

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2022 00186
Data depozit	08.10.2020

SISTEM DE LOCALIZARE A FASCICULULUI DE COMBUSTIBIL DEFECT

REVENDICAREA PRIORITĂȚII

[0001] Această cerere revendică prioritatea cererii de brevet provizorii din SUA cu numărul 62/914,158 depusă la 11 octombrie 2019, a cărei dezvăluire este încorporată prin referință în prezentul document.

DOMENIUL TEHNIC

[0002] Invenția dezvăluită în prezenta se referă, în general, la sisteme și procedee de utilizare a acestora pentru detectarea scurgerilor de combustibil în reactoarele nucleare și, mai precis, la sisteme și procedee de utilizare a acestora pentru detectarea scurgerilor de combustibil în reactoarele nucleare de tipul cu fisiune moderată cu apă grea.

STADIUL TEHNICII ÎN DOMENIUL INVENȚIEI

[0003] Sistemele și procedeele cunoscute de detectare a scurgerilor de fluid de la fasciculele de combustibil defecte în reactoarele nucleare de fisiune moderată cu apă grea (cum ar fi un reactor CANDU (CANada Deuterium Uranium) prezentat în Figurile 1A până la 1C) tind să fie ineficiente, consumatoare de timp și costisitoare (de exemplu, câteva reactoare au un sistem de neutroni întârziați, prin care fiecare racord de ieșire are un mic tub de probă, toate acestea fiind adunate într-o cameră de prelevare a probelor, unde detectoarele de neutroni măsoară prezența produselor de fisiune din fiecare tub de probă). După cum se arată în Figurile 1A până la 1C, într-un exemplu de reactor 100, fiecare fascicul de combustibil este introdus într-un tub de presiune al unui canal de combustibil corespunzător 102 de pe partea de fluid primar al reactorului 100 cu ajutorul unei mașini de alimentare 106 existente în reactor. După cum se arată în Figura 1C, mașina de alimentare cu combustibil 106 include o mașină de încărcare 108 și o mașină de acceptare 109, fiecare dintre acestea fiind configurată pentru a interacționa cu un set corespunzător de racorduri de capăt ale canalului de combustibil 103a și, respectiv, 103b, care sunt dispuse la capetele opuse ale pluralității de tuburi de presiune ale canalului de combustibil. După cum se arată în Figura 1C, mașina de încărcare 108 este dispusă pe

partea din amonte a miezului reactorului 101 (ceea ce înseamnă că lichidul de răcire primar curge prin miezul reactorului de la stânga la dreapta (săgeata 107)) și are acces la fiecare tub de presiune al canalului de combustibil 102 prin intermediul unui racord de capăt al canalului de combustibil 103a corespunzător, în timp ce mașina de acceptare 109 este dispusă pe partea din aval a miezului reactorului 101 și are acces la tubul de presiune al canalului de combustibil 102 dorit prin intermediul racordului de capăt al canalului de combustibil 103b corespunzător. Cu toate acestea, se remarcă faptul că, în alte forme de realizare a reactoarelor, mașina de încărcare 108 poate fi dispusă pe partea din aval a miezului de reactor 101, în timp ce mașina de acceptare 109 este dispusă pe partea din amonte a miezului de reactor 101 (pe scurt, reactorul poate fi configurat fie ca "combustibil în flux", fie ca "combustibil împotriva fluxului").

[0004] Prezența produselor de fisiune gazoase în fluidul primar indică faptul că există unul sau mai multe fascicule de combustibil care au cedat. Un procedeu cunoscut de determinare a localizării unui fascicul de combustibil defect include prelevarea de probe primare din capetele principale. Cu toate acestea, există doar două colectoare principale, fiecare dintre ele primind fluxul din jumătatea sa desemnată a canalelor de combustibil 102. Ca atare, detectarea produselor de fisiune gazoase într-unul dintre colectoarele principale nu face decât să restrângă localizarea fasciculului defect la oricare dintre cele 120. A se reține că diferite reactoare CANDU au un număr diferit de canale de combustibil. Ca atare, numărul de canale de combustibil asociate fiecărui colector principal poate varia. În cazul unui alt procedeu, fluxul de fluid primar este monitorizat pentru neutroni care sunt prezenți atunci când particulele se scurg dintr-un fascicul de combustibil. În sistemele de monitorizare a neutronilor, o conductă de purjare poate fi conectată la fiecare canal de combustibil individual 102 și utilizată pentru eșantionarea fluxului de fluid primar care iese din canalul de combustibil 102 respectiv. Apa din fiecare canal de combustibil 102 poate fi eșantionată prin intermediul conductei de purjare a acestuia, care se termină la o matrice de detectare. Acest sistem este complicat din cauza numărului mare de canale de combustibil, fiecare având o conductă de purjare desemnată, și, de asemenea, este foarte costisitor (ceea ce face ca unele modele de reactoare să omită sistemul). De asemenea, capacitatea de a dota ulterior un reactor existent cu un sistem de linie de purjare pentru monitorizarea neutronilor este limitată din

cauza timpului de oprire excesiv de mare necesar pentru instalarea acestuia. În cele din urmă, scanarea conductelor de alimentare include trecerea unui detector printr-o rețea de conducte de alimentare existente care colectează apa care iese din canalul de combustibil într-o conductă colectoare. Prin corelarea poziției detectorului cu conducta de alimentare, se poate deduce adesea locația sursei. Acest proces poate consuma, de asemenea, mult timp și poate fi utilizat numai atunci când un reactor a fost oprit, ca în cazul unei opriri planificate.

[0005] Fasciculele de combustibil tipice au o durată de viață de aproximativ un an în timpul operațiilor normale. Cele mai multe defecțiuni ale fasciculului de combustibil apar atunci când fasciculele de combustibil au fost mutate dintr-o zonă cu radiații ridicate din cadrul reactorului într-o zonă cu radiații mai scăzute pe parcursul duratei de viață utile a fasciculului de combustibil sau viceversa. Fluxul de-a lungul canalului reactorului este mai mic la cele două capete, astfel încât o deplasare poate avea loc în regiunile centrale mai intense sau în afara lor; de asemenea, deplasarea combustibilului într-un canal va perturba canalele adiacente, unde o defecțiune în curs de dezvoltare poate fi agravată. Modificările temperaturilor de funcționare care sunt legate de deplasarea fasciculelor de combustibil pot cauza flexarea și extinderea acestora, provocând o posibilă defecțiune. De asemenea, în cazul în care schimbările de temperatură nu sunt cauza principală a unei defecțiuni, ele pot fi un factor de stres care completează o fisură deja existentă. În cazul în care rata de scurgere nedetectată devine prea mare sau a persistat prea mult timp pentru a acumula emisii inacceptabile și nu poate fi localizată, ar putea fi necesară "de-raționalizarea" reactorului până când unul sau mai multe fascicule de combustibil defecte pot fi localizate. După cum ar fi de așteptat, limitările reduse ale puterii de funcționare a reactorului conduc la creșterea costurilor de exploatare și la imposibilitatea de a atinge puterea de ieșire dorită a reactorului. Un alt motiv pentru a găsi fasciculul mai devreme este faptul că degradarea prelungită a fasciculului ascunde adesea cauza defectului inițial și împiedică luarea de măsuri preventive privind fabricarea combustibilului sau funcționarea reactorului.

