim dezechilibru al cuplului motorului utilizând semnalul de sarcină 442 și Ec. 3. Primul dezechilibru al cuplului motorului este o funcție a unui cuplu de vârf al motorului pentru cursa ascendentă, T_v^1 și a unui cuplu de vârf al motorului pentru cursa descendentă, T_d^1 , care sunt calculate folosind Ec. 1 și Ec. 2. Atunci când primul dezechilibru al cuplului motorului este în afara unui interval de dezechilibru acceptabil, se cuplează ajustarea unei contrabalansări. Într-o condiție de sub-echilibru, regulatorul 410 cuplează compresorul 480 prin transmiterea semnalului de comandă a compresorului 482 la regulatorul compresorului 490. Compresorul 480 mărește fluidul din vasul de presiune 104 și mărește presiunea, P . Într-o stare de supra-echilibru, regulatorul 410 cuplează supapa de purjare 460 prin transmiterea semnalului de comandă a supapei 462 la regulatorul de supapă 470. Supapa de purjare 460 scade lichidul din vasul de presiune 104 și scade presiunea, P .

[0041] Regulatorul 410 este configurat să determine pozițiile cursei la care cuplurile de vârf ale motorului, T_v^1 și T_d^1 , au loc în timpul primei curse. Cuplul de vârf al motorului T_v^1 are loc la poziția de cursă de vârf de cuplu al motorului X_v^1 . Cuplul de vârf al motorului T_d^1 are loc la poziția de cursă de vârf de cuplu al motorului X_d^1 . Regulatorul 410 mai este configurat să determine presiunile de vârf la pozițiile X_v^1 și X_d^1 , la care se face referire ca și $P(X_v^1)$ și $P(X_d^1)$. Regulatorul 410 este configurat să utilizeze pozițiile de cursă de vârf de cuplu al motorului pentru prima cursă ca poziții de cursă de vârf de cuplu al motorului estimate în timpul cursei următoare. Valorile de vârf efective ale cuplului motorului și pozițiile efective de cursă de vârf de cuplu al motorului sunt determinabile pentru o anumită cursă odată ce cursa este completă.



[0042] În timpul unei a doua curse, care poate urma imediat prima cursă, sau poate fi una sau mai multe curse mai târziu, regulatorul 410 este configurat să estimeze un al doilea dezzechilibru al cuplului motorului pentru a doua cursă. Pentru a estima cel de-al doilea dezzechilibru al cuplului motorului, regulatorul 410 este configurat să măsoare o componentă de contrabalansare la o poziție curentă a cursei pe baza semnalului de presiune 452. În unitatea de pompare cu prăjini 100, componenta de contrabalansare măsurată este presiunea, P . Regulatorul 410 este configurat să folosească apoi componenta de contrabalansare la poziția curentă a cursei pentru a estima o forță de contrabalansare la pozițiile de cursă de vârf de cuplu al motorului în a doua cursă. Pe baza comprimării politropice descrise în Ec. 5 și pozițiile de cursă de vârf de cuplu al motorului X_U^1 și X_D^1 , presiunile din vasul de presiune 104 sunt estimate la poziții de cursă de vârf de cuplu al motorului X_U^1 și X_D^1 pentru a doua cursă. Presiunile estimate $P(X_U^1)$ și $P(X_D^1)$, care sunt utilizate ca estimări surogat pentru $P(X_U^2)$ și $P(X_D^2)$, sunt determinate folosind următoarele echivalențe bazate pe Ec. 5:

$$P(x) \cdot V(x)^n = P(X_U^1) \cdot V(X_U^1)^n \quad \text{Ec. (8)}$$

$$P(x) \cdot V(x)^n = P(X_D^1) \cdot V(X_D^1)^n \quad \text{Ec. (9)}$$

[0043] În anumite variante de realizare, cum ar fi cele care utilizează relația polinomială descrisă în Ec. 7, presiunile sunt estimate conform următoarei ecuații:

$$P(X_D^1) = (P(x) - a_1 x - a_2 x^2) + a_1 X_D^1 + a_2 X_D^1{}^2 \quad \text{Ec. (10)}$$

[0044] Presiunile estimate, $P(X_U^1)$ și $P(X_D^1)$, sunt apoi folosite pentru a estima cuplurile de vârf ale motorului T_U^2 și T_D^2 , pentru a doua cursă folosind Ec. 1, Ec. 2 și Ec. 4, așa cum este arătat mai jos, la care se face referire în mod colectiv ca și Ec. 11, în care F_{cbal} variază între curse și alți termeni se presupune că rămân constanți. Pentru T_U^2 :

$$F_{cbal}^1(X_U^1) = P_U^1 A$$

$$F_{cbal}^2(X_U^1) = P(X_U^1) A$$

$$F_{surub}^1(X_U^1) = 2 \cdot F_{put}(X_U^1) + m_{ans} \cdot g + m_{ans} \cdot \dot{x} - F_{cbal}^1(X_U^1)$$

