

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00741

(22) Data de depozit: 17/11/2020

(41) Data publicării cererii:  
29/04/2021 BOPi nr. 4/2021

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE  
TURBOMOTOARE - COMOTI,  
BD.IULIU MANIU NR.220 D, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• FRIGIOESCU TIBERIUS FLORIAN,  
SAT ALBEȘTII UNGURENI, NR.582,  
COMUNA ALBEȘTII DE ARGEȘ, AG, RO;

• CONDRUZ MIHAELA RALUCA,  
STR.NĂSĂUD, NR.9, BL.21, SC.1, ET.4,  
AP.50, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;  
• BADEA TEODOR ADRIAN,  
STR.FRUMUȘANI, NR.2, BL.37, SC.B, ET.6,  
AP.92, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• PARASCHIV ALEXANDRU,  
STR.LIBERTĂȚII, NR.5, BL.AC14, SC.B,  
ET.2, AP.19, PLOPENI, PH, RO

(54) APARAT DE ZBOR FĂRĂ PILOT DE TIP QUADCOPTER  
CU ARIPI VARIABLE, MOTORIZARE VECTORIZATĂ  
ȘI METODĂ DE ZBOR LA PUNCT FIX ȘI ÎNAINȚARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un aparat de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi independente și detașabile, cu motorizare vectorială și la o metodă de zbor pentru zborul la punct fix și la înaintare, utilizate în cadrul misiunilor de supraveghere și înregistrare date. Aparatul conform invenției este alcătuit din trei zone (A, B și C), în prima zonă (A) centrală este dispusă o sursă (5) de energie și componente electronice de control, inclusiv o placă (7) de control, a doua zonă (B) poziționată în cele patru cadrane, asigură modificarea unghiului de incidență a unor aripi (12) și a treia zonă (C) dispusă la fiecare capăt al celei de-a doua zone (B) care cuprinde motorizarea vectorială. Metoda de înaintare în zbor a aparatului de zbor fără pilot, de tip quadcopter cu aripi variabile conform invenției constă în înclinarea unui aparat de zbor cu un anumit unghi către direcția frontală, apoi creșterea unghiului de incidență al unor aripi (12) în funcție de viteza de deplasare, rotirea unor motoare (14) frontale și posterioare și reducerea turației la motoare (14).

Revendicări: 4  
Figuri: 6

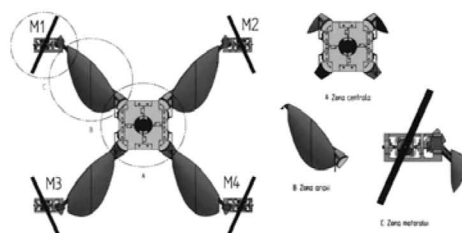


Fig. 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI BREVETE
Cerere de brevet de invenție
Nr. .... a 2020 ee 741 .....
Data depozit .... 17.11.2020 .....

## APARAT DE ZBOR FĂRĂ PILOT DE TIP QUADCOPTER CU ARIPI VARIABILE, MOTORIZARE VECTORIZATĂ ȘI METODĂ DE ZBOR LA PUNCT FIX ȘI ÎNAINȚARE

Invenția se referă la un aparat de zbor fără pilot de tip quadcopter prevăzut cu aripi independente și detașabile, cu motorizare vectorizată și la o metodă de zbor pentru zborul la punct fix și la înaintare pentru a putea beneficia de avantajele aduse de acest concept, acestea fiind destinate domeniului cercetării pentru utilizarea în cadrul misiunilor de supraveghere și înregistrare date.

Sunt cunoscute diverse aparate de zbor fără pilot de tip quadcopter, acestea având ca punct comun un corp central (fuzelaj) ce include componentele vitale (microcontroler, acumulatori, senzori de control), încărcătura utilă, patru picioare de aterizare și patru brațe pe care sunt dispuse motoare cu elice.

În același scop, se cunoaște un aparat de zbor de tip quadcopter, cu decolare și aterizare verticală, conform documentului **WO2014/067224 A1**, care este format dintr-un fuzelaj ce include componentele electronice, patru brațe pe care sunt dispuse patru motoare (câte unul aferent fiecărui braț) ce au la partea superioară elice și la partea inferioară picioare pentru aterizare. Dezavantajul acestui aparat de zbor este dat de faptul că este o structură rigidă, prezintă motoare fixe, iar sustentanța acestuia este dată în întregime de cele patru elice.

