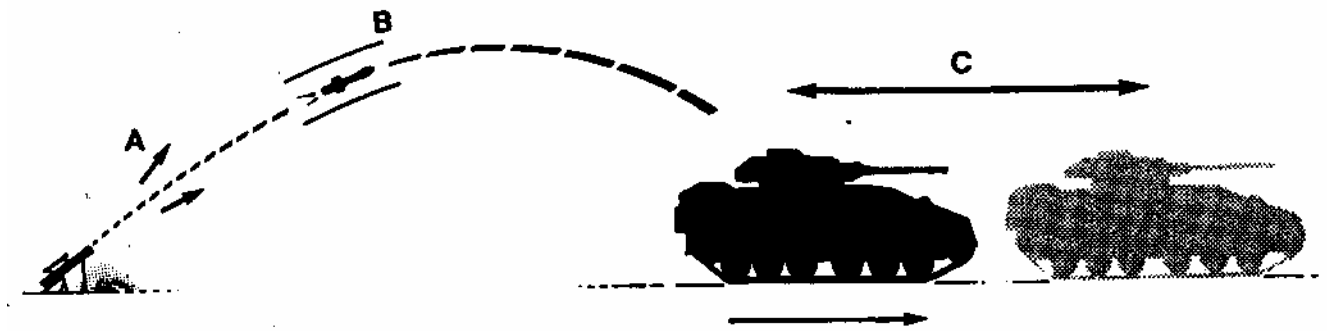


GLAVA I

UVOD: POJAM I SVRHA VOĐENJA RAKETE

Osnovni parametri koji utiču na rasturanje rakete. Povratno kolo kod sistema vođene rakete. Aerodinamičke razlike raketa i aviona kao objekata upravljanja. Klasifikacija projektila. Osnovne komponente vođene rakete. Podela sistema vođenih raketa: sistemi vođenja na nepokretni i pokretni cilj. Sistemi samonavođenih raketa. Sistemi vođenja raketa metodom pokrivanja cilja. Inercijalni sistemi vođenih raketa. Osnovni tipovi putanja kod vođenih raketa: kinematika vođenja metodom "tri tačke" i proporcionalnom navigacijom. Realizacija inercijalnog vođenja pomoću žirostabilisane platforme i platforme čvrsto vezane za telo rakete. Primeri konstrukcionih rešenja vođenih raketa: HELLFIRE, AS.30 LASER, MAVERICK, BLOODHOUND, SEA DART, MAGIC 2, PATRIOT, ASPIDE, AMRAAM.

1. UVOD: POJAM I SVRHA VOĐENJA RAKETA



SLIKA 1.1 LET NEVOĐENOG PROJEKTILA

A. RASTURANJE POČETNIH PARAMETARA
RAKETE PRI NJENOM LANSIRANJU

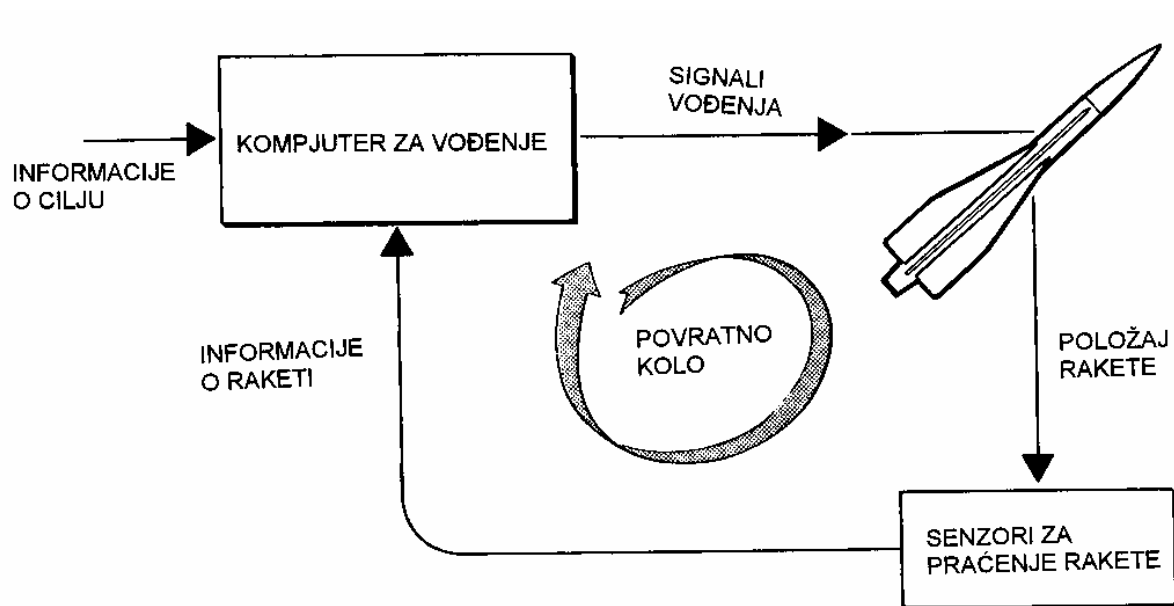
B. RASTURANJE TRAJEKTORIJA ZBOG
POREMAĆAJA U LETU

C. KRETANJE CILJA

A, B, C UTIČU NA MALU EFIKASNOST RAKETE NA CILJU.

DA BI SE POBOLJŠALA VEROVATNOĆA POGAĐANJA CILJA JEDNIM
HICEM, KORISTI SE SISTEM VOĐENJA I UPRAVLJANJA RAKETOM.

GLAVA I

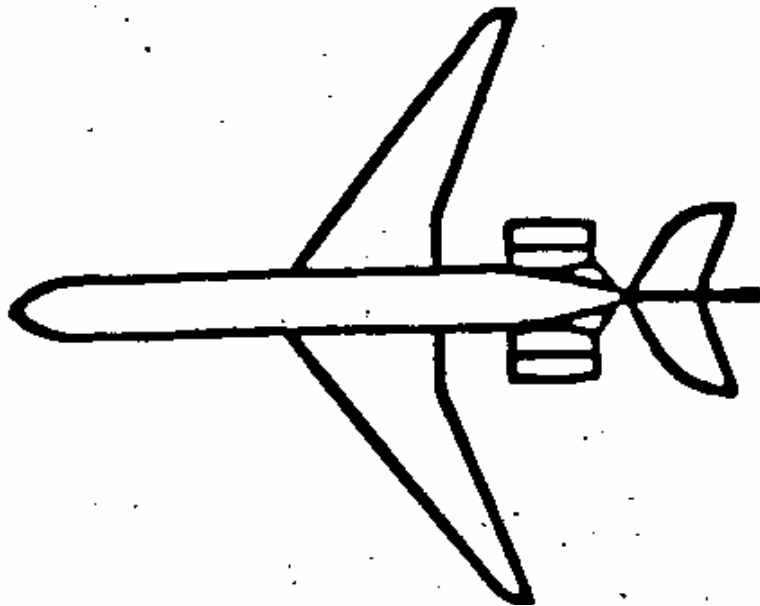


SLIKA 1.2 POVRATNO KOLO KOD SISTEMA VOĐENJE RAKETE

ZATVOREN SISTEM AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA: POVRATNO KOLO JE KARAKTERISTIKA SVAKOG SISTEMA VOĐENE RAKETE.

GLAVA I

AERODINAMIČKE RAZLIKE CIVILNIH AVIONA I VODJENIH RAKETA:



SLIKA 1.3 KONFIGURACIJA CIVILNOG AVIONA

1. EKONOMIČAN LET PRI JEDNOJ BRZINI
2. VELIKA VITKOST KRILA KOJA PROIZVODI VELIKU UZGONSKU SILU PRI MALOM INDUKTIVNOM OTPORU
3. VEOMA TAČNI AERODINAMIČKI PODACI ZA OGRANIČEN DOMEN PARAMETARA LETA
4. MAKSIMALNO NORMALNO OPTEREĆENJE: ~ 2 g

GLAVA I



SLIKA 1.4 KONFIGURACIJA SUPERSONIČNE RAKETE

1. VELIKA MANEVARSKA SPOSOBNOST ZA ŠIROK DIJAPAZON BRZINA
2. KRSTASTA KONFIGURACIJA KRILA MALE VITKOSTI KOJA PROIZVODI NORMALNO UBRZANJE U PROIZVILJNOJ RAVNI
3. AERODINAMIČKI PODACI SE ZAHTEVAJU ZA ŠIROK DIJAPAZON PARAMETARA LETA (NAPADNOG UGLA I BRZINA)
4. MAKSIMALNO NORMALNO OPTEREĆENJE: 30 - 40 g

GLAVA I

OSNOVNA KLASIFIKACIJA PROJEKTILA

- A. NEVOĐENI PROJEKTILI BEZ POGONA
(AVIONSKE BOMBE, ARTILJERIJSKA ZRNA)

- B. NEVOĐENI PROJEKTILI SA POGONOM
(VAZDUHOPLOVNE NEVOĐENE RAKETE,
ARTILJERIJSKE RAKETE, AKTIVNO-REAKTIVNI
PROJEKTILI)

- C. VOĐENI PROJEKTILI BEZ POGONA (PAMETNE
BOMBE, PAMETNA MUNICIJA)

- D. VOĐENI PROJEKTILI SA POGONOM

GRUPA D OBUHVATA VOĐENE RAKETE I PREDSTAVLJA
NAJČEŠĆE KORIŠĆENA UBOJNA SREDSTVA.

