



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00833**

(22) Data de depozit: **07/11/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/04/2021** BOPI nr. 4/2021

(41) Data publicării cererii:
30/05/2016 BOPI nr. 5/2016

(73) Titular:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU TEHNOLOGII
IZOTOPICE ȘI MOLECULARE,
STR. DONATH NR. 67-103, CLUJ-NAPOCA,
CJ, RO

(72) Inventatori:
• TUDORAN CRISTIAN DANIEL,
STR. ARON DENSUȘIANU NR. 16, AP. 1,
CLUJ NAPOCA, CJ, RO;

• SURDUCAN VASILE, STR. NUCULUI
NR. 8, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• SURDUCAN EMANOIL,
STR. GHEORGHE DIMA NR. 10, AP. 19,
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• DADARLAT NICOLAE DORIN,
STR. ȘTEFAN MORA NR. 2, BL. T1, SC. 2,
AP. 16, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 7628828 B; US 2013180165 A1

(54) **SISTEM PORTABIL PENTRU OBȚINEREA RAPIDĂ A
COMBUSTIBILULUI BODIESEL**



1 Prezenta invenție se referă la un sistem portabil, automatizat, ce permite obținerea
rapidă a combustibilului de tip biodiesel pornind de la un amestec primar de ulei vegetal și
3 metanol, fără nevoia de a utiliza substanțe catalizatoare auxiliare. Sistemul propus de pre-
zenta invenție se bazează pe un reactor de procesare asistată de plasma rece, descris pe
5 larg în cererea de brevet cu numărul **A/00792/27.10.2014**. Dispozitivul poate fi utilizat în
orice situație unde se impune obținerea rapidă și economică a unui combustibil de tip bio-
7 diesel (laboratoare de cercetare, microproducție privată), dar datorită posibilității de scalare
a reactorului cu plasmă rece, sistemul poate fi utilizat și pentru producția de nivel industrial.

9 La ora actuală există o serie mare de modele de reactoare automatizate pentru
procesarea uleiurilor vegetale cu scopul obținerii combustibililor de tip biodiesel, însă datorită
11 modului în care decurge reacția de transesterificare, aceste sisteme sunt complexe și
costisitoare. De asemenea, utilizarea reactoarelor este un proces relativ sofisticat din cauza
13 folosirii în reacție a catalizatorilor chimici (**US 20130180165 A1**) și din cauza necesității de
a neutraliza produșii de reacție înainte de utilizarea lor în motoarele cu aprindere prin
15 compresie. În general, obținerea unei șarje de combustibil biodiesel utilizând reactoarele
chimice actuale, necesită o durată de timp de aproximativ 48 h de la pornirea reacției
17 (**US 7628828 B2**), iar consumul energetic al sistemului este destul de ridicat datorită încălzirii
electrice a volumului de amestec pentru accelerarea reacției. Pentru construcția recipientelor
19 de proces se utilizează oțeluri inoxidabile care trebuie să reziste în timp la acțiunea caustică
a amestecului primar (ulei vegetal + metanol + hidroxid de potasiu/acid sulfuric) astfel prețul
21 de cost al instalației este destul de ridicat.

Brevetul **EP 2396391A1** prezintă o instalație mobilă și autonomă pentru producerea
23 combustibilului biodiesel, compusă dintr-un sistem de omogenizare a componentelor primare
(ulei vegetal, metanol și soluția catalizatoare) și trei pompe de recirculare: una pentru uleiul
25 primar, una pentru adăugarea catalizatorului în volumul de reacție și a treia pentru
împingerea produșilor de reacție către un etaj de separare prin centrifugare. Amestecarea
27 reactanților și amorsarea reacției de transesterificare se produce simultan în etajul de
omogenizare (mixer). La finalul reacției, volumul astfel obținut este împins de către a-3-a
29 pompă spre un etaj de separare centrifugală - unde are loc separarea glicerolului din produșii
de reacție.

31 Brevetul **US 2005/0027137 A1** descrie o altă instalație portabilă pentru obținerea
biodiesel-ului, care conține patru rezervoare (pentru uleiul primar, pentru soluția catalitică
33 alcalină, pentru metanol, al patru-lea fiind rezervorul în care se produce reacția de
transesterificare propriu-zisă), un etaj de separare gravitațională și un etaj de separare
35 centrifugală a produșilor de reacție. Rezervorul de transesterificare este termostatat la
temperatura de 70°C pentru accelerarea reacției și optimizarea randamentului.

