



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00117

(22) Data de depozit: 03/03/2020

(41) Data publicării cererii:
30/07/2020 BOPI nr. 7/2020

(71) Solicitant:
• TOPINTECHNOLOGY CONSULT S.R.L.,
STR.CUZA VODĂ, NR.14, SINAIA, PH, RO;
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE
TURBOMOTOARE - COMOTI,
BD.IULIU MANIU NR.220 D, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• PUȘCAȘ CERNAT MIHAIL,
BD. REPUBLICII NR. 187, BL. 4A, SC. A,
ET. 8, AP. 33, PLOIEȘTI, PH, RO;
• MĂLĂEL ION, STR.LACUL ZĂNOAGA,
NR.35, BL.M9, SC.B, ET.9, AP.81,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• DRĂGAN VALERIU, CALEA VITAN,
NR.205, BL.41, SC.2, ET.4, AP.82,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO

(54) TURBINĂ EOLIANĂ CU AX VERTICAL MULTIROTOR FĂRĂ
SARCINI ASIMETRICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o turbină cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice. Turbina conform invenției este alcătuită din unul sau mai multe rotoare (1) clasice, coaxiale, care au un număr impar de pale (2), montate pe niște brațe (3) de susținere, și unul sau mai multe rotoare (4) de contrabalansare, coaxiale, care au același număr de pale (5) ca și rotorul (1), acestea fiind montate pe niște brațe (6) de susținere, care sunt dispuse în lungul brațelor (3), și care sunt montate solidar cu acestea pe un butuc (7) ce este la rândul lui montat, prin intermediul unor lagăre (9), pe un ax (8) central, sau direct pe axul (8) central al turbinei, care este fixat prin intermediul unor lagăre (10), palele (2 și 5) rotoarelor (1 și 4) fiind dispuse pe direcții diferite raportat la brațele (3 și 6) de susținere ale acestora, astfel palele (2) sunt montate vertical, perpendicular pe brațe (3), într-o direcție paralelă cu axul (8) central, iar palele (5) sunt montate în lungul brațelor (6) înclinate spre sol, iar în urma captării vântului de pale (2 și 5), rotoarele (1 și 4) se rotesc, antrenând butucul (7) sau axul (8) central care, în mod direct sau prin intermediul unui sistem (11) de multiplicare a turației, pune în mișcare un sistem (12) de generare a energiei electrice, sistemul (12) de generare a energiei electrice, împreună, dacă este cazul, cu sistemul (11) de multiplicare a turației, sunt amplasate pe un suport (13) susținut de un turn (14) ancorat la sol printr-un sistem (15).

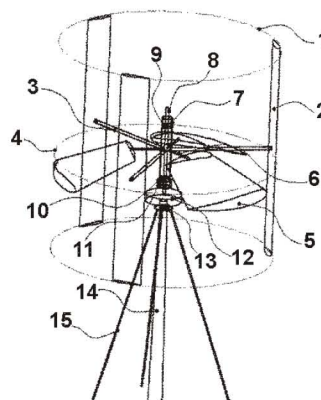


Fig. 20

Revendicări: 1
Figuri: 32

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI Cerere de brevet de invenție Nr. <u>a 2020 0117</u> Data depozit <u>03-03-2020</u>
--

**TURBINĂ EOLIANĂ CU AX VERTICAL MULTIROTOR
FĂRĂ SARCINI ASIMETRICE**

Invenția se referă la o turbină eoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice are în componență două sau mai multe rotoare coaxiale, capabile să se contrabalanseze unele pe celelalte sub acțiunea vântului, astfel încât sarcinile asimetrice induse asupra axului și/sau lagărelor acestuia să fie anulate sau minimizate, contribuind astfel la o mai bună transformare a energiei eoliene captate în energie mecanică și/ au electrică.

Se cunoaște o turbină eoliană cu ax vertical, conform documentului **RO 127546 B1**, care destinată captării energiei vântului și transformării acesteia în energie electrică utilă pentru extragerea apei de la diferite adâncimi. Turbina eoliană este alcătuită dintr-un rotor de tip Darrieus, dintr-un generator cu regulator fără cuplu de pornire și un subansamblu de alimentare, format dintr-o baterie de acumulatori și o pompă submersibilă cu controler. Prin montarea generatorului cu regulator la baza rotorului de tip Darrieus și dispunerea echidistantă a unor brațe de susținere, pe un rotor al generatorului cu regulator este asigurată o construcție simplificată și echilibrată static, energia electrică furnizată de generatorul cu regulator fiind stocată într-o baterie de acumulatori care alimentează o pompă submersibilă.

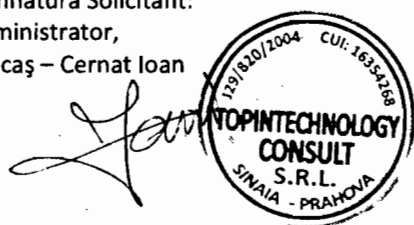
Dezavantajele soluției prezentate anterior constau într-un cost ridicat de producție, o asamblare dificilă a părților constitutive și un nivel ridicat al vibrațiilor induse de interacțiunea fluid-structură.

În prezent sunt cunoscute diverse tipuri de turbinele eoliene, care se clasifică în funcție de dimensiunea rotorului, poziția axului rotorului și de principiul de funcționare.

În funcție de dimensiunea rotorului turbinele eoliene sunt de trei tipuri, respectiv mici, medii și mari.

În funcție de poziția axului rotorului turbinele eoliene se clasifică în turbine eoliene cu ax orizontal (Horizontal Axis Wind Turbine - HAWT (fig.1)) și turbine eoliene cu ax vertical (Vertical Axis Wind Turbine -VAWT (fig.1)).

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[1]



Dezavantajeturbinelor HAWT constau în faptul că necesită un sistem de control și poziționare care să orienteze rotorul astfel încât acesta să fie în permanență expus acțiunii vântului, viteza tangențială a rotorului nu depășește viteza vântului, turnurile de susținere înalte și palele lungi sunt dificil de transportat și costurile cu transportul reprezintă circa 20% din costul echipamentului.

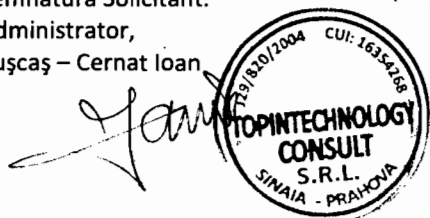
Dezavantajele turbinelor VAWT constau în faptul că produc energie la numai 50% față de eficiența turbinelor cu ax orizontal în mare parte datorită frânării ce apare la mișcarea palelor în contravânt, nu pot fi amplasate pe stâlpi la înălțime, viteza tangențială a rotorului nu depășește viteza vântului, antrenarea rotorului începe la vânturi de viteză mai ridicată necesitând energie suplimentară pentru start.

Totodată este demn de menționat dezavantajul solicitărilor asimetrice a arborilor și/sau a lagarelor turbinelor VAWT, mai ales la pornire și până când regimul de rotație permite echilibrarea dinamică a rotorului.

În ceea ce privesc palele rotorului cu ax vertical, pentru profilul palelor ce funcționează pe principiul portanței avem spre exemplu amplasarea unor aripioare la capetele palelor (fig.2), sau a unor generatoare de turbioane (fig.3). La palele ce funcționează prin împingere putem exemplifica prin câteva modele de pale mobile sau cu geometrie variabilă care se deschid pentru a capta vântul și se închid în contravânt pentru a minimiza frânarea (fig. 4, 5 și 6). Pentru concentrarea curenților de aer către zonele de colectare a turbinelor VAWT există o varietate largă de astfel de dispozitive, de la simple carenaje ce intubează rotorul (fig.7), la confuzoare și difuzoare de diverse forme și secțiuni (fig. 8, 9 și 10), până la structuri complexe (fig.11). În cazul amplasării unor statoare menite să dirijeze vântul captat prezentăm două soluții constructive (fig.12 și 13).

Pentru turbine VAWT multirotor, în sensul dispunerii mai multor rotoare pe același ax, avem exemplele din fig. 14, 15 și 16. Turbinele multiax VAWT dispun de axe de rotație amplasate pe una, două sau mai multe direcții și sunt susținute de un singur turn (fig.17).

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[2]



În funcție de principiul de funcționare turbinele eoliene se clasifică în turbine eoliene ce acționează prin împingere și turbine eoliene ce acționează pe principiul forțelor portante.

O atenție importantă a fost acordată studiului curenților de aer tip tornadă și posibilității utilizării acestora în vederea producerii de energie (Tornado-Type Wind Energy Systems (T.W.E.S.)). Utilizarea practică a acestui concept constă în amplasarea unei turbine în zona centrală a unui dispozitiv sau instalații de generare a unui curent turbionar, turbina având o priză de aer amplasată astfel încât să „absoarbă” mase de aer din afara turbionului (fig.18 și 19).

