

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2020 00348**

(22) Data de depozit: **22/06/2020**

(41) Data publicării cererii:
30/12/2021 BOPI nr. **12/2021**

(71) Solicitant:
• **MIHAI CONSTANTIN - GHEORGHE**,
STR.11, NR.323, SAT ROȘIORI,
COMUNA RĂCHIȚI, BT, RO;
• **BĂLĂNICI LAURA - MARIA**,
SAT VLĂDENI, COMUNA VLĂDENI, IS, RO

(72) Inventatori:
• **MIHAI CONSTANTIN - GHEORGHE**,
STR.11, NR.323, SAT ROȘIORI,
COMUNA RĂCHIȚI, BT, RO;
• **BĂLĂNICI LAURA - MARIA**,
SAT VLĂDENI, COMUNA VLĂDENI, IS, RO

(54) CUPLAJ MECANIC INTERMITENT CU ELEMENTE RIGIDE CONTROLAT ELECTRONIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un cuplaj mecanic intermitent cu elemente rigide controlat electronic, utilizat în construcția automobilelor hibride. Cuplajul conform invenției este constituit din două semicuple (1 și 3) primar și secundar, având niște gheare frontale conjugate ca formă și poziție, cu joc torsional între ele, primul semicuple (1) primar este dispus pe un arbore (2) de ieșire din transmisia finală a unui motor termic, liber la translație pe un tronson canelat TC, deplasabil axial pe o cursă limitată, al doilea semicuple (3) secundar, realizat din oțel neferomagnetic fiind dispus liber la rotație față de arborele (2) prin intermediul unor rulmenți (4), cu blocarea axială a acestuia realizată prin intermediul unor inele (5) și a unor limitatoare axiale constructive.

Revendicări: 10
Figuri: 4

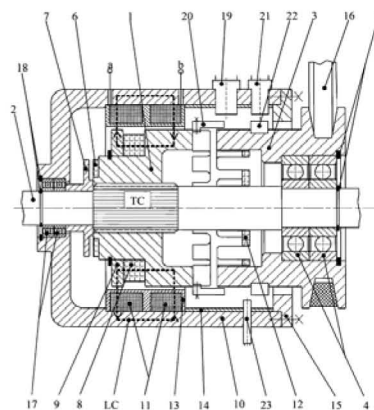


Fig. 1



CUPLAJ MECANIC INTERMITENT CU ELEMENTE RIGIDE CONTROLAT ELECTRONIC

Invenția se referă la un cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, controlat electronic (pentru sincronizare la cuplarea/decuplarea unui semicuplaj mobil), care realizează cuplarea și decuplarea în timpul mișcării de rotație, fără șocuri torsionale, fără alunecare. Acest cuplaj realizează combinarea (compunerea) mișcărilor a două sisteme de acționare (cu motor termic și motor electric), utilizat în construcția automobilelor hibride. Acest cuplaj se mai poate folosi ca sistem automat de blocare a diferențialului în condiții de patinare.

Sunt cunoscute o serie de cuplaje [1] intermitente rigide (cu gheare) și intermitente cu alunecare (cu elemente de fricțiune, de tip ambreiaj). Aceste tipuri de cuplaje prezintă dezavantaje majore. Cuplajele intermitente rigide nu pot realiza cuplarea a doi arbori cu turații diferite decât eventual cu tolerarea unor șocuri torsionale puternice în timpul cuplării (uneori de avarie funcțională). Cuplajele intermitente cu alunecare realizează cuplare fără șocuri, dar nu pot transmite momente mari de torsiune datorită apariției alunecării, cu implicații negative asupra uzurii termice și mecanice. Ambele tipuri de cuplaje sunt utilizate în construcția automobilelor clasice și hibride.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este realizarea unui cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, controlat electronic (pentru sincronizare la cuplarea/decuplarea unui semicuplaj mobil), care realizează cuplare/decuplare fără șocuri torsionale, fără alunecare, folosit în construcția automobilelor hibride pentru combinarea (compunerea) mișcărilor de rotație provenite din două sisteme de acționare diferite (de exemplu motor termic și motor electric), care pot lucra simultan sau separat.

Cuplajul conform invenției se plasează la nivelul transmisiei finale a motorului termic (TFMT) și permite dubla acționare a autovehiculului, cu motor termic sau/și electric sau la nivelul diferențialului, permițând blocarea comandată în condiții de patinare.

Cuplajul conform invenției este format din două semicuplaje cu gheare frontale. Un semicuplaj (primar) este blocat la mișcarea de rotație și liber la translație datorită unui tronson canelat de pe arbore iar celalalt semicuplaj (secundar) nedeplasabil axial este plasat pe lagăre de rostogolire. Semicuplajul primar (SP) este deplasabil axial în scopul cuplării cu semicuplajul secundar (SS) pe cale electromagnetică, având în acest scop un magnet permanent (de tip coroană cilindrică) cu polarizare axială și două tronsoane de dirijare/concentrare radială a câmpului magnetic. În întrefierul dintre semicuplajul primar și o carcasă feromagnetică se plasează o bobină cu două tronsoane, care alimentată electric, produce prin interacțiunea câmp magnetic-curent, deplasarea semicuplajului în sensul cuplării respectiv al decuplării cu cuplajul secundar în funcție de polaritatea tensiunii de alimentare a bobinei (se generează forța Lorentz de acționare, realizându-se funcțiile unui actuator liniar cu cursă fixă). Semicuplajul secundar este antrenat de către motorul electric printr-o transmisie (cu lanț, curea, roți dințate, etc.). Bobina de acționare a semicuplajului primar se alimentează doar pe perioada cuplării/decuplării, menținerea acestuia în poziția axială se face prin intermediul unor magneți permanenți (NdFeB, Neodyum-Fier-Bor). Menținerea în poziția cuplată se face cu magneți plasați pe semicuplajul secundar (în golurile dintre gheare), menținerea în poziția decuplată se face cu un magnet de tip coroană. Semicuplajul primar este

