

Dr. IVAN MAVRIN, dipl. inž.
Fakultet prometnih znanosti
Zagreb, Vukelićeva 4

Prometna tehnika
Izvorni znanstveni rad
UDK: 621.43-22.004.624:621.824.3.001.4
Primljeno: 11.01.1991.
Prihvaćeno: 25.01.1991.

STABILNOST DIJAGNOSTIČKOG PARAMETRA VIBRACIJSKOG SIGNALA CILINDRA MOTORA

SAŽETAK

U radu se definira dijagnostički parametar, kao trenutak udara klipa u cilindar, izražen kutom koljenastog vratila.

Za utvrđeni dijagnostički parametar ispitana je njegova stabilnost. Ova je osobina nužna, jer se bez nje izabrani dijagnostički parametar ne može koristiti s potrebnom pouzdanošću za dijagnosticiranje istrošenja cilindra.

Stabilnost dijagnostičkog parametra provjerena je eksperimentom za razne vrijednosti istrošenja cilindra.

1. UVOD

Dijagnostika stanja sklopova motora može se obavljati mjerenjem vrijednosti nekog od radnih ili usputnih izlaznih procesa. Međutim, svi izlazni procesi ne daju jednako pouzdane i uporabljive informacije o stanju. Iz raspoloživih izlaznih procesa biraju se za dijagnostičke parametre samo oni koji posjeduju potrebne osobine. Jedna je važna osobina, osim jednostavnosti, osjetljivosti i informiranosti, koju mora zadovoljiti dijagnostički parametar i stabilnost.

Stabilnost dijagnostičkog parametra ocjenjuje se varijacijom njegovih vrijednosti izmjerenih više puta u jednakim uvjetima i za istu vrijednost strukturnog parametra.

2. DEFINIRANJE DIJAGNOSTIČKOG PARAMETRA

U cilindru motora odvija se proces pri kojemu se klip, pod djelovanjem skupa sila, premješta s jedne strane košuljice cilindra na drugu. To premještanje je omogućeno postojanjem zazora između klipa i cilindra i bočnih sila koje djeluju na klip.

Ne uzimajući u obzir silu trenja između klipa i klipnih prstenova, izraz koji opisuje bočnu silu glasi:

$$F_n = F \lambda \sin \alpha$$

gdje je:

F - ukupna sila na klip

λ - odnos polumjera duljine klipnjače

α - kut koljenastog vratila

Postavljanjem diferencijalne jednadžbe bočnoga kretanja klipa u cilindru i uz početne uvjete $t_0 = 0$ i $h_0 = 0$, slijedi da je vrijeme premještanja klipa unutar zazora u cilindru:

$$t_p = \left[6h_0 m_k / \frac{dF_n}{dt} \right]^{1/3}$$

gdje je:

h_0 - zazor između klipa i cilindra

m_k - masa klipa

Tada je impuls klipa, kojemu su proporcijalne vibracije cilindra, potpuno određen i iznosi:

$$I_n = \int_0^t F_n dt$$

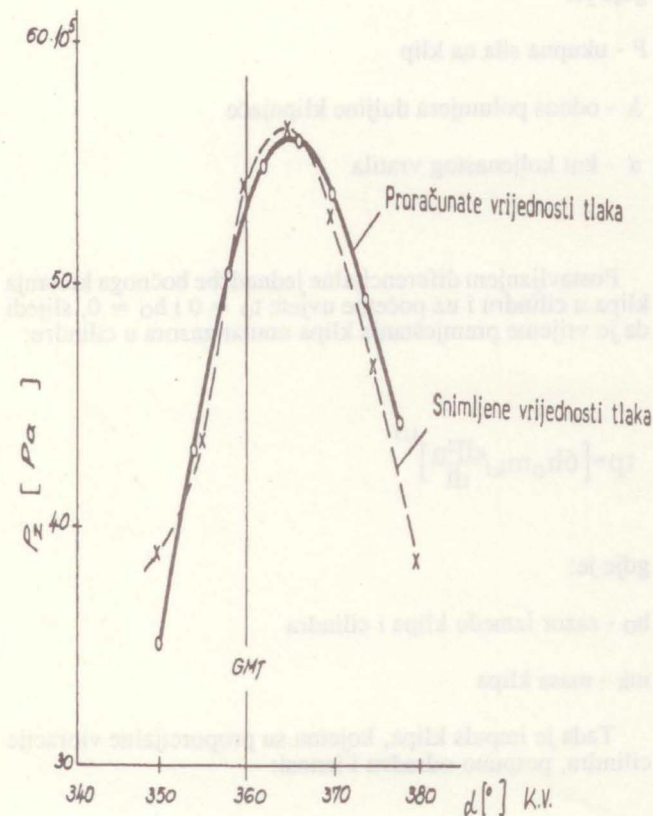
Pri udaru klipa u cilindar, pri njegovu premještanju, nastaju vibracije cilindra. Energija vibracija proporcionalna je kinetičkoj energiji u trenutku udara. Uzimajući kao izvor informacija o istrošenju cilindra vibracije cilindra, može se (1) kao dijagnostički parametar koristiti kut mjeren od GMT pa do trenutka udara klipa u cilindar, izražen u stupnjevima koljenastog vratila.

