

## CERCETAREA RANDAMENTULUI MECANIC AL MULTIPLICATORULUI PLANETAR PRECESIONAL

*BOSTAN I., DULGHERU V., CIOBANU R.*

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Summary.** The evolution of the technical progress of the machine building industry is influenced to a great extent by the performances of the mechanisms for transforming and transmitting motion and energy. An important element of the energy systems belongs to multipliers which have the role to amplify the revolutions of the generator's rotor and to improve the systems performances. An important condition is imposed to ensure a high yield multipliers, reducing the rotation unevenness of vibrating source, increasing the bearing capacity and reduced overall dimensions. This paper is researched mechanical efficiency planetary precessional multipliers gear box.

**Keyword:** planetary precessional multipliers gear box, mechanical efficiency, precession motion, linkage mechanism.

### INTRODUCERE

Cercetările experimentale au rolul primordial de validare a rezultatelor teoretice [1, 2, 3, 4]. Parametrii energetici de bază ai unui multiplicator sunt randamentul mecanic, care stabilește pierderile de putere în cuplele cinematice ale multiplicatorului și momentul de pornire care, în unele cazuri stabilește funcționalitatea mașinii de lucru. De exemplu, în cazul turbinei eoliene momentul de pornire al multiplicatorului determină funcționarea turbinei eoliene la viteze mici ale vântului.

### MATERIAL ȘI METODĂ

Metoda de testare cuprinde întreg complexul de operații asupra multiplicatorului, pentru aprecierea eficienței lui în funcționare [1].

Încercările se execută în condiții obișnuite ale mediului înconjurător. Pentru încercarea transmisiei precesionale cu funcționare în regim de reductor și multiplicator a fost folosit standul de încercări cu circuit deschis al fluxului de putere din Laboratorului de Testări a Transmisiilor Mecanice al departamentului „Bazele Proiectării Mașinilor” (figura 1-5). Elemente componente de bază ale standului sunt reductorul precesional și instalația de testare, echipate cu motor electric, frână, dinamometre de forță cu indicator de recepționare a parametrilor mășurați. Standul de încercări include un stativ rigid 1, pe care sunt fixate: un motor electric 2 de curent continuu cu puterea de 8,0 kW și turație reglabilă, instalat pe sprijinele 3 și 4. Între stativ și carcasa motorului electric este instalat dinamometrul de forță cu indicator 5 pentru înregistrarea momentului reactiv al corpului motorului electric 2; reductorul precesional 6, arborele de ieșire al căruia este legat cu arborele frânei electromagnetice cu pulberi metalice 7, dotată cu un dinamometru de forță cu indicator 8, pentru înregistrarea momentului de încărcare generat de frâna electromagnetică 7. Arborii reductorului precesional 6 sunt legați cu rotorul motorului electric 2 și, respectiv, cu arborele frânei electromagnetice 7 prin intermediul cuplajelor compensatoare cu elemente elastice 9 și 10. Pe arborele frânei electromagnetice 7 și pe arborele motorului electric 2 sunt instalate traductoarele de măsurare a turațiilor 11.

Randamentul mecanic al multiplicatorului se determină conform formulei:

$$\eta = \frac{T_2}{T_1 \cdot i}, \quad (1)$$

unde  $T_1$  este momentul de torsiune pe arborele de ieșire al multiplicatorului, Nm;

$T_2$  – momentul de torsiune pe arborele de intrare a multiplicatorului, Nm;

$i$  – raportul de transmitere al multiplicatorului.

Valorile momentelor de torsiune pe arborii de intrare și ieșire ai multiplicatorului  $T_1$  și  $T_2$  se determină conform indicațiilor indicatoarelor dinamometrelor 5, 8 cu folosirea graficelor de tarificare, prezentate în figura 6 (a, b). Dispozitivele de măsurare ale standului asigură măsurarea momentelor de torsiune  $T_1$  și  $T_2$  cu precizia  $0,5 \div 1\%$  corespunzător.