solidar cu arborele TFMT, și deplasabil față de acesta. Comanda cuplării/decuplării semicuplajului primar se face în condiții de sincronizare cu cuplajul secundar (ghearele de pe SP sunt centrate perfect pe golurile dintre gheare de pe SS, și reciproc, constructiv existând joc radial între gheare). Sincronizarea se realizează electronic, în două etape, cu ajutorul unor senzori de proximitate, fiși, plasați pe o carcasă și a unor came de activare a senzorilor, plasați pe semicuple. Semnalele generate de senzori sunt utilizate în controlul turației/poziției unghiulare a SS (la nivelul motorului electric). Prima etapă a sincronizării presupune -în condițiile comenzii adecvate a motorului electric- obținerea la SS a aceleiași turații cu SP (astfel încât cuplarea să nu se producă cu șoc torsional). A doua etapă a sincronizării presupune -în condițiile comenzii adecvate a motorului electric- realizarea corespondenței axiale dintre ghearele de pe SP cu golurile de pe SS. După sincronizare se poate realiza comanda de cuplare (deplasare axială a SP), situație în care acesta este reținut în poziție cuplată pe cale magnetică. După cuplare (confirmată de către un senzor suplimentar), motorul electric poate fi comandat în sensul unui aport de putere mecanică pozitivă, progresiv, cu anularea jocului torsional (utilizând semnalele de la senzorii de proximitate) și cu realizarea contactului torsional de cuplare (motorul termic și cel electric lucrează în tandem). După cuplare (confirmată de către același senzor suplimentar), motorul electric poate fi comandat în sensul unui aport de putere mecanică negativă, progresiv, cu anularea jocului torsional (utilizând semnalele de la senzorii de proximitate) și cu realizarea contactului torsional de cuplare (motoarele lucrează în tandem, cel electric însă se comportă ca generator, transformă o parte din energia mecanică în energie electrică, stocabilă pentru utilizări ulterioare). În poziția cuplată motorul electric poate fi comandat în regim de funcționare cu aport pozitiv sau negativ de putere mecanică. Pentru decuplare, cu ajutorul senzorilor și pe baza controlului vitezei unghiulare a motorului electric, se recentrează axial ghearele de pe SP cu golurile de pe SS (în limitele jocului torsional), apoi se comandă și se execută decuplarea (prin deplasarea SP). După decuplare motorul electric poate fi oprit liber. Sincronizarea SS cu SP în vederea cuplării se poate face chiar cu SP staționar (la pornirea de pe loc cu tracțiune strict electrică).

Invenția poate fi exploatată industrial în construcția autovehiculelor hibride [2], cu acționare cu motor termic și electric. Invenția permite realizarea unor regimuri de funcționare diversificate cum ar fi: dubla acționare (motor termic și electric), funcționare în regim ecologic total (acționare exclusiv electrică, de exemplu în aglomerări urbane, zone protejate, etc.) sau parțial (porniri cu motor electric și frânări cu recuperare de energie la circulația în orașe). Invenția mai poate fi exploatată în construcția unor sisteme similare cu dublă acționare (de exemplu cu două motoare electrice), în blocarea unui grad de mobilitate la mecanismele diferențiale în scopul optimizării tracțiunii.

Cuplajul mecanic intermitent cu elemente rigide controlat electronic, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- Permite realizarea dublei acționări selectabile a autovehiculului, cumulând avantajele cuplajelor rigide cu ale celor de alunecare (de tip ambreiaj);
- Permite cuplarea/decuplarea indiferent de turații, sens și sarcină;
- Cuplarea/decuplarea se realizează electrodinamic (interacțiune curenț-câmp magnetic) cu menținere magnetică (fără alimentare electrică în poziția cuplată/decuplată);

- Excluce apariția șocurilor torsionale de cuplare, cu eliminarea efectelor distructive asupra durabilității componentelor;
- Elimină pierderile energetice sub formă de căldură și uzură, tipice cuplajelor cu fricțiune;
- Față de cuplajele intermitente cu discuri de fricțiune, transmite momente de torsiune mult mai mari la gabarite radiale comparabile;
- Nu prezintă cerințe speciale de localizare pe lanțul cinematic de acționare a autovehiculului.

Se prezintă în continuare un exemplu de aplicare a invenției în legătură cu figurile 1 și 2 care reprezintă:

- **Figura 1.** Vedere 2D cu secțiune a cuplajului în poziție decuplată.
- **Figura 2.** Vedere 2D cu secțiune a cuplajului în poziție cuplată.
- **Figura 3.** Vedere 3D, asupra semicuplajelor sincronizate, necuplate și a camelor de pe semicuplajul 1 și 3 în proximitatea senzorilor.
- **Figura 4 a)** – Vedere 3D, parțială asupra semicuplajelor cuplate (după sincronizare), cu joc torsional.
- **Figura 4 b)** – Reliefaarea poziției flancurilor în regim de injecție cu putere pozitivă în sistem.
- **Figura 4 c)** – Reliefaarea poziției flancurilor în regim de injecție cu putere negativă în sistem.

Cuplajul conform invenției și figurii 1 este format dintr-un semicuplaj primar (SP) 1, plasat pe un arbore 2, de ieșire din transmisia finală a motorului termic (TFMT), liber la translație pe un tronson canelat (TC), deplasabil axial pe o cursă limitată. Deplasarea se face pentru realizarea cuplării cu un semicuplaj secundar (SS) 3, fabricat din oțel neferomagnetic, plasat liber la rotație față de arborele 2, prin intermediul unor rulmenți 4. Blocarea axială a semicuplajului 3 se face prin intermediul unor inele 5 și a unor limitatoare axiale constructive (unul propriu, celălalt de pe arborele 2). Ambele semicuplaje au gheare frontale conjugate, cu joc torsional între ele. Pe fundul fiecărui gol dintre gheare, pe semicuplajul 3 se plasează câte un magnet permanent 12 (adaptat formei canalului, în formă de sector de coroană cilindrică, cu polarizare axială). Semicuplajul 1 are prevăzut un magnet permanent 6 de tip coroană cilindrică (cu polarizare axială, realizat din NdFeB) care dezvoltă forță de atracție (fără contact fizic) cu o piesă de tip inel 7, din material feromagnetic, asigurându-se menținerea naturală a acestuia în poziția decuplată. Pe semicuplajul 1 se plasează un magnet permanent 8 (de tip coroană cilindrică, realizat din NdFeB, cu polarizare axială) care împreună cu o piesă feromagnetică de tip inel 9, un tronson cilindric de pe semicuplajul 1 (și acesta feromagnetic), și o carcasă 10 realizează concentrarea/dirijarea unui câmp magnetic cu linii de câmp LC, cu sens dependent de poziția polilor magnetului, reprezentat cu titlu de exemplu pe figura 1. În interiorul carcasei 10, în zona întrefierului de concentrare a liniilor de câmp LC se plasează un ansamblu de bobine 11 realizat din două bobine cu același număr de spire, înseriate electric dar bobinate în sensuri contrare, astfel încât ca urmare a alimentării electrice cu o tensiune continuă pe două borne a și b, în bobine să apară curenți egali dar de sensuri contrare. Asocierea curenților cu câmpurile magnetice radiale, de sensuri contrare, localizate în întrefier și care intră/ies radial în bobine (conform figurii 1 într-o bobină a ansamblului de bobine 11 liniile LC intră, în cealaltă bobină liniile ies) și interacțiunea curenți-câmp magnetic generează forță Lorentz de deplasare a semicuplajului către dreapta, ceea ce asigură