Este de asemenea cunoscut un aparat de zbor fără pilot de tip quadcopter, conform documentului **CN 109885072 A**, ce integrează un fuzelaj central cu patru brațe de tip aripă și patru motoare cu patru elice. Dezavantajele acestei invenții sunt reprezentate de faptul că motoarele nu sunt vectorizate, brațele de tip aripă sunt fixe, iar nivelul de sustentanță este același pentru fiecare braț, neputând fi variat independent.

Se cunoaște un aparat de zbor fără pilot tip quadcopter, conform documentului **US2017/361927 A1**, ce este compus dintr-un fuzelaj central, patru brațe pe care sunt dispuse aripi tip flutură la capătul cărora sunt poziționate patru motoare cu elice. Dezavantajele acestui aparat de zbor fără pilot, sunt reprezentate de faptul că la decolarea pe verticală, având aripile predispuse cu coarda aerodinamică pe verticală, influența vântului nu este neglijabilă, vectorizarea motoarelor este limitată, iar pentru zborul la înaintare, aparatul trebuie să se rotească cu aproximativ 90° către direcția de deplasare.

În același scop este cunoscut un vehicul aerian fără pilot de tip quadcopter, conform documentului **CN 108438215 A**, care este alcătuit dintr-un fuzelaj central, la care sunt atașate patru brațe, la capetele cărora sunt montate patru motoare vectorizate cu patru elice ce mențin fuzelajul orizontal pe tot parcursul zborului. Dezavantajele acestui aparat de zbor sunt reprezentate de faptul că sustentanța vehiculului aerian se realizează în întregime prin intermediul celor patru elice, unghiul maxim de vectorizare al motoarelor este în intervalul  $-60^\circ \div +60^\circ$  față de verticală, iar vectorizarea nu este independentă pentru fiecare motor, atât motoarele frontale, cât și cele posterioare fiind conectate printr-un arbore două câte două.

De asemenea, se mai cunoaște un aparat de zbor fără pilot, conform documentului **US 2019/ 0023392 A1**, ce este format dintr-un fuzelaj central, având patru brațe prevăzute cu aripi ce vor realiza o mișcare batantă, fiind antrenate de un motor central. Dezavantajele acestui aparat de zbor sunt reprezentate de faptul că acest concept este dedicat aparatelor de zbor fără pilot de mici dimensiuni, fără o sarcină utilă mare, stabilitatea de zbor este complexă și greu de realizat,

iar brațele cu aripi necesită materiale speciale rezistente la oboseală, acestea fiind supuse la o mișcare batantă.

Dezavantajul principal al acestor aparate de zbor este reprezentat de faptul că forța de sustentație este realizată în întregime de către cele patru motoare electrice, ceea ce conduce la un consum ridicat de energie electrică, reducând astfel autonomia aparatului de zbor. Un alt dezavantaj este reprezentat de metoda de zbor la înaintare, unde viteza maximă este limitată de unghiul de descompunere al forței totale a motoarelor acestea neavând vectorizare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în faptul că este adăugată o forță de sustentație prin introducerea aripilor, forța motoarelor este direcționată către forța de înaintare prin intermediul mecanismului de motorizare vectorizată, crescând astfel autonomia și viteza maximă de zbor a aparatului.

Aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată și elimină dezavantajele enumerate anterior, prin aceea că acesta prezintă patru aripi independente și detașabile, poziționate pe cele patru brațe de susținere ale motoarelor vectorizate, fiecare aripă modificându-și unghiul de incidență cu ajutorul servomotorului aferent, poziționat la nivelul fuzelajului, concept ce aduce o îmbunătățire a autonomiei și o creștere a vitezei maxime de zbor.

Servomotoarele montate pe placa centrală superioară, modifică unghiul de incidență al aripilor în concordanță cu viteza de deplasare și forța de sustentație necesară. Servomotoarele corespunzătoare celor patru motoare, modifică unghiul forței de propulsie generate de rotația elicelor în funcție de viteza de deplasare și nivelul de sustentație obținută de aripi.

Îmbunătățirea autonomiei și creșterea vitezei maxime de zbor sunt asigurate de redirectionarea forței dată de motoare către direcția de deplasare și de prezența aripilor care ajută componenta verticală a forței (sustentația).

Aparatele de zbor tip quadcopter uzuale decolează prin creșterea turației la nivelul celor patru motoare, generând o forță verticală. Pentru deplasarea în aer a aeronavei, se reduce turația la nivelul celor două motoare frontale astfel încât aparatul să fie înclinat către direcția de deplasare cu un anumit unghi. Forța dată de motoare se separă în două componente, o componentă pe direcție orizontală și cealaltă componentă pe direcție verticală, iar unghiul dintre componenta orizontală și forța de propulsie este mai mare de  $45^\circ$ . Dacă acest unghi are valoarea de  $70^\circ$ , atunci componenta verticală și orizontală au valori de 93% și respectiv, 34% din forța totală a motoarelor. Astfel, cea mai mare parte din energia motoarelor este utilizată pentru sustentație și foarte puțină pentru deplasare.

Aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile și motorizare vectorizată, conform invenției, permite decolarea/aterizarea verticală prin metoda clasică de quadcopter, înaintarea acesteia în zbor prin metoda de zbor conform invenției, controlul de la distanță, transportul de sarcină utilă și monitorizarea aeriană. Pentru decolarea/aterizarea verticală, se mărește/reduce turația motoarelor cu aceeași valoare până când se atinge altitudinea dorită sau se atinge solul. Pentru înaintarea aparatului de zbor, odată situat la o anumită altitudine, se va reduce turația celor două motoare frontale, efect ce conduce la o înclinare a acestuia, și implicit, la o descompunere a forței dată de rotația elicelor într-o componentă abundentă de sustentație și una ce va facilita înaintarea aparatului de zbor. Odată cu creșterea vitezei de zbor, microcontroler-ul va acționa unghiurile de incidență ale aripilor prin rotația axurilor servomotoarelor aferente, pentru a crește valoarea portanței fiecărei aripi. Totodată, forța de propulsie se modifică la un unghi cuprins în intervalul  $0^\circ \div 45^\circ$  în raport cu direcția de deplasare

ca urmare a faptului că servomotoarele vor roti motoarele și astfel, forța dată de elice va fi direcționată către direcția de deplasare.

Pentru măsurarea altitudinii este utilizat GPS-ul, iar pentru altitudine mică, măsurarea se realizează printr-un modul ultrasonic ce emite un semnal spre sol și se întoarce către aparat. Microcontroler-ul are ca date de intrare coordonatele GPS preluate din modulul GPS și datele din giroscop necesare pentru menținerea aparatului de zbor în echilibru. Prin prelucrarea datelor de intrare și a comenzilor impuse de utilizator, microcontroler-ul controlează atât servomotoarele aferente aripilor și motoarelor cât și cele patru motoare.

Aparatul de zbor de tip quadcopter este compus dintr-o zonă centrală ce cuprinde acumulatorii electrice, microcontroler-ul cu hat-urile aferente (placă ce se atașează pe microcontroler pentru a extinde numărul de pini și funcții), ESC-urile (Electronic Speed Controller, controlează turația motoarelor), GPS-ul, giroscopul, senzorul ultrasonic și camera video, patru brațe simetrice pe care sunt așezate aripi, patru picioare cu tijă pentru prinderea motoarelor, tijă ce are rolul de a prelua din sarcinile date de motor și de ghidaj pentru cablurile electrice, patru motoare fără perii cu elice și opt servomotoare (patru pentru ghidajul motoarelor și patru pentru unghiul de incidență al aripilor).

Aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile și motorizare vectorizată și metoda de zbor la punct fix și înaintare, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- decolare/aterizare verticală;
- permite transportul unei încărcături utile de capacitate mare;
- motorizare vectorizată;
- autonomie de zbor crescută datorită realizării unei forțe de sustentare generată de aripi și reducerea turației la nivelul celor patru motoare; de asemenea, acest lucru e posibil prin software-ul realizat pentru microcontroler ce acționează cele opt servomotoare astfel încât altitudinea și viteza de deplasare să rămână constante crescând unghiul de incidență al aripilor și redirecționând forța de propulsie către înaintare, reducând astfel turația celor patru motoare;
- viteză maximă de zbor la înaintare mai mare decât la un quadcopter clasic prin concentrarea forței de propulsie a motoarelor către direcția de înaintare;
- manevrabilitate ridicată datorată mobilității independente a fiecărei aripi; atunci când aeronava trebuie să realizeze un anumit viraj, este crescut unghiul de incidență al aripii/ariplilor ce conduce la un moment de rotație al aparatului de zbor mai puternic.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figurile 1-6, care reprezintă:

- fig.1, vedere de sus a aparatului de zbor;
- fig.2, vedere frontală a aparatului de zbor;
- fig.3, vedere de ansamblu a aparatului de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile și motorizare vectorizată,+ Detaliu D, Detaliu E, Detaliu F;
- fig.4, Detaliu F din figura 3;
- fig.5, vederi cu etapele de configurație pentru metoda de zbor la decolare și înaintare;
- fig.6, vederi ale aparatului de zbor în configurația de deplasare.

Aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform invenției, este alcătuit din trei zone principale **A**, **B** și **C** (figurile 1 - 4). Zona **A** este zona centrală a aparatului și este compusă din două plăci, respectiv o placă inferioară **1** și o placă superioară **2** cu dimensiunile 300 x 300 x 20 mm, prinse între ele cu ajutorul a patru elemente de susținere, identice două câte două, respectiv două elemente laterale **3**, un element frontal **4** și un element posterior **4** (elemente ce sunt identice).

În zona centrală **A** sunt montate elementele de energie și control ale aparatului de zbor și încărcătura utilă. Zona centrală **A** conține doi acumulatori **5** de tip 6S LiPo legați în paralel cu o capacitate totală de 32 000 mAh și cu o putere de aproximativ 8.5 kW care poate fi crescută până la 17 kW în funcție de cerințele de zbor ale aparatului (pentru o perioadă scurtă de timp). În zona centrală **A** se regăsește un dispozitiv de emisie/recepție ultrasonic **6** ce determină cu precizie ridicată distanța dintre aparatul de zbor și sol până la maxim 20 metri altitudine. O placă de control **7** preia datele de la un modul GPS **8** prevăzut cu o antenă GPS **9**, de la un giroscop **10** și de la dispozitivul ultrasonic **6** pentru a afla altitudinea, poziția și unghiurile Euler ale aparatului de zbor. Datele înregistrate de la senzori sunt prelucrate și ulterior. Placa de control **7** emite comenzi pentru acționarea a patru servomotoare **11** ce controlează unghiul de incidență al unor aripi **12**, acțiunile a patru servomotoare **13** aferente motoarelor și implicit a celor patru motoare **14**. Legătura electrică a servomotoarelor **13** și a motoarelor **14** cu sursa de energie **5** și cu placa de control **7** se realizează prin cabluri electrice ce traversează niște picioare de aterizare **15** ale aparatului de zbor și niște tije de susținere **16**.

Aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform invenției, este alcătuit dintr-o zonă **B**, zonă ce se regăsește în toate cele patru cadrane ale quadcopterului. Zona **B** este compusă dintr-o baghetă **17** cu diametrul de  $\varnothing 8$  mm ce pornește din placa centrală superioară **2** și se oprește într-o piesă de prindere **18** a suportului motorului. Aripa **12** este atașată peste această baghetă **17** având la extremitățile acesteia câte un distanțier **19** și **20**, astfel încât să nu translateze pe baghetă, iar pe distanțierul **19** este montat un sistem **21** necesar rotației aripii în jurul baghetei **17**. Prin acționarea servomotorului **11** se aplică o rotație transmisă prin elementele de mișcare **22** asupra sistemului **21** ce va roti aripa **12** în jurul baghetei **17**, modificând unghiul de incidență al aripii.

Aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform invenției, este alcătuit dintr-o zonă **C**, zonă ce se regăsește în toate cele patru cadrane ale quadcopter-ului. În această zonă este poziționat motorul **14** cu o putere de 1450 W și 660 kV(13 860 rpm) ce este montat pe o masă de prindere **23**, iar suportul motorului **24** este montat pe piesa de prindere **18**. Prin pornirea motorului **14** se va aplica o rotație unei elice **25**, elice ce va genera o forță de propulsie. Acționarea servomotorului **13** conduce la o rotație transmisă unei bare **26** cu diametrul de  $\varnothing 8$  mm. Legătura dintre servomotor **13** și bara **26** se realizează printr-un sistem **27**. Niște rulmenți **28** sunt atașați pe suportul motorului **24** pentru a oferi o rotație lină a barei **26**. ESC-ul **29** este montat de suportul motorului **24** și controlează rotația motorului **14**. Forma suportului motorului **24** asigură o rotație de 90° către zona frontală a barei **26**, implicit a mesei de prindere **23** cu motorul **14**.

Metoda de zbor implică procedeul și acționarea sistemelor ce alcătuiesc aparatul de zbor, sisteme necesare decolării/aterizării verticale și a înaintării în zbor. Pentru decolarea/aterizarea aparatului de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform invenției, se procedează în mod similar decolării/aterizării unui quadcopter clasic (etapele **I** și **II** din figura 5). Decolarea presupune creșterea rotației la cele patru motoare **14** până când forța de propulsie devine mai mare decât forța de greutate, iar în cazul aterizării, procesul se inversează. În timpul decolării/aterizării, giroscopul **10** transmite impulsuri pe baza cărora se produc mici variații de rotație pentru fiecare motor astfel încât să se mențină stabilitatea aparatului de zbor. Diferențele dintre cele două forțe (de greutate și de propulsie) oferă accelerația pe verticală a aparatului de zbor, iar pentru menținerea la o anumită altitudine, forța de propulsie trebuie să fie egală cu forța de greutate a aparatului de zbor.

