



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00125

(22) Data de depozit: 24.02.2012

(41) Data publicării cererii:  
30.08.2013 BOPI nr. 8/2013

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE  
AEROSPAȚIALĂ "ELIE CARAFOLI" -  
INCAS, BD.IULIU MANIU NR.220,  
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• BUTOESCU VALENTIN ADRIAN JEAN,  
STR. VALEA CASCADELOR NR. 2, BL. A3,  
SC. 2, AP. 34, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO

### (54) MECANISM DE PROPULSIE CU ARIPI ÎN MIȘCARE CICLOIDALĂ, PENTRU MICROVEHICULE AERIENE

#### (57) Rezumat:

Invenția se referă la un mecanism de propulsie cu aripi în mișcare cicloidală, pentru microvehicule aeriene, aplicând principiul de funcționare a propulsorului Schneider, utilizat în marină, la generarea portanței minivehiculului. Mecanismul conform invenției utilizează două propulsoare coaxiale, denumite aici rotoare, la care axul comun este orizontal atunci când vehiculul este în repaus la sol, fiecare rotor putând fi prevăzut cu două, trei sau chiar patru aripi (14), fiecare, iar axele (13) aripilor (14) formează cu axa rotoarelor un unghi de evazare  $\Delta$ , aceasta fiind o modificare notabilă în raport cu propulsorul naval, unde axele aripilor sunt paralele cu axul de rotație, mecanismul pentru realizarea mișcării rotoarelor conținând două soluții originale, și anume, utilizarea unui ghidaj (10) cilindric, circular, pentru pasul ciclic și comanda prin sistem roată dințată (14) - cremalieră (15) a pasului general, ghidajul cilindric, circular, modificând unghiul depas ciclic după o lege corectă din punct de vedere aerodinamic, iar comanda transmisă prin sistemul roată dințată (14) - cremalieră (15) permite variația amplitudinii medii a legii de mai înainte, propunându-se, de asemenea, un sistem de comenzi, profundor, direcție, eleroane, plasat în jetul rotoarelor, care astfel funcționează în orice regim, inclusiv, în zbor la punct fix.

Revendicări: 4  
Figuri: 8

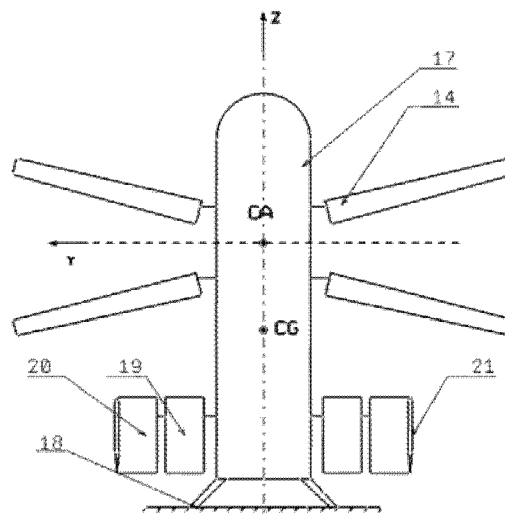
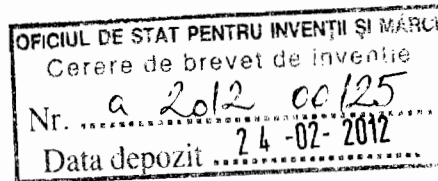


Fig. 2

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





## MECANISM DE PROPULSIE CU ARIPI IN MISCARE CICLOIDALA PENTRU MICROVEHICULE AERIENE

### Descriere

Inventia se refera la un nou sistem de generare a fortelor aerodinamice pentru punerea in miscare a unui minivehicul aerian.

Se stie ca mini/microvehiculele aeriene (in engl. *Micro air vehicles*, sau prescurtat MAV) sunt aparate de zbor de mici sau foarte mici dimensiuni, avand masa de cel mult 60-80g si dimensiunea maxima de 150mm. Ele pot fi de trei tipuri: cu aripa fixa, cu aripa rotativa si cu aripa batanta. Solutia constructiva propusa de autor este cea de aripa rotativa. Ea insa utilizeaza si mecanisme aerodinamice specifice arilor batante. De altfel, din punct de vedere conceptual, s-a ajuns la solutia propusa pornind de la mecanismul batant, si nu de la cel de tip elicopter.

Precizam ca prin termenul de 'aripa' se intelege aici ca in biomecanica, fiecare suprafata portanta care are miscare proprie. In biomecanica se zice, de exemplu, ca pasarea colibri are doua aripi, desi in aeronautica se foloseste denumirea de aripa pentru ansamblul celor doua semiplane (stanga+dreapta). Un termen alternativ pentru aripa in sensul folosit de noi aici, este acela de pala. Vom prefera insa denumirea de aripa, deoarece se subintelege ca o pala are alungire foarte mare, ceea ce aici nu este cazul.

Noutatea propunerii consta in utilizarea *propulsorului Schneider* in domeniul aviatiei, cu modificari urmarind functionarea optima la numere Reynolds mici. Termenul 'miscare cicloidala' se refera la traiectoria profilelor aripii in raport cu curentul de aer neperturbat (curentul 'de la infinit').