Puterea unei turbine eoliene este dată de formula:

$$P = c_p \frac{1}{2} \rho S v^3$$

Se deduce formula de calcul a coeficientului de putere c_p :

$$c_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho S v^3}$$

unde:

P – puterea turbinei exprimată în [W]

ρ – densitatea aerului în [kg/m^3]

S – suprafața maturată de palele rotorului în [m^2]

v – viteza vântului în [m/s]

c_p – coeficient de putere adimensional

Practic cu cât palele au un profil mai optim și o curgere mai eficientă a aerului pe profil, rotorul în mișcarea sa de rotație extrage mai multă energie din vântul ce îl străbate ducând la creșterea coeficientului de putere.

Dezavantajele turbinelor T.W.E.S se datorează în general complexității și gabariturii structurilor de generare a turbionului, nefiind pretabile amplasării pe turnuri implicând astfel generarea unor curenți de aer aproape de nivelul solului.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în realizarea unei turbine eoliene cu ax vertical multirotor coaxiale, care anulează sau minimizează solicitările asimetrice de la nivelul axului și/sau lagărelor indiferent de creșterea masei ansamblului de rotoare.

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernaț Ioan



[3]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



Turbină eoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată și elimină dezavantajele enumerate anterior, prin aceea căare în compunere unul sau mai multe rotoare clasice coaxiale prevăzute cu un număr impar de pale, montate pe niște brațe de susținere și unul sau mai multe rotoare de contrabalansare coaxiale, prevăzute cu același număr de pale ca și rotorul/rotoarele pe care le contrabalansează, acestea fiind montate pe niște brațe de susținere ce sunt dispuse în lungul brațelor de susținere și care sunt montate solidar cu acestea pe un butuc ce este la rândul lui montat prin intermediul unor lagăre pe axul central al turbinei care este fixat prin intermediul unor lagăre, palele rotoarelor fiind dispuse pe direcții diferite raportat la brațele de susținere ale acestora, astfel palele sunt montate vertical, perpendicular pe brațele, într-o direcție paralelă cu axul central, iar palele sunt montate în lungul brațelor înclinate spre sol, în urma captării vântului de către palele, rotoarele și se rotesc antrenând butucul sau axul central care în mod direct sau prin intermediul unui sistem de multiplicare a turației, pune în mișcare un sistem de generare a energiei electrice.

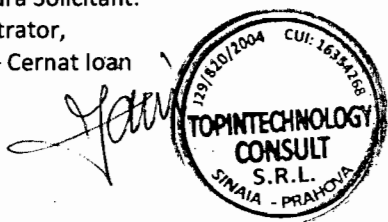
Turbina conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- demarează mai ușor și funcționează mai eficient în regimuri de viteză scăzută, datorită anulării sau minimizării solicitărilor asimetrice;
- scade uzura lagărelor, măbind durata de exploatare a acestora;
- economie în exploatare.

Turbina eoliană cu ax vertical multirotor, conform invenției, este alcătuită din două sau mai multe rotoare coaxiale, fiecare rotor având același număr impar de pale, montate solidar între ele sau pe ax și care au dispuse rotoarele cu palele diametral opuse unele față de celelalte și în care unei pale amplasate vertical pe brațul suport în direcție paralelă cu axul îi corespunde diametral opus una sau mai multe pale amplasate în planuri diferite, înclinat spre sol, ce formează un unghi cu direcția brațului suport al palei diametral opuse.

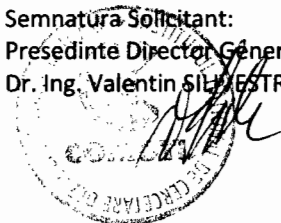
Rotoarele sub influența vântului antrenează în mod direct sau prin intermediul unui sistem de multiplicare a turației un sistem de generare a energiei electrice.

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[4]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



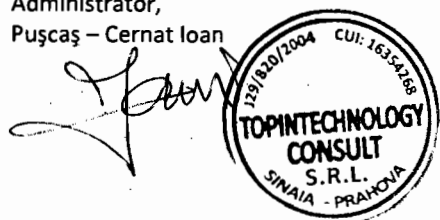
Cu alte cuvinte avem, un rotor sau mai multe rotoare VAWT clasice coaxiale care sunt contrabalansate de unul sau mai multe rotoare coaxiale, montate solidar cu primele fie pe butuc/butuci comuni, fie pe axul central. Rotoarele de contrabalansare au același număr impar de pale ca și rotoarele pe care le contrabalansează, montate diametral opus acestora, în lungul brațelor de susținere și înclinate spre sol astfel încât prin suprafețele expuse acțiunii vântului să genereze și forțe capabile să le contrabalanseze pe cele generate de rotoarele clasice.

Rotoarele clasice și cele de contrabalansare sunt perechi în sensul că unul clasic poate fi contrabalansat de unul sau mai multe, existând și posibilitatea ca două rotoare clasice contrarotative să fie contrabalansate fiecare de câte unul sau mai multe rotoare contrabalansoare. De asemenea palele rotoarelor clasice și de contrabalansare pot avea forme și profile diverse, inclusiv sisteme de control pasiv a curgerii pe profil.

Se dau, în continuare, câteva exemple de realizare a invenției, în legătură și cu figurile 1... 26 care reprezintă:

- fig.1 – diverse tipuri de turbine eoliene din stadiul cunoscut al tehnicii;
- fig.2 – turbină cu ax vertical prevăzută cu winglet;
- fig.3 – generatoare de turbionare;
- fig.4 – turbină cu geometrie variabilă;
- fig.5 – turbină VAWT variabilă;
- fig.6 – turbină eoliană hibridă;
- fig.7 – turbină intubată;
- fig.8 – turbină cu difuzor;
- fig.9 - turbină cu carenaj;
- fig.10 – turbină intubată cu deflector;
- fig.11 – turbină eoliană cu structură complexă;
- fig.12 – turbină cu stator;
- fig.13 – turbină cu stator pentru dirijarea curentului;
- fig.14 – turbină cu multirotor;
- fig.15 – turbină cu două rotoare;
- fig.16 – turbină eoliană cu multirotor pe același ax;

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[5]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILIVESCU

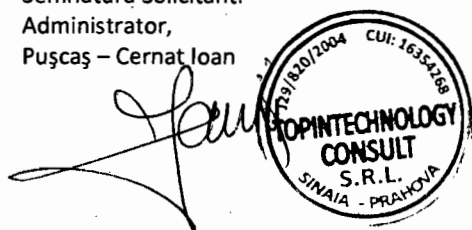


- fig.17 – turbină multi-ax;
- fig.18 - tornado;
- fig.19 – turbină pentru “absorbția” maselor de aer;
- fig. 20 -vedere de ansamblu a unei turbine eoliene cu ax vertical dotată cu două rotoare;
- fig. 21 - vedere frontală a turbinei eoliene cu ax vertical dotată cu două rotoare;
- fig.22 - vedere transversală a turbinei eoliene cu ax vertical;
- fig.23 -vedere de ansamblu a unei turbine eoliene cu ax vertical;
- fig.24 -vedere frontală a turbinei eoliene cu ax vertical dotată cu trei rotoare;
- fig.25 -vedere de ansamblu a unei turbine Darrieus;
- fig.26 - vedere de ansamblu a unei turbine cu patru rotoare contrarotative;
- fig.27 – solicitările unui ansamblu de pală – braț simplu;
- fig.28 – solicitările unui ansamblu de pală – braț contrabalansat la start;
- fig.29 - solicitările unui ansamblu de pală – braț contrabalansat în funcționare;
- fig.30 – aria transversală maximă și minimă pentru turbina clasică;
- fig.31 - aria transversală maximă și minimă pentru turbina propusă;
- fig.32 – forțele pe profilul aerodinamic al palelor rotoarelor;

Turbinaeoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice, conform invenției, este alcătuită din unul sau mai multe rotoare 1 clasice, coaxiale care sunt prevăzute cu un număr impar de pale 2 montate pe niște brațe de susținere 3 și unul sau mai multe rotoare 4 de contrabalansare, coaxiale, ce au același număr de pale 5 ca și rotorul/rotoarele 1. Palele 5 sunt montate pe niște brațe de susținere 6 care sunt dispuse în lungul brațelor 3 și care sunt montate solidar cu acestea pe un butuc 7. Butucul 7 este montat prin intermediul unor lagăre 9 pe un ax central 8 al turbinei ce este fixat prin intermediul unor lagăre 10. Palele 2 și 5 rotoarelor 1 și 4 sunt dispuse pe direcții diferite raportat la brațele de susținere 3 și 6 ale acestora, astfel palele 2 sunt montate vertical, perpendicular pe brațele 3 într-o direcție paralelă cu axul central 8, iar palele 5 sunt montate în lungul brațelor 6 înclinate spre sol.