[0006] Prin urmare, rămâne cel puțin o nevoie de sisteme și procedee pentru detectarea în timp util a scurgerilor de combustibil în reactoarele nucleare de tip fisiune.

DESCRIEREA PE SCURT A INVENȚIEI

[0007] O formă de realizare a prezentei invenții oferă un sistem de localizare a fasciculului de combustibil defect întrebuințat într-un reactor nuclear de fisiune moderat cu apă grea având o mașină de alimentare cu combustibil, sistemul incluzând un instrument de testare care definește un volum intern, instrumentul de testare fiind configurată pentru a fi primit atât în mașina de alimentare cu combustibil, cât și într-un canal de combustibil corespunzător al reactorului, și un recipient de testare care definește un volum intern, recipientul de testare fiind configurat pentru a fi primit în volumul intern al instrumentului de testare, iar volumul intern al recipientului de testare este configurat pentru a primi fluid primar din reactor atunci când instrumentul de testare este dispus în canalul de combustibil corespunzător al reactorului.

[0008] O altă formă de realizare a prezentei invenții include un procedeu de detectare a scurgerilor de combustibil într-un reactor nuclear de fisiune moderat cu apă grea având o pluralitate de canale de combustibil și o mașină de alimentare, incluzând etapele de furnizare a unui recipient de testare care definește un volum intern, dispunerea recipientului de testare în interiorul mașinii de alimentare, angajarea mașinii de alimentare cu unul dintre canalele de combustibil corespunzătoare, introducerea recipientului de testare în canalul de combustibil corespunzător, aspirarea fluidului primar din canalul de combustibil corespunzător în volumul intern al recipientului de testare și retragerea recipientului de testare din canalul de combustibil.

[0009] Desenele însoțitoare, care sunt încorporate în prezenta specificație și fac parte integrantă din aceasta, ilustrează una sau mai multe forme de realizare a invenției și, împreună cu descrierea, servesc la explicarea principiilor invenției.

SCURTĂ DESCRIERE A DESENELOR

[0010] Invenția va fi acum descrisă mai pe larg în continuare cu referire la desenele alăturate, în care sunt ilustrate unele, dar nu toate, forme de realizare ale invenției. Într-adevăr, această invenție poate fi întruchipată în multe forme diferite și nu ar trebui interpretată ca fiind limitată la formele de realizare prezentate aici; mai degrabă, aceste

forme de realizare sunt furnizate astfel încât această dezvăluire să satisfacă cerințele legale aplicabile.

[0011] Figurile 1A până la 1C sunt diferite vederi ale unui reactor de fisiune moderat cu apă grea și ale penetrațiilor corespunzătoare ale vasului;

[0012] Figura 2 este o vedere schematică a unei mașini de încărcare a reactorului prezentat în Figurile 1A-1C, care primește în ea un instrument de testare printr-un orificiu de acces, cum ar fi un orificiu auxiliar sau de întreținere din zona de întreținere sau de manipulare a fasciculului de combustibil, în conformitate cu o formă de realizare a prezentei dezvăluiri;

[0013] Figurile 3A până la 3E sunt vederi schematice ale instrumentului de testare prezentat în Figura 2 care este introdus în capătul din aval al unui canal de combustibil corespunzător al reactorului pentru prelevarea de probe din lichidul de răcire primar care curge prin acesta;

[0014] Figura 4 este o vedere schematică a mașinii de încărcare (sau a mașinii de acceptare de la racordul capătului din aval) care descarcă un instrument de testare activată în portul auxiliar al reactorului pentru a fi transferată într-o zonă de testare; și

[0015] Figura 5 este o vedere schematică a uneltelor de testare activate care sunt monitorizate pentru fluid primar potențial contaminat.

[0016] Utilizarea repetată a caracterelor de referință în prezenta specificație și în desene are scopul de a reprezenta caracteristici sau elemente identice sau analoge ale invenției în conformitate cu prezenta dezvăluire.

DESCRIEREA FORMELOR DE REALIZARE PREFERATE

[0017] În continuare se va face referire la formele de realizare preferate ale invenției, dintre care unul sau mai multe exemple sunt ilustrate în desenele însoțitoare. Fiecare exemplu este furnizat cu titlu de explicație, nu de limitare a invenției. De fapt, va fi evident pentru specialiștii din domeniu că se pot face modificări și variații în prezenta invenție fără a se abate de la domeniul de aplicare și spiritul acesteia. De exemplu, caracteristicile ilustrate sau descrise ca parte a unei forme de realizare pot fi utilizate la o altă formă de realizare pentru a obține o altă formă de realizare. Astfel, se intenționează ca prezenta

invenție să acopere astfel de modificări și variații care se încadrează în domeniul de aplicare al revendicărilor anexate și al echivalentelor acestora.

[0018] Prezenta dezvăluire se referă la sisteme și proceduri pentru a facilita localizarea unui canal de combustibil în cadrul unui reactor CANDU care conține un fascicul de combustibil defect, în timp ce reactorul rămâne sub tensiune, adică produce energie în condiții normale de funcționare, iar șirurile de combustibil nu sunt deranjate. De asemenea, sistemele și procedurile dezvăluite în prezenta pot fi utilizate și atunci când un reactor a fost oprit sau în timpul unei întreruperi.

[0019] Referindu-ne acum la Figura 2, pentru a iniția eșantionarea fluidului primar, mașina de acceptare 109 a mașinii de alimentare cu combustibil 106 a reactorului este poziționată la portul auxiliar 110 al reactorului și blocată. După cum s-a menționat anterior, faptul că reactorul este cu "combustibil în flux" sau "combustibil împotriva fluxului" va determina dacă mașina de acceptare sau mașina de încărcare se află în partea din aval a reactorului 101. Se instalează suportul de combustibil al portului auxiliar 112, precum și elementul de protecție 114. După ce se asigură că este disponibilă o poziție de magazie goală în mașina de încărcare 108, se îndepărtează elementul de protecție a portului auxiliar. În continuare, un instrument de testare 120, care este de preferință de dimensiuni similare cu un fascicul de combustibil obișnuit, inclusiv un recipient de testare 122 dispus în acesta, este plasat pe elementul 114, asigurându-se în același timp că instrumentul de testare 120 este orientat corespunzător. De preferință, pistonul mașinii de încărcare 108 este utilizat pentru a activa recipientul de testare 122 odată ce recipientul de testare 122 se află în canalul de combustibil dorit, după cum se discută mai detaliat mai jos, ceea ce înseamnă că capătul dorit al instrumentului de testare 120 trebuie să fie poziționat adiacent pistonului 111, astfel încât acesta să poată intra în contact cu pistonul 111 pentru activare atunci când se dorește. În continuare, tubul de încărcare/pistonul 111 al mașinii de încărcare 108 este angajat și blocat pe instrumentul de testare 120. Tubul de încărcare/pistonul 111 al mașinii de încărcare 108 este retras, astfel încât instrumentul de testare 120 să fie depozitat într-o poziție goală din magazia mașinii de încărcare. Tubul/pistonul de încărcare 111 eliberează instrumentul de testare în magazie, se retrage în continuare și permite magaziei să se rotească până la următoarea poziție goală. În exemplul de față, în magazia mașinii de

încărcare 108 pot fi încărcate până la opt instrumente de testare 120, funcție de numărul de probe de canal de combustibil care urmează să fie prelevate. Cu toate acestea, se remarcă faptul că, în alte forme de realizare, magazia poate conține mai puțin sau mai mult de opt instrumente de testare. După ce elementul de protecție a portului auxiliar este înlocuit și mașina de încărcat 108 este dezactivată, mașina de încărcat 108 este deplasată către canalul de combustibil 102 dorit a fi testat.

