



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

MECANISM CENTRIFUGAL DE PROTECȚIE LA SUPRATURARE A ROTORULUI DE TURBINĂ EOLIANĂ

Rodica BĂDĂRĂU, Teodor MILOȘ

PROTECTION CENTRIFUGAL MECHANISM OF THE WIND TURBINE ROTOR AT OVERSPEED

The protection centrifugal mechanism at overspeed described in this paper is designed and made for a wind aggregate of 5 kW. This mechanism is a complex system, designed as an automatic mechanical system to react without electronic control. Only the returning to the initial state is controlled by the electronic system of automatic control of the wind turbine. The triggering of the centrifugal mechanism must be followed by the locking in its extreme position of the rotation of the blades. After locking, the speed is reduced to 20 ... 30 rpm then, if weather conditions allow, it gives the command to unlock the centrifugal mechanism so the mechanism returns back to the normal working position.

Keywords: wind turbine, protection centrifugal mechanism at over speed, locking-unlocking device

Cuvinte cheie: turbină eoliană, mecanism de protecție la supraturare, dispozitiv de blocare-deblocare

1. Introducere

Principiile după care se aleg sau se proiectează sistemele de conducere și protecție ale agregatelor eoliene sunt tratate în standardul CEI 64000-2 („Sistemul de protecție și de oprire”). Pentru acest sistem, proiectantul turbinei eoliene și al celorlalte componente ale structurii

mecanice, formulează condiții tehnice pe baza studiilor aerodinamice și statice (încărcările structurilor), [5], [6].

Există trei protecții majore specifice agregatelor aeroelectrice:

a) protecția la viteze mari de vânt (mai mari decât viteza maximă de funcționare), caz în care se dorește reducerea forțelor aerodinamice, fie prin oprirea funcționării agregatului, fie prin alte măsuri conexe (de exemplu, aducerea paletelor în poziție de „drapel”).

b) protecția la ambalare (creșterea turației) ca urmare a decuplării agregatului de la linia electrică de transport. La agregatele mici acest lucru este posibil prin rotirea nacei în poziție perpendiculară pe direcția vântului (scoaterea din vânt). În cadrul agregatelor echipate cu frâne de avarie, protecția la supraturare se poate realiza prin declanșarea frânării, sau în cazul paletelor reglabile prin punerea lor în poziția de „drapel”.

c) protecția la vibrații. Controlul amplitudinii se face cu un traductor de vibrații, care peste domeniul prescris, este generator de semnal de avarie.

Aceste protecții ale agregatelor eoliene sunt deosebit de importante fiindcă nefuncționarea acestora sau funcționarea defectuoasă pot genera avarii care să ducă la ruperea paletelor, defecte de natură electrică sau mecanică, dar pot chiar să provoace accidente persoanelor sau avarii grave structurilor aflate în imediata apropiere a agregatului.

Se consideră stare de avarie ajungerea în una din următoarele situații:

- a fost depășită puterea la arbore;
- a fost depășită turația maximă;
- apariția uneia din următoarele situații: creșterea vibrațiilor sistemului, supraîncălzirea lagărelor sau a bobinajului generatorului, funcționarea defectuoasă sau uzura frânei sau alte defecte ireversibile ale sistemului. În acest caz, agregatul trebuie oprit prin frânare, urmată de o revizie tehnică generală.

Sistemul de conducere și protecție al agregatului asigură două cerințe: exploatarea agregatului în regimurile optime prescrise de proiectantul turbinei și operarea agregatului în condiții extreme. Prima cerință asigură eficiența investiției prin producția de energie, a doua, la fel de importantă, asigură securitatea agregatului. Exploatarea agregatului are la bază principiul că toată energia ce o poate produce agregatul la o viteză de vânt dată trebuie valorificată. Condițiile extreme la care sistemul trebuie să reziste sunt numeroase: viteze de vânt extreme, intemperii atmosferice (umezeală din aer, condens, trăsnet,

ploaie, praf), defecte la echipament, vibrații, depășirea unor limite de funcționare (puteri, turații). Sistemul de conducere și protecție prevede dotarea agregatului cu toți senzorii necesari. Exemple de senzori pentru: turație, viteza vântului, vibrații, temperatura lagărelor, putere etc.

Cercetările privind sistemele de protecție ale agregatelor eoliene se desfășoară în direcția adaptării și perfecționării sistemelor existente precum și punerea în aplicare a unor noi concepte [1], [2], [4]. Interesul asupra mecanismelor de protecție este unul general având în vedere accidentele provocate de supraturare care duc la avarierea gravă a turbinei sau a unei importante părți a acesteia.

