ROMÂNIA

(19) OFICIUL DE STAT
PENTRU INVENŢII ŞI MĂRCI
Bucureşti

(11) **RO 137609 A2**

(51) Int.Cl.
E21B 47/009 (2012.01);
E21B 43/12 (2006.01);
G08B 21/18 (2006.01)

(12) # CERERE DE BREVET DE INVENŢIE

(21) Nr. cerere: **a 2023 00068**

(22) Data de depozit: **14/06/2021**

(30) Prioritate:
13/08/2020 US 16/993, 240

(41) Data publicării cererii:
30/08/2023 BOPI nr. **8/2023**

(86) Cerere internaţională PCT:
Nr. **US 2021/037295 14/06/2021**

(87) Publicare internaţională:
Nr. **WO 2022/035503 17/02/2022**

(71) Solicitant:
• **WEATHERFORD TECHNOLOGY HOLDINGS**, *LLC, 2000 ST.JAMES PLACE, HUSTON, TX77056, US*

(72) Inventatori:
• **ROBISON CLARK E.**, *11815 NEWLANDS COURT, TOMBALL, TEXAS, 77377, US;*
• **PAULET BRYAN A.**, *22001 NORTHPARK DRIVE, KINGWOOD, TEXAS, 77339, US*

(74) Mandatar:
CABINET M.OPROIU - CONSILIERE ÎN PROPRIETATE INTELECTUALĂ S.R.L., *STR.POPA SAVU NR.42, PARTER, SECTOR 1, CP2-229, BUCUREŞTI*

(54) # METODĂ, SISTEM ŞI ANSAMBLU DE SENZOR DE INSPECŢIE A UNITĂŢII DE POMPARE CU BALANSIER

(57) **Rezumat:**

Invenţia se referă la un ansamblu de senzori de inspectare a unui puţ subteran, un sistem şi metode utilizate în legătură cu o unitate de pompare. Ansamblul (**62**) de senzori, conform invenţiei, cuprinde: un giroscop (**68**) configurat să detecteze o viteză de rotaţie în jurul a cel puţin unei axe a giroscopului, un accelerometru (**70**) configurat să detecteze acceleraţia de-a lungul a cel puţin unei axe a accelerometrului şi un ansamblu (**80**) de carcasă conţinând giroscopul (**68**) şi accelerometrul (**70**) care mai include şi o interfaţă (**84**) configurată pentru a ataşa ansamblul (**80**) carcasei la o unitate de pompare, în care respectiva cel puţin o axă a giroscopului (**68**) este coliniară cu respectiva cel puţin o axă a accelerometrului (**70**). O metodă de inspectare, conform invenţiei, include ataşarea ansamblului (**62**) de senzori la o unitate de pompare, înregistrarea datelor de acceleraţie în raport cu timpul şi, ca răspuns la o amplitudine a datelor de acceleraţie în raport cu timpul depăşind un prag predeterminat, transformarea datelor de acceleraţie în raport cu timpul în date de acceleraţie în raport cu frecvenţa. O metodă de echilibrare a unei unităţi de pompare poate include compararea vârfurilor acceleraţiei în funcţie de datele de orientare rotaţională cu vârfurile de acceleraţie datorate une mişcări circulare şi ajustarea unei poziţii a unei contragreutăţi, reducând astfel diferenţa dintre vârfurile acceleraţiei datorate mişcării circulare şi vârfurile de acceleraţie în funcţie de datele de orientare rotaţională, pentru funcţionarea ulterioară a unităţii de pompare.

Revendicări: 21
Figuri: 8

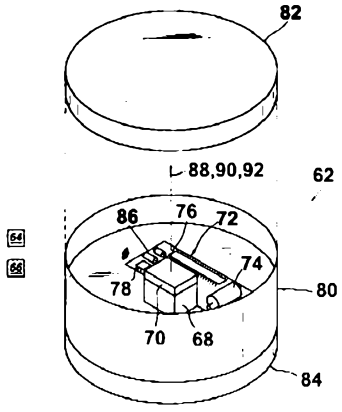


Fig. 2

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecţia conferită potrivit dispoziţiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepţia cazurilor în care cererea de brevet de invenţie a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecţiei conferite de cererea de brevet de invenţie este determinată de revendicările conţinute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).

RO 137609 A2

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2023 00068
Data depozit 14 -06- 2021

ANSAMBLU DE SENZORI DE INSPECTARE PENTRU O UNITATE DE POMPARE, SISTEM ŞI METODĂ

DOMENIUL TEHNIC

Această dezvăluire se referă, în general, la echipamentul utilizat și la operațiunile efectuate în legătură cu un puţ subteran și, în exemplele descrise mai jos, furnizează, mai precis, un ansamblu de senzori de inspectare, un sistem și o metodă pentru utilizarea cu o unitate de pompare.

CONTEXTUL INVENŢIEI

Unitățile de pompare cu balansier sunt uneori denumite pompă-balansier de transmisie sau unități de pompare cu balansier mobil. De obicei, o unitate de pompare cu balansier este echilibrată folosind contragreutăți care coboară pentru a converti energia potențială în energie cinetică atunci când o garnitură de prăjini de pompare conectată la unitatea de pompare urcă pentru a pompa fluide dintr-un puţ, iar contragreutățile urcă pentru a converti energia cinetică în energie potențială atunci când garnitura de prăjini de pompare coboară în puţ. Funcționarea eficientă a unității de pompare depinde în mare parte de faptul că contragreutățile contrabalansează efectiv sarcinile transmise balansierului de garnitura de prăjini de pompare.

Funcționarea eficientă a unei unități de pompare depinde, de asemenea, de reducerea la minimum a frecării în funcționarea unității de pompare. În unele cazuri, frecarea crescută poate rezulta din uzura sau defectarea componentelor unității de pompare. Aceste componente includ, dar nu se limitează la, lagăre, cutii de viteze și alte componente mobile ale unității de pompare.

Prin urmare, va fi ușor de apreciat că sunt necesare în mod continuu îmbunătățiri în domeniul configurării unităților de pompare cu balansier pentru o funcționare eficientă și menținerea unei astfel de funcţionări eficiente. Dezvăluirea de mai jos oferă astfel de îmbunătățiri în domeniu, iar principiile descrise aici pot fi aplicate în mod avantajos la o varietate de tipuri diferite de unități de pompare și situații operaționale.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

FIG. 1 este o vedere reprezentativă parţial în secţiune transversală a unui exemplu de sistem de puţ şi metodă asociată, care pot implementa principiile acestei dezvăluiri.

FIG. 2 este o vedere reprezentativă în perspectivă, parțial explodată a unui exemplu de ansamblu de senzori care poate implementa principiile acestei dezvăluiri.

FIG. 3 este un grafic reprezentativ al unui exemplu de date de acceleraţie în raport cu timpul furnizate de către ansamblul de senzori.

FIG. 4 este un grafic reprezentativ al unui exemplu de date de accelerație în raport cu frecvența furnizate de către ansamblul de senzori.

FIG. 5 este un grafic reprezentativ din exemplul din FIG. 4 cu un prag de amplitudine predeterminat indicat pe acesta.

FIG. 6 este o diagramă de flux reprezentativă pentru un exemplu de metodă de inspectare a unei unități de pompare de puţ.

FIG. 7 este un grafic reprezentativ al unui exemplu de acceleraţie în raport cu datele de orientare rotațională furnizate de către ansamblul de senzori.

FIG. 8 este o diagramă de flux reprezentativă pentru un exemplu de metodă de echilibrare a unei unități de pompare de puţ.

DESCRIERE DETALIATĂ

În FIG. 1 sunt ilustrate reprezentativ un sistem 10 şi o metodă asociată pentru utilizare cu un puţ subteran, sistem şi metodă care pot implementa principiile acestei dezvăluiri. Totuşi, ar trebui să se înțeleagă clar că sistemul 10 și metoda sunt doar un exemplu de aplicare a principiilor acestei dezvăluiri în practică și că este posibilă o mare varietate de alte exemple. Prin urmare, scopul acestei dezvăluiri nu se limitează în nici un caz la detaliile sistemului 10 şi metodei descrise aici şi/sau ilustrate în desene.

În exemplul din FIG. 1, o unitate de pompare de suprafață de tip balansier mobil 12 este montată pe un suport 14 adiacent unui cap de puţ 16. O garnitură de prăjini 18 se extinde în puț și este conectată la o pompă de la fundul puţului 20 într-o garnitură de tubing 22. Mişcarea alternantă a garniturii de prăjini 18 efectuată de către unitatea de pompare 12 face ca pompa de la fundul puţului 20 să pompeze fluide (cum ar fi,

hidrocarburi lichide, gaz, apă, etc. și combinații ale acestora) din puț prin garnitura de tubing 22 spre suprafață.

Unitatea de pompare 12 ilustrată în FIG. 1 este de tipul cunoscut de specialiştii în domeniu ca unitate de pompare „convenţională". Totuși, principiile acestei dezvăluiri pot fi aplicate altor tipuri de unități de pompare (cum ar fi cele cunoscute de persoanele de specialitate în domeniu ca unităţi de pompare Mark II, Mark inversat, unități de pompare cu balansier echilibrat și unități de pompare la capătul balansierului). Astfel, scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la utilizarea unui tip sau configurație particulară de unitate de pompare. De exemplu, o unitate de pompare hidraulică (de exemplu, cuprinzând un piston care se deplasează alternant într-un cilindru) poate fi utilizată în alte exemple.

Garnitura de prăjini 18 poate cuprinde o prăjină în mod substanţial continuă sau poate fi alcătuită din mai multe prăjini conectate între ele (cunoscute şi sub denumirea de „prăjini de aspirare"). La un capăt superior al garniturii de prăjini 18, o prăjină lustruită 24 se extinde printr-o cutie de etanşare 26 de la capul puţului 16. O suprafaţă exterioară a prăjinii lustruite 24 este lustruită fin pentru a evita deteriorarea etanşărilor din cutia de etanşare 26 pe măsură ce prăjina lustruită se deplasează în sus şi în jos prin etanşări.

O bară de suport 28 conectează prăjina lustruită 24 la o bridă 30. Brida 30 cuprinde în mod obișnuit mai multe cabluri care sunt fixate la și se înfășoară parțial în jurul unui capăt al unui cap de balansier 32 montat la capătul unui balansier 34.

Balansierul 34 este montat pivotant pe un stâlp Samson 36 la nivelul unui lagăr de sanie 38. În acest mod, pe măsură ce balansierul 34 pivotează alternant înainte și înapoi pe lagărul de sanie 38, garnitura de prăjini 18 este forțată (prin capul de balansier 32, brida 30 și bara de suport 28) să se deplaseze alternant în sus și în jos în puț, acţionând astfel pompa de la fundul puţului 20.

