A XII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională
*"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti"*,
SEBEŞ, 2012

# MULTIPLICATOARELE INSTALAŢIILOR ENERGETICE EOLIENE ( II )

Gheorghe MILOIU, Mihai IONEL

## MULTIPLIERS OF THE WIND TURBINES ( II )

This paper emphasizes the changes appeared in the technique of the wind turbine driving in the last two decades.

Three schemes of multipliers used now are presented and the calculus elements are done allowing the structural optimization of these transmissions.

Cuvinte cheie: transmisii eoliene, multiplicatoare eoliene, turbine eoliene

Keywords: wind gearbox, wind multipliers, wind turbines

### 4. Construcţia multiplicatoarelor eoliene

În figura 3 este prezentată construcţia unui multiplicator 1P + 2H (figura 2, schema din mijloc).

Elementul de intrare este braţul portsateliţi al treptei 1P, iar element condus al treptei este pinionul central, legat de treptele 2H printr-un cuplaj dinţat.

Multiplicatorul 2H este realizat cu două angrenaje cu axele fixe, dispuse într-o carcasă solidară cu carcasa treptei planetare.

Multiplicatorul 1P + 2H este fixat pe arborele rotorului cu pene inelare, iar carcasa este ancorată elastic cu două braţe simetrice faţă de axa multiplicatorului.

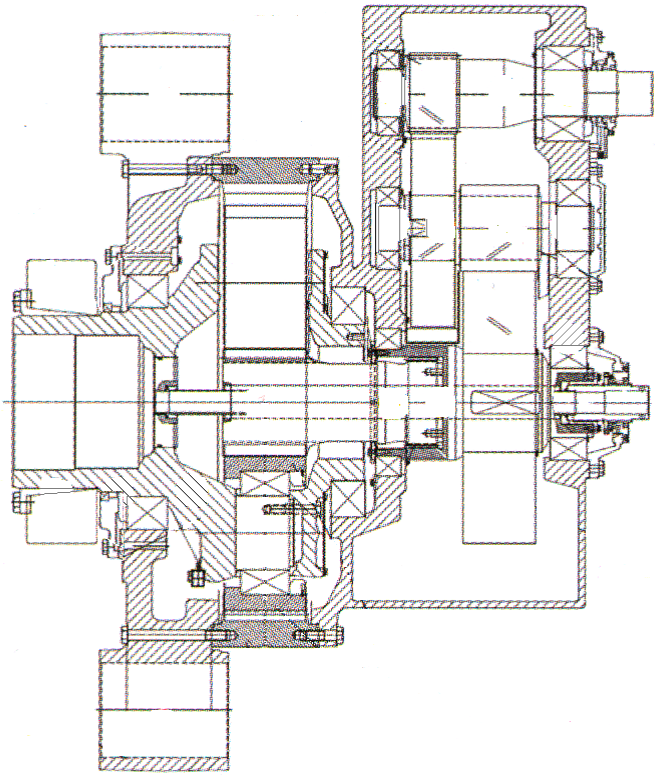

Fig. 3 Construcţia unui multiplicator Hansen [8.6]

La multiplicatoarele eoliene se folosesc angrenaje de performanţă: oţeluri aliate de cementare cu Cr – Mo – Ni, cu tratamentul realizat în instalaţii cu atmosferă controlată, cu dantura rectificată în clasele 4 – 5.

Deoarece la instalaţiile eoliene sunt exigenţe deosebite privind vibraţiile, la multiplicatoarele acestora se recomandă danturi înalte (profiluri de referinţă cu $\varepsilon_\alpha \geq 2$) [4].

## 5. Elemente de calcul

Elemente de structură (arhitectură) la reductoarele de utilizare generală au fost dezvoltate în [3]: dimensiunile caracteristice (distanţa dintre axe la angrenajele cilindrice, diametrul de divizare al roţii – la

angrenajele conice), proporţia mărimilor caracteristice ale treptelor, împărţirea raportului de transmitere pe trepte.

Recent au intrat în atenţia cercetătorilor problemele de structură (arhitectură) ale multiplicatoarelor eoliene [5, 6].

Tabelul 7 conţine elemente de calcul de predimensionare pentru schema 1P+2H, figurile 2 şi 3.