[0020] Referindu-ne acum la Figurile 3A până la 3E, mașina de încărcare 108 este poziționată adiacent canalului de combustibil țintă 102 și blocată pe racordul de capăt al canalului de combustibil 103 corespunzător (Figura 3A). După ce închizătorul canalului de combustibil 130 și elementul de protecție 132 sunt îndepărtate și depozitate în locațiile de magazie, magazia se rotește până la o locație a instrumentului de testare, tubul/pistonul de încărcare 111 este angrenat cu instrumentul de testare 120 și instrumentul de testare 120 este instalat în canalul de combustibil 102 în același mod în care ar fi făcut-o un purtător de fascicule de combustibil (Figura 3B). În continuare, tubul/pistonul de încărcare 111 al mașinii de încărcare 108 este utilizat pentru a activa recipientul de testare 122 pentru a obține eșantionul de fluid primar din canalul de fluid țintă 102 (Figura 3C). Prelevarea fluidului primar începe numai după activarea prin mișcarea relativă a pistonului și sau a tubului de încărcare. Lichidul primar intră apoi până când volumul interior se egalizează cu presiunea din canalul de combustibil. Presiunea inferioară poate fi a unui gaz pre-presurizat, aer atmosferic sau vid. Odată egalizat cu canalul de combustibil, eliberarea sau mișcarea relativă a tubului de încărcare/pistonului 111 readuce recipientul de testare 122 în configurația închisă etanș. Volumul eșantionului din recipientul de testare 122 poate fi asigurat printr-un mijloc de creștere a volumului intern, de exemplu, un burduf/un acordeon contractat sau strâns poate fi eliberat sau făcut să se extindă în condiții de canal prin mișcări relative ale tubului de încărcare/pistonului 111 sau prin acțiunea lor de eliberare a unui declanșator. Volumul eșantionului din recipientul de testare 122 poate fi: mărit prin acțiunea tubului de încărcare/pistonului 111 care eliberează un declanșator al unui piston cu arc, provocând o retragere a pistonului și ingerarea de apă; obținut printr-un mijloc de deplasare pozitivă în care mișcarea tubului de încărcare/pistonului 111 prinde o extensie a pistonului și atrage apa într-un recipient de tip seringă; și un mediu poros care, odată ce o supapă este deschisă sau o membrană

perforată, lichidul ar fi aspirat/absorbit. Recipientul de testare 122 este, de asemenea, de preferință, autosigilant după obținerea probei primare de lichid. Odată cu proba obținută, tubul de încărcare/pistonul 111 al mașinii de încărcare 108 sunt retrase astfel încât instrumentul de testare 120 și recipientul de testare 122 corespunzător să fie depozitate în poziția dorită în magazia mașinii de încărcare 108 (Figura 3D). După instalarea dopului de protecție 132 și a dispozitivului de închidere a canalului 130, mașina de încărcare 108 este desfăcută de la racordul terminal 103 de ieșire a canalului de combustibil. Etapele de mai sus se repetă la fiecare canal de combustibil țintă 102 până când se obține numărul dorit de probe de fluid primar, magazia mașinii de încărcare 108 putând conține până la opt instrumente de testare 120 și recipientele de testare 122 corespunzătoare (Figura 3E).

[0021] Referindu-ne acum la Figura 4, după ce a fost prelevat numărul dorit de probe de fluid primar, mașina de încărcare 108 se întoarce la portul auxiliar 110 și se blochează în port. La fel ca înainte, suportul de combustibil 112 al portului auxiliar este instalat împreună cu jgheabul elementului de protecție 114 al bușonului de protecție înainte de îndepărtarea bușonului de protecție al portului auxiliar. Suporturile de instrumente 120 sunt avansate pe elementul de protecție 114 în același mod în care ar fi recuperate instrumentele auxiliare. În continuare, fiecare recipient de testare 122 este îndepărtat de pe instrumentul de testare 120 corespunzător până când fiecare recipient de testare 122 activat anterior a fost descărcat. În cazul în care trebuie prelevate probe suplimentare, recipientele de testare 122a goale, neactivate, pot fi încărcate în instrumentele de testare 120 și încărcate în mașina de încărcare 108, așa cum s-a dezvoltat anterior. Odată ce operațiunea de descărcare este finalizată, se instalează elementul de protecție a portului auxiliar și se îndepărtează elementul 114 al portului auxiliar. În cele din urmă, mașina de încărcat 108 este decuplată de la portul auxiliar 110 și poate continua cu alte teste pentru procedurile de alimentare cu combustibil, după cum se dorește. După ce au fost îndepărtate din instrumentele de testare corespunzătoare 120, recipientele de testare activate 122 sunt plasate într-o ladă de transport 140 pentru a fi transferate la o instalație de analiză. După cum se arată în Figura 5, probele de fluid primar din interiorul recipientelor de testare activate 122 sunt mutate într-un laborator pentru a fi analizate de un dispozitiv de detectare 150. A se reține că, probele primare pot fi analizate atât la

instalațiile de la fața locului, cât și în afara acestora. De exemplu, dacă echipamentul de măsurare permite, proba ar putea fi analizată în apropierea portului. După analiză, recipientele de testare 122 pot fi golite și pregătite pentru utilizare ulterioară.

[0022] Sistemul și procedeele de detectare a scurgerilor de combustibil descrise mai sus oferă diverse avantaje față de sistemele și metodologiile de testare cunoscute. De exemplu, primele rezultate ale testării fluidelor pot fi obținute în decurs de 4-6 ore de la începerea operațiunii, iar până la 16 canale de combustibil pot fi testate într-o singură deplasare a mașinii de combustibil. Procedeu descris nu provoacă întreruperi, deoarece poate fi utilizat atunci când reactorul este în funcțiune la putere maximă, fără modificări ale conductelor și fără modificări ale mașinilor de alimentare cu combustibil CANDU actuale. Capacitatea de a determina localizarea scurgerilor mai rapid decât procedeele anterioare permite funcționarea maximă a reactorului și reduce riscul de reducere a producției de energie a reactorului sau de întreruperi. Detectarea timpurie a fasciculelor de combustibil defecte permite, de asemenea, ca potențiala cauză a scurgerilor de combustibil să fie mai ușor de identificat, astfel încât pe durata scurgerilor de combustibil să se producă mai puțină coroziune. Prezentul sistem nu provoacă perturbări ale fizicii combustibilului, deoarece fasciculele de combustibil din interiorul canalelor de combustibil nu sunt manipulate în timpul procesului de testare și nu s-a efectuat o alimentare prematură cu combustibil (nou introdus/neutilizat complet) ca mijloc de a provoca schimbări deductive în detectarea de la stilul de monitorizare a capului de alimentare. Un procedeu folosit în prezent utilizează o logică deductivă care analizează modificarea indicațiilor privind rata de scurgere după schimbări selective ale combustibilului pentru a modifica temperaturile fasciculelor de combustibil din vecinătatea respectivă prin deplasarea fasciculelor dintr-un canal în diferite poziții de flux/temperatură. Un fascicul care prezintă scurgeri în vecinătatea schimbării va crește sau va scădea emisiile de produse de fisiune care se scurg. De obicei, sunt necesare mai multe împingeri pentru a deduce care canal conține scurgerea. Un canal sau o zonă de canale nu poate fi "supraalimentat" într-o perioadă scurtă de timp, deoarece acumularea de combustibil proaspăt într-o zonă va crea o putere excesivă în canalele sau zonele de reactor din jur. Adesea, acest procedeu trebuie să se facă în loturi separate de un timp suficient pentru ca noile fascicule să se dezintegreze; un motiv important pentru care

acest procedeu prelungește timpul de rezidență al fasciculului, mărește emisiile degajate, riscă să agraveze defectele și riscă funcționarea în sub-regim a reactorului. În special, deoarece sistemul descris mai sus include instrumente de testare și recipiente de testare care sunt integrate în mașinile și sistemele de alimentare cu combustibil CANDU existente, sistemul descris poate fi transferat la orice amplasament de reactor CANDU fără a necesita modificări ale acestuia.