În urma captării vântului de palele 2 și 5, rotoarelor 1 și 4 se rotesc antrenând butucul 7 sau axul central 8 care în mod direct sau prin intermediul unui sistem 11 de

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[6]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILIVESTRU



multiplicare a turației, pune în mișcare un sistem 12 de generare a energiei electrice. Sistemul 12 de generare a energiei electrice împreună, dacă este cazul, cu sistemul 11 de multiplicare a turației sunt amplasate pe un suport 13 susținute de un turn 14 ancorat la sol printr-un sistem 15.

Din punct de vedere al profilului palelor 2 și 5, se pot folosi toate profilele existente funcție de specificațiile constructive ale turbinei, astfel toate palele existente ce funcționează pe principiul forțelor portante, cu profile normale, cu sisteme de control pasiv a curgerii pe palele, cu winglet-uri, etc. pot fi integrate unuia sau mai multor rotoare ale turbinei.

Turbina eoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice, conform invenției, demarează mai ușor și funcționează mai eficient în regimuri de viteză scăzută, datorită eliminării sau micșorării solicitărilor asimetrice de la nivelul axului sau butucului și al lagărelor, prin dispunerea a două sau mai multe rotoare astfel încât palele și brațele lor să se contrabalanseze. Pentru calcularea solicitărilor la pornire în legătură cu exemplul de turbină eoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice descris mai sus, prezentăm în fig. 27 solicitările unui ansamblu de pală - braț asupra axului și lagărelor acestuia în cazul unui rotor VAWT simplu cu număr impar de pale, comparativ cu fig. 28 și fig. 29, unde avem solicitările unui ansamblu de pale - brațe contrabalansate asupra axului central comun și al lagărelor acestuia, înainte de pornirea rotoarelor.

În cazul unui rotor VAWT simplu, așa cum este prezentat în fig. 27, avem:

F_{1n} – Rezultanta forțelor de rezistență opuse vântului de palele rotorului 1 ce se calculează cu următoarea formulă:

$$F_{1n} = \frac{1}{2} \rho c_{x1n} A_{1n} v^2$$

unde:

F_{1n} – forța de rezistență opusă vântului de a "n"-a pală din rotorul 1

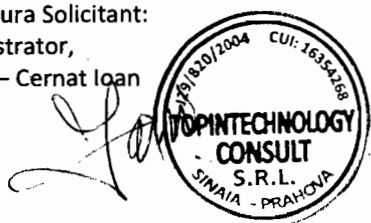
ρ – densitatea aerului în $[\text{kg}/\text{m}^3]$

A_{1n} – aria transversală a celei de a "n"-a pală din rotorul (1) în $[\text{m}^2]$

v – viteza vântului în $[\text{m}/\text{s}]$

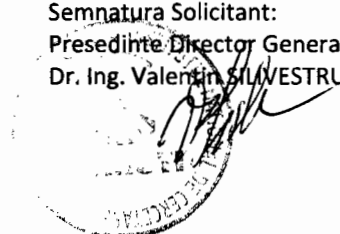
c_{x1n} – coeficient de rezistență al celei de a "n"-a pală din rotorul 1 în lungul direcției vântului, adimensional, depinde de poziția, forma și profilul palelor.

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[7]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



Se observă că forța de rezistență opusă vântului depinde de aria transversală a palelor rotorului, arie ce nu este constantă, ea depinzând de poziția palelor raportat la direcția vântului. Astfel după cum este arătat și în fig.30, aria transversală maximă apare atunci când o pală este în poziție transversală pe direcția vântului iar cea minimă apare atunci când o pală este în poziție longitudinală pe direcția vântului. Datorită acestei variații a ariei transversale și forța de rezistență este variabilă implicând sarcini variabile. Dacă mai luăm în considerare și faptul că vântul își poate schimba direcția atunci putem spune că sarcinile induse de vânt sunt asimetrice deoarece ele apar doar pe direcția vântului și depind de poziția palelor în raport cu aceasta. Important din punctul de vedere al solicitării este maximum forței de rezistență, adică:

$$F_{1\max} = F_{11\max} + F_{12\max} + F_{13\max}$$

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \rho c_{x11} A_{11} v^2 + \frac{1}{2} \rho c_{x12} A_{12} v^2 + \frac{1}{2} \rho c_{x13} A_{13} v^2$$

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \rho c_{x11} C_1 H_1 v^2 + \frac{1}{2} \rho c_{x12} C_1 \cos 60^\circ H_1 v^2 + \frac{1}{2} \rho c_{x13} C_1 \cos 60^\circ H_1 v^2$$

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 (c_{x11} + c_{x12} \cos 60^\circ + c_{x13} \cos 60^\circ)$$

unde:

$F_{11, 12, 13}$ – forțele de rezistență ce apar la nivelul celor trei pale 2 ale rotorului 1

C_1 – coarda palelor 2 rotorului 1

H_1 – înălțimea palelor 2 rotorului 1

Se observă că c_{x11} reprezintă de fapt coeficientul de rezistență al extradadosului palelor 2 rotorului 1 atunci când acestea sunt dispuse transversal pe direcția vântului, pe care îl notăm C_{xe1} , iar în poziția de maxim celelalte două pale 2 ale rotorului 1 sunt dispuse în oglindă sub același unghi cu intradosul expus acțiunii vântului, deci:

$$c_{x12} = c_{x13}$$

și reprezintă coeficientul de rezistență al intradosului palelor 2 rotorului 1 dispuse sub un unghi de 60° față de direcția vântului, notate c_{xi1} .

Astfel avem:

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 c_{xe1} + 2 \frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 c_{xi1} \cos 60^\circ$$

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 c_{xe1} + \rho C_1 H_1 v^2 c_{xi1} \cos 60^\circ$$

$$F_{1\max} = \frac{1}{2} c_{xe1} \rho C_1 H_1 v^2 + \frac{1}{2} c_{xi1} \rho C_1 H_1 v^2$$

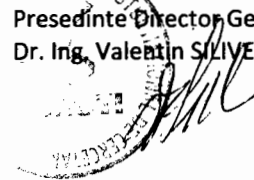
$$F_{1\max} = \frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 (c_{xe1} + c_{xi1})$$

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[8]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILIVESTRU



12

Sarcinile induse de acțiunea vântului asupra rotorului 1 sunt momentele de încovoiere pe care le generează forța de rezistență a rotorului asupra axului central 8 sau butucului 7 și lagărelor 9 și 10 ale acestora.

$$M_1 = F_1 h_1$$

unde:

F_1 – rezultanta forțelor de rezistență opuse vântului de palele rotorului 1 sau forța de rezistență a rotorului 1

h_1 – distanța de la brațele 3 rotorului 1 la lagărele 10 axului central 8, sau în cazul montajului pe butucul 7 reprezintă înălțimea lagarului 9.

În cazul turbinei eoliene cu ax vertical multitoror fără sarcini asimetrice, avem conform fig. 28 și 29, următoarea situație:

F_1, F_4 – Rezultantele forțelor de rezistență opuse de palele rotoarelor 1 respectiv 4 sau Forța de rezistență opusă vântului de rotorul 1 respectiv 4.

M_1, M_4 – momentul de încovoiere asupra axului dezvoltat de acțiunea vântului asupra rotoarelor 1 și 4

Datorită dispunerii înclinate spre sol, așa cum reiese și din fig. 28 și 29, avem:

$$F_4 = F_{4x} + F_{4y}$$

unde:

F_{4x} – rezultanta forțelor de rezistență a palelor rotorului 4 pe direcția x, direcția vântului.

F_{4y} – rezultanta forțelor de rezistență a palelor rotorului 4 pe direcția y, direcția axului central 8.

Forțele de rezistență opuse de palele 5 rotorului 4 sunt și ele variabile depinzând de poziția palelor raportat la direcția vântului. Din punctul de vedere al solicitării este importantă stabilirea rezultantei maxime, care așa cum arată fig. 31 apare în poziția descrisă în cazul rotorului VAWT simplu, de unde rezultă:

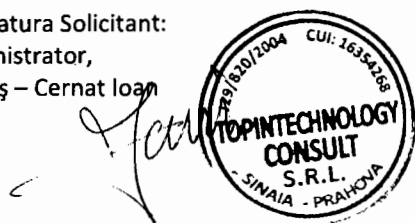
$$F_{4x\max} = F_{41x\max} + F_{42x\max} + F_{43x\max}$$

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho C_{x41} A_{41} v^2 + \frac{1}{2} \rho C_{x42} A_{42} v^2 + \frac{1}{2} \rho C_{x43} A_{43} v^2$$

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho v^2 C_{x41} A_5 \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho v^2 C_{x42} A_5 \sin \alpha \sin 60^\circ + \frac{1}{2} \rho v^2 C_{x43} A_5 \sin \alpha \sin 60^\circ$$

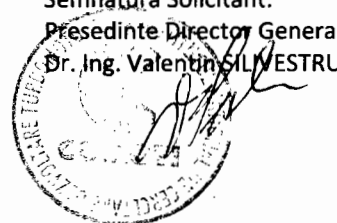
unde: A_5 – aria unei pale (5) a rotorului (4)

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[9]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



//

În cazul rotorului 4 observăm că c_{x41} reprezintă coeficientul de rezistență al intradosului palelor 5 rotorului 4 atunci când acestea sunt dispuse transversal pe direcția vântului, pe care îl notăm C_{xi4} , iar în poziția de maxim celelalte două pale 5 ale rotorului 4 sunt dispuse în oglindă sub același unghi cu extradossul expus acțiunii vântului, deci:

$$C_{x42} = C_{x43}$$

și reprezintă coeficientul de rezistență al extradossului palelor 5 rotorului 4 dispuse sub un unghi de 60° față de direcția vântului, notate c_{xe4} .

