

## POJAM I SVRHA VOĐENJA RAKETE

Uticaji na smanjenu efikasnost rakete na cilju:

- rasturanje početnih parametara rakete pri lansiranju
- rasturanje trajektorije rakete
- kretanje cilja

*Aerodinamičke razlike civilnog aviona i vođenih raketa*

*Civilni avion*

- ekonomičan let pri jednoj brzini
- velika efikasnost krila što proizvodi veliku uzgonsku silu pri malom induktivnom otporu
- veoma tačni aerodinamički podaci za ograničen domen parametara leta
- maksimalno normalno opterećenje 2g

*Vođena raketa*

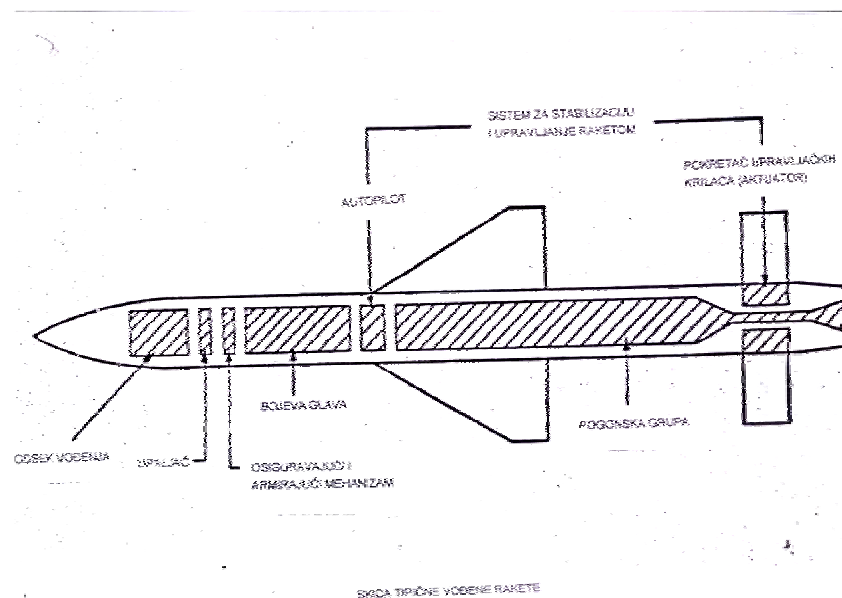
- velika manevarska sposobnost. za širok dijapazon brzina
- krstasta konfiguracija male vitkosti što proizvodi normalno ubrzanje u bilo kojoj ravni
- aerodinamički podaci se zahtevaju za širok dijapazon parametara leta (napadnog ugla i brzina)

### *Osnovna klasifikacija projektila*

- nevođeni projektil bez pogona (avionske bombe, artiljerijska zrna)
- nevođeni projektili sa pogonom (vazduhoplovne nevođene rakete, artiljerijske rakete, aktivno-reaktivni projektili)
- vođeni projektili bez pogona (pametne bombe, pametna municija)
- vođeni projektili sa pogonom (obuhvataju vođene rakete i predstavljaju najčešće upotrebljena vođena ubojna sredstva)

### *Podela vođenih ubojnih sredstava prema položaju lansirnog mesta i cilja*

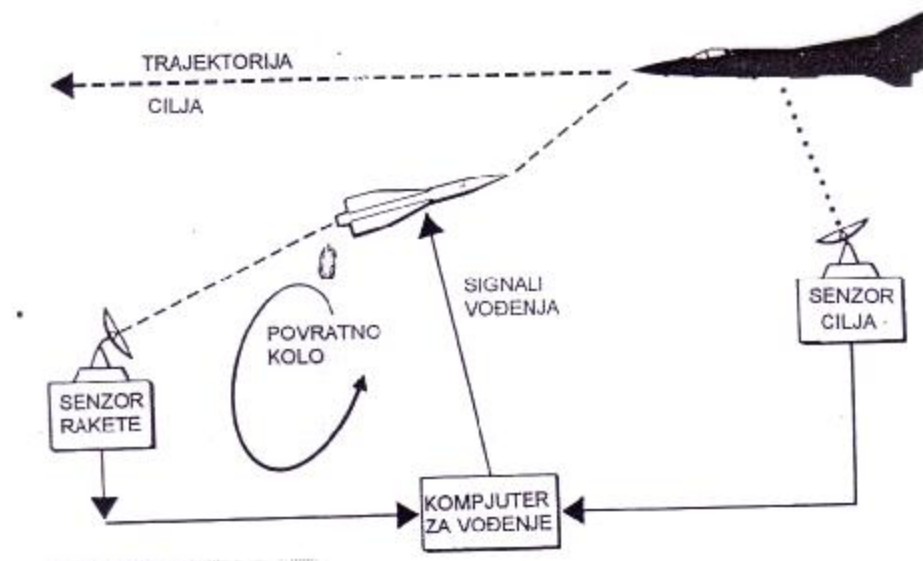
- sistemi vođenih raketa zemlja-zemlja (inercijalno vođenje TOČKA, protivoklopne vođene MILAN, HOT, TOW, rakete brod površina EXOCET)
- sistemi vođenih raketa zemlja-vazduh (RAPIER, HAWK, PATRIOT, STINGER, MISTRAL)
- sistemi vođenih raketa vazduh-zemlja (MAVERICK, HELL FIRE)
- sistemi vođenih raketa vazduh-vazduh (SPARROW, SIDEWINDER)
- sistemi površina podmornica
- sistemi podmornica površina (HARPOON)