GLAVA I

DALJA PODELA VOĐENIH UBOJNIH SREDSTAVA VRŠI SE PREMA POLOŽAJU LANSIRNOG MESTA I CILJA:

1. SISTEMI VOĐENIH RAKETA ZEMLJA-ZEMLJA

- RAKETE Z - Z KOJE IMAJU INERCIJALNO VOĐENJE (LANCE, TOČKA, ...)
- PROTIVOKLOPNE VOĐENE RAKETE (MILAN, HOT, TOW)
- RAKETE BROD-POVRŠINA (EXOCET)

2. SISTEMI VOĐENIH RAKETA ZEMLJA-VAZDUH (RAPIER, HAWK, PATRIOT, STINGER, MISTRAL)

3. SISTEMI VOĐENIH RAKETA VAZDUH-ZEMLJA (MAVERICK, HELLFIRE)

4. SISTEMI VOĐENIH RAKETA VAZDUH-VAZDUH (SPARROW, SIDEWINDER)

5. SISTEMI POVRŠINA-PODMORNICA (LANSIRAJU SE OBIČNO SA BRODA PROTIV PODMORNICA)

6. SISTEMI PODMORNICA-POVRŠINA (LANSIRAJU SE SA PODMORNICE PROTIV POVRŠINSKIH CILJEVA, TJ., BRODOVA (HARPOON)

GLAVA I

OSNOVNE KOMPONENTE RAKETA

1. **BOJEVA GLAVA (BG):** OSNOVNA NAMENA SVAKOG VOĐENOG UBOJNOG SREDSTVA JESTE LANSIRANJE BOJEVE GLAVE U ODREĐENU TAČKU U PROSTORU. TIPOVI BOJEVE GLAVE: RUŠEĆA, PARČADNA, KUMULATIVNA, NUKLEARNA, ...

VITKOST BG: $\lambda = l/d = 1 - 2$

2. **POGONSKA GRUPA:**

- RAKETNI MOTOR (SADRŽI ISTOVREMENO I GORIVO I OKSIDATOR)
- VAZDUŠNO REAKTIVNI MOTOR (SADRŽI SAMO GORIVO)

3. **SIGURNOSNI I ARMIRAJUĆI MEHANIZAM:** OBIČNO JE ELEKTROMEHANIČKOG TIPA I NAMENA MU JE DA SPREČI PREVREMENU DETONACIJU BOJEVE GLAVE OBEZBEĐUJUĆI SIGURNOST U OKOLINI LANSIRNOG MESTA.

4. **SISTEM VOĐENJA:** NAJSLOŽENIJI I JEDAN OD NAJSKUPLJIH DELOVA RAKETE.

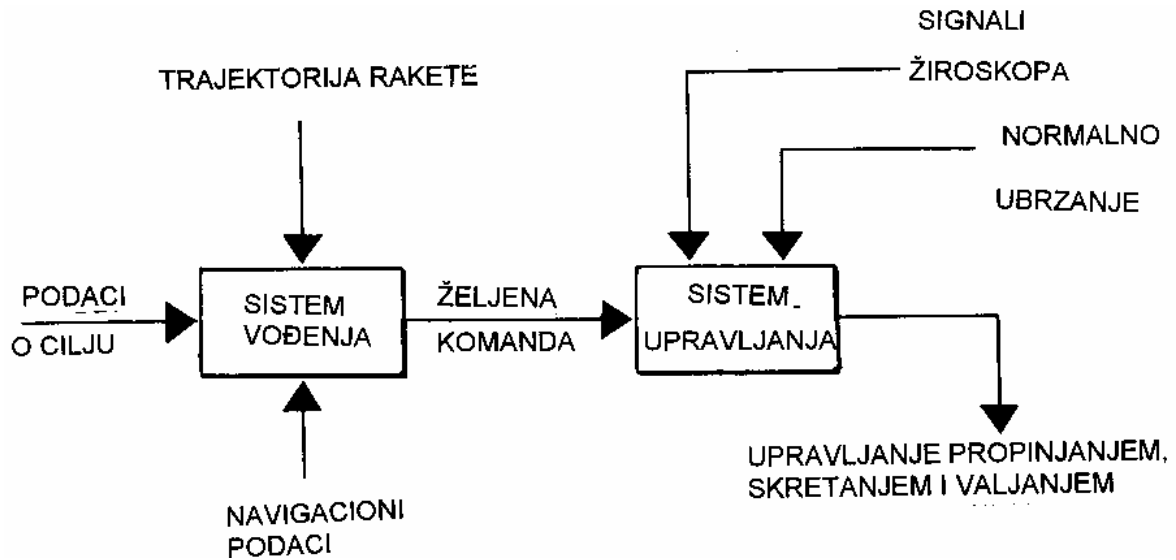
OSNOVNE FUNKCIJE:

- OTKRIVANJE CILJA
- POREĐENJE POZICIJE CILJA I RAKETE
- FORMIRANJE SIGNALA VOĐENJA KOJI SE ŠALJU U SISTEM UPRAVLJANJA

KONSTRUKCIJA VOĐENE RAKETE OBIČNO POČINJE OD SISTEMA VOĐENJA.

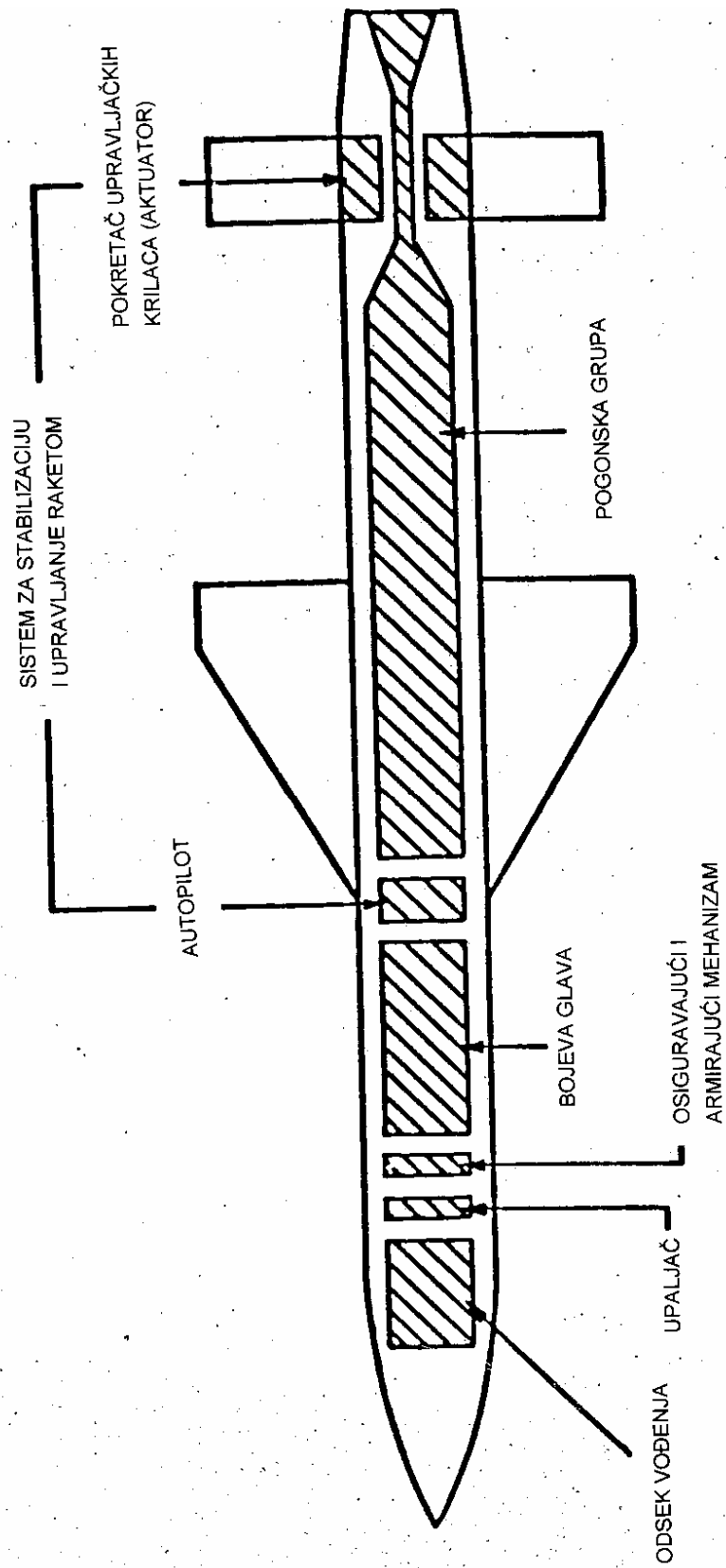
GLAVA I

5. SISTEM ZA STABILIZACIJU I UPRAVLJANJE RAKRTOM (AUTOPILOT + AKTUATOR): PRIMA SIGNALE VOĐENJA I PRETVARA IH U OTKLONE UPRAVLJAČKIH KRILA.



SLIKA 1.6 VEZA IZMEĐU SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I SISTEMA ZA VOĐENJE RAKETE

GLAVA I



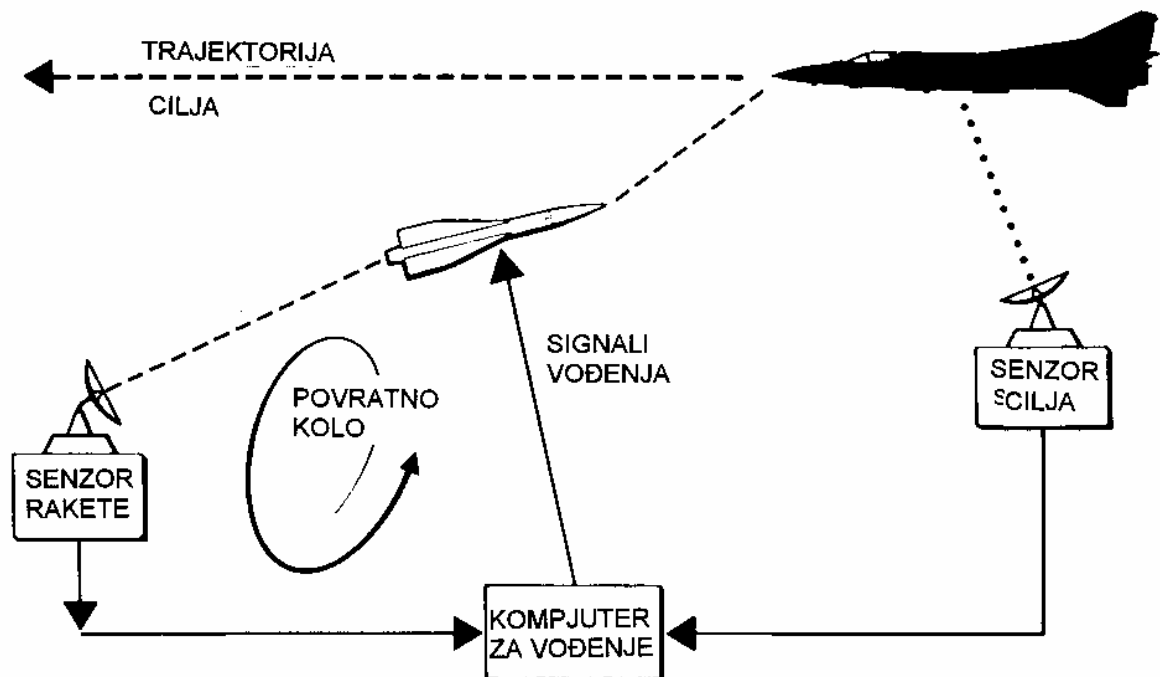
SLIKA 1.5 SKICA TIPIČNE VOĐENE RAKETE

SISTEMI VOĐENJA RAKETE

POSTOJE DVA OSNOVNA TIPRA SISTEMA VOĐENJA RAKETE:

