

Invenția se referă la energetica eoliană, și anume la turbine eoliene cu ax orizontal și poate fi utilizată pentru conversia energiei regenerabile, în special pentru conversia energiei eoliene.

Este cunoscută o turbină cu ax orizontal, care include pale aerodinamice, amplasate pe butucul rotorului, perpendicular pe axul lui, care, la rândul său, este amplasat într-o nacelă, legată cu turnul cu posibilitatea rotirii în jurul axei lui [1].

Dezavantajul acestei soluții constă în faptul că, deși construcția este simplă, posedă o eficiență redusă a conversiei energiei.

De asemenea, este cunoscută o turbină eoliană cu ax orizontal, care include un turn cu un arbore vertical, amplasat cu posibilitatea rotirii în lagăre, pe care este fixată articulat o gondolă, centrul de greutate al căreia este deplasat la o distanță de la axul articulației. Pe puntea de bază a gondolei sunt instalate niște suporturi cu lagăre, în care este amplasat arborele unui rotor cu pale cu profil aerodinamic asimetric, precum și un generator electric, instalat în partea opusă a punții de bază a gondolei. Arborele generatorului electric este unit printr-un cuplaj cu arborele rotorului, totodată pe turn este fixat un suport al gondolei [2].

Dezavantajul acestei soluții constă în faptul că momentul de încovoiere, care solicită elementele de legătură mobilă a gondolei cu turnul, este mărit, fapt ce conduce la majorarea solicitării rulmenților și a îmbinărilor filetate de asamblare.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în majorarea eficienței conversiei energiei și evitarea coliziunii palei cu turnul.

Turbina eoliană cu ax orizontal, conform invenției, înlătură dezavantajul menționat mai sus prin aceea că conține un turn, pe care sunt instalate un rotor eolian cu trei pale aerodinamice, amplasate pe butucul rotorului, perpendicular pe axul lui, distanța de la planul vertical de rotire a palelor până la axa verticală a turnului fiind maximă. Palele aerodinamice sunt amplasate pe butucul rotorului eolian sub un unghi θ în aval față de planul vertical al rotorului eolian, valoarea căruia este determinată după formula:

$$\theta = 2 \arcsin \frac{y_{\max}}{D} = 2 \arcsin \frac{F_{\max} \left(\frac{D}{2}\right)^3}{D3EI_y} = \arcsin \frac{F_{\max} D^2}{12EI_y},$$

unde: y_{\max} este săgeata palei (amplitudinea deplasării vârfului palei);

D – diametrul rotorului;

F_{\max} – forța maximă de încovoiere;

E – modulul de elasticitate al materialului palelor;

I_y – momentul de inerție față de axa de simetrie a profilului aerodinamic al palei,

totodată distanța de la planul vertical de rotire a palelor până la suprafața exterioară a turnului este minimă.

Particularitățile invenției permit amplasarea palelor pe butucul rotorului în poziție înclinată sub un unghi θ împotriva direcției vântului, asigurând majorarea ariei baleiate a rotorului la viteza nominală a vântului, precum și evitarea coliziunii palei cu turnul.

Rezultatul tehnic al invenției constă în faptul că instalarea rotorului mai aproape de turn conduce la reducerea momentului de încovoiere, care solicită elementele de legătură mobilă a nacellei cu turnul, totodată, instalarea rotorului eolian cât mai aproape de axa turnului conduce la reducerea solicitării rulmenților de legătură mobilă a nacellei cu turnul, a îmbinărilor filetate de asamblare a nacellei cu turnul și a turnului cu bara.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-6, care reprezintă:

- fig. 1, vederea generală a turbinei eoliene cu pale înclinate în aval;
- fig. 2, turbina eoliană cu pale instalate perpendicular pe axa rotorului nesolicitată;
- fig. 3, turbina eoliană cu pale instalate perpendicular pe axa rotorului eolian aflat sub acțiunea curenților de aer;
- fig. 4, turbina eoliană cu pale instalate înclinat în aval fără acțiunea curenților de aer;
- fig. 5, turbina eoliană cu pale amplasate înclinat sub un unghi în aval aflate sub acțiunea curenților de aer;
- fig. 6, axa y a profilului aerodinamic.

Turbina eoliană cu ax orizontal (fig. 1-5) conține palele aerodinamice 1 (fig. 6), amplasate pe butucul rotorului 2 sub unghiul θ în aval față de planul vertical al rotorului 2, care este amplasat în nacela 3, instalată mobil pe turnul 4, care este fixat rigid pe fundația 5, totodată distanța B (fig. 1) de la planul vertical de rotire a palelor 1 până la suprafața exterioară a turnului 4 este minimă. Valoarea unghiului θ este determinată după formula:

$$\theta = 2 \arcsin \frac{y_{\max}}{D} = 2 \arcsin \frac{F_{\max} \left(\frac{D}{2}\right)^3}{D3EI_y} = \arcsin \frac{F_{\max} D^2}{12EI_y},$$

unde: y_{\max} este săgeata palei 1 (amplitudinea deplasării vârfului palei 1);

D – diametrul rotorului 2;

F_{\max} – forța maximă de încovoiere;

E – modulul de elasticitate al materialului palelor 1;

I_y – momentul de inerție față de axa de simetrie a profilului aerodinamic al palei 1.