$$F_{surub}^2(X_U^1) = 2 \cdot F_{put}(X_U^1) + m_{ans} \cdot g + m_{ans} \cdot \dot{x} - F_{cbal}^2(X_U^1)$$

$$F_{surub}^2(X_U^1) = F_{surub}^1(X_U^1) + F_{cbal}^1(X_U^1) - F_{cbal}^2(X_U^1)$$

$$T_U^1 = F_{surub}^1(X_U^1) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + I_{surub} \alpha$$

$$T_U^2 = F_{surub}^2(X_U^1) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + I_{surub} \alpha$$

$$T_U^2 = (F_{surub}^1(X_U^1) + F_{cbal}^1(X_U^1) - F_{cbal}^2(X_U^1)) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + I_{surub} \alpha$$

$$T_U^2 = F_{surub}^1(X_U^1) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta} + I_{surub} \alpha + (F_{cbal}^1(X_U^1) - F_{cbal}^2(X_U^1)) \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta}$$

$$T_U^2 = T_U^1 + (P_U^1 - P(X_U^1)) \cdot A \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot \pi \cdot \eta}$$

Ec. (11)

[0045] De asemenea, calculele, la care se face referire în mod colectiv ca și Ec. 11, sunt repetate pentru T_D^2 .

[0046] Cuplurile de vârf estimate ale motorului, T_U^2 și T_D^2 , sunt utilizate apoi pentru estimarea unui al doilea dezechilibru al cuplului motorului pentru a doua cursă utilizând Ec. 3, în timp real în timpul celei de-a doua curse.

[0047] Atunci când al doilea dezechilibru estimat al cuplului motorului, în timpul celei de-a doua curse, este într-un interval de dezechilibru dorit, ajustarea contrabalansării este decuplată prin decuplarea atât a supapei de purjare 460, cât și a compresorului 480. Dacă dezechilibrul cuplului motorului ajunge din nou în afara intervalului de dezechilibru acceptabil, ajustarea contrabalansării este cuplată până când dezechilibrul cuplului motorului este înapoi în intervalul de dezechilibru dorit.

[0048] FIG. 5 este o diagramă de flux a unui exemplu de metodă 500 de funcționare a regulatorului 410 (arătat în FIG. 4). Cu referire la FIG. 4 și 5, metoda începe la o etapă de început 510. La o etapă de acționare 520, regulatorul 410 acționează motorul primar al unității de pompare cu prăjini 100, adică motorul 130, pe mai multe curse de pompare, incluzând o primă cursă și o a doua cursă. Atunci când prima cursă este terminată, regulatorul 410 este configurat să calculeze un prim dezechilibru al cuplului motorului pentru prima cursă la o etapă de calcul al dezechilibrului 530. Primul dezechilibru al cuplului motorului este calculat pe baza unui semnal de sarcină 442 de la un senzor, cum ar fi senzorul de curent 440. Regulatorul 410 utilizează semnalul de sarcină 442 pentru a identifica valorile de vârf ale cuplului, T_U^1 și T_D^1 , pentru cursa ascendentă și cursa descendentă a primei curse și apoi utilizează valorile de vârf ale cuplului pentru a calcula primul dezechilibru al cuplului motorului bazat pe Ec. 3.

[0049] Atunci când primul dezechilibru al cuplului motorului indică un dezechilibru în afara unui interval de dezechilibru acceptabil, regulatorul 410 cuplează ajustarea unei contrabalansări la o etapă de ajustare a cuplării 540. Ajustarea cuplării include cuplarea compresorului 480 sau a supapei de purjare 460 pentru a mări sau micșora fluidul din vasul de presiune 104, astfel mărinđ sau micșorând presiunea care contribuie la forța de contrabalansare. Compresorul 480 este cuplat prin transmiterea semnalului de comandă a compresorului 482 la regulatorul compresorului 490. Supapa de purjare 460 este cuplată prin transmiterea semnalului de comandă a supapei 462 la regulatorul de supapă 470.

[0050] În timpul celei de-a doua curse, sunt măsurate poziția cursei și presiunea utilizând senzorul de poziție 430 și senzorul de presiune 450. La o etapă de estimare a dezechilibrului 550, regulatorul 410 estimează un al doilea dezechilibru al cuplului motorului pentru a doua cursă. Regulatorul 410 utilizează o presiune curentă și o poziție curentă a cursei, în timpul celei de-a doua curse pentru a estima presiunile, $P(X_U^1)$ și $P(X_D^1)$, pe baza Ec. 5.

Presiunile estimate, $P(X_v^1)$ și $P(X_d^1)$, sunt apoi utilizate pentru a estima cupluri de vârf ale motorului, T_v^2 și T_d^2 , pentru a doua cursă folosind Ec. 1, Ec. 2 și Ec. 4. Cuplurile de vârf estimate ale motorului T_v^2 și T_d^2 , sunt apoi utilizate pentru a estima al doilea dezechilibru al cuplului motorului pentru a doua cursă utilizând Ec. 3, în timp real, în timpul celei de-a doua curse.