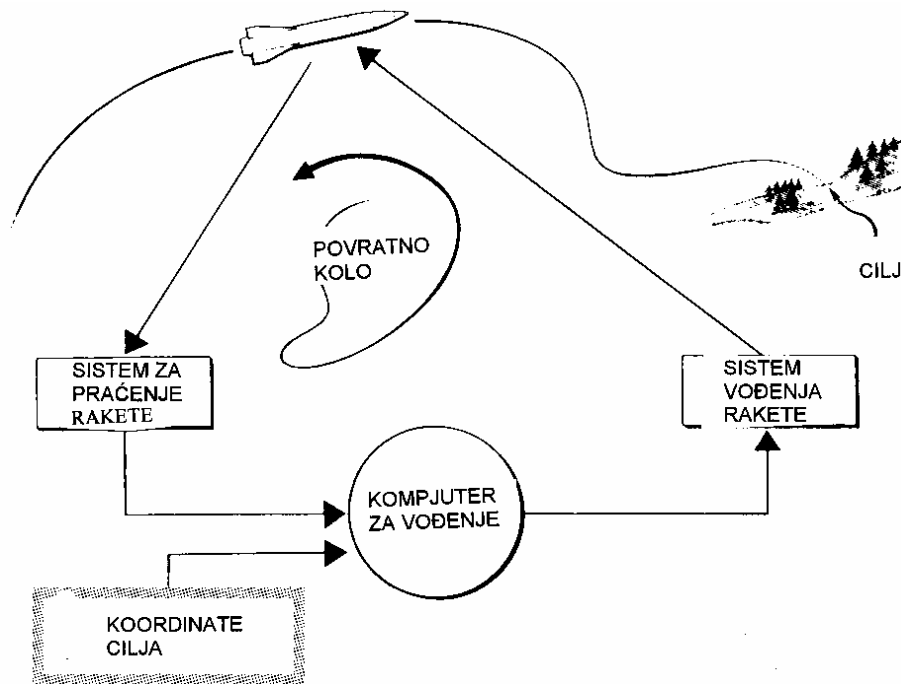
A. SISTEMI VOĐENJA RAKETE NA POKRETNII CILJ

B. SISTEMI VOĐENJA RAKETE NA NEPOKRETNII CILJ



SLIKA 1.7 VOĐENJE RAKETE NA POKRETNII CILJ

GLAVA I



SLIKA 1.8 VOĐENJE RAKETE NA NEPOKRETNI CILJ

PODELA SISTEMA VOĐENIH RAKETA PREMA METODI VOĐENJA

1. SISTEMI SAMONAVOĐENIH RAKETA:

- AKTIVNO SAMONAVOĐENJE
- POLUAKTIVNO SAMONAVOĐENJE
- PASIVNO SAMONAVOĐENJE

2. SISTEMI VOĐENJA RAKETA PO METODI POKRIVANJA CILJA:

- VOĐENJE PO SNOPU
- KOMANDNO VOĐENJE

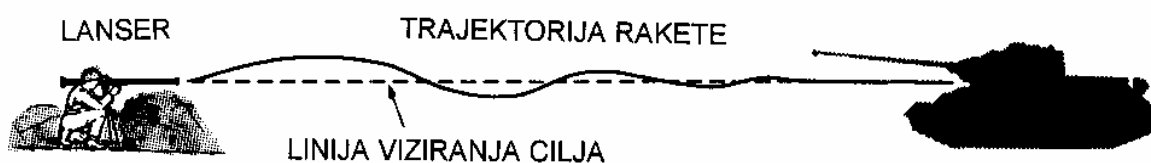
3. SISTEMI INERCIJALNOG VOĐENJA

- SISTEMI SA ŽIROSTABILISANOM PLATFORMOM
- BESPLATFORMNI SISTEMI INERCIJALNOG VOĐENJA

GLAVA I

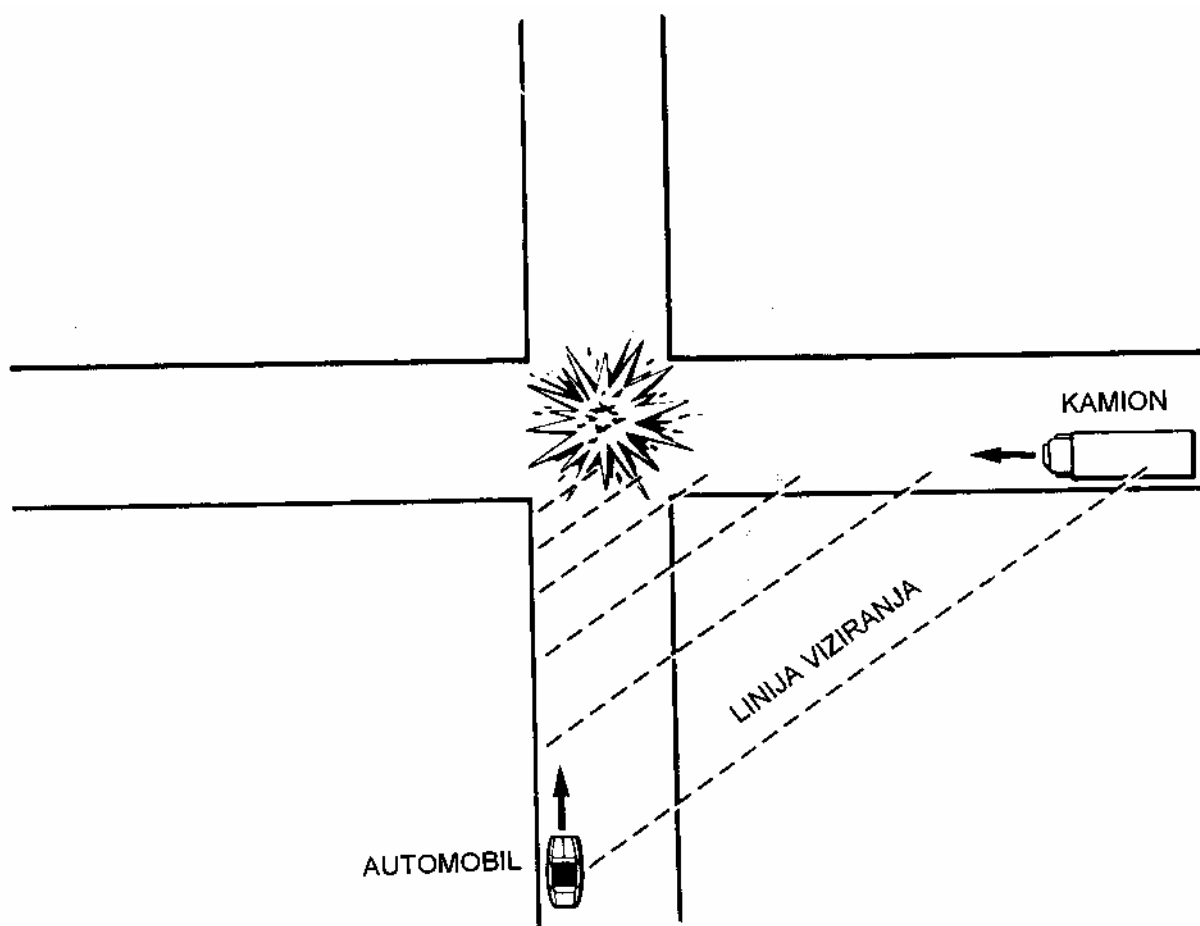
OSNOVNI TIPOVI TRAJEKTORIJA KOD VOĐENIH RAKETA

1. PRAVOLINIJSKA TRAJEKTORIJA (RETKO SE PRIMENJUJE KOD VOĐENIH RAKETA)
2. PROPORCIONALNO VOĐENJE ILI PROPORCIONALNA NAVIGACIJA
3. METODA POKRIVANJA CILJA (METODA TRI TAČKE): PRIMENJUJE SE KOD RAKETA SA KOMANDNIM VOĐENJEM I VOĐENJEM PO SNOPU
4. PROGRAMSKA PUTANJA SA KOREKCIJAMA U KONTROLNIM TAČKAMA KAO KOD KRSTAREĆIH RAKETA
5. BALISTIČKA PUTANJA: PRIMENJUJE SE KOD INERCIJALNO VOĐENIH RAKETA Z-Z



