

MODELAREA ȘI SIMULAREA CURGERII AERODINAMICE LA TURBINELE EOLIENE CU AX VERTICAL

Ioana Corina MANDIȘ, Dan ROBESCU

Universitatea Politehnică din București, Facultatea de Energetică

Abstract: *Mathematical modeling and numerical simulation of aerodynamic flow for vertical axis wind turbines. The energy demand in the whole world and in our country is in a continuous growth as an effect of the industrial and economical development. In Romania the areas with a good wind intensity have a small size and these areas are placed in the mountains and near the Black Sea. In the other geographic areas the wind has low intensity fact that imposed to be made researches regarding wind turbines that can be used for speeds lower than 8 m/s. This paper proposes a model of a wind turbine used in areas with low wind intensity.*

Key words: *mathematical modeling, numerical simulations, wind turbine, flow, blad*

Introducere

România fiind situată într-o zonă de interfață a maselor de aer cu contraste termice și barice mari (anticicloul Siberian, anticicloul Azoric, ciclonele mediteraneene etc.) dispune în ansamblu de un potențial eolian nu foarte ridicat. Configurația reliefului imprimă modificări de la o zonă la alta, determinând o repartitie neuniformă. S-a realizat un studiu privind distribuția vitezelor medii pe teritoriul României ale cărui rezultate sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1
Distribuția vitezei vântului pe teritoriul României

Viteza vântului (m/s)	Regiunea
7,5	Zona de vărsare a Brațului Sulina
4,5	Estul Câmpiei Corvului
4,5-4,9	Litoralul Mării Negre
10,4	Vârful Omu
10,3	Vârful Iarcu
10,2	Vârful Ceahlău
8,2	Vârful Vlădeasa
5-6	Zone cu altitudini medii

Pentru amplasarea agregatelor eoliene sunt interesante doar zonele în care viteza medie a vântului este cel puțin egală cu 4 m/s, la nivelul standard de 10 metri deasupra solului (la care, de altfel, se fac măsurătorile în cadrul stațiilor meteorologice). Cu excepția zonelor montane, unde condițiile meteorologice vitrege fac dificilă instalarea și întreținerea agregatelor eoliene, viteze egale sau superioare pragului de 4 m/s se regăsesc în Podișul Central Moldovenesc și în Dobrogea.

Turbinele clasice, cu ax orizontal, cu 3 pale necesită viteze medii ale vântului de ordin superior. Din acest motiv, pentru România trebuie găsite și alte soluții tehnologice pentru rotoarele eoliene. În cazul de față s-a studiat comportamentul unui nou tip de turbină eoliană, cu ax vertical, cu dublu flux, destinată curenților de aer cu intensitate redusă.

Metode de cercetare

S-a dorit efectuarea cercetărilor pe un nou tip de turbină eoliană cu ax vertical. Se consideră un rotor eolian cu dublu flux. Calculul rotorului de turbină se va face pe baza metodei cunoscute de la turbomașini, elaborată de Leonard Euler, a triunghiurilor de viteze în mișcarea relativă a fluidului prin interiorul echipamentului rotitor [1, 2, 3, 4].

În urma calculelor de dimensionare și proiectare s-au obținut

următoarele dimensiuni referitoare la geometria rotorului [3, 7]:

- 4 m (diametrul exterior al rotorului),
- înălțimea rotorului $b = 4$ m eventual 6 m,
- diametrul interior al rotorului $D_2 = 3,2$ m,
- paletele rotorului sunt de forma unui arc de cerc cu raza: m,
- paletele au centrele acestor arcuri de cerc pe cercul cu raza:

$$R_c = \frac{D_c}{2} = 0,736 \frac{D_1}{2} = 0,736 \cdot \frac{4.000}{2} = 1.472 \text{ m}, R_c = 1.472 \text{ m}$$

Numărul paletelor se stabilește pe baza aprecierii tendințelor opuse generate de creșterea numărului de palete ce conduc spre o mai bună ghidare a curentului de aer și totodată de micșorare a numărului de palete ce implică o frecare mai redusă a curentului de aer cu paletele. Numărul final de palete s-a ales în urma modelărilor și simulărilor efectuate. Totuși, pentru o primă etapă s-a considerat ca fiind egal cu 24 [5, 8]. Rezultă unghiul la centru între două palete egal cu $\delta = 15^\circ$. Unghiurile de așezare a paletelor la diametrul D_1 sunt de $\beta_1 = 30^\circ$ și la diametrul D_2 sunt de $\beta_2 = 80^\circ$. Forma și dimensiunile rotorului eolian cu dublu flux sunt prezentate în figura 1:

