

CERCETAREA EXPERIMENTALĂ A INDICILOR CALITATIVI DE BAZĂ A ANGRENAJELOR PRECESIONALE CINEMATICE

*Ion Bodnariuc, dr. în științe tehnice, conf. univ.
Universitatea Tehnică a Moldovei*

INTRODUCERE

Evoluția tehnicii în ansamblul ei, prin abordarea unor tehnologii din ce în ce mai complexe în toate domeniile industriale, ridică probleme deosebite și în domeniul transmisiilor mecanice. Necesitatea adaptării mașinilor și utilajelor unor regimuri de funcționare variate, funcție de o multitudine de variabile tehnologice, funcționale și de eficiență sub aspectul productivității și calității produselor, presupune realizarea unor transmisii mecanice cu un înalt grad de eficiență. Tendința generală în construcția de mașini spre reducerea consumului de materiale și a costurilor de producție se referă și la angrenaje, fapt ce necesită elaborarea unor noi tipuri de transmisii mecanice cu performanțe ridicate, modernizarea metodelor de calcul, care ar considera la maxim diversitatea factorilor de exploatare.

Unul din aceste tipuri de transmisii este angrenajul precesional prezentat.

1. ELABORAREA CONSTRUCȚIEI MODELULUI EXPERIMENTAL

O etapă importantă în cercetarea transmisiilor mecanice este verificarea experimentală a ipotezelor teoretice adoptate. Analiza pierderilor de putere în transmisia precesională cinematică, a permis obținerea relației de calcul a randamentului mecanic sumar. Pentru verificarea ipotezelor adoptate a fost elaborată construcția unui reductor precesional cinematic și executat modelul lui, completat cu un set de roți dințate – satelit, executate din diferite mase plastice și cu diferiți parametri geometrici, prezentați în tabelul 1.

Utilizând softul SolidWorks în fig. 1 este prezentată construcția proiectului experimental a reductorului precesional cinematic.

În fig. 2 se prezintă fotografia mostrei reductorului, care permite asamblarea roților satelit cu ambele coroane danturate, amplasate sub unghiul $\delta=22^{\circ}30'$. În fig. 3 se prezintă fotografia modelului experimental al reductorului precesional cinematic.

Tabelul 1. Parametrii geometrice ai roților dințate – satelit.

Materialul	Numărul de dinți		Unghiul axoidei conice		Raportul de transmitere i
	Z_1	Z_2	δ_1	δ_2	
Hostaform C9021	30	20	22,5	0	-57,0
	31	20	22,5	0	-53,5
	30	22	22,5	22,5	-78,8
	31	22	22,5	22,5	-72,3
	30	25	22,5	22,5	-144
	31	25	22,5	22,5	-124
Hostaform C9021M	30	20	22,5	0	-57,0
	31	20	22,5	0	-53,5
	30	22	22,5	22,5	-78,8
	31	22	22,5	22,5	-72,3
	30	25	22,5	22,5	-144
	31	25	22,5	22,5	-124
Hostaform C9021TF	30	20	22,5	0	-57,0
	31	20	22,5	0	-53,5
	30	22	22,5	22,5	-78,8
	31	22	22,5	22,5	-72,3
	30	25	22,5	22,5	-144
	31	25	22,5	22,5	-124

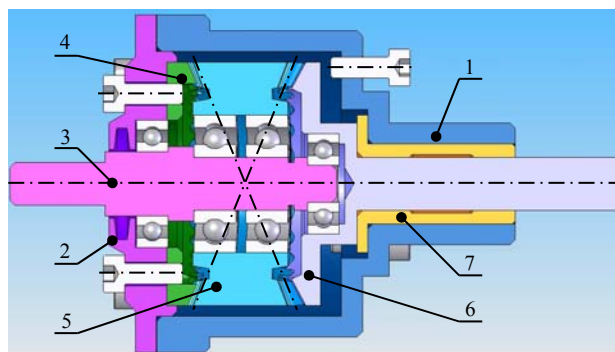


Figura 1. Construcția modelului experimental al reductorului precesional cinematic.