Propulsorul lui Schneider este utilizat in marina si, dupa stiinta autorului, nu este folosit in aviatie. De aceea, pentru intelegerea mecanismului propus aici, prezentam mai intai succint (fig.1) principiul de functionare a acestui propulsor. Am ales pentru exemplificare un sistem cu 2 aripi dreptunghiulare. Profilele arilor sunt simetrice si au focarele in punctele M si P. Aceste puncte se rotesc in jurul originii O cu viteza unghiulara constanta, in sens trigonometric. Curentul de la infinit este aliniat cu axa OZ. El curge de la plus infinit spre minus infinit. Viteza acestui curent trebuie sa fie mai mica decat viteza periferica in punctele M si P. Unghiurile de pas ciclic ale arilor se obtin punand conditia ca intotdeauna *corzile profilelor aMf* si *aPf* sa fie perpendiculare pe KM, respectiv pe KP. Punctul K se afla pe portiunea semi-axe negative OX,  $OK < \text{raza cercului}$ . Pozitia lui K pe OX impune *pasul mediu al arilor pe ciclu numit si pas*

*general*. Cu cat excentricitatea lui K este mai mare, cu atat forta aerodinamica medie pe un ciclu de rotatie este mai mare. Se demonstreaza teoretic ca forta aerodinamica medie pe un ciclu se proiecteaza doar pe axa OZ, si are valori pozitive. Subliniem ca la propulsorul lui Schneider, planele corzilor aripilor (cazul 3D) sunt perpendiculare pe planul fig. 1 (XOZ). Miscarea focarelor M si P in jurul lui O se va numi miscare de *revolutie*, iar miscarea in jurul punctelor M si P se va numi miscare de *rotatie*.

Inventia se refera la urmatoarele aspecte:

- Pozitionarea planelor aripilor fata de planul vertical de simetrie (XOZ) ;
- Mecanismul de actionare a aripilor ;
- Comenzi pentru generare de momente de : tangaj, giratie si rului.

Avantajele solutiei propuse de autor sunt urmatoarele :

- Se utilizeaza fenomene aerodinamice specifice curgerilor la numere Reynolds mici ; acestea permit atingerea unor coeficienti de portanta mari, la unghiuri de incidenta mari (fenomenul de desprindere intarziata, « delayed stall ») ;
- mecanismul de actionare al aripilor este mai simplu ca in cazul aripilor batante ;
- se elimina unele forte inertiiale care apar la miscarea batanta ; astfel, miscarea de revolutie cu viteza unghiulara uniforma introduce doar forte inertiiale centrifugale constante in timp;
- permite marirea numarului de aripi ale minivehiculului aerian (pot fi 4,6 sau chiar 8 pentru intregul minivehicul aerian) ;
- comanda pasului ciclic permite o variatie continua a amplitudinii acestuia, si astfel o variatie continua a fortei aerodinamice utile (generatoare de portanta si tractiune).

Prezentam pe rand cele patru aspecte sus-mentionate ale inventiei :

#### Pozitionarea planelor aripilor fata de planul vertical de simetrie (XOZ)

Descriem mai intai aparatul propriu-zis. El va fi numit de acum inainte MAV si are forma prezentata in figurile 2 si 3. Aparatul are in locul fuselajului un corp de forma unui turn, avand la baza un tren de aterizare (fig. 2,3 poz. [18]). In partile laterale (dreapta si stanga) se gasesc cele doua sisteme de aripi rotative [14] numite *rotoare*. Se remarca *evazarea* aripilor. In corpul central [17] ('turn') se gasesc motorul electric, acumulatori, mecanismul prezentat in aceasta descriere, aparatura radio, de navigatie, sarcina utila formata din camera de luat vederi, senzori, etc.

Cele doua rotoare (dreapta/stanga) executa in bloc o rotatie in jurul axei orizontale OY (sens pozitiv in sistemul XYZ). In fig. 2 si 3 s-au prezentat rotoare cu cate doua aripi. Aripile au fiecare cate un focar, iar axa aripilor trebuie sa treaca prin el, sa nu avem

moment de torsiune. Punctele in care axa aripilor se frange, datorita evazarii sunt plasate in pozitii diametral opuse pe rotor (fig. 1). In cazul sistemelor de trei aripi, aceste puncte vor fi asezate in varfurile un triunghi echilateral. Evident ca la rotoarele cu patru aripi, aceste puncte vor fi plasate in varfurile unui patrat.

Daca am urma ideea lui Schneider, nu am avea evazare si aripile ar fi perpendiculare pe XOZ. In cadrul proiectului de fata, axele aripilor (liniile care trec prin focarele aripilor) *sunt evazate cu un unghi cu  $\Delta$* , adica rotite in jurul dreptelor  $aMf$ , respectiv  $aPf$  cu unghiul  $\Delta$ . Acest unghi se vede bine in fig. 4. Unghiul  $\Delta$  va fi de cel mult  $30^0$ . Evazarea se face din motive aerodinamice.

Prezentam in fig. 4 doua vederi ale solutiei constructive cu aripi evazate. Este vorba de cele doua aripi de pe bordul stang al aparatului. Pe bordul drept avem inca doua aripi simetrice cu cele prezentate aici.

