

Dinamička analiza snažnog sistema za upravljanje vektorom potiska protivoklopne rakete

Dr Miodrag Kobilarev, dipl.inž.¹⁾

Prikazana je funkcija sistema za upravljanje vektorom potiska (UVP) i izvršena analiza nekih otkaza ovog sistema kao i dinamičkih efekata koje ovi otkazi prouzrokuju u toku ispitivanja na opitnom stolu sa šest stepeni slobode. Opisana je metoda merenja bočne upravljačke sile, koju generiše sistem za UVP, i dinamičkih karakteristika sistema za UVP od značaja za upravljanje protivoklopnom raketom.

Ključne reči: Upravljanje vektorom potiska, protivoklopna raketa, opitni sto sa šest stepeni slobode, generator impulsne komande, interceptor.

Uvod

DINAMIČKA analiza sistema za upravljanje vektorom potiska (UVP), u ovom radu, se odnosi na prikaz dinamičkih karakteristika od značaja za upravljanje protivoklopnom raketom, analizu otkaza ovog sistema i dinamičkih efekata koje ovi otkazi prouzrokuju u toku ispitivanja na opitnom stolu sa šest stepeni slobode.

Sistem za UVP se sastoji od: izvora energije, aktuatora, izvršnih organa i deflektora. Izvor energije je termalna baterija, a aktuatori su četiri para elektromagneta kojima upravlja blok elektronike sistema za UVP. Izvršni organi su četiri molibdenska interceptora. Deflektor povećava efikasnost sistema usmeravajući deo produkata sagorevanja marševskog raketnog motora (MRM), koji prođu između interceptora i mlaznice, u pravcu mlazeva MRM, [1].

Skretanjem mlazeva marševskog raketnog motora sistem za UVP generiše bočnu upravljačku silu na račun aksijalne komponente potiska rakete. Sistem za UVP je smešten oko mlaznica MRM i nalazi se u centru mase rakete na početku njenog leta. Ovako lociran sistem za UVP mora da bude snažan iz dva razloga:

- stabilnost rakete u prvoj fazi leta, dok je MRM dovoljno ne ubrza, zavisi od veličine bočne upravljačke sile i
- manevarske sposobnosti rakete pri gađanju pokretnih ciljeva na bliskim daljinama (do 200m) direktno zavise od bočne upravljačke sile.

Ovakav sistem za UVP pretvara više od 30% aksijalne komponente potiska u bočnu upravljačku silu, [1].

Provera funkcije i merenje dinamičkih karakteristika sistema za UVP

Osnovne dinamičke karakteristike sistema za UVP su: brzina odziva i efikasnost.

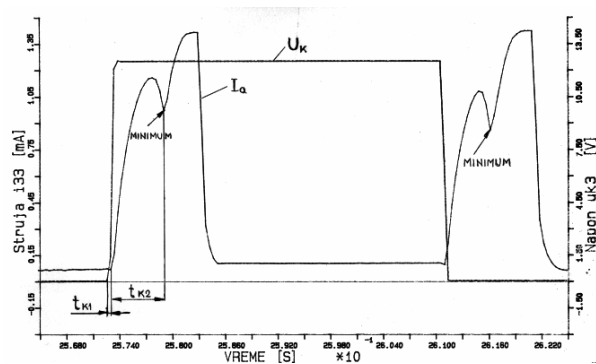
Brzina odziva se definiše kao minimalno vreme potrebno da interceptori sistema za UVP prelete između krajnjih položaja i pravilno izvrše zadatu komandu.

Najkraća komanda koju sistem za UVP može pravilno da izvrši naziva se minimalna komanda.

Na sl.1 je prikazan odziv sistema na komandu, preko struja izmerenih kroz aktuator (elektromagnete) interceptora. Kašnjenje odziva sistema za UVP je jednako zbiru:

- vremena kašnjenja početka odziva na signal komande, t_{k1}
- i
- vremena preleta interceptora između krajnjih položaja, t_{k2} .

Trenutak preleta interceptora odgovara karakterističnim minimumima na dijagramu struja aktuatora, sl.1.



Slika 1. Kašnjenje odziva sistema za UVP: U_k - signal komande, I_a - struja aktuatora

Kašnjenje sistema za UVP je značajno za upravljanje raketom jer se u generatoru impulsne komande (GIK) mora kompenzovati, [2 i 3], izdavanjem komandi sa vremenskim prednjačenjem koje je jednako kašnjenju sistema za UVP.

