



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,  
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",  
SEBEȘ, 2011

# **MODALITĂȚI DE EVITARE A REZONANȚEI PE TIMPUL TRAGERILOR DINTRE FRECVENȚA PROPRIE DE OSCILAȚIE A TEVILOR DE ARMAMENT ȘI CEA A FORȚELOR PERTURBATOARE**

Constantin AVĂDANEI

## **WAYS OF AVOIDING THE TIME LUCKY RESONANCE NATURAL FREQUENCY OF OSCILLATION OF BETWEEN THE PIPES AND THE WEAPONS OF FORCES DISTURBANCE**

This paper presents a theoretical model and practical approach in the comparative study of the natural vibration frequencies of the system during firing weapons and the spectrum of disruptive forces.

Keywords: spectrum, disruptive forces, resonance, breath of fire, shooting rhythm, plan drawing, the center of mass

Cuvinte cheie: spectru de frecvențe, forțe perturbatoare, rezonanță, gură de foc, cadență de tragere, plan de tragere, centru de masă

### **1. Introducere**

Prin compararea permanentă a rezultatelor studiului teoretic cu cele ale determinărilor efectuate în cadrul unor programe ample de cercetare experimentală, s-a ajuns la stabilirea clară a naturii și ponderii relative a diferitelor perturbații inițiale în determinarea dispersiei tragerii, la realizarea unor progrese importante în fundamentarea teoretică a proiectării unor sisteme performante de armament. La părăsirea gurii de foc, asupra proiectilului acționează factori perturbatori - dintre care cei mai importanți sunt oscilațiile țevii și

condițiile gazodinamice speciale generate de gazele care însoțesc proiectilul [1].

Oscilațiile țevii sunt determinate de variația presiunii gazelor și a vitezei proiectilului în țevă [1, 6]. Întrucât, în general, central de masă al masei reculante a armei și sistemul de prindere al acesteia de afet nu se găsesc în același plan cu axa țevii, pe timpul tragerilor se creează sisteme de oscilație secundare, cu efect negativ asupra preciziei de tragere. Toate acestea determină frecvența de oscilație a întregului sistem și, în consecință, frecvența oscilației rezultante a țevii.

Modelul prezentat în lucrare constituie pasul următor în investigații, după ce se cunosc deja rezultatele determinărilor frecvențelor proprii de vibrație ale sistemului, obținute prin metode analitice, respectiv metoda elementelor finite [4].

## 2. Spectrul de frecvențe al forțelor perturbatoare

Se consideră cazul când sistemul are fixate două arme pe un suport (afet). Sarcinile perturbatoare care provoacă și întrețin mișcarea oscilatorie în plan vertical și în plan orizontal sunt determinate de rezultanta forțelor de rezistență la recul și revenire, aplicată suportului de prindere a armei I și armei II [2]:

$$\mathfrak{R} = R_I + R_{II} \quad (1)$$

Rezultanta forțelor de rezistență la recul/revenire este o forță periodică, funcție de perioada  $T$  și de pulsație  $\omega = 2\pi/T$ , deci poate fi reprezentată printr-o serie Fourier de forma [5]:

$$\mathfrak{R} = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (A_k \sin k\omega t + B_k \cos k\omega t) \quad (2)$$

ai cărei coeficienți sunt:

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T \mathfrak{R} dt ; \quad A_k = \frac{2}{T} \int_0^T \mathfrak{R} \sin k\omega t dt ; \quad B_k = \frac{2}{T} \int_0^T \mathfrak{R} \cos k\omega t dt \quad (3)$$

Dacă se cunosc acești coeficienți, atunci relația (2) se poate exprima și sub forma:

$$\mathfrak{R} = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \sin(k\omega t + \phi_k) \quad (4)$$

unde,  $C_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2}$ ,  $\phi_k = \arctg \frac{B_k}{A_k}$

Se poate calcula în acest caz spectrul de frecvențe al rezultantei  $\mathfrak{R}$  a forțelor pentru cele două arme, pentru seria frecvențelor fundamentală și a armonicilor superioare. În acest caz se poate determina și momentul rezultantei forțelor celor două arme [1, 3]:

$$M_z = (R_I - R_{II}) \delta \quad (5)$$

Rezultantele forțelor de rezistență la recul/revenire cu valoarea maximă  $R_0$ , pentru cele două arme care trag cu decalaj  $\tau^*$ , sunt:

$$R_I = R_0 \left[ A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \sin(k\omega t + \phi_k) \right] \quad (6)$$

$$R_{II} = R_0 \left[ A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \sin \left[ k\omega (t - \tau^*) + \phi_k \right] \right] \quad (7)$$

Rezultanta forțelor de rezistență poate fi scrisă și sub forma [2, 5]:  $\mathfrak{R} = R_0 \cdot f(t)$ , în care  $f(t)$  - este funcția specifică de excitație care definește legea de variație a rezultantei  $\mathfrak{R}$ .