[0051] Atunci când al doilea dezechilibru al cuplului motorului, în timpul celei de-a doua curse, este într-un interval de dezechilibru dorit, ajustarea contrabalansării este decuplată la o etapă de decuplare a ajustării 560 prin decuplarea atât a supapei de purjare 460, cât și a compresorului 480. Dacă un dezechilibru al cuplului motorului ajunge în afara intervalului de dezechilibru acceptabil, ajustarea contrabalansării este cuplată până când dezechilibrul cuplului motorului este înapoi în intervalul de dezechilibru dorit. Metoda 500 se termină la o etapă de sfârșit 570.

[0052] Regulatele descrise mai sus pentru unitățile de pompare cu prăjini, în cadrul unei curse a unității de pompare cu prăjini, estimează dezechilibrul cuplului pe motorul primar pentru acea cursă pe baza dezechilibrului cuplului măsurat pentru o cursă anterioară. Regulatele folosesc dezechilibrul cuplului estimat pentru a cupla sau a decupla o ajustare a unei contrabalansări în timp real în timpul cursei. Cuplarea și decuplarea în timp real a ajustărilor contrabalansării facilitează regulatele care acționează unitatea de pompare cu prăjini, astfel încât dezechilibrul cuplului pe motorul primar să fie convergent în mod eficient la un interval dorit.

[0053] Un exemplu de efect tehnic al metodelor, sistemelor și aparatului descrise aici include cel puțin una dintre: (a) estimarea dezechilibrului cuplului pe motorul primar pentru o cursă în cadrul acelei curse; (b) cuplarea și decuplarea ajustărilor contrabalansării în timp real pe baza dezechilibrului cuplului estimat, (c) reducerea sub-echilibrului și a supra-echilibrului forței de contrabalansare, (d) îmbunătățirea convergenței dezechilibrului cuplului și (e) ameliorarea eficienței de funcționare a unităților de pompare cu prăjini datorită convergenței îmbunătățite a dezechilibrului cuplului.

[0054] Exemple de variante de realizare a metodelor, sistemelor și aparatului pentru regulatele unităților de pompare cu prăjini nu sunt limitate la variantele de realizare specifice descrise aici, ci mai degrabă componente ale sistemelor și/sau etapele metodelor pot fi utilizate independent și separat de alte componente și/sau etape descrise aici. De exemplu, metodele pot fi utilizate de asemenea în combinație cu alte regulate neconvenționale de unități de pompare cu prăjini și nu sunt limitate la punerea în practică numai cu sistemele și metodele descrise aici. Mai degrabă, exemplul de variantă de realizare poate fi implementat și utilizat în legătură cu multe alte aplicații, echipamente și sisteme care pot beneficia de cost redus, complexitate redusă, disponibilitate comercială, fiabilitate îmbunătățită la temperaturi ridicate și capacitate de memorie crescută.

[0055] Deși caracteristicile specifice ale diverselor variante de realizare a invenției pot fi arătate în unele desene și în altele nu, aceasta este doar pentru comoditate. În conformitate cu principiile dezvoltării, orice caracteristică a unui desen poate fi referită și/sau revendicată în combinație cu orice caracteristică a oricărui alt desen.

[0056] Unele variante de realizare implică utilizarea unuia sau mai multor dispozitive electronice sau de calcul. Asemenea dispozitive includ în mod obișnuit un procesor, un dispozitiv de prelucrare sau un regulator, cum ar fi o unitate de prelucrare a datelor centrală de uz general (CPU), o unitate de prelucrare grafică (GPU), un microregulator, un procesor de calculator cu set de instrucțiuni redus (RISC), un circuit integrat specific aplicației (ASIC), un circuit logic programabil (PLC), o matrice de porți logice programabile în teren (FPGA), un dispozitiv de prelucrare a semnalului digital (DSP) și/sau orice alt circuit sau dispozitiv de prelucrare capabil să execute funcțiile descrise aici. Metodele descrise aici pot fi codificate ca instrucțiuni executabile concretizate într-un mediu citibil de calculator, incluzând, fără limitare, un dispozitiv de stocare și/sau un dispozitiv de memorie. Aceste instrucțiuni, atunci când sunt executate de un dispozitiv de prelucrare, determină ca dispozitivul de prelucrare să efectueze cel puțin o parte din metodele descrise aici. Exemplele de mai sus sunt doar exemplificative și, astfel, nu intenționează să limiteze în nici un fel definiția și/sau semnificația procesorului și a dispozitivului de prelucrare.