cuplarea mecanică cu semicuplajul 3 dacă sunt întrunite condițiile de cuplare. Dacă acestea sunt întrunite (alinierea ghearelor cu golurile de gheare, în limitele jocului torsional), se realizează cuplarea cu limitarea mecanică de contact a cursei semicuplajului 1 către dreapta (vârfurile ghearelor de pe semicuplajul 3 intră în contact cu fundul golurilor dintre gheare de pe semicuplajul 1). În același timp vârfurile ghearelor de pe semicuplajul 1 se plasează în proximitatea axială a magneților 12 de pe semicuplajul 3, dezvoltându-se forță de atracție magnetică (care depinde de spațiul de proximitate) care menține poziția cuplată, alimentarea bobinei 11 putând fi în acest moment întreruptă. Forța Lorentz dezvoltată de interacțiunea curenți-câmp magnetic trebuie să fie suficient de mare pentru a iniția cuplarea cu deplasarea către dreapta, cu învingerea forței de atracție dintre magnetul 6 și piesa 7, a forței de frecare pe zona canelată TC și a forței de inerție asociată accelerației mișcării. Pentru decuplare se folosește aceeași interacțiune curenți-câmp magnetic, dar cu inversarea sensului forței Lorentz prin schimbarea polarității tensiunii de alimentare a bobinei (inversarea curentului), asigurată numai pe durata deplasării. Pentru decuplare, forța Lorentz trebuie să fie suficient de mare pentru a iniția decuplarea (dacă sunt întrunite condițiile de decuplare) cu deplasarea către stânga a semicuplajului 1, învingerea forței de atracție cu magneții 12, a forței de frecare și a celei de inerție. Și la cuplare și la decuplare pe jumătatea a doua a cursei, magneții permanenți favorizează deplasarea: magneții 12 favorizează cuplarea, magnetul 6 favorizează decuplarea. La o structură dată (magneți, bobine, reluctanța circuitului magnetic) forța Lorentz depinde de curentul prin bobină (de tensiunea pe bornele a, b) ca element de reglare a forței. Deoarece timpul de cuplare este foarte scurt, se pot utiliza curenți foarte mari, fără efecte termice distructive în bobine. Deplasarea electromagnetică pentru cuplare/decuplare și menținerea magnetică pe poziție cuplată/decuplată se realizează astfel funcțional pe baza unui actuator electrodinamic liniar, cu cursă fixă și autoblocare pe capete de cursă. Ansamblul de bobine 11 se bobinează pe un suport 13 din material nemetalic și se dispune în carcasa 10 cu ajutorul unui distanțier 14 și a unui element de închidere 15. Pentru a realiza condiții corecte de cuplare/decuplare semicuplajul 3 este realizat din oțel neferomagnetic. Semicuplajul 3 este antrenat mecanic în mișcare de rotație de către motorul electric prin intermediul unei transmisii cu curele, de exemplu printr-o curea trapezoidală 16. Carcasa 10 este plasată pe arborele 2, liberă la rotație pe doi rulmenți 17 și blocată axial cu două inele elastice 18. Pe carcasă se montează senzori de proximitate (de exemplu senzori Hall [3]) destinați controlului/confirmării realizării condițiilor de cuplare/decuplare. Un senzor 19 detectează poziția unghiulară a semicuplajului 1, cu ajutorul unor came 20, echidistante unghiular, plasate pe semicuplaj în zona golurilor dintre gheare, câte una pentru fiecare gol, centrată pe acesta. Senzorul 19 este activat de către camele 20, generând semnal rectangular, periodic la rotirea semicuplajului 1, în ambele poziții ale acestuia (cuplat/decuplat). Un senzor de proximitate 21 detectează poziția unghiulară a semicuplajului 3, cu ajutorul unor came 22, echidistante unghiular, plasate pe semicuplaj în zona ghearelor, câte una pentru fiecare gheară, centrată pe aceasta, generând semnal rectangular la rotația semicuplajului. Un senzor 23 confirmă cuplarea/decuplarea semicuplajelor acționat fiind de camele 20, generând de asemenea semnal rectangular.

În figura 2 se descrie poziția cuplată a semicuplajelor, cu deplasarea către dreapta a semicuplajului 1. Se evidențiază contactul mecanic limitativ pe fundul ghearelor semicuplajului 1 și proximitatea cu magneții 12. Reținerea prin forță magnetică a

semicuplajului 1 în poziție cuplată/decuplată prin magneții 12 respectiv magnetul 6 evită decuplarea/cuplarea accidentală, necomandată.

