

METODE DE MĂRIRE A EFICIENȚEI ȘI CREȘTERE A TRACȚIUNII SISTEMELOR DE ELICI ȘI ROTOARE COMPUSE

Ing. Traian TOMESCU, Ing. Tudor-Mihai TOMESCU

Sucursala AGIR Brașov

REZUMAT. Lucrarea prezintă principiul elicelor sau rotoarelor compuse care permite realizarea unei tracțiuni mărite cu 20-25% datorită interacțiunii fluxurilor celor trei, patru sau mai multe elici sau rotoare din cadrul sistemului compus. Acest principiu a fost prezentat pentru prima dată în lume în cadrul comunicării "Procedee de tracțiune și sustentație cu sisteme de elici sau rotoare compuse" autori Ing. Traian Tomescu și Ing. Tudor Mihai Tomescu la sesiunea de comunicări a sucursalei AGIR – Brașov "Creativitate, invenție, robotică" din iulie 1999 publicată în Buletinul AGIR nr. 2/2000 –aprilie-iunie. De atunci până în prezent progresele tehnologice în domeniul acționării elicelor sau rotoarelor cu motoare electrice și dezvoltarea unor echipamente electronice care permit comanda și controlul prin stații de radiocomandă și calculatoare au permis dezvoltarea unui mare număr de aeronave pilotate de la sol prin radiocomandă U.A.V. –Vehicol aerian fără pilot la bord (Unmanned Aerial Vehicle) și extinderea utilizărilor acestora în scopuri militare sau civile (ex. Fotografii și filmări aeriene).

Cuvinte cheie: U.A.V., forțe aerodinamice, tracțiune, sustentație.

ABSTRACT. The paper presents the principle of composite propellers or rotors allow traction increased by 20-25% due to the interaction flow three, four or more propellers or rotors of the combined system. This principle was first presented to the world in the Communication "Procedures traction and lifting systems propellers or rotors composed" at the session of the subsidiary AGIR - Brasov "Creativity, invention, robotics" dun July 1999 and published in Bulletin AGIR nr. 2/2000-April to June. Since then to date technological advances in drive propellers or rotors of electric motors and electronic devices that enable the development of command and control by radio control stations and computers have enabled the development of a large number of aircraft flown by remote control from the ground U.A.V. - UAV unmanned air -Vehicol board (Unmanned Aerial Vehicle) and expanding their use in military or civilian purposes (eg. Photos and aerial filming).

Keywords: U.A.V., aerodynamic forces, traction, lifting.

Este cunoscut că în cazul unor elici sau rotoare tracțiunea variază cu pătratul turației și cu diametrul la puterea a patra. Pentru a se evita atingerea regimului de viteze apropiat de viteza sunetului la vârful elicilor sau palelor, regim care conduce la apariția undelor de șoc putând sistruga elicea sau pala, se limitează turația elicelor sau rotoarelor reducând randamentul acestora. Soluția nouă propusă de noi, a făcut posibilă eliminarea acestor dezavantaje prin reducerea diametrelor elicelor sau rotoarelor și includerea mai multor elici sau rotoare în cadrul unui sistem compus din mai multe elici sau rotoare acționând interdependent.

Soluția a fost prezentată pentru prima dată în lume în cadrul comunicării "Procedee de tracțiune și sustentație cu sisteme de elici sau rotoare compuse" autori Ing. Traian Tomescu și Ing. Tudor Mihai Tomescu la sesiunea de comunicări a sucursalei AGIR – Brașov "Creativitate, invenție, robotică" din iulie 1999 și publicată în Buletinul AGIR nr. 2/2000 –aprilie-iunie.

De atunci până în prezent progresele tehnologice în domeniul acționării elicelor sau rotoarelor cu motoare electrice și dezvoltarea unor echipamente

electronice care permit comanda și controlul prin stații de radiocomandă și calculatoare au permis dezvoltarea unui mare număr de aeronave pilotate de la sol prin radiocomandă U.A.V. – Vehicol aerian fără pilot la bord (Unmanned Aerial Vehicle) și extinderea utilizărilor acestora în scopuri militare sau civile (ex. Fotografii și filmări aeriene sau atacul obiectivelor la sol sau în aer).