[0023] Chiar dacă una sau mai multe forme de realizare preferate ale invenției sunt descrise mai sus, specialiștii în tehnica din domeniu vor înțelege că se pot face diverse modificări și variații în prezenta invenție fără a se abate de la domeniul de aplicare și spiritul acesteia. De exemplu, la unele reactoare, portul auxiliar este o formă de realizare preferată, sau poate fi utilizat un traseu de instrumente care intră prin mașina/portul de combustibil nou și iese prin portul de combustibil uzat. Portul de combustibil uzat din compartimentul de combustibil uzat ar putea fi un mijloc de a prelua recipientele și de a le menține protejate până când sunt introduse în flacoanele pentru transport. La unele reactoare, un port de întreținere sau de scule al mașinii de combustibil ar putea fi utilizat astfel cum este descris portul auxiliar. Alternativ, noul port de combustibil și calea tunelului de combustibil uzat ar putea fi utilizate pentru a prelua recipientele și scula din compartimentul de combustibil uzat. Odată ce recipientul este recuperat, forma de realizare preferată ar fi să se ambaleze recipientul și să fie mutat la un detector de neutroni existent. Alternativ, ar putea fi pus la dispoziție un detector local în/pe portul auxiliar sau în apropierea compartimentului de combustibil uzat pentru a evita transportul. Resetarea unui instrument cu recipientul gol ar putea fi efectuată prin înlocuirea recipientului într-un instrument care este prezentat și returnat la FM. Aceasta ar putea fi realizată prin asigurarea unui stoc de scule și recipiente recondiționate. Cu recondiționarea și returnarea în magazinele locale sau externe. Conținutul recipientelor măsurate ar fi returnat la o cale de recuperare/epurare a apei grele existentă la fața locului sau furnizată în afara acestuia. Se intenționează ca prezenta invenție să acopere astfel de modificări și variații care se încadrează în domeniul de aplicare și în spiritul revendicărilor anexate și al echivalentelor acestora.

REVEDICĂRI

1. Sistem de localizare a fasciculului de combustibil defect pentru utilizare cu un reactor nuclear de fisiune moderat cu apă grea, având o mașină de alimentare cu combustibil, care are în componență

un instrument de testare care definește un volum intern, instrumentul de testare fiind configurat pentru a fi primit atât în mașina de alimentare cu combustibil, cât și într-un canal de combustibil corespunzător al reactorului; și

un recipient de testare care definește un volum intern, recipientul de testare fiind configurat pentru a fi primit în volumul intern al instrumentului de testare, iar volumul intern al recipientului de testare este configurat pentru a primi fluidul primar din reactor atunci când instrumentul de testare este amplasat în canalul de combustibil corespunzător al reactorului.

2. Sistem în conformitate cu revendicarea 1, în care recipientul de testare este configurat pentru a atrage fluidul primar în volumul intern al recipientului de testare prin faptul că volumul intern al recipientului de testare este inițial la o presiune mai mică decât o presiune a fluidului primar.

3. Sistem în conformitate cu revendicarea 2, în care mașina de alimentare cu combustibil are în componență, de asemenea, un piston configurat pentru a activa recipientul de testare astfel încât fluidul primar să fie primit în volumul interior al recipientului de testare.

4. Sistem în conformitate cu revendicarea 3, în care pistonul mașinii de alimentare este configurat atât pentru a introduce cât și pentru a retrage instrumentul de testare din canalul de combustibil corespunzător al reactorului.

5. Sistem în conformitate cu revendicarea 4, în care recipientul de testare are în componență, de asemenea, unul dintre un burduf și un piston configurate pentru a trage lichidul de răcire primar în volumul intern al recipientului de testare.

- 6.** Sistem în conformitate cu revendicarea 1, în care mașina de alimentare cu combustibil are în componență atât o mașină de acceptare, cât și o mașină de încărcare.
- 7.** Procedeu de detectare a scurgerilor de combustibil într-un reactor nuclear de fisiune moderat cu apă grea, care include o pluralitate de canale de combustibil și o mașină de alimentare, care are în componență etapele de:
- asigurarea unui recipient de testare care definește un volum intern;
 - dispunerea recipientului de testare în interiorul mașinii de alimentare cu combustibil;
 - angajarea mașinii de alimentare cu combustibil cu unul dintre canalele de combustibil corespunzătoare;
 - inserarea recipientului de testare în canalul de combustibil corespunzător;
 - extragerea fluidului primar din canalul de combustibil corespunzător în volumul intern al recipientului de testare; și
 - retragerea recipientului de testare din canalul de combustibil.
- 8.** Procedeu în conformitate cu revendicarea 7, cuprinzând în plus etapele de:
- asigurarea unui instrument de testare care definește un volum intern, și
 - așezarea recipientului de testare în volumul intern al instrumentului de testare înainte de a introduce recipientul de testare în mașina de alimentare cu combustibil.
- 9.** Procedeu în conformitate cu revendicarea 7, în care punerea la dispoziție a recipientului de testare are în componență, de asemenea, punerea la dispoziție a recipientului de testare cu un volum intern care se află la o presiune care este mai mică decât o presiune a agentului de răcire primar din cadrul reactorului nuclear de fisiune.
- 10.** Procedeu în conformitate cu revendicarea 7, care are în componență, de asemenea, etapa de funcționare a reactorului nuclear cu fisiune în condiții normale de funcționare pentru producerea de energie atunci când se introduce recipientul de testare în canalul de combustibil corespunzător.

11. Procedeu în conformitate cu revendicarea 7, în care etapa de aspirare a fluidului primar în volumul intern al recipientului de testare are în componență, de asemenea, retragerea unuia dintre un burduf și un piston dispuse în interiorul recipientului de testare.