37 Brevetul **US 2007/0175092 A1** descrie un sistem portabil pentru producerea
combustibilului biodiesel în regim de tip "recirculare continuă". Instalația se bazează pe
39 utilizarea unei incinte de reacție cu curgere turbionară forțată prin care se recirculă
amestecul de ulei + metanol + catalizator alcalin. După efectuarea unui număr de recirculări
41 a amestecului prin reactor, acesta ajunge într-un etaj de filtrare și neutralizare a produsului
de reacție. Turbionarea forțată a lichidului se produce în reactorul de proces prin împărțirea
43 sub presiune a debitului de intrare printr-un fascicul de conducte cu diametru subțire.

Brevetul **US 6979426 B2** prezintă tot o instalație portabilă automată pentru
45 producerea biodiesel-ului, având o structură similară cu variantele menționate mai sus,
diferența majoră în acest caz referindu-se la utilizarea unui etaj triplu de filtrare prin
47 centrifugare a produșilor de reacție obținuți. Astfel, sistemul conține trei etaje montate în

1
cascadă care realizează centrifugarea combustibilului biodiesel pentru a realiza separarea
glicerolului. Între fiecare etaj de centrifugare, lichidul este menținut în repaus pentru un
anumit timp în niște rezervoare de separare prin sedimentare gravitațională. 3

Brevetul **US 9364770 B2** descrie o instalație portabilă și complet autonomă pentru
producerea combustibilului biodiesel. Partea electrică a instalației este alimentată direct de 5
un mic grup electrogen montat pe șasiul acesteia, grupul electrogen fiind alimentat chiar cu
biodiesel-ul produs, consumând aproximativ 3% din volumul de biodiesel obținut. Instalația 7
conține un rezervor termostatat pentru uleiul primar, un etaj de amestecare și esterificare
parțială a uleiului primar cu alcool și un catalizator alcalin, un etaj de transesterificare 9
generală în care se produce reacția de obținere a biodiesel-ului pentru întreg volumul de ulei
primar, un etaj de separare a glicerolului și un etaj de vaporizare forțată a alcoolului 11
nereacționat prin tehnica presiunilor diferențiale.

Brevetul **WO 2007/062276 A2** prezintă tot o instalație portabilă pentru producerea 13
combustibilului biodiesel având o structură funcțională similară cu variantele prezentate mai
sus însă cu o diferență: existența unui etaj de separare a glicerolului bazat pe principiul 15
inversării fazelor. În mod normal datorită diferenței de densitate, glicerolul se sedimentează
în partea inferioară a rezervorului de reacție, fiind separat în general prin decantare simplă. 17
În cazul acestei instalații, există o serie de injectoare dispuse radial pe pereții rezervorului
de reacție, care injectează un exces de metanol în zona de acumulare a glicerolului, astfel, 19
amestecul de faze glicerol + metanol devine mai puțin dens decât biodiesel-ul, producându-
se inversarea fazelor (glicerolul urcă în partea superioară a rezervorului). 21

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, așa cum reiese din descriere, este 23
obținerea unui combustibil de tip biodiesel pornind de la un amestec dintre un ulei vegetal
și metanol într-un timp scurt fără a utiliza substanțe catalizatoare și temperatură.

Sistemul portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel, conform 25
invenției, este alcătuit dintr-un reactor vertical cu plasmă situat în amonte de un rezervor
destinat produsului de reacție și în aval de un alt rezervor destinat amestecului primar, 27
rezervorul al doilea fiind conectat prin intermediul unei pompe de admisie de capacul
superior al reactorului, capacul inferior al reactorului fiind conectat cu primul rezervor care 29
este în legătură cu un detector de nivel și cu o pompă de recirculare, pompă a cărei ieșire
este conectată cu rezervorul al doilea, sistemul fiind controlat integral prin intermediul unei 31
sistem principal de comandă.

Avantajele invenției în raport cu stadiul anterior al tehnicii sunt următoarele: 33

- posibilitatea obținerii unui combustibil de tip biodiesel pornind de la un amestec 35
inițial (ulei vegetal + metanol) într-un timp scurt (spre deosebire de soluția prezentată în
brevetul **US 7628828 B2**), fără nevoia de a utiliza substanțe catalizatoare auxiliare (spre
deosebire de soluția prezentată în brevetele **EP 2396391A1**, **US 20130180165 A1**, 37
US 2007/0175092 A1) și fără nevoia de a încălzi volumul de reacție (spre deosebire de
soluția prezentată în brevetul **US 2005/0027137 A1**); 39

- simplitatea remarcabilă a sistemului descris în invenția de față (spre deosebire de 41
soluția prezentată în brevetele **WO 2007/062276 A2** și **US 9364770 B2**) în care reacția
implică recircularea amestecului primar (ulei vegetal + metanol) prin incinta de reacție cu
plasmă rece (cerere de brevet nr. **A/00792/27-OCT-2014**) utilizând doar două rezervoare 43
(spre deosebire de soluția prezentată în brevetul **US 2005/0027137 A1** care necesită patru
rezervoare); 45

- combustibilul obținut nu necesită să fie neutralizat înainte de utilizarea lui în 47
motoarele cu aprindere prin compresie (spre deosebire de soluția prezentată în brevetul
US 2007/0175092 A1);

1 - sistemul întreg are dimensiuni reduse, fiind portabil, dar datorită posibilității de scalare, poate fi construit și pentru o utilizare de tip comercial sau industrial.