Ansamblul acestor elici sau rotoare formează elici sau rotoare compuse la care comanda pentru înclinarea planului elicelor sau rotoarelor se poate realiza prin modificarea pasului sau a turației în mod diferit la elicile sau rotoarelor care fac parte din sistemul compus. Se știe că cel puțin trei puncte determină un plan iar rezultanta forțelor de tracțiune ale fiecărei elici sau rotor are punctul de aplicație și direcția pe axa de rotație a elicei sau rotorului. Rezultă că pentru un sistem compus de elici sau rotoare sunt necesare minim trei elici sau rotoare în axa cărora acționează trei forțe de tracțiune prin a căror însumare se obține tracțiunea rezultantă care va determina mișcarea și traiectoria aeronavei cu sisteme compuse de elici sau rotoare. Din determinările

experimentale am constatat că valoarea rezultantei este mai mare ca urmare a interacțiunii dintre fluxurile de aer produse de elicele sau rotoarele din sistemul compus.

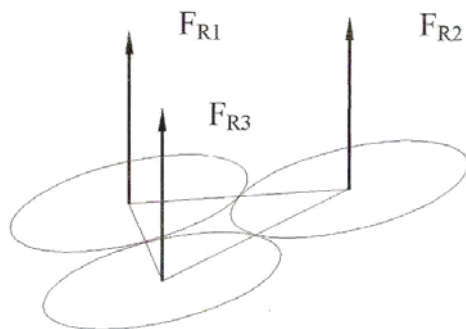


Fig. 1. Principiul elicelor sau rotoarelor compuse.

Determinările experimentale proprii au condus la relația

$$F_R = F_{R1} + F_{R2} + F_{R3} + \Delta F_R$$

în care ΔF_R reprezintă suplimentul de forță aerodinamică datorat interacțiunii dintre cele trei elice sau rotoare, creșterea fiind de 20-25%.

Pentru cazul în care $F_1 = F_2 = F_3$ punctul de aplicare al forțelor rezultante F_R este determinat de intersecția liniilor perpendiculare duse din cele trei puncte de aplicare ale forțelor pe laturile opuse ale triunghiului. Forța rezultantă F_R se află în acest caz pe axa de tracțiune iar mișcarea aeronavei va avea această direcție a forței rezultante corelată și cu restul forțelor aerodinamice care acționează asupra aeronavei.

Dacă valorile forțelor sunt diferite punctul de aplicare determinat în corelare cu valorile respective se va situa în afara axei inițiale a tracțiunii și va produce un moment care determină rotirea planului format de punctele 1, 2 și 3 realizând astfel modificarea traiectoriei aeronavei. Astfel prin utilizarea sistemelor de elice sau rotoare compuse se obține pe lângă o mărire cu 20-25% a tracțiunii și un control al traiectoriei aeronavei fără a fi necesare profundori și direcție la avioane sau comanda de variație ciclică a pasului palelor rotoarelor elicopterelor.

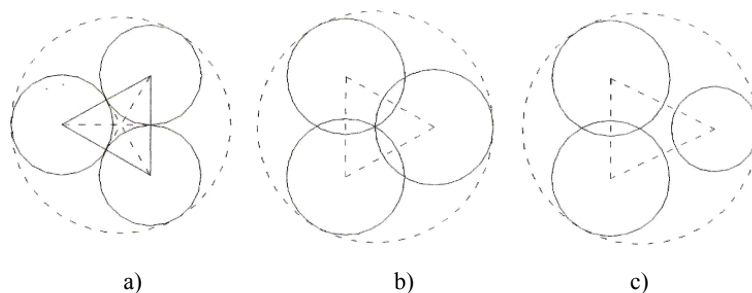


Fig. 2. Variante de compunere a elicelor sau rotoarelor în cazul unor tricoptere.