### Mecanismul de actionare a aripilor

‘Turnul’ (1) gazduieste *sistemul de propulsie*, alcatuit din trei mecanisme :

- A. Mecanismul de transmitere a miscarii de revolutie;
- B. Mecanismul de rotatie a aripii (sau de realizare a pasului ciclic);
- C. Mecanismul de variatie a amplitudinii medii a pasului ciclic (sau a pasului general).

***Mecanismul de transmitere a miscarii de revolutie*** (fig. 5, A) se compune din motorul electric [1] care transmite prin reductorul [2]+[3] miscarea sa arborelui [4] cu axa de simetrie coincizand cu OY . Restul pieselor care sunt prezentate in figura, pun in miscare aripile din partea dreapta (caracterizate de  $Y>0$ ). Piese care pun in miscare aripile din partea stanga sunt simetrice fata de cele din partea dreapta. Astfel lagarul [5] are un simetric [5’], manivelele [6] au simetricele [6’], la fel axul [7] are simetricul [7’]. Manivelele [6] care formeaza cu arborele [4] litera ‘T’, corespund diametrului MP din fig. 1.

***Mecanismul de rotatie a aripii (sau de realizare a pasului ciclic)***; (fig. 5, B ; fig. 6) este alcatuit din cupla de rotatie [8] care permite rotatia in jurul axului [7]. Perpendicular pe [8] si solidar cu [8] se gaseste tija [12]. Aceasta tija culiseaza in ghidajul [11]. Ghidajul la randul lui este montat rigid pe o culisa cu suprafata de glisare in forma de « zona cilindrica » [9]. La randul ei, culisa [9] gliseaza pe un ghidaj cilindric [10]. In fig. 5, ghidajul cilindric este sugerat doar de o portiune din el. Linia medie a caii de glisare este reprezentata ca o linie punctata. Prelungind axa ghidajului [11], intalnim axa de simetrie a ghidajului cilindric [10]. Aceste doua axe sunt perpendiculare (fig 6). Solidar legat de piesa [8] se afla axul aripii [13]. Se remarca unghiul de « evazare » al aripii notat

cu  $\Delta$ . Subliniem faptul ca axele pieselor [7], [8], [11], [12] si [13] sunt coplanare, iar acest plan contine axa de simetrie a ghidajului cilindric [10]. Pe aceasta axa de simetrie se afla desigur si K, centrul cercului punctat din fig. 5. In acest mod, ghidajul [11] obliga piesa [8] sa se orienteze mereu cu aceeași fata spre axa de simetrie a suprafetei cilindrice a piesei [10]. Aripa [14] contine axul [13], dar planul ei este perpendicular pe planul desenului din fig. 6. Tot astfel, aripa [14] este indreptata mereu cu aceeași fata spre axul de simetrie al ghidajului [10].

***Mecanismul de variatie a amplitudinii medii a pasului ciclic (sau a pasului general)*** (fig. 5, C ; fig. 7, 8) Reglajul amplitudinii medii a pasului ciclic, numit aici si pas general, se realizeaza prin pozitionarea punctului K (fig. 1) la o excentricitate mai mare sau mai mica. In mecanismul real (3D), punctul K este locul unde axa de simetrie a suprafetelor cilindrice ale ghidajului [10] inteapa planul liniei medii de glisare a culisei [9], fig. 5 si 7. Aceasta axa de simetrie se gaseste in planul XOY. Piesa [10] poate culisa pe directia OX de-a lungul ghidajelor legate la corpul MAV. Partea de jos a piesei [10] are o portiune in forma de cremaliera, paralela cu OX. Cremaliera angreneaza cu roata dintata [15], a carei axa orizontala paralela cu OY este fixata la corpul MAV prin intermediul suportului [16]. Roata dintata [15] este actionata de servomotorul [17]. In fig. 8, se observa simetria piesei [10] fata de planul vertical ce trece prin axa de simetrie a portiunii cilindrice. Figura arata ca piesa [10] prezinta cate un ghidaj cilindric pe dreapta pentru rotorul drept- care s-a descris, si unul pe stanga, pentru rotorul stang.

### ***Modul de functionare al mecanismului***

In esenta, mecanismul trebuie sa realizeze urmatoarele miscari:

- 1) miscarea de revolutie a aripilor ale caror axe longitudinale descriu suprafete riglate inchise;
- 2) miscarea de rotatie in jurul axei cuplei de rotatie [8], conform unei legi impuse de mecanism.

Ne vom referi in cele ce urmeaza in special la fig. 5. Motorul [1] pune in miscare arborele [4] prin intermediul reductorului [2] si [3]. Acest arbore antreneaza ambele rotoare. Ne vom referi la cel drept. El roteste manivela dubla [6]. Din nou ne vom referi la o parte a acestei manivele, anume aceea care antreneaza axul [7] in miscare circulara. Cupla de rotatie [8] este antrenata in miscare de axul [7]. Aceasta miscare este chiar *miscarea de revolutie a aripii*, caci de [8] este legat rigid axul aripii [3]. Prima miscare a aripii este asadar realizata.