3 Prezentarea pe scurt a desenelor explicative.

Fig. 1, această figură prezintă schema bloc a sistemului portabil pentru obținerea combustibilului biodiesel prin reacție de transesterificare asistată de plasma rece. Notațiile din figură se referă la: 1 - rezervorul superior de amestec primar; 2 - rezervorul inferior de amestec; 3 - celula reactor cu plasmă rece, conform cererii de brevet **A/00792/27-OCT-2014**; 4 - sursa de înaltă tensiune pentru amorsarea descărcării (plasmei) în celula reactor; 5 - circuit principal de comandă; 6 - pompă de recirculare; 7 - pompă de recirculare; 8 - detector de nivel; 8a - semnalul nivelului minim (MIN) al detectorului de nivel 8; 8b - semnalul nivelului maxim (MAX) al detectorului de nivel 8.

Fig. 2, această figură prezintă schema logică a programului înscris în memoria microcontroler-ului utilizat în circuitul principal de comandă, a cărui schema bloc este prezentată de fig. 1.

Fig. 3, această figură prezintă o variantă de prototip realizat al sistemului propus de prezenta invenție. Notațiile din figură se referă la: 1 - rezervorul superior pentru amestecul primar; 2 - rezervorul inferior de ulei; 3 - celula de reacție cu plasmă rece, conform cererii de brevet **A/00792/27-OCT-2014**. 4a - bobina de ieșire a sursei de înaltă tensiune; 4b - sursa de înaltă tensiune (circuit invertor de tip semi-punte); 5 - circuitul principal de comandă al sistemului; 6 - pompă electrică de ulei. A - sursa de alimentare a sistemului.

Fig. 4, această figură prezintă schema bloc a sursei de înaltă tensiune (4).

Fig. 5, această figură prezintă placa de circuit a modulului principal de comandă montată pe șasiul instalației.

Fig. 6, această figură prezintă detectorul de nivel montat pe șasiul instalației.

În continuare se explică pe larg invenția în legătură și cu figurile prezentate mai sus.

Reactorul portabil propus de prezenta invenție permite obținerea rapidă a unui combustibil de tip biodiesel pornind de la un amestec primar de ulei vegetal și metanol, printr-o reacție de transesterificare asistată de plasma rece, fără nevoia de a utiliza substanțe catalizatoare auxiliare.

Un reactor automatizat pentru obținerea combustibilului biodiesel prin metoda convențională de transesterificare a uleiurilor vegetale, este un sistem complex și costisitor datorită modului în care decurge reacția chimică. Astfel, pentru obținerea esterului metilic (combustibilul biodiesel), se utilizează o substanță catalizatoare bazică (sodă caustică, metilat de sodiu) sau mai recent se folosesc catalizatori acizi (acid clorhidric, sulfuric, sulfonic) și catalizatori bazați pe oxizii unor metale ca: titan, staniu, magneziu, zinc. Substanțele catalizatoare enumerate mai sus necesită să fie înlăturate din produșii de reacție, înainte de utilizarea combustibilului în motoare. Catalizatorii alcalini (hidroxid de sodiu, metilat de sodiu) sunt separați din produșii de reacție după procesul de transesterificare, sub formă de glicerat de sodiu și săpunuri de sodiu, aflați în suspensie în faza de glicerol. În secvența de proces se introduce o etapă de neutralizare utilizând soluții apoase de acid clorhidric. Când se lucrează cu hidroxid de sodiu pe post de catalizator, pe lângă reacția principală de transesterificare se produc o serie de reacții auxiliare ce au ca rezultat formarea săpunurilor de sodiu. Aceste săpunuri de sodiu sunt solubile în glicerol și necesită să fie înlăturate prin decantare sub formă de acizi grași.

Cele mai noi cercetări propun utilizarea unor catalizatori complet heterogeni bazați pe amestecul dintre oxid de zinc și aluminiu. În această situație reacția de transesterificare se desfășoară fără consumarea catalizatorului, însă ea funcționează la temperaturi ridicate și necesită un exces de metanol.