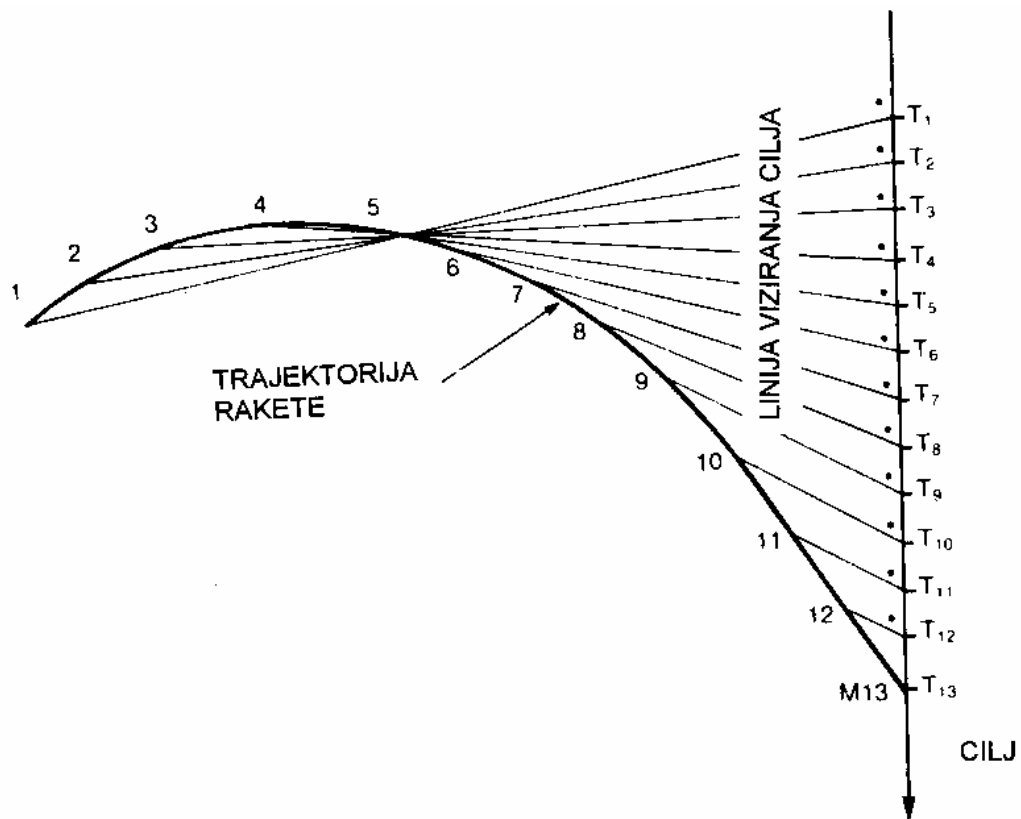
SLIKA 1.9 PRAVOLINIJSKA PUTANJA

GLAVA I



SLIKA 1.10 PRINCIP PROPORCIONALNE NAVIGACIJE

GLAVA I



SLIKA 1.11 KINEMATIKA PROPORCIONALNOG VOĐENJA

ZAKON PROPORCIONALNOG VOĐENJA:

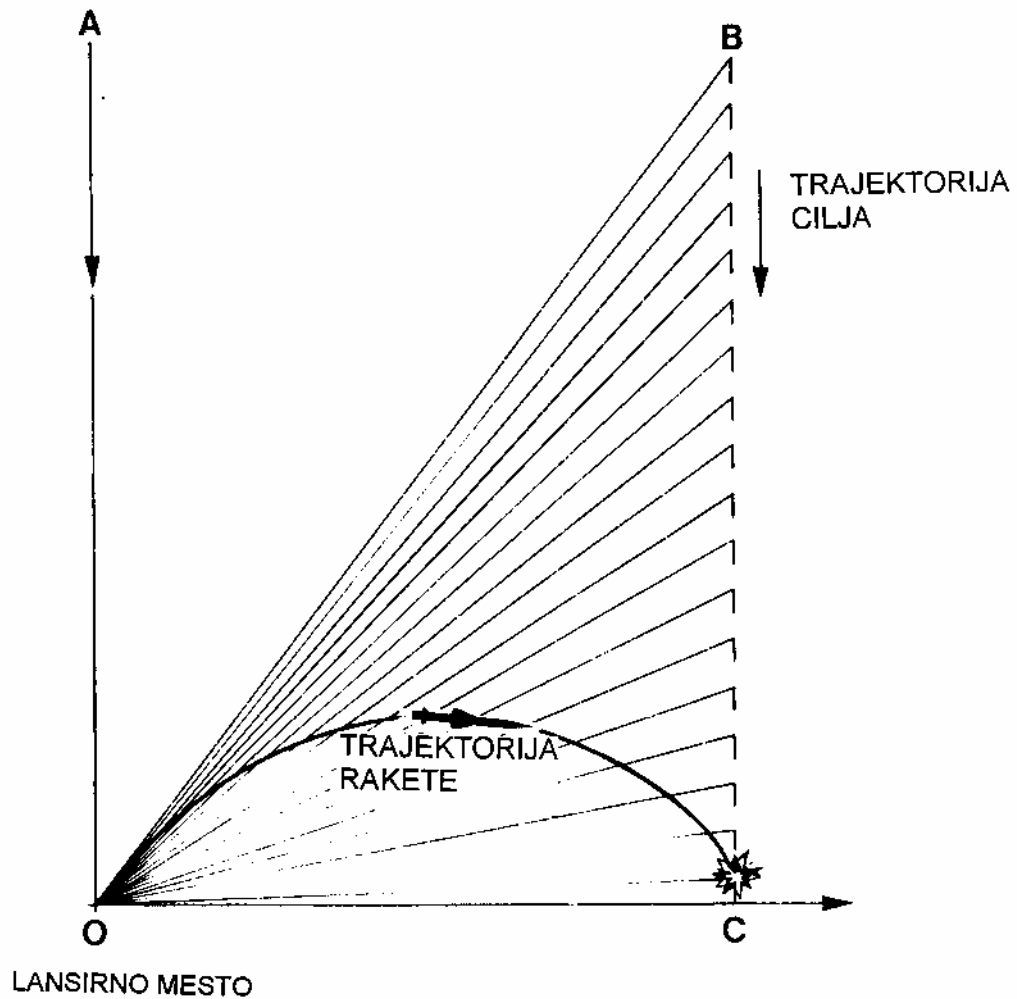
$$f = K\dot{\phi}$$

- f - NORMALNO UBRZANJE RAKETE
 $\dot{\phi}$ - UGAONA BRZINA LINIJE VIZIRANJA CILJA
 K - KONSTANTA PROPORCIONALNOG VOĐENJA

KARAKTERISTIKE PROPORCIONALNOG VOĐENJA:

- POČETNI DEO TRAJEKTORIJE JE JAKO ZAKRIVLJEN (VELIKO NORMALNO UBRZANJE)
- ZAVRŠNI DEO TRAJEKTORIJE JE PRAVA LINIJA ($f = 0$)

GLAVA I

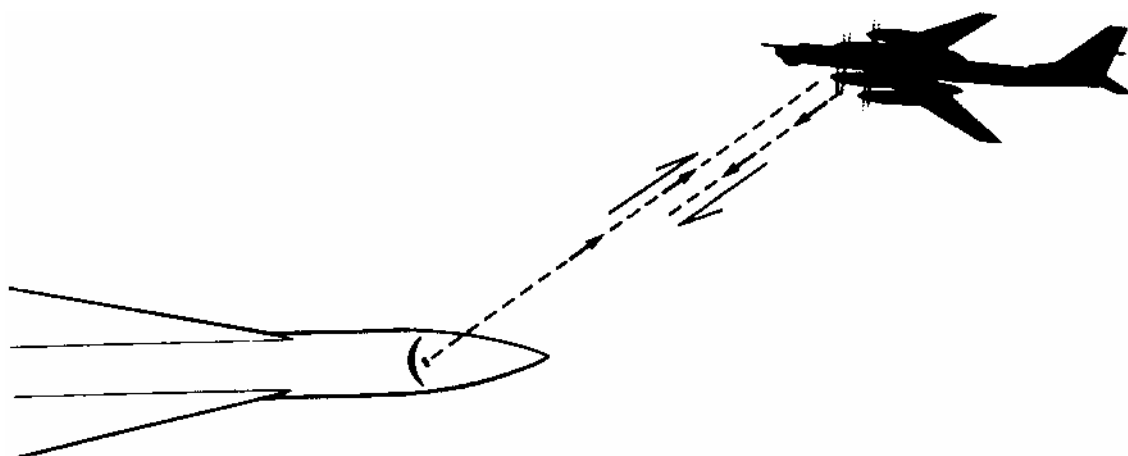


**SLIKA 1.12 KINEMATIKA METODE POKRIVANJA CILJA
(METODA TRI TAČKE)**

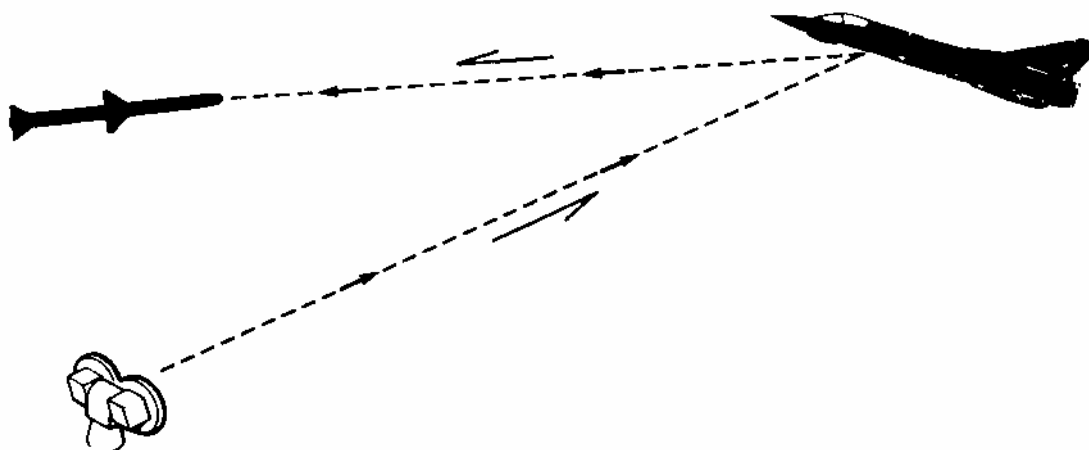
KARAKTERISTIKE METODE TRI TAČKE:

- RAKETA JE UVEK NA LINIJI VIZIRANJA CILJA
- POČETNI DEO PUTANJE JE PRAVA LINIJA
- ZAVRŠNI DEO TRAJEKTORIJE JE JAKO ZAKRIVLJEN
(VELIKA VREDNOST NORMALNOG UBRZANJA)

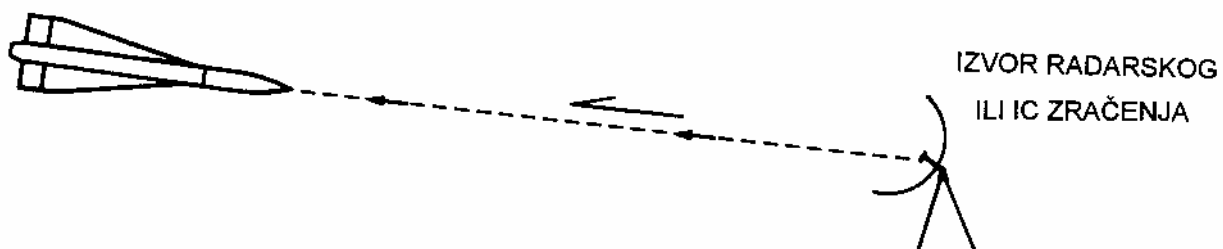
GLAVA I



A. SISTEMI SA AKTIVNIM SAMONAVOĐENJEM



B. SISTEMI SA POLUAKTIVNIM SAMONAVOĐENJEM



C. SISTEMI SA PASIVNIM SAMONAVOĐENJEM

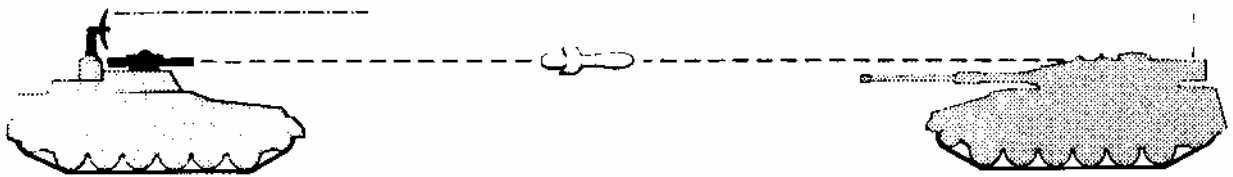
SLIKA 1.13 TIPOVI SISTEMA SAMONAVOĐENIH RAKETA

GLAVA I

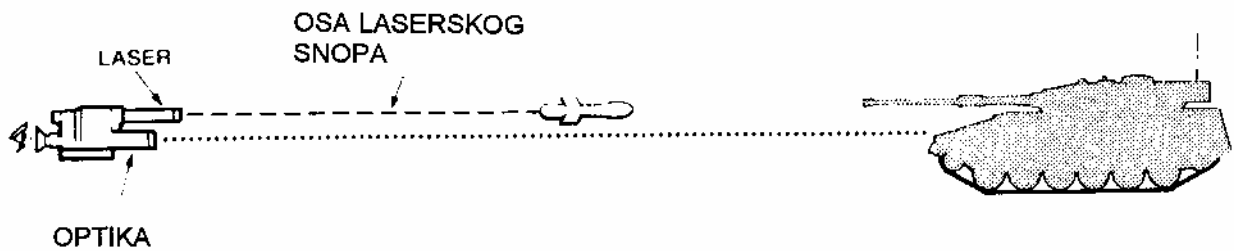
SISTEMI VOĐENJA RAKETA METODOM POKRIVANJA CILJA

POSTOJE DVA OSNOVNA TIP:

