

IDENTIFICAREA CORECTĂ A STĂRII DE REZONANȚĂ ÎN FUNCȚIONAREA UTILAJELOR DINAMICE

Alain Pellegrino, Laurentide Controls Ltd.

www.reliableplant.com

Traducere și adaptare ing. Carmen Popescu

Majoritatea specialiștilor implicați în analiza vibrațiilor sunt de acord cu faptul că fenomenul de rezonanță reprezintă o cauză uzuală a vibrațiilor excesive care se dezvoltă în timpul funcționării utilajelor dinamice.

Rezonanța este rezultatul unor forțe de vibrație externe apărute la aceeași frecvență cu frecvențele naturale ale subansamblelor sistemului. Frecvența naturală sau proprie este o caracteristică a fiecărei structuri, mașini sau chiar ființe. Adesea rezonanța se poate confunda cu frecvența naturală sau frecvența critică. Dacă utilajul funcționează în condiții de rezonanță, nivelul de vibrații se va amplifica semnificativ și va determina avarierea prematură a acestuia, precum și necesitatea reparării sale în regim de urgență.

De aceea, este important ca turația de lucru să fie în afara domeniului de rezonanță al mașinii.

Identificarea frecvenței de rezonanță

Pentru identificarea și/ sau confirmarea unui nivel ridicat de vibrații datorat rezonanței se pot folosi mai multe tehnici specifice.

Este foarte important să putem confirma prezența rezonanței ca fenomen în funcționarea unui utilaj, prin cel puțin două tipuri diferite de teste, înainte de a încerca să corectăm acest neajuns. Vom trece în revistă, în continuare, câteva tehnici uzuale de determinare a acestui fenomen în industrie.

Tehnici de confirmare a rezonanței

1 Testul de impact

Una dintre cele mai uzuale metode de determinare a frecvenței naturale a unui sistem constă în lovirea structurii respective cu o masă considerabilă, urmată de măsurarea răspunsului. Această metodă este eficientă, deoarece impactul are ca rezultat aplicarea unei anumite forțe asupra structurii respective, într-un domeniu larg de frecvență.

Când apelați la această metodă, este important să încercați să loviți diferite locații ale structurii respective, deoarece fiecare frecvență de rezonanță proprie componentelor ansamblului respectiv va fi întotdeauna măsurabilă în urma impactului într-o

anumite locație, urmată de măsurarea răspunsului în aceeași locație.

Ori de câte ori încercați să determinați frecvențe proprii de rezonanță ale componentelor unui ansamblu, trebuie să aveți foarte clar stabilite ambele puncte importante, și anume punctul de impact, respectiv punctul de măsurare.

Testul de impact se efectuează întotdeauna cu utilajul oprit și este o metodă rapidă și sigură de identificare a frecvențelor naturale ale componentelor utilajului în cauză (Figura 1).

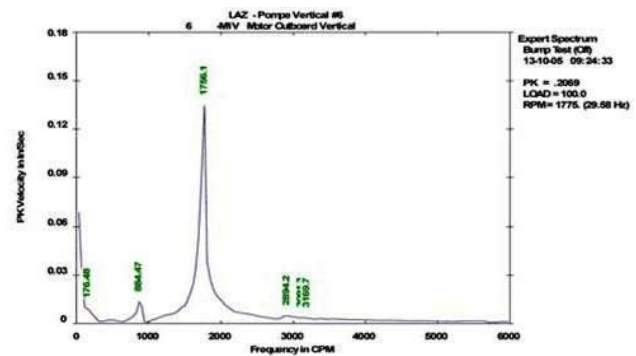


Fig. 1 - Testul de impact se efectuează cu utilajul oprit

2 Efectuarea testului cu ajutorul unui ciocan de impact

Acesta este în esență similar cu un test obișnuit de impact, cu excepția faptului că pentru excitarea sistemului se folosește un ciocan special prevăzut cu un accelerometru la capătul opus celui util. Acest ciocan de impact se utilizează în tandem cu un traductor de vibrații, de obicei un accelerometru piezoelectric, ambele conectate la un analizor de vibrații cu două canale.

Folosind aceasta tehnică, puteți măsura în mod eficient atât forța indusă sistemului de către ciocanul de impact, precum și răspunsul la frecvențe diferite. Când se modifică faza cu 90°, frecvența la care apare rezonanța este frecvența naturală (figura 2).