Metoda de înaintare în zbor a aparatului de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform invenției, presupune acționarea agregatelor din zonele **A**, **B**, și **C** astfel încât înaintarea să se realizeze beneficiind de avantajul oferit de prezența aripilor. Metoda de înaintare în zbor a aparatului implică următorii pași consecutivi prezentați în figura 5: înclinarea aparatului de zbor cu un anumit unghi către direcția frontală (etapa **III**) (viteza de deplasare începe să crească), creșterea unghiului de incidență al aripilor în funcție de viteza de deplasare (în sistemul de forțe, apare o altă forță de sustentație dată de aripi) (etapa **IV**), rotirea motoarelor frontale și posterioare și reducerea turației la motoare (se echilibrează forțele, altitudinea și viteza de deplasare rămân constante) (etapa **V**). Figura 6 prezintă aparatul de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile într-o configurație de zbor la înaintare, la o anumită altitudine și viteză de deplasare. Configurația prezintă o înclinare de  $15^\circ$  a aparatului de zbor, un unghi de incidență al aripilor frontale de  $25^\circ$  și al aripilor posterioare de  $20^\circ$ , o rotație a motoarelor frontale de  $90^\circ$  și o rotație a motoarelor posterioare de  $45^\circ$ .

## REVENDICĂRI

1. Aparat de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, compus dintr-o zonă (A) ce conține două plăci de susținere, o placă inferioară (1) și o placă superioară (2), ce sunt legate între ele prin niște elemente de susținere (3) și (4) și pe care sunt montați doi acumulatori (5), senzorul ultrasonic (6), giroscopul (10), placa de control (7), GPS-ul (8) conectat la antena acestuia (9), cu patru servomotoare (11) atașate pe placa superioară (2), la care o zonă (B) cu aripa (12) și bagheta (17) și o zonă (C) ce cuprinde motorul (14) cu servomotorul (13), sunt legate în fiecare cadran al zonei (A), **caracterizată prin aceea că din zona (A) pornesc legăturile electrice de la sursa de energie (5) și de la placa de control (7) către motorul (14) și servomotorul (13) prin piciorul de aterizare (15), tija de susținere (16) și piesa de prindere a suportului motorului (18), iar cele patru aripi (12) își pot modifica unghiul de incidență independent una față de cealaltă și sistemul de vectorizare al motoarelor (14) din zona (C) poate direcționa forța de propulsie către direcția de înaintare a aparatului de zbor.**

2. Aparat de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că zona (B) cuprinde o baghetă (17) cu diametrul de 8 mm, atașată de placa centrala superioară (2) la un unghi de 45° față de direcția de deplasare, pe care este montată o aripă (12) cu o suprafață portantă de 663 cm<sup>2</sup>, având o formă proiectată astfel încât profilul aerodinamic să fie paralel cu direcția de deplasare, coarda la nivelul extremităților aripilor având o lungime de 10 cm, iar în centrul aripilor de 30 cm, asigurându-se o suprafață portantă maximă în aceste condiții, ce poate să se rotească în jurul baghetei (17) prin acționarea servomotorului (11) ce realizează o rotație a axului său, rotație preluată de niște elemente de mișcare (22) și transmisă unui sistem (21) ce este corp comun cu aripa (12), modificându-i astfel unghiul de incidență.**

3. Aparat de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că zona (C) cuprinde un suport de motor (24) pe care este atașat un servomotor (13) ce transmite mișcarea de rotație a axului său către o bară (26) cu diametrul de 8 mm printr-un sistem (27), bară ce are ca reazeme doi rulmenți (28) și care menține pe poziție o masă de prindere (23) pe care este montat motorul (14) cu elicea aferentă (25), cu ajutorul acestui sistem complex, motorul (14) se poate roti împreună cu elicea (25) la un unghi cuprins în intervalul 0° ÷ 90° în raport cu bara (26), schimbând astfel direcția forței de propulsie, rezultând într-o motorizare vectorizată.**