În figura 1 este reprezentată funcția specifică de excitație  $f(t)$  și descompunerea ei în serie Fourier, cu 20 de termeni [2].

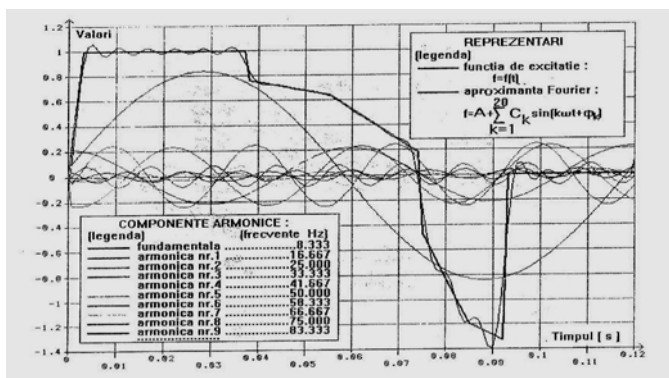


Fig. 1 Dezvoltarea funcției specifice de excitație în serie Fourier

Rezultanta forțelor  $\mathfrak{R}$  și momentul forțelor  $R_I$  și  $R_{II}$  față de axa suportului de prindere a celor două arme se pot scrie sub forma:

$$\mathfrak{R} = 2R_0 \left[ A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} r_k \sin(k\omega t + \phi_k) \right] \quad (8)$$

$$M_z = 2R_0 \delta \sum_{k=1}^{\infty} m_k \sin(k \omega t + \phi_k'') \quad (9)$$

Relațiile (8) și (9) definesc variația forțelor perturbatoare în funcție de timp și de decalajul temporal  $\tau^*$  în funcționarea celor două arme:

$$\mathfrak{R} = 2R_0 \cdot r(t) \quad \text{și} \quad M_z = 2R_0 \delta m(t), \quad (10)$$

în care, pentru cazul aplicației cu 20 de armonici [2, 5],

$$r(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{20} r_k \sin(k \omega t + \Phi_k') \quad (11)$$

$$m(t) = \sum_{k=1}^{20} m_k \sin(k \omega t + \Phi_k'') \quad (12)$$

sunt funcțiile de excitație.

Pentru frecvența fundamentală,  $f_0 = 8,333\text{Hz}$  se poate dezvolta o aplicație din care rezultă cadențe de tragere de 500 – 3000 lov/min pentru cele două arme și spectrul de frecvențe pentru  $\mathfrak{R}$  și  $M_z$ , prin funcțiile specifice de excitație corespunzătoare  $r(t)$  și  $m(t)$ . Aplicând metoda elementelor finite [4] rezultă spectrul de frecvențe din figura 2 și figura 3 [2].

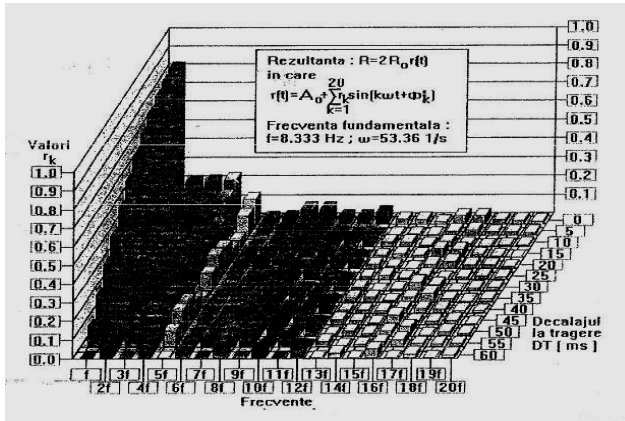
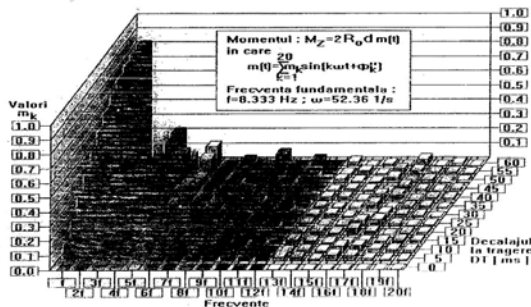