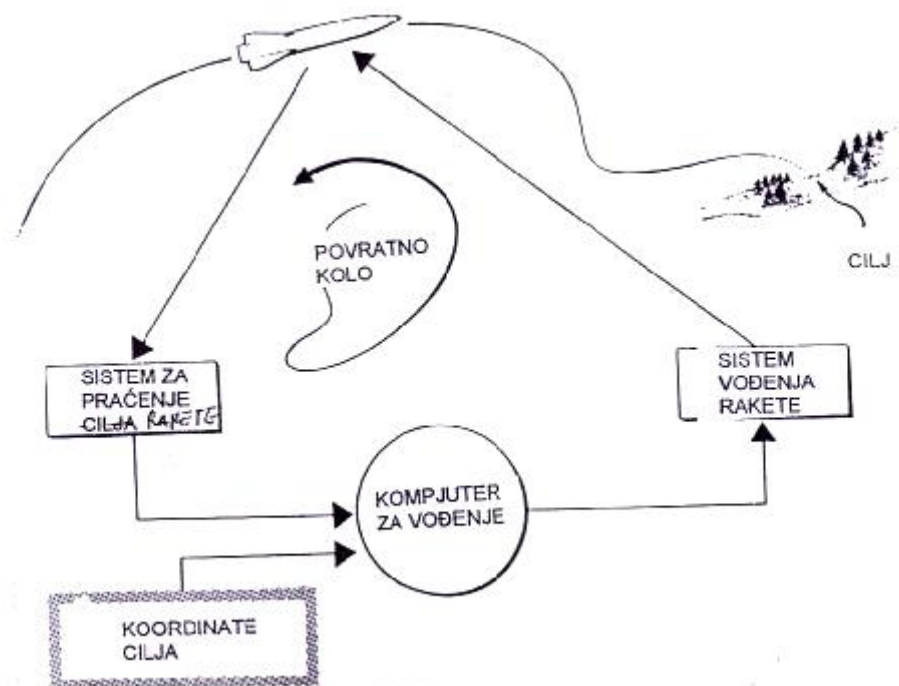
### Osnovne komponente vođenih raketa

- bojeva glava- osnovna namena svakog vođenog ubojnog sredstva jeste lansiranje bojeve glave u određenu tačku u prostoru. Tipovi bojeve glave: rušeća, parčadna, kumulativna, nuklearna...
- pogonska grupa – raketni motor (gorivo i oksidator ) ili vazdušno reaktivni motor
- sigurnosni i armirajući mehanizam – obično je elektromehaničkog tipa i namena mu je da spreči prevremenu detonaciju bojeve glave, obezbeđujući bezbednost u okolini lansirnog mesta
- sistem vođenja – osnovne funkcije su mu otkrivanje cilja, poređenje pozicije cilja i rakete, formiranje signala vođenja koji se šalju u sistem upravljanja
- sistem za stabilizaciju i upravljanje raketom – autopilot i aktuatori - prima signale od sistema vođenja i na osnovu njih otklanja upravljačke površine