Testarea cu ajutorul ciocanelor de impact are numeroase avantaje, astfel:

- Viteză ridicată de efectuare a testului – sunt necesare puține medieri;
- Nu sunt necesare dispozitive speciale de fixare;

- Nu există o masă suplimentară, variabilă, care să încarce structura – avantaj pentru structurile ușoare;
- Sunt portabile, se pretează bine măsurărilor în afara laboratorului;
- Sunt dispozitive ieftine.

Există totuși și unele dezavantaje, și anume:

- Factorul de amplitudine, având o valoare relativ ridicată, face ca această metodă să nu fie propice sistemelor neliniare, din moment ce apare posibilitatea excitării comportamentului nelinier al acestora;
- În cazul excitării structurilor mari, în timpul impactului, trebuie aplicată o energie suficient de mare, care însă poate conduce la deteriorări locale ale structurii;
- Semnalul are un caracter puternic determinist, nepermițând aproximări liniare pentru sistemele neliniare, chiar dacă se folosește *funcția coerență*;
- Spectrul poate fi controlat numai la limita superioară a frecvențelor, nepermițând analize de tip zoom.

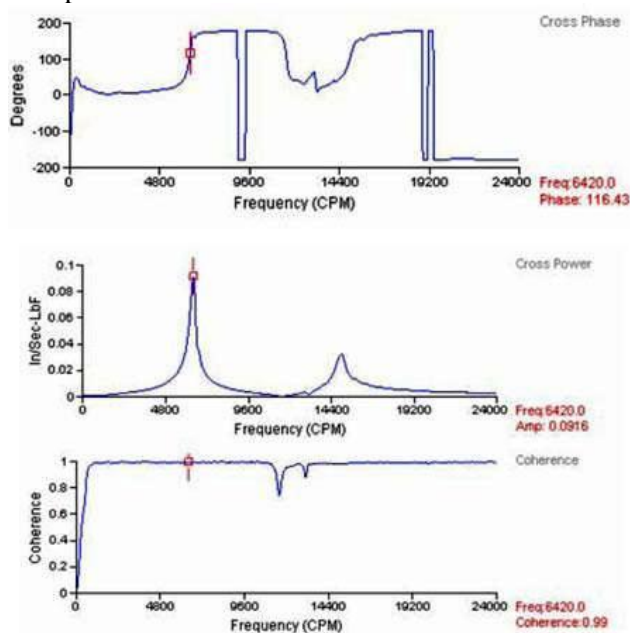


Fig. 2 - Testul de impact folosind ciocanul de impact

Această test s-a dovedit a fi avantajos tocmai pentru că permite monitorizarea funcției coerență și a schimbării fazei. Cu aceste informații se poate aplica metoda ODS, care presupune crearea și analiza formelor de deflecție operațională pentru vizualizarea stării de vibrație a corpurilor. Folosind această metodă, imaginea unui utilaj în mișcare se construiește prin măsurarea amplitudinii vibrației și fazei în diferite puncte ale utilajului în cauză. Metoda ODS se adresează chiar și începătorilor în domeniu și necesită o aplicație specializată pentru calculator și un analizor cu două canale.

3 Determinarea amplitudinii vitezei de vibrație la vârf în regim tranzitoriu

O altă metodă des folosită în domeniu constă în măsurarea amplitudinii vitezei de vibrație la vârf, la oprirea utilajului, după funcționare normală.

Amplitudinea ar trebui să scadă în ritm constant. În cazul în care aceasta începe să crească, în orice moment, atâta timp cât utilajul este oprit, frecvența la care se înregistrează creșterea amplitudini este o posibilă frecvență naturală (figura 3).

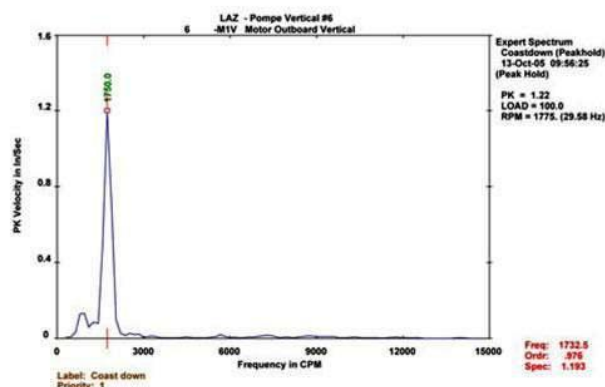


Fig. 3 - Determinarea amplitudinii vitezei de vibrație (la vârf) în regim tranzitoriu

4 Determinarea fazei în regim tranzitoriu

Ca și în situația anterioară, testul pentru determinarea fazei în regim tranzitoriu, se va efectua la oprirea utilajului.