Construcția butucilor roților satelit permite cercetarea experimentală a reductorului precesional cinematic cu rulmenți și cu lagăre de alunecare.

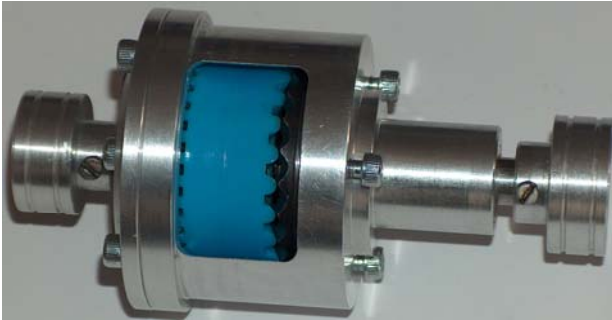


Figura 2. Fotografia mostrei reductorului precesional cinematic.

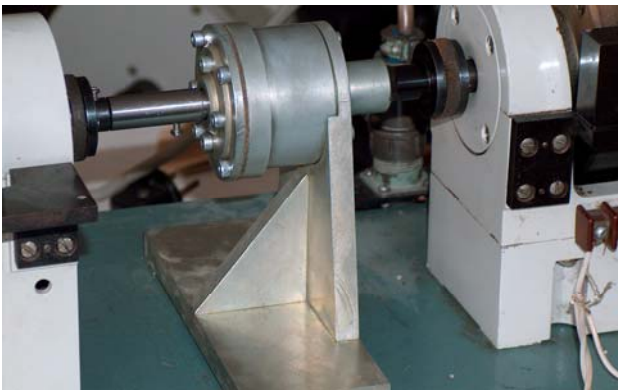


Figura 3. Fotografia modelului experimental al reductorului precesional cinematic.

2. ELABORAREA STANDULUI DE ÎNCERCĂRI

Pentru cercetarea parametrilor funcționali de bază ai reductorului precesional cinematic a fost elaborat un stand de încercări prezentat în fig. 4 și 5.

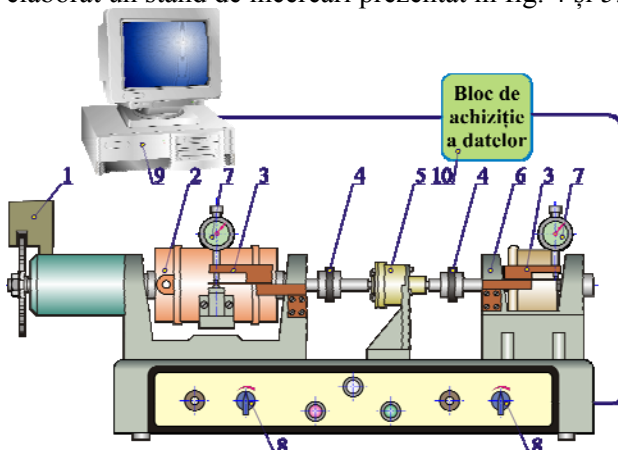


Figura 4. Schema standului de încercări a reductorului precesional cinematic.

Standul include:

1. traductor de turație;
2. motor electric;
3. traductor de moment;

4. cuplaj;
5. reductor precesional cinematic;
6. frână electromagnetică;
7. indicator de tip ceasornic;
8. manivele pentru dirijarea manuală;
9. calculator;
10. bloc de achiziție a datelor.



Figura 5. Fotografii ale standului de încercări a reductorului precesional cinematic.

Standul elaborat permite efectuarea cercetărilor:

- randamentului mecanic;
- preciziei cinematice;
- nivelului de vibrații și zgomot.