*Rotatia aripii* se efectueaza in jurul axei de simetrie a piesei [8]. Rotatia se face astfel incat piesa [8] sa arate aceeași fata punctului K (centrul cercului punctat din fig 5), sau, mai bine zis, axei de simetrie a ghidajului circular [10]. Acest lucru se realizeaza prin intermediul pieselor [12], [11] si [9]. Tija [12] este perpendiculara pe [8] si fixata rigid de acesta. Ea este inasa constransa de ghidajul [11] sa fie coaxial cu el. Ghidajul [11] este la

randul lui fixat rigid de culisa [9] care gliseaza pe ghidajul circular [10]. Mentionam ca axa de simetrie a lui [11] este perpendiculara pe planul tangent la suprafata activa (cilindrica) a culisei [9], dar si a piesei [10]. Asadar [11] si [12] au axele indreptate spre axa de simetrie a ghidajului [10]. Am realizat astfel conditia ca [8] sa « priveasca » in permanenta spre axa ce trece prin K, deci miscarea de rotatie. Tot astfel, aripa, desi usor inclinata cu unghiul  $\Delta$ , arata mereu aceeaasi fata axei de simetrie care trece prin K.

Se intelege de la sine ca la celalalt capat al manivelei [6] se gaseste un alt ax similar lui [7] si lantul de piese omologe. Ele ocupa pozitiile pe care le-ar avea piesele [7]-[14] daca am roti arborele [4] cu  $180^0$ .

### Comenzi pentru generare de momente de : tangaj, giratie si ruluiu

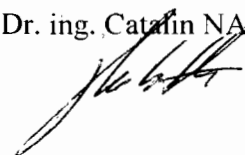
Am aratat anterior ca pasului general este dat de pozitia punctului K pe axa OX. El are ca efect variatia portantei medii pe ciclu pana la valoarea dorita, pentru realizarea zborului echilibrat sau evolutiei. Mai avem nevoie de orientarea corpului MAV in postura pe care o dorim sau/si pentru realizarea diferitelor evolutii.

Pentru aceasta utilizam un ansamblu de ampenaje/voleti de tip monobloc care se afla in suflul rotoarelor, in acest mod comenzile fiind utilizabile inclusiv la zborul la punct fix (fig. 2,3). Astfel cei doi voleti [19] ii vom numi profundor, suprafetele [20] eleroane, iar cele doua suprafete [21], directie.

Profundorul [19] este alcatuit din doua suprafete braccabile cu acelasi unghi. Dimpotriva, eleroanele [20] se bracheaza cu unghiuri egale si de sens contrar. Directia [21] este alcatuita din doua suprafete, una pe stanga, alta pe dreapta. O idee simpla ar fi ca directia sa fie fixata normal pe axa profundorului si eleroanelor, si sa se miste in bloc intregul sistem de voleti in jurul axei din PVS paralele cu OX, fig 3.

Actionarea acestor suprafete de comanda se realizeaza cu mijloacele obisnuite : mini-cabluri, tije, etc.

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE

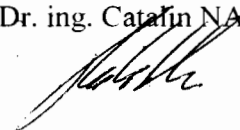


## Revendicari

- Sistemul de realizare a unor viteze periferice sporite, cu efecte benefice din punct de vedere aerodinamic. El este caracterizat prin aceea ca axele aripilor [13] formeza un unghi de evazare  $\Delta$  cu axa de rotatie OY.
- Sistemul de realizare a miscarii de pas ciclic, caracterizat prin aceea ca ghidajul cilindric [10] permite antrenarea unor rotoare cu doua, trei sau chiar patru aripi.
- Sistemul de variatie a amplitudinii medii pe ciclu, caracterizat prin aceea ca excentricitatea punctului K poate varia prin actionarea servocomenzii [14]; aceasta antreneaza roata dintata [15] care angreneaza cu cremaliera cu care este prevazut ghidajul [10] situat la partea sa inferioara.
- Sistemul de comenzi: profundor (stg/dr), eleroane, directia (stg/dr) caracterizate prin aceea ca sunt suprafete portante monobloc, cu unghi de bracaj variabil, care actioneaza in jetul rotoarelor si deci permit controlul zborului inclusiv in evolutii la punct fix.

Director General

Dr. ing. Catalin NAE



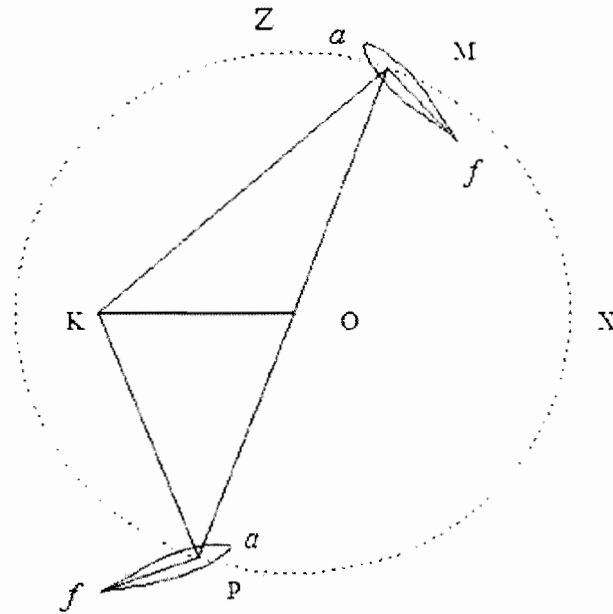


Fig.1 Schema cinematica a mecanismului lui Schneider de variatie a pasului ciclic – aripi dreptunghiulare, sectiune cu planul XOZ.