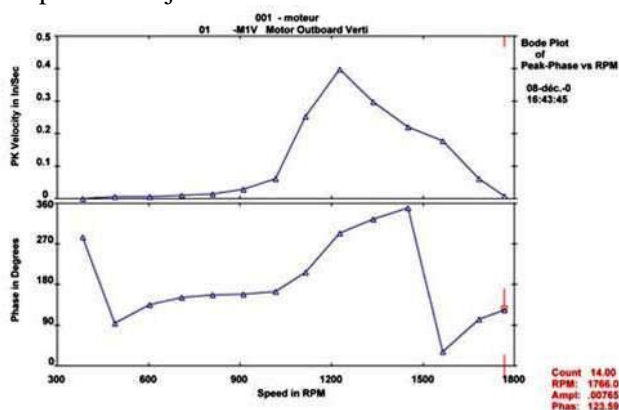


Fig. 4 - Determinarea fazei în regim tranzitoriu

Prin instalarea unui tahometru și a unei bucați de bandă reflectorizantă pe arborele utilajului, puteți monitoriza atât vibrația, cât și faza. Această metodă vă permite să observați toate schimbările de amplitudine și de fază la trecerea prin toate turațiile de lucru ale echipamentului.

Dacă nici una dintre turațiile prin care trece utilajul de la funcționare normală la oprire nu excită frecvențe de rezonanță, atunci amplitudinea semnalului măsurat ar trebui să scadă constant.

Dacă amplitudinea scade constant, dar, la o anumită turație apare un defazaj de 180° pe perioada tranziției, atunci tocmai ați determinat o frecvență naturală a utilajului sau a structurii măsurate.

Frecvența naturală reală este frecvența înregistrată când defazajul ajunge la 90° (Fig. 4).

Frecvența naturală

Frecvența naturală este frecvența de vibrație liberă a unui sistem, la care acesta vibrează pentru a-și disipa energia. Frecvența naturală (ω_n) a unei structuri, exprimată în radiani pe secundă, este funcție de rigiditatea (k) și de masa (m) acesteia, după cum se poate observa și în următoarea formulă:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Dacă oricare dintre acești parametri se modifică, frecvența naturală se schimbă.

Cum se modifică frecvența naturală?

Dacă vrem să modificăm frecvența naturală a unui corp, trebuie să modificăm fie rigiditatea, fie masa acestuia. Creșterea masei sau scăderea rigidității determină scăderea valorii frecvenței naturale a structurii, în timp ce reducerea masei sau creșterea rigidității influențează creșterea frecvenței naturale.

Cum putem lucra cu utilajele critice dacă nu le putem modifica frecvențele naturale?

Dacă nu putem modifica rigiditatea sau masa utilajului, avem totuși alte două opțiuni posibile:

- Să modificăm turația de lucru a utilajului cu $20\div 30\%$, dar acest lucru nu este întotdeauna cea mai bună alegere.
- Să instalăm un amortizor dinamic pe utilaj, pentru a reduce în mod semnificativ nivelul de vibrații ale acestuia. Amortizorul dinamic este un sistem resort - masă, care se instalează în serie cu sistemul rezonant, pentru a crea o forță de excitație antifază, care va contracara în mod eficient forța inițială de excitație.

Concluzie

Rezonanța este probabil una dintre primele cinci cauze comune ale vibrațiilor excesive ale unui utilaj. Identificarea eficientă a unei frecvențe de rezonanță poate fi o adevărată provocare.

În primul rând trebuie să identificăm corect frecvențele naturale prin efectuarea a cel puțin două teste diferite, cum ar fi testul de impact, măsurarea amplitudinii și fazei în regim tranzitoriu sau testul de impact cu ajutorul unui ciocan de impact.

De îndată ce rezonanța este confirmată, pentru a modifica frecvența naturală a structurii, fie schimbați masa, fie rigiditate acesteia.

În cazul în care nu se poate realiza acest lucru, încercați să modificați cu $20\div 30\%$ turația de lucru a utilajului.

Dacă nici această manevră nu reușește, luați serios în considerare varianta instalării unui amortizor dinamic pentru contracararea forței excitante inițiale.

Bibliografie

Fox, Randy. - "Amortizoare dinamice pentru soluționarea problemelor de rezonanță".

Despre autor

Alain Pellegrino este tehnician de întreținere predictivă la Laurentide Controls Ltd.

Ca și asociată a companiei Emerson Process Management, firma Laurentide Controls este furnizorul cel mai important de automatizări din Canada de est.

Pentru informații suplimentare, vizitați site-ul: www.laurentide.com.