Efikasnost sistema za UVP b, [1], se definiše kao odnos bočne upravljačke sile, F_b , koju sistem generiše i neporemećene aksijalne komponente potiska F_o , kada

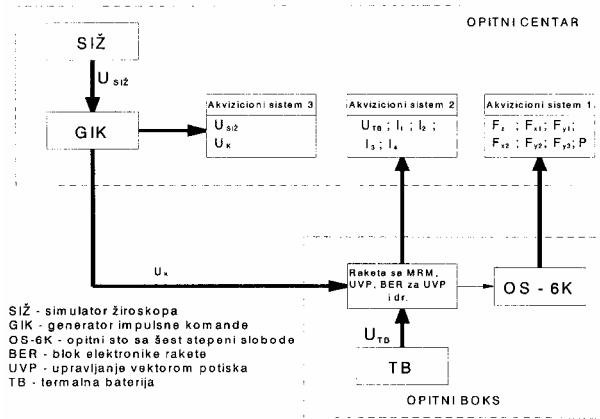
¹⁾ Vojnotehnički institut VJ, 11000 Beograd, Katanićeva 15

sistem za UVP ne bi radio:

$$b = \frac{F_b}{F_o} \quad (1)$$

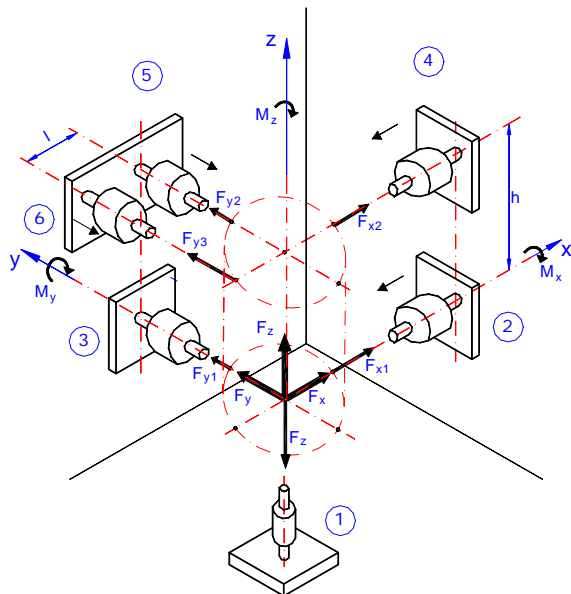
Od efikasnosti sistema za UVP zavise manevarske sposobnosti rakete.

Provera funkcije, merenje brzine odziva i efikasnosti sistema za UVP se vrši prema blok šemi prikazanoj na sl.2.



Slika 2. Blok šema opita za ispitivanje sistema za UVP

Raketa koja se sastoji od MRM sa sistemom za UVP, bloka elektronike rakete smeštenim u odseku bojeve glave, krilnog odseka sa traserom, postavljena je na opitni sto sa šest stepeni slobode (OS-6K), čija je geometrija prikazana na sl.3.



Slika 3. Geometrija opitnog stola sa šest stepeni slobode

Ako se sa $[K]^{6 \times 6}$ označi matrica krutosti opitnog stola, sa $[F_{IN}]^{6 \times 1}$ vektor sila koje meri akvizicioni sistem 1, onda je $[F_{OUT}]^{6 \times 1}$ vektor izračunatih sila i momenata u pravcu x, y i z ose:

$$[K]^{6 \times 6} \cdot [F_{IN}]^{6 \times 1} = [F_{OUT}]^{6 \times 1} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -h & -h \\ 0 & 0 & 0 & h & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & l \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} F_z \\ F_{x1} \\ F_{y1} \\ F_{x2} \\ F_{y2} \\ F_{y3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} \quad (3)$$

gde su $h=0,294\text{m}$ i $l=0,104\text{m}$ konstante koje zavise od geometrije opitnog stola.

Matrica krutosti opitnog stola se identifikuje statičkom kalibracijom opitnog stola, [4 i 5], a jednačine prema izrazima (2 i 3) rešava program u akvizicionom sistemu 1. Izmereni signali u matrici $[F_{IN}]^{6 \times 1}$ se filtriraju pre konačne obrade podataka u cilju eliminisanja dinamičkih grešaka opitnog stola [6].

Bočna upravljačka sila, koju generiše sistem za UVP računa se prema izrazu:

$$F_b = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \quad (4)$$

a efikasnost sistema za UVP prema izrazu (1).

Akvizionim sistemom 1 meri se i pritisak P u komori MRM kao kontrolni parametar njegovog rada.

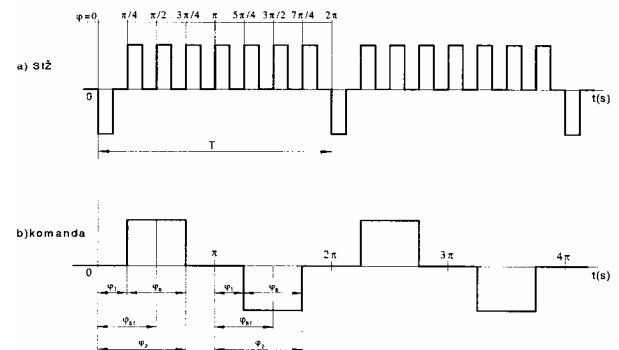
Akvizionim sistemom 2 meri se:

- napon napajanja blokova elektronike rakete iz termalne baterije (TB),
- četiri struje kroz aktuatora interceptora.