Cu varierea turațiilor electromotorului și a momentului de încărcare a frânei electromagnetice în limitele ($n=1000 - 2000 \text{ rot/min}$; $T=0,2 - 2,6 \text{ Nm}$).

3. ELABORAREA METODICII DE CERCETARE

La baza metodicii de cercetare a fost luat sistemul computerizat de măsurare și prelucrare a datelor în sistemul de operare LabView

3.1 Metoda de testare a transmisiei precesionale cinematice

Pentru a elabora metoda de testare au fost stabiliți stabiliți:

- 1- parametrii necesari pentru măsurare și valorile lor limită;
- 2- relațiile de calcul pentru prelucrarea datelor experimentale;
- 3- condițiile de testare.

Parametrii supuși măsurării și monitorizării sunt următorii:

T_C - momentul de rotație la arborele de la intrare;

T_U - momentul de rotație la arborele de la ieșire;

n_C - turația arborelui de la intrare;

t_u - temperatura în baia de ulei;

t_m - temperatura mediului de lucru;

p - presiunea zgomotului emis de către transmisie.

Parametrii calculați:

Turația arborelui de la ieșire:

$$n_U = n_C / i. \quad (1)$$

Puterea consumată la arborele de intrare în reductor:

$$P_C = T_C \times \frac{\pi \times n_C}{30}. \quad (2)$$

Puterea utilă la arborele de ieșire din reductor:

$$P_U = T_U \times \frac{\pi \times n_U}{30}. \quad (3)$$

Puterea pierdută:

$$P_P = P_C - P_U. \quad (4)$$

Randamentul transmisiei:

$$\eta = \frac{P_U}{P_C}. \quad (5)$$

Nivelul zgomotului emis:

$$L = 20 \lg \frac{\bar{p}}{p_0}. \quad (6)$$

Presiunea medie a zgomotului pe timpul T de integrare:

$$\bar{p} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt. \quad (7)$$

3.2 Sistemul de testare a transmisiei precesionale cinematice

Sistemul de testare a transmisiei precesionale cinematice este alcătuit din două subsisteme: 1-subsistemul hardware; 2-subsistemul software.

Stabilirea regimurilor de încărcare a reductorului în timpul experimentului se poate face atât manual, cu ajutorul organelor de reglare 8, cât și în mod automatizat, prin intermediul a două canale de comandă dirijate de calculator. Pentru aceasta instalația este echipată cu dispozitive electronice speciale de comandă cu funcționarea motorului și a frânei.

Canalele de monitorizare și înregistrare a parametrilor mășurați sunt asigurate de un sistem computerizat, care constă dintr-un complex de module specializate de captare și condiționare a semnalelor date de traductori și o placă NI DAQ 6024-E de achiziție și prelucrare a datelor experimentale, produse ale firmei "National instruments" SUA. Modul de lucru cu acest sistem se studiază din documentația tehnică.

Pentru a efectua un experiment cercetătorul are posibilitatea să-și aleagă transmisia cu caracteristicile individuale corespunzătoare, să aleagă instalația, pe care se vor face testările, și să pornească experimentul propriu-zis. Pentru a avea o veridicitate înaltă a datelor experimentale, se

recomandă calibrarea periodică a canalelor de măsurare. Toate datele ce țin de caracteristicile transmisiilor și a instalațiilor sunt salvate într-o bază de date.

Mersul experimentului presupune setarea numărului de trepte de turație (n) și de moment (m), adică transmisia trebuie să treacă printr-o mulțime de regimuri, iar numărul acestor regimuri este determinat de n^*m . Practic, în cazul unui nivel de turație n_i se vor parcurge pe rând toate nivelele de moment T_1, \dots, T_m . În așa mod, se va obține câte o matrice pentru fiecare parametru calculat sau măsurat, unde fiecare rând „ i ” va reprezenta comportamentul transmisiei pentru turația n_i , iar fiecare coloană „ j ” va reprezenta comportamentul transmisiei pentru nivelul de moment T_j .

