

DOTAREA PALELOR MICROHIDROCENTRALELOR DE FLUX CU AX VERTICAL CU WINGLET ÎNTRU MAJORAREA EFICIENȚEI DE CONVERSIE A ENERGIEI CINETICE A APEI

R. Crudu, doctorand

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

La acest început de mileniu trei căutarea unor surse alternative de energie și elaborarea unor sisteme performante de conversie a energiilor regenerabile reprezintă o preocupare de bază a inventatorilor. Deși puterea mecanică a apei poate fi considerată drept una dintre cele mai vechi forțe naturale antrenate de om, ea și acum rămâne a fi cea mai importantă sursă de energie nonpoluantă.

Cele mai performante soluții tehnice de microhidrocentrale de flux sunt bazate pe efectul hidrodinamic generat de profilul hidrodinamic al palelor, care sunt orientate în poziții optime față de curenții de apă (din punct de vedere al conversiei energiei) în fiecare fază de rotire a rotorului turbinei. Acest gen de microhidrocentrale se instalează ușor și se operează simplu, cu costuri de întreținere convenabile [1]. Pe de altă parte, deși ele asigură performanțe deosebit de bune, problema mării eficienței de conversie a energiei cinetice a apei mai rămâne a fi în atenția cercetătorilor.

1. RĂSUCIREA ȘI TURBIONAREA CURENTULUI DE APĂ DE CĂTRE PALA HIDRODINAMICĂ

Drept prim pas întru abordarea problemei majorării eficienței de conversie a energiei cinetice a apei de către microhidrocentralele de flux cu ax vertical am ales și modelat 3D (CAD) o pală hidrodinamică reprezentativă, caracterizată prin:

- geometrie dreptunghiulară;
- profil hidrodinamic simetric NACA 0016;
- lungimea coardei de 1.3 m;
- imersiunea efectivă a palei în curentul de apă de 1.4 m;
- unghiul de atac al palei de 18°.

Modelul CAD a fost exportat în pachetul software ANSYS® CFX 11.0 (fig. 1) – lider în domeniul soluțiilor de simulare a curgerii fluidelor (CFD), pentru a vizualiza și studia tabloul interacțiunii fluxului de apă cu pala hidrodinamică aleasă.

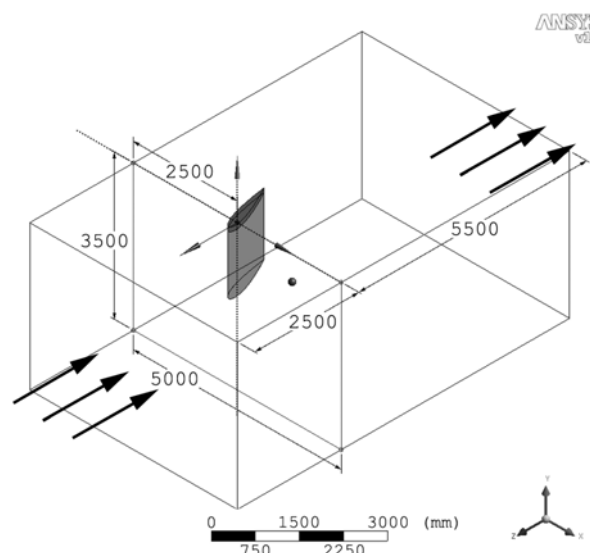


Figura 1. Modelul CAD al palei hidrodinamice.

Conform rezultatelor simulării în cazul unui râu cu o adâncime de 3.5 m și lățime minimă de 5 m, pentru viteza apei de 1.3 m/s (râul Prut în zonele explorabile are o viteză medie de 1 – 1.3 m/s [1]), pala hidrodinamică dezvoltă o forță hidrodinamică de portanță $F_l = 1218.47 \text{ N}$, și de rezistență la înaintare $F_d = 225.98 \text{ N}$, finețea hidrodinamică a căreia fiind astfel:

$$K = \frac{F_l}{F_d} = \frac{1218.47}{225.98} = 5.39.$$

Curgerea apei în jurul palei produce asupra ei forțe considerabile de presiune care, datorită formei particulare a profilului ei și unghiului sub care acesta este instalat (față de direcția de curgere a apei), se manifestă diferit pe cele două fețe ale acesteia. Pe extradosul palei apare o subpresiune, iar pe intrados – o suprapresiune. Această diferență de presiune produce forța hidrodinamică de portanță, care și cauzează manifestarea forței de tracțiune a palei. Problema constă în faptul că la capătul palei fluxul de apă din zona de suprapresiune, traversând transversal pala, trece direct în zona de subpresiune, echilibrând astfel diferența dintre presiuni. Pe lângă faptul că se diminuează considerabil valoarea forței

hidrodinamice de portanță, pala răsucește și turbionează curentul de apă, cauzând prin aceasta și mai mari pierderi de energie mecanică convertată (fig. 2).