Date de intrare: $M_H$ - momentul la rotor; u – raportul de multiplicare.

Tabelul 7

| Parametrii | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Rapoartele pe trepte | $u_I = u_{II} * \varphi$<br>$\varphi \approx 1,4$ | $u_{II} = u^{1/3}$ | $u_{III} = u_{II} / \varphi$ |
| Momentele treptei | $M_H$ | $M_H / u_I$ | $M_H / (u_I * u_{II})$ |
| | $M_P = M_{II} / u_I$ | $M_P = M_{II} / u_{II}$ | $M_P = M_{III} / u_I$ |
| Dimensiunea caracteristică | $d_0$ - diametrul roţii centrale $z_{int}$ | $a_{II} \approx 0,4 * d_0$ | $a_{III} \approx a_{II} / \varphi$<br>$\varphi \approx 1,4$ |
| Diametrul pinionului | $d_1 = d_0 / (u_I - 1)$ | $d_1 = 2 * a_{II} / (u_{II}+1)$ | $d_1 = 2 * a_{III} / (u_{III}+1)$ |
| Raportul de transmitere pentru calculul de rezistenţă | $u_{1s} = 0,5 * u_I - 1$ | $u_{II}$ | $u_{III}$ |
| Forta tangenţială | $F_{tI} = \frac{M_p}{0,5 * d_1 * N}$ | $F_{tII} = \frac{M_p}{0,5 * d_1}$ | $F_{tIII} = \frac{M_p}{0,5 * d_1}$ |
| Lăţimea danturii | $b_I \approx 0,2 * d_0$ | $b_{II} \approx \Psi_{aII} * a_{II}$<br>$\Psi_{aII} \approx 0,4$ | $b_{III} \approx \Psi_{aIII} * a_{III}$<br>$\Psi_{aIII} \approx 0,4$ |
| Încărcarea specifică a angrenajului | $W_I = \frac{F_{tI}}{d_1 * b_I} * \frac{u_{1s}+1}{u_{1s}}$ | $W_{II} = \frac{F_{tII}}{d_1 * b_{II}} * \frac{u_{II}+1}{u_{II}}$ | $W_{III} = \frac{F_{tIII}}{d_1 * b_{III}} * \frac{u_{III}+1}{u_{III}}$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Încărcarea specifică admisibilă la predimensionare | $W_I = 0,6$ [daN / mm$^2$] | $W_{II} = 0,8$ [daN / mm$^2$] | $W_{III} = 0,6$ [daN / mm$^2$] |

**Notă**: N – numărul sateliţilor pe treapta 1P

În tabelul 7 sunt date formulele de calcul pentru schema 1P + 2H (figurile 2 şi 3), pentru următorii parametri:

- rapoartele de transmitere ale treptelor;
- momentele la elementele conducător şi condus ale fiecărei trepte;
- încărcările specifice ale angrenajelor treptelor.

Relaţiile de calcul din tabelul 7 permit predimensionarea celor trei trepte, evaluarea masei transmisiei şi prin încercări (modificând repartizarea rapoartelor de transmitere pe trepte) – obţinerea unei construcţii optimale.

În figura 4 se compară trei soluţii de multiplicatoare în trei trepte: cu axe fixe (3H), o treaptă planetară şi două cu axe fixe (1P + 2H) şi două trepte planetare şi una cu axe fixe (2P + 1H).

Elementele de calcul din tabelul 7 vor permite optimizarea constructivă a celor trei scheme din figura 4.

$P = 3$ MW ($c_s * P_{nom}$); $n_1 = 15$ rpm; $u = 60$

Problema este de viitor.

## 6. Concluzii

- La multiplicatoarele instalaţiilor eoliene actuale se folosesc trei scheme (figura 2): 1P; 1P + 2H; 2P +1H.

- Pentru optimizarea structurii acestor multiplicatoare sunt date elemente de calcul necesare în tabelul 7, care permit dimensionarea şi optimizarea constructivă.