3. STABILNOST KUTA UDARA KAO DIJAGNOSTIČKOG PARAMETRA

Na stabilnost vremena premještanja i impulsa klipa znatno utječe tlak plinova u cilindru, njegove neravnomjernosti i varijacije tijekom uzastopnih ciklusa.

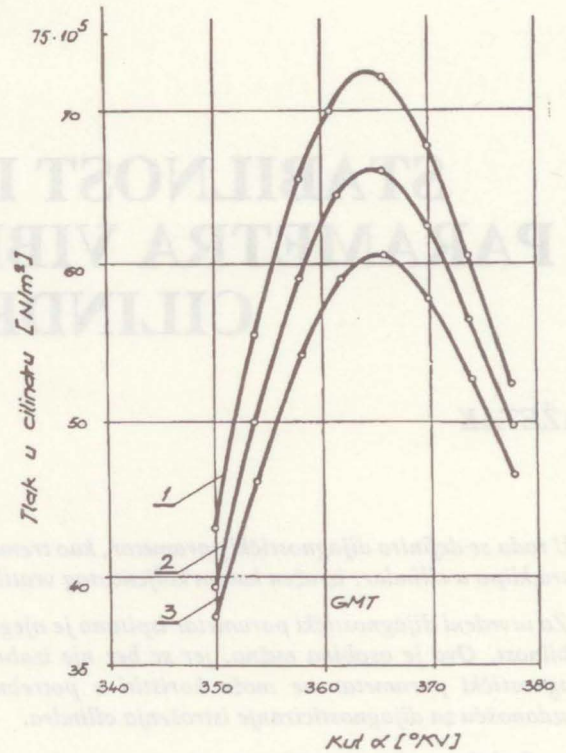
Postavljanjem matematičkog modela za izračunavanje tlaka u cilindru motora (2,3), koje su provjeravane eksperimentalno, dobivena su neznatna odstupanja između proračunane i izmjerene promjene tlaka, što je prikazano na slici 1.

S pomoću danog modela pokazalo se da varijacije tlaka, prikazane na slici 2, imaju za posljedicu promjenu impulsa i kuta udara, kako je prikazano u tablici 1 i na slici 3.



Slika 1. Promjena tlaka u cilindru za rad motora na praznom hodu pri $n = 800$ o/min.

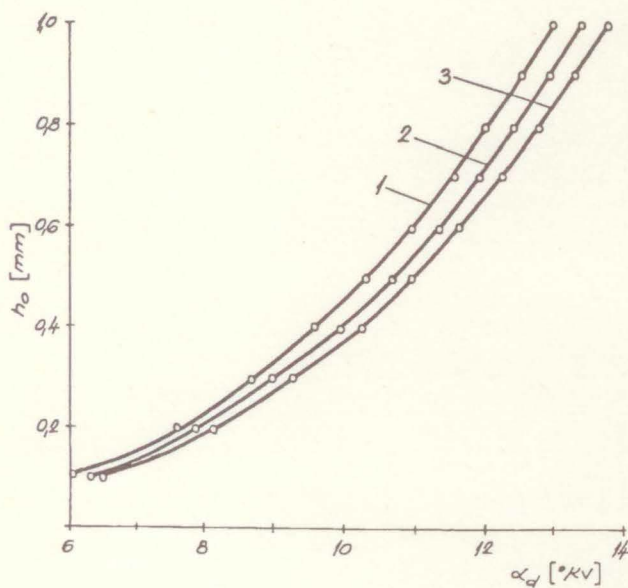
Veličine impulsa In_1 , In_2 i In_3 odnose se na promjene tlakova 1, 2 i 3 prikazanih na slici 2.