Balansierul 34 este determinat să pivoteze înainte și înapoi pe lagărul de sanie 38 prin intermediul brațelor de manivelă 40 conectate printr-un reductor de viteză 42 la un motor primar 44 (cum ar fi un motor electric sau un motor cu combustie). De obicei, un braţ de manivelă 40 este conectat la un arbore cotit 58 al reductorului de viteză 42 pe fiecare parte laterală a reductorului de viteză.

Reductorul de viteză 42 transformă o viteză de rotație relativ mare și cuplul scăzut furnizate de motorul primar 44 într-o viteză de rotație relativ mică și un cuplu mare introduse la brațele de manivelă 40 prin arborele cotit 58. În exemplul din FIG. 1,

motorul primar 44 este conectat la reductorul de viteză 42 prin intermediul scripeților 46 și curelelor 48.

Brațele de manivelă 40 sunt conectate la balansierul 34 prin intermediul brațelor Pitman 50. Brațele Pitman 50 sunt conectate pivotant la brațele de manivelă 40 prin fusuri sau știfturi de articulaţie 52. Brațele Pitman 50 sunt conectate pivotant la sau aproape de un capăt al balansierului 34 (opus capului de balansier 32) prin lagăre posterioare sau de egalizare 54.

Se va aprecia că garnitura de prăjini 18 poate fi foarte grea (în mod obişnuit cântărind multe mii de livre sau kilograme). Pentru a nu fi nevoie ca motorul primar 44 și reductorul de viteză 42 să ridice în mod repetat întreaga greutate a garniturii de prăjini 18 (și, în plus, orice fluide pompate datorită funcționării pompei de la fundul puţului 20 și depășirea frecării), contragreutățile 56 sunt fixate pe brațul de manivelă 40.

După cum este ilustrat în FIG. 1, reductorul de viteze 42 rotește brațul de manivelă 40 în sensul acelor de ceasornic 60 și, astfel, contragreutățile 56 ajută brațele Pitman 50 (și capătul balansierului 34 la care sunt conectate brațele Pitman) la tragere în jos, astfel încât garnitura de prăjini 18 este trasă în sus. În acest mod, contragreutățile 56 „compensează" cel puțin parțial sarcina aplicată balansierului 34 de la garnitura de prăjini 18 prin prăjina lustruită 24, bara de suport 28 și brida 30.

Ca o chestiune convenţională, o rotaţie în sensul acelor de ceasornic sau în sens invers acelor de ceasornic a brațului de manivelă 40 este apreciată dintr-o perspectivă în care capul de balansier 32 este poziţionat la capătul din dreapta al balansierului 34 (aşa cum este prezentat în FIG. 1). Principiile acestei dezvăluiri pot fi aplicate unităților de pompare cu rotație în sensul acelor de ceasornic sau în sens invers acelor de ceasornic.

Din diverse motive (cum ar fi, variația greutăților garniturii de prăjini 18, variația condițiilor din puț, etc.), contragreutățile 56 pot fi amplasate în diferite poziții de-a lungul brațelor de manivelă 40. În acest mod, un cuplu aplicat de contragreutățile 56 arborelui cotit 58 prin intermediul brațelor de manivelă 40 poate fi ajustat pentru a contracara eficient un cuplu aplicat de sarcina garniturii de prăjini 18 prin balansierul 34, brațele Pitman 50 și brațele de manivelă 40.

În mod ideal, toate cuplurile aplicate arborelui cotit 58 prin brațele de manivelă 40 ar fi însumate la zero sau „se anulează", astfel încât motorul primar 44 și reductorul de viteză 42 ar trebui doar să depășească frecarea din cauza mișcării alternative a

diferitelor componente ale unităţii de pompare 12 şi garniturii de prăjini 18. Unitatea de pompare 12 ar fi (în această situaţie ideală) complet „echilibrată" şi ar trebui să fie introdusă energie minimă prin intermediul motorului primar 44 pentru a pompa fluide din puţ.

Principiile descrise mai jos pot fi utilizate pentru a realiza echilibrarea parţială sau completă a unităţii de pompare 12. În unele exemple, această echilibrare este realizată prin determinarea poziţiilor contragreutăţilor 56 care va avea ca rezultat o acceleraţie normalizată a arborelui cotit 58 cu vârfuri de amplitudine care se potrivesc cu cele ale unei acceleraţii normalizate pentru mişcare circulară. Pentru a detecta acceleraţia şi orientarea rotaţională a arborelui cotit 58, un ansamblu de senzori 62 poate fi instalat pe unitatea de pompare 12 (de exemplu, pe sau ca parte a unei carcase de lagăr sau a unui capac pentru un ştift de articulaţie 52, aşa cum este ilustrat în FIG. 1).

Principiile descrise mai jos pot fi utilizate pentru a monitoriza vibraţiile produse în timpul funcţionării unităţii de pompare 12, de exemplu, pentru a detecta orice probleme de întreţinere curente sau iminente (cum ar fi defectarea lagărului, defectarea angrenajului, etc.). Pentru astfel de scopuri de diagnosticare, ansamblul de senzori 62 poate fi instalat în orice locaţie, sau ataşat la orice componentă, pe unitatea de pompare 12 (cum ar fi, pe reductorul de viteză 42, lângă un ştift de articulaţie 52 sau alt lagăr 38, 54, etc.).

Datele furnizate de către ansamblul de senzori 62 pot fi comunicate altor dispozitive şi sisteme utilizând diferite tehnici de transmisie. Comunicaţia fără fir (cum ar fi frecvenţa radio, WiFi sau Bluetooth(TM)) poate fi utilizată pentru a transmite date către un dispozitiv portabil al unui operator (de exemplu, un laptop, tabletă sau telefon inteligent, etc.) sau către un controler local al unităţii de pompare 64 (cum ar fi, controlerul unităţii de pompare WellPilot(TM) comercializat de Weatherford International, Inc. din Houston, Texas, SUA). Totuşi, trebuie înţeles că orice formă de transmisie sau comunicaţie (inclusiv, de exemplu, prin cablu, Internet, satelit, etc.) poate fi utilizată pentru a transmite date de la ansamblul de senzori 62 către orice locaţie locală sau la distanţă, în conformitate cu principiile acestei dezvăluiri.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 2, o vedere parţial explodată a unui exemplu de ansamblu de senzori 62 este ilustrată reprezentativ. În acest exemplu, ansamblul de senzori 62 este configurat pentru ataşare separată la o unitate de pompare (cum ar fi unitatea de pompare 12 din FIG. 1), dar în alte exemple ansamblul de senzori ar

putea fi configurat ca o componentă integrală a unității de porrnpare. Pentru comoditate și claritate, ansamblul de senzori 62 este descris mai jos aşa cum poate fi utilizat cu sistemul 10, metoda şi unitatea de pompare 12 din FIG. 1, dar ansamblul de senzori poate fi utilizat alternativ cu alte sisteme, metode şi unităţi de pompare în conformitate cu principiile acestei dezvăluiri.

În exemplul din FIG. 2, ansamblul de senzori 62 include un giroscop 68, un accelerometru 70 și un pachet de componente electronice 72. Cel puțin o baterie 74, un procesor 76 și un transceiver 78 sunt montate pe o placă de circuite 86 în acest exemplu de pachet de componente electronice 72. În alte exemple, pachetul de componente electronice 72 poate include alte componente, diferite combinaţii de componente sau mai multe sau mai puţine componente. Pachetul de componente electronice 72 ar putea include giroscopul 68 şi accelerometrul 70 în unele exemple. Astfel, scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la nicio configurație, aranjament sau funcționalitate particulară a pachetului de componente electronice 72.

Giroscopul 68 din acest exemplu este un senzor configurat pentru a măsura viteza de rotație în jurul a cel puțin unei axe 88 a giroscopului. În unele exemple, giroscopul 68 poate avea capacitatea de a măsura vitezele de rotație în jurul a cel puțin trei axe ortogonale. Giroscopul 68 poate fi sub forma unui giroscop unitate de măsurare inerțială (IMU) cu sisteme micro-electromecanice (MEMS), un giroscop vibrator Coriolis (CVG), un giroscop piezoelectric sau un giroscop cu fibră optică, adecvat pentru încorporarea în pachetul de componente electronice 72. Cu toate acestea, scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la utilizarea unui anumit tip de giroscop.

Accelerometrul 70 din acest exemplu este un senzor configurat pentru a măsura accelerația de-a lungul a cel puțin unei axe 90 a accelerometrului. În unele exemple, accelerometrul 70 poate avea capacitatea de a măsura acceleraţia de-a lungul a cel puţin trei axe ortogonale. Accelerometrul 70 poate fi configurat astfel încât să poată fi încorporat în pachetul de componente electronice 72. Scopul acestei dezvăluiri nu se limitează însă la utilizarea unui anumit tip de accelerometru.

De reţinut că axele 88, 90 ale giroscopului și accelerometrului sunt coliniare în exemplul din FIG. 2. Cu toate acestea, nu este necesar ca axele 88, 90 să fie coliniare pentru a păstra principiile acestei dezvăluiri. În alte exemple, axele 88, 90 pot să nu fie coliniare.

În unele exemple, giroscopul 68 şi accelerometrul 70 pot fi integrate într-un singur pachet de senzori. Un pachet de senzori integraţi adecvat este comercializat de

Analog Devices, Inc. din Norwood, Massachusetts, SUA. Scopul acestei dezvăluiri nu se limitează însă la utilizarea unui pachet de senzori integraţi.

Bateria 74 furnizează energie electrică pentru funcţionarea pachetului de componente electronice 72. Bateria 74 poate fi înlocuibilă sau reîncărcabilă. Scopul acestei dezvăluiri nu se limitează la vreo intenţie specială pentru baterie sau la utilizarea unei baterii.

Procesorul 76 din acest exemplu primește date furnizate de către giroscopul 68 și accelerometrul 70. Procesorul 76 poate include memorie volatilă şi/sau nevolatilă pentru stocarea datelor, sau o memorie separată poate fi utilizată în acest scop.

Memoria poate stoca, de asemenea, instrucțiuni sau programare pentru condiționarea, manipularea și furnizarea datelor ca răspuns la comenzile operatorului. De exemplu, poate fi programată în memorie o rutină pentru efectuarea unei Transformate Fourier Rapide (FFT) a datelor bazate pe timp în domeniul frecvenței poate fi programată în memorie și/sau o rutină pentru furnizarea datelor (sub forma bazate pe timp sau pe frecvență) pentru transmisia prin transceiverul 78. În unele exemple, capabilitățile de manipulare a datelor (cum ar fi, o capabilitate de conversie FFT) pot fi integrate într-un pachet de senzori care include atât giroscopul 68, cât și accelerometrul 70.