Turbina eoliană cu ax orizontal funcționează în modul următor.

Acțiunea curenților de aer asupra palelor 1 cu profil aerodinamic generează efectul aerodinamic, care antrenează palele 1 în mișcare de rotație, transmisă rotorului 2.

În cazul în care palele 1 sunt amplasate perpendicular pe axul rotorului 2 la distanța A (fig. 2) de la planul vertical de rotire a palelor 1 până la suprafața exterioară a turnului 4, la viteze mici ale vântului, pala 1 este practic nedeformată, iar aria baleiată a rotorului 2 se determină după formula:

$$A_0 = \frac{\pi D_0^2}{4}, \quad (1)$$

iar puterea generată se determină după formula:

$$P_0 = \frac{1}{2} k \rho V^3 A_0, \quad (2)$$

unde: k este eficiența de conversie;

ρ – densitatea aerului;

V – viteza aerului;

D_0 – diametrul rotorului 2 eolian.

La viteze mari ale vântului, pala 1 se deformează (fig. 3) la distanța a de la vârful palei 1 până la suprafața exterioară a turnului 4, vârful ei, deplasându-se după săgeata y_{\max} , se determină după formula:

$$y_{\max} = \frac{F_{\max} \left(\frac{D_0}{2} \right)^3}{3EI_y}, \quad (3)$$

unde: F_{\max} este forța de încovoiere maximă generată de curenții de aer, care acționează asupra palei 1;

D_0 – diametrul rotorului 2 eolian;

E – modulul de elasticitate de gradul I al materialului palei 1;

I_y – momentul de inerție a secțiunii palei 1 față de axa „y” (fig. 6).

Aria baleiată a rotorului 2 se determină după formula:

$$A_1 = \frac{\pi D_1^2}{4}, \quad (4)$$

unde, $D_1 = D_0 \cos \theta$, iar $\theta = 2 \arcsin \frac{y_{\max}}{D_0}$.

Puterea generată se determină după formula:

$$P_1 = \frac{1}{2} k \rho V^3 A_1. \quad (5)$$

În cazul în care palele 1 sunt amplasate sub unghiul θ în aval față de planul vertical al rotorului 2 la distanța B de la planul vertical de rotire a palelor 1 până la suprafața exterioară a turnului 4, la viteze mici ale vântului, pala 1 este practic nedeformată (fig. 4), iar aria baleiată a rotorului 2 se determină după formula:

$$A_0 = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{\pi (D_0 \cos \theta)^2}{4}, \quad (6)$$

Iar energia convertită se determină după formula (2).

La viteze mari ale vântului, pala 1 se deformează (fig. 5) la distanța b de la vârful palei 1 până la suprafața exterioară a turnului 4, vârful ei, deplasându-se după săgeata y_{\max} , se determină după formula:

$$y_{\max} = \frac{F_{\max} \left(\frac{D_1}{2} \right)^3}{3EI_y}, \quad (7)$$

Aria baleiată a rotorului 2 se determină după formula:

$$A_1 = \frac{\pi D_0^2}{4}, \quad (8)$$

Energia convertită se determină după formula (5).

Analiza comparativă a celor două exemple demonstrează faptul că, în cazul instalării palelor 1 sub unghiul θ în aval față de planul vertical al rotorului 2, la viteze mari ale vântului (când potențialul energetic este mai mare) pala 1, deformându-se, ocupă o poziție apropiată de cea verticală, mărind astfel suprafața baleiată, deci și cantitatea de energie convertită.

Amplasarea palelor 1 pe butucul rotorului 2 sub unghiul θ , după deformarea lor sub acțiunea curenților de aer la viteze mari ale vântului, va ocupa poziția apropiată de cea verticală. De aceea, în vederea evitării coliziunii palelor 1

cu turnul 4, planul de amplasare a palelor 1 în butuc este mai apropiat de suprafața exterioară a turnului 4 al turbinei ($B < A$), fapt ce conduce la reducerea momentului de încovoiere, generat de forțele care acționează asupra palelor 1 la viteze mari ale vântului. Iar aceasta asigură o solicitare mai mică a elementelor de legătură mobilă a rotorului 2 eolian și a nacei 3 cu turnul 4. De asemenea, se reduc și forțele care acționează asupra buloanelor de fixare ale turnului 4 cu fundația 5.