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho v^2 c_{xi4} A_5 \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho v^2 c_{xe4} A_5 \sin \alpha \cos 60^\circ + \frac{1}{2} \rho v^2 c_{xe4} A_5 \sin \alpha \cos 60^\circ$$

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + 2 c_{xe4} \cos 60^\circ)$$

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho c_{xi4} v^2 A_5 \sin \alpha + \rho c_{xe4} v^2 A_5 \sin \alpha \cos 60^\circ$$

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho c_{xi4} v^2 A_5 \sin \alpha + \frac{1}{2} \rho c_{xe4} v^2 A_5 \sin \alpha$$

$$F_{4x\max} = \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4})$$

Pentru

$$F_{4y\max} = F_{41y\max} + F_{42y\max} + F_{43y\max}$$

$$F_{4y\max} = F_{41x\max} \operatorname{tg} \alpha + F_{42x\max} \operatorname{tg} \alpha + F_{43x\max} \operatorname{tg} \alpha$$

$$F_{4y\max} = (F_{41x\max} + F_{42x\max} + F_{43x\max}) \operatorname{tg} \alpha$$

$$F_{4y\max} = F_{4x\max} \operatorname{tg} \alpha$$

$$F_{4y\max} = \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) \operatorname{tg} \alpha$$

Din fig. 28 și 29 rezultă că momentul M_1 ce acționează asupra axului este amplificat de componenta M_{4x} și contrabalansat de momentul M_{4y} , generat de forțele de rezistență ce apar pe intradosul și extradossul palelor 5 rotorului 4, astfel încât asupra axului central 8 sau a butucului 7 și a lagărelor acestora 9 și 10 nu mai apar sarcini.

$$M_1 + M_{4x} = M_{4y}$$

$$F_1 h_1 + F_{4x} h_4 = F_{4y} b$$

unde:

h_4 - distanța de la punctul de aplicare a forțelor de rezistență a palelor 5 la lagărele 10 axului central 8, sau în cazul montajului pe butucul 7 reprezintă înălțimea lagarului 9.

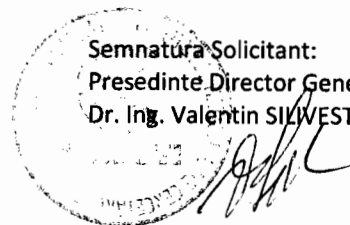
b - brațul forțelor de rezistență a palelor 5 adică distanța de la punctul de aplicare a forțelor de rezistență a palelor 5 la axul central 8.

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș - Cernat Ilean



[10]

Semnatura Solicitant:
Presedinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



$$M_{1\max} + M_{4x\max} = M_{4y\max}$$

$$F_{1\max} h_1 + F_{4x\max} h_4 = F_{4y\max} b$$

$$\frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 (c_{xe1} + c_{xi1}) h_1 + \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) h_4 = \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) b \operatorname{tg} \alpha$$

$$C_1 H_1 (c_{xe1} + c_{xi1}) h_1 + A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) h_4 = A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) b \operatorname{tg} \alpha$$

În concluzie pentru a elimina sarcinile asimetrice înainte ca rotoarele să înceapă să se rotească, dimensiunile paletelor rotoarelor 1 și 4 precum și valoarea unghiului de înclinare α a paletelor 5 rotorului 4, trebuie să respecte egalitatea de mai sus. În mod similar se determină relația de egalitate și pentru cazul în care avem mai multe rotoare.

În momentul începerii rotirii, se manifestă în mod mai pregnant forțele generate de profilul aerodinamic al paletelor rotoarelor, așa cum sunt reliefate în fig.32, acestea suprapunându-se peste cele menționate anterior. Forțele de tracțiune și cele de rezistență la înaintare asigură învârtirea rotoarelor, iar cele de portanță, în cazul rotorului 1 se anulează reciproc, iar în cazul rotorului 4 datorită înclinării acestuia cu unghiul α , apar componente radiale care se anulează reciproc și componente pe direcția y, care funcție de curbura pozitivă sau negativă a profilului aerodinamic al paletelor au sensul în sus contribuind la diminuarea solicitărilor induse de greutatea ansamblului de rotoare, sau sensul în jos accentuând solicitările induse de greutatea ansamblului de rotoare.

Revendicare

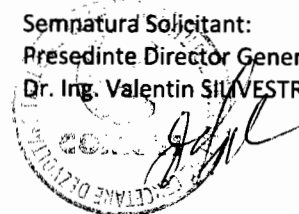
Turbină eoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice, alcătuită dintr-un ax central (8) prevăzut cu niște brațe de susținere (6), ax central (8) care prin intermediul unui sistem (11) de multiplicare a turației pune în mișcare un sistem (12) de generare a energiei electrice amplasat pe un suport (13) și susținut de un turn (14) ancorat la sol printr-un sistem (15), caracterizată prin aceea că are în compunere unul sau mai multe rotoare (1) clasice coaxiale prevăzute cu un număr impar de pale (2), montate pe niște brațe de susținere (3) și unul sau mai multe rotoare (4) de contrabalansare coaxiale, prevăzute cu același număr de pale (5) ca și rotorul/rotoarele (1) pe care le contrabalansează, acestea fiind montate pe niște brațe de susținere (6) ce sunt dispuse în lungul brațelor (3) de susținere și care sunt montate solidar cu

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[11]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



$$M_{1\max} + M_{4x\max} = M_{4y\max}$$

$$F_{1\max} h_1 + F_{4x\max} h_4 = F_{4y\max} b$$

$$\frac{1}{2} \rho C_1 H_1 v^2 (c_{xe1} + c_{xi1}) h_1 + \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) h_4 = \frac{1}{2} \rho v^2 A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) b \operatorname{tg} \alpha$$

$$C_1 H_1 (c_{xe1} + c_{xi1}) h_1 + A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) h_4 = A_5 \sin \alpha (c_{xi4} + c_{xe4}) b \operatorname{tg} \alpha$$

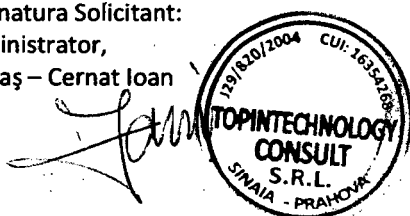
În concluzie pentru a elimina sarcinile asimetrice înainte ca rotoarele să înceapă să se rotească, dimensiunile palelor rotoarelor 1 și 4 precum și valoarea unghiului de înclinare α a palelor 5 rotorului 4, trebuie să respecte egalitatea de mai sus. În mod similar se determină relația de egalitate și pentru cazul în care avem mai multe rotoare.

În momentul începerii rotirii, se manifestă în mod mai pregnant forțele generate de profilul aerodinamic al palelor rotoarelor, așa cum sunt reliefate în fig.32, acestea suprapunându-se peste cele menționate anterior. Forțele de tracțiune și cele de rezistență la înaintare asigură învârtirea rotoarelor, iar cele de portanță, în cazul rotorului 1 se anulează reciproc, iar în cazul rotorului 4 datorită înclinării acestuia cu unghiul α , apar componente radiale care se anulează reciproc și componente pe direcția y , care funcție de curbura pozitivă sau negativă a profilului aerodinamic al palelor au sensul în sus contribuind la diminuarea solicitărilor induse de greutatea ansamblului de rotoare, sau sensul în jos accentuând solicitările induse de greutatea ansamblului de rotoare.