Transceiverul 78 este un transceiver fără fir în exemplul din FIG. 2. Transmisia sau recepția fără fir de către transceiverul 78 poate fi de orice tip, incluzând, de exemplu, frecvență radio, WiFi, Bluetooth(TM), optică, inductivă, etc. Scopul acestei dezvăluiri nu se limitează la nicio formă particulară de comunicație fără fir sau telemetrie.

După cum este ilustrat în FIG. 2, transceiverul 78 poate comunica cu controlerul 64 al unității de pompare sau cu un dispozitiv de calcul 66. În unele exemple, dispozitivul de calcul 66 poate fi un dispozitiv de calcul portabil (cum ar fi un calculator laptop, o tabletă sau un telefon inteligent, etc.) transportat la o locație a unității de pompare de către un operator special în scopul comunicării și primirii datelor furnizate de ansamblul de senzori 62. În alte exemple, dispozitivul de calcul 66 ar putea fi într-o locaţie la distanţă şi ar putea fi în comunicaţie cu ansamblul de senzori 62 prin Internet, transmisie prin satelit sau altă formă de comunicaţie.

Comunicaţia dintre transceiverul 78 şi dispozitivul de calcul 66 poate fi bidirecţională. În exemplul din FIG.2, transceiverul 78 poate transmite date către dispozitivul de calcul 66, iar dispozitivul de calcul poate transmite date și instrucțiuni,

cum ar fi comenzi operaţionale, către transceiver pentru procesare de către procesorul 76.

De preferinţă, transceiverul fără fir 78 poate comunica cu dispozitivul de calcul 66 în timp real, în timp ce unitatea de pompare 12 este în funcţiune şi în timp ce giroscopul 68 şi accelerometrul 70 furnizează date care indică funcţionarea unităţii de pompare. În acest mod, analiza imediată a datelor este activată. Datele pot fi totuşi înregistrate şi stocate pentru analize ulterioare, dacă se doreşte.

Ansamblul carcasă 80, aşa cum este prezentat în FIG. 2, conţine giroscopul 68, accelerometrul 70 şi pachetul de componente electronice 72. Ansamblul carcasă 80 include un capac detaşabil 82 pentru acces comod la componentele din acesta şi o interfaţă de unitate de pompare 84 pentru ataşarea ansamblului de senzori 62 la o unitate de pompare.

În unele exemple, ansamblul carcasă 80 poate include carcasele interioară şi exterioară, cu carcasa interioară configurată pentru a conţine giroscopul 68, accelerometrul 70 şi pachetul de componente electronice 72 şi pentru a izola aceste componente de praf, apă, etc. Carcasa exterioară poate fi configurată pentru a proteja carcasa interioară şi componentele acesteia de radiaţia solară, impact fizic, etc. Cu toate acestea, scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la niciun tip sau configuraţie particulară a ansamblului carcasă 80.

Interfaţa unităţii de pompare 84 ataşează sau montează în siguranţă ansamblul de senzori la o unitate de pompare. În exemplul din FIG. 1, interfaţa unităţii de pompare 84 permite montarea ansamblului de senzori 62 în locaţia ştiftului de articulaţie 52 într-o manieră care aliniază o axă de rotaţie 92 a ştiftului de articulaţie şi ansamblul de senzori 62 cu axele giroscopului şi accelerometrului 88, 90.

Totuşi, nu este necesar ca axa de rotaţie 92 să fie coliniară cu axele giroscopului şi accelerometrului 88, 90 pentru a păstra principiile acestei dezvăluiri. În exemplele în care axele giroscopului şi accelerometrului 88, 90 nu sunt coliniare cu axa de rotaţie 92, de reţinut că giroscopul 68 şi accelerometrul 70 pot avea în continuare aceeaşi poziţie (de exemplu, raza) faţă de axa de rotaţie 92 în timpul funcţionării unităţii de pompare 12.

În alte exemple, interfaţa unităţii de pompare 84 poate permite ansamblului de senzori 62 să fie ataşat sau montat în alte locaţii pe o unitate de pompare. De exemplu, ansamblul de senzori 62 ar putea fi ataşat la reductorul de viteză 42, motorul primar 44, balansierul 34 sau o altă componentă a unităţii de pompare 12 din FIG. 1.

Pentru atașarea ansamblului de senzori 62 în locația știftului de articulaţie 52, interfața unității de pompare 84 poate cuprinde o flanșă sau alt element de atașare permanentă sau semi-permanentă (de exemplu, cuprinzând elemente de fixare, filete, etc.). Ansamblul de senzori 62 ar putea astfel forma un capac sau carcasă de lagăr pentru lagărele știftului de articulaţie 52, în unele exemple. În acest mod, ansamblul de senzori 62 poate rămâne ataşat la unitatea de pompare 12 pentru un termen relativ lung. O astfel de atașare permanentă sau serni-permanentă folosind interfața unității de pompare 84 poate fi utilizată alternativ pentru a atașa ansamblul de senzori 62 la alte componente ale unității de pompare 12 (cum ar fi reductorul de viteză 42, motorul primar 44, balansierul 34, etc.).

În alte exemple, poate fi dorită atașarea temporară a ansamblului de senzori 62 la unitatea de pompare 12. În aceste cazuri, interfaţa unităţii de pompare 84 poate cuprinde un dispozitiv cu magnet (cum ar fi unul sau mai mulţi magneţi permanenţi sau electromagneţi, un dispozitiv magnetostrictiv, etc.). În acest mod, ansamblul de senzori 84 poate fi atașat temporar la orice componentă feroasă a unității de pompare 12.

În sistemul 10 din FIG. 1, ansamblul de senzori 62 poate fi utilizat într-o metodă de echilibrare a unității de pompare 12 și/sau ansamblul de senzori poate fi utilizat într-o metodă de inspectare a unității de pompare (de exemplu, pentru a detecta o uzură sau defecțiune curentă sau iminentă a componentei). Totuşi, scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la niciun scop sau scopuri particulare pentru care este utilizat ansamblul de senzori 62.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 3, este ilustrat reprezentativ un grafic 94 al unui exemplu de date de acceleraţie în raport cu timpul furnizate de ansamblul de senzori 62. Datele sunt indicative pentru funcționarea unității de pompare 12 după ce ansarnblul de senzori 62 a fost atașat la unitatea de pompare. În acest exemplu, a fost înregistrată acceleraţia pe fiecare dintre cele trei axe ortogonale detectată de accelerometrul 70 pe o perioadă de timp de două secunde.

În perioada de timp prezentată în FIG. 3, graficul 94 include un număr de vârfuri de amplitudine a acceleraţiei 95. Dacă unul sau mai multe dintre vârfurile de amplitudine 95 depășesc un prag predeterminat (cum ar fi 0,007 g în exemplul din FIG. 3), aceasta poate fi un indiciu al uzurii sau defectării curente sau iminente a componentelor. Într-un astfel de caz, metoda de inspectare a unităţii de pompare 12 include transformarea datelor de acceleraţie bazate pe timp în date de acceleraţie bazate pe frecvenţă. Capabilităţile FFT menționate mai sus pot fi utilizate pentru

conversia datelor de accelerație în raport cu timpul în date de accelerație în raport cu frecvența pentru o evaluare ulterioară.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 4, este ilustrat reprezentativ un grafic 96 al unui exemplu de date de accelerație în raport frecvență furnizate de către ansamblul de senzori 62. Graficul 96 din FIG. 4 cuprinde datele de accelerație în raport cu timpul din FIG. 3, convertite în date de accelerație în raport cu frecvența.

În acest exemplu, este descrisă o gamă de frecvență de interes de la 1,5 la 10 Hz. Este de așteptat ca defecțiunea curentă sau iminentă a lagărelor ştifturilor de articulație să fie indicată de vârfurile de amplitudine a accelerației în această gamă de frecvență de interes. Dacă se dorește să se verifice uzura curentă sau iminentă sau deteriorarea altor componente, pot fi selectate diferite game de frecvență de interes pentru evaluare. De exemplu, este de așteptat ca defecțiunea curentă sau iminentă a unui reductor de viteză să fie indicată de vârfurile de amplitudine a accelerației la mai mult de 40 Hz.

O modalitate de a izola o gamă de frecvență de interes (sau cel puțin excluderea datelor din afara gamei de frecvență de interes) pentru evaluare este prin selectarea adecvată a unei rate de eșantionare a ansamblului de senzori 62. De exemplu, dacă se alege o rată de eșantionare de 80 Hz, atunci accelerația la frecvențe mai mari de 80 Hz va fi substanțial exclusă din datele primite și înregistrate de procesorul 76 din ansamblul de senzori 62 din FIG. 2. Alte tehnici, cum ar fi utilizarea filtrelor, pot fi utilizate pentru a selecta o gamă de frecvență dorită de interes pentru o evaluare ulterioară.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 5, este ilustrat reprezentativ un grafic reprezentativ din FIG. 4 al accelerației în raport cu datele de frecvență, cu un prag de amplitudine a accelerației predeterminat de 0,007 g indicat pe acesta. În alte exemple, pragul poate fi la o amplitudine diferită. În plus, nu este necesar ca pragul selectat pentru utilizare în această etapă a metodei (după transformarea datelor în domeniul frecvenței) să fie același cu pragul selectat pentru utilizarea într-o etapă anterioară a metodei (ca în FIG. 3, înainte de transformarea datelor în domeniul frecvenței).

De reținut că, în exemplul din FIG. 5, există două vârfuri de amplitudine a accelerației 98 care depășesc pragul de 0,007 g. Numărul vârfurilor 98 care depășesc pragul în gama de frecvență selectată poate oferi informații utile pentru diagnosticarea dacă este indicată uzura sau deteriorarea actuală sau viitoare. De exemplu, un număr

relativ mic de vârfuri 98 poate indica uzură minimă sau acceptabilă, dar un număr relativ mare de vârfuri poate indica uzură sau deteriorare inacceptabilă.

De asemenea, poate fi util să se evalueze modul în care numărul vârfurilor 98 variază în timp. După cum s-a menţionat mai sus, datele prezentate în FIG. 3-5 au fost măsurate pe o perioadă de două secunde. Dacă, la un moment ulterior (poate multe ore sau zile mai târziu), o altă perioadă de două secunde de măsurători de accelerație arată că numărul vârfurilor 98 pentru măsurătorile ulterioare a crescut, acesta poate fi un indiciu că uzura sau deteriorarea crește. Dacă multiple măsurători ulterioare arată că numărul vârfurilor 98 accelerează, acesta poate fi un indiciu că defecțiunea este iminentă. Dacă măsurătorile ulterioare arată că numărul vârfurilor 98 nu crește sau accelerează în timp, acesta poate fi un indiciu că uzura sau deteriorarea nu progresează și probabil întreținerea (cum ar fi înlocuirea costisitoare a lagărelor sau angrenajelor) poate fi amânată.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 6, este ilustrată reprezentativ o diagramă de flux pentru un exemplu de metodă 100 de inspectare a unei unităţi de pompare de puţ. Pentru comoditate și claritate, metoda 100 este descrisă mai jos aşa cum poate fi practicată utilizând unitatea de pompare 12, ansamblul de senzori 62 și datele din FIG. 3-5, dar ar trebui să se înțeleagă clar că scopul acestei dezvăluiri nu se limitează la utilizarea metodei cu orice unitate de pompare, ansamblu de senzori sau date particulare.