Turația motorului electric va varia în limitele $n=1000 - 2000 \text{ min}^{-1}$. La baza momentului de încărcare este luat momentul de torsiune calculat nominal, admisibil pentru reductorul dat. Treptele de încărcare vor constitui $0,2T_n, 0,4T_n, 0,6T_n, 0,8T_n, T_n$, și $1,2T_n$.

4. CERCETAREA RANDAMENTULUI REDUCTORULUI PRECESIONAL CINEMATIC

Analiza graficelor randamentului (fig. 6, 7) a arătat că la creșterea raportului de transmitere de aproximativ 2 ori randamentul scade cu circa 25%.

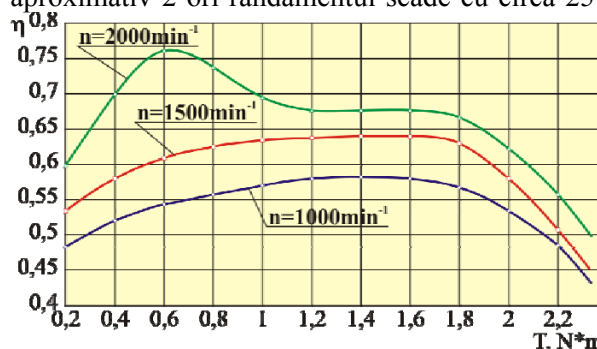


Figura 6. Analiza randamentului în transmisia planetară precesională cinematică $i = -72,3$.

Majorarea randamentului mecanic la creșterea vitezei până la 2000 min^{-1} la solicitarea cu aproximativ $0,6Nm$ se explică prin faptul că stratul de ulei dintre suprafețele de lucru contractante ale dinților nu este eliminat, creându-se condiții de asigurare a frecării fluide între straturile de ulei. Majorarea turației de la 1000 min^{-1} până la 2000 min^{-1} la încărcare cu sarcini apropiate de cele nominale conduce la creșterea randamentului cu aproximativ 20%. Acest lucru se află în deplină

concordanță cu rezultatele cercetărilor coeficientului de frecare al materialelor elementelor angrenajului.

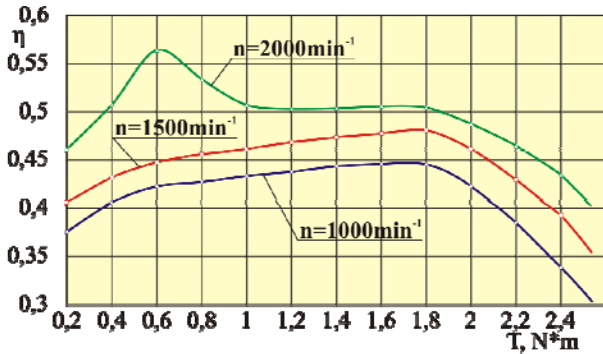


Figura 7. Analiza randamentului în transmisia planetară precesională cinematică $i = -144$.

5. CERCETAREA NIVELULUI DE VIBRAȚIE ȘI ZGOMOT

Pentru măsurarea nivelului de vibrații și zgomot a fost utilizat sonometrul BRUEL KJAER Type 2250 LYGHT prezentat în fig. 8, și softul „EVALUATOR 7820”.

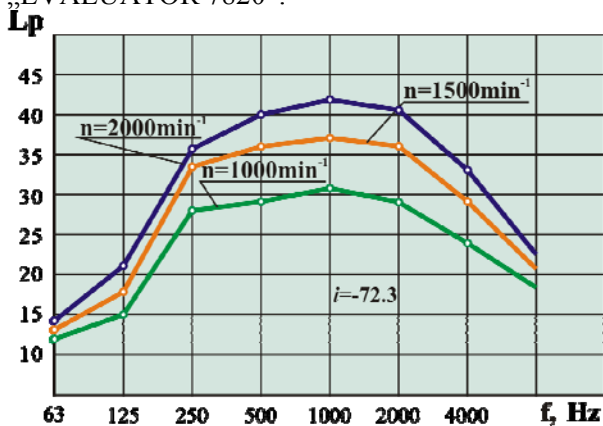


Figura 9. Analiza nivelului de zgomot în transmisia planetară precesională cinematică $i = -72,3$.