- a) sistem compus din trei elice sau rotoare tangente; b) sistem compus din trei elice sau rotoare care se intersectează; c) sistem compus din trei elice sau rotoare din care două se intersectează și una este exterioară.

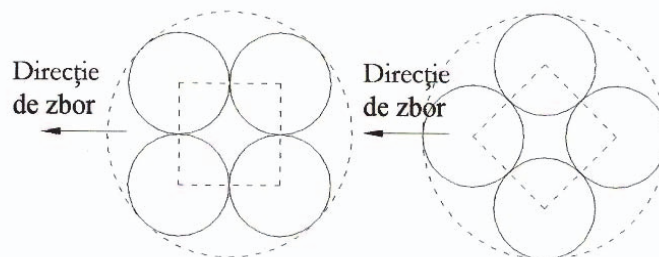


Fig. 3. Sisteme compuse din patru elice sau rotoare de tip Quatrocopter.

Se pot utiliza elice sau rotoare cu diametre identice dar și cu diametre diferite iar dispunerea poate fi tangent, cu interferențe, exterioară cu distanțe diferite între discurile elicelor sau rotoarelor sau combinații ale acestora.

Numărul de elice sau rotoare din sistemul compus poate fi 3, 4, 5, 6, 7, 8, ... etc., fiind posibile și sisteme compuse complexe formate la rândul lor din mai multe sisteme compuse.

Una dintre caracteristicile acestor sisteme compuse este că permit modularizarea și pot asigura

o gamă largă de variante care asigură un grad mare de flexibilitate acestor sisteme.

Dintre avantajele sistemelor de tracțiune sau sustentare compuse se pot enumera:

- permit turatii marite ca urmare a reducerii diametrelor evitand regimurile de viteza de la varful palelor apropiate de viteza sunetului;
- simplifica construcția și reduce greutatea și costurile inclusive cele de intretinere;
- permit modularizarea asigurand o mare flexibilitate în asigurarea tracțiunii sau sustentatiei;

METODE DE MĂRIRE A EFICIENȚEI ȘI CREȘTERE A TRACȚIUNII SISTEMELOR DE ELICI

– este posibilă realizarea unor randamente mai mari și o eficiență sporită prin utilizarea de turatii mai mari;

– se pot atinge viteze de zbor mai mari cu un consum mai mic de energie fiind posibilă utilizarea de motoare electrice;

– este posibilă modificarea ușoară a punctului de aplicatie a rezultantei forțelor de tracțiune sau sustentatie prin variația turatiei și prin aceasta face posibil un sistem complet nou de comanda și control în zborul aeronavelor.

Tracțiunea: $T = C_T \times \rho \times n^2 \times D^2 \times D^2$, unde C_T este coeficientul de tracțiune, ρ densitatea aerului, n turatia și D diametrul elicei sau rotorului.

Puterea: $P = C_P \times \rho \times n^3 \times D^2 \times D^3$, unde C_P este coeficientul de putere.

Randamentul este raportul dintre tracțiune și putere deci $\eta = C_T / C_P (1/n X_d)$

Știind că viteza tangentială la varful palei este $v = \pi \times n \times D$ rezulta că randamentul rotorului crește cu micșorarea acestei viteze deci pentru o turatie a elicei sau rotorului data micșorarea diametrului D va avea ca efect mărirea randamentului.

Coeficientul de calitate al unui rotor la punct fix este dat de relația: $C = T/P \times \sqrt{2} \times \rho \times S$ unde S reprezintă suprafața discului rotorului.

Pentru o tracțiune data de relația $T = \int S_0 \times \rho \times v^2 \times ds$ și o putere data de relația $P = \int S_0 \times \rho \times v^2 \times ds$ se ajunge la $T = \rho \times S_0 \times v_0^2$ și $P = \rho/2 \times S_0 \times v_0^3$.

