

CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A MULTIPLICATORULUI PLANETAR PRECESIONAL

Autor: Radu CIOBANU

Conducător științific: dr. hab. prof. univ. Valeriu DULGHERU,

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: Creșterea proprietăților de exploatare ale pieselor prin îmbunătățirea proceselor tehnologice de prelucrare a acestora este o parte integrantă a progresului tehnic. Cercetările experimentale au rolul primordial de validare a rezultatelor teoretice. 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.

Cuvinte cheie: Randament, moment de pornire, multiplicator planetar precesional, rigiditate torsională, stand de încercări.

1. Cercetarea randamentului mecanic al multiplicatorului planetar precesional

Metoda de testare cuprinde întreg complexul de operații asupra multiplicatorului planetar precesional, pentru aprecierea eficienței lui în funcționare.

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 Laboratorul de Testări a Transmisiilor Mecanice al departamentului „Bazele Proiectării Mașinilor” (figura 1-3). Elemente componente de bază ale standului sunt transmisia precesională 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; transmisia precesională 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 electromagnetice 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.

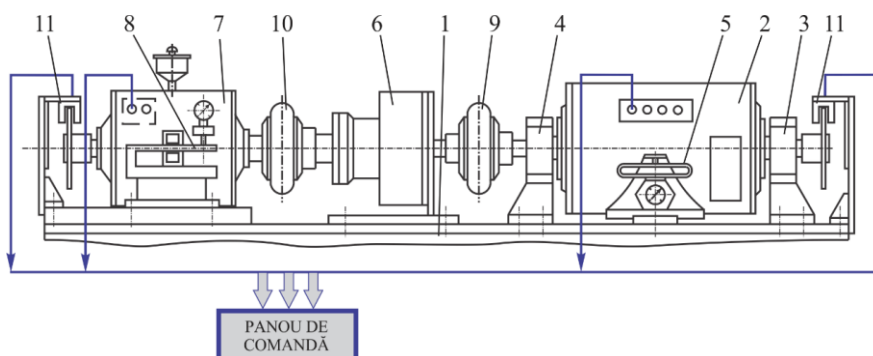


Fig. 1. Schema standului experimental pentru încercarea transmisiei precesionale în regim de reductor.

Randamentul mecanic al multiplicatorului se determină conform formulei:

$$\eta = \frac{T_2}{T_1 \cdot i},$$

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. 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 turațiile $n=40\text{min}^{-1}$; $n=50\text{min}^{-1}$; $n=60\text{min}^{-1}$ (figura 4). 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.

2. Cercetarea rigidității torsionale a multiplicatorului planetar precesional

Metodica de cercetare a rigidității torsionale a multiplicatoarelor este identică cu cea a reductoarelor. Pentru cercetarea rigidității torsionale a fost utilizat același multiplicator de încercare, standurile fiind completate cu echipamentul necesar.

În majoritatea mașinilor și mecanismelor momentul de torsiune se aplică la arborele condus. De aceea la cercetarea experimentală a rigidității torsionale de obicei se încarcă arborele condus, iar



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



Fig. 3. Stand experimental pentru încercarea multiplicatorului precesional.

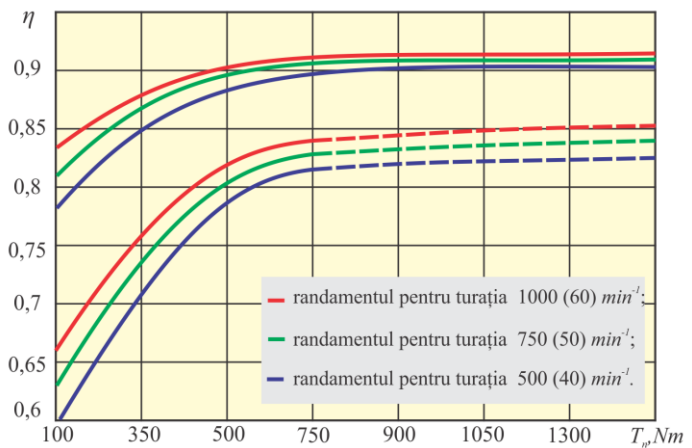


Fig. 4. Randamentul mecanic funcție de momentul de torsiune în regim de reductor și multiplicator.