Realizarea condițiilor de cuplare presupune sincronizarea cuplajelor (coincidența axială a ghearelor cu golurile dintre gheare) realizată mai întâi prin îndeplinirea unei prime condiții: comanda mișcării de rotație a motorului electric (implicit a semicuplajului 3) astfel încât cele două semicuplaje (1 și 3) să realizeze mai întâi aceeași turație (viteză unghiulară), controlată și confirmată prin faptul că semnalele rectangulare furnizate de senzorii 19 și 21 (activați de camele 20 și 22, descrise în figura 3) au perioade riguros egale. A doua etapă (condiție) a sincronizării constă în realizarea coincidenței axiale a ghearelor cu golurile dintre gheare. Pentru aceasta motorul electric rotește suplimentar semicuplajul 3, în sens pozitiv sau negativ față de sensul de rotație, până la coincidența frontală a ghearelor (de pe un semicuplaj) cu golurile dintre gheare (de pe celălalt semicuplaj), cu jocul torsional (gheară-gol) centrat, conform figurii 3. Realizarea acestei etape de sincronizare este controlată și confirmată prin faptul că semnalele rectangulare furnizate de senzorii 19 și 21 (presupuse a avea durate constante ale impulsurilor, dar diferite) sunt riguros în fază (decalajul temporal dintre fronturile crescătoare este egal cu decalajul temporal dintre fronturile descrescătoare). Cu aceasta, fiind îndeplinite condițiile de cuplare se poate comanda deplasarea semicuplajului 1 către dreapta, prin alimentarea temporară, corespunzătoare (ca polaritate a tensiunii pe bornele a și b) a ansamblului de bobine 11. Semicuplajul 1 se deplasează liber, ghearele sale intră în golurile corespunzătoare de pe semicuplajul 3, fără contact fizic între flancuri până la realizarea condiției de limitare axială a cursei (contact gheare-funduri de goluri) conform figurilor 2 și 4 a). Confirmarea realizării cuplării (și întreruperea alimentării bobinelor 11) se face de către senzorul 23 care începe să emită semnal rectangular (camele 20 se deplasează axial odată cu semicuplajul 1, intră în zona de proximitate a senzorului 23, și datorită mișcării de rotație, activează senzorul 23). Începând cu acest moment motorul electric poate fi pus în situația de a furniza putere mecanică pozitivă în sistem în absența oricărui șoc torsional, dacă mai întâi se comandă rotația suplimentară, lentă, progresivă, până la eliminarea jocului dintre flancurile ghearelor semicuplajelor și contactul fizic dintre acestea (aspect evidențiat în figura 4 b)), situație constatată prin decalajul temporal al impulsurilor de pe semnalele rectangulare generate de senzorii 19 și 21, de exemplu prin decalaj nul sau minim posibil al fronturilor descrescătoare. După această etapă poate începe injectarea puterii mecanice pozitive în sistem de către motorul electric (de preferat injectare progresivă, până la atingerea valorii dorite, pentru evitarea șocurilor torsionale). Cu ajutorul semnalelor generate de senzorii 19 și 21 se asigură păstrarea permanentă a unui flux de putere pozitivă de la motorul electric indiferent de regimul de funcționare al TFMT (cu privire la turație). Sistemul TFMT are autoritate asupra sistemului cu motor electric, cu funcționare de tip master-slave, dirijându-i indirect funcționarea prin evoluția turației proprii. Similar, după îndeplinirea condițiilor de cuplare motorul electric poate fi pus în situația de a furniza putere mecanică negativă în sistem (electromotorul se comportă ca generator și frană mecanică, convertește energia mecanică de la TFMT în energie electrică stocabilă) în absența oricărui șoc torsional, dacă mai întâi se comandă rotația suplimentară, lentă, progresivă, până la eliminarea jocului dintre gheare și contactul fizic dintre acestea pe celelalte două flancuri (aspect reliefat în figura 4 c)), situație constatată prin decalajul temporal al impulsurilor de pe semnalele rectangulare ale senzorilor 19 și 21, de exemplu prin decalaj nul sau minim posibil al fronturilor crescătoare. După

această etapă de eliminare a jocului poate începe injectarea puterii mecanice negative (sau de absorbție de putere mecanică pozitivă) în/din sistem de către motorul electric, în scopul frânării cu sau fără recuperare de energie. Cu ajutorul semnalelor generate de senzorii 19 și 21 se asigură păstrarea permanentă a unui flux de putere negativă de la motorul electric indiferent de regimul de funcționare al TFMT (similar, în sistemul master-slave). În stare cuplată electromotorul poate comuta controlat starea de funcționare ca furnizor de putere pozitivă sau negativă dacă anterior fiecărei comutări se compensează jocul torsional dintre flancurile semicuplajelor. În situații speciale (frânare în regim de urgență) electromotorul poate căpăta temporal parțial sau total autoritate asupra sistemului TFMT, acționând independent.

Realizarea condițiilor de decuplare presupune mai întâi anularea oricărui flux de putere (pozitiv sau negativ) furnizat de către motorul electric în sistem, la turația de funcționare impusă de TFMT. Apoi se asigură eliminarea contactului fizic dintre flancurile ghearelor de pe cele două semicuplaje (cu plasarea pe cât posibil a ghearelor în poziții centrate față de goluri, cu jocul torsional gheară-gol centrat, conform figurii 4 a)). Aceasta se realizează prin rotirea suplimentară (în sens pozitiv sau negativ, după caz) a motorului electric și se confirmă prin faza semnalelor rectangulare furnizate de senzorii 19 și 21 (prin apariția unui defazaj nul al impulsurilor, cu același decalaj temporal între fronturile crescătoare și căzătoare de semnal). După îndeplinirea condiției de decuplare se pot alimenta temporar bobinele 11, cu o tensiune pe bornele a, b de polaritate inversă celei folosite la cuplare, producându-se prin interacțiunea curent electric-câmp magnetic, o deplasare către stânga a semicuplajului 1 cu capătul de cursă axial limitat mecanic de către piesa 7 (conform figurii 1). După efectuarea deplasării semicuplajului 1 (a decuplării, confirmată prin dispariția semnalului rectangular furnizat de senzorul 23) acesta este reținut mecanic prin forța axială dezvoltată între magnetul permanent 6 și piesa feromagnetică 7, alimentarea bobinelor nemaifiind necesară.

Bibliografie

- [1] Viorica Constantin, Vasile Palade „Organe de mașini și mecanisme. Vol II. Transmisii mecanice”, Editura Fundației Universitare Dunărea de Jos-Galați, 2005.
- [2] Iqbal Husain „Electric and Hybrid Vehicles. Design Fundamentals. Second Edition”, Editura CRC Press Taylor & Francis Group, 2010.
- [3] Mircea Ivănescu, Dorian Cojocaru, Ilie Diaconu „Introducere în mecatronică” Editura Universitaria Craiova, 2002.