Director General  
Dr.ing. Catalin NAE



8

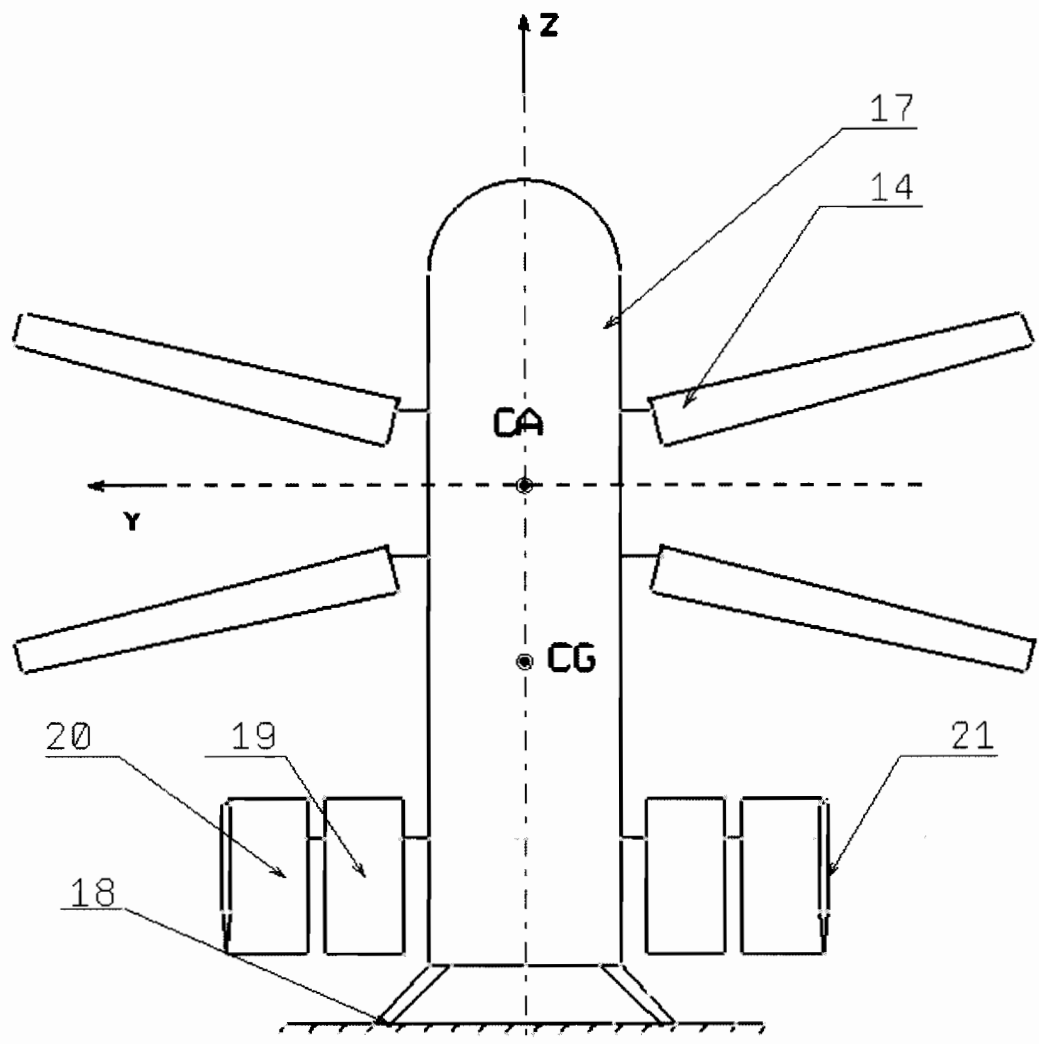


Fig. 2 Vedere frontala a MAV (schita de principiu)