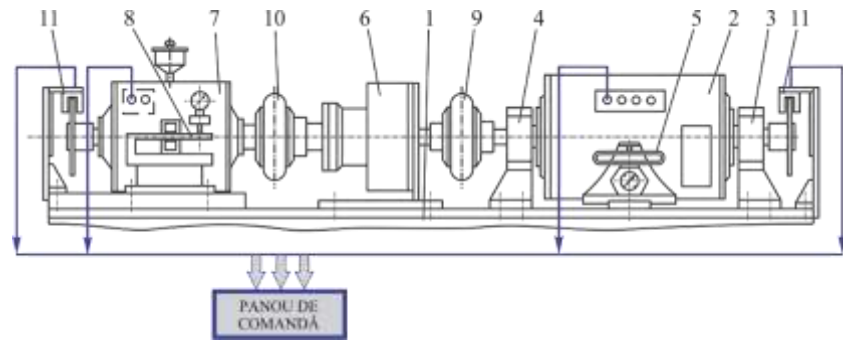


Fig. 1. Schema standului experimental pentru încercarea transmisiei precesionale în regim de reductor.



Fig. 2. Standul experimental pentru încercarea transmisiei precesionale în regim de reductor.

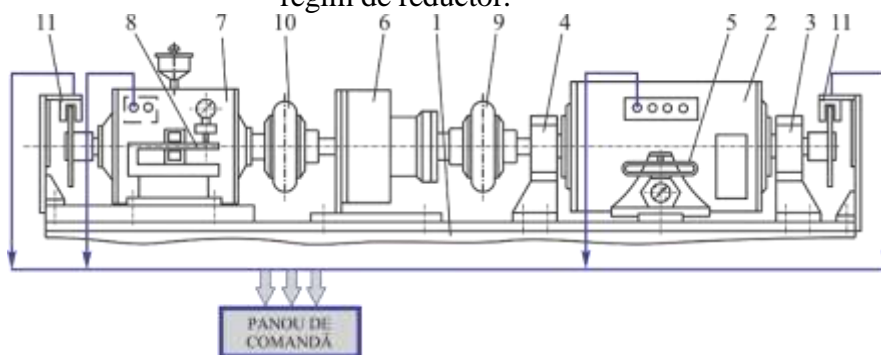


Fig. 3. Schema standului experimental pentru încercarea multiplicatorului precesional.



Fig. 4. Stand experimental pentru încercarea multiplicatorului precesional.

Stabilitatea momentelor de torsiune  $T_1$  și  $T_2$  la fiecare valoare a lor a fost cercetată în decurs de 1-2 ore de încercări neîntrerupte.

Dispozitivele basculante ale motorului electric 2 constau dintr-un suport cu două reazeme cu rostogolire 3 și 4, în care se instalează statorul motorului electric 2. Această construcție permite rotirea liberă a statorului motorului în jurul axei rotorului. Deplasarea unghiulară a statorului în timpul funcționării instalației este limitată de lamela elastică a traductorului de moment la arborele motorului și al frânei. Stabilirea regimurilor de încărcare a reductorului în timpul experimentului s-a făcut manual cu ajutorul organelor de reglare.



Fig. 5. Panou de comandă a standului pentru încercări.

## CERCETAREA RANDAMENTULUI

### TRANSMISIEI PLANETARE PRECESIONALE ÎN REGIM DE REDUCTOR

Standul de încărcări a fost realizat după schema clasică: motor electric – reductorul testat – frână. În figura 1 este prezentată schema standului de încercări a transmisiei precesionale în regim de reductor, iar în figura 2 – fotografia standului asamblat [1].

O etapă importantă de pregătire a standului pentru încercări și măsurări a fost tarificarea motorului electric de curent continuu și a frânei electromagnetice cu pulberi metalice. Tarificarea a fost efectuată prin metoda cunoscută. În figura 6 (a, b) se prezintă graficele de tarificare a motorului electric și frânei electromagnetice.

