

DETERMINAREA VALORILOR DE ȘOC ȘI A DISTANȚEI DINTRE AXE ALE ANGRENAJELOR DIN CUTIILE DE VITEZE PRIN METODA ANGRENĂRII FORȚATE

Ing. Dănuț STANCIU, Dr. ing. Aurel ABĂLARU, Dr. ing. Daniela CIOBOATĂ,
Ing. Cristian LOGOFĂTU, Ing. Lucian SAVU

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării

REZUMAT. Aparatele construite pentru controlul complex al angrenării pe ambele flancuri sunt realizate în mai multe variante constructive, putând controla atât danturi interioare cât și exterioare, toate având în componență roata etalon. Prin metoda angrenării forțate cu dinte înfipt dintre roata etalon și roata de măsurat și folosind analiza spectrală se pot determina rapid erorile constructive ale roților componente ale unui angrenaj, în special erorile de tipul loviturilor și variația distanței dintre axe, erori cu mare impact în timpul funcționării. În cadrul Institutului a fost realizat un echipament pentru controlul valorilor loviturilor și distanța dintre axe a angrenajelor din cutia de viteză (pentru 4 dintre vitezele din cutia de viteze) prin angrenare forțată și prin analiză armonică complexă.

Cuvinte cheie: angrenare, șoc angrenare, distanță între axe, analiză armonică.

ABSTRACT. Devices built for complex control of engagement on both sides are made in several constructive variants, controlling both internal and external dangles, all of which featuring a standard wheel compound. By the method of forced tooth engagement fitted between the standard wheel and the measuring wheel and using the spectral analysis, constructive errors of the gear wheels of a gear can be quickly determined, especially those consisting in shocks and the variation of the distance between the axles, the high impact errors during operation. At the National Institute of Research and Development in Mechatronics and Measurement Technique was developed a device used to control shock values and the distance between the axles of the gearboxes (for four of the gearbox speeds) by means of forced engagement and complex harmonic analysis.

Keywords: gear box, shock, harmonic analysis.

1. INTRODUCERE

O metodă clasică pentru controlul danturii constă în măsurarea variației distanței între axe prin metoda angrenării fără joc pe ambele flancuri a roții dințate cu roată etalon. Prin introducerea metodelor moderne de achiziție a valorilor măsurate și prin prelucrarea cu ajutorul calculatorului electronic, folosind algoritmi de prelucrare matematică complecși se obține un mijloc de măsurare precis și modern ce are totodată și avantajul unei mecanici mult simplificată.

Bătaia radială, cea mai importantă caracteristică, se poate stabili și pe diagrama înregistrată la

angrenarea roții dințate cu o roată etalon. Pe o astfel de diagramă apar următoarele elemente:

– F''_{ir} , variația distanței de măsurare dintre axe (eroarea compusă radială);

– f_{zkr} , eroare ciclică;

– F_{rr} , bătaie radială. (vezi fig. 1)

Se constată că bătaia radială are o variație sinusoidală peste care se suprapune eroarea ciclică a fiecărui dinte. Deoarece componenta cea mai mare a bătaii radiale este excentricitatea e se poate spune că:

$$2e \approx F''_{ir} - f_{zkr}$$

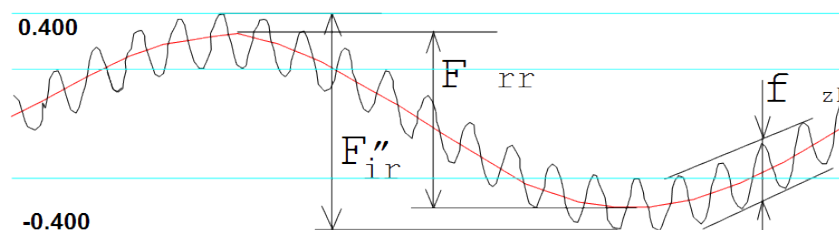


Fig. 1

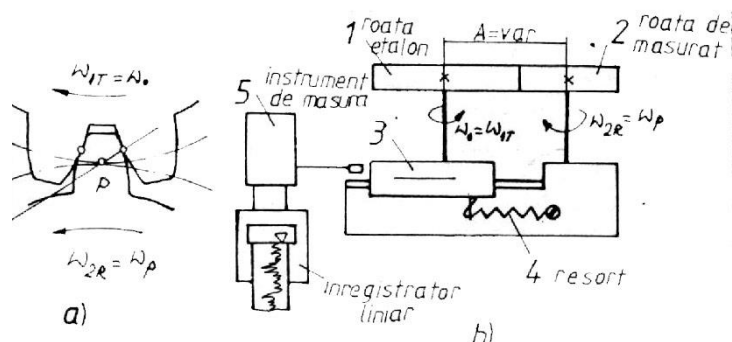


Fig. 2

Controlul cu ajutorul roții etalon cu angrenare pe ambele flancuri este considerat control complex deoarece stabilește astfel o eroare compusă ca rezultat a erorilor individuale ale roților în angrenare. Principiul de măsurare și schema de principiu a aparatului sunt prezentate în figura 2 de mai sus.

2. CONTROLUL COMPLEX PE AMBELE FLANCURI

Controlul cu ajutorul roții etalon cu angrenare pe ambele flancuri este considerat control complex deoarece stabilește astfel o eroare compusă ca rezultat a erorilor individuale ale roților în angrenare. Principiul de măsurare și schema de principiu a aparatului sunt prezentate în figura 2 de mai jos.



Fig. 3

Aparatele construite pentru controlul complex al angrenării pe ambele flancuri sunt realizate în mai multe variante constructive, putând controla atât danturi interioare cât și exterioare, toate având în componență roata etalon.

Prin controlul roții dințate cu ajutorul unei roți etalon se determină eroarea compusă ca rezultat a unor erori individuale, eroare compusă care (conform STAS 6273-81) reprezintă variația distanței de măsurat dintre axa F''_{ir} definită ca diferența între valoarea maximă și minimă a distanței de măsurat

între axele roții etalon și a celei de verificat la angrenarea fără joc la o rotație completă a roții de verificat. Dacă roata de verificat se rotește cu un dinte, aceasta diferență se numește variația distanței de măsurat dintre axe la rotirea cu un dinte f''_{ir} .

Stabilirea aportului fiecărei erori sau abateri individuale ale roții de verificat asupra diagramei variației distanței de măsurat dintre axe F''_{ir} este dificilă și interpretabilă ceea ce permite elaborarea unor teorii greu verificabile, uneori contradictorii. Ponderea cea mai mare o are bătaia radială b_r .

Trebuie remarcat că în lipsa roții dințate etalon se poate folosi și roata dințată conjugată, dacă la angrenarea fără joc nu se realizează contactul între vârful unui dinte și fundul celuilalt. Metoda este folosită atunci când este posibil, ca metodă de sortare a angrenajelor, împerechind corespunzător câte două roți conjugate, pentru care variația distanței între axe are valoarea cea mai mică. În timpul controlului, prin câteva poziționări succesive ale dinților celor două roți se poate determina și perechea de dinți conjugați pentru care se obține eroarea minimă.

3. DESCRIERE ECHIPAMENT REALIZAT PENTRU DACIA RENAULT PITEȘTI

Instalația este alcătuită dintr-o masă de control pe care este amplasat un suport pentru prinderea arborelui primar între un vârf rotitor cu elemente de rostogolire și o bușă de precizie prevăzută cu caneluri și 4 săniile pe ghidaje de rostogolire cu tamponi pneumatici pe care se montează pinioanele de verificat pentru detectarea loviturilor (defecte pe dantură datorate în principal manevrării defectuoase a pieselor între posturile de lucru) și antraxului. Arborele danturat și pinioanele de verificat aflate în angrenare cu acesta sunt acționate în mișcare de rotație de un motoreductor de curent alternativ cu reductor și variator de turație cu o turație de cca. 30-40 rot/min, „loviturile”, respectiv defectele danturii și variația antraxului fiind sesizate de deplasările săniilor cu ghidaje și citite prin intermediul traductoarelor

incrementale cu deplasare liniară cu cursa de min. 6 mm (la care se adaugă variația de rază măsurată de tampoanele pneumatice), pe panoul de afișare a calculatorului industrial SIEMENS.