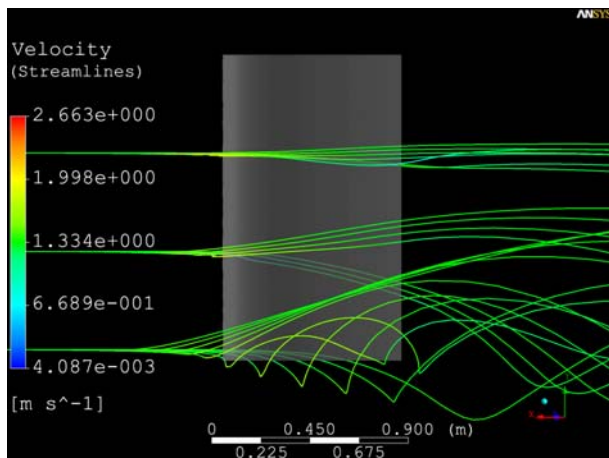


Figura 2. Tabloul interacțiunii fluxului de apă cu pala hidrodinamică.

Asemenea procese contraproductive și nedorite se manifestă și la vârfurile aripilor de avion. Drept contramăsură, cele mai multe aeronave moderne de înaltă performanță au aripi înzestrate cu extensuni aproape verticale la capătul lor, numite winglet-uri. Ele reprezintă blocaje, care stabilesc instantaneu debitul de aer înapoi la normalitate. Datorită lor, fluxul de aer din zona de suprapresiune nu mai poate trece în zona de subpresiune, fapt care asigură atât creșterea portanței, cât și diminuarea considerabilă a forțelor de rezistență la înaintare, induse de răsucirea și turbionarea aerului (fig. 3).

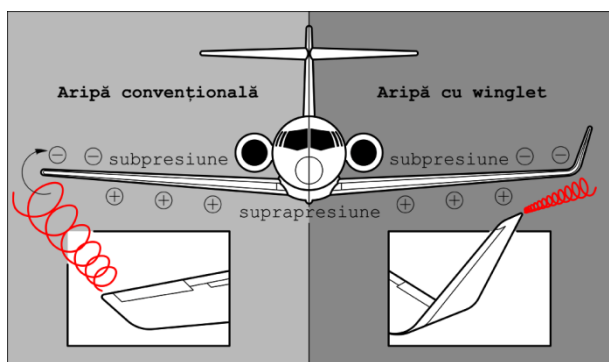


Figura 3. Turbionarea aerului la capetele aripilor convenționale, sau dotate cu winglet [4].

Odată ce utilizarea winglet-urilor îmbunătățește performanța aeronavelor cu aripă fixă, micșorează consumul de combustibil, mărește finețea și distanța maximă de zbor etc. [2, 3], atunci și dotarea palelor hidrodinamice cu asemenea borduri s-ar putea solda cu un impuls de performanță, adică cu o oarecare majorare a eficienței de conversie a energiei cinetice a apei.

Totodată, odată ce aripile aeronavelor au o lungime relativ mare, lipsa sau prezența winglet-urilor influențează radical eficiența de lucru a aripii doar pe o porțiune comparativ mică, cea din imediata apropiere de vârf, în timp ce cealaltă parte, cea preponderentă, întotdeauna funcționează normal. În cazul nostru, datorită înălțimii mici ai palei, răsucirea și turbionarea curentului de apă distorsionează grav curgerea pe toată înălțimea ei. Conform simulărilor, **aproximativ 80% din pală funcționează ineficient**, lucru observat foarte clar în fig. 2. Reieșind din aceasta, pentru cazul palelor hidrodinamice, utilizarea winglet-urilor este indispensabilă, ca drept măsură nu atât întru combaterea turbionării curentului de apă, fenomen care consumă mult din energia mecanică convertită, cât pentru asigurarea normalității debitului pe toată înălțimea palei.