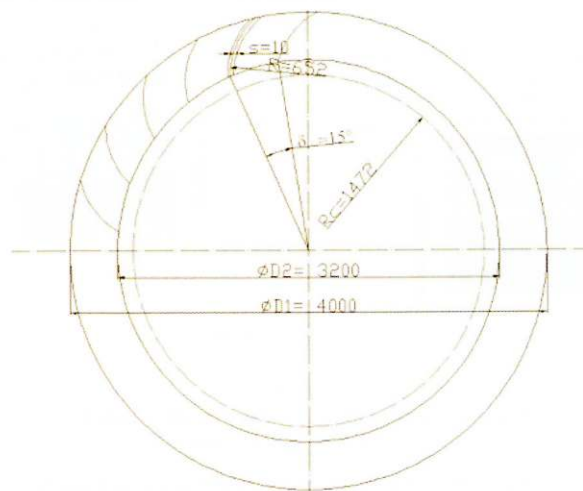


Fig. 1. Secțiunea transversală a rotorului eolian cu dublu flux

Discurile de capăt ale rotorului se admit cu grosimea de $h_{inf} = 0,02$ m și $h_{sup} = 0,01$ m, iar diametrul arborelui este $d = 0,04$ m.

Pentru realizarea modelărilor și simulărilor s-a apelat la programul FlexPDE5. S-a dorit realizarea unor simulări ale curgerii aerodinamice prin rotorul turbinei eoliene cu ax vertical la diverse viteze ale vântului. De asemenea, s-au realizat simulări numerice și pentru diverse geometrii ale rotorului eolian cu dublu flux (s-a modificat numărul de palete). În secțiunile următoare se prezintă rezultatele obținute precum și interpretarea acestora.

Rezultate și discuții

Modelarea și simularea curgerii aerodinamice pentru diverse valori ale vitezei vântului

S-au efectuat mai multe simulări numerice pentru diverse viteze ale vântului (fig. 2).

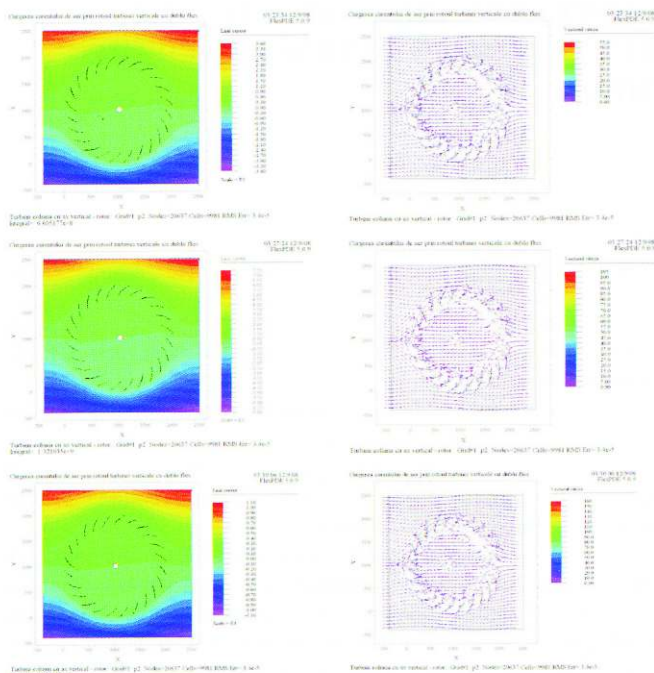


Fig. 2. Simularea curgerii în jurul unei pale la diverse viteze ale vântului: $v=4, 8, 12$ și, respectiv, 16 m/s

Se remarcă modul de perturbare a liniilor de curent datorită amplasării rotorului eolian. Din toate graficele prezentate în figura 1 se poate observa că, odată cu modificarea vitezei vântului, se modifică și liniile de curent. De asemenea, este vizibilă și dubla parcurgere a curentului de aer printre palele rotorului. Pentru o cât mai bună ghidare a curentului de aer printre palele rotorului și pentru creșterea eficienței acestui tip de turbină, se observă că realizarea unei carcase este absolut necesară.

Modelarea și simularea curgerii aerodinamice pentru diverse geometrii ale palei turbinei eoliene

Cu ajutorul programului FlexPDE5 s-a realizat alt model de simulare a curgerii pentru turbinele eoliene cu ax vertical. În acest caz s-a dorit determinarea modului de curgere peste diverse tipuri de rotoare. În figura 3 se prezintă rezultatele obținute în urma simulărilor pentru un rotor de turbină eoliană cu dublu flux cu 18, 20, 22 și, respectiv, 26 de pale, considerându-se o viteză medie a vântului de 8 m/s [6].