Napon TB se meri radi provere da li ona daje dovoljno energije za napajanje svih blokova elektronike rakete, a posebno snažnog sistema za UVP i trasera. Pad napona TB ispod dozvoljene vrednosti može da izazove otkaz sistema za UVP.

Struje kroz aktuatora interceptora se mere radi identifikacije brzine odziva i definisanje minimalne komande u programu GIK-a, [2].

Rad GIK-a kontroliše akvizicioni sistem 3, merenjem signala iz simulatora žiroskopa (SIŽ) kao ulaznog parametra GIK-a i komandi koje GIK šalje sistemu za UVP, kao izlaznih parametara GIK-a. Promenom periode T signala SIŽ, sl.4a, simulira se željena rotacija rakete, a promenom koeficijenta komande k u programu GIK-a kontroliše se širina komandi.



Slika 4. Kontrolni signali: signal SIŽ, b) signal komande

Ako je perioda signala SIŽ konstantna, GIK generiše

konstantnu komandu, sl.4b, a ako je perioda promenljiva GIK generiše promenljivu komandu.

Za utvrđivanje relacija između periode rotacije rakete T_r , intenziteta komande φ_s , koeficijenta komande k i bočne upravljačke sile neka posluže sledeći primeri:

Primer 1: Koliki treba da bude koeficijent komande k da bi GIK sistemu za UVP zadao minimalnu komandu trajanja $T_{min}=7ms$, pri maksimalnoj rotaciji rakete od $f_r=15Hz$?

Perioda rotacije rakete T_r , odnosno T_{SIZ} , iznosi:

$$T_r = T_{SIZ} = \frac{1}{f_r} = \frac{1}{15} = 0,067s \quad (5)$$

Za $k=1$, ugao maksimalne komande za jedan par interceptora je $\varphi_s=\pi$, a vreme trajanja maksimalne komande je $\frac{T_r}{2} = 0,0325s$. Ugao φ_{smin} za minimalnu komandu trajanja $T_{min}=7ms$ dobija se prema proporciji:

$$\frac{T_r}{2} : \pi = T_{min} : \varphi_{smin} \quad (6)$$

odakle je:

$$\varphi_{smin} = 2 \cdot \frac{T_{min}}{T_r} \cdot \pi = 2 \cdot \frac{7 \cdot 10^{-3}}{67 \cdot 10^{-3}} \cdot \pi = 0,21 \cdot \pi = 37,6^\circ \quad (7)$$

Veza između koeficijenta komande k i intenziteta komande φ_s , [2], data je izrazom:

$$\varphi_s = 2 \arcsin k \quad (8)$$

odakle je:

$$k = \sin \frac{\varphi_s}{2} = \sin \frac{37,6^\circ}{2} = 0,32 \quad (9)$$

Primer 2: Koliki je koeficijent komande potreban za kompenzaciju težine rakete, pri letu po horizontalnoj putanji?

Srednja vrednost bočne upravljačke sile po jednom obrtaju rakete, koju generiše sistem za UVP sa dva para interceptora, pri $k=1$, [2], data je izrazom

$$F_{bsr} = \frac{2}{\pi} \cdot F_{bmax} = \frac{2}{\pi} \cdot 260N = 165,5N \quad (10)$$

Ako je težina rakete $Q=100N$, onda je za kompenzaciju njene težine potreban koeficijent komande dat izrazom:

$$k = \frac{Q}{F_{bsr}} = \frac{100}{165,5} = 0,6 \quad (11)$$

Rezultati ispitivanja sistema za UVP su prikazani u sledećem poglavlju.

Analiza rezultata merenja i karakterističnih otkaza

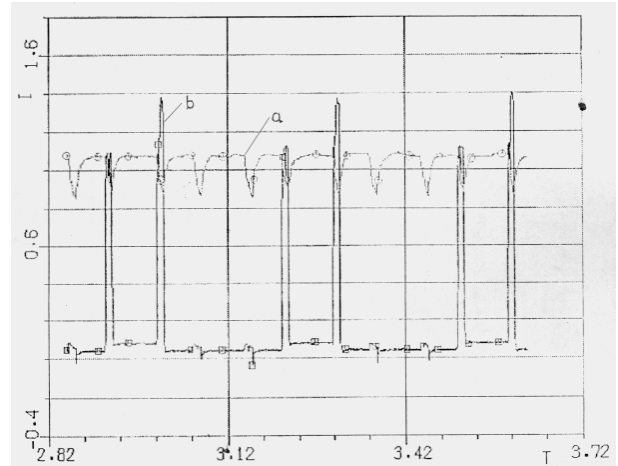
Rezultati merenja, prema blok šemi opita (sl.3) mogu se podeliti u tri grupe:

1. U prvu grupu spadaju signali komandi poslani sistemu za UVP iz GIK-a i signal SIŽ-a na ulazu u GIK, na osnovu

kjih se proverava funkcija GIK-a, sl.4.