Fig. 2 Spectrul de frecvențe pentru rezultanta  $\mathfrak{R}$

$$\text{Variația modului funcțiilor specifice de excitație } r = \sqrt{\sum_{k=1}^{20} r_k^2}$$

și  $m = \sqrt{\sum_{k=1}^{20} m_k^2}$  în funcție de decalajul temporal  $\tau^*$  în funcționarea celor



două arme definește legea de variație a forțelor perturbatoare în funcție de acest

Fig. 3 Spectrul de frecvențe pentru momentul  $M_z$

decalaj: amplitudinea rezultantei totale  $\mathfrak{R}$  a forțelor de rezistență la recul/revenire, de care este dependentă mișcarea oscilatorie a sistemului în plan vertical, are valoare maximă la tragerea simultană ( $\tau^* = 60$  ms) și minimă la tragerea în contratimp ( $\tau^* = T/2 = 60$  ms); momentul rezultantei  $M_z$  al acestor forțe față de axa suportului de prindere al celor două arme este minim la tragerea simultană ( $\tau^* = 0$ ) și maxim la tragerea în contratimp ( $\tau^* = 60$  ms).

Din punct de vedere tehnic centrul de masă al leagănelui pe care sunt montate cele două arme nu se găsește în planul de tragere, așa cum s-a făcut ipoteza inițial, deci momentul forțelor perturbatoare pentru mișcarea în plan orizontal devine momentul forțelor  $R_I$  și  $R_{II}$  față de centrul de masă al sistemului [2]:  $M_z = R_I \delta_1 \pm R_{II} \delta_2$  (13) unde  $\delta_1$  și  $\delta_2$  reprezintă brațul forțelor  $R_I$  și  $R_{II}$  față de centrul de masă; semnul "+" corespunde situației în care centrul de masă este în afara domeniului delimitat de planurile verticale ce trec prin axele celor două țevi, când momentele  $R_I \delta_1$  și  $R_{II} \delta_2$  au același semn.

În cazul I modulul celor două funcții specifice de excitație are aceeași valoare când decalajul în funcționarea celor două arme are valoarea optimă  $\tau^* = 30$  ms. Similar se constată și pentru decalaje în domeniul  $\tau^* \in [T/2, T]$ , în care egalitatea modulelor  $r = m$  se realizează pentru  $\tau^* = 90$  ms.

### 3. Concluzii

■ Stabilirea spectrului frecvențelor proprii de oscilație, a spectrului de frecvențe a sarcinii perturbatoare și analiza lor comparativă constituie o etapă obligatorie în fundamentarea și definitivarea soluției constructive a unei instalații de tragere continuă (automată). ■ Spectrul de frecvență pentru  $\mathfrak{R}$  (figura 2) și cel pentru  $M_z$  (figura 3) pun în evidență faptul că amplitudinea funcției de excitație, deci și a forțelor perturbatoare, variază cu frecvența armonicilor: amplitudinea cea mai mare o are component corespunzătoare frecvenței fundamentale  $f_0$ . ■ Amplitudinea forțelor perturbatoare variază semnificativ cu decalajul temporal  $\tau^* = 0$  (tragere simultană), în timp ce componenta funcției de excitație  $m(t)$  de această frecvență este maximă la tragerea decalată  $\tau^* = 60 \text{ ms}$ . ■ Se recomandă ca spectrul frecvențelor proprii de vibrație să nu se interfereze cu spectrul de frecvențe al forțelor perturbatoare. Aceasta presupune ca pentru arme să se impună o cadență de tragere de minimum 1200 lov/min, prin care se elimină pericolul de rezonanță [1, 2].

### BIBLIOGRAFIE

- [1] Avădanei, C., *Contribuții în studiul optimizării fenomenelor gazodinamice din dispozitivele armamentului de calibru redus*, Teză de doctorat, Academia Tehnică Militară, București, 1999.
- [2] Roșca, A., *Calculul și construcția armamentului*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 2002.
- [3] Buzdugan, Gh., Fetcu, L., Radeș, M., *Vibrații mecanice*, Editura didactică și pedagogică, București, 1982.
- [4] Năstăsescu, V., *Metoda elementelor finite*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 1995.
- [5] Dincă, F., Teodosiu, C., *Vibrații neliniare și aleatoare*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 1969.
- [6] Ștefan, St., *Mecanica fluidelor*, Editura Academiei Tehnice Militare, București, 1992-1993.

Lector univ. Dr.Ing. Constantin AVĂDANEI  
membru AGIR  
E-mail: costi\_av\_2003@yahoo.com