

## MODELAREA ȘI SIMULAREA CURGERII AERODINAMICE LA TURBINELE EOLIENE CU AX ORIZZONTAL

Ioana Corina MANDIȘ

Universitatea Politehnică din București, Facultatea de Energetică

**Abstract: Mathematical modeling and numerical simulation of aerodynamic flow for horizontal axis wind turbines. The increasing quantity of carbon dioxide and the partial destruction of the ozone layer worried the specialists in power engineering and determine them to search new solutions to generate electricity from other sources that causes no harm to the environment. It is obviously that their attention was directed toward the renewable energy sources. The wind energy will be more and more used in the next decade, especially in Romania, where this domain is not so well developed. Liberalization of energy market will increase the exploitation of these renewable energy sources. Utilization of wind turbines will generate a positive impact on the energetic system.**

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

### Introducere

Necesarul de energie, pe plan mondial și în țara noastră, este în continuă creștere ca efect al dezvoltării industriale și a creșterii nivelului de trai. Problema principală care se pune în fața societății, a specialiștilor și a factorilor de decizie este aceea a resurselor energetice. Necesitatea dezvoltării durabile impune utilizarea resurselor regenerabile de energie în principal pentru menținerea celor existente (combustibili fosili) la un nivel convenabil, dar și pentru conservarea mediului înconjurător.

Creșterea concentrației dioxidului de carbon, precum și distrugerea parțială a stratului protector de ozon au îngrijorat specialiștii energetici care au căutat noi soluții de obținere a energiei din surse nepoluante [1, 2]. Este evident că primul gând s-a îndreptat către resursele energetice, cunoscute din vechime, care au stat întotdeauna la dispoziția omului: energia solară, energia eoliană și cea a valurilor, mareelor etc. Aceste surse sunt inepuizabile, unele ușor de captat și utilizat (se cunoaște cazul morilor de vânt din epoca medievală), dar au un mare dezavantaj: parametrii sunt variabili în regim sezonier, diurn etc.

Energia eoliană va fi din ce în ce mai utilizată în următorul deceniu, în special în România unde au început să se facă cercetări în ultimii douăzeci de ani. Liberalizarea pieței de energie va face ca aceste surse de energie să fie utilizate din ce în ce mai mult. Utilizarea turbinelor eoliene va avea un impact deosebit atât asupra instalațiilor energetice în ansamblu (în special în construcția și dotarea echipamentelor destinate folosirii energiei vântului), cât și asupra pieței energiei și a sistemului energetic în ansamblul său. Turbina eoliană este un sistem de conversie a energiei deoarece energia vântului este convertită în energie electrică [1]. Avantajul acestei metode de conversie a energiei este acela că din energie eoliană se poate obține direct energie electrică ce poate fi utilizată la locul de producere sau prin rețeaua de transport în alte zone geografice [2].

### Metode de cercetare

Pentru realizarea modelărilor și simulărilor s-a apelat la programul FlexPDES. S-a dorit realizarea unor simulări ale curgerii aerodinamice peste palele turbinelor eoliene cu ax orizontal la diverse viteze ale vântului. De asemenea, s-a dorit și realizarea simulărilor pentru diverse geometrii de pală. În secțiunile următoare se prezintă rezultatele obținute 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 viteze ale vântului de 4, 8, 12 și, respectiv, 16 m/s (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4). În cadrul simulărilor s-au utilizat ecuațiile enunțate în literatura de specialitate referitoare la aerodinamică [3, 4, 5].

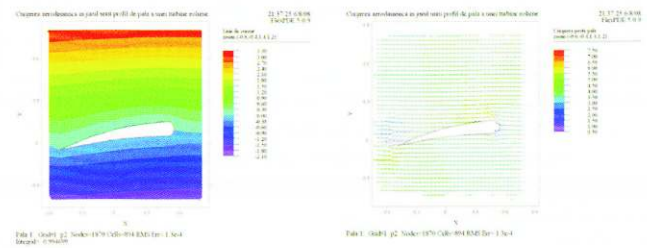


Fig. 1. Simularea curgerii în jurul unei pale la diverse viteze ale vântului:  $v = 4$  m/s

Se remarcă din figura 1 faptul că la o distanță de 0,8 (pe verticală) față de pală, liniile de curent nu mai sunt perturbate de profil. Se remarcă diferența de viteze între intrados și extrados, ceea ce conduce la o diferență de presiune și astfel se generează forța portantă. De asemenea, din figură se poate remarca și modul de desprindere a stratului limită de curent.