2. U drugu grupu spadaju četiri struje aktuatora sistema za UVP i napon TB, sl.5. Na osnovu izmerenih struja aktuatora, sl.5b, određuje se vreme kašnjenja odziva sistema za UVP na signal komande, kao na sl.1 i kako je prikazano u [1]. Ukupno kašnjenje odziva sistema za UVP iznosi $t_k=7ms$, pri čemu je $t_{k1} = 0,5ms$, a $t_{k2} = 6,5ms$.

Napon TB, sa sl.5a, ima izražene padove kada se struja aktuatora forsira, da bi interceptori sistema za UVP što brže preleteli između krajnjih položaja u, inače, prekidačkom režimu rada (ON - OFF). Struja forsiranja je zato ograničena na 7A kako napon TB ne bi pao ispod dozvoljene vrednosti i ugrozio pravilan rad sistema za UVP.



Slika 5. a) Napon termalne baterije; b) Struje aktuatora

3. U treću grupu spadaju signali šest izmerenih sila u vektoru $[F_{IN}]^{6 \times 1}$, odzivi opitnog stola OS-6K, i pritisak u komori MRM. Na sl.6 je prikazan vektor obrađenih sila $[F_{OUT}]^{6 \times 1}$ i pritisak u komori MRM, kada sistem za UVP pravilno radi. Na osnovu ovih signala određuje se efikasnost sistema za UVP, prema izrazu (1).

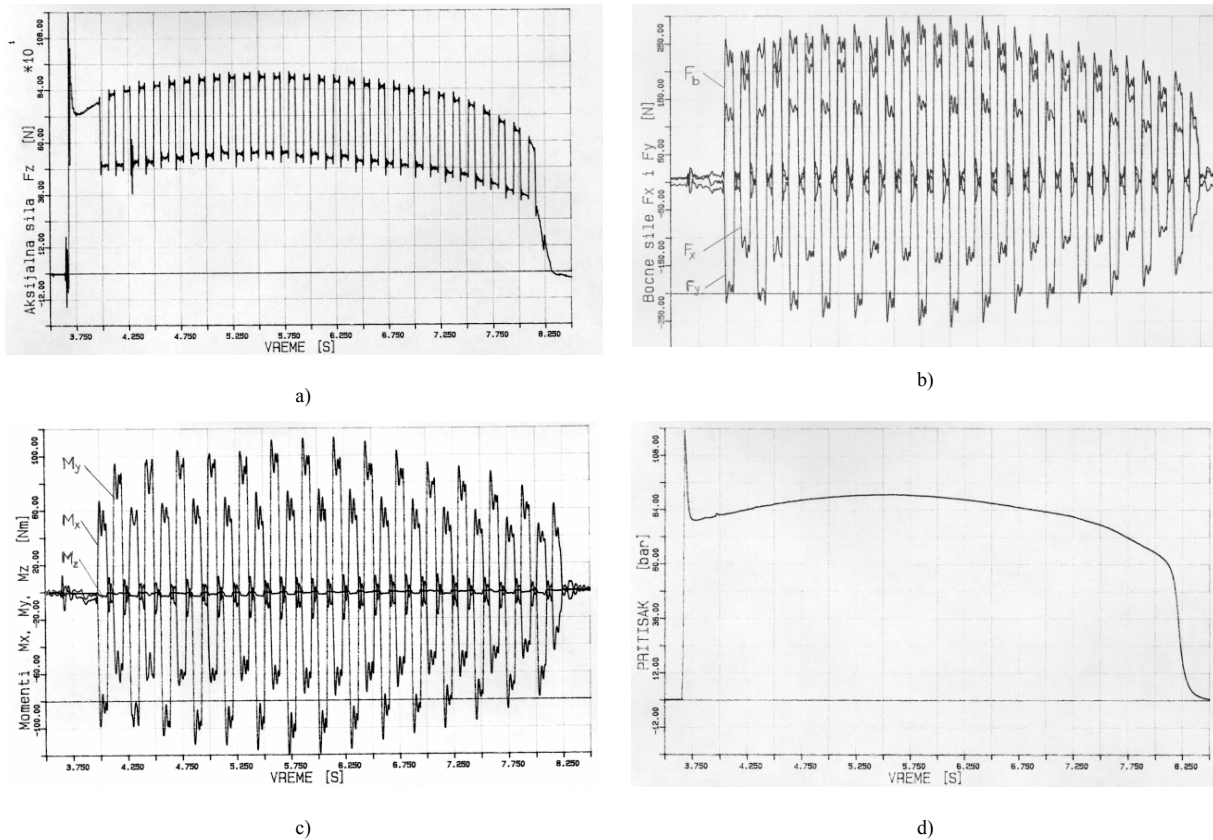
Analizom signala u vektoru $[F_{OUT}]^{6 \times 1}$ može se utvrditi da li sistem za UVP pravilno radi kao i vrsta otkaza u slučaju nepravilnog rada. Sa sl. 6a se vidi da je svaka komanda zadata sistemu za UVP izvršena. Na sl.6b se vide vrednosti bočne upravljačke sile F_b . U trenucima kada se generiše F_b , aksijalna komponente potiska, sa sl.6a, opada na svoju "poremećenu" vrednost. U odsustvu komandi aksijalna komponenta potiska ima "neporemećenu" vrednost i prati signal pritiska, sl.6d, u komori MRM. Sa sl.6c se vidi da moment M_s , oko podužne ose rakete ima malu vrednost, oko $\approx 1,5Nm$. Vrednost ovog momenta je mera razlike bočnih sila koje generišu interceptori na levoj i desnoj mlaznici MRM, a pošto utiče na rotaciju rakete mora se održavati u propisanim granicama.