cel de intrare se blochează. Însă aceasta nu este posibil de realizat în multiplicatoare cu raport de transmitere mare din cauza diferenței mari între valorile momentelor de torsiune, create la arborii de intrare și ieșire ai multiplicatorului. Crearea unui moment de torsiune mare la arborele condus cu ajutorul greutăților complică simțitor experimentul, nemaivorbind de introducerea unei erori în sistemul de măsurări, generat de încovoierea arborelui condus. De aceea în aceste cazuri se încarcă cu moment de torsiune arborele rapid, iar arborele cu turație mică se blochează cu carcasa reductorului. Experimentele au fost efectuate conform metodicii descrise în [3]. Standul pentru cercetarea rigidității torsionale a multiplicatorului $K-H-V$ este prezentat în figura 5. Multiplicatorul a fost încărcat cu moment de torsiune în ambele direcții până la momentul nominal. Pentru multiplicatorul cercetat a fost determinat unghiul de torsiune a arborelui de turație mică $\Delta\varphi_2$ pentru diferite momente de torsiune și calculat coeficientul rigidității torsionale C din relația $C=T/\Delta\varphi_2$. Din analiza diagramei din figura 5.10 (a) rezultă că funcția $\Delta\varphi_2=f(T_2)$ se întrerupe în zona valorilor nule ale momentelor de torsiune, fapt ce denotă existența jocului în lanțul cinematic al multiplicatorului precesional. Jocul indicat aparține în special mecanismului de legătură a satelitelui cu arborele condus, deoarece specificul

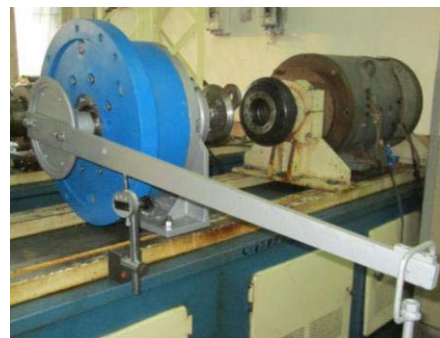


Fig. 5. Stand pentru cercetarea rigidității torsionale.

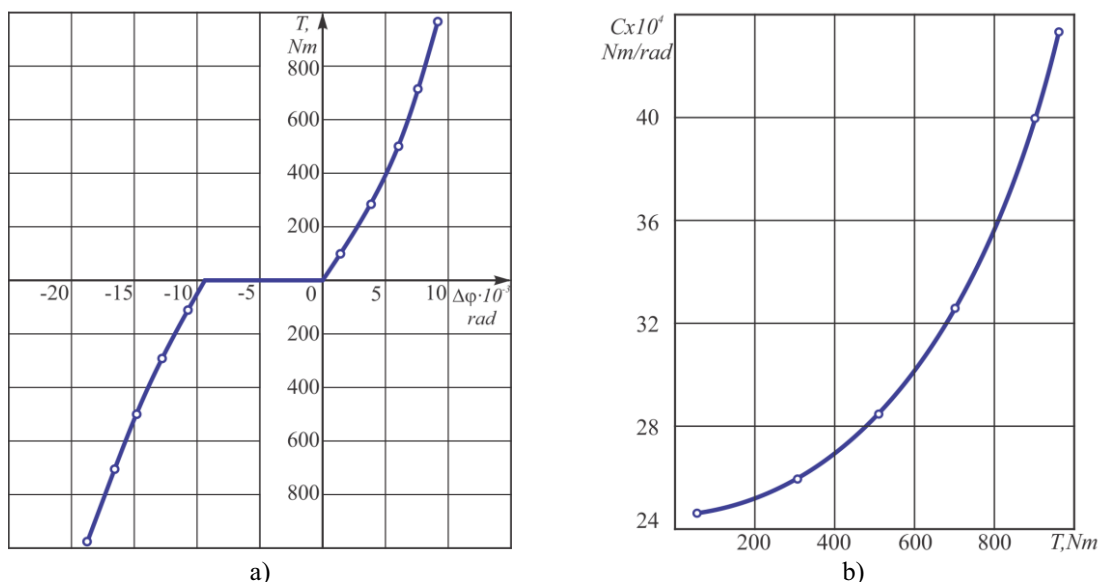


Fig. 6. Unghiul de torsiune și coeficientul rigidității torsionale a multiplicatorului $K-H-V$. angrenajului precesional permite excluderea jocului în angrenaj. Jocul în mecanismul de legătură al multiplicatorului precesional, elaborat în formă de cuplaj cu dinți, condiționează apariția unui joc $\Delta\varphi_{joc}=0,0095rad.$, ce reprezintă aproximativ 30÷35% din unghiul sumar de torsiune $\Delta\varphi_2$.

Rigiditatea torsională a reductorului $K-H-V$ cu raportul de transmitere $i=-16$ (figura 6, (b)) pentru momentul de torsiune $T_2=1000Nm$ reprezintă $C=24,7 \cdot 10^4 Nm/rad$, care este considerată destul de înaltă.

3. Cercetarea rigidității torsionale a multiplicatorului planetar precesional

Momentul de pornire este una din cele mai importante caracteristici calitative ale transmisiilor mecanice, cunoașterea căreia permite alegerea argumentată a electromotorului la stadiul de proiectare a mecanismelor de acționare. Aceasta devine foarte important la elaborarea mecanismelor de acționare cu funcționare în regim de multiplicare, în care momentul de pornire poate să fie de același ordin cu momentul de încărcare la sarcini mici și reprezintă parametrul de bază al unor mașini energetice (de ex. turbină eoliană cu multiplicator, microhidrocentrală etc.).