Măsurarea antraxului în timpul angrenării pe 2 flancuri permite pe lângă verificarea funcționării în parametri normali ai angrenajului și a existenței operației de șevăruire pe flancuri. Astfel, dacă se ia în considerare un adaos normal de șevăruire de 0,05-0,06 mm din calcule trigonometrice simple rezultă, în cazul roților neșevăruite, o deplasare a sinusoidelor variației de antrax de 0,15-0,2 mm ușor de sesizat de instrumentele de măsurare.

Fiecare secțiune de măsurare conține de asemenea câte o pereche de transductoare inductive care permite eliminarea bătaii radiale a fusurilor față de axa de rotație a arborelui primar care este prins între vârfuri. Periodic instalația se etalonează cu discuri etalon cilindrice pentru stabilirea antraxului corect de rulare. Instalația este protejată cu bariere luminoase de protecție.

4. PRELUCRAREA DATELOR CULESE DE INSTALAȚIE

Datele culese de transductoarele de deplasare liniară sunt achiziționate cu o interfață de achiziție rapidă, conectată pe un slot PCI al calculatorului; în continuare datele sunt prelucrate astfel încât să se obțină valorile maxime ale loviturilor și variația maximă a excentricității. Setul de date cules de echipament, pentru un angrenaj, este prezentat în figura 4

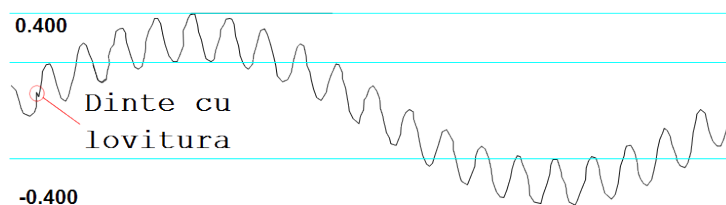


Fig. 4

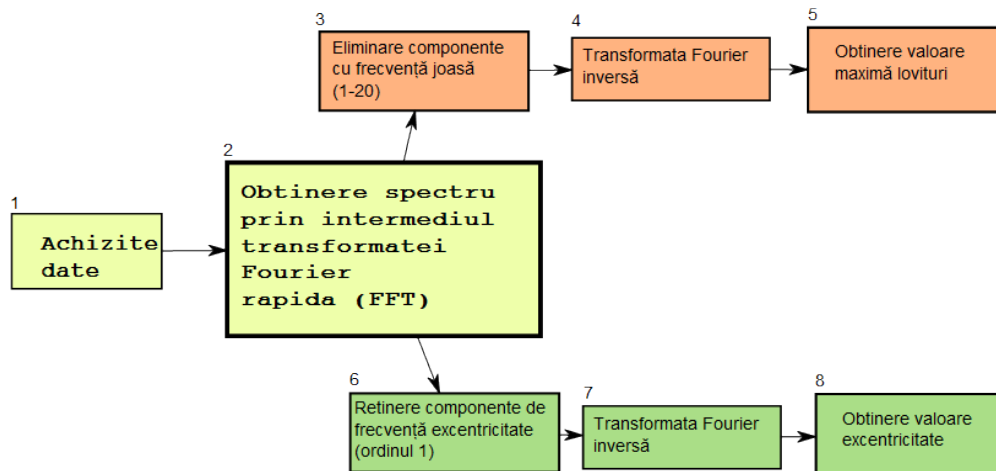


Fig. 5

În continuare datele sunt prelucrate prin analiză spectrală folosind transformata Fourier rapidă FFT ca în diagrama din figura 5.