Revendicări

1. Invenția se referă la un cuplaj mecanic intermitent, **caracterizat prin aceea că** este acționat electromagnetic, cu elemente rigide, controlat electronic, folosit în construcția lanțurilor cinematice a automobilelor hibride, format dintr-un semicuplaj primar (SP) 1, plasat pe un arbore 2, de ieșire din transmisia finală a motorului termic (TFMT), liber la translație pe un tronson canelat TC, deplasabil axial pe o cursă limitată, deplasarea făcându-se pentru realizarea cuplării cu un semicuplaj secundar (SS) 3 (realizat din oțel neferomagnetic), plasat liber la rotație față de arborele 2, prin intermediul unor rulmenți 4, cu blocarea axială a acestuia realizată prin intermediul unor inele 5 și a unor limitatoare axiale constructive (unul propriu, celalalt de pe arborele 2), ambele semicuplaje (1 și 3) având gheare frontale conjugate ca formă și poziție, cu joc torsional între ele.
2. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că**, în scopul menținerii în stare cuplată, pe fundul fiecărui gol dintre ghearele de pe semicuplajul 3 se plasează câte un magnet permanent 12 (adaptat formei canalului, ca sector de coroană cilindrică, cu polarizare axială) care (în poziție cuplată) dezvoltă forță de atracție (fără contact fizic, conform figurilor 4 a), b) și c)) cu ghearele semicuplajului 1 (limitarea axială a cursei de cuplare se realizează pe vârful ghearelor semicuplajului 3, conform figurii 4 a), b) și c)), iar în scopul menținerii în poziție decuplată, semicuplajul 1 are dispus un magnet permanent 6 de tip coroană cilindrică (cu polarizare axială) care dezvoltă forță de atracție (fără contact fizic) cu piesa de tip inel 7, din material feromagnetic.
3. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicările 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** pe semicuplajul 1 se plasează un magnet permanent 8 (de tip coroană cilindrică, realizat din NdFeB, cu polarizare axială) care împreună cu o piesă feromagnetică de tip inel 9, un tronson cilindric de pe semicuplajul 1 (și acesta feromagnetic), și o carcasă 10, realizează concentrarea/dirijarea unui câmp magnetic cu linii de câmp LC, cu sens dependent de poziția polilor magnetului, reprezentat cu titlu de exemplu în figura 1.
4. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicarea 3, **caracterizat prin aceea că** în interiorul carcasei 10, în zona întrefierului de concentrare a liniilor de câmp LC se plasează un ansamblu de bobine 11 realizat din două bobine cu același număr de spire, înseriate electric dar bobinate în sensuri contrare, astfel încât ca urmare a alimentării electrice cu o tensiune continuă pe bornele a și b, în bobine să apară curenți egali dar de sensuri contrare, iar asocierea curenților cu câmpurile magnetice radiale (de sensuri contrare, localizate în întrefier și care intră/ies radial în/din bobine și interacțiunea curenți-câmp magnetic) generează forță Lorentz, electrodinamică, de deplasare a semicuplajului 1 către dreapta (ceea ce asigură cuplarea mecanică cu semicuplajul 3, dacă sunt întrunite condițiile de cuplare) sau către stânga (ceea ce asigură decuplarea mecanică cu semicuplajul 3, dacă sunt întrunite condițiile de decuplare).
5. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicarea 4 **caracterizat prin aceea că** dacă condițiile de cuplare sunt întrunite

(alinierea ghearelor de pe un semicuplaj cu golurile de pe celălalt semicuplaj, în limitele jocului torsional), sub efectul forței electrodinamice se realizează cuplarea cu limitarea mecanică de contact a cursei semicuplajului 1 către dreapta (vârfurile ghearelor de pe semicuplajul 3 intră în contact cu fundul golurilor dintre gheare de pe semicuplajul 1, conform figurii 4 a), b) și c)) iar în același timp vârfurile ghearelor de pe semicuplajul 1 se plasează în proximitatea axială a magnetilor 12 de pe semicuplajul 3, dezvoltându-se forță de atracție magnetică (care depinde de distanța de proximitate) care menține poziția cuplată, alimentarea bobinei 11 putând fi în acest moment întreruptă (bobinele sunt folosite -alimentate electric- doar pe perioada deplasării semicuplajului 1).

6. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicarea 5 **caracterizat prin aceea că** pentru cuplare, plecând din poziția decuplată, forța electrodinamică dezvoltată de interacțiunea curenți-câmp magnetic asigură inițierea cuplării cu deplasarea către dreapta a semicuplajului 1, cu învingerea forței de atracție dintre magnetul 6 și piesa 7, a forței de frecare pe zona canelată TC și a forței de inerție asociată accelerației mișcării, și finalizarea deplasării până în poziția de cuplare.
7. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicările 5 și 6 **caracterizat prin aceea că** pentru decuplare, plecând din poziția decuplată, forța electrodinamică dezvoltată de interacțiunea curenți-câmp magnetic asigură inițierea cuplării cu deplasarea către stânga a semicuplajului 1, cu învingerea forței de atracție dintre magnetii 12 și ghearele semicuplajului 1, a forței de frecare pe zona canelată TC și a forței de inerție asociată accelerației mișcării, și finalizarea deplasării până în poziția de decuplare.
8. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicările 1-7 **caracterizat prin aceea că** pentru plasarea în poziție de cuplare, prin rotirea controlată a semicuplajului 3 de către motorul electric, se realizează mai întâi sincronizarea semicuplajelor (situație confirmată prin intermediul defazajului nul al semnalelor rectangulare, periodice, de aceeași frecvență, generate de senzorii 19 și 21, activați de camele 20 și 22) apoi se realizează (prin forță electromagnetică) deplasarea axială a semicuplajului 1 către dreapta (situație confirmată de apariția unui semnal rectangular pe senzorul 23, activat de camele 20, cu formă identică a semnalului generat de senzorul 19).
9. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicările 1-8 **caracterizat prin aceea că** după plasarea în poziția de cuplare se realizează rotirea controlată a semicuplajului 3 față de semicuplajul 1 (de către motorul electric) până la compensarea (anularea) jocului pe un flanc (gheare-gol de gheare) sau pe celălalt (situație confirmată de decalajul temporal -nul sau minim posibil- al fronturilor de semnal -crescătoare sau descrescătoare- generate de senzorii 19 și 21) pentru a asigura condițiile de injecție de putere pozitivă sau negativă (fără șoc mecanic) de către motorul electric în paralel cu TMFT, simultan și aservit funcțional TFMT.
10. Cuplaj mecanic intermitent, acționat electromagnetic, cu elemente rigide, în conformitate cu revendicările 1-7 **caracterizat prin aceea că**, pentru decuplare, se realizează mai întâi anularea fluxului de putere (pozitiv sau negativ) dintre motorul electric și TFMT (anulându-se orice încărcare torsională dintre semicuplaje), urmată de rotirea controlată a