1/11

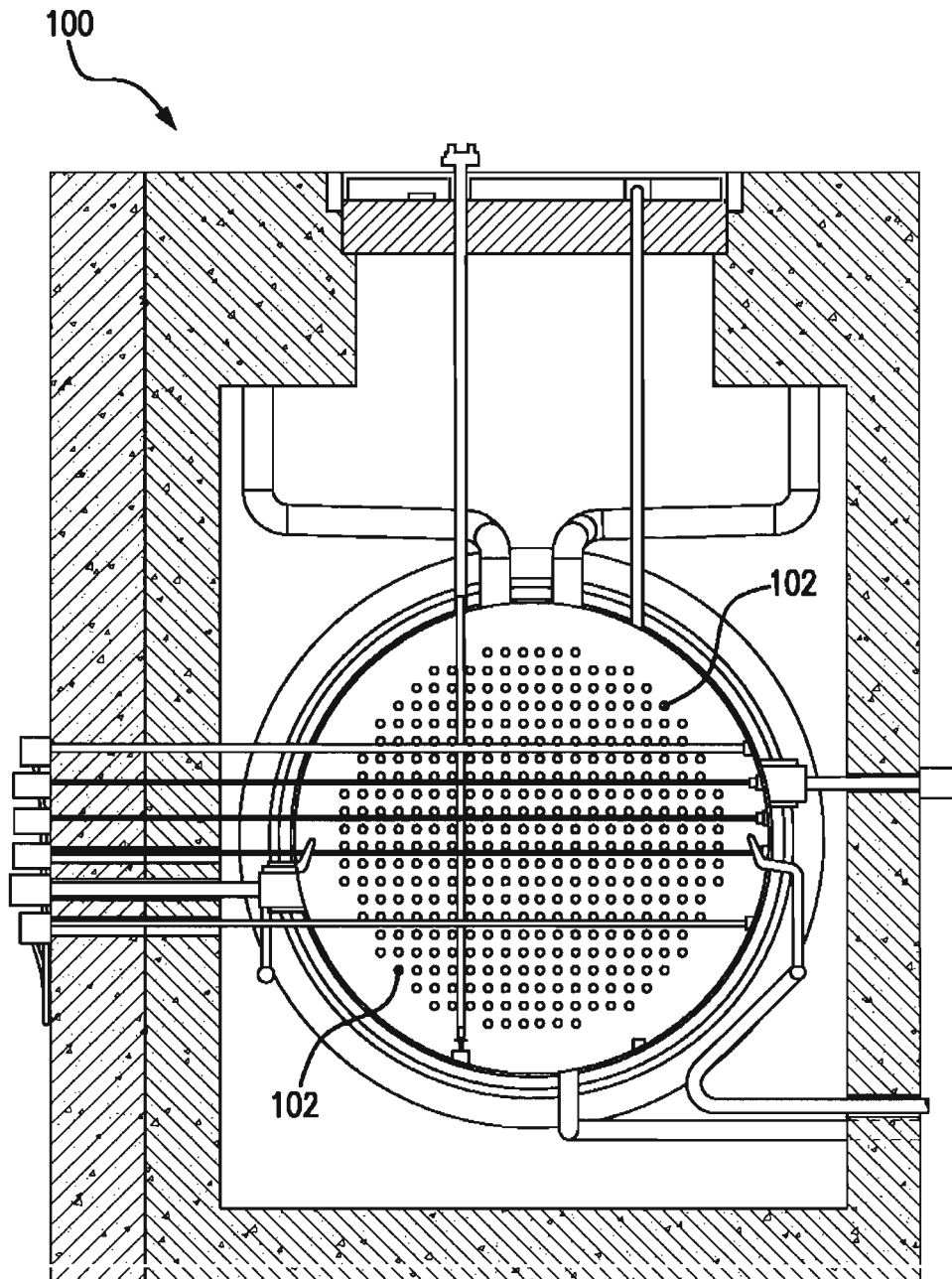


FIG. 1A
(TEHNICA ANTERIOARĂ)

2/11

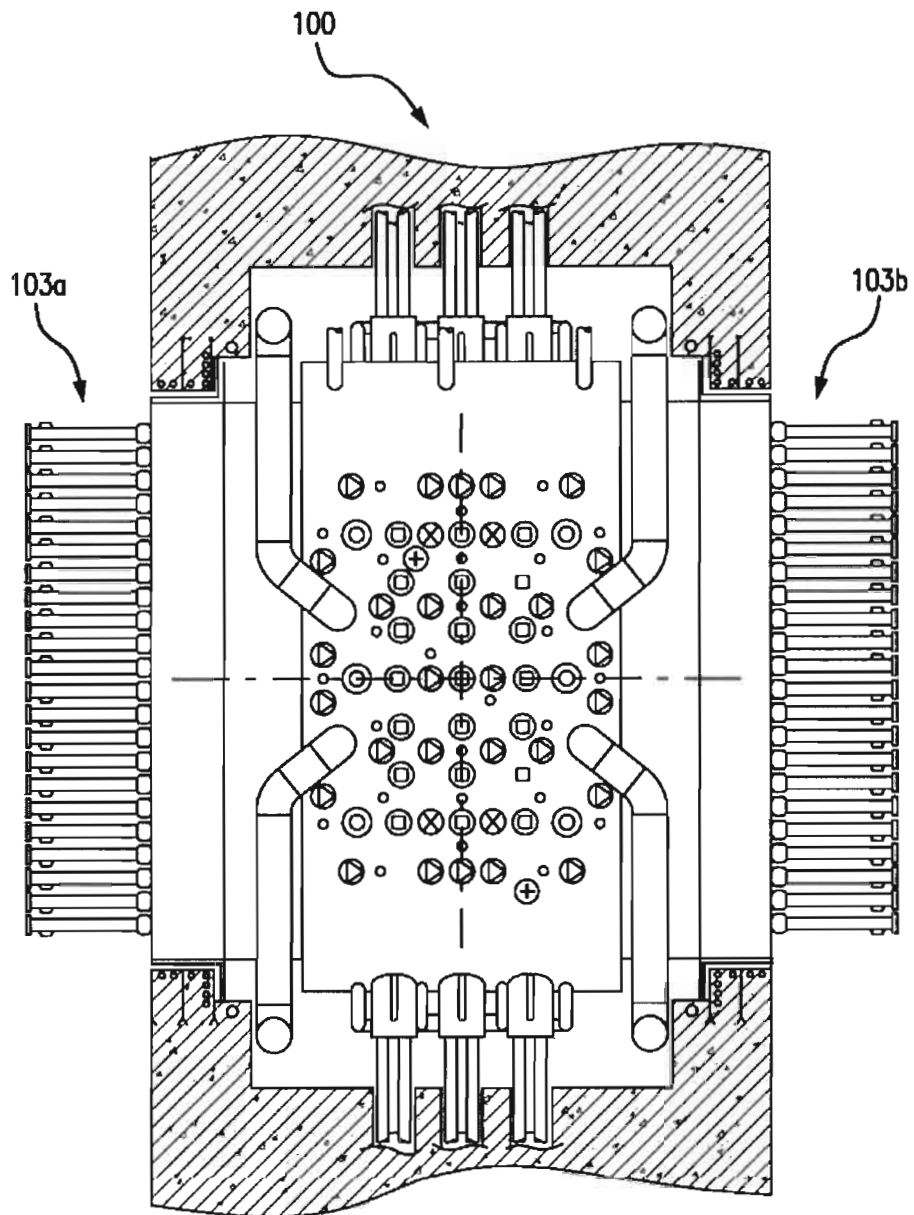


FIG. 1B
(TEHNICA ANTERIOARĂ)