După asamblarea standului au fost efectuate cercetările randamentului mecanic după metoda descrisă mai sus. Regimul de ungere în baie de ulei cu nivel normal. Cercetarea randamentului mecanic a fost efectuată la 5 regimuri de sarcină (momentul de torsiune:  $0,2T_n$ ;  $0,4T_n$ ;  $0,6T_n$ ;  $0,8T_n$ ;  $1,0T_n$ ) și 3 regimuri de turație ( $n=500\text{min}^{-1}$ ;  $n=750\text{min}^{-1}$ ;  $n=1000\text{min}^{-1}$ ). Încărcarea reductorului a fost efectuată treptat, sarcina mărindu-se de la 0,2 din valoarea nominală a momentului de torsiune până la  $1,0T_n$ . În baza rezultatelor obținute au fost construite graficele randamentului mecanic funcție de momentul de torsiune pentru turațiile  $n=500\text{min}^{-1}$ ;  $n=750\text{min}^{-1}$ ;  $n=1000\text{min}^{-1}$  (figura 7). Analiza graficelor arată valori satisfăcătoare ale randamentului la încărcarea cu sarcină nominală. La sarcini mici randamentul mecanic este scăzut, majorându-se cu majorarea momentului de torsiune până la apr.  $0,6T_n$ .

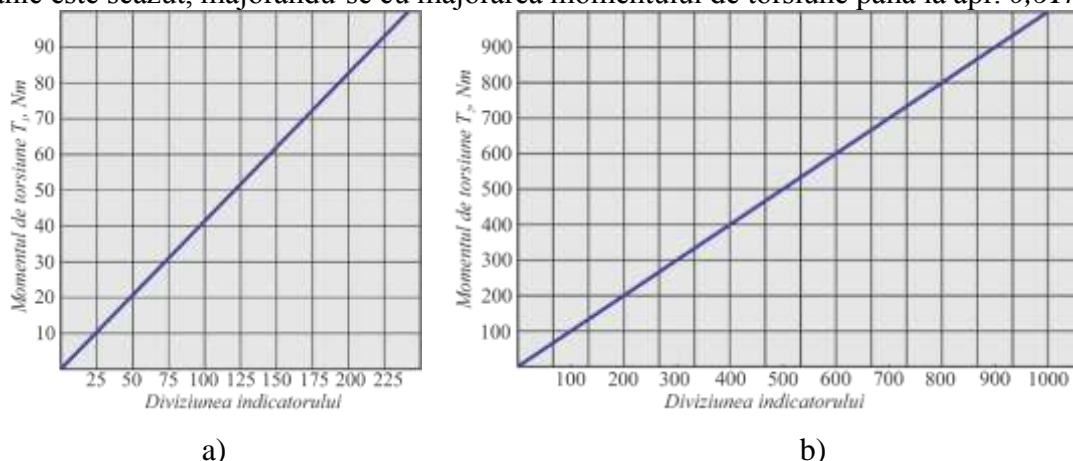


Fig. 6. Graficele de tarificare a motorului electric (a) și frânei electromagnetice (b).

La mărirea momentului de torsiune în continuare se observă o stabilizare a randamentului până la solicitarea cu momentul nominal  $T_n$ . Important este faptul că la viteze mai mari randamentul este chiar mai bun spre deosebire de angrenajele ordinare, unde pierderile hidraulice cresc.

## CERCETAREA RANDAMENTULUI TRANSMISIEI PLANETARE PRECESIONALE ÎN REGIM DE MULTIPLICATOR

Standul de încărcări a fost realizat după schema din figura 3, iar în figura 4 este prezentat standul realizat [1].