Într-o etapă inițială 102, unul sau mai mulți senzori sunt atașați la unitatea de pompare 12. De exemplu, ansamblul de senzori 62 din FIG. 2 poate fi ataşat permanent, semipermanent sau temporar la unitatea de pompare 12 din FIG. 1 în orice locație. Dacă se dorește monitorizarea sau investigarea unei stări a unei anumite componente, atunci, de preferinţă, ansamblul de senzori 62 este ataşat pe, la sau lângă componenta particulară pentru cuplarea cea mai eficientă a vibraţiilor între componentă şi ansamblul de senzori.

În etapa 104, sunt înregistrate datele de accelerație în raport cu timpul. În exemplul din FIG. 3-5 descris mai sus, datele bazate pe timp (domeniul timp) sunt înregistrate pe o perioadă de două secunde. Alte perioade de timp pot fi selectate în alte exemple. Dacă se doreşte monitorizarea stării de funcţionare sau a condiţiei unităţii de pompare 12 (sau a unei anumite componente a acesteia) în timp, atunci datele pot fi înregistrate pentru mai multe perioade de timp.

În etapa 106, se face o determinare dacă un prag preselectat de amplitudine a acceleraţiei este depăşit în datele bazate pe timp. În exemplul din FIG. 3 descris mai sus, un prag de amplitudine de 0,007 g (valoare absolută) este depăşit la multiplele vârfuri de amplitudine 95 şi, astfel, este indicată necesitatea unei evaluări suplimentare (desemnată ca „DA" în FIG. 6). Dacă pragul preselectat de amplitudine a acceleraţiei nu este depăşit (desemnată ca „NU" în FIG. 6), atunci pot fi înregistrate date suplimentare la un moment ulterior sau, alternativ, metoda 100 s-ar putea încheia în acel moment.

În etapa 108, datele de acceleraţie în raport cu timpul sunt convertite sau transformate în date de acceleraţie în funcţie de frecvenţă. După cum s-a descris mai sus, această conversie ar putea fi efectuată folosind o capabilitate FFT a ansamblului de senzori 62. Alternativ, conversia ar putea fi efectuată de controlerul unităţii de pompare 64, dispozitivul de calcul 66 sau alt element având o capacitate de conversie adecvată din domeniul timp în domeniul frecvenţă.

În etapa 110, se determină un număr de câte ori amplitudinea acceleraţiei depăşeşte un prag predeterminat într-o anumită gamă de frecvenţă de interes. Gama de frecvenţă de interes poate fi selectată pentru a corespunde cu un mod de uzură, deteriorare sau defecţiune a unei anumite componente (cum ar fi un lagăr, un angrenaj, etc.). Numărul poate indica unui operator dacă există uzură sau deteriorare curentă sau iminentă. O modificare a numărului în timp poate indica dacă uzura sau deteriorarea creşte sau rămâne substanţial la fel, sau dacă defecţiunea este iminentă.

În etapa 112, poate fi furnizată opţional o alertă dacă numărul de câte ori amplitudinea acceleraţiei depăşeşte pragul predeterminat în gama de frecvenţă de interes atinge un nivel predeterminat. Alerta poate fi sub forma unui mesaj, o indicaţie vizuală, un sunet, o vibraţie sau de alt tip selectat pentru a atrage atenţia unui operator. Alerta ar putea fi generată de controlerul unităţii de pompare 64, dispozitivul de calcul 66 sau alt element.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 7, este ilustrat reprezentativ un grafic al unui exemplu de acceleraţie în raport cu datele de orientare rotaţională. În acest exemplu, datele au fost înregistrate utilizând ansamblul de senzori 62 din FIG. 2 ataşat la unitatea de pompare 12 din FIG. 1, la un capăt exterior al braţului de manivelă 40, dar scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la datele generate folosind orice ansamblu de senzori particular ataşat la orice componentă particulară a oricărei unităţi de pompare

particulare (de exemplu, ansamblul de senzori 62 poate să fie atașat la știftul de articulaţie 52, așa cum este prezentat în FIG.1).

Două curbe 114, 116 sunt reprezentate în FIG. 7. Curba 114 este o curbă a acceleraţiei normalizate în raport cu orientarea rotaţională pentru mişcarea circulară a braţului de manivelă 40 (vezi FIG. 1). De reţinut că amplitudinea maximă a accelerației indicată de curba 114 are o valoare normalizată de unu, iar accelerația este reprezentată pentru o rotație completă de 360 de grade a brațului de manivelă 40. Există două vârfuri de accelerație 118 (la aproximativ 40 și 220 de grade în acest exemplu) distanțate la 180 de grade.

Curba 116 rezultă din măsurarea accelerației (de exemplu, folosind accelerometrul 70 al ansamblului de senzori 62) corelată cu măsurarea orientării rotaţionale (de exemplu, folosind giroscopul 68 al ansamblului de senzori 62) în timp ce unitatea de pompare 12 este în funcţionare. Curba 116 este normalizată. De reţinut că există două vârfuri generale 120 (la aproximativ 70 și 236 de grade în acest exemplu).

Astfel, curba 116 nu se aliniază complet cu curba „idealizată" 114 pentru mișcarea circulară a brațului de manivelă 40. În schimb, vârfurile 118, 120 sunt decalate unul față de celălalt, indicând un dezechilibru nedorit în unitatea de pompare 12 (de exemplu, din cauza contragreutăţilor 56 care echilibrează incomplet sarcina aplicată capătului de cap de balansier 32 al balansierului 34).

Pentru a reduce, minimiza sau elimina acest decalaj sau diferenţă între vârfurile 118, 120, poziţiile contragreutăţilor 56 de-a lungul braţelor de manivelă 40 pot fi ajustate. De exemplu, dacă unitatea de pompare 12 este „sub-balansată", una sau mai multe dintre contragreutățile 56 pot fi deplasate spre exterior (departe de arborele cotit 58) de-a lungul brațelor de manivelă 40. Dacă unitatea de pompare 12 este „supra-balansată", una sau mai multe dintre contragreutățile 56 pot fi deplasate spre interior (spre arborele cotit 58) de-a lungul brațelor de manivelă 40.

În exemplul din FIG. 7, vârfurile 120 „lasă în urmă" vârfurile 118 (apar la o deplasare rotațională mai mare). Aceasta este o indicație că unitatea de pompare 12 este „sub-balansată" și contragreutățile 56 ar trebui îndepărtate de centrul de rotație (arborele cotit 58). Dacă, în schimb, vârfurile 118 lasă în urmă vârfurile 120, într-un alt exemplu, aceasta ar fi o indicație că unitatea de pompare 12 este „supra-balansată" și contragreutățile 56 ar trebui deplasate spre centrul de rotație.

După orice reglare a contragreutăților 56, măsurarea acceleraţiei în raport cu datele de orientare rotaţională poate fi repetată în timpul unei funcționări ulterioare a unității de pompare 12, pentru a confirma că unitatea de pompare este echilibrată (sau cel puțin mai bine echilibrată în comparație cu măsurarea anterioară). Dacă rămâne un decalaj sau o diferență inacceptabilă între vârfurile 118, 120, poziția uneia sau a mai multor contragreutăți 56 poate fi din nou ajustată și apoi măsurarea poate fi repetată pentru o altă funcționare ulterioară a unității de pompare 12.

Referindu-ne în plus acum la FIG. 8, este ilustrată reprezentativ o diagramă de flux pentru un exemplu de metodă 200 de echilibrare a unei unităţi de pompare de puţ. Pentru comoditate și claritate, metoda 200 este descrisă mai jos, așa cum poate fi practicată folosind unitatea de pompare 12, ansamblul de senzori 62 și datele din FIG. 7, dar ar trebui să se înțeleagă clar că scopul acestei dezvăluiri nu se limitează la utilizarea metodei cu orice unitate de pompare, ansamblu de senzori sau date particulare.

Într-o etapă inițială 202, unul sau mai mulţi senzori sunt ataşaţi la unitatea de pompare. De exemplu, ansamblul de senzori 62 din FIG. 2 poate fi ataşat permanent, semi-permanent sau temporar la unitatea de pompare 12 din FIG. 1 în locația știftului de articulaţie 52, la un capăt exterior al unui braț de manivelă 40 sau într-o altă locație.

În etapa 204, acceleraţia în raport cu datele de orientare rotaţională sunt înregistrate în timp ce unitatea de pompare 12 funcţionează. În exemplul din FIG. 7, datele sunt înregistrate pentru cel puțin o rotație completă a brațului de manivelă 40.

În etapa 206, acceleraţia în raport cu datele de orientare rotaţională este normalizată. După normalizare, amplitudinea maximă a accelerației din date este de unu. De reţinut că normalizarea este efectuată pentru comoditate în evaluarea ulterioară a oricăror diferențe între vârfurile 120 din date și vârfurile 118 pentru acceleraţia datorată mișcării circulare a brațului de manivelă 40 (vezi etapa 208), dar normalizarea nu este necesară pentru o astfel de evaluare care respectă principiile acestei dezvăluiri.

În etapa 208, curba 116 pentru accelerația măsurată în raport cu datele de orientare rotaţională este comparată cu curba 114 pentru accelerația datorată mișcării circulare a brațului de manivelă 40. Aşa cum s-a menţionat mai sus, normalizarea curbelor 114, 116 poate fi de dorit pentru comoditate în compararea curbelor, dar compararea poate fi efectuată fără o astfel de normalizare. Comparaţia efectuată în

etapa 208 poate cuprinde determinarea unei diferenţe între orientările rotaţionale la care apar vârfurile de acceleraţie respective 118, 120 ale curbelor 114, 116.

În etapa 210, dacă există o diferenţă inacceptabilă între orientările rotaţionale ale vârfurilor respective 118, 120 (sau se doreşte doar reducerea sau eliminarea diferenţei), una sau mai multe dintre contragreutăţile 56 pot fi repoziţionate pe braţele de manivelă 40. În acest mod, vârfurile 120 ale curbei de date măsurate 116 pot fi deplasate, astfel încât să se alinieze mai strâns cu vârfurile 118 ale curbei 114 pentru măsurătorile ulterioare de date.