semicuplajului 3 față de semicuplajul 1 (de către motorul electric) până la realizarea unui joc nenul (ideal identic) pe ambele flancuri gheară-gol de gheară (situație confirmată de decalajul temporal nenul -ideal identic- al fronturilor de semnal rectangular, periodic -crescătoare și descrescătoare- generate de senzorii 19 și 21), după care se poate realiza efectiv decuplarea prin deplasare axială către stânga a semicuplajului 1 sub acțiunea forței electrodinamice produsă de alimentarea bobinelor 11 (situație confirmată de dispariția semnalului rectangular generat de senzorul 23, prin ieșirea camelor 20 din zona de activare a acestora).

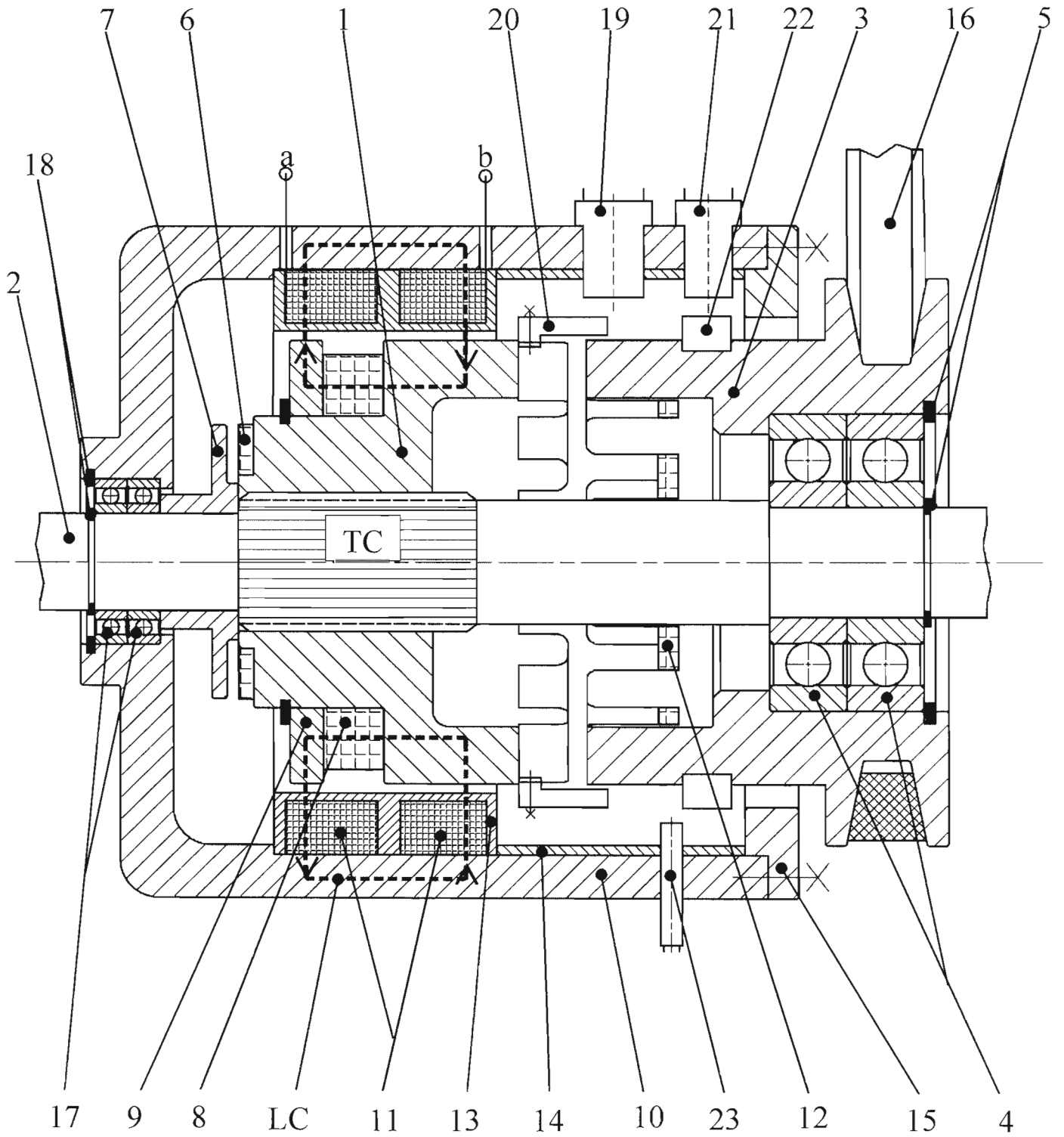


Figura 1. Vedere 2D cu secțiune a cuplajului în poziție decuplată.