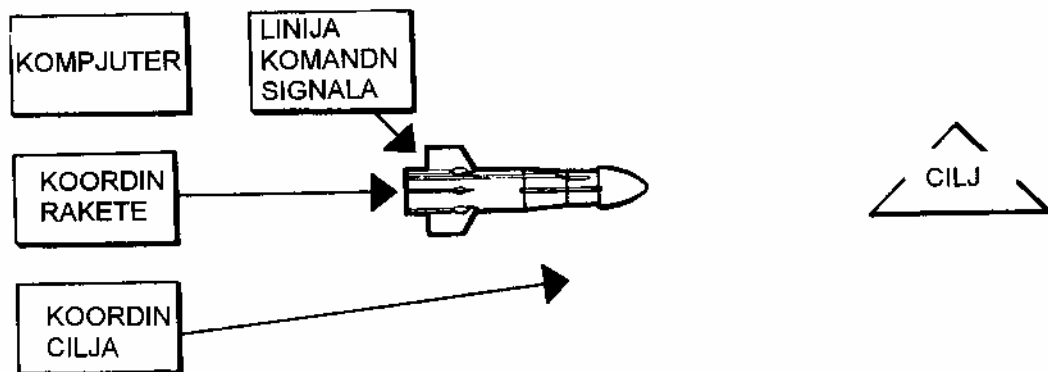
- A. KOMANDNI SISTEMI VOĐENIH RAKETA
- B. VOĐENJE RAKETE PO SNOPU



A. KOMANDNI SISTEM VOĐENJA RAKETE



B. VOĐENJE RAKETE PO SNOPU

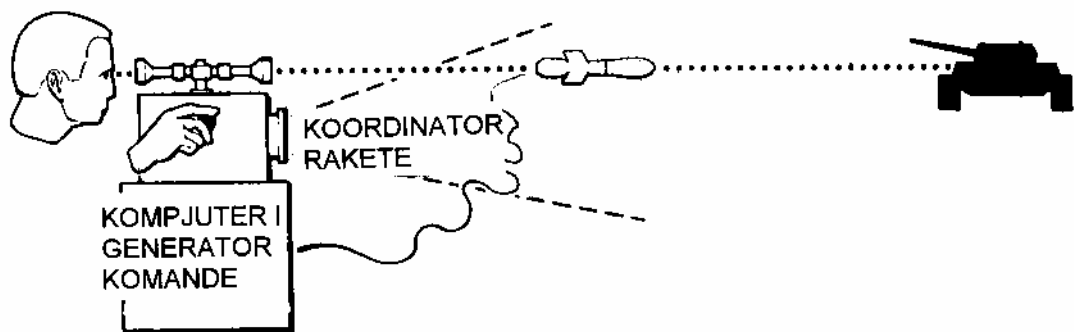


SLIKA 1.14 ELEMENTI KOMANDNOG SISTEMA VOĐENJA RAKETE

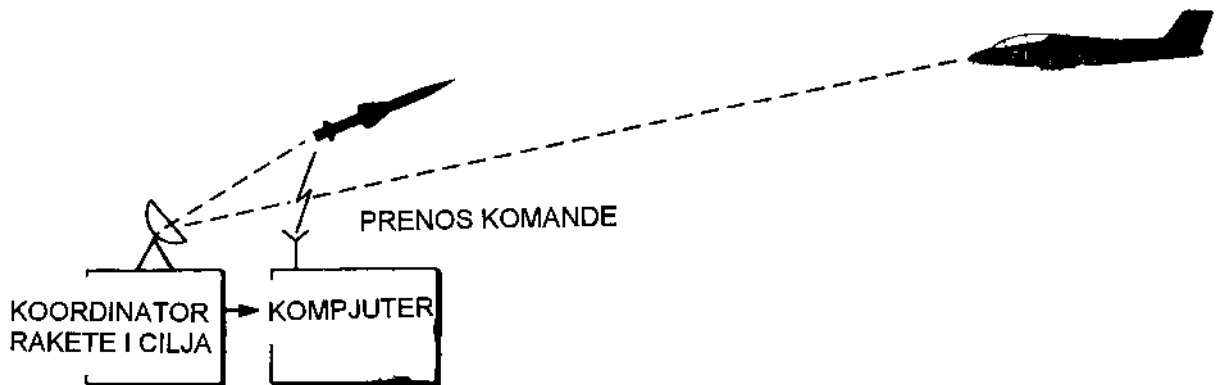
GLAVA I



A. RUČNI KOMANDNI SISTEM VOĐENJA RAKETE



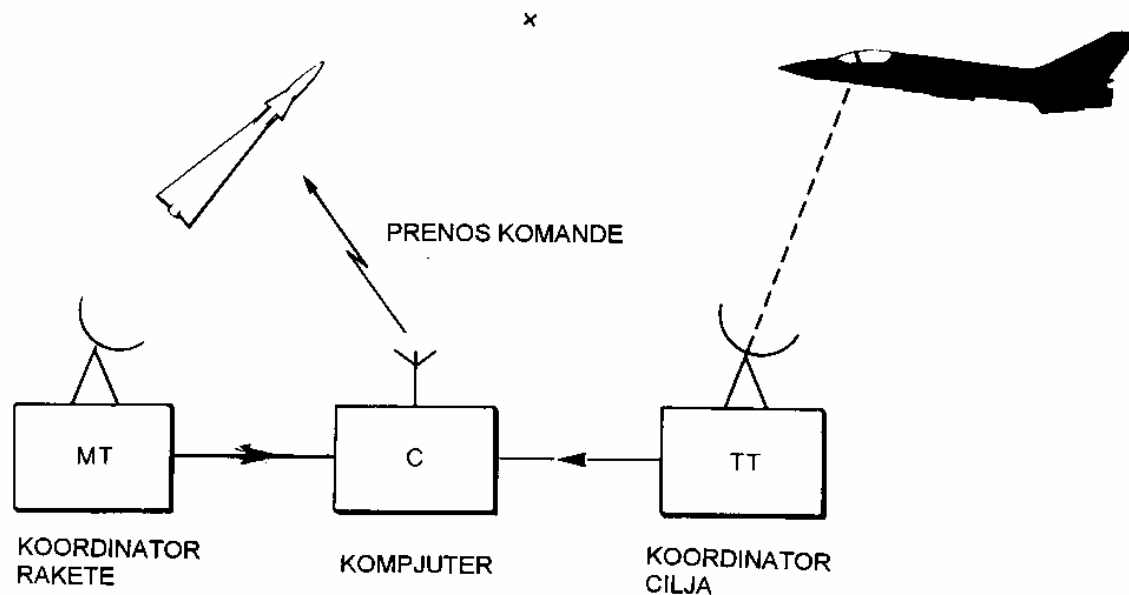
B. POLUAUTOMATSKI SISTEM VOĐENJA RAKETE



C. AUTOMATSKI SISTEM VOĐENJA RAKETE

**SLIKA 1.15 TIPOVI KOMANDNOG SISTEMA VOĐENJA RAKETE
METODOM POKRIVANJA CILJA**

GLAVA I



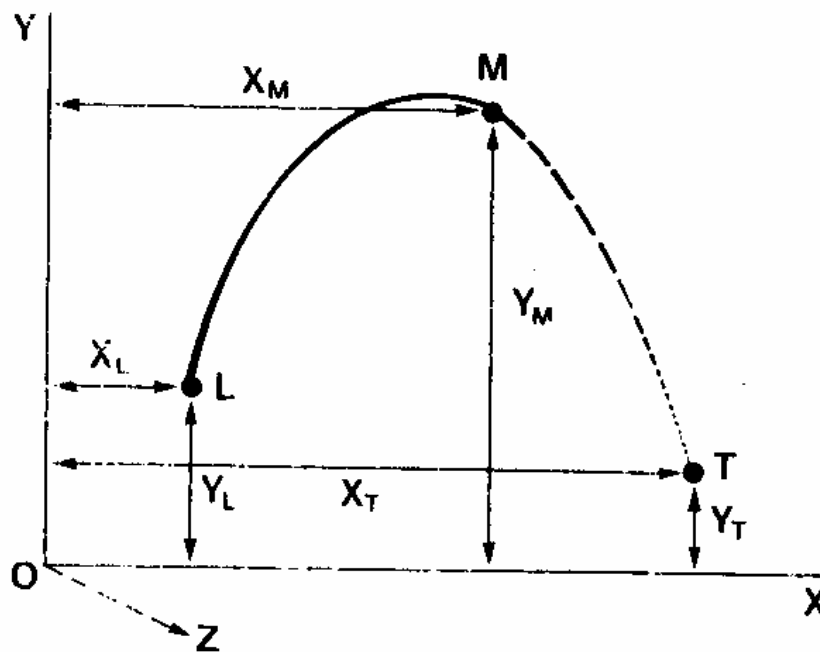
**SLIKA 1.16 KOMANDNI SISTEM VOĐENJA RAKETE IZVAN LINIJE
VIZIRANJA CILJA**

DVA NEZAVISNA KOORDINATORA OMOGUĆAVAJU REALIZACIJU PROIZVOLJNE TRAJEKTORIJE, NPR., SA PRETICANJEM UZ MINIMALNO NORMALNO UBRZANJE.

GLAVA I

METODA INERCIJALNOG VOĐENJA (METODA INERCIJALNE NAVIGACIJE)

RAKETA POSEDUJE INSTRUMENTE (SENZORE) I KOMPJUTER KOJIMA ODREĐUJE POZICIJU U TOKU LETA.

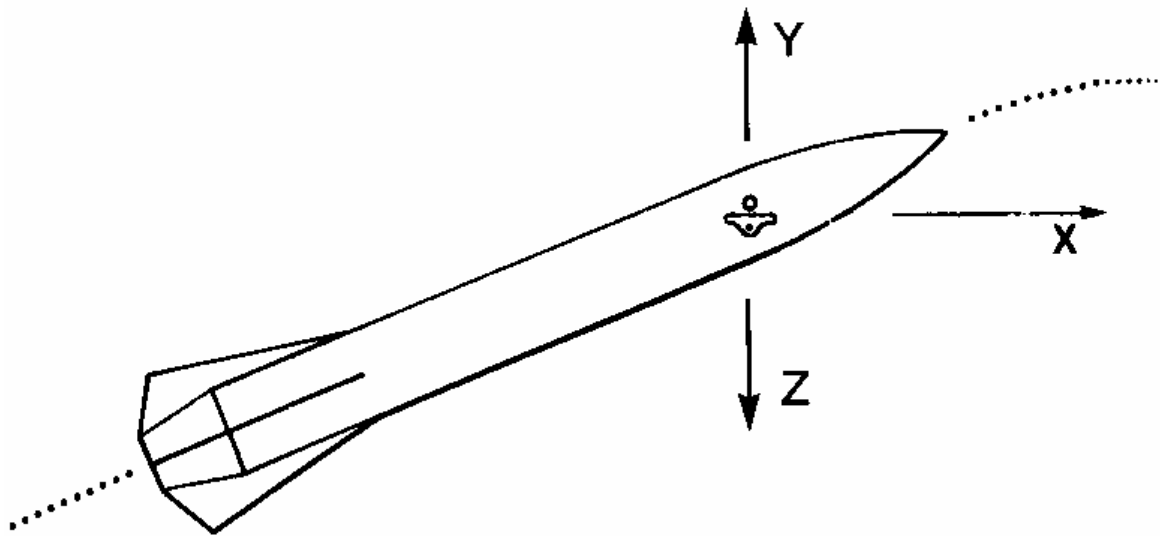


SLIKA 1.17 TIPIČNA TRAJEKTORIJA INERCIJALNO VOĐENE RAKETE

PRINCIP INERCIJALNE NAVIGACIJE:

- PRE LANSIRANJA RAKETE U KOMPJUTER SE UNOSE:
 - KOORDINATE LANSIRNOG MESTA L I CILJA T
 - ŽELJENA TRAJEKTORIJA
- STVARNA TRAJEKTORIJA ODREĐUJE SE POMOĆU KOMPJUTERA NA OSNOVU SIGNALA SA AKCELEROMETRA U INERCIJALNOM KOORDINATNOM SISTEMU

GLAVA I



SLIKA 1.18 INERCIJALNO VOĐENJE SA ŽIROSTABILISANOM PLATFORMOM

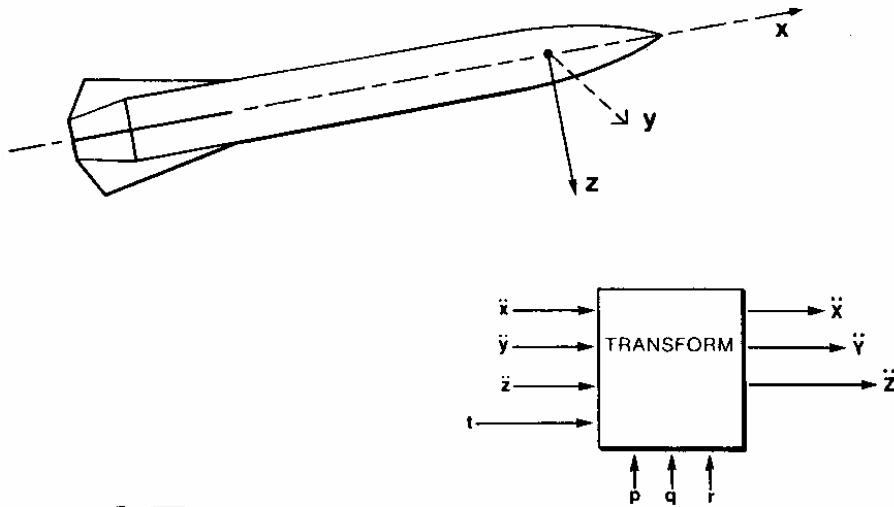
PRINCIP RADA:

1. PLATFORMA SE STABILIŠE I INERCIJALNOM KOORDINATNOM SISTEMU (OXYZ) POMOĆU ŽIROSKOPA I SERVOPOKRETAČA;
2. AKCELEROMETRI MERE UBRZANJA \ddot{X} , \ddot{Y} , \ddot{Z} DUŽ OSA X,Y,Z (PRECIZNIJE MERE SE SPECIFIČNE SILE UMEMO UBRZANJA)
3. INTEGRACIJOM SE ODREĐUJU KOMPONENTE BRZINE I KOORDINATE POLOŽAJA RAKETE.

OSNOVNE KARAKTERISTIKE:

1. PLATFORMA JE POSTAVLJENA NA LEŽIŠTA VISOKOG KVALITETA
2. SLOŽEN ELEKTROMEHANIČKI SERVO SISTEM
3. RELATIVNO JEDNOSTAVAN KOMPJUTER
4. SKUPLJI SISTEM
5. STARIJI SISTEM

GLAVA I



**SLIKA 1.19 BESPLATFORMNI SISTEM INERCIJALNE NAVIGACIJE
(BINS)**

PRINCIP RADA:

1. AKCELEROMETRI SU ČVRSTO VEZANI ZA TELO RAKETE I MERE UBRZANJA U DINAMIČKOM KOORDINATNOM SISTEMU $\ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$;
2. BRZINSKI ŽIROSKOPI MERE KOMPONENTE UGAONE BRZINE U DINAMIČKOM KOORDINATNOM SISTEMU:
 p – UGAONA BRZINA VALJANJA
 q – UGAONA BRZINA PROPINJANJA
 r – UGAONA BRZINA SKRETANJA
3. TRANSFORMACIJOM SE DOBIJAJU UBRZANJA U INERCIJALNOM KOORDINATNOM SISTEMU $\ddot{X}, \ddot{Y}, \ddot{Z}$
4. INTEGRACIJOM SE DOBIJAJU KOMPONENTE BRZINE I KOORDINATA POLOŽAJA RAKETE U OXYZ

