

ANALIZA ELEMENTELOR CONSTRUCTIV-TEHNOLOGICI DE CONTROL A PUTERII TURBINELOR EOLIENE

Alexandru TOACĂ¹

¹Universitatea Tehnică a Moldovei, Școala Doctorală de Inginerie Mecanică și Civilă, Specialitatea: 242.01-Teoria Mașinilor, Mecatronică, mun. Chișinău, Rep. Moldova

*Autorul corespondent: Toacă Alexandru, alex.toaca@keymitt.com

Rezumat: Datorită faptului că turbinele eoliene sunt proiectate cu o eficiență ridicată la vitezele vânturilor cele mai răspândite, este necesar protejarea turbinelor de vânturile ce depășesc aceste limite. Astfel este necesar instalarea diferitor dispozitive de control a puterii. Pentru fiecare categorie de turbine eoliene este recomandat utilizarea diferitor metode de control a puterii. Dacă pentru turbinele eoliene de dimensiuni mici este de ajuns utilizarea metodei de control prin rotirea turnului, pentru turbinele eoliene de dimensiuni mai mari schimbarea unghiului de atac al palelor prin metode active ar fii cu mult mai eficient și de mai durată. La fel se poate utiliza metoda de schimbare a geometriei palelor a rotorului.

Cuvinte cheie: controlul puterii la turbine eoliene, controlul Yaw, controlul activ al puterii, turbină eoliană, schimbarea geometriei ai palelor rotorului, controlul unghiului palelor.

Introducere

Turbinele eoliene sunt concepute pentru a produce energie electrică cât mai ieftin posibil, de aceea ele sunt astfel proiectate încât să producă o putere maximă la viteze ale vântului în jur de 15 metri pe secundă. Proiectarea turbinelor care să-și maximizeze producția la vânturi mai puternice nu este rentabilă, deoarece astfel de vânturi puternice sunt rare [1].

În cazul vânturilor mai puternice, pentru maximaliza randamentul de producere a energiei și deteriorarea turbinei eoliene este necesar ca excesul de energie al vântului să fie consumat sau ameliorat. În figura 1 este reprezentată curba de putere ideală unei turbine eoliene [2].

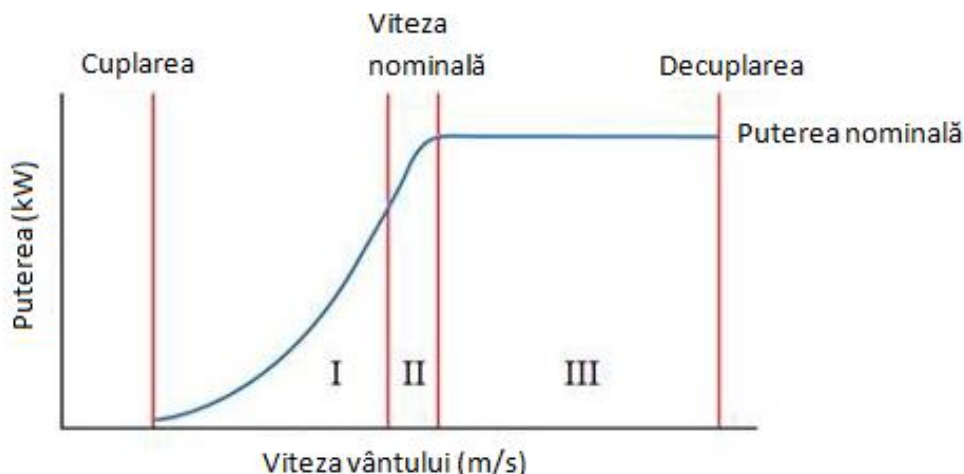


Figura 1 Curba de energie ideală a unei turbine eoliene

Vitezele de cuplare și de decupare sunt limitele de funcționare ale turbinei. Prin păstrarea acestui interval, se asigură că energia disponibilă este peste pragul minim și menținerea intactă a structurii. Puterea nominală, un punct furnizat de producător, care se ia în considerare atât energia, cât și costurile. De asemenea, viteza nominală a vântului este aleasă, deoarece viteze peste acest punct sunt rare, cum a fost menționat anterior.

Din figura 1, se poate vedea că curba de putere este împărțită în trei regiuni distincte. În regiunea I constă din viteze mici ale vântului și este sub puterea nominală a turbinei, turbina este rulată la eficiență maximă pentru a extrage toată puterea. Pe de altă parte, regiunea III constă din viteze mari ale vântului și are puterea nominală a turbinei. Turbina controlează puterea generată atunci când operează în această regiune. În cele din urmă, Regiunea II este o regiune de tranziție preocupată în principal de menținerea cuplului rotorului și zgomotul redus.