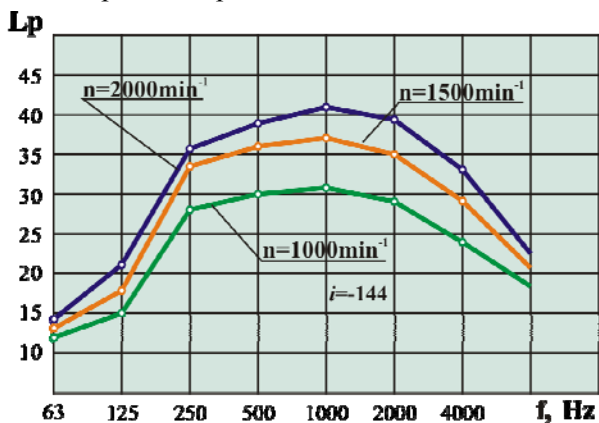


Figura 10. Analiza nivelului de zgomot în transmisia planetară precesională cinematică $i = -144$.

Analiza nivelului de zgomot (fig. 9 – 10) a arătat că la diferite rapoarte de transmitere nivelul de zgomot practic rămâne același – apr. 35-40 dB. Nivelul de zgomot relativ redus se explică prin utilizarea roților dințate din masă plastică, care au o capacitate pronunțată de atenuare a zgomotului.

CONCLUZII

A fost cercetat randamentul reductorului precesional cinematic. Analiza graficelor randamentului a arătat că la creșterea raportului de transmitere de aproximativ 2 ori randamentul scade cu circa 25%. Majorarea turației de la 1000 min^{-1} până la 2000 min^{-1} la încărcare cu sarcini apropiate de cele nominale conduce la creșterea randamentului cu aproximativ 20%.

A fost cercetat nivel de zgomot și vibrații. Pentru măsurarea nivelului de zgomot și vibrații a fost utilizat sonometrul BRUEL KJAER Type 2250 LYGHT și softul „EVALUATOR 7820”. Analiza nivelului de zgomot a arătat că la diferite rapoarte de transmitere nivelul de zgomot practic rămâne același.

În scopul facilitării înțelegerii principiului de funcționare a transmisiei precesionale cinematice și diseminării rezultatelor științifice obținute a fost elaborat modelul 3D al transmisiei. În acest scop a fost utilizat softul performant Solid Works, care permite simularea dinamică a transmisiilor.

Utilizarea aparaturii și standurilor experimentale moderne au permis verificarea corectitudinii rezultatelor obținute teoretic și prin simulare numerică, fapt ce asigură optimizarea rapidă a transmisiilor planetare precesionale cinematice.

Lucrarea dată a fost efectuată în cadrul Proiectului Național de Cercetări Științifice Fundamentale 15.817.02.36Ş din Republica Moldova.

Bibliografie

1. Bostan I., Dulgheru V., Bodnariuc I. ș. a. *Antologia invențiilor. Vol. 4. Transmisii planetare precesionale cinematice: concepte tehnologice de generare a angrenajelor, cercetări experimentale, aplicații industriale, descrieri de invenție.* Chișinău: Bons Offices, 2011. 636 p. ISBN 978-9975-80-459-2.
2. Bodnariuc I. *Teza de doctor în tehnică „Contribuții la elaborarea și cercetarea transmisiilor planetare precesionale cinematice”, Universitatea Tehnică a Moldovei, Chișinău, 2010, 190 p.*

Recomandat spre publicare: 09.09.2016.