

Transferurile de putere în MADA

Tematica: *Energii regenerabile*

→ **Capitol:** *Filierea eoliană*

→ **Secțiunea:** *Mașina asincronă dublu alimentată (MADA)*

Tip resursă: *Expunere* *Laborator virtual / Exercițiu* *CVR*

Obiectivele laboratorului:

Se dorește să se înțeleagă cum, pentru o viteză variabilă a vântului, este posibil să se comande viteza mecanică, pentru a controla mașina asincronă dublu alimentată (MADA) și să se obțină astfel puterea maximă debitată în rețea.

Caracteristicile eolienei studiate sunt:

Puterea nominală: 2,0 MW

Numărul de pale: 3

Înălțimea: 80 m

Viteza vântului pentru pornire: 5 m/s

Viteza nominală a vântului: 11,5 m/s

Viteza de deconectare: 25m/s

Raza palelor: $R = 44$ m

Raportul de transmisie al multiplicatorului: $k = 70$

Greutatea totală: 242 t

- cunoștințe anterioare necesare: [Mașina asincronă](#).
- nivel: #
- durata estimată: 30 minute
- autori: Nicolas Dujardin, Christian Iweins
- realizare: Fabien Poje
- traducere: [Sergiu Ivanov](#)

Pregătirea laboratorului

Puterea activă debitată de o eoliană în rețea depinde de viteza vântului, dar și de viteza mecanică a MADA. Se va studia alura acestei dependențe.

Întrebarea 1:

Cum se realizează transformarea energiei mecanice în energie electrică, într-un generator asincron?

Răspuns 1:

Rotorul mașinii asincrone este antrenat de turbina eoliană, ce furnizează putere mecanică. Puterea este transmisă de la rotor către stator, sub formă de energie electromagnetică. Înfășurările trifazate statorice sunt parcurse de curent. Se debitează astfel energie electrică.

Întrebarea 2:

Care este semnificația coeficientului de putere (de performanță) C_p , știind că el are o anumită valoare pentru fiecare eoliană?

Răspuns 2:

C_p este un coeficient adimensional, care depinde de unghiul β de orientare a palelor eolienei și de viteza specifică λ . Știind că λ depinde de viteza vântului și de pulsația rotorică ω_p , C_p ține cont de toate variabilele ce influențează valoarea puterii debitate în rețea. Cu cât C_p este mai mare, cu atât puterea debitată de MADA este mai mare. În cadrul acestui laborator, se va urmări să se obțină valoarea maximă a lui C_p .

Întrebarea 3:

Viteza de sincronism a unei mașini asincrone cu p perechi de poli este impusă de frecvența rețelei ($\Omega_s = 60.f / p$): pentru $p = 2$, rezultă $\Omega_s = 1500$ rot/min. Presupunând că alunecarea s este tot timpul mai mică decât 25%, care sunt valorile limită ale vitezei mecanice a mașinii Ω_m [rad/s].

Răspuns 3:

Există relația $\Omega_m = (1-s).\Omega_s$

Concluzie: pentru o alunecare mai mică de 25%, se obțin ca valori limită:

$$- 0,25 < s < 0,25$$

$$1125 < \Omega_m < 1875 \text{ tr/min}$$

$$117,8097 < \Omega_m < 196,3495 \text{ rad/s}$$

În continuarea acestui laborator, pe parcursul experimentelor, se va modifica Ω_m în acest domeniu.

Laborator virtual

Se va urmări în continuare, cum evoluează puterea debitată în rețea, în funcție de viteza mecanică a MADA Ω_m și de viteza vântului v .

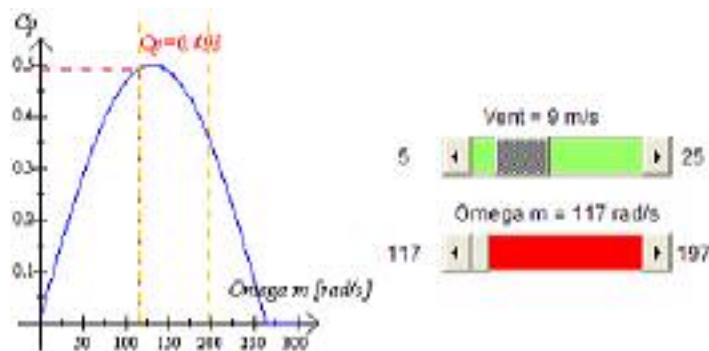
Experimentul 1

Experimentul 1:

Se va observa dependența $C_p = f(\Omega_m)$ pentru o eoliană echipată cu MADA.

Ca variabile sunt: viteza vântului v cuprinsă între 5 și 25 m/s și viteza mecanică de rotație, care variază între 117 și 197 rad/s, așa cum s-a arătat în răspunsul de la Întrebarea 3.

Căutați valoarea maximă a lui C_p pentru o anumită viteză v a vântului, prin modificarea lui Ω_m .

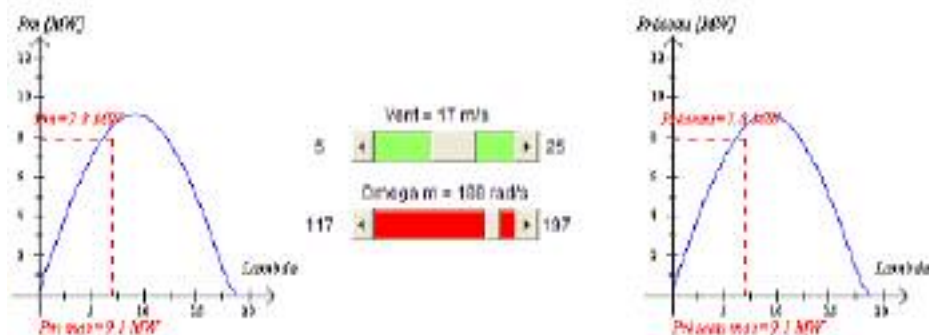


Interpretare: Este posibil să se modifice Ω_m pentru a obține valoarea maximă a coeficientului de putere C_p . De exemplu, pentru $v = 10$ m/s și $\Omega_m = 150$ rad/s, se obține valoarea maximă 0,499.