Coeficientul de calitate al rotorului devine $C = \sqrt{2} \times v$ unde $v = S_0/S$ este raportul suprafețelor de referință a discului rotor în care S_0 și S sunt suprafețele circulare ale fluxurilor de curent din secțiunea rotorului și din aval de rotor raportul fiind subunitar astfel că în cazul unei strangulari a fluidului corespunzătoare valorii raportului $v = S_0/S = 0,5$ coeficientul de calitate al rotorului va fi $C = \sqrt{2} \times 0,5 = 0,707$ iar pentru a obține un coeficient de calitate apropiat de valoarea unitară ar trebui ca valoarea raportului $v = S_0/S$ să fie cât mai aproape de $1/\sqrt{2}$ sau $0,709$.

Un Micro Vehicul Volant (MVV) cu patru rotoare fiecare cu diametrul de 65 cm a fost realizat

în Germania la München în perioada 1999-2003 de Corporate Research Center (CRC) din cadrul Defence and Security System. Așa cum rezultă din articolul lui Frederic Castel publicat în revista Planet Aerospace Nr. 4/2003 Quattrocopterul de 550 grame cu patru micromotoare electrice avea o autonomie de 20 minute și raza de acțiune 1000 m.

În perioada 2004-2005 în China s-au realizat după licența Silverlit Toys Manufactory Ltd. cu sediul la Nürnberg în Germania un quattrocopter denumit X-UFO cu distanța de zbor radiocomandat de 100 m cu stație de radiocomandă cu frecvența 27,195 MHz care a câștigat premiul Toy Innovation 2005. Tot în China din 2015 în licența Carrera RC Power Force importator Stadlbauer Marketing din Salzburg, Austria se realizează două tipuri de quattrocopter cu stații de radiocomandă cu patru canale și frecvența 2,4 GHz care au și o funcție de zbor acrobatic executând looping 2D

Progresul tehnologic în domeniul realizării dronelor de tip multicopter se poate ilustra prin evoluția în timp a tehnologiilor privind realizarea unor componente ale acestor aeromodele. Astfel stațiile de radiocomandă a căror frecvențe au evoluat de la domeniile 27 MHz, 35 MHz sau 40 MHz la începuturi și care aveau dezavantajul că se puteau interfera la frecvența de 2,4 GHz care nu mai prezintă fenomene de interferență. Și raza de acțiune sau "bătăia" stațiilor de radiocomandă s-a mărit de la 100-1.000 m pentru jucării la câțiva kilometri pentru aeromodele sau drone multicopter profesionale pentru utilizări civile sau zeci până la sute de kilometri pentru utilizări militare.

Utilizarea unor noi tipuri de baterii cu celule tradiționale de tipul Li-ion sau cu celule Li Polymer. Diferența dintre bateriile Li-ion și Li-Polymer "Lithium" este cel mai ușor metal, are cel mai grozav potențial electrochimic și furnizează cea mai mare densitate de energie în raport cu greutatea. Chiar dacă nu mai prezintă aceeași densitate înaltă, este mult mai sigură și se încadrează în parametrii de siguranță în privința încărcării și descărcării acesteia.



Fig. 4. Quattrocopter MVV cu patru rotoare fiecare cu diametrul de 65 cm realizat în Germania la München în perioada 1999-2003 de Corporate Research Center (CRC) din cadrul Defence and Security System.



Fig. 5. Quadcopter X-UFO (stg.) realizat în China în anul 2005 după licența Silverlit Toys Manufactory Ltd. cu sediul la Nürnberg în Germania și Quadcopter de 44 grame (dr.) realizat în China din 2015 în licența Carrera RC Power Force importator Stadlbauer Marketing din Salzburg, Austria.

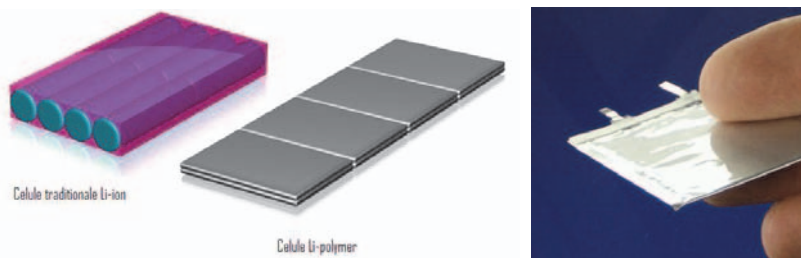


Fig. 6. Baterii.