Momenti M_x i M_y sa sl.6c logično prate komponente komande u pravcu x i y-ose, F_x i F_y , sa sl.6b.

Može se, u prvom trenutku, učiniti da se isto tako uspešna analiza može izvršiti i na osnovu dijagrama struja aktuatora. Međutim, dešava se da struja aktuatora nema karakterističan minimum kao na sl.1 i da se dođe do pogrešnog zaključka da interceptor nije preleteo u drugi

krajnji položaj. Sa dijagrama aksijalne ili bočne komponente potiska, slično kao na sl.6, može se lako utvrditi da je sistem za UVP, ipak, pravilno odradio, i da se prelet interceptora desio u toku opadanja sruje forsiranja, pa

asimetrija u toku rada sistema za UVP na mlaznicama MRM. Teorijski, momenti koje generišu sistem za UVP na levoj i desnoj mlaznici MRM, kada nezavisno rade, su jednaki i suprotnog smera, pa je rezultantni moment M_z rakete jednak nuli. Kada jedan interceptor ne radi, povećava



Slika 6. Pravilan rad sistema za UVP: a) aksijalna komponenta potiska; b) komponente potiska F_x i F_y i bočna upravljačka sila F_b ; c) momenti M_x , M_y i M_z ; d) pritisak u komori MRM

nema karakterističnog minimuma, sl.1.

Analizom vektora $[F_{OUT}]^{6 \times 1}$, pored pravilnog rada, identifikovani su i sledeći slučajevi otkaza sistema za UVP:

a) Jedan interceptor ne radi

Slučaj kada jedan interceptor, a povremeno i dva interceptora ne rade, prikazan je na sl.7. Ovaj otkaz se manifestuje smanjenjem efikasnosti sistema za UVP i generisanjem povećanog momenta M_z , oko uzdužne ose rakete, čiji smer zavisi od položaja interceptora u sistemu za UVP, sl.8.

Smanjenje efikasnosti sistema za UVP se može identifikovati praćenjem:

- minimalnih vrednosti "poremećenog" potiska, sl.7a,
- maksimalnih vrednosti rezultante bočne upravljačke sile F_b , sl.7b i
- maksimalnih vrednosti komponenti rezultujućeg momenta M_x i M_y , sl.7c.

Kada sistem za UVP ima smanjenu efikasnost, vrednost "poremećenog" potiska raste, a bočna upravljačka sila F_b i momenti M_x i M_y , opadaju.

Povećana vrednost momenta M_z se može objasniti imajući u vidu način rada sistema za UVP (koji je šematski prikazan na sl.8).

Kada sistem za UVP pravilno radi, momenat M_z je u granicama vrednosti od $\pm 1,5\text{Nm}$ i rezultat je različitih

se vrednost M_z .

U toku neparnih komandi (treći red u tabeli, sl.8), raketa rotira u smeru skazaljke na satu ako radi samo interceptor III u drugom paru, a suprotno skazaljki na satu ako radi samo interceptor I u prvom paru.

U toku parnih komandi (četvrti red, sl.8), raketa rotira u smeru skazaljke na satu ako radi samo interceptor II u prvom paru, a ako radi samo interceptor IV u drugom paru, raketa rotira suprotno skazaljki na satu.

Positivna vrednost M_z odgovara smeru skazaljke na satu, a negativna vrednost smeru suprotnom skazaljki na satu.

U nastavku se analizira slučaj prikazan na sl.7. Na sl.7a je prikazana aksijalna komponenta potiska i redni broj svake komande. Parne komande od 2 do 24 i neparne 1, 5, 23 i 29 su dobro izvršene.

Parne komande 26 i 28 i sve neparne komande, osim pomenutih, nisu dobro izvršene. U toku neparnih komandi 7 i 9 nisu radili interceptori I i III. Ovo se može konstatovati i sa sl.7b i sl.7c.