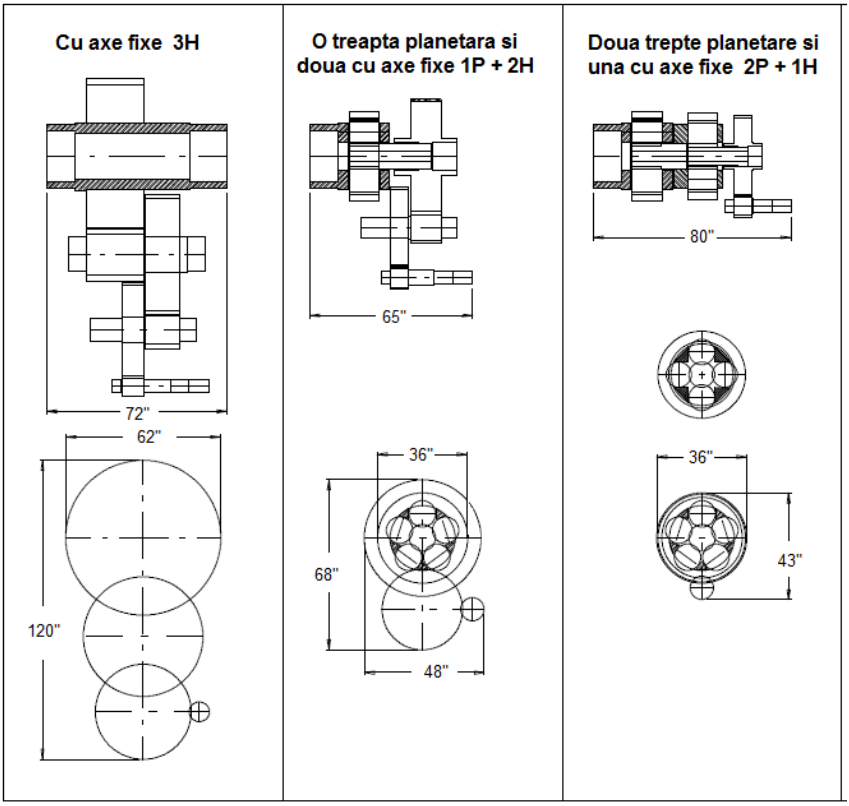


Fig. 4 Comparaţia a trei soluţii de multiplicatoare [5]

**BIBLIOGRAFIE**

[1] Dinner, H., *Trends in wind turbine drive trains*. www.EES KISSsoft.ch, 5pag.
[2] Miloiu, Gh., *Transmissions for wind turbines*, 5th EWEA Conference, 1994, Tessaloniki, Greece, pag. 522 – 527.
[3] Miloiu, Gh., a.o.: *Optimal design of two step gear units, regarding the main parameters*, VDI Berichte, Nr.1230, 1996, pag. 227 – 244.
[4] Salje, H., *Hochverzahnung – Tragfähigkeits- und Geräuschunter – suchungen an Hochverzahnungen,* FVA H.252, 150S, 1987.

[5] Schutz, C.D., *The effect of gearbox architecture on wind turbine enclosure size*, AGMA Technical Paper, 09FTM19, 2009, 19 pag.
[6] Velicu, R., Bozan, C., *Gear ratios of planetary double step multipliers for wind turbines from minimum volume criterion,* ADEKO - Machine Design, 2010. pag. 137 – 140.
[7] Wilby, R.D., *Reliability challenges in the off – shore wind industry*, BMT Reliability Consultants Ltd, 12 pag.
[8] * * * Documentaţie de la firmele:
[8.1] ABB. Products and services for wind turbines. Electrical drivetrain solutions and products for turbine subsystems.
[8.2] AREVA Wind Bremerhaven – D.
[8.3] BREVINI WIND. Main gearboxes for wind turbines. Yorktown Indiana – SUA.
[8.4] EICKHOFF Antriebstechnik Bochum – D.
[8.5] GE Wind Energy Salzberger – D.
[8.6] HANSEN Transmissions Kontich – B.
[8.7] NORDEX Hamburg – D.
[8.8] REpower Systems Hamburg – D.
[8.9] WIKOW Hronov – CZ.
[8.10] WINENERGY Voerde – D.

Dr.Ing. Gheorghe MILOIU
Specialist SC Confind Câmpina, membru ROAMET
e-mail: gmiloiu@confind.ro

Ing. Mihai IONEL
Specialist SC Corner Prod Câmpina, membru ROAMET
e-mail: cornerprod@xnet.ro