Revendicare

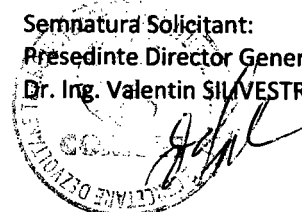
Turbină eoliană cu ax vertical multirotor fără sarcini asimetrice, alcătuită dintr-un ax central (8) prevăzut cu niște brațe de susținere (6), ax central (8) care prin intermediul unui sistem (11) de multiplicare a turației pune în mișcare un sistem (12) de generare a energiei electrice amplasat pe un suport (13) și susținut de un turn (14) ancorat la sol printr-un sistem (15), caracterizată prin aceea că are în compunere unul sau mai multe rotoare (1) clasice coaxiale prevăzute cu un număr impar de pale (2), montate pe niște brațe de susținere (3) și unul sau mai multe rotoare (4) de contrabalansare coaxiale, prevăzute cu același număr de pale (5) ca și rotorul/rotoarele (1) pe care le contrabalansează, acestea fiind montate pe niște brațe de susținere (6) ce sunt dispuse în lungul brațelor (3) de susținere și care sunt montate solidar cu

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[11]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



acestea pe un butuc (7) ce este la rândul lui montat prin intermediul unor lagăre (9) pe axul central (8) al turbinei care este fixat prin intermediul unor lagăre (10), palele (2) și (5) rotoarelor (1) și (4) fiind dispuse pe direcții diferite raportat la brațele de susținere (3) și (6) ale acestora, astfel palele (2) sunt montate vertical, perpendicular pe brațele (3), într-o direcție paralelă cu axul central (8), iar palele (5) sunt montate în lungul brațelor (6) înclinate spre sol, în urma captării vântului de către palele (2) și (5), rotoarele (1) și (4) se rotesc antrenând butucul (7) sau axul central (8) care în mod direct sau prin intermediul unui sistem (11) de multiplicare a turației, pune în mișcare un sistem (12) de generare a energiei electrice.

acestea pe un butuc (7) ce este la rândul lui montat prin intermediul unor lagăre (9) pe axul central (8) al turbinei care este fixat prin intermediul unor lagăre (10), palele (2) și (5) rotoarelor (1) și (4) fiind dispuse pe direcții diferite raportat la brațele de susținere (3) și (6) ale acestora, astfel palele (2) sunt montate vertical, perpendicular pe brațele (3), într-o direcție paralelă cu axul central (8), iar palele (5) sunt montate în lungul brațelor (6) înclinată spre sol, în urma captării vântului de către palele (2) și (5), rotoarele (1) și (4) se rotesc antrenând butucul (7) sau axul central (8) care în mod direct sau prin intermediul unui sistem (11) de multiplicare a turației, pune în mișcare un sistem (12) de generare a energiei electrice.

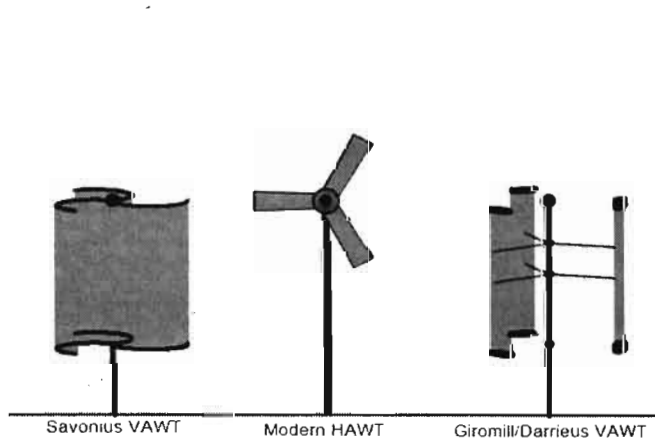


Fig. 1.

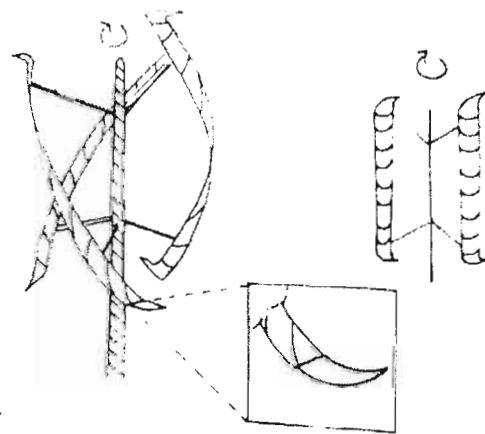


Fig. 2.

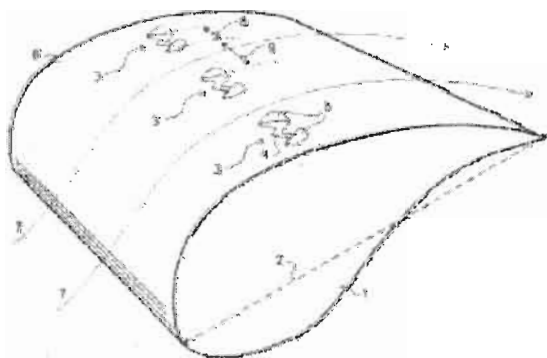


Fig. 3.

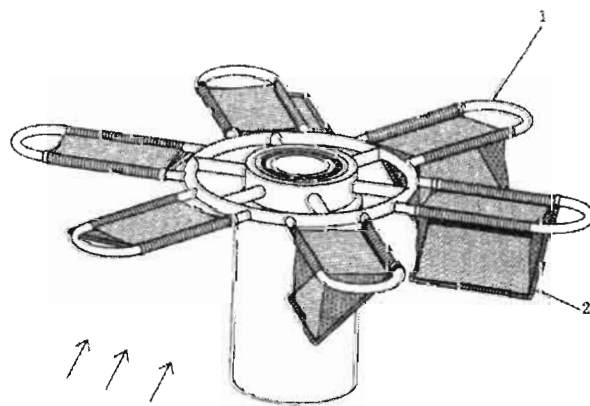
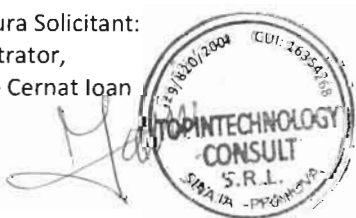


Fig. 4.

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[12]

Semnatura Solicitant:
Presedinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



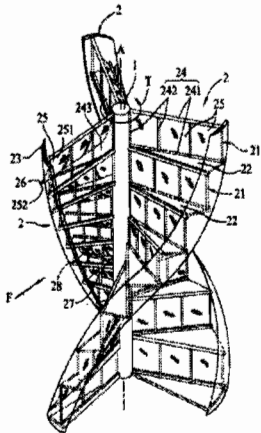


Fig. 5.

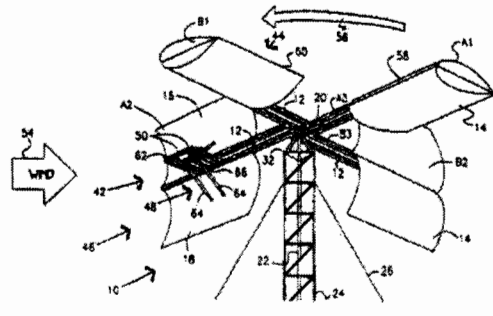


Fig. 6.

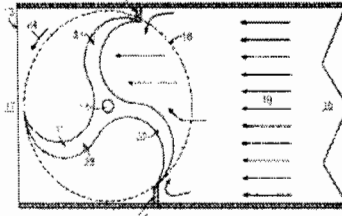


Fig. 7.

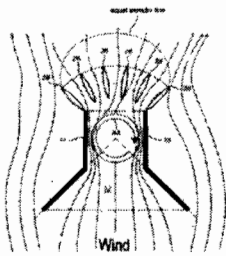


Fig. 8.

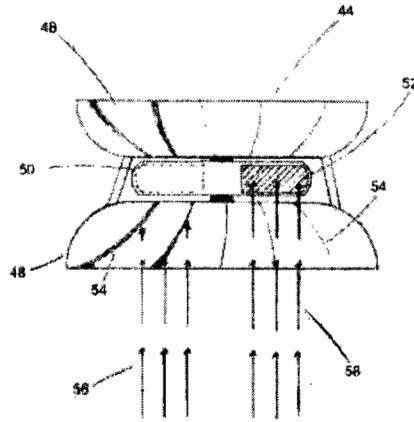


Fig. 9.

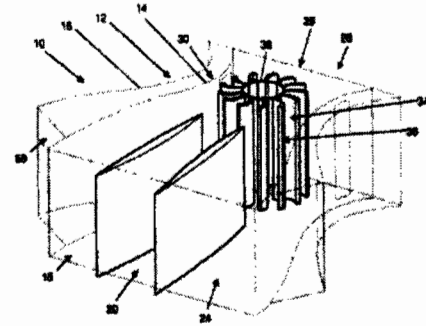


Fig. 10.

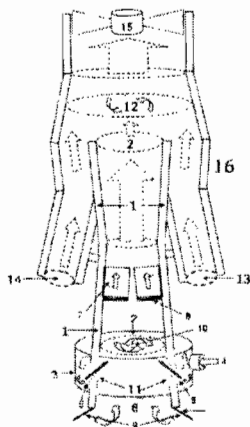


Fig. 11.