Valoarea momentului de pornire a multiplicatorului precesional depinde de valoarea strângerii în angrenaj și de calitatea execuției și asamblării pieselor transmisiei. Luând în considerație

caracterul aleatoriu al erorilor, care influențează asupra momentului de pornire, ultimul de asemenea este o mărime aleatorie. De aceea pentru obținerea valorii reale a momentului de pornire este necesar de a efectua un număr suficient de măsurări.

Momentul de pornire a fost determinat pentru multiplicatorul precesional de tip $K-H-V$ cu cuplaj cu dinți în regim de reductor și multiplicator. Luând în considerație posibilitățile transmisiei planetare precesionale de realizare a angrenajului cu și fără joc în procesul încercărilor a fost determinat gradul de influență asupra momentului de pornire a jocului și strângerii în angrenaj. Multiplicatorul a fost cercetat în 5 variante de asamblare, care asigură: jocul $\Delta=0,05, 0,025$ și 0 și o strângere $0,025$ și $0,05\text{mm}$.



Fig. 7. Stand pentru determinarea momentului de pornire.

Pentru cercetarea momentului de pornire pe arborele de intrare a fost instalată o tijă (lungimea 1m) (fig. 7), la capătul căreia se aplică greutatea. În baza măsurărilor au fost construite graficele funcțiilor $T_p=f(\Delta)$ pentru funcționare în regim de reductor și, respectiv, multiplicator (figura 8, (a, b)).

Analiza diagramelor obținute demonstrează că momentul de pornire este mai mic în cazul angrenajelor cu joc. În general, momentul de pornire în multiplicatoarele precesionale este relativ redus. Astfel valoarea maximă a momentului de pornire a arborelui de intrare a multiplicatorului precesional ($i = -16$), asamblat cu strângere în angrenaj $\Delta = -0,05\text{mm}$ este $T_p = 45\text{Nm}$ pentru momentul nominal $T_n = 1000\text{Nm}$.

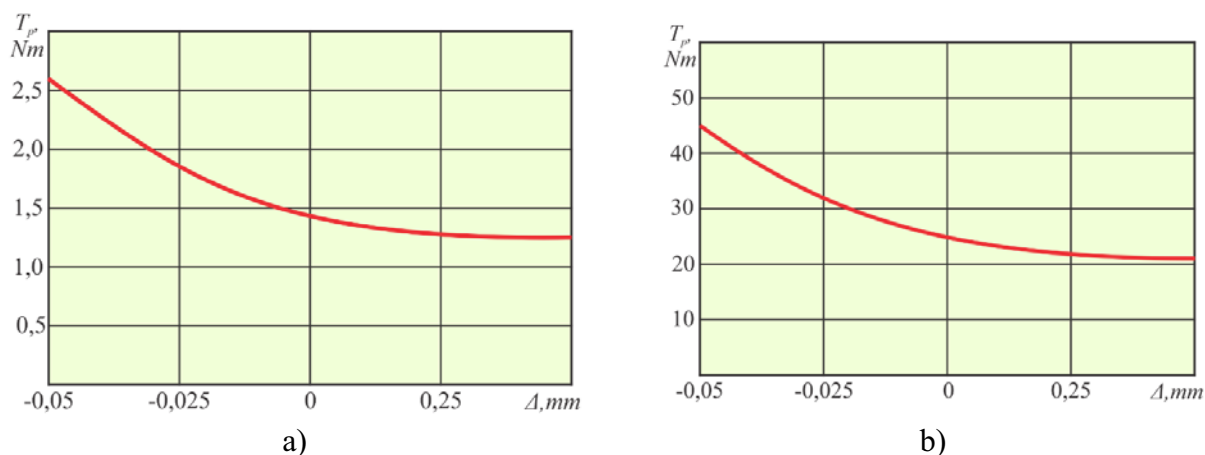


Fig. 8. Diagrama momentului de pornire funcție de jocul (strângerea) în angrenaj Δ :
a) regim de reductor; b) regim de multiplicator.

Bibliografie:

1. Bodnariuc I. *Contribuții la elaborarea și cercetarea transmisiilor planetare precesionale cinematice*. Teză de dr. în tehnică. Chișinău, 2010. 192 p.
2. Bostan I. ș. a. *Antologia invențiilor. Vol. 2. Transmisii planetare precesionale: Teoria generării angrenajelor precesionale, control dimensional, proiectare computerizată, aplicații industriale, descrieri de invenție*. Chișinău: Bons Offices, 2011. 542 p. ISBN 978-9975-80-453-0.
3. Dulgheru V. *Statica și dinamica transmisiilor planetare și precesionale*. Teză de dr. hab. în tehnică. Chișinău, 1995. 376 p.
4. Sochirean A. *Contribuții la cercetarea dinamicii transmisiilor planetare precesionale*. Teză de dr. în tehnică. Chișinău, 2008. 185 p.
5. Bostan I. *Precessionny'e peredachi s mnogoparny'm zacepleniem*. Chișinău: Știința, 1991. 356 p. ISBN 5-376-01005-8.