

Putanje vođenih projektila

U ovoj glavi uzima se da je putanja vodenog projektila po svom obliku jednaka putanji zrna vatrenog oružja, jer se projektil za vreme svog nevođenog leta ponaša u neku ruku kao zrno pošto napusti topovsku cev. Projektil se kreće kroz prostor po krivoj koja se može analizirati uz primenu razrađenih geometrijskih metoda. U početnim fazama rada na izradi projektila izračunavaju se sve moguće putanje kojima se projektil može kretati. To se čini zbog toga da se nađu rešenja za oblik letelice i karakteristika uređaja za upravljanje, koji će obezbediti najpovoljnije performanse projektila po uslovima u kojima se očekuje da će raditi. Prema tome, na proučavanju putanje projektila stručnjake ne upućuju dokoličarska radoznalost, nego potreba da se razumeju zahtevi koje postavlja vođenje projektila. Za ovu priliku biće dovoljno da se shvate termini i osnovni principi, te nema potrebe da se pribegava pomoći analitičke geometrije.

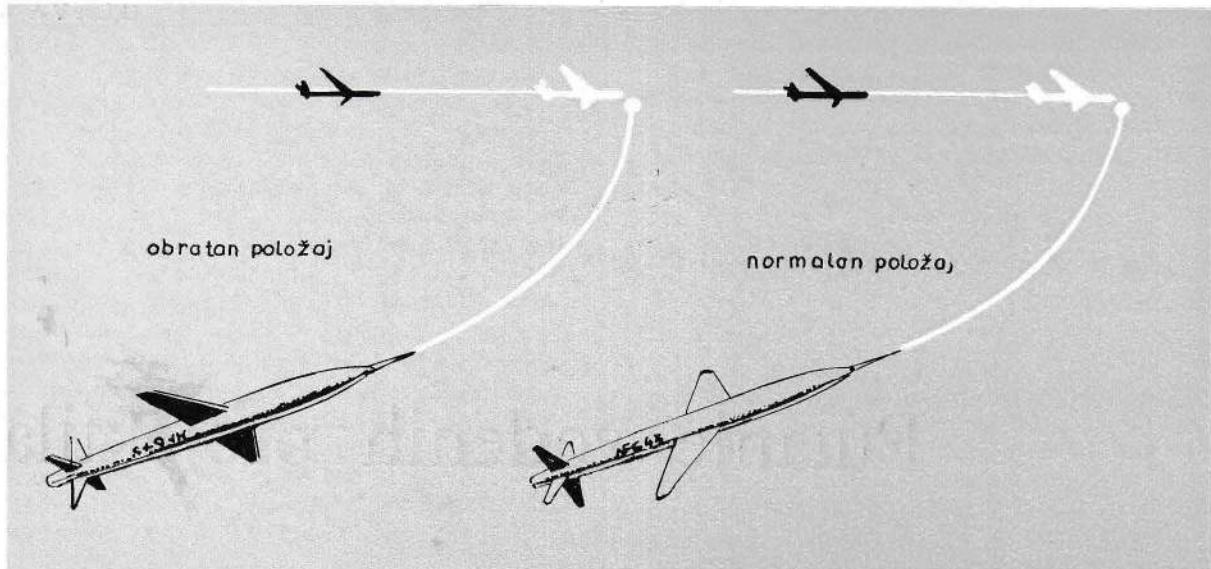
KOORDINATNI SISTEMI KOJI SE PREDSTAVLJAJU ZA VOĐENJE PROJEKtila

Glavni princip na kojem se zasnivaju svi sistemi vođenja i upravljanja projektilima jeste princip koordinatnih osa. Da bi se utvrdio pravac i odmerila veličina greške u letu projektila, pa se zatim sistemu za upravljanje moglo preneti odgovarajuće popravke, mora da postoji utvrđena početna tačka od koje će se mjeriti odstupanja po visini i po pravcu. Određivanje ove tačke veoma se komplikuje ukoliko se povećava složenost sistema za vođenje, a na-

ročito je složeno kad je reč o dalekometnim projektilima.