## Sistemi vođenja rakete



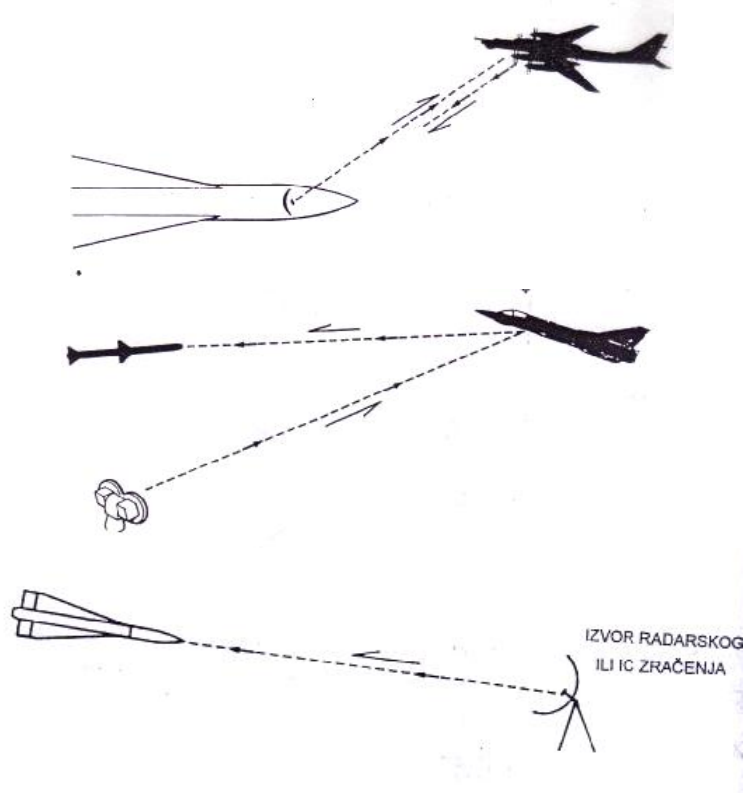
- vođenje na pokretan cilj



- vođenje na nepokretan cilj

### *Podjela sistema vođenih raketa prema metodu vođenja*

- sistemi samonavođenih raketa – aktivno, poluaktivno i pasivno navođenje



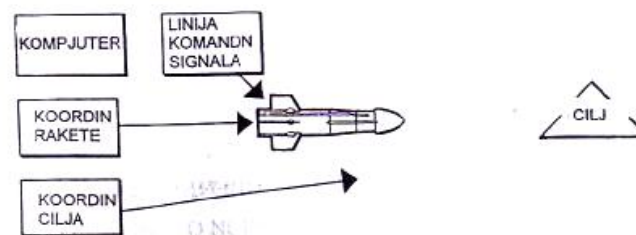
- sistemi vođenja rakete po metodi pokrivanja cilja – vođenje po snopu, komandno vođenje



A – KOMANDNI SISTEM VOĐENJA RAKETE

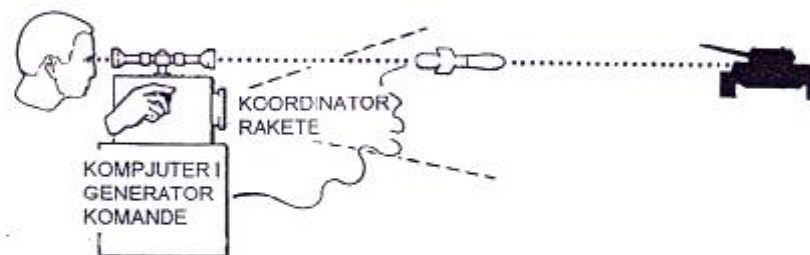


B – VOĐENJE RAKETE PO SNOPU

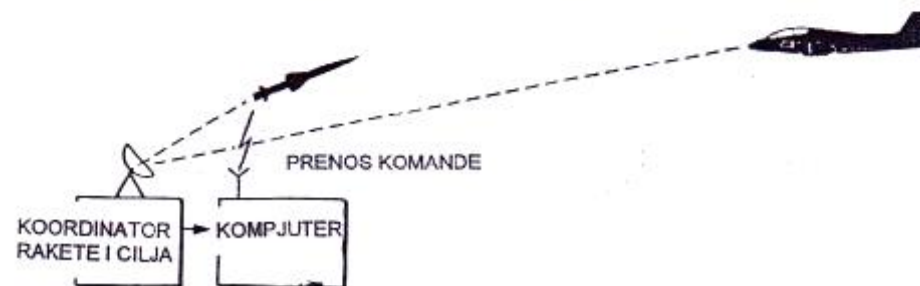




A – RUČNI KOMANDNI SISTEM VOĐENJA RAKETE



B – POLUAUTOMATSKI SISTEM VOĐENJA RAKETE



C – AUTOMATSKI SISTEM VOĐENJA RAKETE

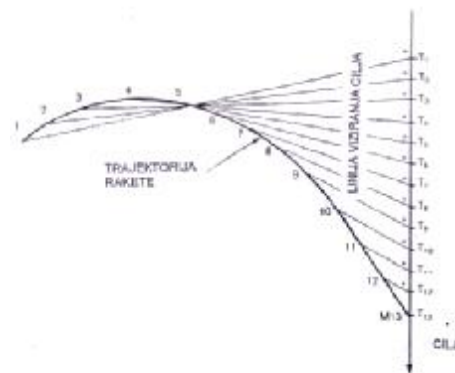
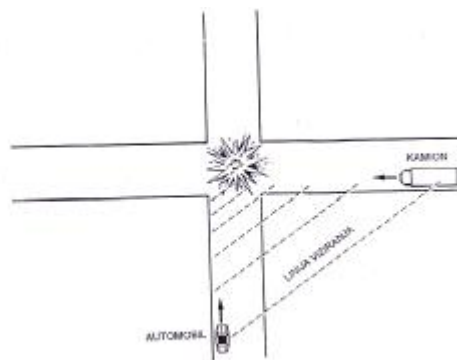


- sistemi inercijalnog vođenja – žirostabilisana platforma i besplatformni sistemi

#### *Osnovni tipovi trajektorija vođenih raketa*

- pravolinijska trajektorija- retko se primenjuje
- proporcionalna navigacija
- metoda pokrivanja cilja- 3 tačke, kod raketa sa komandnim vođenjem i vođenjem po snopu
- programirana putanja sa korekcijama u kontrolnim tačkama krstareće rakete
- balistička putanja – inercijalno vođenje, zemlja-zemlja