Cercetarea randamentului mecanic funcție de sarcină și numărul de rotații a avut loc sub aspect metodic similar cazului de funcționare a transmisiei în regim de reductor, cu modificarea regimului de sarcină impusă de posibilitățile standului: solicitarea la 3 regimuri de sarcină (momentul de torsiune:  $0,2T_n$ ;  $0,4T_n$ ;  $0,6T_n$ ) și 3 regimuri de rotație care reprezintă rotația acceptată la încărcarea în regim de reductor împărțită la raportul de transmitere. Pentru asigurarea aceluiași regimuri cinematice multiplicatorul a fost încercat la rotațiile  $40\text{min}^{-1}$ ;  $50\text{min}^{-1}$ ;  $60\text{min}^{-1}$ . Încărcarea reductorului a fost efectuată treptat, sarcina fiind mărită de la 0,2 din valoarea nominală a momentului de torsiune până la  $0,6T_n$ , cât a permis motorul electric. În baza rezultatelor obținute au fost construite graficele randamentului mecanic funcție de momentul de torsiune pentru rotațiile  $n=40\text{min}^{-1}$ ;  $n=50\text{min}^{-1}$ ;  $n=60\text{min}^{-1}$  (figura 7). Deoarece graficele pentru funcționare în regim de reductor arată că de la sarcina de  $0,6T_n$  randamentul reductorului se stabilizează, graficele randamentului multiplicatorului au fost continuate prin similitudine.

Analiza comparativă a graficelor randamentelor în regim de reductor și multiplicator arată că la valori mici ale momentului de încărcare randamentul multiplicatorului este mult mai scăzut decât randamentul reductorului. Acest lucru se explică prin faptul că în regim de multiplicator momentul de pornire este mai mare decât în regim de reductor, comensurabil cu momentul de încărcare la sarcini mici. Atunci momentul de încărcare total inițial este egal cu suma momentului de încărcare și a momentului de pornire.

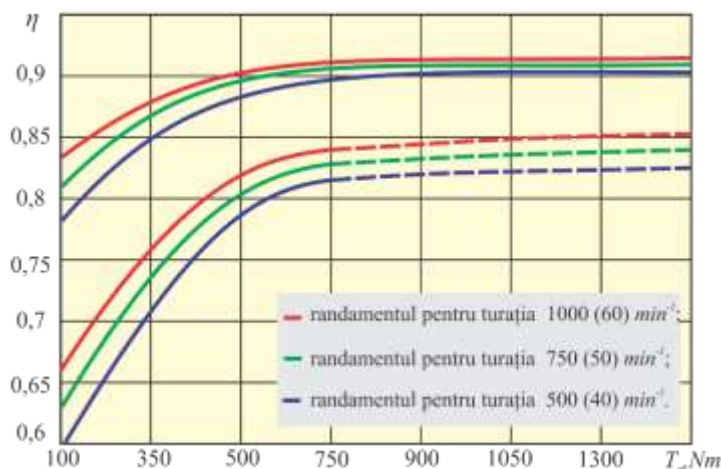


Fig. 7. Randamentul mecanic funcție de momentul de torsiune în regim de reductor și multiplicator.

### CONCLUZIE

Cercetarea experimentală a randamentului multiplicatorului a arătat că randamentul mecanic al multiplicatorului este relativ înalt aproximativ 0,85 la sarcina nominală, însă la sarcini mici valoarea este scăzută, explicată prin faptul că la valori mici sarcina este comensurabilă cu momentul de pornire, iar momentul de pornire în regim de multiplicare cu „0” strângere este mai mare decât în regim de reducere (aproximativ  $25\text{Nm}$ ). Pentru raportul de transmitere ales  $i=16$  și puterea transmisă  $P=16\text{kW}$  este bun comparativ cu alte tipuri de multiplicatoare mecanice;

### BIBLIOGRAFIE

1. Ciobanu R. Contribuții privind cercetarea multiplicatoarelor planetare precesionale. Teză de dr. în tehnică. Chișinău, 2014. 176 p.
2. Bostan I., Dulgheru V., Sochirean A., Babaian I. Antologia invențiilor: transmisii planetare precesionale. Vol. 1. Chișinău: Combinatul Poligrafic, 2011, 593 p. ISBN 978-9975-4100-9-0.
3. Bostan I. Preczessionny'e peredachi s mnogoparny'm zacepleniem. Chișinău: Știința, 1991. 356 p. ISBN 5-376-01005-8.
4. Bostan I., Dulgheru V., Grigoraș Ș. Transmisii planetare, precesionale și armonice. Atlas. Chișinău-București: Tehnică, 1997. 200 p. ISBN 9975-910-20-3.