[0057] Această descriere scrisă utilizează exemple pentru a dezvălui variantele de realizare, inclusiv cel mai bun mod și, de asemenea, pentru a permite oricărei persoane de specialitate din domeniu să pună în practică variantele de realizare, incluzând fabricarea și utilizarea oricăror dispozitive sau sisteme și efectuarea oricăror metode încorporate. Domeniul de aplicare brevetabil al dezvăluirii este definit de revendicări și poate include alte exemple care apar persoanelor de specialitate din domeniu. Se intenționează ca asemenea alte exemple să se încadreze în întinderea revendicărilor dacă ele au elemente structurale care nu diferă de limbajul literal al revendicărilor sau dacă includ elemente structurale echivalente cu diferențe nesubstanțiale față de limbajul literal al revendicărilor.

REVENDICĂRI

1. Regulator pentru acționarea unui motor primar al unei unități de pompă cu prăjini, regulatorul menționat cuprinzând un procesor configurat să:

acționeze motorul primar pe o primă cursă și o a doua cursă;
calculeze o primă valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă;
cupleze ajustarea unei contrabalansări;
estimeze o a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă; și
decupleze ajustarea contrabalansării în timpul celei de-a doua curse atunci când cea de-a doua valoare de dezechilibru al cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru.

2. Regulator conform revendicării 1, în care primul interval de dezechilibru este definit inclusiv ca -5% până la 5%.

3. Regulator conform revendicării 1, în care contrabalansarea cuprinde o forță de contrabalansare generată de presiune într-un vas de presiune care acționează asupra unui plunjer cuplat la motorul primar.

4. Regulator conform revendicării 3, în care procesorul menționat mai este configurat să cupleze unul dintre un compresor și o supapă de purjare pentru vasul de presiune pentru cuplarea ajustării contrabalansării.

5. Regulator conform revendicării 4, în care procesorul menționat mai este configurat să decupleze compresorul și supapa de purjare pentru a decupla ajustarea contrabalansării.

6. Regulator conform revendicării 1, în care procesorul menționat mai este configurat, pentru estimarea celei de-a doua valori de dezechilibru a cuplului motorului, să:

determine un cuplu de vârf al cursei ascendente a motorului și un cuplu de vârf al cursei descendente a motorului a motorului primar pentru prima cursă;

determine poziții de cursă de vârf de cuplu la care cuplul de vârf al cursei ascendente a motorului și cuplul de vârf al cursei descendente a motorului apar în prima cursă;

măsoare o componentă a contrabalansării la o poziție curentă a cursei, x , în timpul celei de-a doua curse;

calculeze forțe de contrabalansare estimate la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă pe baza componentei de contrabalansare și a poziției curente a cursei, x ;

calculeze un cuplu de vârf estimat al motorului pe cursa ascendentă și un cuplu de vârf estimat al motorului pe cursa descendentă pe baza forțelor de contrabalansare estimate, a cuplului de vârf al cursei ascendente a motorului și a cuplului de vârf al cursei descendente a motorului; și

să calculeze cea de-a doua valoare de dezechilibru al cuplului motorului pe baza cuplului de vârf estimat al motorului pe cursa ascendentă și a cuplului de vârf estimat al motorului pe cursa descendentă.

7. Regulator conform revendicării 6, în care contrabalansarea cuprinde o forță de contrabalansare generată de presiune într-un vas de presiune care acționează asupra unui plunjer cuplat la motorul primar și în care procesorul menționat mai este configurat, pentru calculul forțelor estimate de contrabalansare, să:

calculeze o compresie politropică, C , pe baza unei presiuni curente și a unui volum curent ale vasului de presiune la poziția curentă a cursei, x ;

calculeze volume ale vasului de presiune la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă;

calculeze presiuni estimate în vasul de presiune la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă; și

să calculeze forțele estimate de contrabalansare pe baza presiunilor estimate.

8. Regulatorul conform revendicării 7, în care procesorul menționat mai este configurat, pentru calculul compresiei politropice, C , să:

estimeze un indice politropic, n , în timp real atunci când ajustarea contrabalansării este decuplată; și

utilizeze un ultim indice politropic estimat, n , atunci când ajustarea contrabalansării este cuplată.

9. Metodă de acționare a unei unități de pompare cu prăjini, metoda menționată cuprinzând:

acționarea unui motor primar al unității de pompare cu prăjini pe o primă cursă și pe o a doua cursă;

calcularea unei prime valori de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă;

cuplarea ajustării unei contrabalansări;

estimarea unei a doua valori de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă; și

decuplarea ajustării contrabalansării în timpul celei de-a doua curse atunci când cea de-a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru.

10. Metoda conform revendicării 9, în care contrabalansarea cuprinde o forță de contrabalansare generată de presiune într-un vas de presiune care acționează asupra unui plunjer cuplat la motorul primar.

11. Metoda conform revendicării 10, în care prima valoare de dezechilibru a cuplului motorului indică o stare de sub-echilibru, în care cuplarea ajustării contrabalansării cuprinde cuplarea unui compresor pentru creșterea presiunii în vasul de presiune și în care decuplarea ajustării contrabalansării cuprinde decuplarea compresorului pentru a menține presiunea în vasul de presiune.