## PROPORCIONALNA NAVIGACIJA



$f = K \dot{\lambda}$  - zakon proporcionalnog vođenja

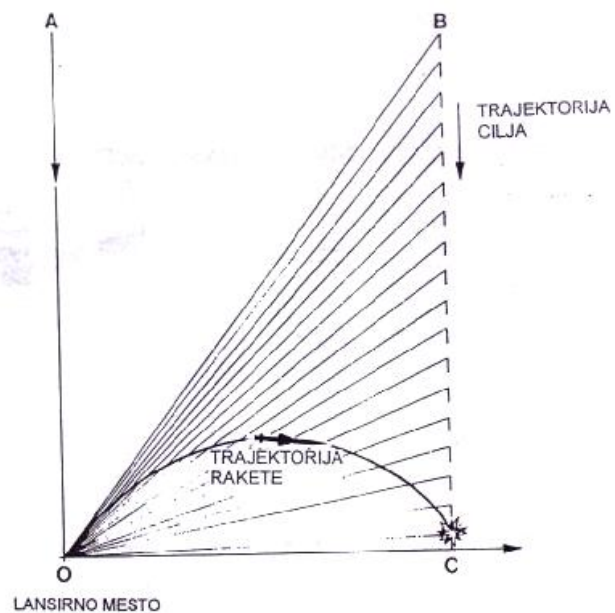
$f$  - normalno ubrzanje

$\dot{\lambda}$  - ugaona brzina linije viziranja cilja

Osnovne karakteristike:

- početni deo trajektorije je jako zakrivljen (veliko normalno ubrzanje)
- završni deo trajektorije je prava linija

## METODA POKRIVANJA CILJA



Osnovne karakteristike:

- raketa je uvek na liniji viziranja cilja
- početni deo trajektorije je prava linija
- završni deo trajektorije je zakrivljen (veliko normalno ubrzanje)

## METODA INERCIJALNE NAVIGACIJE

Raketa poseduje senzore i kompjuter kojima određuje u toku leta poziciju u prostoru.

Pre lansiranja u kompjuter se unose

- koordinate lansirnog mesta i cilja
- željena trajektorija

Stvarna trajektorija određuje se pomoću kompjutera na osnovu signala sa akcelerometara i žiroskopa u inercijalnom koordinatnom sistemu.

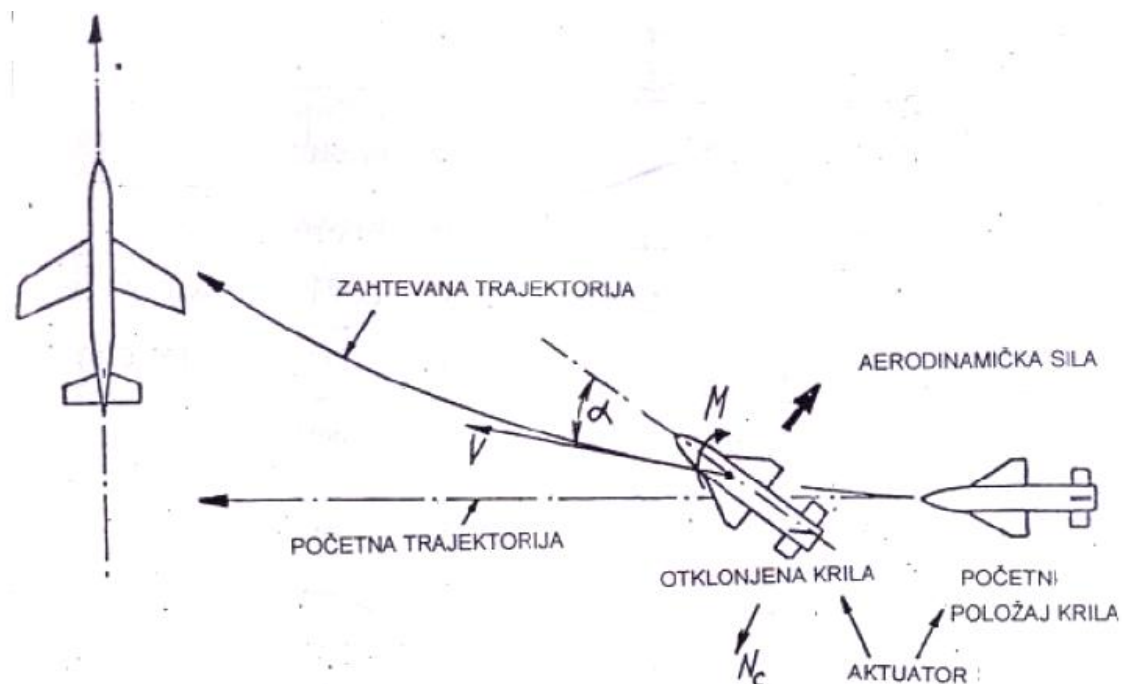
Karakteristike sistema sa žirostabilisanom platformom