2. DOTAREA PALEI HIDRODINAMICE CU WINGLET

Pentru păstrarea posibilității de a compara eficiența de lucru a palei hidrodinamice clasice cu a uneia preconizate cu winglet, vom simula interacțiunea fluxului de apă cu aceeași pală, doar că de data aceasta dotată cu winglet.

Elaborarea unui winglet eficient presupune un proces relativ complicat, efectuat pentru fiecare caz sau condiție în parte. În mod normal, winglet-urile au, de asemenea, profil aero- sau hidrodinamic, unghi de atac etc., parametri, determinarea cărora necesită un volum mare de lucru. Iată de ce, pentru cercetarea în cauză, am simplificat winglet-ul, considerându-l drept o placă plană de 5 mm grosime lipită orizontal de baza de jos a palei hidrodinamice. Acest fapt nu trebuie să influențeze esențial rezultatele, păstrând posibilitatea de a obține rezultate apropiate de cele reale.

Un profil hidrodinamic simetric este condiționat de cerința față de pală de a funcționa eficient în egală măsură atât pentru unghiuri de atac pozitive cât și negative, cerință, care dictează, de asemenea, și exigența winglet-ului de a fi simetric (față de coarda profilului).

Studiind liniile de curgere a apei am stabilit că pala hidrodinamică este traversată transversal de curenți aflați la o depărtare laterală de până la 423 mm de la centrul de rotație al profilului (situat la 0.3 m de la bordul de atac) (fig. 4), fapt care m-a determinat să stabilesc lungimea winglet-ului egală cu 425 mm (de la coarda profilului) (fig. 7).

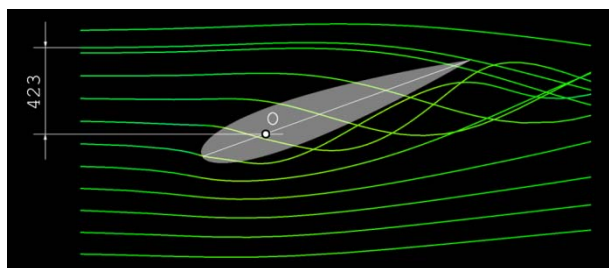


Figura 4. Liniile de curgere a apei (zona de la vârful palei hidrodinamice).

Odată ce winglet-ul prin sine reprezintă o suprafață, care desparte rigid zone cu presiuni statice diferite, lățimea și amplasamentul vârfului lui (fig. 7) rezultă din distribuția acestor zone de supra- și subpresiune în jurul profilului hidrodinamic. Simulând în aceleași condiții interacțiunea fluxului de apă cu aceeași pală, însă luată de lungime infinită, obținem câmpul presiunilor din jurul ei nedistorsionat de fenomenele ce au loc în cazul palei delimitate (fig. 5).

Reieșind din faptul că winglet-ul elaborat va fi simetric, am măsurat presiunile statice din puncte simetric amplasate față de coarda profilului palei la distanța de 425 mm (fig. 5, tab. 1). Construind graficul diferențelor de presiune din câte două puncte diametral opuse ($B_1-A_1, B_2-A_2, \dots, B_{18}-A_{18}$) (fig. 6), putem determina poziția corectă a vârfului winglet-ului (față de centrul de rotație al profilului) în dependență de lățimea lui (fig. 6, 7).

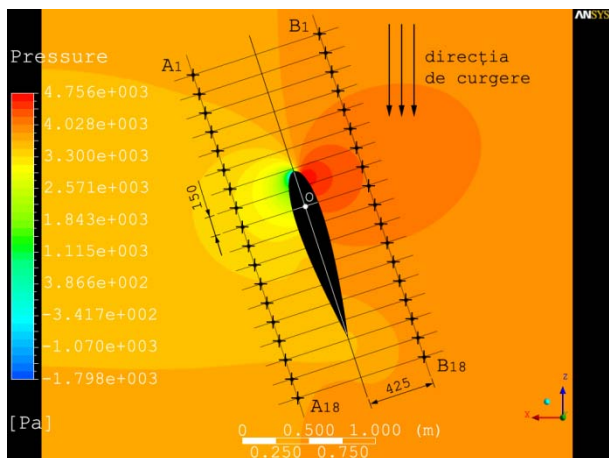


Figura 5. Câmpul presiunilor din jurul profilului hidrodinamic NACA 0016 (viteza apei de 1.3 m/s).