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan

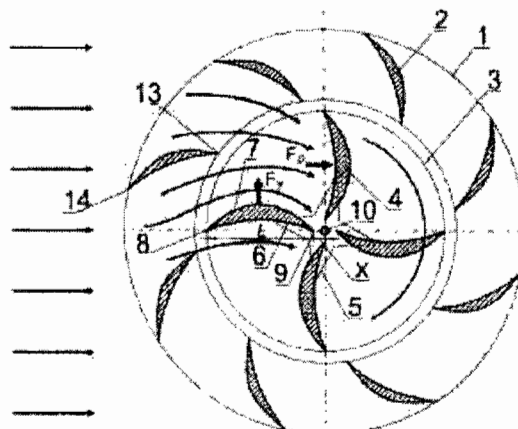
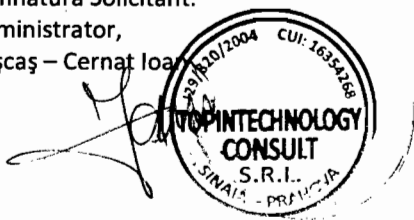


Fig. 12.

Semnatura Solicitant:
Presedinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU

7

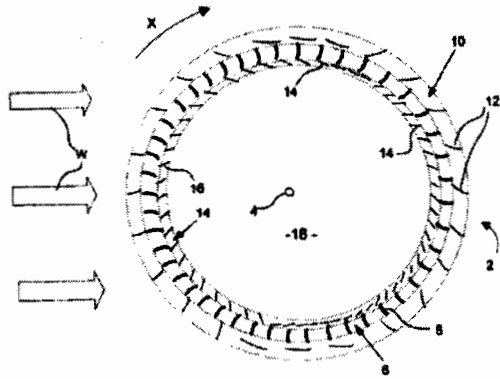


Fig. 13.

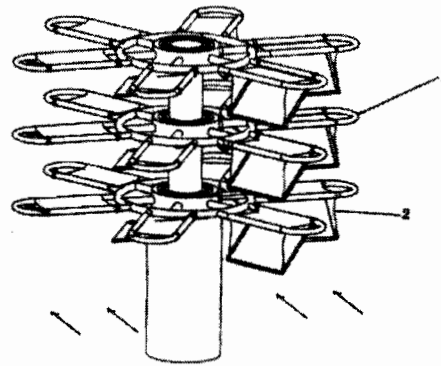


Fig. 14.

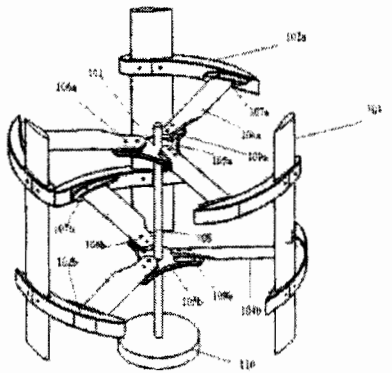


Fig. 15.

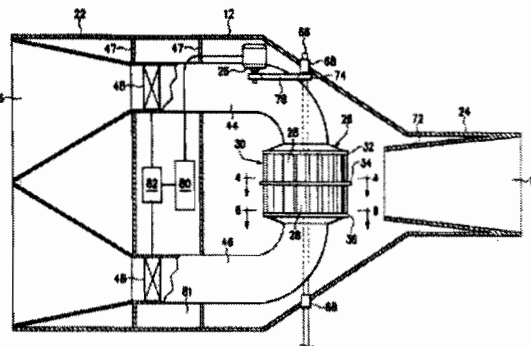


Fig. 16.

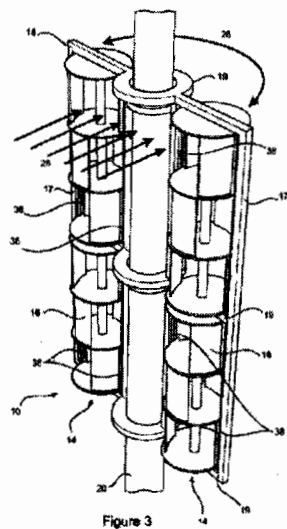


Fig. 17.

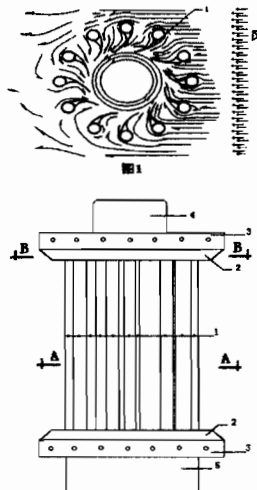


Fig. 18.

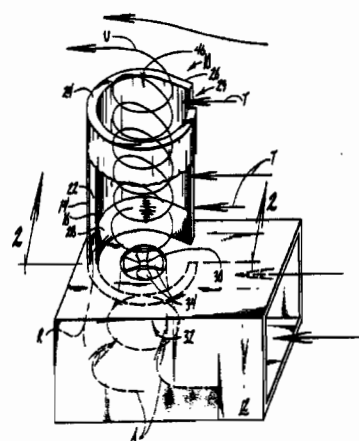
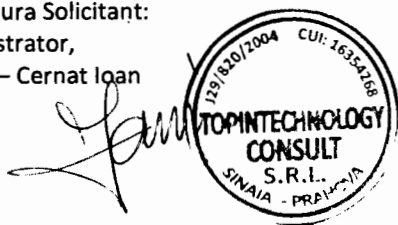


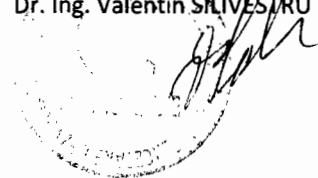
Fig. 19.

Semnatura Solicitant:
 Administrator,
 Pușcaș – Cernat Ioan



[14]

Semnatura Solicitant:
 Presedinte Director General,
 Dr. Ing. Valentin SILIVESTRU



6

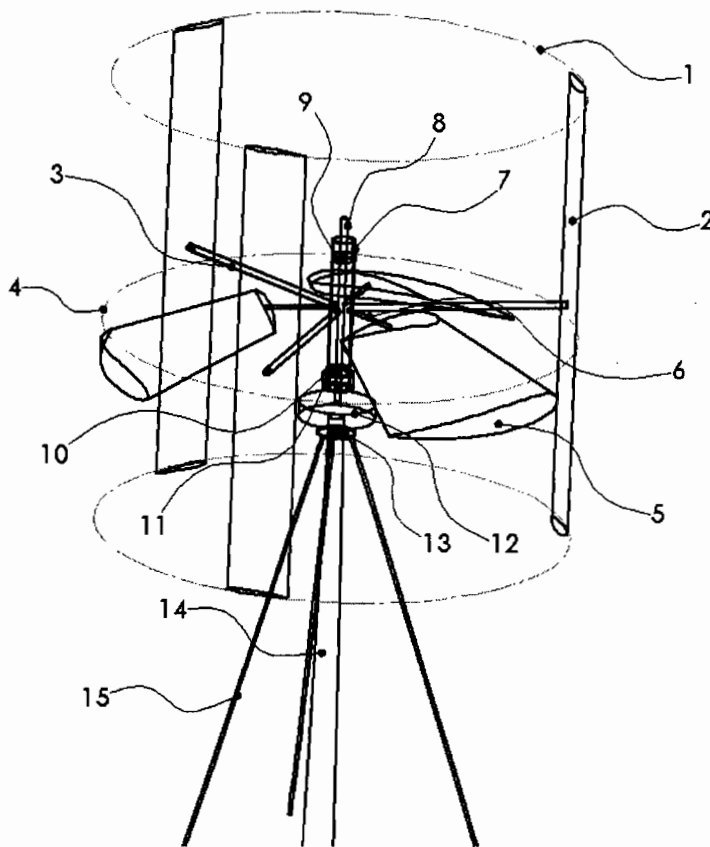


Fig.20

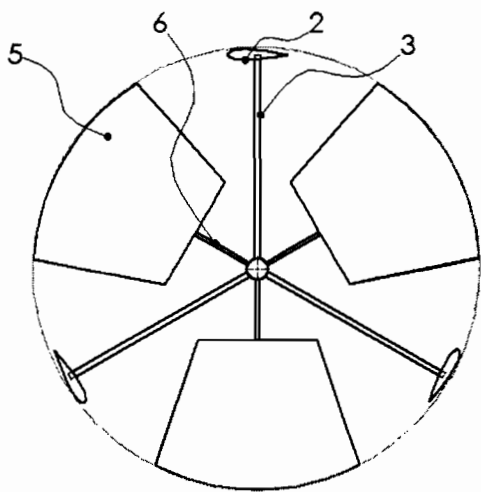


Fig.21

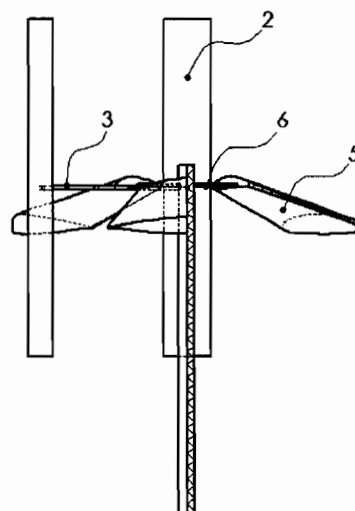
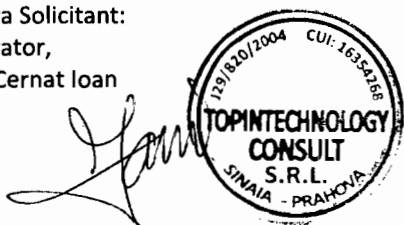