12. Metoda conform revendicării 11 care mai cuprinde:
calcularea unei a treia valori de dezechilibru a cuplului motorului pentru o a treia cursă, a treia valoare de dezechilibru al cuplului motorului încadrându-se în afara unui al doilea interval de dezechilibru și indicând o stare de supra-echilibru;

cuplarea unei supape de purjare pentru reducerea presiunii din vasul de presiune pentru ajustarea contrabalansării;

estimarea unei a patra valori de dezechilibru a cuplului motorului pentru o a patra cursă; și

decuplarea supapei de purjare pentru menținerea presiunii în vasul de presiune atunci când a patra valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la primul interval de dezechilibru.

13. Metoda conform revendicării 9, în care estimarea celei de-a doua valori de dezechilibru a cuplului motorului cuprinde:

determinarea unui cuplu de vârf al cursei ascendente a motorului și a unui cuplu de vârf al cursei descendente a motorului a motorului primar pentru prima cursă;

determinarea de poziții de cursă de vârf de cuplu la care apar cuplul de vârf al cursei ascendente a motorului și cuplul de vârf al cursei descendente a motorului în prima cursă;

măsurarea unei componente de contrabalansare la o poziție curentă a cursei, x , în timpul celei de-a doua curse;

calcularea unor forțe de contrabalansare estimate la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă pe baza componentei de contrabalansare și a poziției curente a cursei, x ;

calcularea unui cuplu de vârf estimat al motorului pe cursa ascendentă și a unui cuplu de vârf estimat al motorului pe cursa descendentă, pe baza forțelor de contrabalansare estimate, a cuplului de vârf al cursei ascendente a motorului și a cuplului de vârf al cursei descendente a motorului; și

calcularea celei de-a doua valori de dezechilibru al cuplului motorului pe baza cuplului de vârf estimat al cursei ascendente a motorului și a cuplului de vârf estimat al cursei descendente a motorului.

14. Metoda conform revendicării 13, în care contrabalansarea cuprinde o forță de contrabalansare generată de presiune într-un vas de presiune care acționează asupra unui plunjer cuplat la motorul primar și în care calculul forțelor de contrabalansare estimate cuprinde:

estimarea unei multitudini de coeficienți pentru o aproximare polinomială a presiunii ca o funcție de poziția cursei pe baza unei presiuni curente și a poziției curente a cursei, x ;

calcularea de presiuni estimate în vasul de presiune la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pe baza aproximării polinomiale, a poziției curente a cursei, x și a multitudinii de coeficienți; și

calcularea forțelor de contrabalansare estimate pe baza presiunilor estimate.

15. Unitate de pompare cu prăjini, cuprinzând:

un vas de presiune în interiorul căruia translatează un plunjer;

un motor primar cuplat la plunjerul din interiorul vasului de presiune menționat;

un compresor cuplat la vasul de presiune menționat, compresorul menționat fiind configurat să crească o presiune în vasul de presiune menționat atunci când este cuplat;

o supapă de purjare cuplată la vasul de presiune menționat, supapa de purjare menționată fiind configurată să scadă presiunea în vasul de presiune menționat atunci când este cuplată;

un regulator al unității de pompare cu prăjini cuplat la compresorul menționat și la supapa de purjare menționată, regulatorul menționat fiind configurat să:

acționeze motorul primar menționat pe o primă cursă și pe o a doua cursă;

calculeze o primă valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru prima cursă;

cupleze unul dintre compresorul menționat și supapa de purjare menționată pentru ajustarea unei contrabalansări;

estimeze o a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului pentru a doua cursă; și

să decupleze compresorul menționat și supapa de purjare menționată, în timpul celei de-a doua curse, atunci când a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului ajunge la un prim interval de dezechilibru.

16. Unitatea de pompare cu prăjini conform revendicării 15 care mai cuprinde:

un senzor de poziție configurat să măsoare o poziție de cursă a motorului primar menționat și să genereze un semnal de poziție semnificativ pentru aceasta;

un senzor de sarcină configurat să măsoare o sarcină pe motorul primar menționat și să genereze un semnal de sarcină semnificativ pentru aceasta; și

un senzor de presiune configurat să măsoare presiunea în vasul de presiune menționat care acționează asupra plunjerului pentru a genera o forță de contrabalansare și să genereze un semnal de presiune semnificativ pentru aceasta, în care:

regulatorul menționat al unității de pompare cu prăjini mai este cuplat la senzorul de poziție menționat, senzorul de sarcină menționat și senzorul de presiune menționat și mai este configurat, să:

calculeze prima valoare de dezechilibru al cuplului motorului pe baza semnalului de sarcină pentru prima cursă; și

să estimeze a doua valoare de dezechilibru al cuplului motorului pe baza semnalului de sarcină pentru prima cursă, a semnalului de poziție pentru prima cursă, a unui semnal de poziție curentă și a unui semnal de presiune curentă.