- platforma je postavljena na ležišta visokog kvaliteta
- složen elektromehanički sistem
- relativno jednostavan kompjuter
- skuplji i stariji sistem

Karakteristike besplatformnog sistema

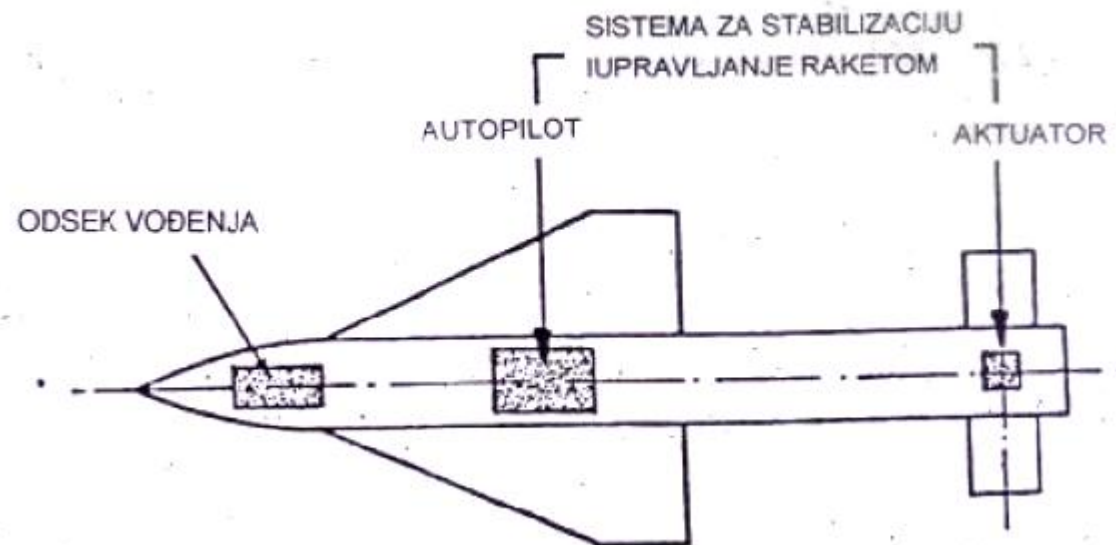
- akcelerometri su čvrsto vezani za telo rakete u dinamičkom k.sis.
- brzinski žiroskopi takođe mere u dinamičkom k.sis.
- integracija koja zahteva složeniji računar i veće procesorske brzine
- jednostavniji elektromehanički sistem
- savremeniji i jeftiniji sistem

## METODE UPRAVLJANJA RAKETOM



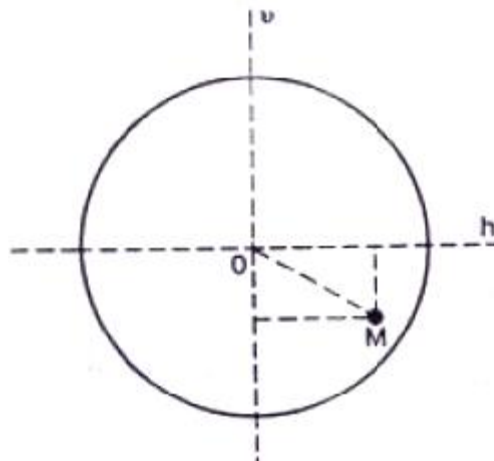
Osnovni zadatak sistema upravljanja: postići željenu trajektoriju otklonima upravljačkih površina. Da bi se postigla željena aerodinamička sila, potrebno je:

- otkloniti upravljačke površine koje proizvode upravljačku silu i moment oko C.G.
- postaviti raketu na određeni napadni ugao koji proizvodi aerodinamičku silu

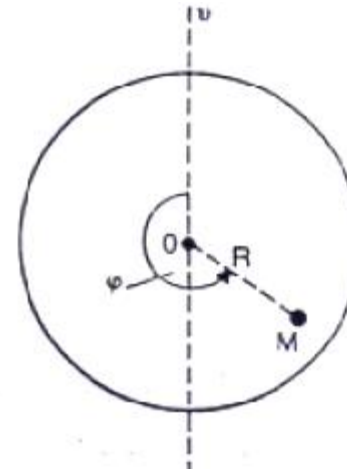


Sistem za stabilizaciju i upravljanje raketom čine:

- autopilot (žiroskopi, akcelerometri i drugi senzori)
- pokretač upravljačkih površina- aktuator
- upravljačke površine



Dekartovo upravljanje

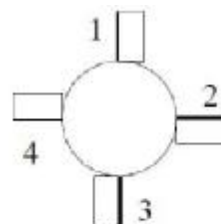
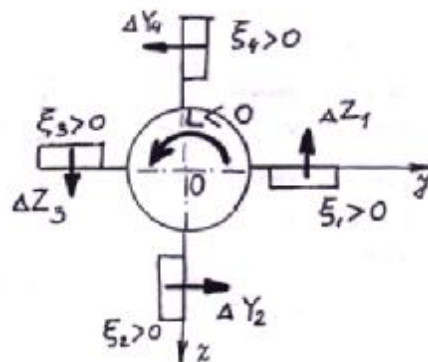