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE  
*[Signature]*

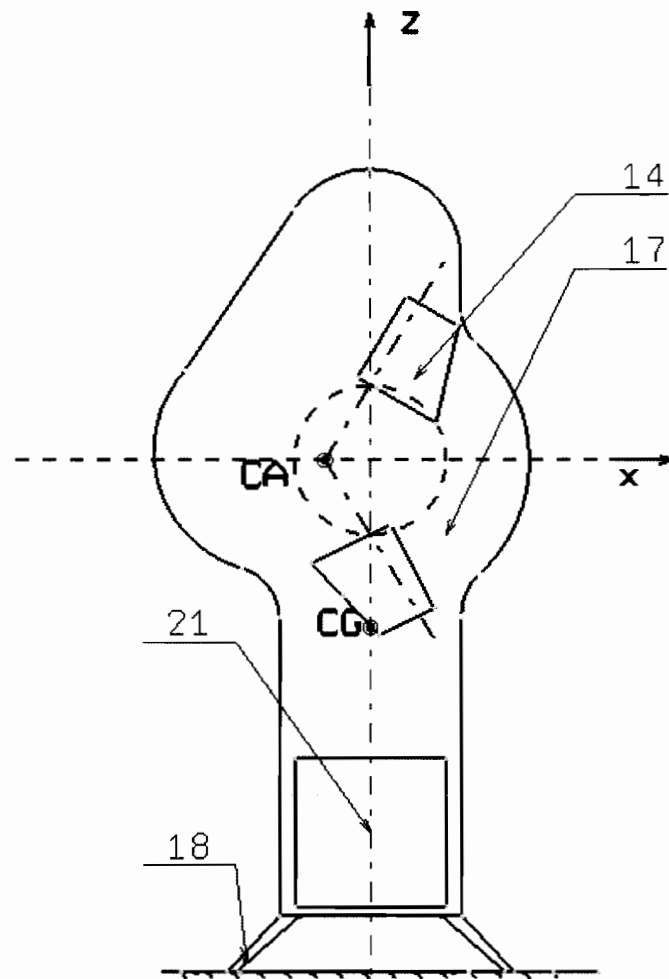


Fig. 3 Vedere laterala (stanga) a MAV ; CA-centru aerodinamic/focar al rotoarelor ; CG-centru de greutate (schita de principiu)

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE

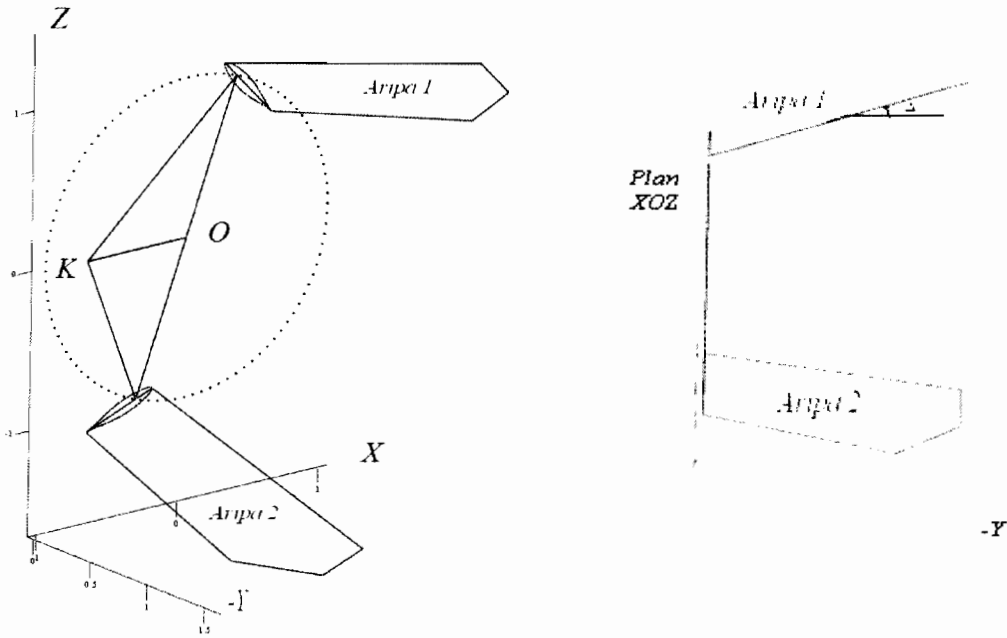


Fig. 4 Doua vederi ale aripilor de pe bordul stang; aripile prezentate in figura din stanga sunt vazute dintr-un punct aflat pe dreapta de intersectie dintre planele XOZ si planul aripii 1, pentru a evidetia evazarea  $\Delta$