U toku neparnih komandi 3, 11, 13, 15, 17, 19 i 21 moment M_z ima povećanu vrednost od približno 6Nm, pošto jedan interceptor nije radio, sl.7d. Pošto je vrednost M_z pozitivna znači da je radio interceptor III, a interceptor I u prvom paru nije radio.

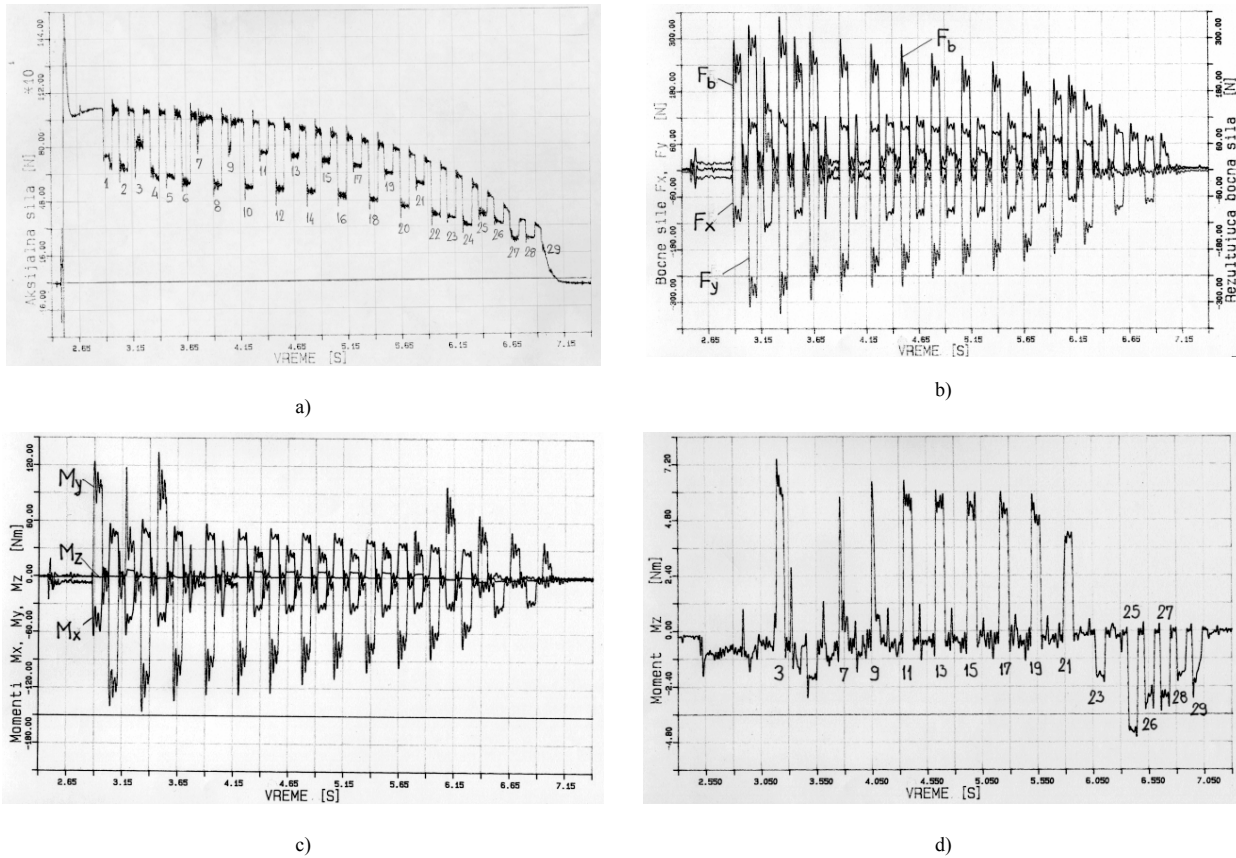
U toku neparnih komandi 25 i 27 moment M_z ima negativnu vrednost od približno -3,5Nm odnosno -3Nm,

sl.7d, što znači da je sada interceptor I u prvom paru radio, a interceptor III u drugom paru nije radio.

U toku parnih komandi 26 i 28 moment M_z ima negativnu vrednost od -3NM odnosno -2Nm, sl.7d, što

znači da je radio samo interceptor IV u drugom paru, a nije radio interceptor II u prvom paru.

Ove greške u radu sistema za UVP nastale su kao rezultat pregrevanja.