Experimentul 2

Experimentul 2:

Se va studia dependența puterii mecanice în funcție de viteza specifică λ . Aceasta se va compara cu puterea debitată în rețea. Se vor considera aceleași variabile ca și în experimentul anterior.



Atenție: Se obțin puteri foarte mari, care nu corespund realității. În acest experiment se neglijează pierderile și, pentru moment, ne se ține seamă de controlul automat. Puterile obținute în realitate sunt mult mai mici.

Interpretare: Neglijând pierderile din MADA, rezultă că puterea electrică la ieșirea MADA este egală cu puterea mecanică de intrare. Deci, $P_{\text{mecanică}} = P_{\text{rețea}}$. Se observă că pentru un vânt cu viteza mai mare de 14 m/s, este imposibil să se obțină maximul. Este normal, pentru vânt puternic, nu se mai caută să se obțină maximul de putere, ci din contră, se limitează puterea, pentru a nu se depăși limitele mașinii.

Experimentul 3

Experimentul 3:

Se vor urmări evoluțiile puterilor din stator și din rotor, respectiv P_s și P_r . Acestea se obțin pe baza expresiilor:

$$P_s = P_m / (1-s) \text{ și}$$

$$P_r = s \cdot P_s$$

Atenție: convențiile de semne pentru acest laborator sunt opuse celor prezentate în [partea a 3-a a expunerii asupra MADA](#).



Interpretare:

Știind că viteza de sincronism impusă de rețea este de 1500 rot/min, respectiv 157,08 rad/s, alunecarea s își schimbă semnul când Ω_m depășește valoarea de 157 rad/s.

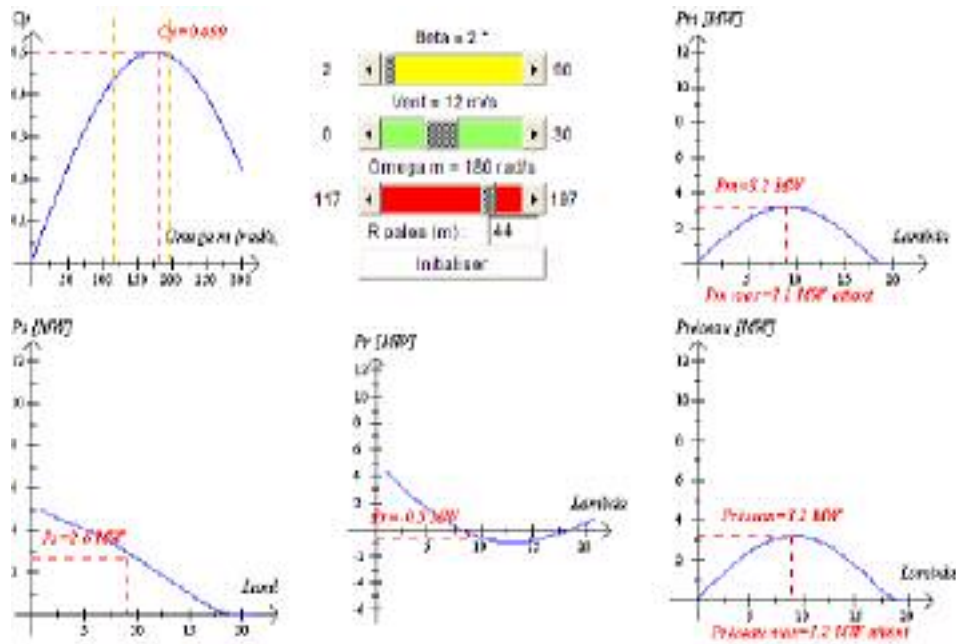
Dacă $s < 0$, $P_{\text{rotor}} < 0$, funcționarea este în regim hipersincron. Puterea rotorică este debitată.

Dacă $s > 0$, $P_{\text{rotor}} > 0$, funcționarea este în regim hiposincron. Puterea rotorică este absorbită.

Experimentul 4

Experimentul 4:

Se vor lua în considerare acum cele 5 curbe studiate anterior. Aici, viteza vântului variază între 0 și 30 m/s. Raza palelor este, de asemenea, un parametru ce va putea fi modificat în cadrul acestui experiment.



- 1 - Observați că pentru vânt foarte slab, eoliana nu poate porni, deci nu se produce energie electrică.
- 2 - Observați că pentru vânt cu viteza mai mare de 25 m/s, unghiul β de orientare a palelor, fixat de obicei la 2° , ia valoarea de 90° . Eoliana nu mai furnizează putere în cazul vântului prea puternic.
- 3 - Se observă că maximul coeficientului C_p corespunde maximului puterii debitate în rețea.

Influența valorii unghiului β de orientare a palelor asupra coeficientului C_p este studiată în [laboratorul anterior](#).

Concluzia laboratorului:

S-a putut verifica evoluția puterilor active transferate în MADA, în funcție de viteza vântului și de viteza mecanică de rotație a mașinii Ω_m .