4. Metoda de înaintare în zbor a aparatului de zbor fără pilot de tip quadcopter cu aripi variabile, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că în momentul în care aparatul de zbor se află la o anumită altitudine în etapa de menținere la punct fix și se urmărește înaintarea acestuia, aparatul de zbor va fi înclinat către direcția de înaintare la un unghi cuprins în intervalul 0°÷30° (în funcție de accelerația inițială), aripile (12) se rotesc până când unghiul de incidență al acestora atinge valoarea de 0°, viteza de deplasare începe să crească, aripile (12) își cresc independent unghiul de incidență până la 30°, iar motoarele (14) își modifică independent unghiul de rotație până la 90° și turația, până când se atinge un echilibru de forțe la viteza de deplasare și altitudinea dorită.**

27

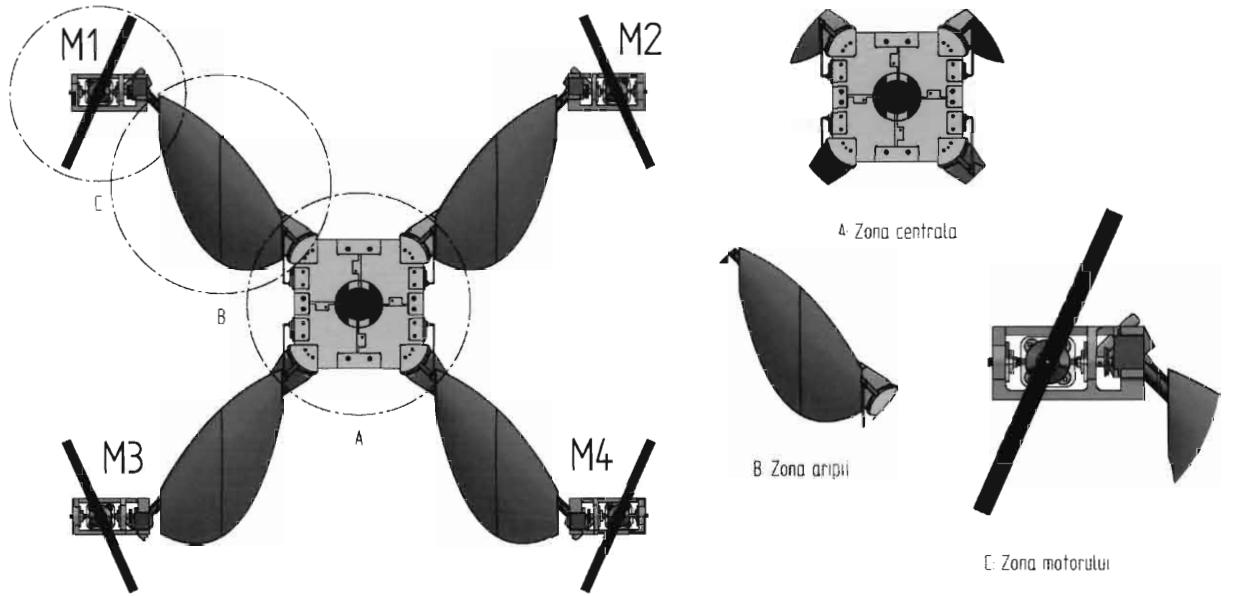


Figura 1

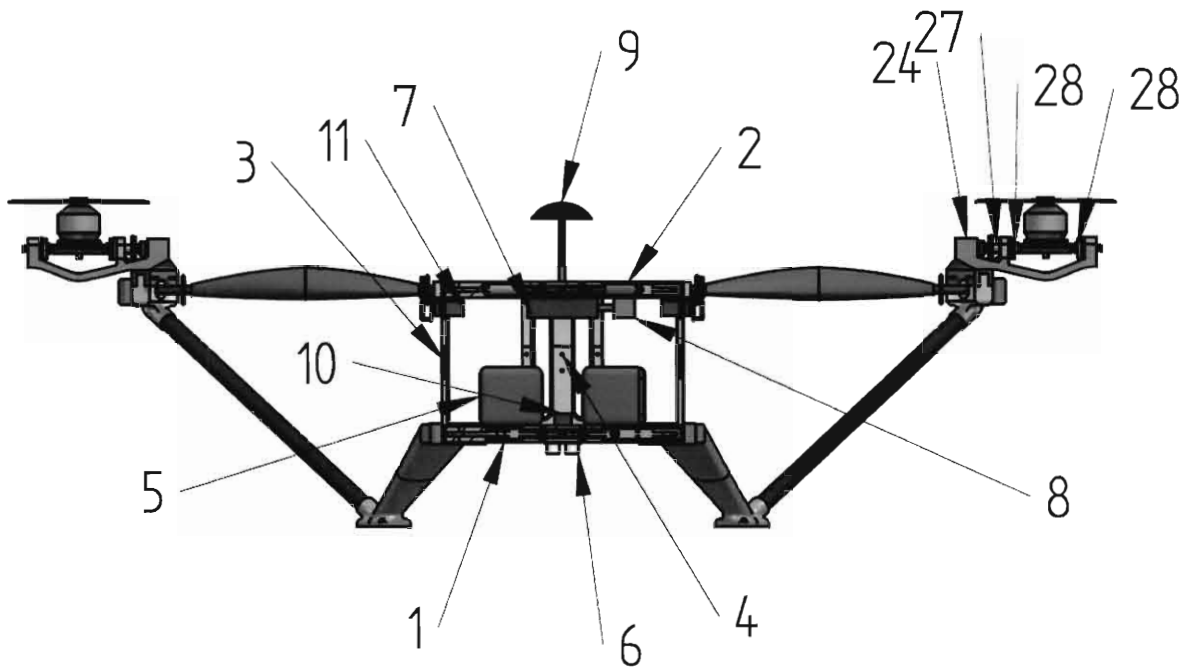