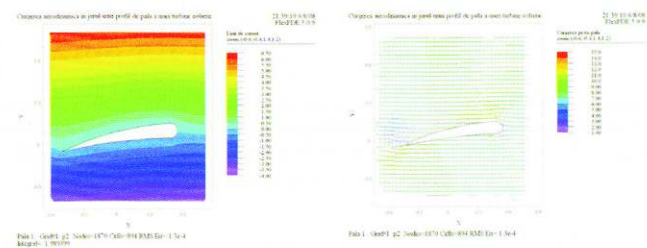


Fig. 2. Simularea curgerii în jurul unei pale la diverse viteze ale vântului:  $v = 8$  m/s

Se remarcă din figura 2 faptul că la o distanță de 0,7 (pe verticală) față de pală, liniile de curent nu mai sunt perturbate de profil, precum și faptul că există o diferență de viteze între intrados și extrados, ceea ce conduce la diferența de presiune și se generează forța portantă.

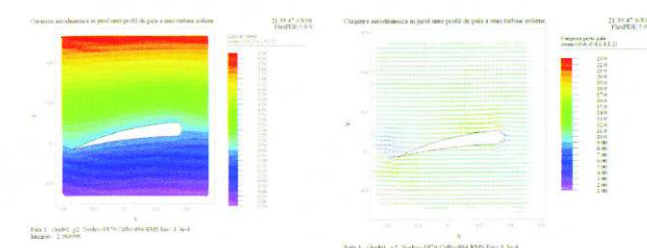


Fig. 3. Simularea curgerii în jurul unei pale la diverse viteze ale vântului:  $v = 12$  m/s

Analizând figura 3 se remarcă faptul că la o distanță de 0,5-0,6 (pe verticală) față de pală, liniile de curent nu mai sunt perturbate de profil. Repartiția inegală de viteze între intrados și extrados conduce la presiuni inegale generându-se astfel forța portantă.

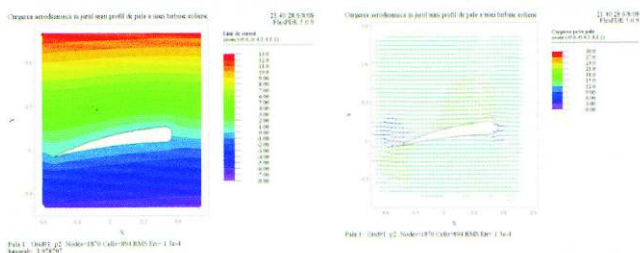


Fig. 4.

Simularea curgerii în jurul unei pale la diverse viteze ale vântului:  $v = 16 \text{ m/s}$

Se remarcă din figura 4 faptul că la o distanță de 0,5 (pe verticală) față de pală, liniile de curent nu mai sunt perturbate de profil. Se poate observa și perturbația indusă de bordul de fugă al profilului.

Din toate graficele prezentate se poate observa că odată cu modificarea vitezei vântului se modifică și liniile de curent. Vitezele la desprinderea de pe pală se modifică proporțional cu viteza vântului. S-a demonstrat pe această cale faptul că odată cu creșterea vitezei de curgere, forța portantă crește proporțional.

Rezultatele obținute prin modelare și simulare sunt similare cu cele demonstrate în practică.

#### 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. În acest caz s-a dorit determinarea modului de curgere peste diverse tipuri de profile. Geometriile profilelor palei și rezultatele obținute sunt prezentate în figurile 5, 6 și 7. Simulările au fost efectuate pentru o viteză a vântului de  $10 \text{ m/s}$ . S-au utilizat aceleași condiții la limită și ipoteze de lucru ca în cazul modelului prezentat anterior.