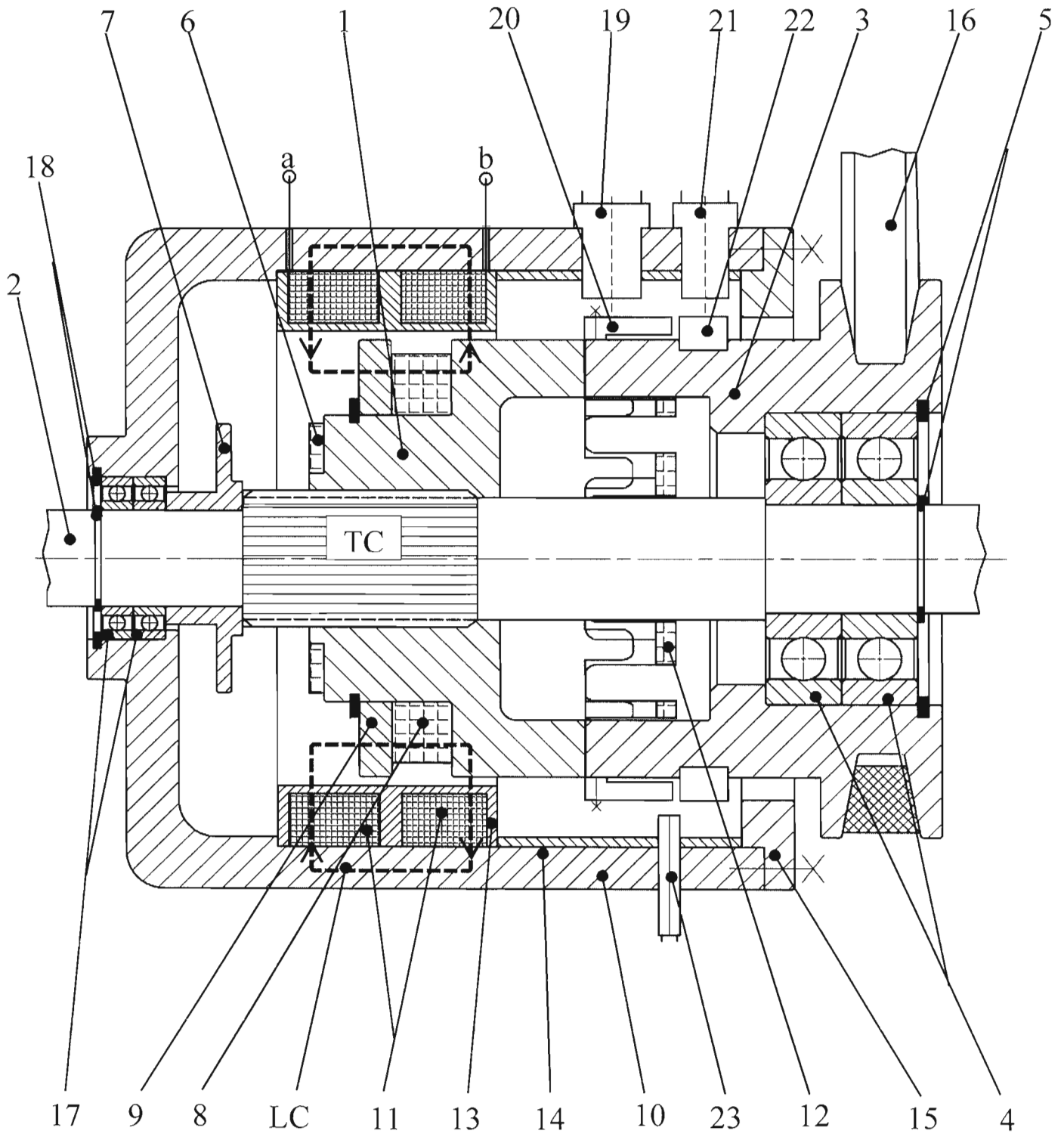


Figura 2. Vedere 2D cu secțiune a cuplajului în poziție cuplată.