Tabelul 1. Presiunile statice din puncte simetric amplasate față de coarda profilului palei la distanța de 425 mm.

	A, [Pa]	B, [Pa]	B - A, [Pa]
1	3695	3911	216
2	3672	3933	261
3	3638	3962	324
4	3589	4003	414

5	3518	4059	541
6	3428	4125	697
7	3340	4183	843
8	3294	4207	913
9	3311	4185	874
10	3370	4137	767
11	3436	4081	645
12	3490	4028	538
13	3532	3981	449
14	3567	3942	375
15	3605	3910	305
16	3658	3889	231
17	3728	3880	152
18	3796	3879	83

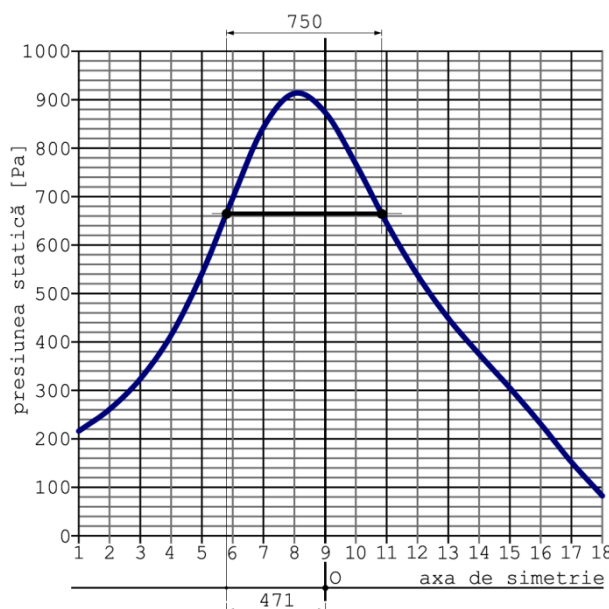


Figura 6. Diferența presiunilor statice din câte două puncte diametral opuse B și A ($B_1-A_1, \dots, B_{18}-A_{18}$).

Stabilind latura frontală a winglet-ului ca drept fiind perpendiculară liniilor de curgere, am efectuat o serie de simulări noi a interacțiunii fluxului de apă cu această pală hidrodinamică, însă dotată de-acum cu winglet. Încercând diferite lățimi ale vârfului, am determinat-o pe cea optimă de 750 mm, având începutul deplasat înainte cu 471 mm de la centrul profilului palei (fig. 6, 7), acestea fiind ultimele măsuri necesare pentru construirea winglet-ului propriuzis (fig. 7).

Simulând și studiind tabloul interacțiunii fluxului de apă cu pala hidrodinamică dotată cu winglet, comparativ cu cazul clasic, constatăm un comportament radical diferit al liniilor de curgere (fig. 7). Datorită winglet-ului, fenomenul de răsucire și turbionare a curenilor de apă a fost redus considerabil, liniile de curgere păstrându-și traiectoria orizontală pe toată înălțimea palei.

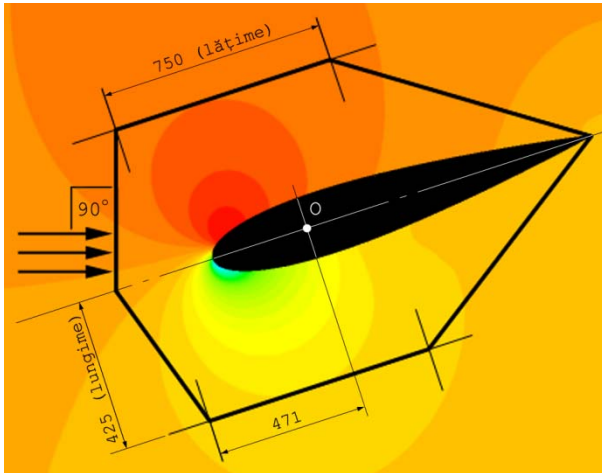


Figura 7. Geometria winglet-ului elaborat.