Acum poate fi pe deplin apreciat că dezvăluirea de mai sus oferă progrese semnificative în domeniul configurării unităţilor de pompare cu balansier pentru o funcţionare eficientă şi menţinerea unei astfel de operaţiuni eficiente. În exemplele descrise mai sus, ansamblul de senzori 62 este configurat pentru măsurători eficiente ale parametrilor unităţii de pompare (cum ar fi acceleraţia şi orientarea rotaţională), metoda 100 de inspectare a unei unităţi de pompare asigură condiţii de monitorizare îmbunătăţite ale componentelor specifice ale unităţii de pompare, iar metoda 200 de echilibrare a unei unităţi de pompare asigură o evaluare rapidă a stării de echilibru a unităţii de pompare şi dacă contragreutăţile 56 ar trebui repoziţionate pentru a obţine o stare de echilibru mai completă.

Dezvăluirea de mai sus furnizează domeniului un ansamblu de senzori 62 pentru utilizare cu o unitate de pompare de puţ 12. Într-un exemplu, ansamblul de senzori 62 poate cuprinde: un giroscop 68 configurat să detecteze o viteză de rotaţie în jurul a cel puţin unei axe a giroscopului 88; un accelerometru 70 configurat să detecteze acceleraţia de-a lungul a cel puţin unei axe a accelerometrului 90; şi un ansamblu carcasă 80 care conţine giroscopul 68 şi accelerometrul 70, ansamblul carcasă 80 incluzând o interfaţă de unitate de pompare 84 configurată pentru a ataşa ansamblul carcasă 80 la unitatea de pompare 12. Axa giroscopului 88 este de preferinţă coliniară cu axa accelerometrului 90.

În oricare dintre exemplele descrise aici:

Ansamblul de senzori 62 poate include cel puţin un procesor 76 dispus în ansamblul carcasă 80, procesorul 76 fiind configurat să efectueze o Transformată Fourier Rapidă pe datele furnizate de către cel puţin unul dintre giroscopul 68 şi accelerometrul 70. Procesorul 76 poate fi configurat să transforme datele bazate pe timp furnizate de către cel puţin unul dintre giroscopul 68 şi accelerometrul 70 în date bazate pe frecvenţă.

Interfaţa unităţii de pompare 84 poate cuprinde un dispozitiv magnetic sau un ataşament mecanic.

Giroscopul 68 și accelerometrul 70 pot avea aceeași axă de rotație 92.

Ansamblul de senzori 62 poate include un transceiver fără fir 78 dispus în ansamblul carcasă 80. Transceiverul fără fir 78 poate comunica cu un controler 64 al unității de pompare 12.

Într-un sistem 10 care cuprinde ansamblul de senzori 62, transceiverul fără fir 78 poate comunica cu un dispozitiv de calcul 66 extern faţă de ansamblul carcasă 80. Transceiverul fără fir 78 poate comunica cu dispozitivul de calcul 66 în timp real în timp ce unitatea de pompare 12 este în funcţiune.

O metodă 200 de echilibrare a unei unităţi de pompare de puţ 12 este, de asemenea, furnizată domeniului prin dezvăluirea de mai sus. Într-un exemplu, metoda 200 cuprinde: ataşarea unui ansamblu de senzori 62 la unitatea de pompare 12; înregistrarea acceleraţiei în raport cu datele de orientare rotaţională în timp ce unitatea de pompare 12 este în funcţiune; compararea vârfurilor 120 ale acceleraţiei în raport cu datele de orientare rotaţională cu vârfurile 118 ale acceleraţiei datorate mişcării circulare; și reglarea unei poziții a contragreutății 56 pe un braţ de manivelă 40 al unității de pompare 12, reducând astfel o diferență între vârfurile 118 ale accelerației datorate mișcării circulare și vârfurile 120 ale accelerației în raport cu datele de orientare rotațională pentru funcționarea ulterioară a unităţii de pompare 12.

În oricare dintre exemplele descrise aici:

Metoda 200 poate include, înainte de etapa de comparare 208, normalizarea acceleraţiei în raport cu datele de orientare rotaţională. Etapa de comparare 208 poate include compararea vârfurilor 120 ale acceleraţiei normalizate în raport cu datele de orientare rotaţională cu vârfurile 118 ale acceleraţiei normalizate datorate mişcării circulare. Etapa de reducere poate include reducerea diferenței dintre vârfurile 118 ale accelerației normalizate datorate mișcării circulare și vârfurile 120 ale accelerației normalizate în raport cu datele de orientare rotaţională pentru funcționarea ulterioară a unității de pompare 12.

Etapa de înregistrare 204 poate include primirea datelor furnizate de către un giroscop 68 și un accelerometru 70 ale ansamblului de senzori 62.

Etapa de ataşare 202 poate include giroscopul 68 şi accelerometrul 70 având aceeaşi axă de rotaţie 92 în timp ce unitatea de pompare 12 este în funcţiune.

Etapa de atașare 202 poate include atașarea temporară a ansamblului de senzori 62 la un dispozitiv magnetic (de exemplu, ca interfața de unitate de pompare 84) la unitatea de pompare 122.

Etapa de reglare 210 poate include alinierea vârfurilor 118 ale accelerației datorate mișcării circulare cu vârfurile 120 ale accelerației în raport cu datele de orientare rotațională pentru funcționarea ulterioară a unității de pompare 12.

De asemenea, este descrisă mai sus o metodă 100 de inspectare a unei unități de pompare de puț 12. Într-un exemplu, metoda 100 cuprinde: ataşarea unui ansamblu de senzori 62 la unitatea de pompare 12, ansamblul de senzori 62 incluzând un accelerometru 70; înregistrarea datelor de acceleraţie în raport cu timpul furnizate de către ansamblul de senzori 62; şi, ca răspuns la o amplitudine a datelor de acceleraţie în raport cu timpul depăşind un prim prag predeterminat, transformarea datelor de acceleraţie în raport cu timpul în date de acceleraţie în raport cu frecvenţa.

În oricare dintre exemplele descrise aici:

Metoda poate include monitorizarea unui număr de câte ori amplitudinea datelor de acceleraţie în raport cu frecvenţa depăşeşte un al doilea prag predeterminat; și producerea unei alerte atunci când numărul atinge un nivel predeterminat.

Etapa de producere 112 poate include producerea alertei atunci când numărul atinge nivelul predeterminat într-o perioadă de timp predeterminată. Etapa de producere 112 poate include producerea alertei atunci când o rată a numărului atingând nivelul predeterminat per perioadă de timp predeterminată crește.

Etapa de monitorizare 110 poate include monitorizarea numărului de câte ori amplitudinea datelor de acceleraţie în raport cu frecvenţa depăşeşte al doilea prag predeterminat într-un interval predeterminat de frecvenţe.

Deși mai sus au fost descrise diverse exemple, fiecare exemplu având anumite caracteristici, ar trebui să se înțeleagă că nu este necesar ca o caracteristică particulară a unui exemplu să fie utilizată exclusiv cu acel exemplu. În schimb, oricare dintre caracteristicile descrise mai sus şi/sau reprezentate în desene pot fi combinate cu oricare din exemple, în plus sau ca înlocuitor pentru oricare dintre celelalte caracteristici ale acestor exemple. Caracteristicile unui exemplu nu se exclud reciproc cu caracteristicile altui exemplu. În schimb, scopul acestei dezvăluiri cuprinde orice combinație a oricăror caracteristici.

Deși fiecare exemplu descris mai sus include o anumită combinație de caracteristici, ar trebui să se înțeleagă că nu este necesar ca toate caracteristicile unui

exemplu să fie utilizate. În schimb, poate fi utilizată oricare dintre caracteristicile descrise mai sus, fără a fi utilizată şi o altă caracteristică sau caracteristici speciale.

Trebuie să se înţeleagă că diversele exemple de realizare descrise aici pot fi utilizate în diverse orientări, cum ar fi înclinat, inversat, orizontal, vertical, etc., şi în diverse configuraţii, fără a se îndepărta de principiile acestei dezvăluiri. Exemplele de realizare sunt descrise doar ca exerrıple de aplicaţii utile ale principiilor dezvăluirii, care nu se limitează la un detaliu specific al acestor exemple de realizare.

În descrierea de mai sus a exemplelor reprezentative, termeni direcţionali (cum ar fi „deasupra", „dedesubt", „superior," „inferior", „în sus", „în jos", etc.) sunt utilizaţi pentru comoditate pentru a se referi la desenele însoţitoare. Totuşi, ar trebui să se înţeleagă clar că scopul acestei dezvăluiri nu este limitat la niciuna dintre direcţiile particulare descrise aici.

Termenii „incluzând", „include", „cuprinzând", „cuprinde" şi termeni similari sunt utilizaţi într-un sens nelimitativ în această documentaţie. De exemplu, dacă un sistem, metodă, aparat, dispozitiv, etc. este descris ca „incluzând" o anumită caracteristică sau element, sistemul, metoda, aparatul, dispozitivul, etc. poate include acea caracteristică sau element şi poate include, de asemenea, alte caracteristici sau elemente. În mod similar, termenul „cuprinde" este considerat a însemna „cuprinde, dar nu se limitează la".

Desigur, o persoană de specialitate în domeniu ar aprecia cu uşurinţă, după o analiză atentă a descrierii de mai sus a exemplelor reprezentative de realizare a dezvăluirii, că multe modificări, adăugiri, substituţii, ştergeri şi alte schimbări pot fi făcute la exemplele de realizare specifice şi astfel de modificări sunt avute în vedere de principiile acestei dezvăluiri. De exemplu, structurile dezvăluite ca fiind formate separat pot fi, în alte exemple, formate integral şi invers. Prin urmare, descrierea detaliată de mai sus trebuie să fie înţeleasă clar ca fiind dată doar cu titlu de ilustrare şi de exemplu, spiritul şi scopul invenţiei fiind limitate numai de revendicările anexate şi echivalenţele acestora.

Revendicări

1. Ansamblu de senzori pentru utilizare cu o unitate de pompare de puţ, ansamblul de senzori cuprinzând:

un giroscop configurat pentru a detecta o viteză de rotaţie în jurul a cel puţin unei axe a giroscopului;

un accelerometru configurat pentru a detecta acceleraţia de-a lungul a cel puţin unei axe a accelerometrului; şi

un ansamblu carcasă conţinând giroscopul şi accelerometrul, ansamblul carcasă incluzând o interfaţă de unitate de pompare configurată pentru a ataşa ansamblul carcasă la unitatea de pompare,

în care acea cel puţin o axă a giroscopului este coliniară cu acea cel puţin o axă a accelerometrului.

2. Ansamblu de senzori conform revendicării 1, cuprinzând în plus cel puţin un procesor dispus în ansamblul carcasă, procesorul fiind configurat pentru a efectua o Transformată Fourier Rapidă pe datele furnizate de către cel puţin unul dintre giroscop şi accelerometru.