Slika 2. Promjena tlaka u cilindru uzastopnih ciklusa

Tablica 1.

h_0	In_1	In_2	In_3
mm	Ns	Ns	Ns
0,1	2,85	2,77	2,68
0,2	4,5	4,36	4,23
0,3	5,87	5,69	5,53
0,4	7,09	6,88	6,64
0,5	8,14	7,91	7,69
0,6	9,18	8,92	8,66
0,7	10,15	9,87	9,49
0,8	10,94	10,64	10,31



Slika 3. Promjena kuta α_d u ovisnosti o zazoru h_o za slučajevne promjene tlaka (1, 2 i 3, prikazano na sl. 2) u cilindru

Vidljivo je da promjene tj. varijacije tlaka u cilindru imaju veći utjecaj na promjenu dijagnostičkog parametra α_d ako je istrošenje cilindra veće. Konkretno, za istrošenje $h_o = 0,1$ mm promjena dijagnostičkog parametra iznosila je 0,37 stupnjeva koljenastog vratila, a za istrošenje od 0,8 mm iznosila je 0,76° KV. Isto vrijedi i za promjene impulsa.

4. EKSPERIMENTALNO UTVRĐIVANJE PROMJENE TLAKA

Promjenu tlaka u cilindru, osim načina odvijanja procesa izgaranja, određuje i izbor radnog režima. Pri radu motora na ustaljenom režimu rada tlakovi su različiti za dva uzastopna ciklusa (4) uzduž cijele linije izgaranja, a posebno se pojavljuju odstupanja u vršnim vrijednostima. Te pojave uvjetuju i promjenu impulsa klipa (5) i dijagnostičkog parametra α_d za isto istrošenje cilindra. S tih razloga neophodno je poznavati, za pouzdanu uporabljivost dijagnostičkog parametra, varijacije ciklusa odnosno tlaka za izabrani ustaljeni režim rada motora. S tim ciljem obavljena su ispitivanja na motoru TAM F4L413 FR.

Mjerenjem su određene varijacije tlaka uzastopnih ciklusa na režimu praznog hoda i iznosile su najviše $8,1 \times 10^5$ Pa ili 8,3 posto od maksimalnog tlaka.

Varijacije tlaka uzastopnih ciklusa na pojedinim režimima rada varirale su, a najmanje su bile pri $n = 1350$ o/min kada se postiže maksimalna vrijednost zakretnog momenta motora. Tada su varijacije vršnih tlakova iznosile samo 3,6 posto.

Dobivene varijacije tlaka na praznom hodu manje su od proračunanih koje su prikazane na slici 2, a iznosile su $11,3 \times 10^5$ Pa. Znači da će odstupanja dijagnostičkog parametra biti za 3 posto manje nego što su prikazane na slici 3.

5. ZAKLJUČAK

Dijagnostički parametar za određivanje istrošenja cilindra može biti vrijeme premještanja klipa od GMT do udara u cilindar. Stabilnost ovog parametra najveća je na režimu rada pri $n = 1350$ o/min kada se postiže maksimalni zakretni moment. Tada varijacije vršnih tlakova uzastopnih ciklusa iznose 3,6 posto od maksimalnog tlaka. Na režimu praznog hoda varijacije iznose 8,3 posto vršnih tlakova u odnosu na maksimalni tlak.

Dijagnostički parametar pokazao je najveću stabilnost na režimu rada maksimalnog momenta pri $n = 1350$ o/min. Na ostalim režimima rada stabilnost kuta udara kao dijagnostičkog parametra bila je manja, ali još uvijek pouzdana za zaključivanje o istrošenju cilindra.

SUMMARY

STABILITY OF THE ENGINE CYLINDER VIBRATION SIGNAL DIAGNOSING PARAMETER

This paper deals with the defining of the diagnosing parameter as the moment of the piston stroke on the cylinder as expressed by the angle of the crankshaft.

The established diagnosing parameter has been examined. This property is indispensable in the light of the fact that if missing the selected diagnosing parameter cannot be applied with necessary reliability for cylinder wear diagnosing. The stability of the diagnosing parameter has been verified in experiments for different values of cylinder wear.

LITERATURA

1. I. MAVRIN: Nova metoda za određivanje tehničkog stanja cilindra diesel motora. Međunarodni skup "Nauka i motorna vozila 87", Beograd, 1987.
2. I. VIBE: Brennerlauf und Kreisprozess von Verbrennungsmotoren. Verlag Technik, Berlin, 1970.
3. S. KOVAČEV, I. MAVRIN: Matematički model procesa izgaranja diesel motora s vjehnom komorom. NMV, Bled, 1979.
4. S. VEINOVIĆ: Istraživanje dinamičkih svojstava diesel motora za vozila. Doktorska disertacija, Kragujevac, 1973.
5. H. TSCHÖKE, V. ESSERS: Einfluss des Zylinderdruckverlaufes auf die Sekundorbewegung des Kolbens. MTZ, 1982, 4.