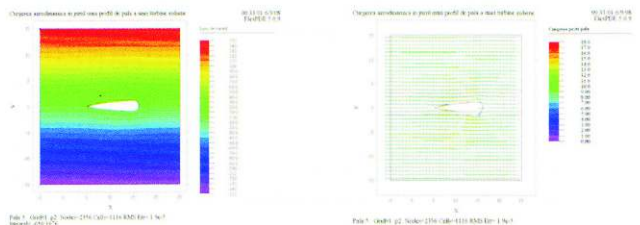


Fig. 5.

Curgera curentului de aer pentru diverse geometrii ale palei turbinei eoliene: varianta 1

În cazul prezentat în figura 5, s-a luat în considerare un profil simetric pentru pala turbinei eoliene. Se observă că, dacă poziționarea palei este paralelă cu direcția vântului, nu apare o forță portantă deoarece nu sunt generate viteze diferite pe intradosul și extradosul palei. Această pală trebuie să fie așezată sub un anumit unghi în raport cu direcția vântului, în caz contrar turbina eoliană este total ineficientă.

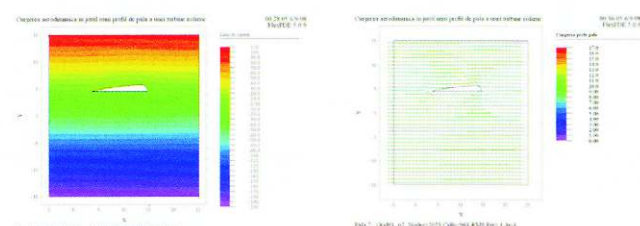


Fig. 6.

Curgera curentului de aer pentru diverse geometrii ale palei turbinei eoliene: varianta 2

În cazul prezentat în figura 6, s-a luat în considerare un profil asimetric. În acest caz remarcăm o diferență nesemnificativă între valorile vitezei apărute pe intradosul și extradosul palei. Liniile de câmp nu sunt perturbate pe intradosul profilului, ci numai pe extrados, deoarece profilul la partea inferioară este paralel cu direcția vântului.

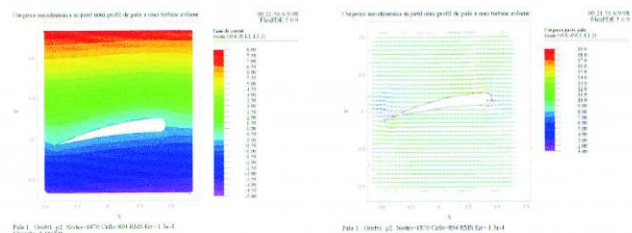


Fig. 7.

Curgera curentului de aer pentru diverse geometrii ale palei turbinei eoliene: varianta 3

În cazul prezentat în figura 7, s-a luat în considerare un profil asimetric. În acest caz remarcăm cea mai mare diferență de viteze care determină cea mai mare forță portantă, comparativ cu cazurile prezentate anterior. Desprinderea stratului limită este mai bine evidențiată.

#### Concluzii

Modelările matematice și simulările numerice sunt operații extrem de utile în cadrul determinării profilului optim de pală utilizat pentru turbinele eoliene.

Prin simularea curgerii la diferite viteze ale vântului s-a ajuns la rezultate asemănătoare cu cele rezultate din măsurători experimentale. Acest lucru conduce la validarea modelelor de simulare propuse. Aceste modele de simulare pot fi extinse, aplicându-se și la alte tipuri de profile. Simulările curgerii aerodinamice peste profilul unei pale de turbină a evidențiat diferența de presiune ce apare și generarea forței portante, precum și desprinderea stratului de limită de pe bordul de fugă al profilului.

Tipul profilului de pală și viteza vântului sunt parametrii importanți pentru determinarea puterii dezvoltate de o turbină eoliană.

#### Bibliografie

1. Anton I. - *Turbine hidraulice*, Editura Facla, Timișoara, 1979
2. Bărglăzan M. - *Turbine hidraulice și transmisii hidrodinamice*, Editura Politehnică, Timișoara, 2001
3. Carafoli E., Constantinescu V. N. - *Dinamica fluidelor compresibile*, Editura Academiei R. S. R., București, 1984
4. Dumitrescu H., Cardoso V., Dumitrache Al. - *Aerodinamica turbinelor de vânt*, Editura Academiei Române, București, 2001
5. 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