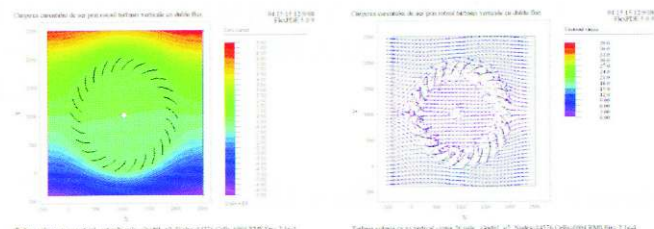
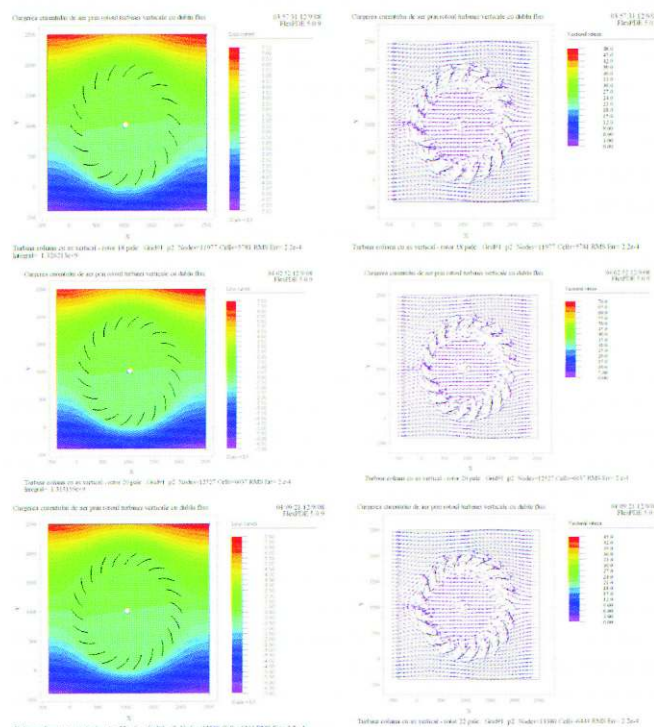


Fig. 3. Curgerea curentului de aer pentru diverse geometrii ale rotorului (18, 20, 22 și, respectiv, 26 de pale)

Concluzii

Din analiza rezultatelor obținute ca urmare a simulărilor s-a determinat faptul că acest tip de rotor poate fi utilizat pentru obținerea energiei electrice din potențial eolian. Pentru obținerea unei eficiențe mai mari este necesară realizarea unei carcase, care să aibă rol de direcționare a curentului de aer prin interiorul rotorului. Prin simulările realizate pentru rotorul eolian cu număr diferit de pale s-a demonstrat faptul că, dacă rotorul are un număr mic de pale, curentul de aer trece printre acestea, neexercitând forțe care să inducă rotirea acestuia, iar dacă numărul de pale este foarte mare, rotorul se comportă ca un obstacol în calea vântului și, de asemenea, nu se mai rotește. Prin această metodă s-a stabilit numărul optim de pale al acestui tip de rotor.

Bibliografie

1. Anton I. - Turbine hidraulice, Editura Facla, Timișoara, 1979
2. Bărglăzan M. - Turbine hidraulice și transmisii hidrodinamice, Editura Politehnica, Timișoara, 2001
3. Bărglăzan M. - About design optimization of cross-flow hydraulic turbines, Buletinul U.P.T. 2005
4. Breslin W. R. - Small Michell (Banki) Turbine: A Construction Manual, Vita Publication, Virginia, S.U.A., 1980
5. Carafoli E., Constantinescu V. N. - Dinamica fluidelor compresibile, Editura Academiei R. S. R., București, 1984
6. Dumitrescu H., Cardoș V., Dumitrache Al. - Aerodinamica turbinelor de vânt, Editura Academiei Române, București, 2001
7. Mandiș I. C., Robescu D., Bărglăzan M. - Researches Regarding the Generation of Electrical Energy from Low and Medium Wind Potential, International World Energy System Conference, Iasi, 30 iunie-2 iulie, 2008
8. Pavel D. - Mașini Hidraulice, Editura Energetica, București, 1960

Date de contact

Universitatea Politehnică din București, Facultatea de Energetică, Splaiul Independenței, nr. 313, sector 6, București, 060042, România; e-mail: corinamoga@yahoo.com, respectiv, robescu@hydrop.pub.ro