Pentru rezolvarea problemelor tehnice menționate mai sus, sistemul portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel propus de prezenta invenție se bazează pe reacția de transesterificare asistată de efectul plasmă reci de înaltă frecvență. Aceasta înseamnă că acțiunea catalizatorilor este înlocuită de ioni, electronii și speciile active de înaltă energie generate în volumul descărcării, care, interacționând cu structurile moleculelor de acid oleic, în prezența moleculelor de metanol, produc reacția de transesterificare. Astfel, secvența complexă de obținere a combustibilului biodiesel prin metoda chimică tradițională, se simplifică considerabil în cazul sistemului propus de prezenta invenție (fig. 1): se elimină necesitatea utilizării substanțelor catalizatoare, astfel etapele de amestecare inițială și apoi neutralizare a produșilor de reacție în final, sunt eliminate. Secvența de obținere a combustibilului de tip biodiesel în cazul reacției de transesterificare asistată de plasma rece se reduce la două etape:

1. Amestecarea inițială a uleiului vegetal cu metanolul, în raport de 3:1 (3 părți ulei vegetal la 1 parte metanol).

2. Recircularea amestecului și trecerea lui prin reactorul cu plasmă rece.

Produceții de reacție obținute cu ajutorul sistemului propus de prezenta invenție nu necesită să fie neutralizate înainte de utilizarea lor în motoarele cu aprindere prin compresie. Datorită simplificării considerabile a secvenței de proces, timpul de obținere a unei cantități de combustibil biodiesel se reduce de la 48 h cât este nevoie în cazul unui reactor chimic convențional, la aproximativ 60 min în cazul sistemului propus de prezenta invenție.

Sistemul portabil (fig. 1) pentru obținerea rapidă a combustibilului de tip biodiesel printr-o reacție de transesterificare asistată de plasma rece, propusă de prezenta invenție, conține două rezervoare de amestec (1, 2) de volum egal, și un sistem de recirculare format din două pompe electrice de ulei (6, 7). Pompele pot fi de orice tip, singura cerință este ca materialul din care sunt confecționate să reziste la acțiunea în timp a uleiului vegetal și a metanolului. Amestecul primar (ulei vegetal + metanol) este pompat de prima pompă de ulei 6 din rezervorul 1 prin reactorul cu plasmă rece 3, unde, sub efectul gravitației, acesta ajunge în rezervorul inferior 2. Detectorul de nivel 8 semnalizează nivelul minim și maxim în rezervorul inferior 2 (fig. 1). Detectorul de nivel poate fi de orice tip, condiția este ca la ieșire să furnizeze un semnal logic (ON/OFF) (ON sau 1 logic la atingerea nivelului superior, iar OFF sau 0 logic la atingerea nivelului inferior) în momentul atingerii nivelului. Semnalele de nivel minim și maxim sunt preluate de circuitul principal de comandă 5 care comandă cele două pompe de recirculare (6, 7) și sursa de înaltă tensiune (4) în funcție de starea celor două nivele. Circuitul principal de comandă 5 este bazat pe un microcontroler. În fig. 2, prezentăm schema logică a programului înscris în memoria microcontroler-ului.

Sursa de înaltă tensiune 4 furnizează la ieșire o tensiune înaltă de 10000...12000 V necesară pentru amorsarea și întreținerea descărcării reci în reactorul cu plasmă 3. Sursa de înaltă tensiune (fig. 4) care a fost utilizată în reactorul prototip descris de prezenta invenție este un circuit invertor de tip semipunte (half-bridge), a cărui schemă electrică și descriere completă se poate găsi în referința (Rom. Journ. Phys., Vol. 57, Nos. 9-10, 1382-1391, 2012), articol publicat de autorii invenției de față.

Exemplu de realizare

Prototipul sistemului portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului de tip biodiesel propus de prezenta invenție a fost realizat conform schemei bloc din fig. 1, utilizând două pompe 6, 7 de amestec primar alimentate la o tensiune de 12 V c.c, având un debit maxim de 2,5 L/min. Amestecul preomogenizat (75% ulei vegetal + 25% metanol), înainte de alimentarea rezervorului 1 al instalației este recirculat cu un debit reglat $d_1 = 1,2$ L/min respectiv $d_2 = 2,5$ L/min. Celula de reacție 3 (fig. 1) a fost construită conform descrierii din

cererea de brevet nr. **A/00792/27-OCT-2014** având aceiași autori. Descrierea sursei de înaltă tensiune a fost detaliată în (Rom. Journ. Phys., Vol. 57, Nos. 9-10, 1382-1391, 2012). Sursa are o putere de ieșire de 250 W, la o frecvență de lucru de 325 kHz, amplitudinea tensiunii de ieșire fiind de maximum 10000 V.

Fig. 3 prezintă imaginea prototipului sistemului portabil realizat. Dimensiunile de gabarit ale instalației sunt 580 mm x 350 mm x 500 mm (L x l x h), greutatea de 15 kg, iar volumul de amestec procesat este de 2 L.