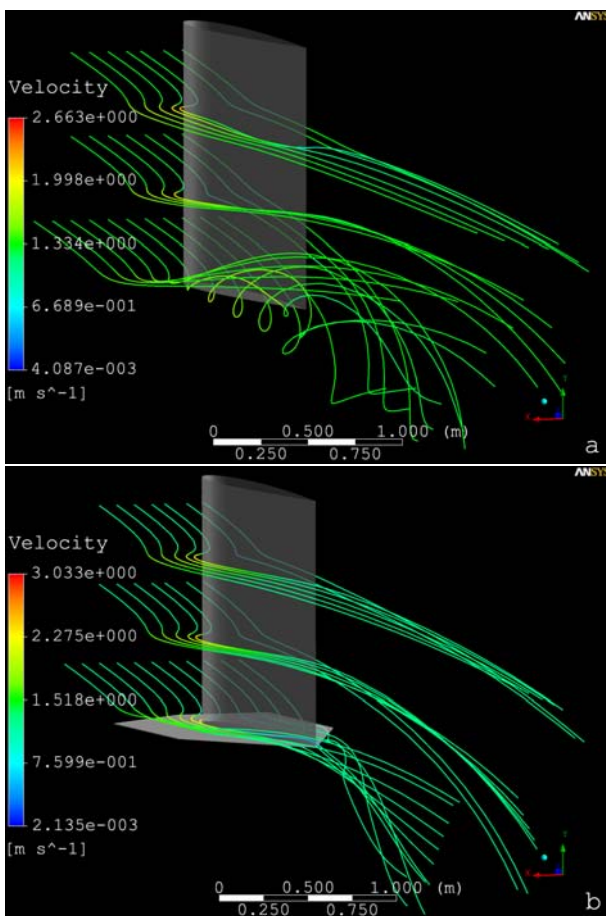


Figura 8. Interacțiunii fluxului de apă cu pala hidrodinamică: a – fără winglet; b – cu winglet.

Conform măsurărilor, noua pală dezvoltă o forță hidrodinamică de portanță $F_{lw} = 1808.28 \text{ N}$, care constituie cu 48.4% mai mult decât în cazul precedent, cel clasic, și o forță de rezistență la înaintare $F_{dw} = 241.20 \text{ N}$, finețea hidrodinamică a căreia fiind astfel:

$$K_w = \frac{F_{lw}}{F_{dw}} = \frac{1808.28}{241.20} = 7.50, \text{ cu } 39.2\% \text{ mai mult.}$$

3. CONCLUZII

În cazul microhidrocentralelor de flux cu ax vertical la capătul palelor hidrodinamice clasice are loc răsucirea și turbionarea masivă a curentului de apă, fenomen care, pe lângă faptul că consumă mult din energia mecanică convertată, abate grav de la normalitate curgerea apei pe toată înălțimea palei. Astfel, pentru asemenea circumstanțe, utilizarea winglet-urilor este indispensabilă, măsură prin care se poate stabili instantaneu debitul de apă înapoi la normalitate, reducând considerabil și fenomenul de răsucire și turbionare.

În cazul concret abordat în lucrare, pentru o signură pală hidrodinamică, conform rezultatelor simulărilor efectuate în mediul ANSYS® CFX 11.0, utilizarea winglet-ului sa sondat cu o majorare de 48.4% a forței hidrodinamice de portanță, care asigură manifestarea forței de tracțiune a palei și o majorare de 39.2% a fineții hidrodinamice, care caracterizează eficiența de lucru a palei, la general. Acest impuls semnificativ de performanță a fost asigurat de un winglet simplificat la maxim, fapt care argumentează posibilitatea atingerii unor performanțe și mai mari, în cazul unor winglet-uri elaborate mult mai muniș, optimizate, cu profil hidrodinac, unghi de atac, etc.

Bibliografie

1. I. Bostan, V. Dulgheru, V. Bostan, R. Ciupercă. *Antologia invențiilor. Volumul 3. Sisteme de conversie a energiilor regenerabile*. Ed. Bons Offices, Chișinău, 2009, 436p.
2. George Larson. *How Things Work: Winglets*. Air Space Magazine, 01 September, 2001
3. www.en.wikipedia.org/wiki/Wingtip_device
4. www.aviationpartners.com/technology.html

Recomandat spre publicare: 09.09.2010.