Polarno upravljanje

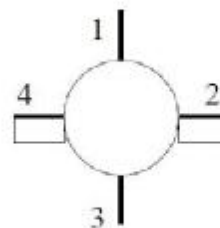
Zahtevi u projektovanju sistema upravljanja raketom:

- postići željenu komandu po intenzitetu i pravcu
- postići željeni ugao ili ugaonu brzinu valjanja
- kompenzovati sile u smeru suprotnom od željenog
- ulazi u autopilot treba da su sinhroni sa signalima vođenja
- postići linearnu karakteristiku- sila- otklon upravljačkih površina
- minimalan utrošak energije, minimalan šarnirni moment
- obezbediti minimalni otpor i minimalnu promenu centra delovanja sile usled otklon upravljačkih površina

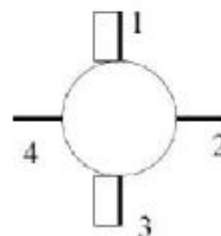
## DEFINICIJA ZNAKA OTKLONA UPRAVLJAČKIH POVRŠINA



$$\delta_a = (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4) / 4$$



$$\delta_e = (\delta_2 - \delta_4) / 2$$



$$\delta_r = (-\delta_1 + \delta_3) / 2$$

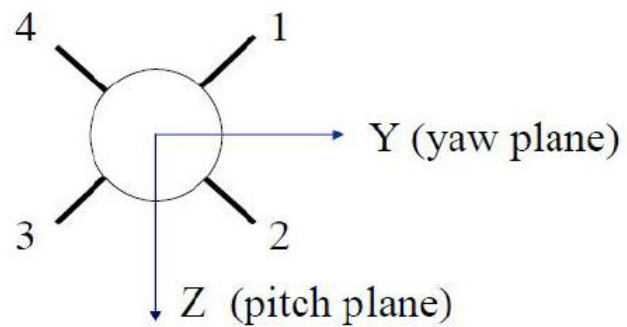


$$\delta 1 = \delta a - \delta r$$

$$\delta 2 = \delta a + \delta e$$

$$\delta 3 = \delta a + \delta r$$

$$\delta 4 = \delta a - \delta e$$



$$\delta a = (\delta 1 + \delta 2 + \delta 3 + \delta 4) / 4$$

$$\delta e = (\delta 1 + \delta 2 - \delta 3 - \delta 4) / 4$$

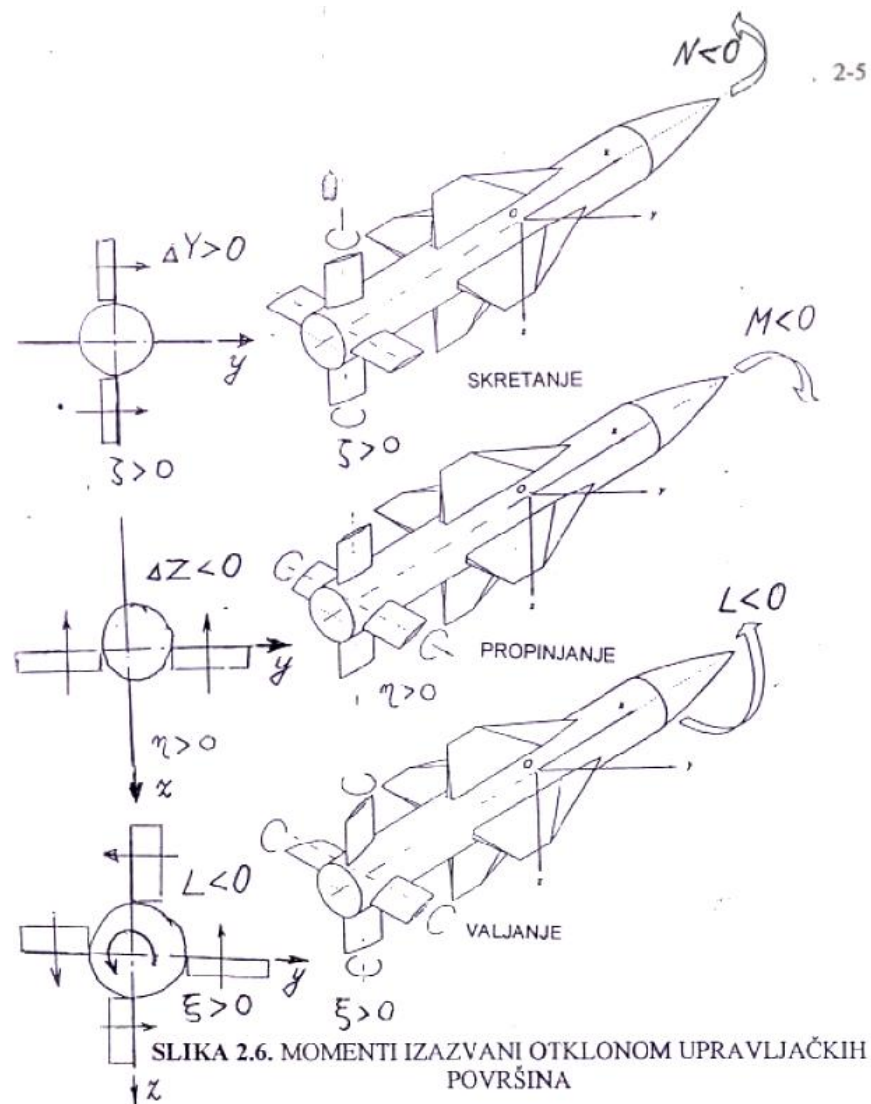
$$\delta r = (-\delta 1 + \delta 2 + \delta 3 - \delta 4) / 4$$