Fig. 2 prezintă schema logică a funcționării programului înscris în memoria microcontrolerului din circuitul principal de comandă 5 (fig. 1).

Pentru sistemul portabil descris în prezenta invenție, numărul de cicluri N s-a determinat în mod experimental, prin observarea vizuală a unor eşantioane de biodiesel produs, urmată de verificarea proprietăților termice ale acestuia prin metode fotopiroelectrice. În cazul de față, $N = 20$ pentru tratarea amestecului primar, la un volum obținut de 2 L de combustibil biodiesel.

Condițiile de avarie notate pe schema logică cu " * " se referă la situațiile în care nivelul amestecului primar din rezervoarele de ulei (1) și (2) (fig. 1) depășește nivelul maxim admisibil. Aceste situații se determină experimental din durata de timp necesară pentru umplerea unui rezervor la un debit măsurat al pompei $d1 = 1,2$ L/min. În cazul depășirii duratei de timp necesară pentru ajungerea amestecului la nivelul maxim, situația se consideră "avarie" și comandă oprirea pompei 1 sau 2 (fig. 1).

Descriem în continuare elementele componente ale sistemului portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel:

Circuitul principal de comandă 5 are rolul de a comanda după o secvență logică funcționarea întregii instalații pentru obținerea combustibilului biodiesel, și anume: acționarea pompelor electrice de recirculare a amestecului, citirea nivelelor amestecului în rezervoarele 1 și 2 prin detectorul de nivel 8, și pornirea sursei de înaltă tensiune 4. Secvența logică de funcționare este prezentată în schema logică din fig. 2. Circuitul principal de comandă este bazat pe un microcontroler de tip PIC16F877 care acționează elementele menționate mai sus (în regim ON/OFF) prin intermediul unor relee comandate cu tranzistoare, respectiv comanda de tip PWM software (modulația factorului de umplere) pentru pompa 6 de recirculare unde este necesar controlul debitului. Comanda electrică a pompei 6 de recirculare se realizează prin intermediul unui circuit integrat driver MOSFET, de tip TC4420 și un tranzistor MOSFET de putere de tip IRF540. Circuitul principal de comandă conține o interfață destinată utilizatorului care este compusă dintr-o tastatură cu 4 butoane și un afișaj alfanumeric cu cristale lichide de 16 x 2 caractere. Fig. 5 prezintă ansamblul circuitului principal de comandă 5 montat pe șasiul sistemului portabil de obținere a combustibilului biodiesel. Detectorul de nivel 8 utilizat în cadrul sistemului portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel este de tipul "paletă rotitoare". Imaginea din fig. 8 prezintă detectorul de nivel 8 montat pe șasiul instalației.

1. Sistem portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit dintr-un reactor (3) vertical cu plasmă situat în amonte de un rezervor (2) destinat produsului de reacție și în aval de un alt rezervor (1) destinat amestecului primar, rezervorul (1) fiind conectat prin intermediul unei pompe (6) de admisie de capacul superior al reactorului (3), capacul inferior al reactorului (3) este conectat cu rezervorul (2) care este în legătură cu un detector (8) de nivel și cu o pompă (7) de recirculare, pompă (7) a cărei ieșire este conectată cu rezervorul (1), sistemul fiind controlat integral prin intermediul unei sistem principal de comandă (5). 3 5 7 9
2. Sistem portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că**, este controlat integral prin intermediul unei sistem principal de comandă (5) care comandă pompa (6) de admisie a amestecului primar, citește nivelul inferior și superior al coloanei de produs de reacție din detectorul (8) de nivel și comandă pompa (7) de recirculare a produsului de reacție și sursa (4) de înaltă tensiune a reactorului (3) într-o succesiune logică. 11 13 15
3. Sistem portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel conform cu revendicările 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, succesiunea logică de comandă realizează admisia amestecului primar cu debit programabil d1 din rezervorul (1) în reactorul (3), produsul parțial de reacție din rezervorul (2) este recirculat un număr de N cicluri, cu debit programabil d2 > d1 de către pompa (7) de recirculare prin rezervorul (1) și pompa (6), în reactorul (3) cu plasmă, până la obținerea produsului final de reacție (biodiesel) în rezervorul (2). 17 19 21 23
4. Sistem portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel conform cu revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, detectorul (8) de nivel este astfel montat încât să măsoare nivelul produsului de reacție din rezervorul (2) și să furnizeze un semnal de avarie digital pentru sistemul principal de comandă (5). 25 27
5. Sistem portabil pentru obținerea rapidă a combustibilului biodiesel conform cu revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, este montat într-o cutie mobilă echipată cu roți cu poziționare unghiulară și blocare, și un cablu de racord la energie electrică care permite deplasarea lui la locul de consum, în timpul producerii de biodiesel. 29 31