2. Aspecte generale privind realizarea unui rotor având un mecanism centrifugal de protecție la supraturare

În cadrul Grant-ului RO-0018/2009 [4] a fost proiectat, executat și montat de către colectivul Centrului de Cercetări Aeroenergetice din cadrul Universității Politehnica Timișoara, un agregat eolian (figura 1) pentru amplasamentul de la Șeușa, comuna Ciugud, județul Alba. Agregatul participă într-un sistem integrat împreună cu trei panouri fotovoltaice la furnizarea serviciului de iluminat stradal al satului Șeușa. Turbina eoliană asigură producerea unei puteri de 5 kW la o viteză a vântului de 8,5 m/s. Agregatul eolian a fost echipat cu un generator electric sincron cu magneți permanenți, precum și cu o frână electromecanică de avarie, componente electrice necesare unui astfel de sistem (redresor și convertizor de frecvență), sistem de conducere și protecție.

Agregatul eolian a fost realizat în două variante, cu două rotoare diferite. Varianta a doua a turbinei a fost concepută având la butuc un mecanism de protecție la supraturare suplimentar, și anume un mecanism de protecție centrifugal, cu contragreutăți care permite rotirea paletelor în poziția „drapel” în cazul unor viteze ale vântului foarte mari [4].

Mecanismul de protecție la supraturare cu care este echipat agregatul eolian are o structură complexă astfel că pentru a înțelege funcționarea acestuia și utilitatea sa se iau în considerare condițiile inițiale de funcționare ale turbinei.

În proiectarea rotorului sunt importante mai multe aspecte privind tipurile de legături între piesele în mișcare, cerințele impuse de acestea privind rezistență și rolul impus de mecanism, materialele folosite, și, nu în ultimul rând, prețul de cost.

În afară de aspectele tehnico-economice trebuie ținut cont și de siguranța în funcționare a rotorului, precizând că în zona amplasamentului s-au înregistrat ocazional viteze ale vântului de peste 30 m/s.

Punerea în vânt este asigurată de deriva turbinei, astfel că problema de rezolvat este modificarea unghiului de instalare β_s sau „pich-ul” paletelor în funcție de turația rotorului care este la rândul ei în funcție de viteza vântului. Asupra paletelor vor acționa două momente de rotire a acestora în jurul axei sale: un moment aerodinamic dat de forța aerului pe direcția perpendiculară pe coarda paletelor și de componenta pe axa y a forței centrifuge a contragreutăților. Unghiul de instalare al paletelor, β_s , trebuie menținut la valorile calculate pentru poziția optimă de valorificare a energiei vântului, iar la turații mai mari decât turația nominală, mecanismul centrifugal va modifica acest unghi, făcându-l să crească cu aproximativ 45° , ceea ce înseamnă că paletele vor fi orientate în „drapel”, pe direcția vântului și ca urmare se va produce frânarea aerodinamică.



Fig. 1 Turbina eoliană proiectată și realizată de Universitatea "Politehnica" Timișoara în cadrul Grant-ului RO-0018/2009, $D = 7$ m

Turbina a fost proiectată pentru turația nominală a generatorului de 120 rot/min care poate crește până la maxim 150 rot/min.

Turbina nu conține reductor sau amplificator de turație, ceea ce implică principiul "direct drive", adică turația arborelui generatorului va fi aceeași cu turația rotorului. Astfel, turația rotorului va trebui să fie în plaja de valori a turației generatorului.

3. Sistemul mecanic automat de protecție a paletelor la supraturare cu blocarea/deblocarea paletelor în/din poziția „drapel”

Mecanismul centrifugal de protecție la supraturare (figura 2) ce echipează rotorul agregatului eolian prezentat mai sus, funcționează alternativ, în sensul că în câteva secunde de la declanșare și punere a paletelor rotorice în „drapel” se produce frânarea aerodinamică.

Turația turbinei scade și arcul (7) al mecanismului readuce paletele în poziția de lucru optimă după care, dacă vântul persistă cu viteze peste limita de lucru admisă, rotorul se turează din nou în sarcină, sau, dacă este aruncat din sarcină, readuce paletele rotorice în poziția „drapel”.

Alternanțele acestea nu sunt de dorit pentru că solicită dinamic întregul agregat eolian.

Pentru a evita astfel de situații, s-a ajuns la concluzia că ar fi bine ca mecanismul de protecție centrifugal odată declanșat, să rămână blocat în poziția „drapel” până ce condițiile meteo revin în domeniul de lucru al turbinei eoliene. Mecanismul blocat oferă protecție și în situația de avarie pe partea electrică. În acest sens, a fost conceput un dispozitiv de blocare-deblocare a mecanismului centrifugal de protecție la supraturare.

Dispozitivul de blocare-deblocare este un sistem mecanic semiautomat în sensul că acțiunea de blocare a mecanismului centrifugal de protecție la supraturare se realizează automat, iar acțiunea de deblocare se realizează printr-o acționare electrică comandată de sistemul automat de comandă și control al agregatului eolian.

Prin acest mod de protecție se asigură limitarea turației rotorului de turbină la maximum 50 rot/min (frânare aerodinamică) în mod continuu în caz de vânt puternic, peste limita de lucru a agregatului eolian sau în caz de avarie a sistemului electric de conversie a energiei produse de generatorul electric.

astfel încât turbina eoliană să poată funcționa din nou în condiții optime dacă viteza vântului este în limitele prescrise.