Din cauza ca este un metal instabil, a picat testul sigurantei in special in momentul reincarcarii, iar cercetatorii au apelat la alternativa non-metalica, ioni de "lithium". Majoritatea telefoanelor din ziua de azi folosesc baterii de tip "li-ion" pentru ca potentialul ei de 3.6 volti permite utilizarea unei singure celule fata de tipul "nickel-cadmium" care dezvolta numai 1.2v si ar trebui legate celulele in serie, acestea sunt bateriile clasice AAA, AA s.a.m.d..

Faptul ca bateria "li-ion" nu necesita un grad mare de atentie/intretinere, adica nu are memorie si nu are nevoie de reincarcari ciclice pentru a-i prelungi durata de viata, o face perfecta pentru gadget-urile moderne. Amintim ca exista si acele celule speciale(utilizate de ex. la bormasini) care furnizeaza energie foarte mare. Ca dezavantaje putem nota faptul ca indiferent daca este utilizata sau nu, pe masura ce trece timpul ea se deterioreaza. Un mod de a "conserva" bateria recomandat de producatori este depozitarea ei intr-un spatiu racoros, aproximativ 15°C incarcata la 40% din potential. In ceea ce priveste bateria de tip "lithium-polymer", ea se diferentiaza de celulele normale prin tipul de electrolit utilizat in constructia ei. Fată de "li-ion" unde sunt utilizați ioni de "lithium" aici avem o pelicula asemanatoare plasticului care nu are o conductivitate mare dar permite schimbul de ioni – atomi sau grupuri de atomi cu sarcina electrica. Acesta simplifica procesul de productie si siguranta si masoara numai 1 mm grosime.

Din păcate, conductivitatea redusă o face să piardă teren in fata laptopurilor, tocmai din cauza ca nu poate livra curent de intensitate mare pentru a pune in miscare un hard-drive. Ea raspunde bine in conditii de temperaturi inalte (60°C) dar in acest caz nu mai

corespunde cerintelor aparaturii portabile. Avand in vedere ca procesul de fabricare este simplificat si marimea bateriei este foarte mica, nu este de mirare ca cererea de "li-poly" este in creștere.

Li-ion are temperatura de operare de la -20° C la 60° C, este recomandata si utilizata la: telefoane mobile, laptopuri, portabile, rezista la 300 – 400 re-încărcări complete, pierde mai puțin de 0.1%/luna din potential, proiectata sa fie reincarcata in device-ul propriu-zis și constructia chimica a acesteia permite doar forma dreptunghiulara.

Li-polymer are temperatura de operare de la -20° C la 60° C, este recomandata si utilizata la : telefoane mobile, laptopuri, portabile, rezista la 300 – 400 reincarcari complete, pierde mai puțin de 0,1%/luna din potential, este proiectata sa fie reincarcata in device-ul propriu-zis și poate lua o varietate mare de forme Dupa toate acestea putem observa ca nu sunt diferite mari intre cele doua tipuri de baterii. Chiar daca "li-poly" este mult mai subtire si procesul de productie este mult mai simplu, bateria "li-ion" are plusul densitatii mari de energie si costului mai mic de productie, nu degeaba toate companiile mari precum Apple, Motorola, Samsung si multe altele aleg aceasta varianta.

BIBLIOGRAFIE

- [1] *Procedee de tracțiune și sustentație cu sisteme de elici sau rotoare compuse*, autori ing. Traian Tomescu și ing. Tudor Mihai Tomescu, sesiunea de comunicări a sucursalei AGIR Brașov " Creativitate, inventică, robotică ", iulie 1999, publicată în Buletinul AGIR nr. 2/2000, aprilie-iunie.