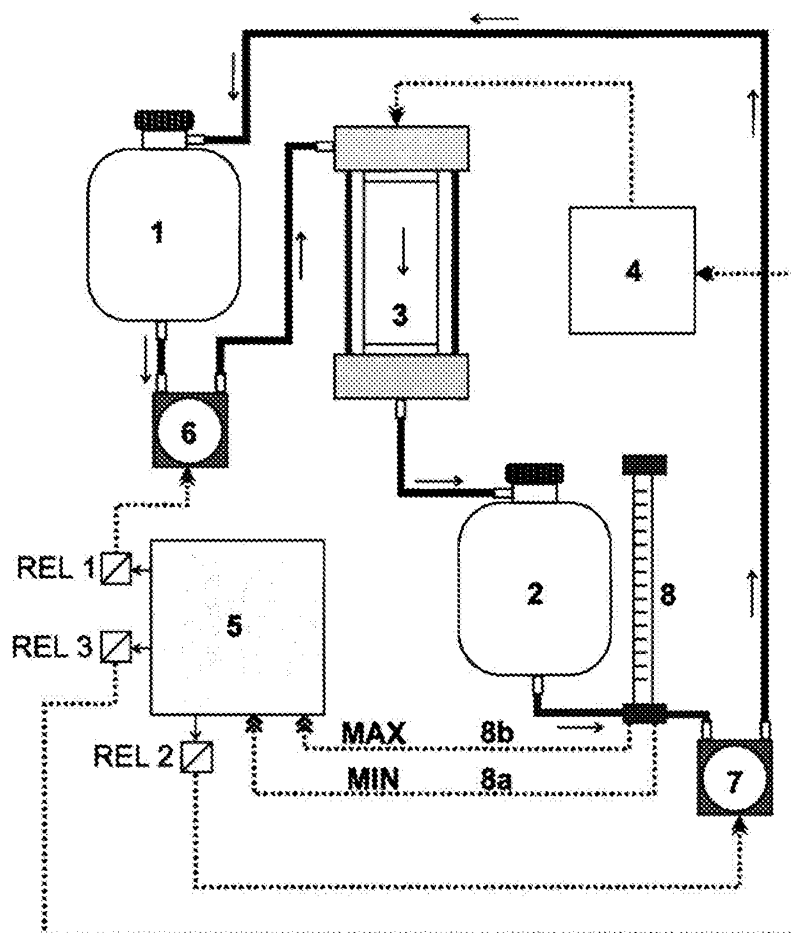


Fig. 1

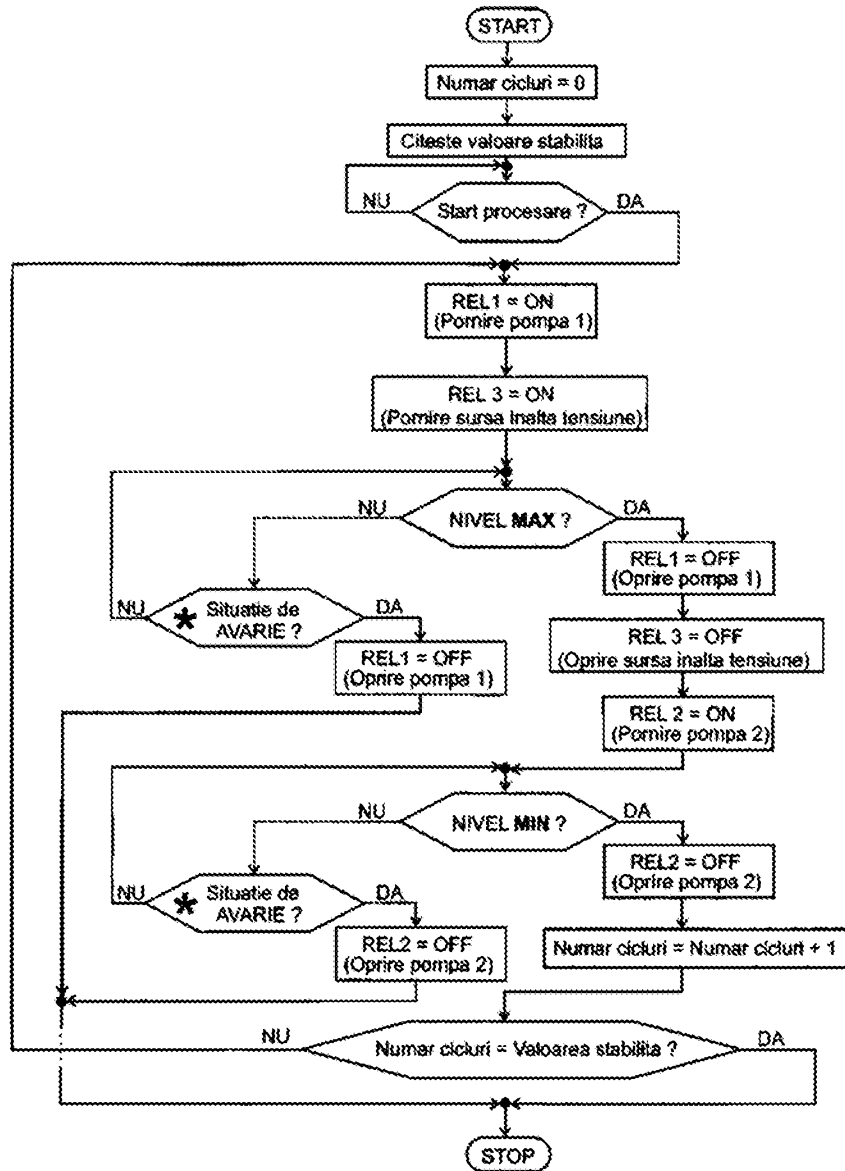


Fig. 2