3/11

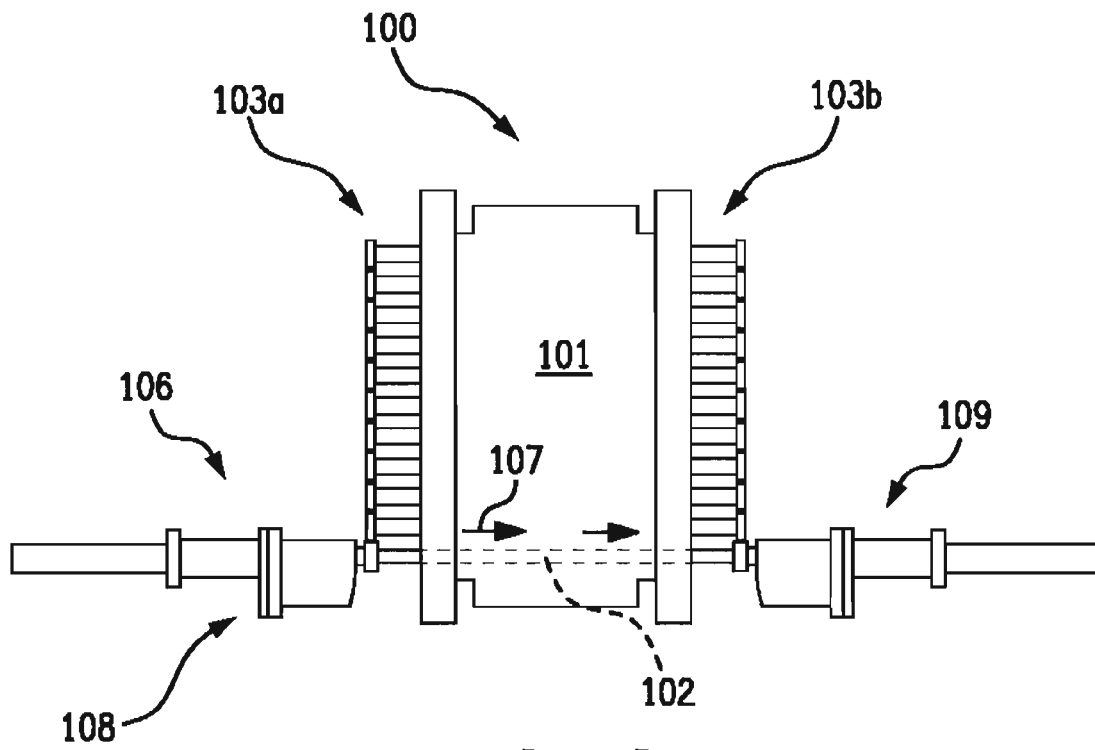


FIG. 1C

(TEHNICA ANTERIOARĂ)