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE

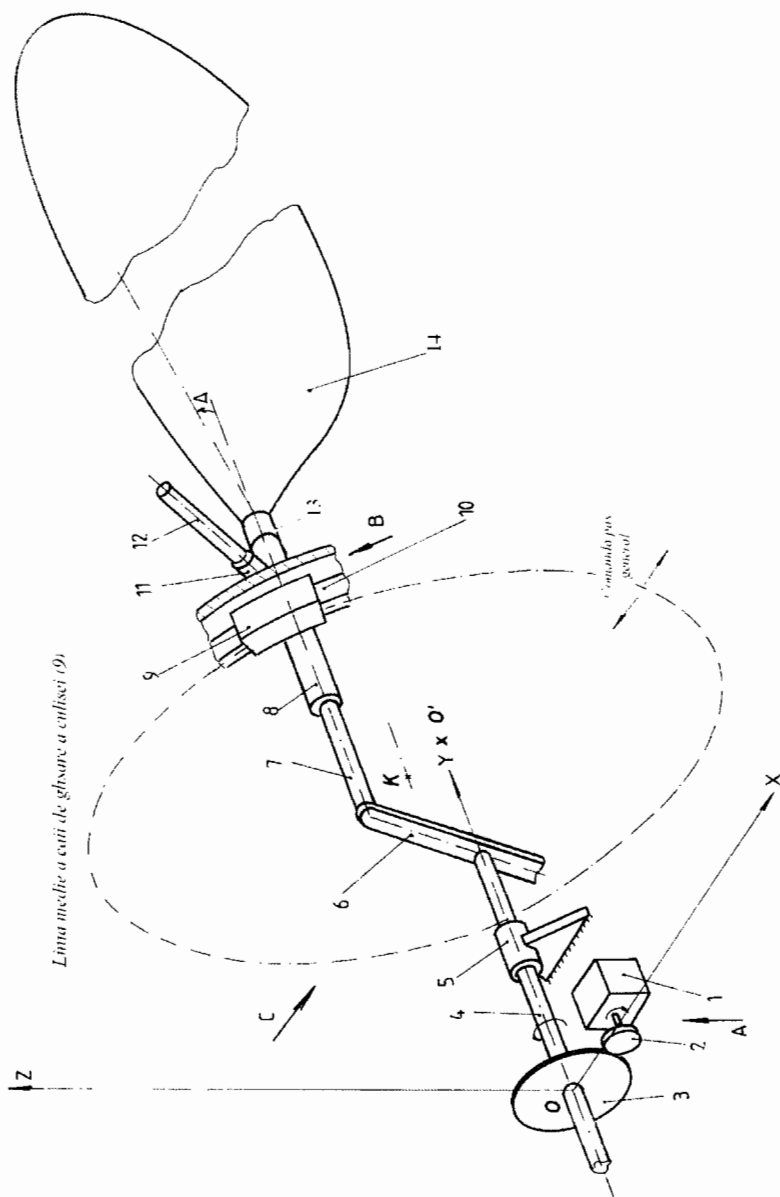


Fig. 5 Schema functională a MAV; punctele K și O' se află în planul cercului punctat (linia medie de glisare a culisei [9]) și la  $Z=0$ .

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE

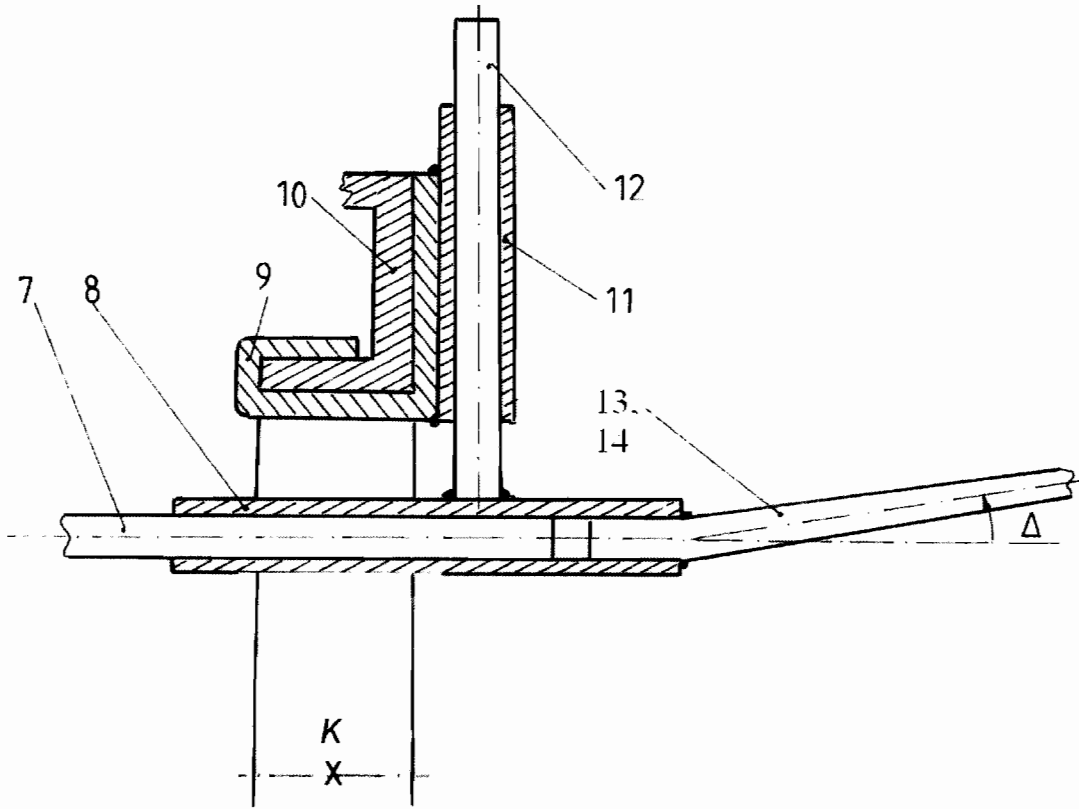


Fig. 6 Mecanismul de variatie a pasului ciclic- sectiune cu planul determinat de axele perpendiculare ale tijelor [8] si [12] ; planul aripii este perpendicular pe planul desenului ; urma aripii [14] se confunda cu axul [13].