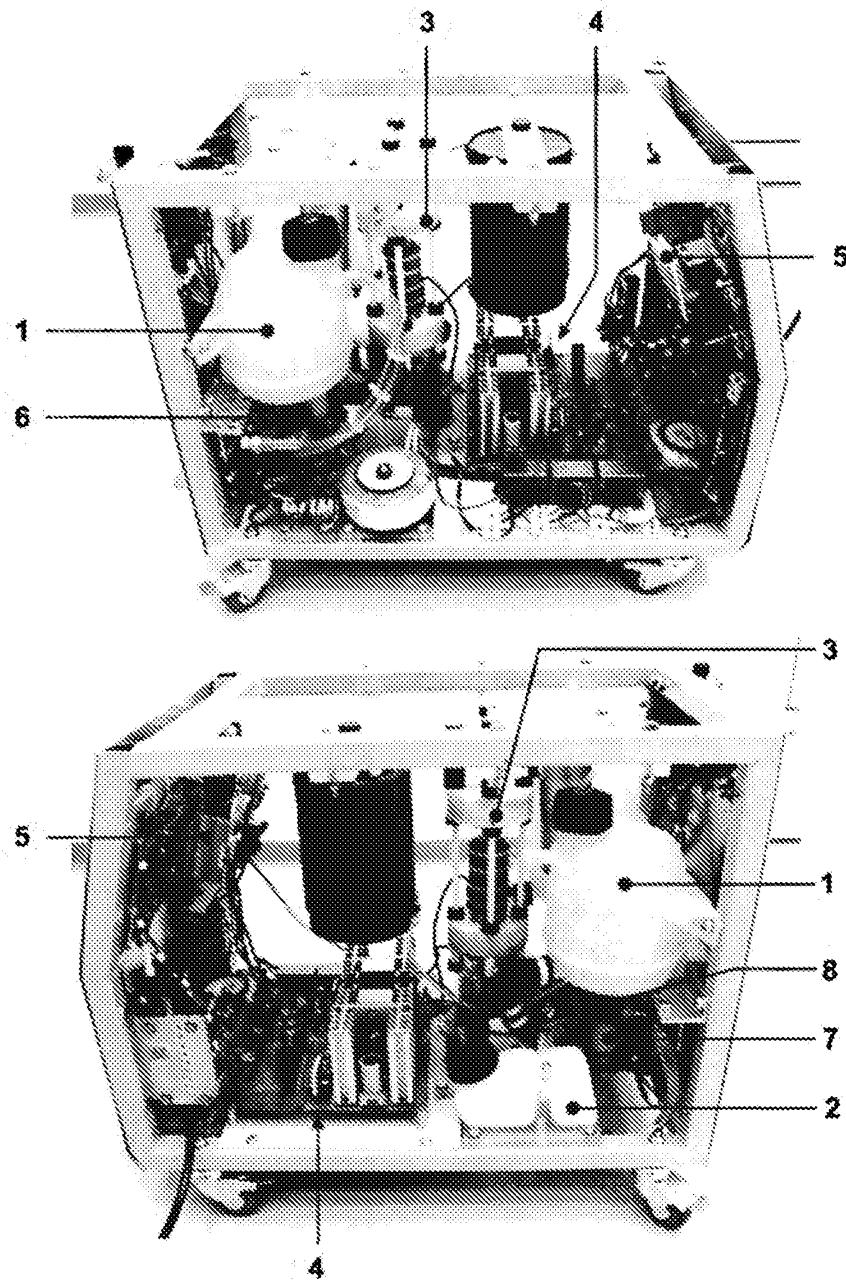


Fig. 3

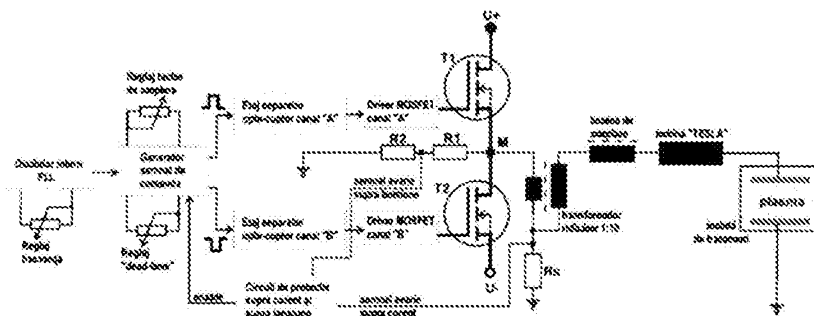


Fig. 4