Fig.22

Semnatura Solicitant:
 Administrator,
 Pușcaș – Cernat Ioan



[15]

Semnatura Solicitant:
 Presedinte-Director General,
 Dr. Ing. Valentin SIVESTRU



5

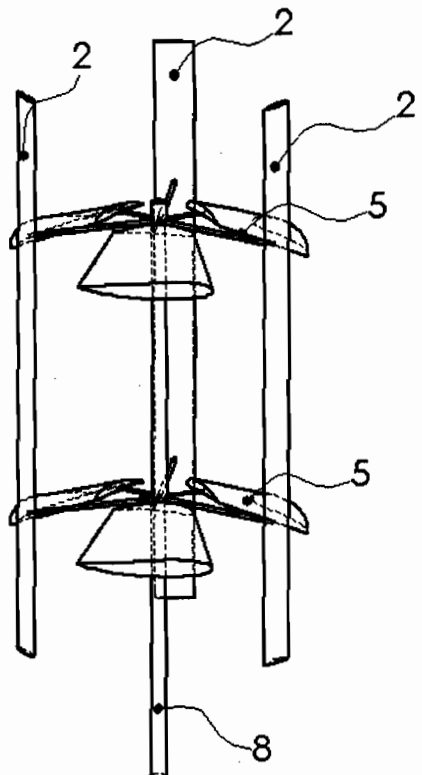


Fig.23

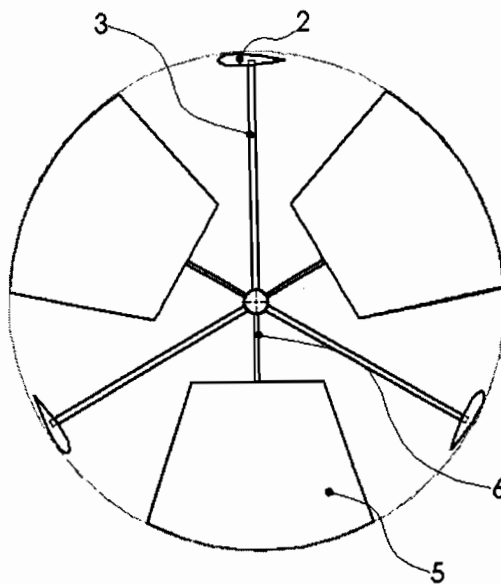


Fig.24.

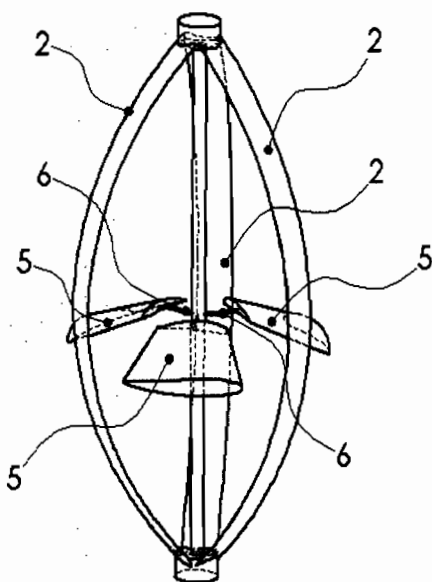


Fig.25

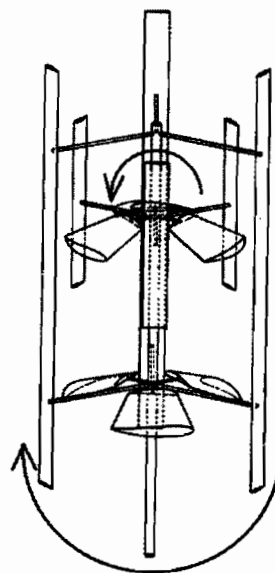
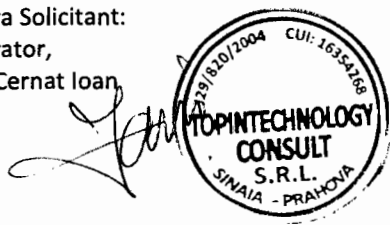


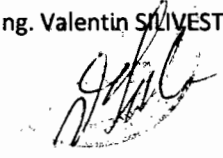
Fig.26

Semnatura Solicitant:
 Administrator,
 Pușcaș – Cernat Ioan



[16]

Semnatura Solicitant:
 Presedinte Director General,
 Dr. Ing. Valentin SILIVESTRU



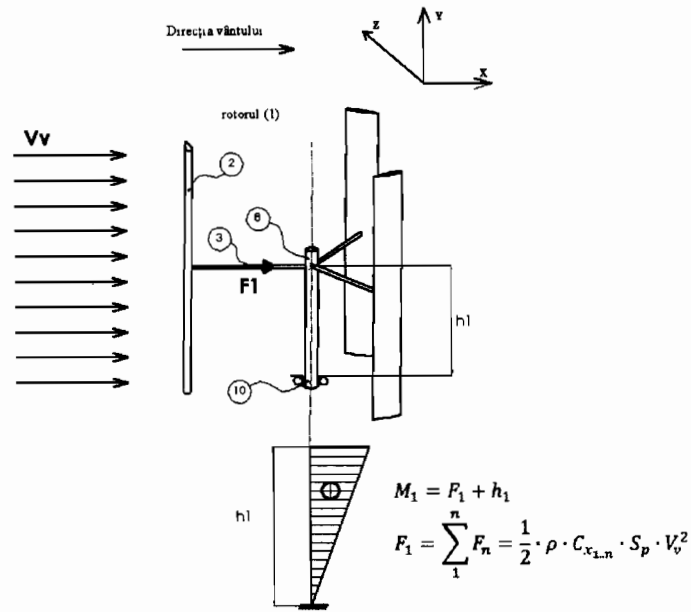


Fig.27

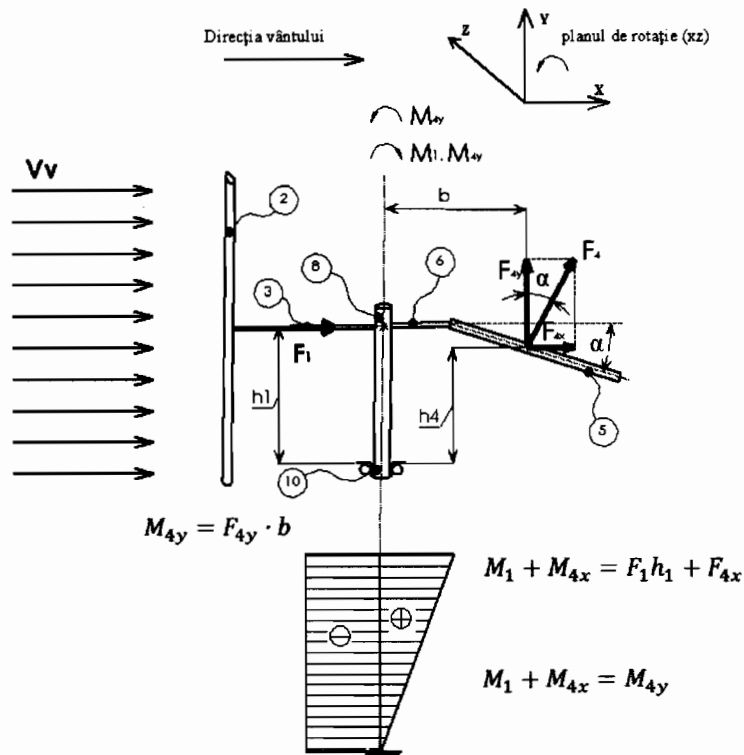
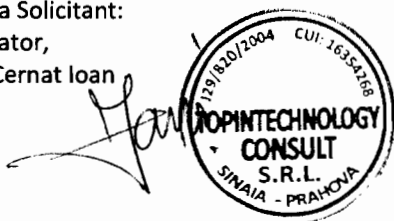


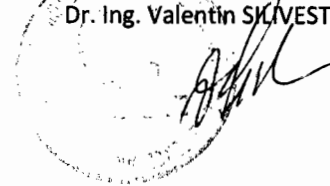
Fig.28

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[17]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