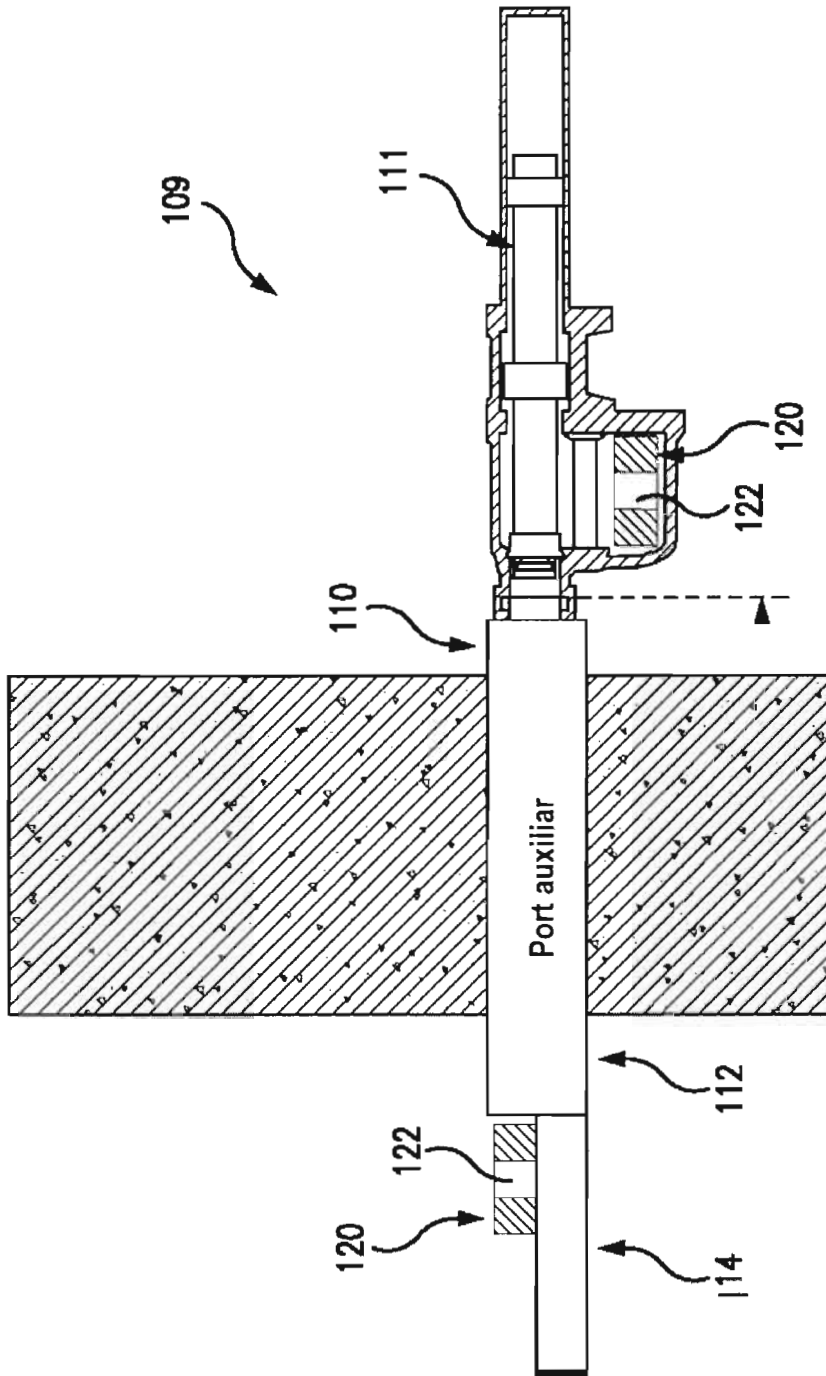


FIG. 2

5/11

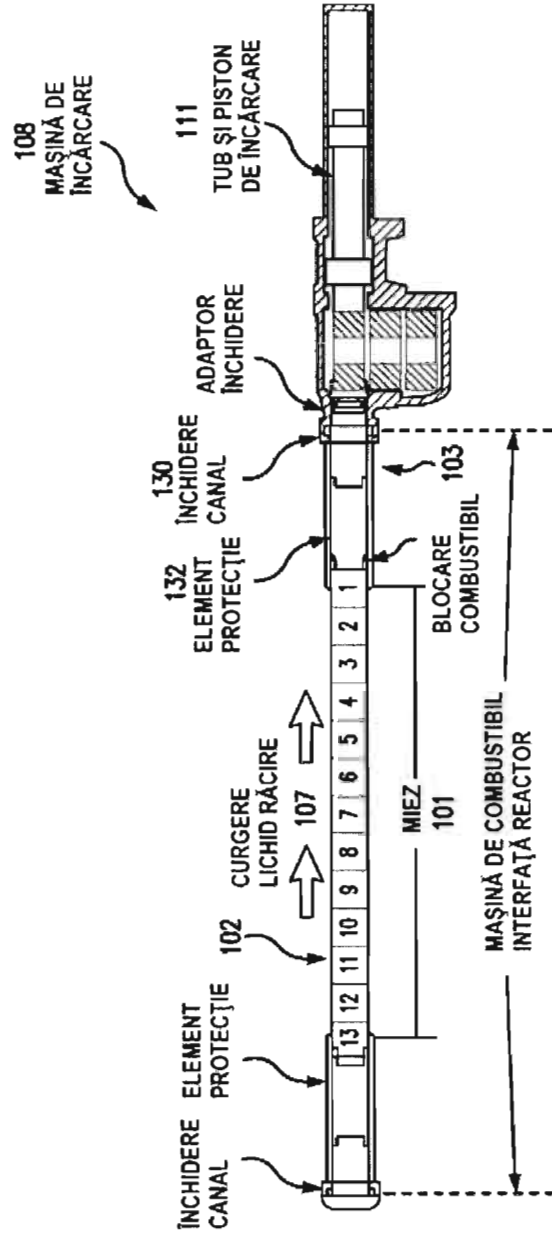


FIG. 3A

6/11

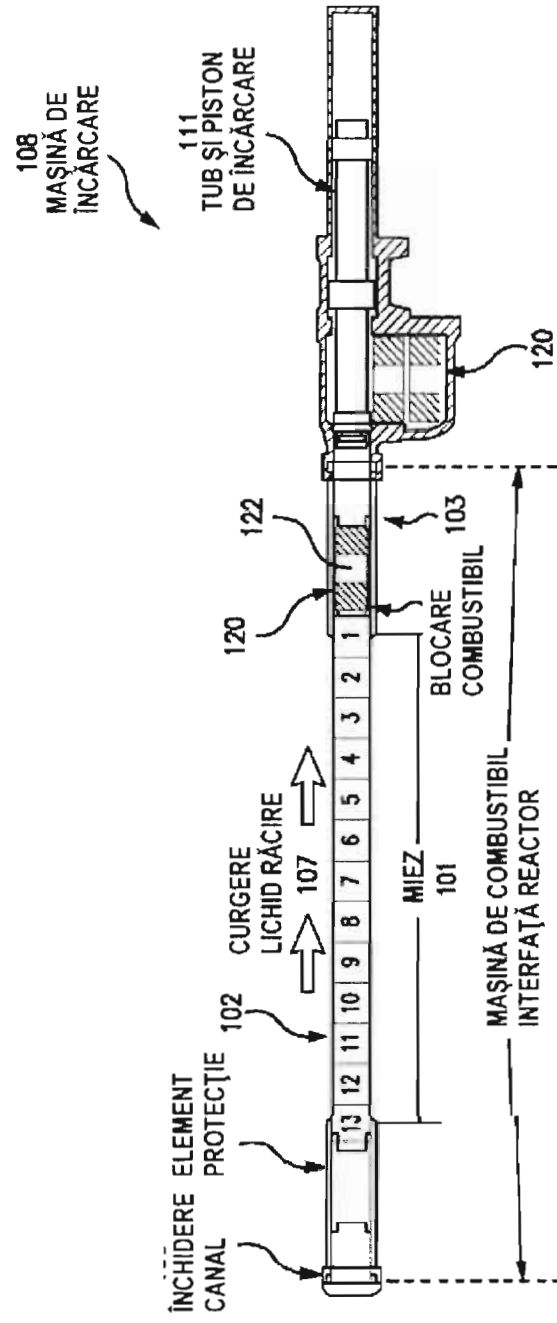


FIG. 3B