3. Ansamblu de senzori conform revendicării 1, cuprinzând în plus cel puţin un procesor dispus în ansamblul carcasă, procesorul fiind configurat pentru a transforma date bazate pe timp furnizate de către cel puţin unul dintre giroscop şi accelerometru în date bazate pe frecvenţă.

4. Ansamblu de senzori conform revendicării 1, în care interfaţa unităţii de pompare cuprinde un dispozitiv magnetic.

5. Ansamblu de senzori conform revendicării 1, în care interfaţa unităţii de pompare cuprinde un ataşament mecanic.

6. Ansamblu de senzori conform revendicării 1, în care giroscopul şi accelerometrul au aceeaşi axă de rotaţie.

7. Ansamblu de senzori conform revendicării 1, cuprinzând în plus un transceiver fără fir dispus în ansamblul carcasă.

8. Sistem cuprinzând ansamblul de senzori conform revendicării 7, în care transceiverul fără fir comunică cu un controler al unităţii de pompare.

9. Sistem cuprinzând ansamblul de senzori conform revendicării 7, în care transceiverul fără fir comunică cu un dispozitiv de calcul extern ansamblului carcasă.

10. Sistem conform revendicării 9, în care transceiverul fără fir comunică cu dispozitivul de calcul în timp real în timp ce unitatea de pompare este în funcţiune.

11. Metodă de inspectare a unei unităţi de pompare de puţ, metoda cuprinzând:

ataşarea unui ansamblu de senzori la unitatea de pompare, ansamblul de senzori incluzând un accelerometru;

înregistrarea datelor de acceleraţie în raport cu timpul furnizate de către ansamblul de senzori; şi

ca răspuns la o amplitudine a datelor de acceleraţie în raport cu timpul care depăşeşte un prim prag predeterminat, transformarea datelor de acceleraţie în raport cu timpul în date de acceleraţie în raport cu frecvenţa.

12. Metodă conform revendicării 11, cuprinzând în plus:

monitorizarea unui număr de câte ori o amplitudine a datelor de acceleraţie în raport cu frecvenţa depăşeşte un al doilea prag predeterminat; şi

producerea unei alerte atunci când numărul atinge un nivel predeterminat.

13. Metodă conform revendicării 12, în care producerea cuprinde producerea alertei atunci când numărul atinge nivelul predeterminat într-o perioadă de timp predeterminată.

14. Metodă conform revendicării 12, în care producerea cuprinde producerea alertei atunci când o rată a numărului de atingeri a nivelului predeterminat per perioadă de timp predeterminată creşte.

15. Metodă conform revendicării 12, în care monitorizarea cuprinde monitorizarea numărului de câte ori amplitudinea datelor de acceleraţie în raport cu frecvenţa depăşeşte al doilea prag predeterminat într-un interval predeterminat de frecvenţe.

16. Metodă de echilibrare a unei unităţi de pompare de puţ, metoda cuprinzând:

ataşarea unui ansamblu de senzori la unitatea de pompare;

înregistrarea acceleraţiei în raport cu datele de orientare rotaţională în timp ce unitatea de pompare este în funcțiune;

compararea vârfurilor de accelerație în raport cu datele de orientare rotațională cu vârfurile de accelerație datorate mișcării circulare; şi

reglarea unei poziţii a unei contragreutăţi pe un braţ de manivelă al unităţii de pompare, reducând astfel o diferenţă între vârfurile de acceleraţie datorate mişcării circulare şi vârfurile de acceleraţie în raport cu datele de orientare rotaţională pentru funcţionarea ulterioară a unităţii de pompare.

17. Metodă conform revendicării 16,

cuprinzând în plus normalizarea acceleraţiei în raport cu datele de orientare rotaţională înainte de comparare,

în care accelerația datorată mișcării circulare cuprinde accelerația normalizată datorată mișcării circulare,

în care compararea cuprinde compararea vârfurilor accelerației normalizate în raport cu datele de orientare rotațională la vârfurile accelerației normalizate datorate mișcării circulare, și

în care reducerea cuprinde reducerea diferenței dintre vârfurile accelerației normalizate datorate mișcării circulare și vârfurile accelerației normalizate în raport cu datele de orientare rotaţională pentru funcționarea ulterioară a unității de pompare.

18. Metodă conform revendicării 16, în care înregistrarea cuprinde recepţionarea datelor furnizate de către un giroscop şi un accelerometru ale ansamblului de senzori.

19. Metodă conform revendicării 18, în care atașarea cuprinde giroscopul și accelerometrul având aceeași axă de rotație în timp ce unitatea de pompare este în funcțiune.

20. Metodă conform revendicării 16, în care atașarea cuprinde atașarea temporară a ansamblului de senzori cu un dispozitiv magnetic la unitatea de pompare.

21. Metodă conform revendicării 16, în care reglarea cuprinde alinierea vârfurilor de acceleraţie datorate mişcării circulare cu vârfurile de acceleraţie în raport cu datele de orientare rotaţională pentru funcţionarea ulterioară a unităţii de pompare.

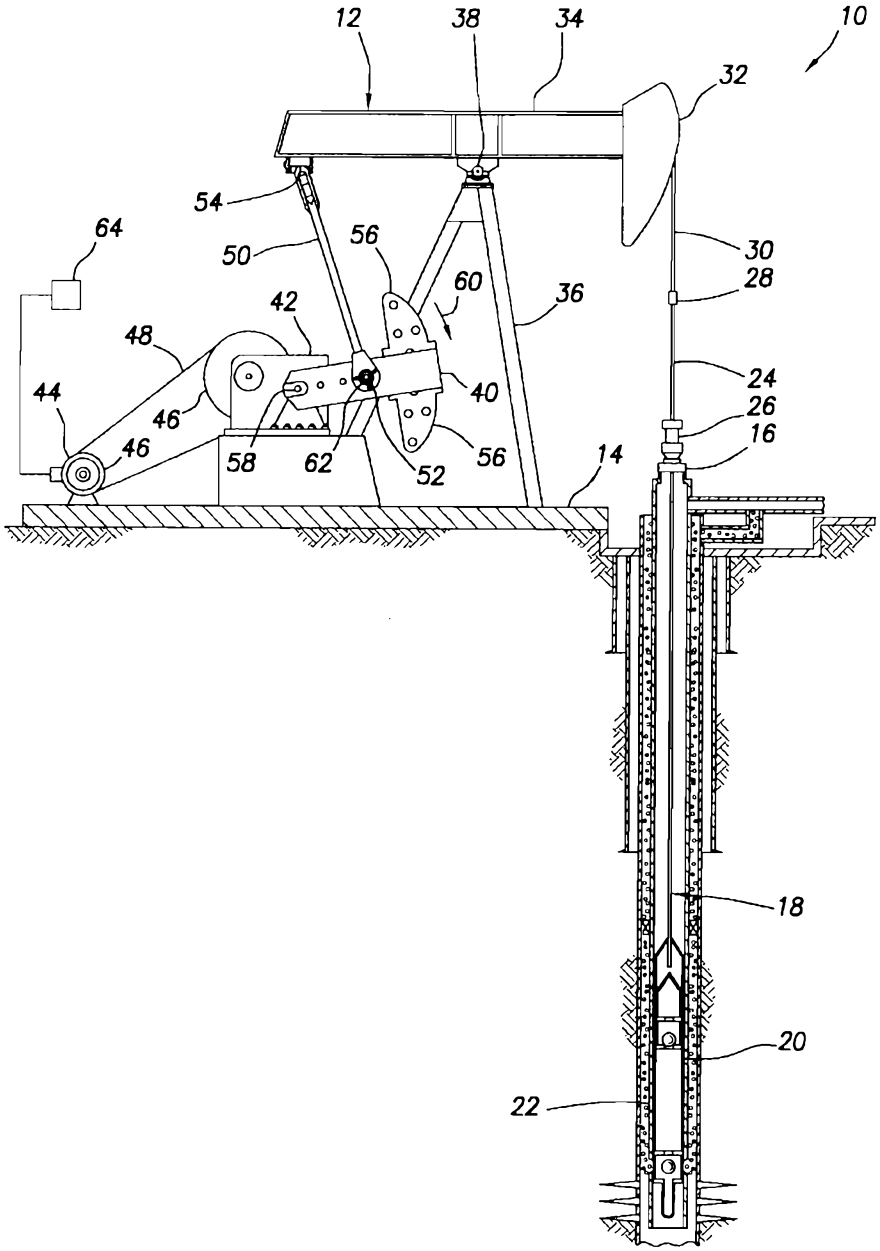

12
38
34
10
32
54
64
50
56
60
36
30
28
42
48
40
24
44
46
26
46
58
62
52
56
16
14
18
20
22