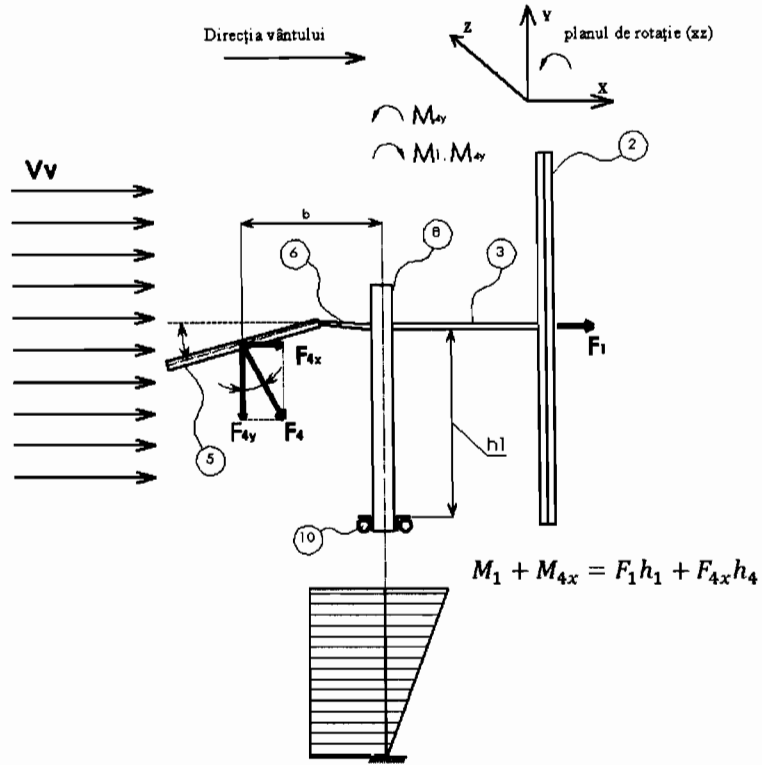


Fig.29

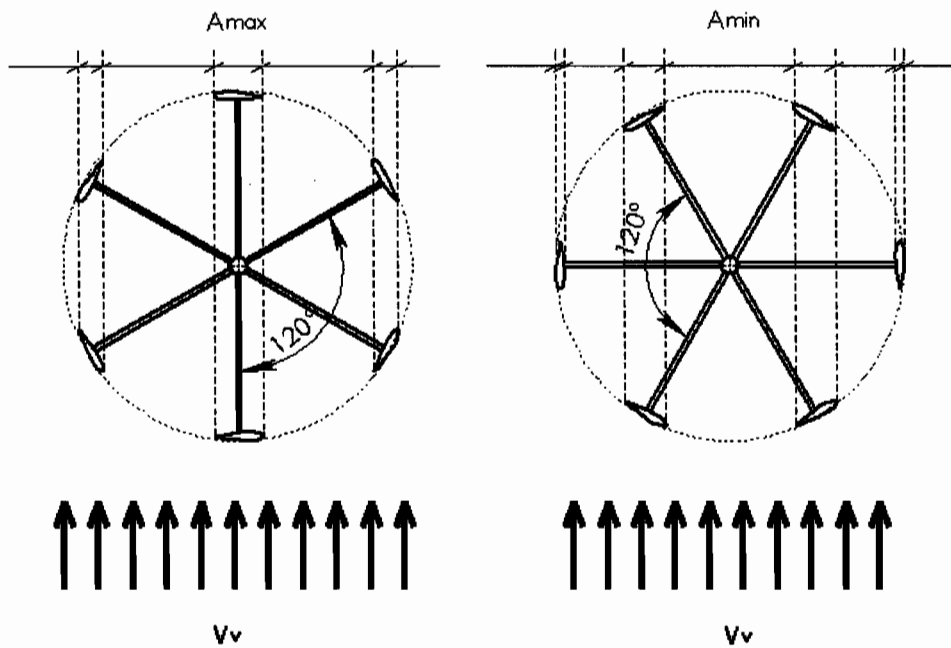
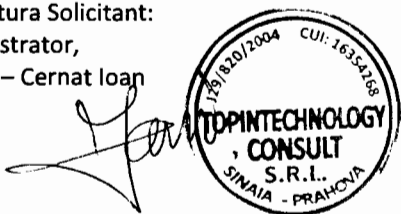


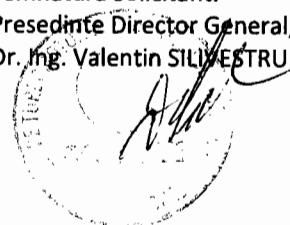
Fig.30

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[18]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILVESTRU



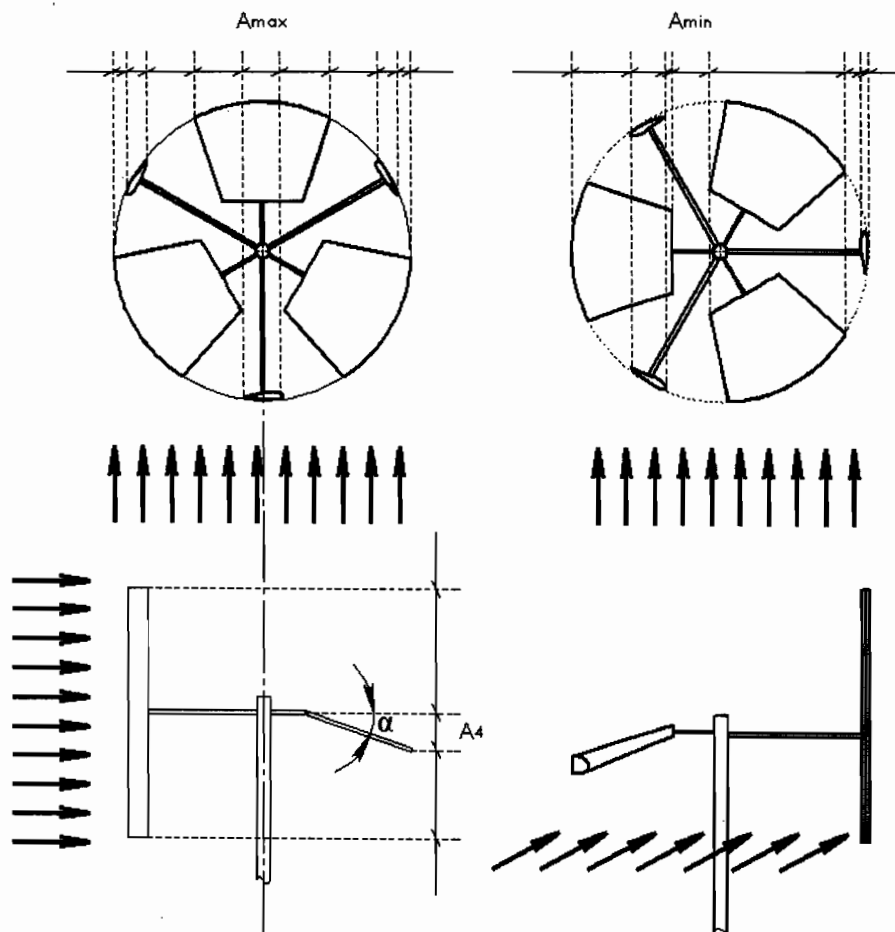


Fig.31

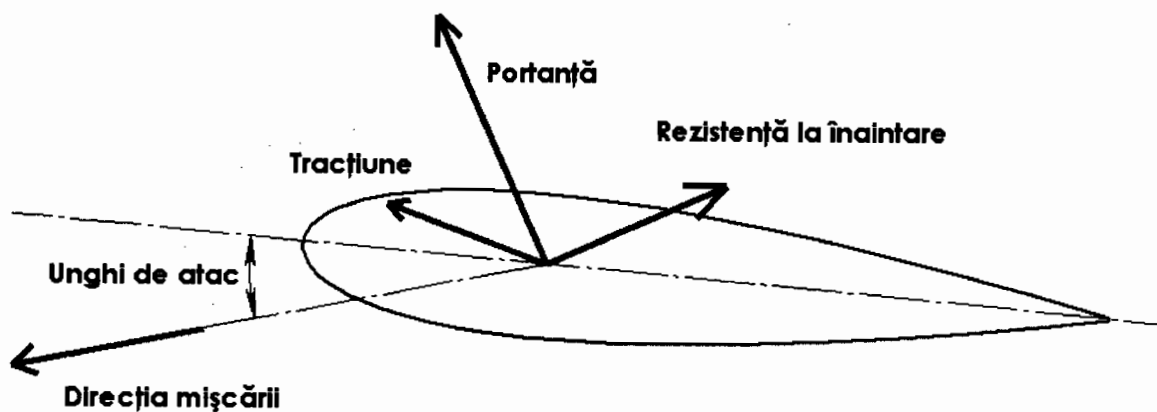


Fig.32

Semnatura Solicitant:
Administrator,
Pușcaș – Cernat Ioan



[19]

Semnatura Solicitant:
Președinte Director General,
Dr. Ing. Valentin SILIVESTRU