17. Unitatea de pompare cu prăjini conform revendicării 16, în care regulatorul unității de pompare cu prăjini menționat mai este configurat pentru estimarea celei de-a doua valori de dezechilibru al cuplului motorului, să:

determine un cuplu de vârf al cursei ascendente a motorului și un cuplu de vârf al cursei descendente a motorului a motorului primar menționat pentru prima cursă pe baza semnalului de sarcină pentru prima cursă;

determine poziții de cursă de vârf de cuplu la care apar cuplul de vârf al cursei ascendente a motorului și cuplul de vârf al cursei descendente a motorului în prima cursă, pe baza semnalului de poziție pentru prima cursă;

măsoare o componentă a contrabalansării la o poziție curentă a cursei, x , în timpul celei de-a doua curse pe baza semnalului de presiune curentă și a semnalului de poziție curentă;

calculeze forțe de contrabalansare estimate la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă pe baza componentei de contrabalansare și a poziției curente a cursei, x ;

calculeze un cuplu de vârf estimat al motorului pe cursa ascendentă și un cuplu de vârf estimat al motorului pe cursa descendentă pe baza forțelor de contrabalansare estimate, a cuplului de vârf al cursei ascendente a motorului și a cuplului de vârf al cursei descendente a motorului; și

să calculeze a doua valoare de dezechilibru a cuplului motorului pe baza cuplului de vârf estimat al motorului pe cursa ascendentă și a cuplului de vârf estimat al motorului pe cursa descendentă.

18. Unitatea de pompare cu prăjini conform revendicării 17, în care regulatorul menționat al unității de pompare cu prăjini mai este configurat, pentru calculul forțelor de contrabalansare estimate, să:

calculeze o comprimare politropică, C pe baza semnalului de presiune curentă și a unui volum curent al vasului de presiune menționat la poziția curentă a cursei, x ;

calculeze volume ale vasului de presiune menționat la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă;

calculeze presiunile estimate în vasul de presiune menționat la pozițiile de cursă de vârf de cuplu pentru a doua cursă; și

să calculeze forțele de contrabalansare estimate pe baza presiunilor estimate.

19. Unitatea de pompare cu prăjini conform revendicării 18, în care regulatorul menționat al unității de pompare cu prăjini mai este configurat, pentru calculul comprimării politropice, C , să:

estimeze un indice politropic, n , în timp real pe baza semnalului de presiune curentă atunci când ajustarea contrabalansării este decuplată; și

să utilizeze un ultim indice politropic estimat, n , atunci când ajustarea contrabalansării este cuplată.

20. Unitatea de pompare cu prăjini conform revendicării 15, în care regulatorul menționat al unității de pompare cu prăjină mai este configurat să cupleze unul dintre compresorul menționat și supapa de purjare menționată, atunci când prima valoare de dezechilibru al cuplului motorului se încadrează în afara unui al doilea interval de dezechilibru.