Slika 7. Jedan interceptor ne radi: aksijalna komponenta potiska F_z ; b) komponente potiska F_x, F_y i bočna upravljačka sila F_b ; c) momenti M_x, M_y i M_z , d) zumirani moment M_z

		KOMANDA		MAGNET	
		KANAL 1	KANAL 2	RADI	NE RADI
POLOŽAJ MEHANIČKA INELA					1 2 3 4
POLOŽAJ ELEKTRIČNA INELA		0	0	3 2	4 1
PRVI POLLOBRTI RAKETE		1	0	4 2	3 1
DRUGI POLLOBRTI RAKETE		0	1	3 1	4 2

Slika 8. Šematski prikaz rada sistema za UVP

a) Erozijski deflektor

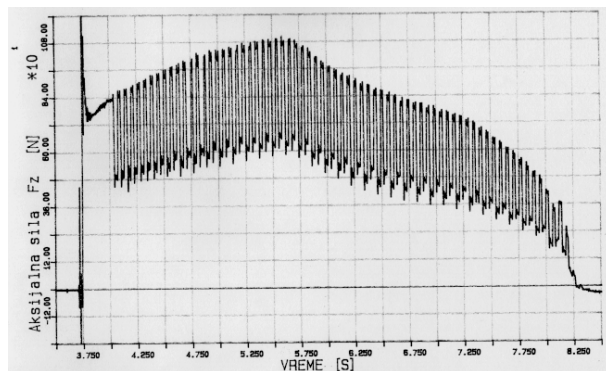
Ovo je veoma zanimljiv slučaj s aspekta dobijenih rezultata koji su na prvi pogled kontradiktorni.

"Poremećena" vrednost aksijalne komponente potiska F_z , sl.9a, prati po obliku "neporemećenu" vrednost. Uz male asimetrije, "poremećena" vrednost potiska, za neparne i parne komande, ima ujednačenu minimalnu vrednost. Od 17. komande bočna upravljačka sila, u toku neparne komandi, počinje da opada i doseže 50% svoje vrednosti koju ima u toku parnih komandi, sl. 9b. Kako je moguće da se vektor potiska skrene, aksijalna komponenta potiska pravilno opadne na svoju "poremećenu" vrednost, a bočna upravljačka sila koja se generiše u toku neparne komandi ima samo 50% vrednosti u odnosu na bočnu upravljačku silu u toku parne komandi?

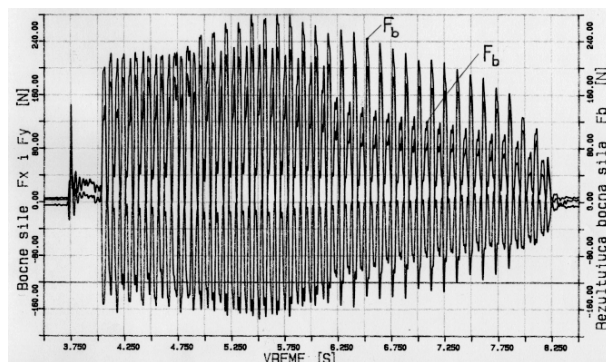
Da bi se ova pojava objasnila, mora se dobro poznavati način generisanja bočne sile kod sistema za UVP koji je u radu prikazan. Zasenčenjem mlaznice MRM interceptorima, skreću se mlazevi MRM, ali deo mlazeva prolazi između interceptora i izlaznog preseka mlaznica generišući bočnu silu suprotnog smera od željenog, smanjujući efikasnost sistema za UVP. Zato se postavljaju deflektori da prihvate ovaj deo mlazeva MRM i skrenu ih u pravcu isticanja produkata sagorevanja MRM kada sistem za UVP ne radi. Na taj način deflektori povećavaju efikasnost sistema za UVP neutrališući ovaj neželjeni efekat.

U prikazanom slučaju, sl.9, došlo je do erozije jedne strane jednog od deflektora, zbog čega je smanjena efikasnost sistema za UVP, na jednoj od mlaznica, u toku neparne komandi. Ova pojava je praćena povećanjem vrednosti momenta M_z i neželjenim uticajem na rotaciju

rakete.



a)



b)

Slika 9. Deflektor erodirao: a) aksijalna komponenta potiska F_z ; b) komponente potiska F_x i F_y i bočna upravljačka sila F_b

Rezultat ove analize je vrlo značajan jer ukazuje na važnost izbora i zaštite materijala od koga se deflektori izrađuju.

b) Slučajni otkazi

Ovaj slučaj je prikazan na sl.10, a značajan je zbog toga što se pogrešno izvršene komande često mogu pripisati sistemu za UVP, a da greška bude na drugom mestu u sistemu upravljanja raketom.

Na sl.10a je prikazana aksijalna komponenta potiska F_z i pogrešno izvršene komande od 1 do 8. Komanda 7 nije izvršena, a u ostalim slučajevima nije radio jedan interceptor. Posle analize prikazane u tački a) ovi se interceptori lako mogu indentifikovati.

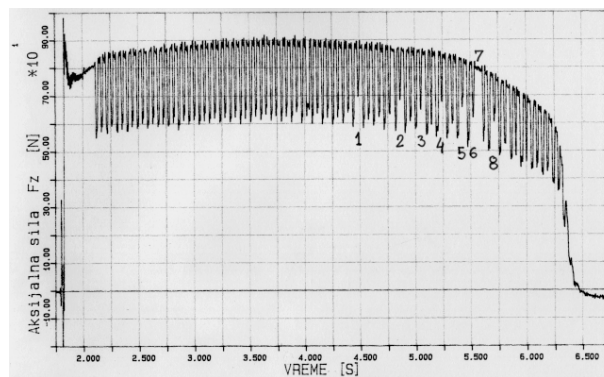
Posle upoređivanja zadatih komandi i odziva sistema za UVP, sl.10a, uočeno je da komanda 7 nije izvršena jer nije bilo komandnog signala na ulazu.