Prin urmare, toate turbinele eoliene sunt proiectate cu un fel de control al puterii. Există câteva moduri diferite de a face acest lucru în siguranță pe turbinele eoliene moderne [3]. Se pot utiliza diferite metode de control pentru a optimiza sau a limita puterea. Se poate controla o turbină controlând viteza generatorului, reglarea unghiului palei, rotirea întregii turbine eoliene, etc. Reglarea unghiului palei (figura 2) și rotirea turbinei (figura 3) sunt, de asemenea, cunoscute sub denumirea de controlul pasului și respectiv al Yaw [2]:



Figura 2. Controlul unghiului palei



Figura 3. Controlul Yaw

Scopul controlului pasului este menținerea unghiului optim al palei pentru a atinge anumite viteze ale rotorului sau puterea de ieșire. Reglarea unghiului de poziție este cea mai eficientă cale de a limita puterea de ieșire prin schimbarea forței aerodinamice pe pală la viteze mari ale vântului [4]. Un număr tot mai mare de turbine eoliene mai mari (de 1 MW și mai mult) sunt dezvoltate cu un mecanism activ de control al puterii stării. Tehnic, mașinile active de bloc sunt asemănătoare mașinilor controlate în pas, deoarece au palele rotibile. Pentru a obține un cuplu rezonabil (forța de viraj) la viteze mici ale vântului, mașinile vor fi programate, de obicei, să-și ridice palele. (Adesea folosesc doar câțiva pași ficși în funcție de viteza vântului).

Cu toate acestea, atunci când mașina atinge puterea nominală, se va observa o diferență importantă față de mașinile controlate prin pas: Dacă generatorul este pe punctul de a fi supraîncărcat, mașina își va ridica palele în direcția opusă față de ceea ce face o mașină controlată cu pas. Cu alte cuvinte, acesta va crește unghiul de atac al palelor rotorului pentru a face ca palele să intre într-o stânga mai adâncă, pierzând astfel excesul de energie în vânt.

Unul dintre avantajele stării active este că se poate controla puterea de ieșire mai precisă decât cu ajutorul unui stand pasiv, astfel încât să se evite depășirea puterii nominale a mașinii la începutul unei rafale. Un alt avantaj este că mașina poate fi rulată aproape exact la o putere nominală la toate vitezele mari ale vântului. O turbină eoliană controlată cu o stație normală pasivă va avea, de obicei, o scădere a puterii electrice pentru viteze mai mari ale vântului, deoarece palele rotorului intră în zona nefuncțională [1]. În figura 4 este prezentat un mecanism de rotire a palelor controlată pasivă [5].

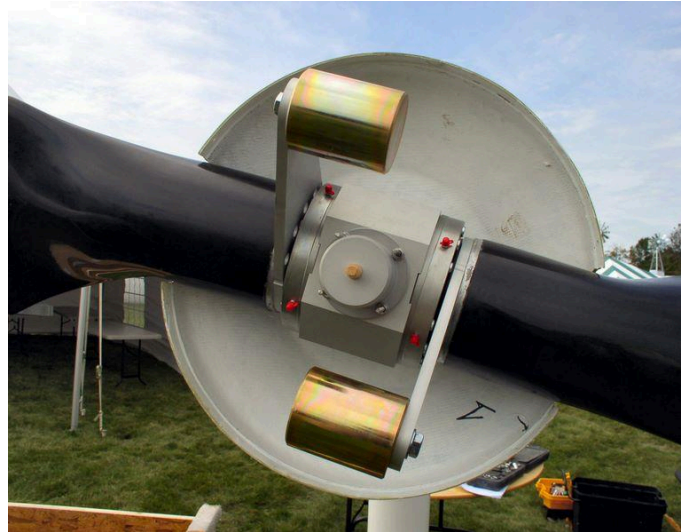


Figura 4 Controlul unghiului de atac al palelor rotorului

Yaw se referă la rotirea întregii turbine eoliene în axa orizontală. Controlul Yaw asigură că turbina este orientată constant în vânt pentru a maximiza zona de rotor eficientă și, ca urmare, puterea. Deoarece direcția vântului poate varia rapid, turbina poate alinia în mod eronat cu vântul care urmează și poate provoca pierderi de putere. Se poate aproxima aceste pierderi cu Ec.(1):

$$\Delta P = \alpha * \cos(\varepsilon) \quad (1)$$

unde: ΔP este puterea pierdută și ε este unghiul de eroare [2] Această tehnică de control este utilizată în practică numai pentru turbinele eoliene minuscule (1 kW sau mai puțin), deoarece supune rotorul la o tensiune variabilă ciclic, care în cele din urmă poate deteriora întreaga structură [1].