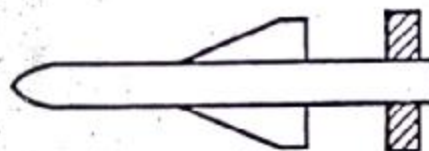
$$\delta 1 = \delta a + \delta e - \delta r$$

$$\delta 2 = \delta a + \delta e + \delta r$$

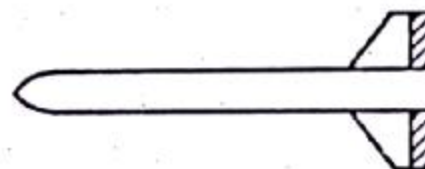
$$\delta 3 = \delta a - \delta e + \delta r$$

$$\delta 4 = \delta a - \delta e - \delta r$$

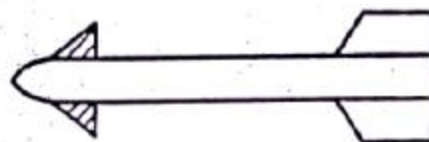




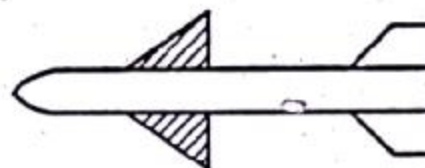
NORMALNA ŠEMA



ŠEMA SA ZAKRILCIMA (FLAPSOVIMA)

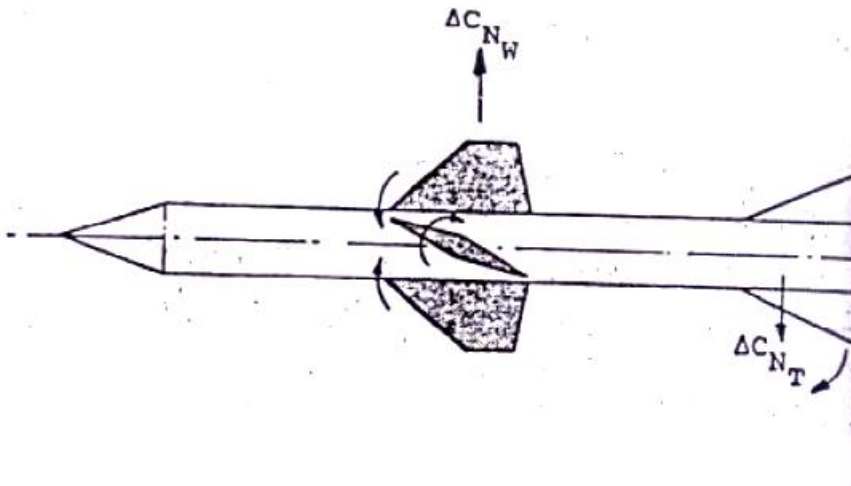


ŠEMA "PATKA"



ŠEMA OBRITNA KRILA

## AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA OBRTNA KRILA



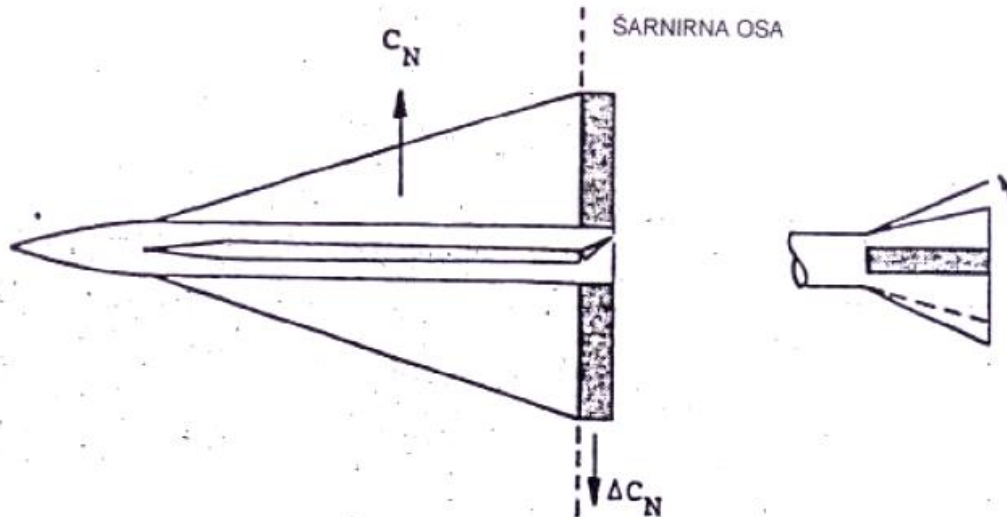
### Prednosti:

- brz odgovor (sila na stabilizatoru potpomaže rotaciju rakete)
- mala vrednost napadnog ugla- pogodna za konfiguracije sa vazdušno reaktivnim motorem

### Nedostaci:

- mala efikasnost upravljanja
- veliki šarnirni moment
- suprotan moment valjanja
- nelinearna aerodinamika

## AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA SA ZAKRILCIMA- FLAPSOVIMA



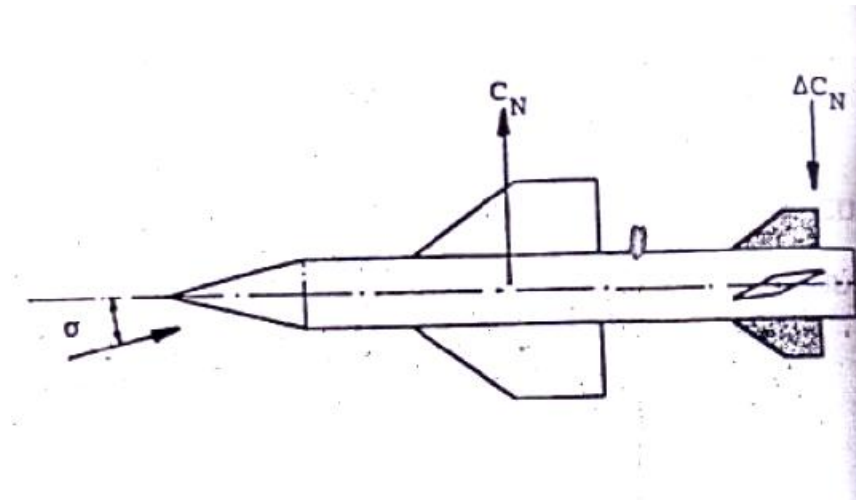
Prednosti:

- odsustvo dodatnih površina za upravljanje
- dobra upravljivost po propinjanju i skretanju (leva slika) i po valjanju (desna)

Nedostaci:

- kritičan smeštaj krila
- veliki šarnirni moment
- zahteva se deblje krilo za smeštaj aktuatora

## AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA TIPA NORMALNA ŠEMA



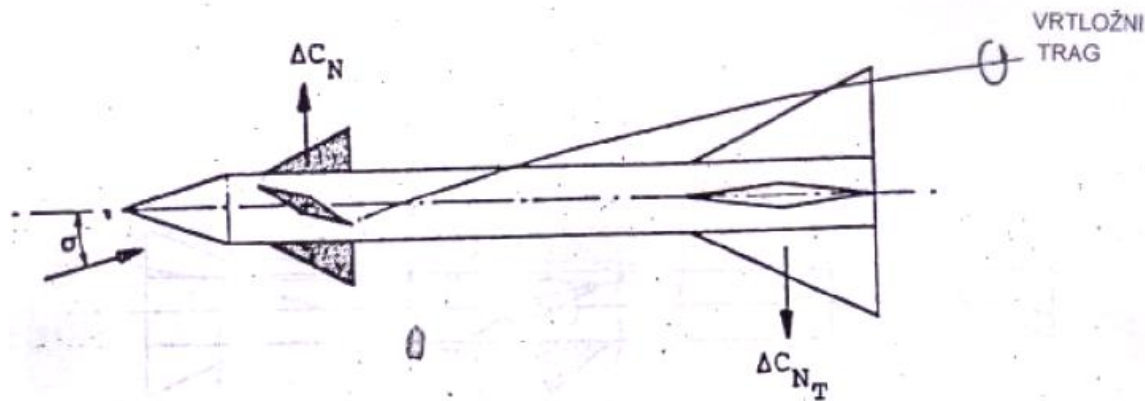
### Prednosti:

- velika efikasnost upravljačkih površina
- mali šarnirni moment
- linearna aerodinamika

### Nedostaci:

- spor odgovor rakete
- nepovoljna ugradnja aktuatora
- velika promena centra delovanja sile
- uslovi za stabilizaciju valjanja mogu biti ograničeni

## AERODINAMIČKA KONFIGURACIJA TIPA „PATKA“



### Prednosti:

- visoka efikasnost upravljanja
- brz odgovor rakete
- povoljni uslovi za ugradnju
- mala vrednost šarnirnog momenta

### Nedostaci:

- otežana stabilizacija valjanja
- stvaranje sile izvan ravni upravljanja
- velika vrednost momenta savijanja tela rakete
- aerodinamički otpor
- nelinearna aerodinamika