FIG. 1

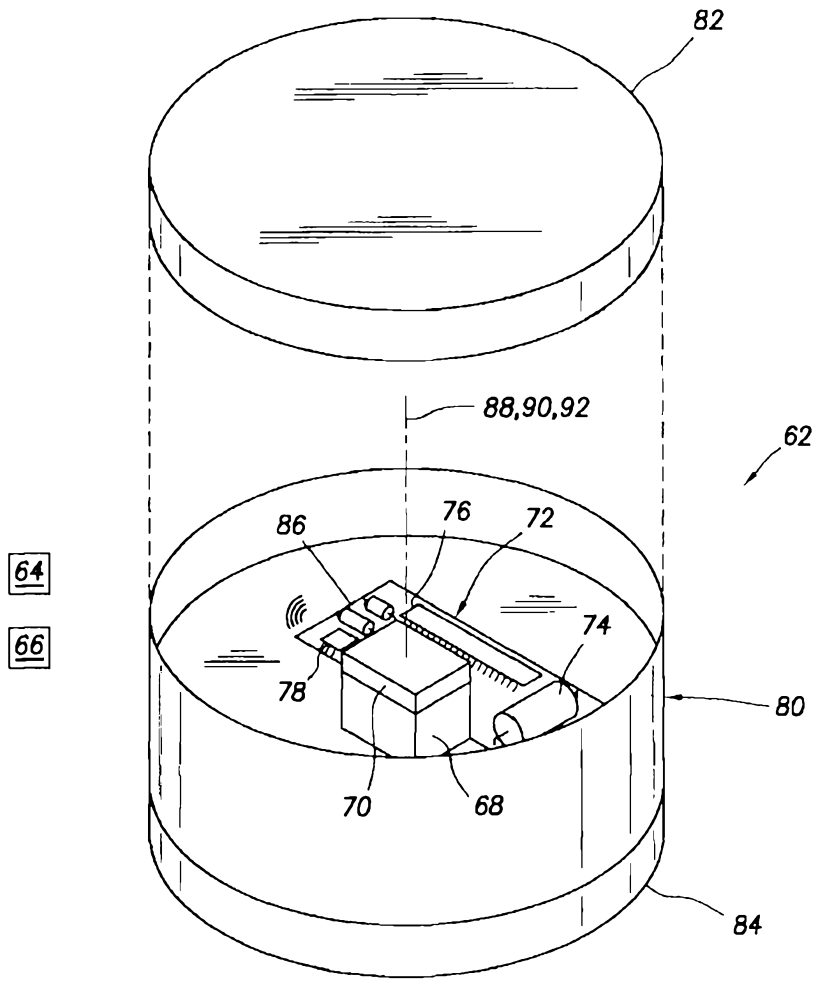


FIG.2

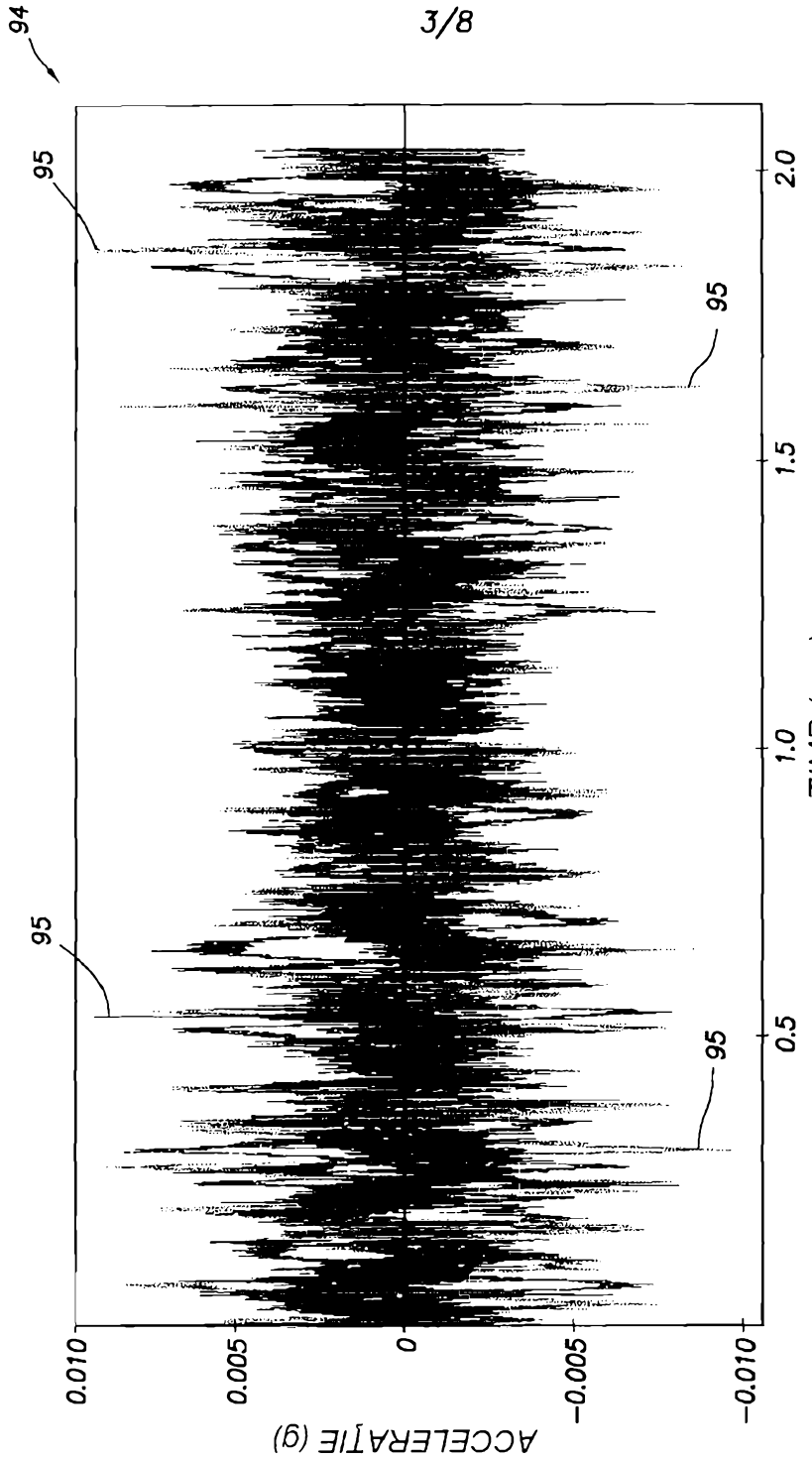

94
95
95
95
95
0.010
0.005
0
−0.005
−0.010
ACCELERATIE (g)
0.5
1.0
1.5
2.0
TIMP (sec)

FIG.3

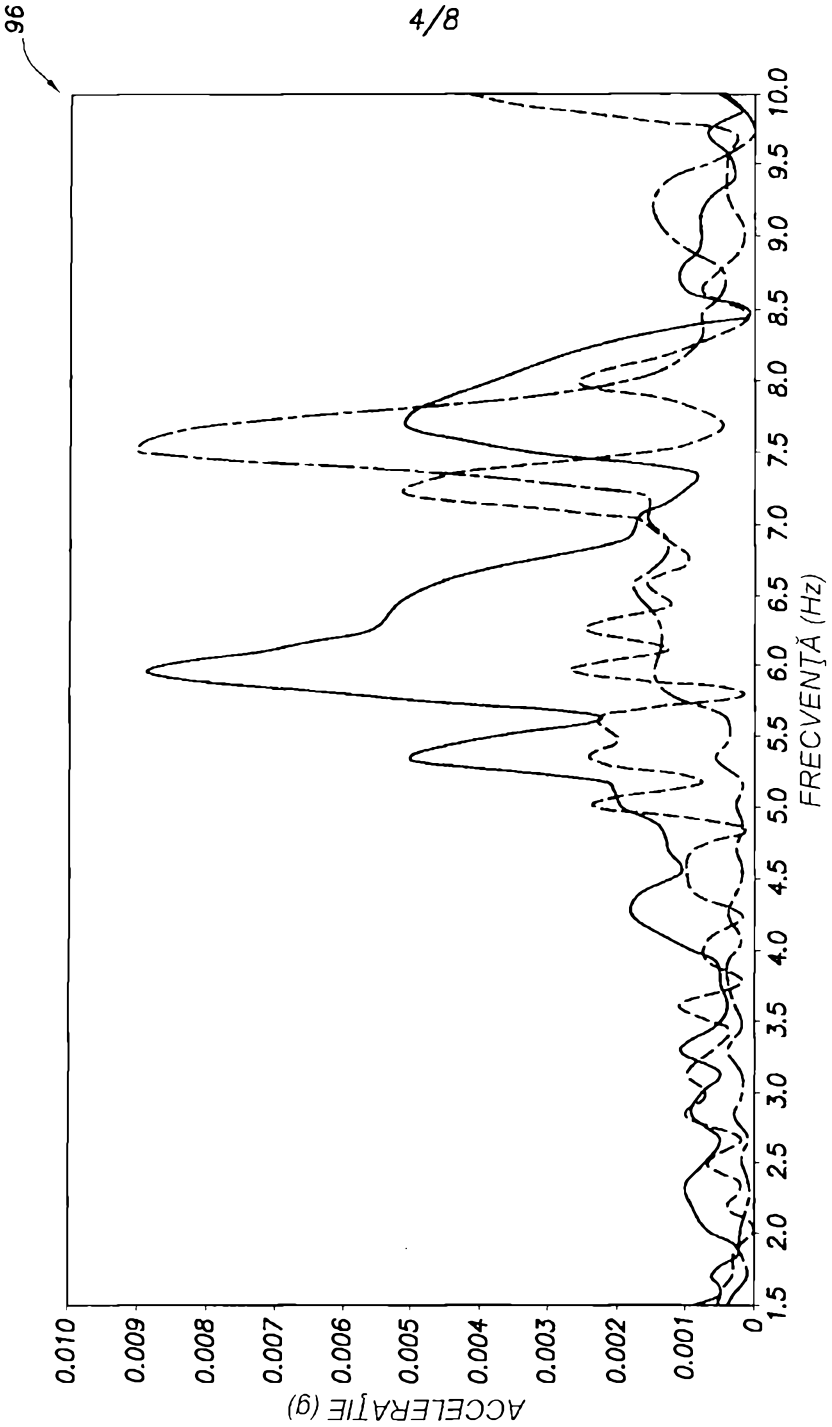

96
ACCELERAŢIE (g)
0.010
0.009
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
8.5
9.0
9.5
10.0
FRECVENŢĂ (Hz)

FIG.4

52

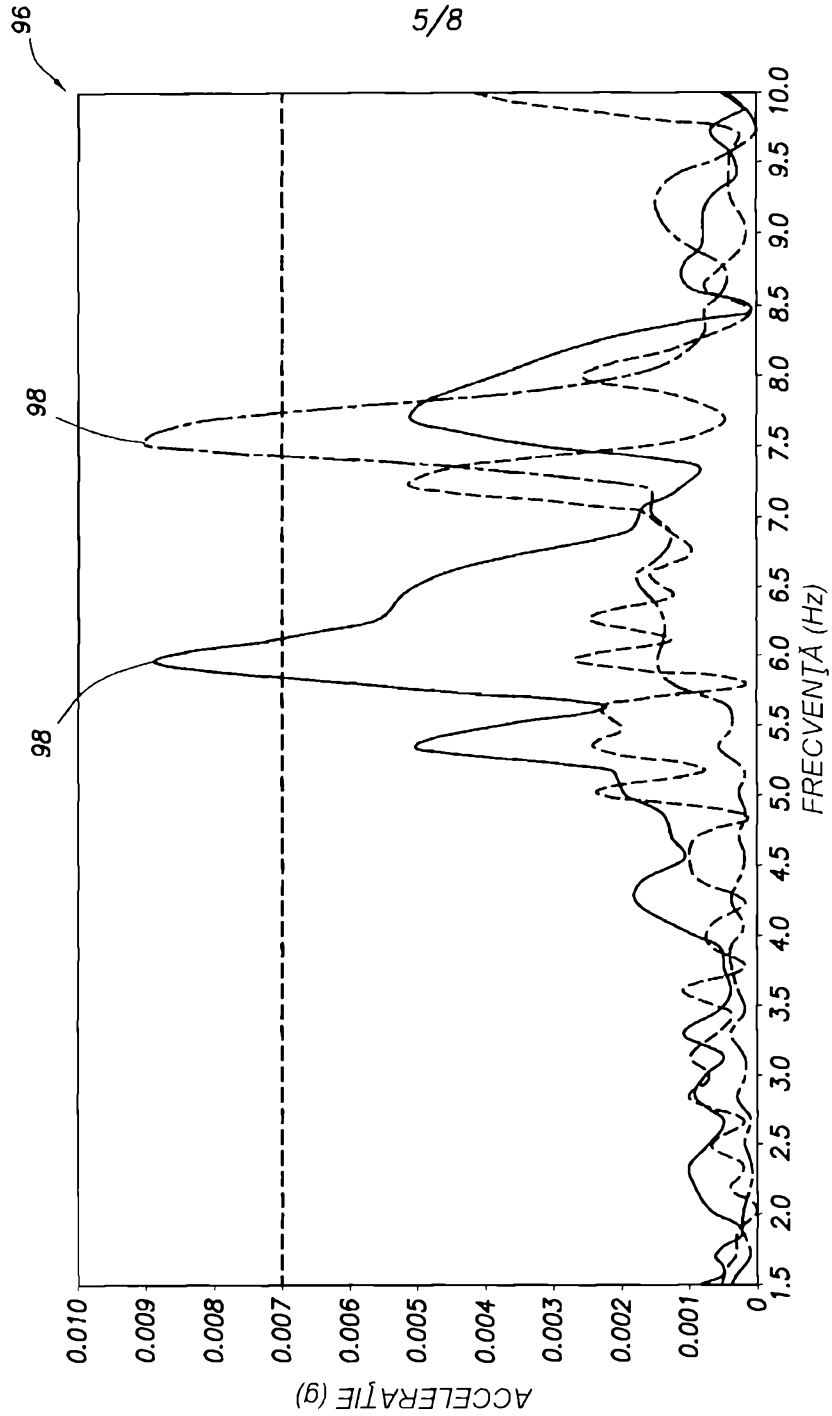

96
98
98
0.010
0.009
0.008
0.007
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
7.5
8.0
8.5
9.0
9.5
10.0
ACCELERAŢIE (g)
FRECVENŢĂ (Hz)