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE

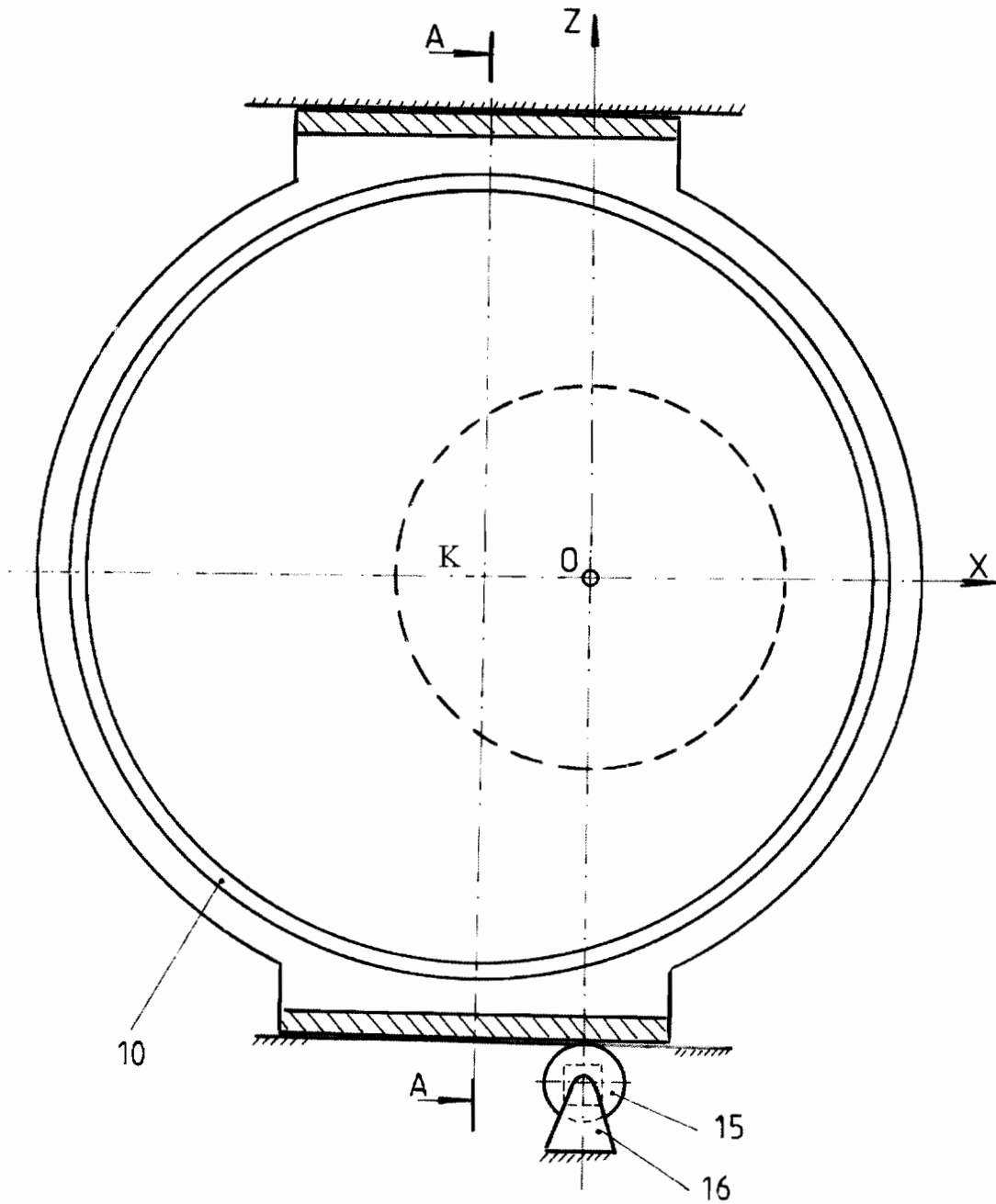


Fig 7 Sectiune prin mecanismul de variatie a pasului general (sau a amplitudinii medii a pasului ciclic) in planul XOZ. Cu linie punctata s-a notat traiectoria butoanelor manivelor [6].

Director General  
Dr. ing. Catalin NAE

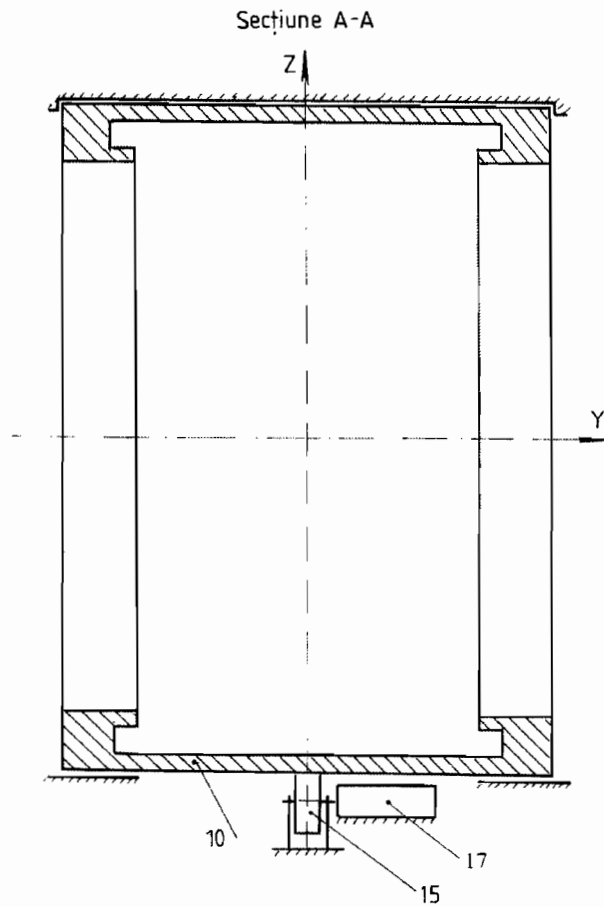


Fig 8 Secțiune prin mecanismul de variație a pasului general în planul YOZ

Director General  
Dr. Ing. Catalin NAE