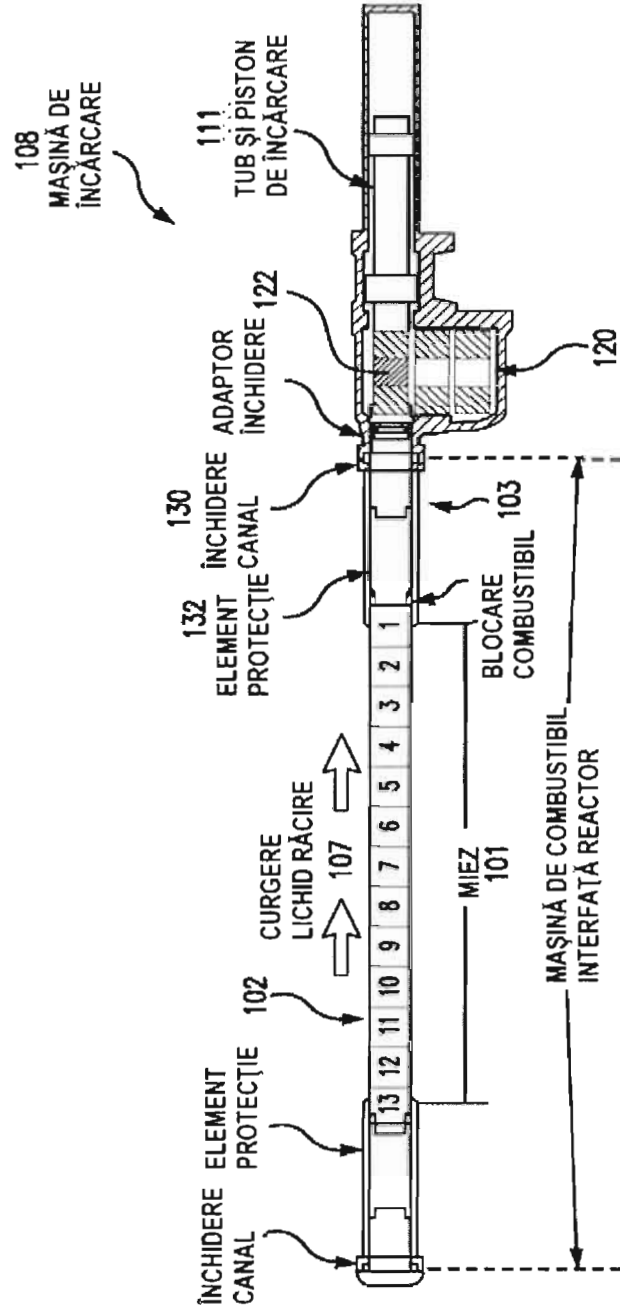


FIG. 3D

9/11

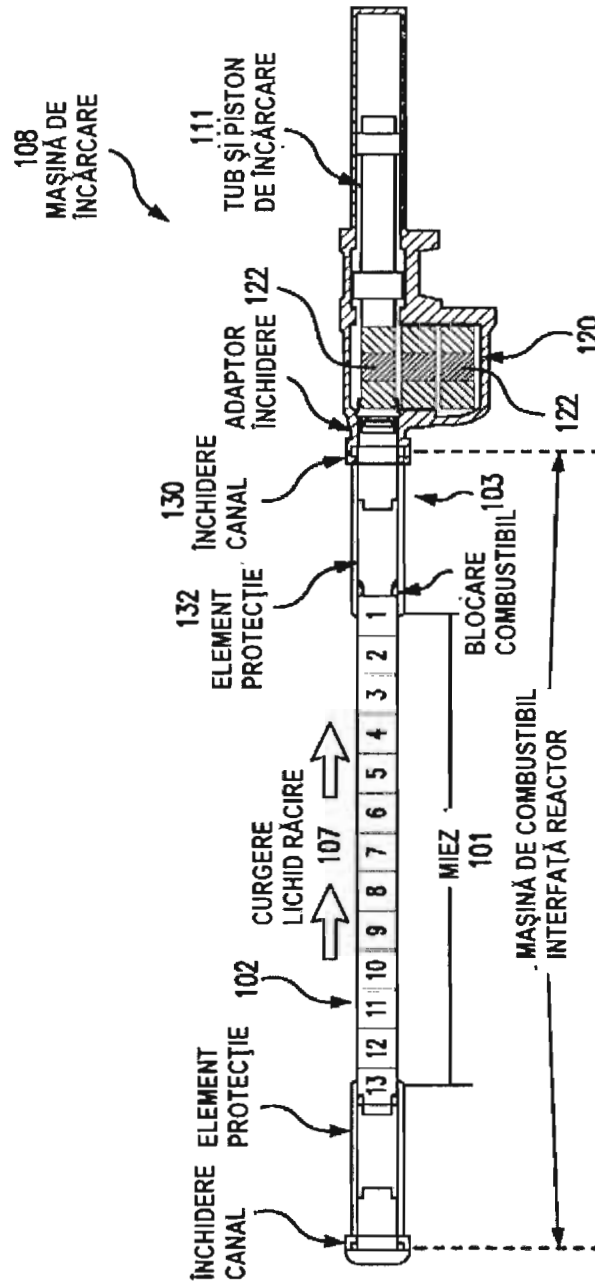
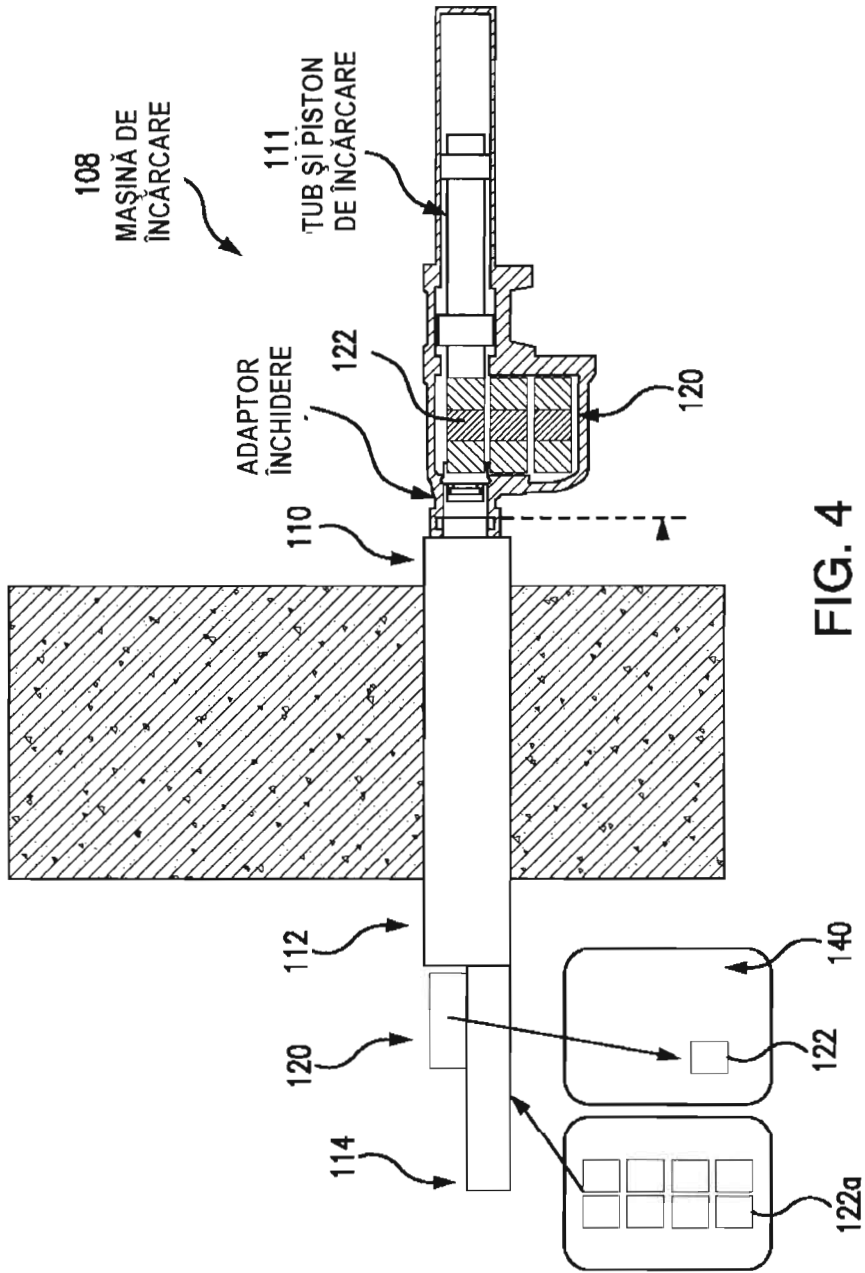


FIG. 3E

10/11



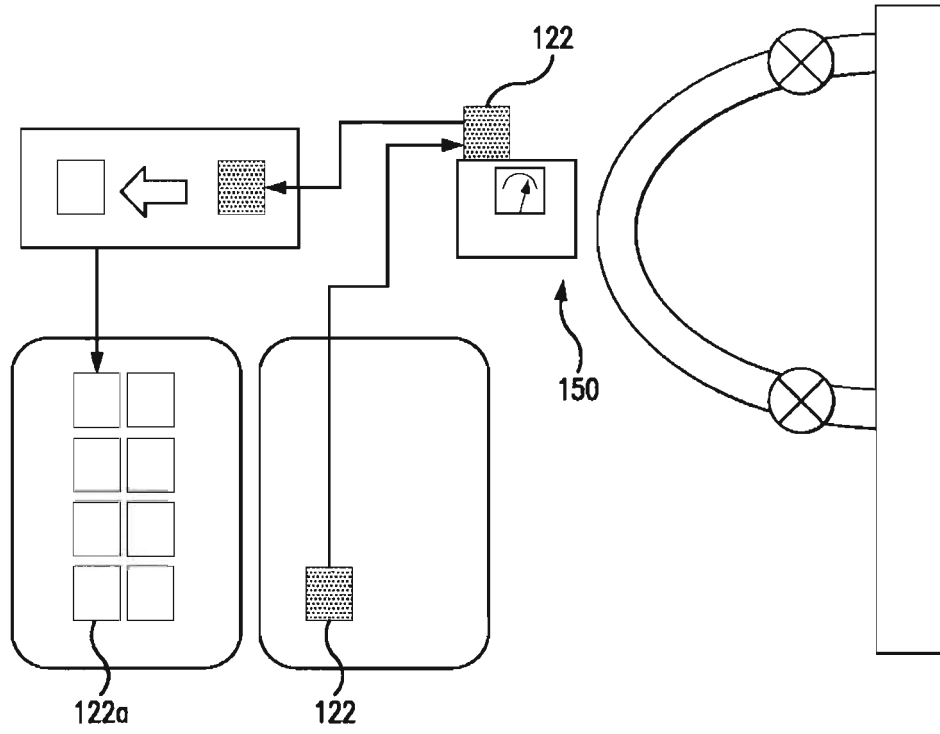


FIG. 5