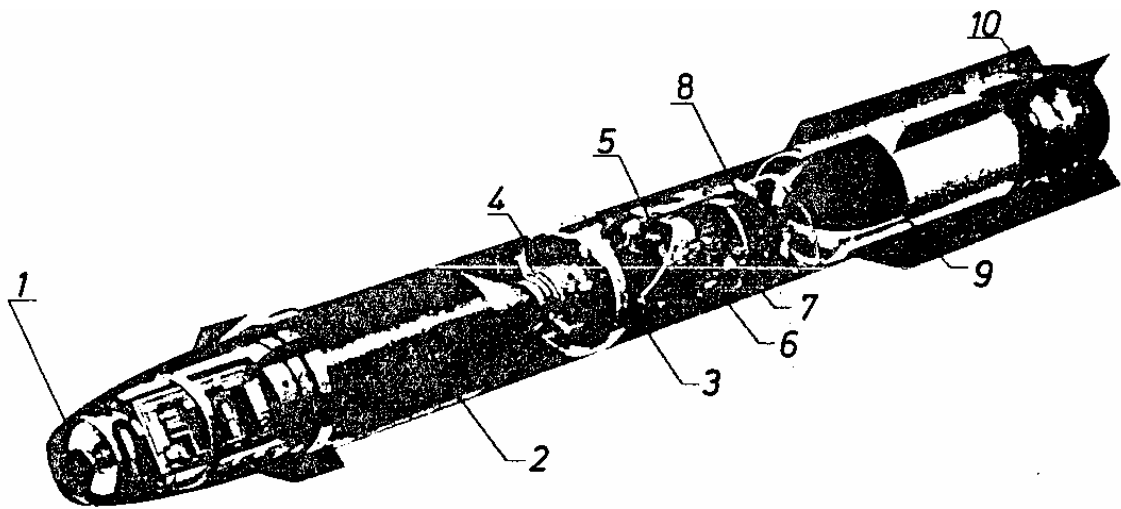
GLAVA I

OSNOVNE KARAKTERISTIKE:

1. JEDNOSTAVNIJI ELEKTROMEHANIČKI SISTEM
2. SLOŽENIJI KOMPJUTER VELIKE BRZINE
3. JEFTINIJI SISTEM
4. SAVREMENIJI SISTEM

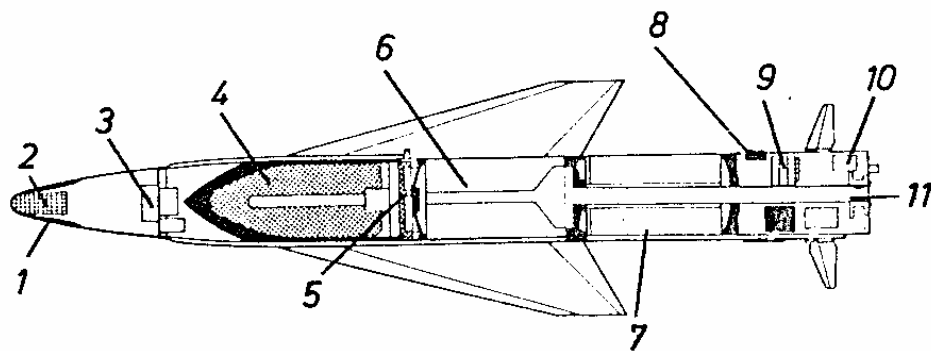
GLAVA I

PRIMERI KONSTRUKCIJA VOĐENIH RAKETA



HELLFIRE (AGM-114A)

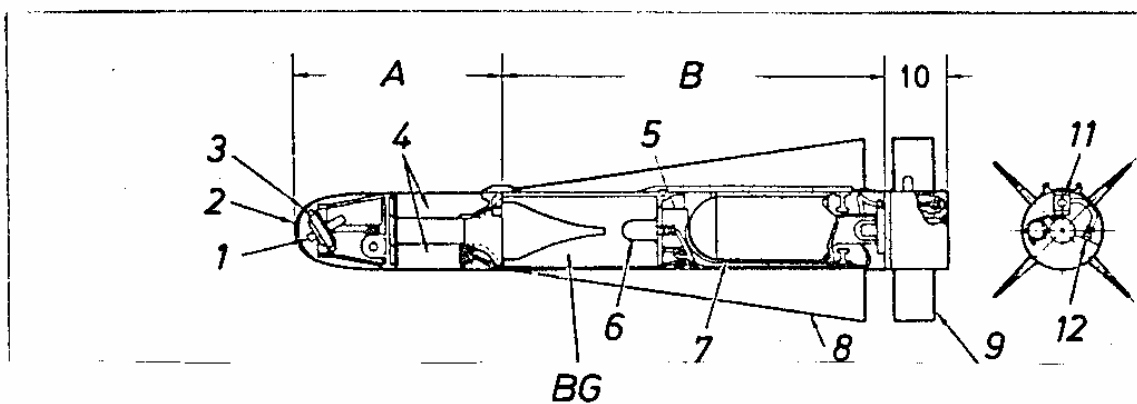
- 1 - LASERSKA GSN; 2 - KUMULATIVNA BG; 3 - PNEUMATSKI POKRETAČ;
4 - UPALJAČ; 5 - GIROSKOP/PROPINJANJA VALJANJA; 6 - GIROSKOP
SKRETANJA; 7 - TERMALNA BATERIJA; 8 - AUTOPILOT;
9 - RAKETNI MOTOR; 10 - UPRAVLJAČKA KRILCA



AS.30 LASER

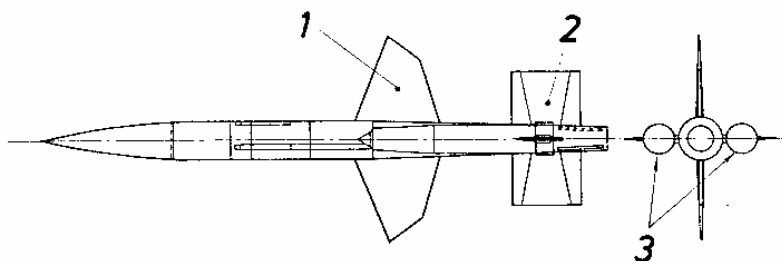
- 1 - KONTAKTNI DEO; 2 - LASERSKI PRIJEMNIK; 3 - RAČUNAR;
4 - BOJEVA GLAVA; 5 - CENTRALNI OKVIR; 6 - MARŠ MOTOR;
7 - BUSTER MOTOR; 8 - SMIČUĆI PRIKLJUČAK; 9 - TERMALNA
BATERIJA; 10 - ŽIROSKOP VALJANJA; 11 - SPOJLER

GLAVA I



MAVERICK (AGM-65)

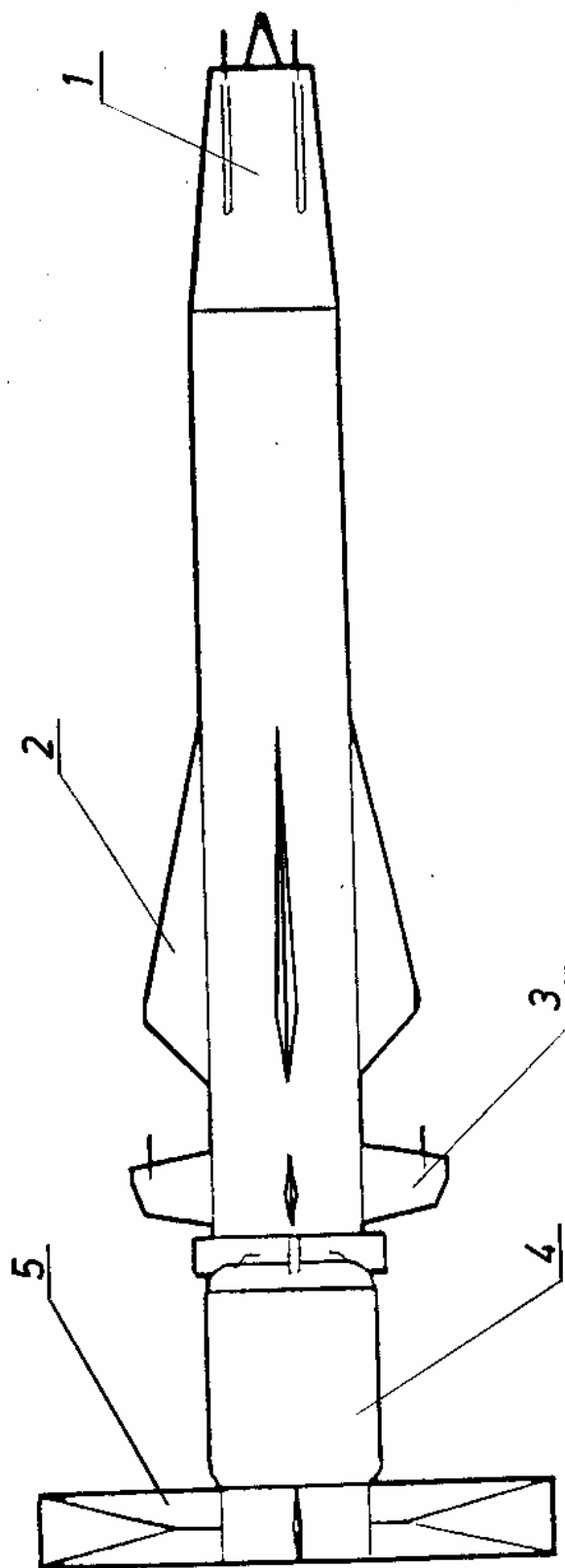
- 1 - TV GSN; 2 - OPTIČKA KAPA; 3 - KONTAKTNI SENZOR;
 4 - ELEKTRONIKA; 5 - TERMALNA BATERIJA; 6 - UPALJAČ;
 7 - RAKETNI MOTOR; 8 - OSNOVNA KONSTRUKCIJA I KRILA;
 9 - UPRAVLJAČKA KRILCA; 10 - HIDRAULIČKI AKTUATOR;
 11 - SMIČUĆI KONEKTOR; 12 - KONEKTOR PRIPALE