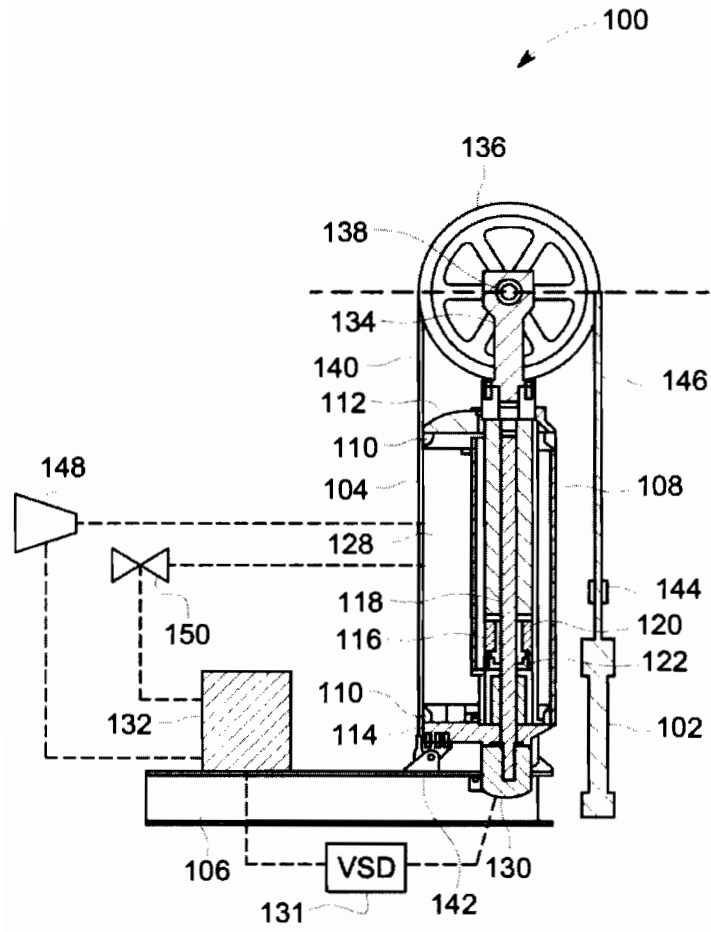


FIG. 1

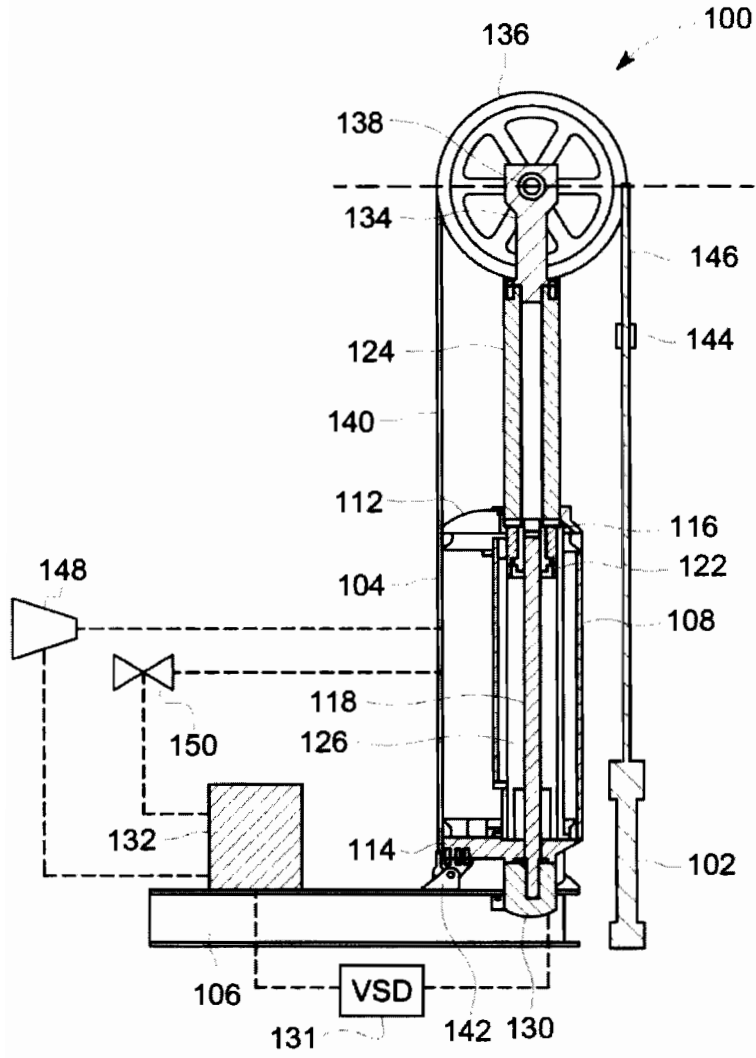


FIG. 2

100

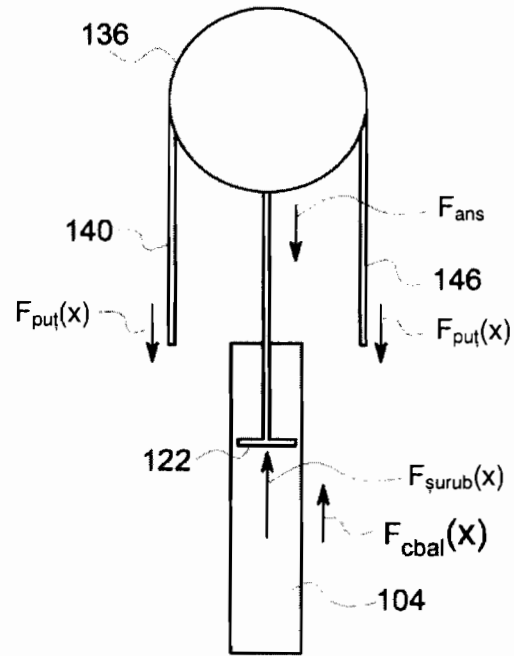