În figura 5 blocurile componente sunt:

1) Achiziția date – este un sistem de achiziție date bazat pe o interfață de achiziție date și un software specializat; valorile achiziționate au rezoluție de micron

2) Obținere spectru de frecvență prin intermediul transformatei Fourier rapide (FFT – Fast Fourier Transformation)

Formula transformatei Fourier discrete este :

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk} \quad (k=0,1,\dots,N-1) \quad (1.1)$$

Observație. din această formulă prin folosirea unui număr de puncte egal cu o putere a numărului 2 și o rearanjare specifică a datelor prelucrate se obține transformata Fourier rapidă (FFT)

3) Eliminarea componentelor cu frecvență joasă – se execută prin aducerea la zero al componentelor complexe ale transformatei Fourier; componentele rămase se vor folosi la recompunerea semnalului

4) Transformata Fourier Inversă – este dată de formula:

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk} \quad (n=0,1,\dots,N-1) \quad (1.2)$$

Cu ajutorul transformatei Fourier inverse se reconstituie semnalul de intrare din spectrul de frecvență obținut anterior, fără frecvențele eliminate la punctul anterior.

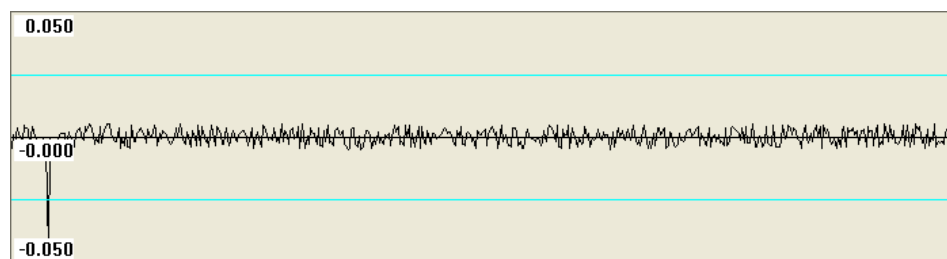


Fig. 6

5) Obținere valoare lovitură; semnalul reconstituit se prelucrează pentru obținerea valorii maxime a loviturii sau a excentricității.

Punctele 6, 7, 8 sunt identice cu punctele 3,4,5 ca mod de lucru.

5. REZULTATE PRACTICE

Pornind de la un semnal de forma arătată în figura 4 și respectând pașii de prelucrare 3, 4, 5 arătați anterior semnalul de intrare folosit pentru a obține valoarea loviturii va arăta ca în figura 6. Din aceasta diagramă, prin selectarea valorii maxime (în valoare absolută) se obține valoarea maximă a loviturii angrenajului (în figura 6 se observa locul în care apare o lovitură în cadrul angrenajului).

6. CONCLUZII

Concepția și realizarea „Echipament mecatronic inteligent pentru control soc și antrax pinioane libere 1,2,3,4 și arbore primar” aparțin Institutul

Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării, București – România.

Implementarea echipamentului mecatronic la S.C. Automobile DACIA Groupe Renault S.A. Pitești - Renault Mecanique Roumanie a condus la următoarele rezultate:

- creșterea **gradului de automatizare și informatizare** a procesului de control a reperelor danturate ale cutiilor de viteze auto în linia de fabricație;
- creșterea productivității **muncii** în operațiile de control pe fluxul de fabricație;
- asigurarea **securității lucrului** în procesul de fabricație și control, cu respectarea normelor europene în domeniu
- asigurarea **nivelului de calitate** în fabricația reperelor danturate din cutiile de viteze auto

BIBLIOGRAFIE

- [1] Minciu Constantin – *Precizia și controlul angrenajelor*, Editura Tehnică, 1984.
- [2] Botez E., Minciu C. – *Mecanismul fictiv și precizia dinamică a lanțului cinematic de rulare*, Editura Tehnică, 1984.
- [3] Duca Z. – *Teoria sculelor așchietoare*, Editura Tehnică 1982.
- [4] Sauer ș.a. – *Angrenaje*, vol.1 și 2, Editura Tehnică .

Despre autor

Ing. **Danut STANCIU**

Institutul National de Cercetare Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării, București

Inginer la Institutul de Cercetare Dezvoltare pentru Mecanică Fină și Tehnica Măsurării, s-a specializat în măsurări complexe dimensionale supervizate de calculator, în special în realizarea de software specializate pentru instalațiile de măsurare. A participat și participă la realizarea software-urilor de măsurare ale echipamentelor realizate pentru Dacia Pitești și pentru programele de cercetare naționale. Este doctorand la Universitatea „Valahia”, Târgoviște.
E-mail: danutstanciu@yahoo.com