BLOODHOUND

- 1 - OBRтна KRILA, 2 - STABILIZATORI, 3 - NABOJNO MLAZNI MOTOR

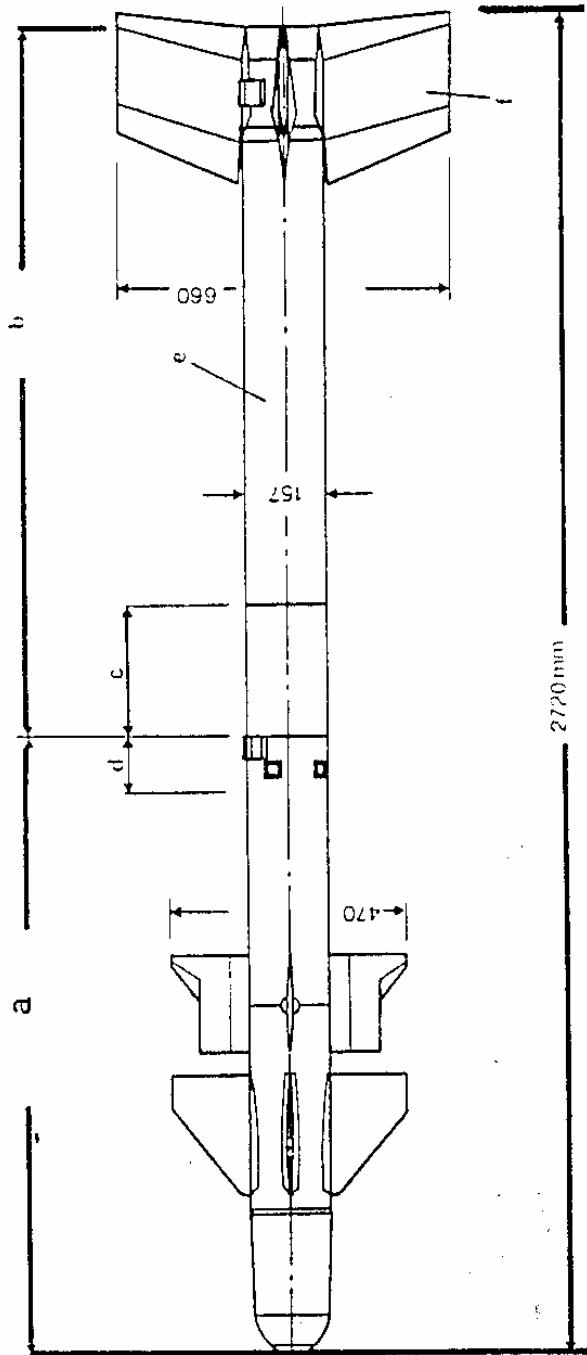
GLAVA I



SEA DART (GWS 30/31)

- 1 - NABOJNO-MLAZNI MOTOR; 2 - KRILA; 3 - UPRAVLJAJČKA KRILICA;
- 4 - BUSTER MOTOR; 5 - STABILIZATORI

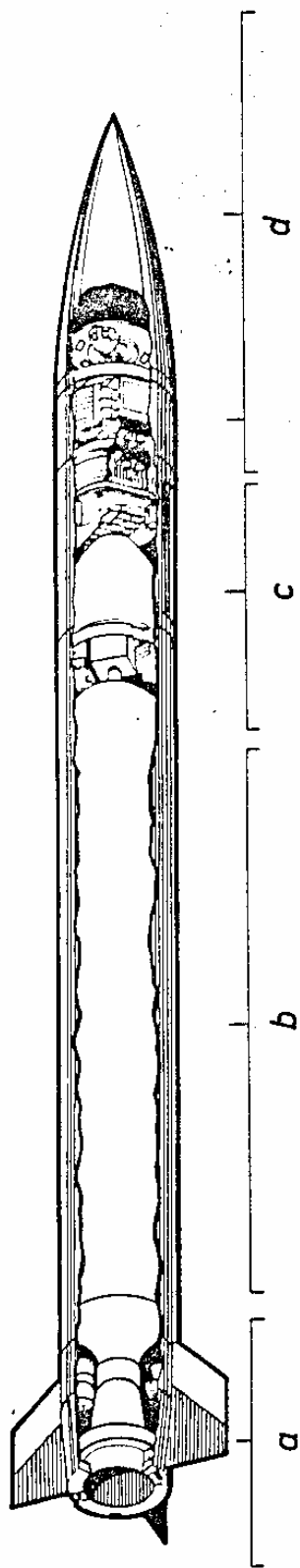
GLAVA I



R.550 (MAGIC 2)

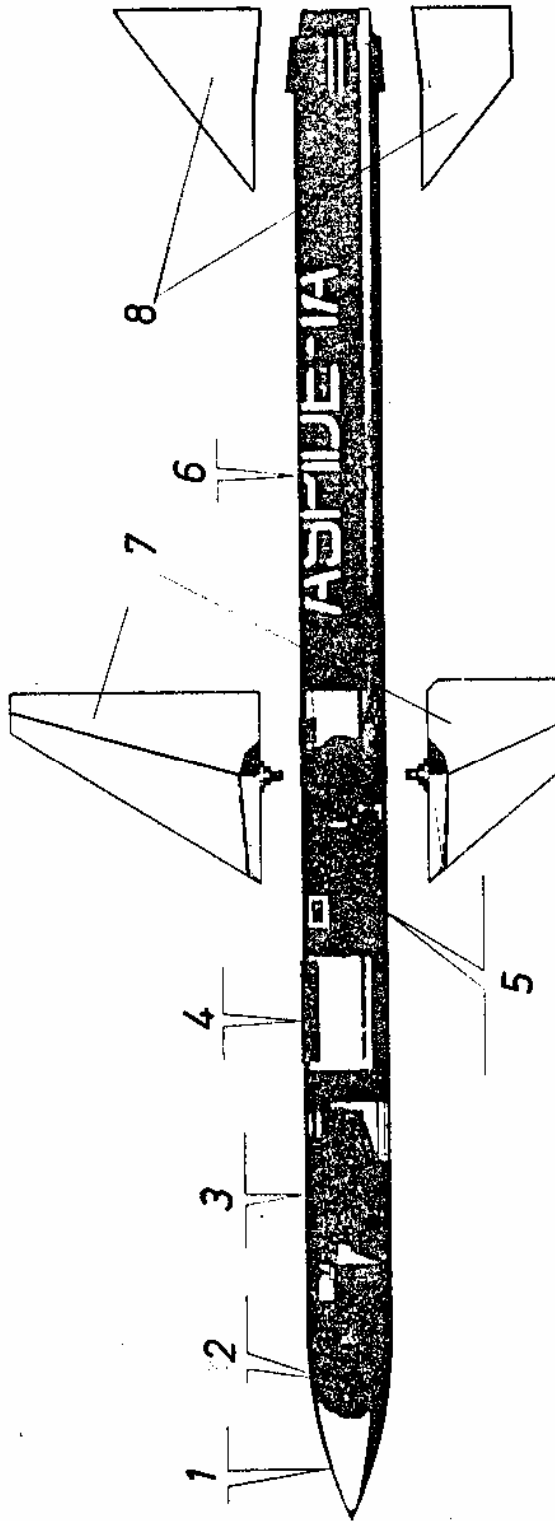
- a - PREDNJI ODSEK SA IC GLAVOM ZA SAMONAVODJENJE, ELEKTRON-
SKIM/ELEKTROMEHANIČKIM KOMPONENTAMA I IC BLIZINSKIM
UPALJAČEM;
- b - ZADNJI ODSEK SA BOJEVOM GLAVOM, RAKETNIM MOTOROM I
SLOBODNO-ROTIRAJUĆIM STABILIZATOROM;
- c - BOJEVA GLAVA; d - UPALJAČ; e - RAKETNI MOTOR;
- f - STABILIZATORI KRSTASTE KONFIGURACIJE

GLAVA I



PATRIOT (MIM-104)/T-16

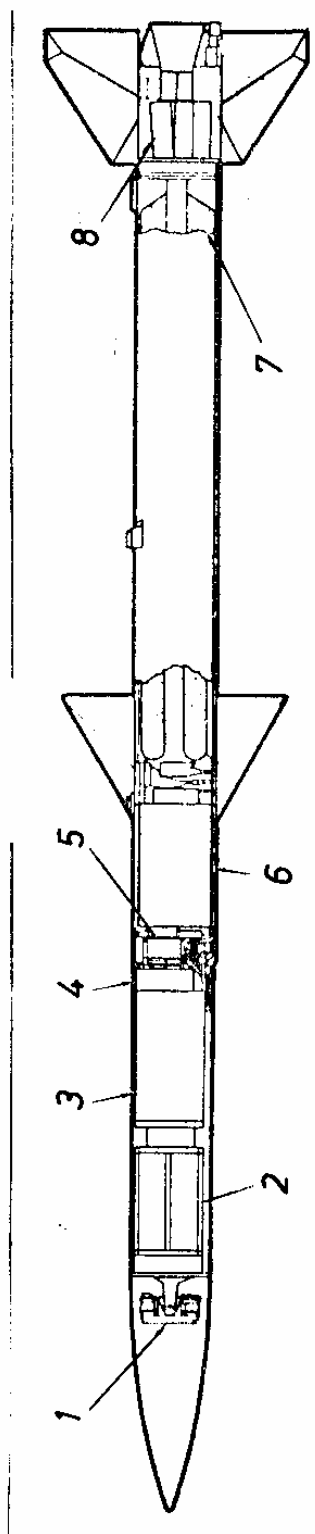
a - ODSEK UPRAVLJANJA; b - ODSEK POGONA; c - ODSEK BOJEVE
GLAVE, d - ODSEK VODJENJA I BALISTIČKE KAPE



ASPIDE

- 1 - BALISTIČKA KAPA;
- 2 - PREDNJA ANTENA;
- 3 - BLOK ELEKTRONIKE;
- 4 - BOJEVA GLAVA;
- 5 - ODSEK UPRAVLJANJA;
- 6 - MOTOR;
- 7 - KRILA (OBRITNA);
- 8 - STABILIZATORI

GLAVA I



AIM-120 (AMRAAM)

- 1 - ANTENA; 2 - BATERIJA/PREDAJNIK; 3 - ELEKTRONIKA;
- 4 - ODSEK INERCIJALNOG UREDJAJA, 5 - UREDJAJ ZA DETEKCIJU CILJA;
- 6 - ODSEK BOJEVE GLAVE; 7 - RAKETNI MOTOR; 8 - AKTUATOR