FIG. 3

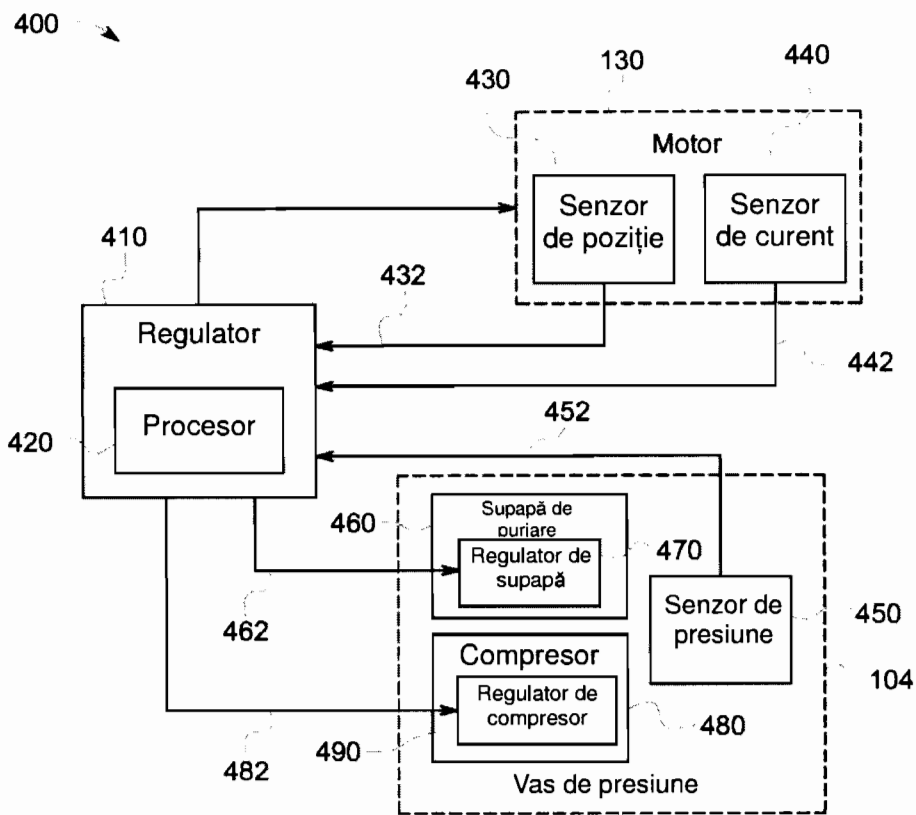


FIG. 4

25

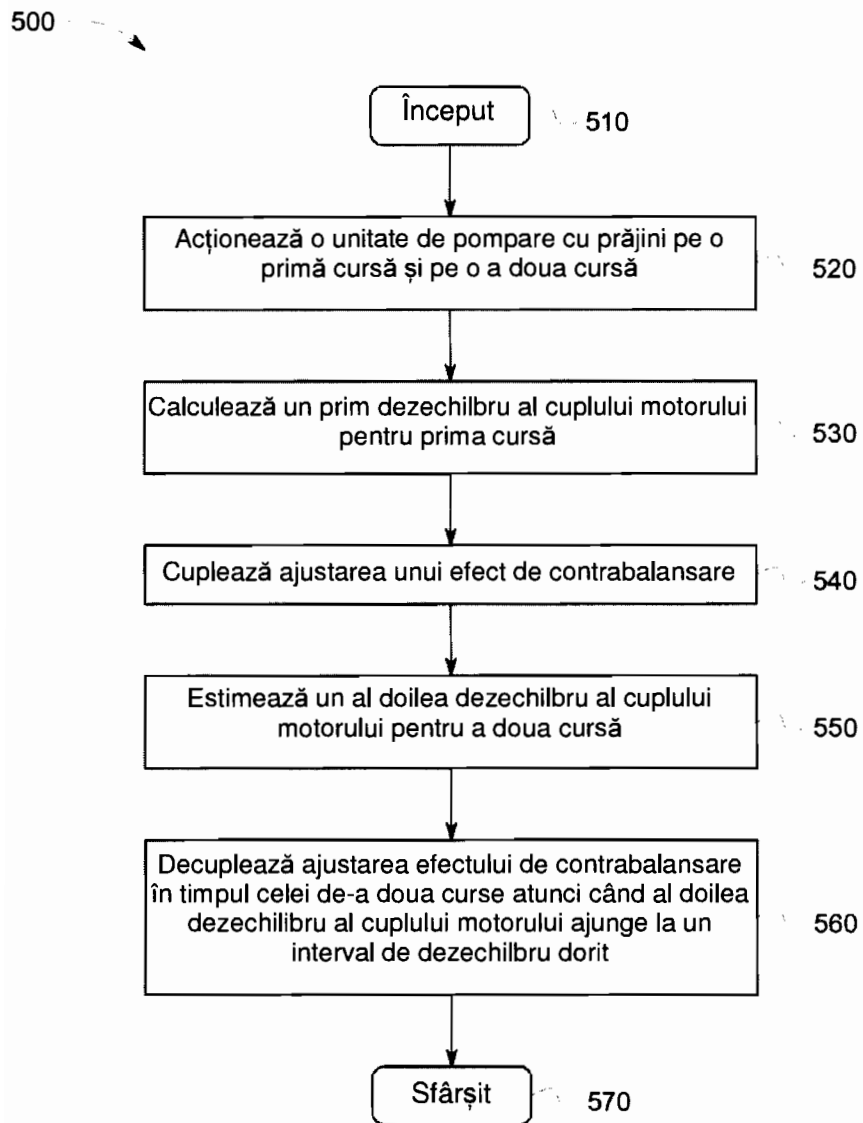


FIG. 5