Un alt tip de control se referă la subsistemul electric. Se poate obține acest control dinamic cu ajutorul electronicelor de putere sau, mai precis, al convertoarelor electronice care sunt cuplate la generator. Cele două tipuri de comandă a generatorului sunt stator și rotor. Statorul și rotorul sunt, în același timp, părți staționare și nestaționare ale unui generator. În fiecare caz, se deconectează statorul sau rotorul de la rețea pentru a schimba viteza sincronă a generatorului independent de tensiunea sau frecvența rețelei. Controlul vitezei generatorului sincron este cel mai eficient mod de a optimiza puterea maximă la viteze mici ale vântului[3].

Unele turbine eoliene mai vechi folosesc aileroni (clapete) pentru a controla puterea rotorului, la fel ca aeronavele folosesc clapete pentru a modifica geometria aripilor (figura 4) pentru a oferi o ridicare suplimentară la decolare [1].

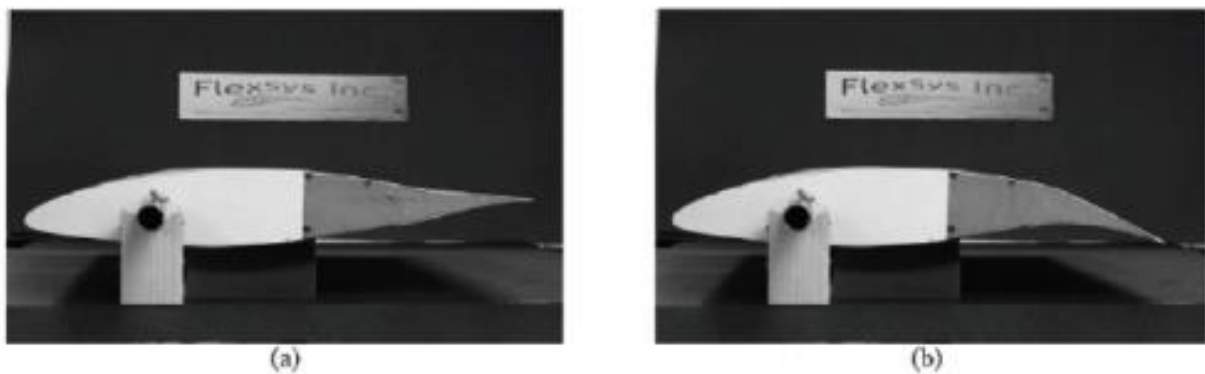


Figura 5. Geometria variabilă a palei

Concluzie:

Determinarea modelului sau principiului de control a puterii a unei turbine eoliene este dictată de mărimea puterii care urmează să asigure turbina. La fel nu mai puțin important, este necesar analiza costurilor pentru fabricarea și implementarea acestor mecanisme de control în turbină. La turbinele de dimensiuni mai mici, se pot utiliza mecanisme mai simple și mai economice, deoarece costul acestor turbine este semnificativ mai mic și respectiv cerințele față de ele sunt mai mici. De aceea se poate utiliza metoda Yaw (rotirea turnului împreună cu turbina eoliană). Pentru turbinele eoliene de dimensiuni mai mari, este necesar implementarea unor mecanisme cu o siguranță mai ridicată, ca controlul activ al unghiului de atac al palelor rotorului sau modificarea geometriei acestor pale.

Mențiune:

Lucrarea a fost realizată în cadrul contractului nr. 85-PS din „31” ianuarie 2020 „*Studiul potențialului energetic eolian și solar al Republicii Moldova și elaborarea sistemelor de conversie pentru consumatori dispersați*”

Bibliografie:

Cărți

1. JACOB AHO ș.a. „A Tutorial of Wind Turbine Control for Supporting Grid Frequency through Active Power Control”, Martie 2012 pp. 5

Referințe Web:

2. DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION, Power control of wind [online], 01.06.2003. [accesat 02.03.2020]. Disponibil: <http://xn--drmstre-64ad.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/en/tour/wtrb/powerreg.htm>
3. NATIONAL INSTRUMENTS, Wind Turbine Control Methods [online], 05.03.2019. [accesat 06.03.2020]. Disponibil: <https://www.ni.com/en-us/innovations/white-papers/08/wind-turbine-control-methods.html>
4. UNIVERSITY OF NOTRE DAME, Wind Turbine Control [online], [accesat 06.03.2020]. Disponibil: https://www3.nd.edu/~tcorke/w.WindTurbineCourse/WindTurbineControl_Presentation.pdf