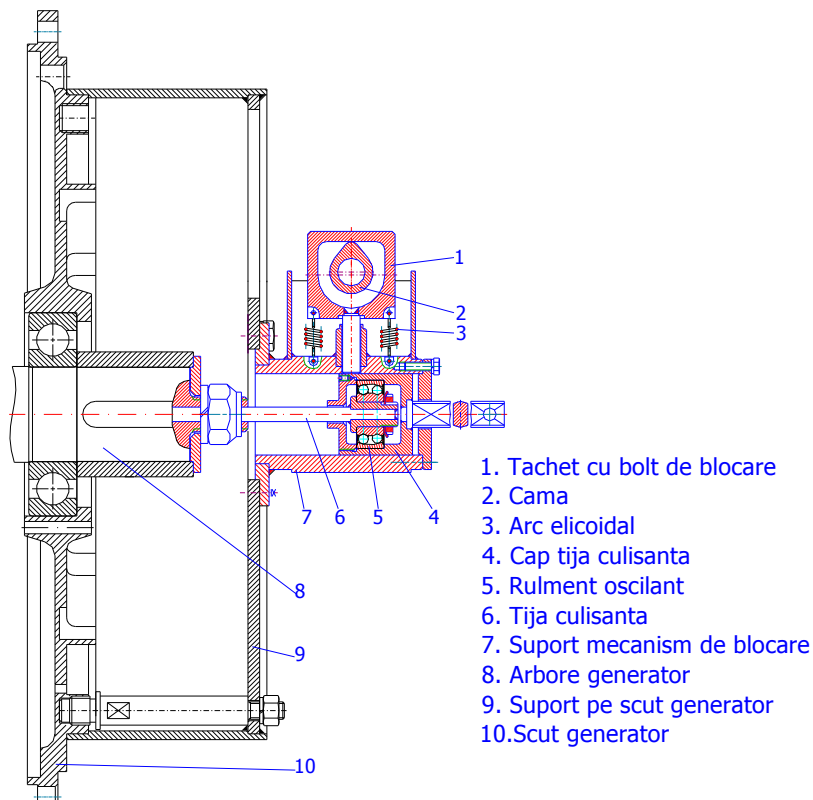


Fig. 3 Dispozitiv de blocare-deblocare a mecanismului centrifugal de protecție la supraturare

4. Concluzii

■ Mecanismul centrifugal de protecție la supraturare prezentat în lucrare, cu care este echipat agregatul eolian proiectat, executat și dat în exploatare de colectivul Centrului de Cercetări Aeroenergetice din cadrul Universității "Politehnica" Timișoara, pe amplasamentul Șeușa din județul Alba, oferă protecție maximă agregatului eolian la condiții meteo extreme.

■ La supraturare mecanismul centrifugal se declanșează și rotește paletelor rotorice până la poziția de „drapel”. În această poziție

se produce frânarea aerodinamică a rotorului. După blocarea mecanismului centrifugal, prin frânare aerodinamică se reduce turația la 20 - 30 rot/min, după care, dacă condițiile meteo permit, se poate da comanda de deblocare, astfel ca mecanismul centrifugal să revină din nou în poziția normală de lucru.

■ În continuare cercetarea nu se oprește aici. Același colectiv a proiectat un stand de testare a acestor tipuri de mecanisme de protecție. Standul este necesar pentru încercarea, verificarea și validarea soluțiilor proiectate ale acestor tipuri de mecanisme.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Bej, A., *Turbine de vânt (Wind turbines)*, Editura Politehnica, Timișoara, 2003.
- [2] Gipe, P., *Wind turbine basics*, Chelsea Green Publishing Company, Vermont, USA, 2009.
- [3] * * * *Microgrid Integrated Small Power Renewable Energy Hybrid Systems*, Grant UEFISCDI-PCCA 36/2012., Parteneriat UEFISCDI 2012-2016, Raport științific 2013, 2014.
- [4] * * * *Improvement of the Structures and Efficiency of Small Horizontal Axis Wind Generators with Non-Regulated Blades*, EEA-Grant RO-0018/2009.
- [5] Bădărău, R., *Contribuții la studiul turbomașinilor axiale neîntubate*, Teză de doctorat, Editura Politehnica, Timișoara, 2011.
- [6] Abbott, I. H., Doenhoff, A. E., *Theory of Wing Sections*, Dover Publications, Inc., New York 1958.

Șef lucr.Dr.Ing. Rodica BĂDĂRĂU
Universitatea "Politehnica" Timișoara
membru AGIR
e-mail: badarau_r@yahoo.com
Conf.Dr.Ing. Teodor MILOȘ,
Universitatea "Politehnica" Timișoara
membru AGIR
e-mail: teodor.milos@gmail.com