FIG.5

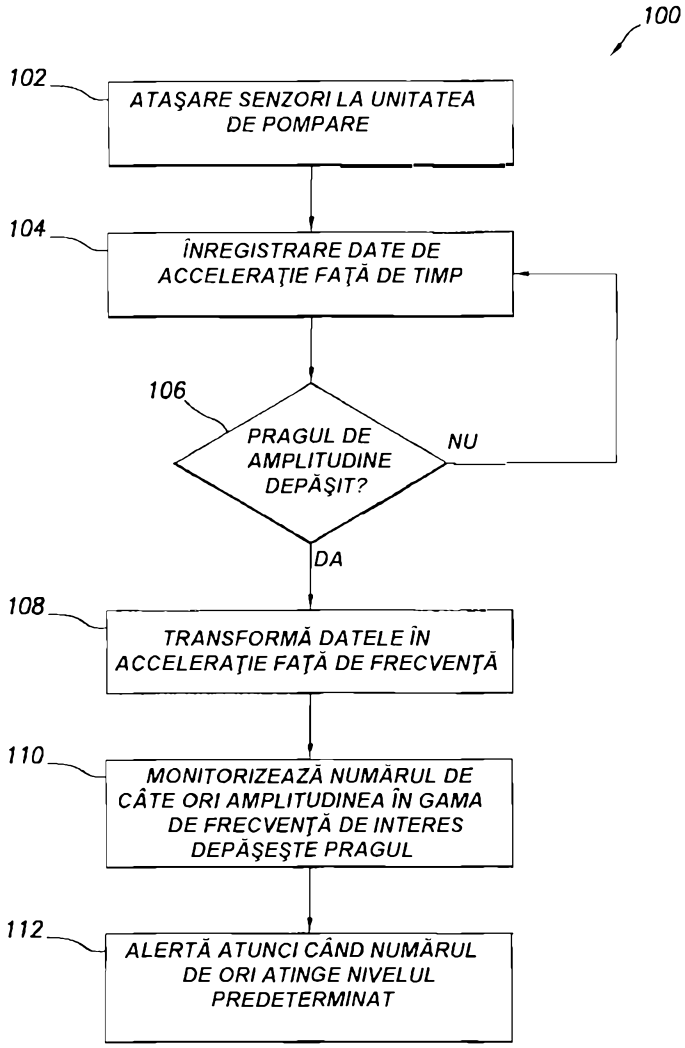

100
102
ATAŞARE SENZORI LA UNITATEA DE POMPARE
104
ÎNREGISTRARE DATE DE ACCELERAŢIE FAŢĂ DE TIMP
106
PRAGUL DE AMPLITUDINE DEPĂŞIT?
NU
DA
108
TRANSFORMĂ DATELE ÎN ACCELERAŢIE FAŢĂ DE FRECVENŢĂ
110
MONITORIZEAZĂ NUMĂRUL DE CÂTE ORI AMPLITUDINEA ÎN GAMA DE FRECVENŢĂ DE INTERES DEPĂŞEŞTE PRAGUL
112
ALERTĂ ATUNCI CÂND NUMĂRUL DE ORI ATINGE NIVELUL PREDETERMINAT

FIG.6

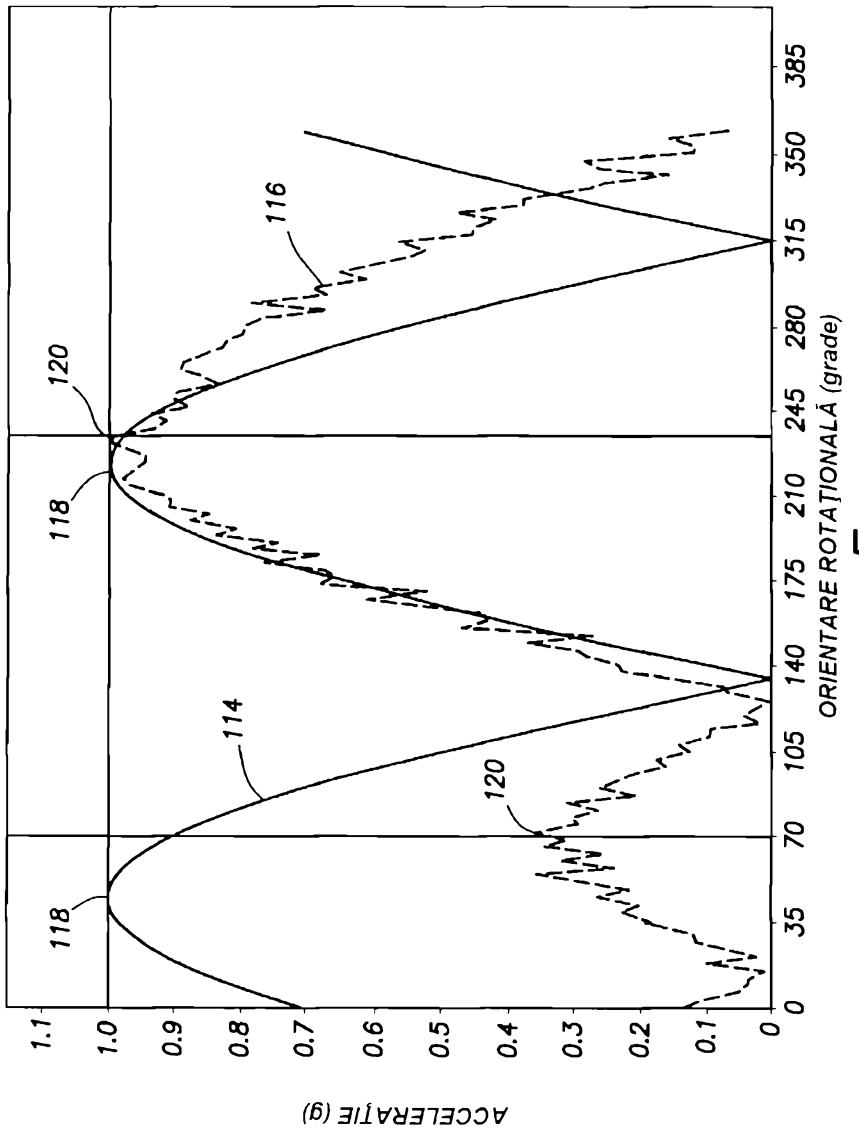

ACCELERAŢIE (g)
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
35
70
105
140
175
210
245
280
315
350
385
ORIENTARE ROTAŢIONALĂ (grade)
116
120
118
114
120
118

FIG.7

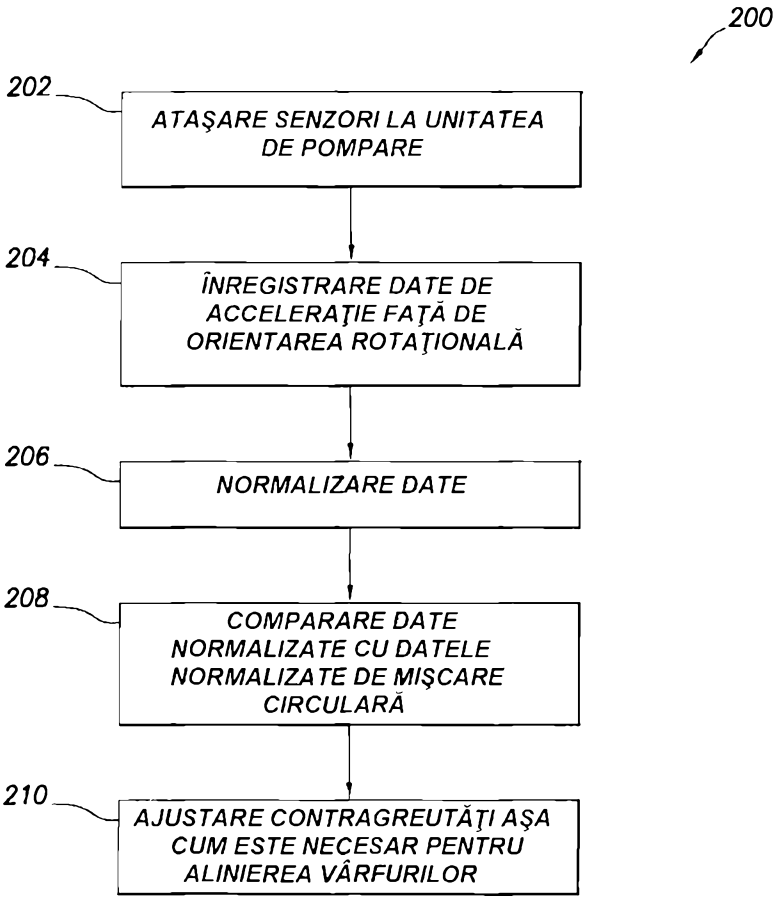

200
202
ATAŞARE SENZORI LA UNITATEA DE POMPARE
204
ÎNREGISTRARE DATE DE ACCELERAŢIE FAŢĂ DE ORIENTAREA ROTAŢIONALĂ
206
NORMALIZARE DATE
208
COMPARARE DATE NORMALIZATE CU DATELE NORMALIZATE DE MIŞCARE CIRCULARĂ
210
AJUSTARE CONTRAGREUTĂŢI AŞA CUM ESTE NECESAR PENTRU ALINIEREA VÂRFURILOR

FIG.8