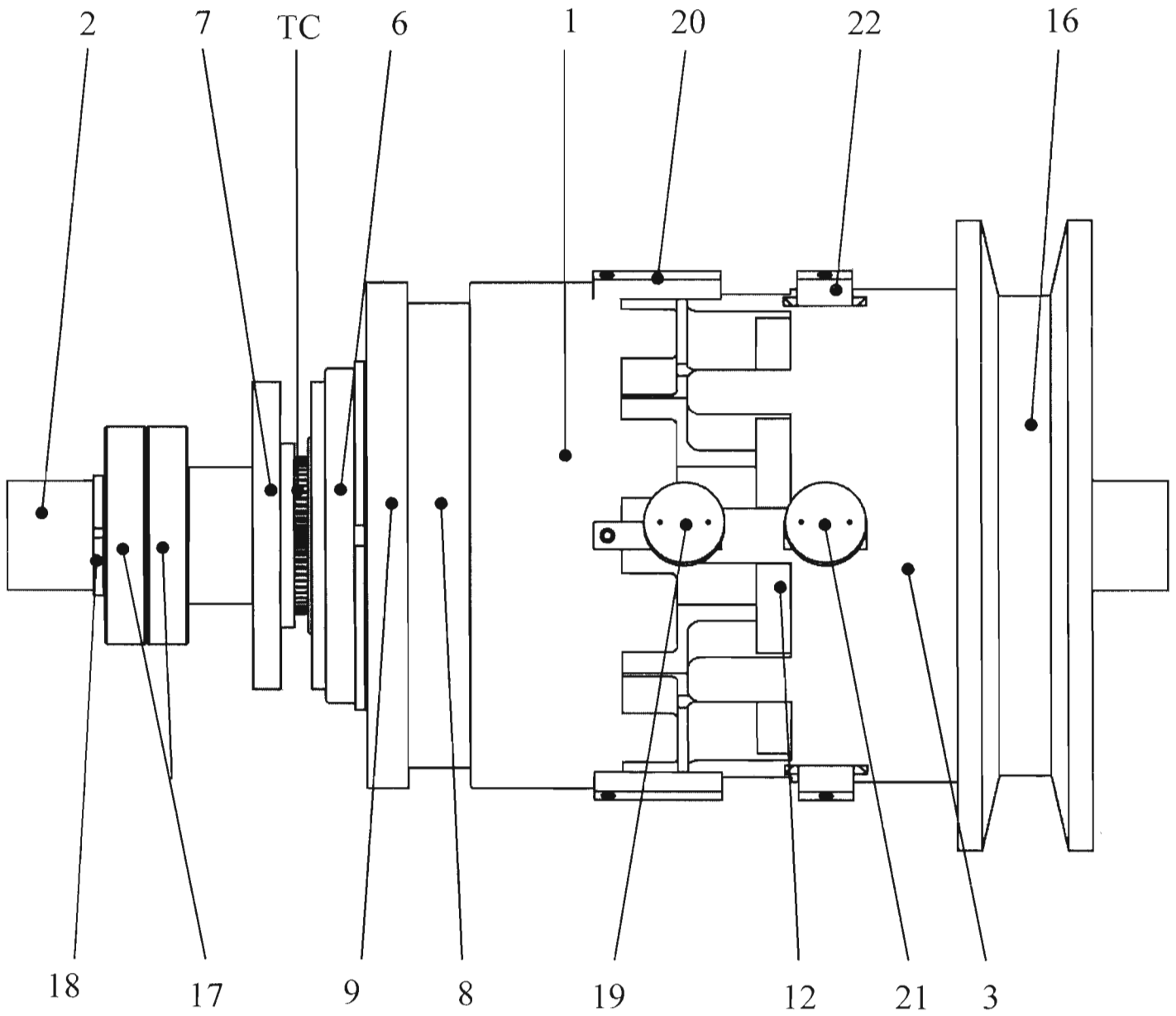


Figura 3. Vedere 3D, asupra semicuplajelor sincronizate, necuplate și a camelor de pe semicuplajul 1 și 3 în proximitatea senzorilor.

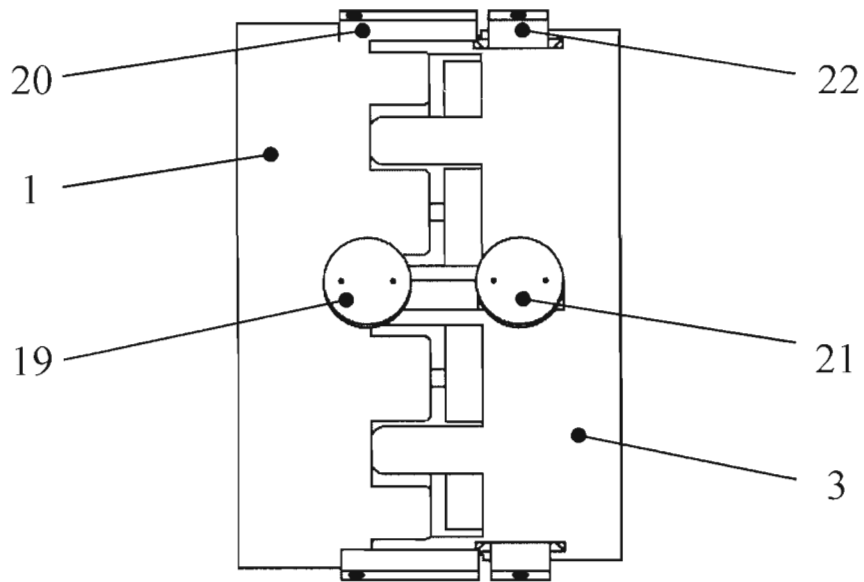
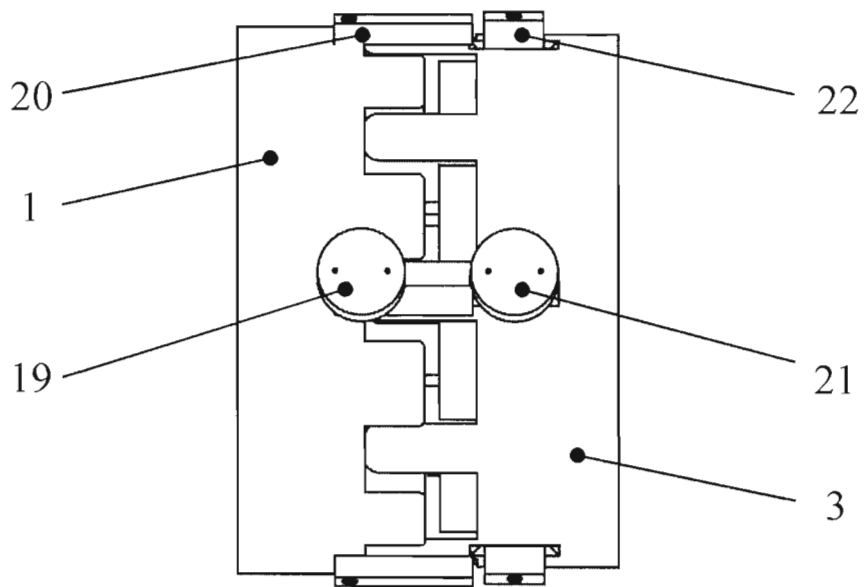
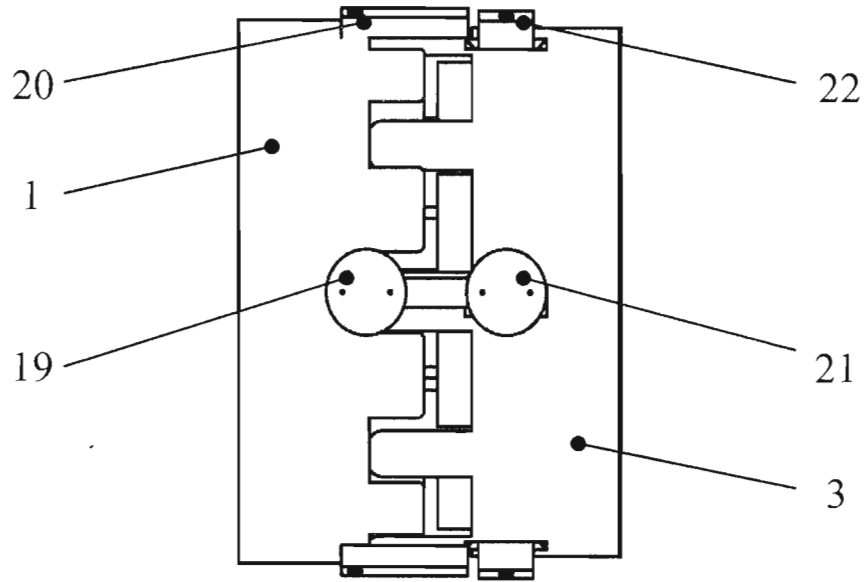


Figura 4 a). Vedere 3D, parțială asupra semicuplajelor cuplate (după sincronizare), cu joc torsional.



b) Reliefarea poziției flancurilor în regim de injecție cu putere pozitivă în sistem.

8



c) Reliefarea poziției flancurilor în regim de injecție cu putere negativă în sistem.