Na zumiranom signalu F_z , sl.10b, pored loše izvršene komande br.1, uočava se i određena asimetrija između neparanih i parnih izvršenih komandi. Posle analize je ustanovljeno da se i ovo može pripisati asimetriji komandnih signala na ulazu u sistem za UVP.

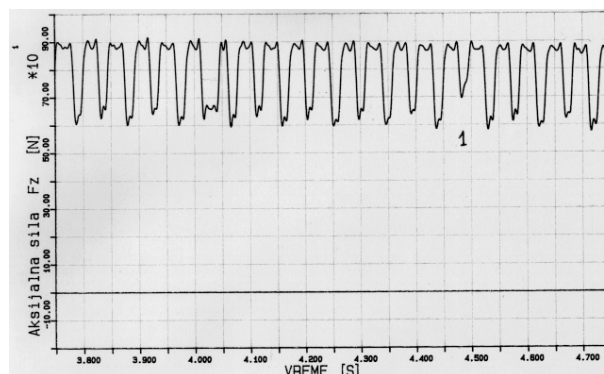
Zaključak

Osnovne dinamičke karakteristike sistema za UVP, brzina odziva i efikasnost, identifikovane su na osnovu izmerenih struja aktuatora i odziva opitnog stola sa šest stepeni slobode u toku rada sistema za UVP koji je izvršavao komande GIK-a.

Vreme kašnjenja početka odziva sistema za UVP iznosi



a)



b)

Slika 10. Slučajni otkazi: a) aksijalna komponenta potiska F_z , b) zumirani deo aksijalne komponente potiska F_z

$t_{k1} = 0,5$ ms, a vreme preleta interceptora između krajnjih položaja je $t_{k2} = 6,5$ ms, pri struji forsiranja preleta $I_a=7A$. Ukupno kašnjenje odziva sistema za UVP na signal komande iznosi $t_k = t_{k1} + t_{k2} = 7$ ms

Efikasnost sistema za UVP definiše se kao odnos bočne upravljačke sile koju generiše sistem za UVP i neporemećene aksijalne komponente potiska kada sistem za UVP ne bi radio i iznosi približno 32%.

U toku funkcionalnih ispitivanja sistema za UVP i merenja njegovih osnovnih dinamičkih karakteristika, uočeni su otkazi sistema koji se pouzdano mogu identifikovati na osnovu odziva opitnog stola sa šest stepeni slobode.

Uočeni su sledeći slučajevi nepravilnog rada sistema za UVP:

- jedan interceptor ne radi ,
- erozija deflektora i
- slučajni otkazi.

Ovi otkazi se identifikuju na osnovu smanjene efikasnosti sistema za UVP u toku rada i generisanja povećanog momenta M_z , oko uzdužne ose rakete, čiji smer zavisi od položaja interceptora u sistemu za UVP.

Literatura

- [1] KOBILAREV,M, BJELOGRLIĆ,Z. Identifikacija parametara snažnog sistema za upravljanje vektorom potiska protivoklopne rakete. *Naučnotehnički pregled*, 1999, vol.49, no.4, p.3-7.
- [2] KOBILAREV,M, LAZIĆ,R. Prilog upravljanju protivoklopnim raketama. *Naučnotehnički pregled*, 1998, vol. 48, no.1, p.17-23.
- [3] KOBILAREV,M. Realizacija i ispitivanje generatora impulsne

- komande protivoklopne rakete. *Naučnotehnički pregled*, 2000, vol.50, no.1, p.112-117.
- [4] LAZIĆ,R, PETRIĆ,A. Šestokomponentni opitni stolovi za ispitivanje raketnih motora. *Naučnotehnički pregled*, 1984, vol.34, no.6, p.3-11.
- [5] PETRIĆ,A, LAZIĆ,R. Primena savitljivih elemenata u ispitivanju raketnih motora. *Naučnotehnički pregled*, 1984, vol.34, no.2, p.19-28.
- [6] KOBILAREV,M. Metoda za određivanje realnih trenutnih vrednosti vektora potiska raketnog motora vodene rakete, na zemlji. *Naučnotehnički pregled*, 1989, vol.39, no.1, p.3-11.
- [7] STEFANOVIĆ,A. i dr. *Eksperimentalno istraživanje izvršnog elementa sistema za upravljanje vektorom potiska - interceptora*. Int. dok. VTI-03-01-0228, Beograd, 1991.

Rad primljen: 13.11.2000.god.