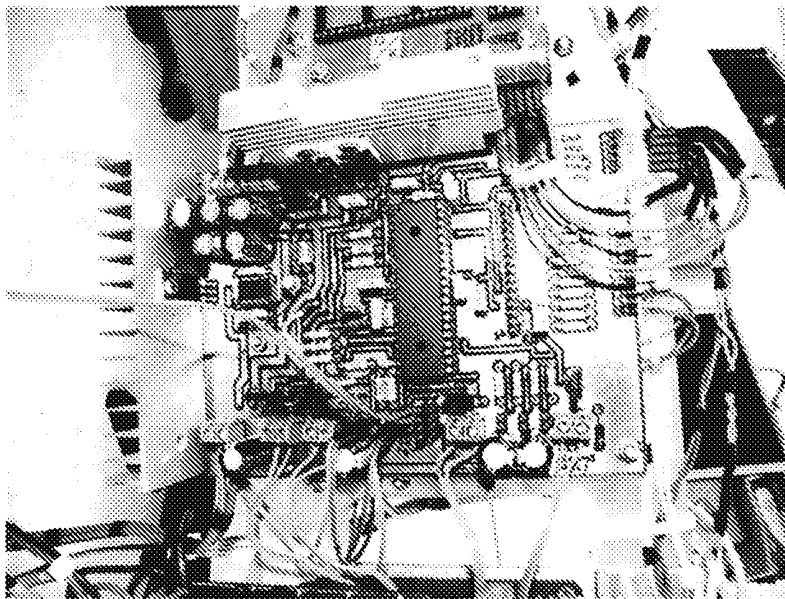


Fig. 5

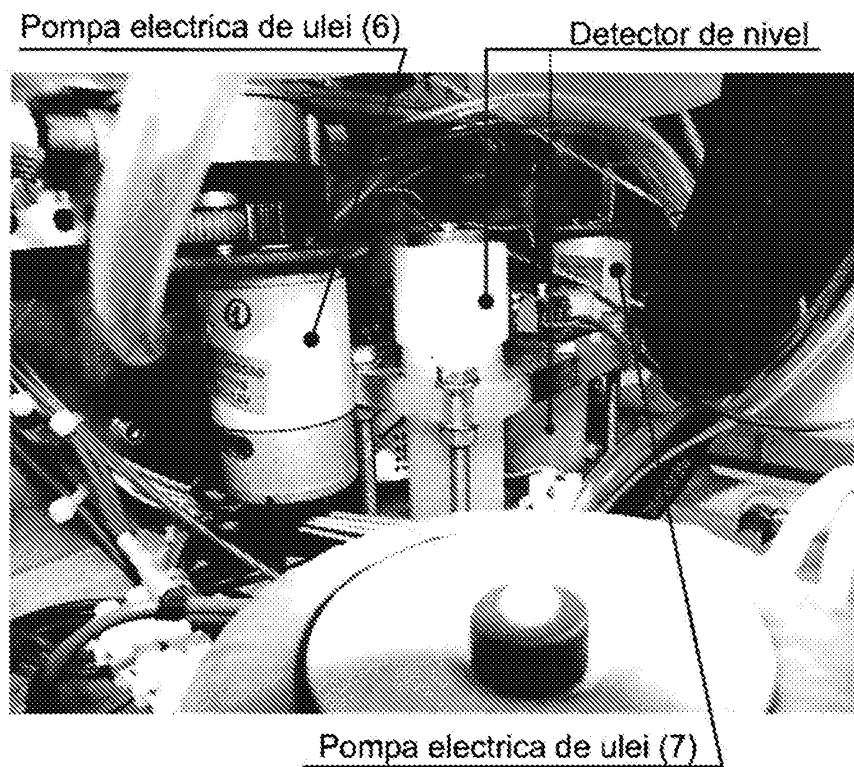


Fig. 6