Figura 2



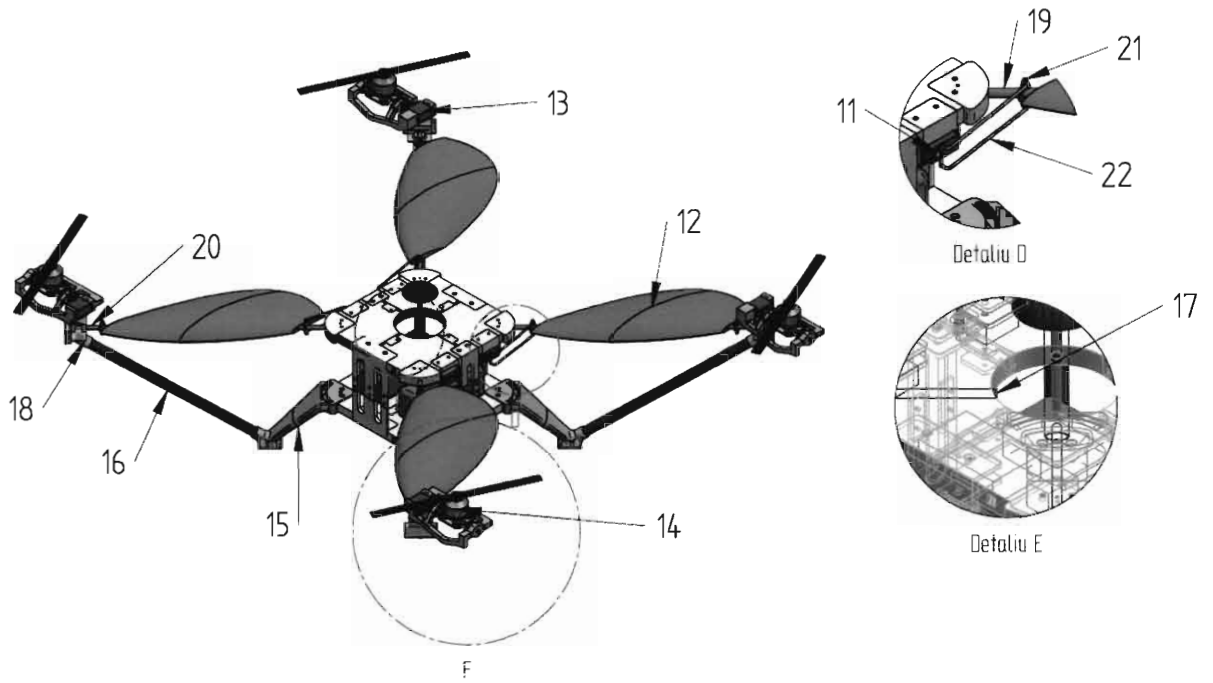


Figura 3

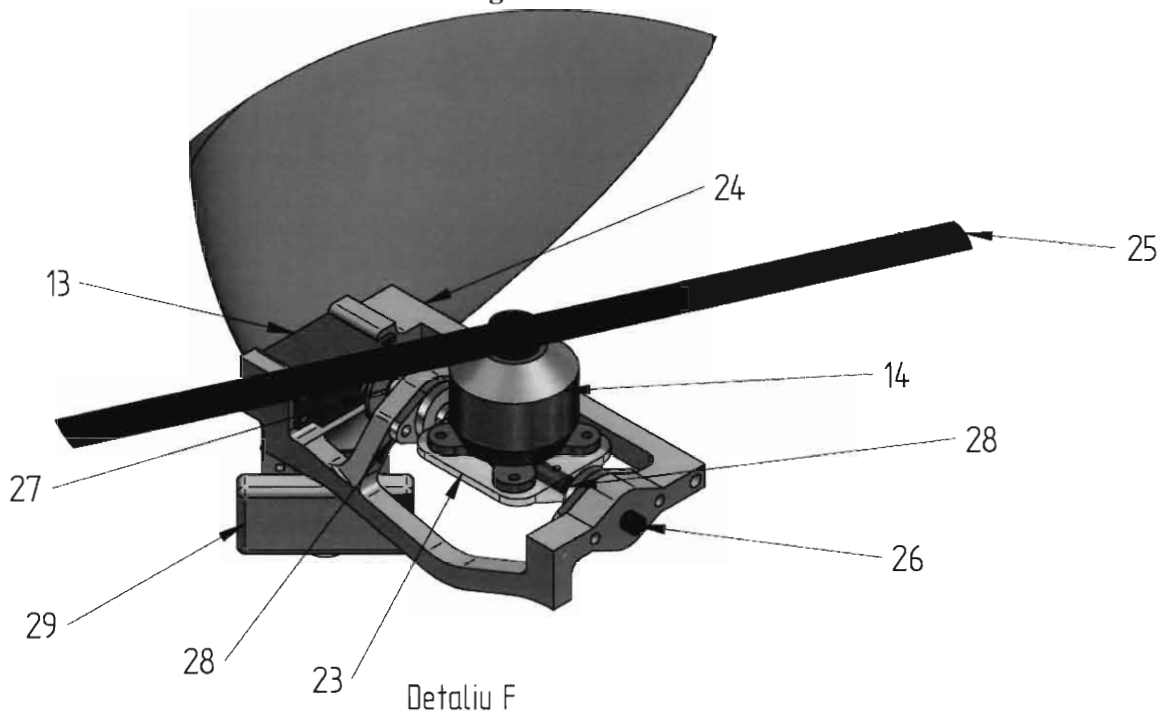
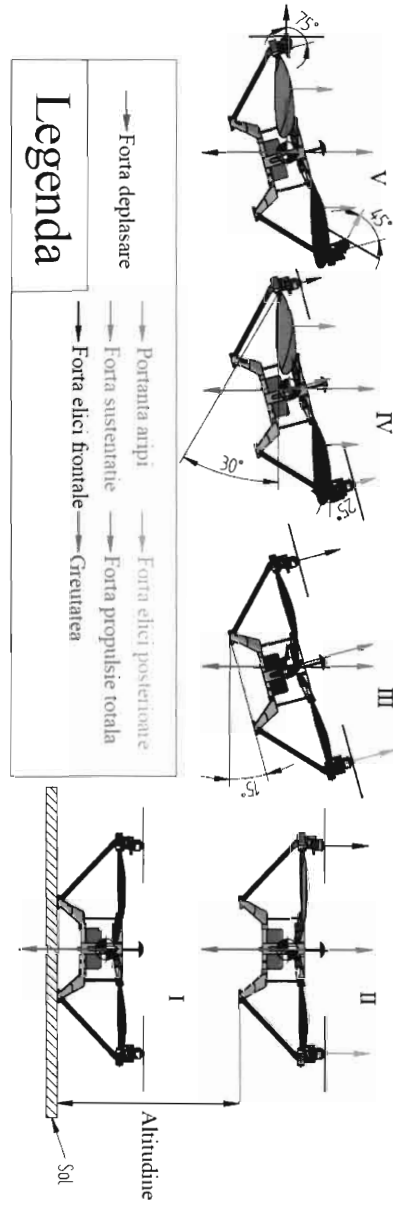


Figura 4



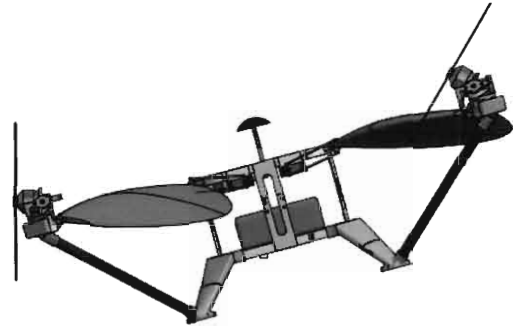
<b>Legenda</b>	
→ Forța deplasare	→ Portanța aripii
→ Forța susținătoare	→ Forța elicei posterioare
→ Forța elicei frontale	→ Forța propulsivă totală
	→ Greutatea

Figura 5

24



Vedere frontala



Vedere laterala



Vedere de ansamblu

Figura 6