Sistem koordinata može se zasnivati na položaju nekih komponenata ili se odrediti proizvoljno. Kao primer za prvi slučaj može se navesti projektil sa sistemom za samonavođenje. Za orijentisanje takvog projektila služi mehanička ili odgovarajuća električna orijentacija antene. Kod projektila sa uredajem za samonavođenje koji ima fiksnu antenu upravljenju napred posmenuto ustrojstvo može se lako analizirati. Na slici 502 prikazan je uticaj položaja projektila na koordinate: ono što je za antenu *gore*, to je *gore* i za projektil. Nezavisno od položaja projektila (obratnog ili normalnog) komanda sistema upravljanja, koja je posledica činjenice da je antena otkrila grešku u letu, skreće projektil ka cilju.

Pri početnom određivanju putanje leta potrebno je izabrati osnovni sistem računanja koordinata. Izbor ovih koordinata u inercijalnom sistemu prilično je proizvoljan, jer se Zemlja oko Sunca kreće po svojoj orbiti i obrće se oko svoje ose. Ne može se tada neposredno ispuniti zahtev da tačka, od koje će se računati posmenute koordinate bude nepokretna u odnosu na sistem za vođenje projektila. Pošto rotor žiroskopa ne menja svoj položaj u prostoru, ili, naučnije rečeno, u inercijalnom prostoru, to se ovaj inercijalni prostor pojavljuje u ulozi početka koordinatnog sistema. Što se tiče samog inercijalnog prostora, za početak računanja koordinata uzima se izvestan pravac, obično onaj koji je paralelan sa osom žiroskopa ili je upravljan na silu zemljine teže u momentu i na mestu izbacivanja projektila na kome se nalazi žiroskop.



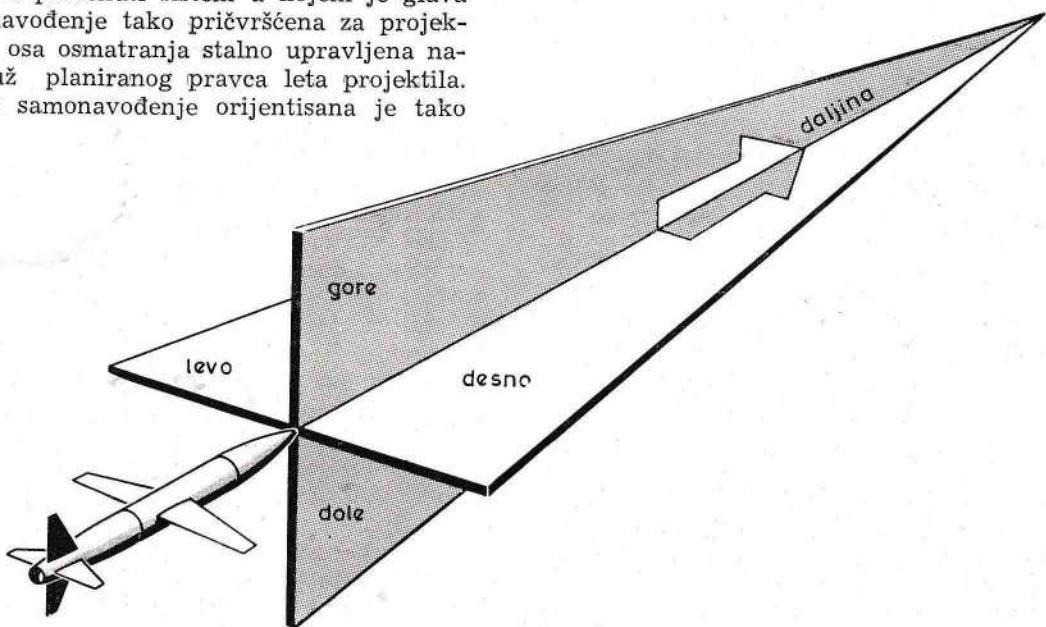
Sl. 502 — Isti projektili u različitim položajima izvršavaju odgovarajuće vođenje na ciljeve koji se nalaze iznad i sa strane projektila

U ovoj glavi, u kojoj se govori o koordinatnim sistemima, biće opisani i ovi naročiti sistemi. Daće se najnužniji podaci o izmenama i kombinacijama koordinatnih sistema koji su neophodni za upravljanje projektila.

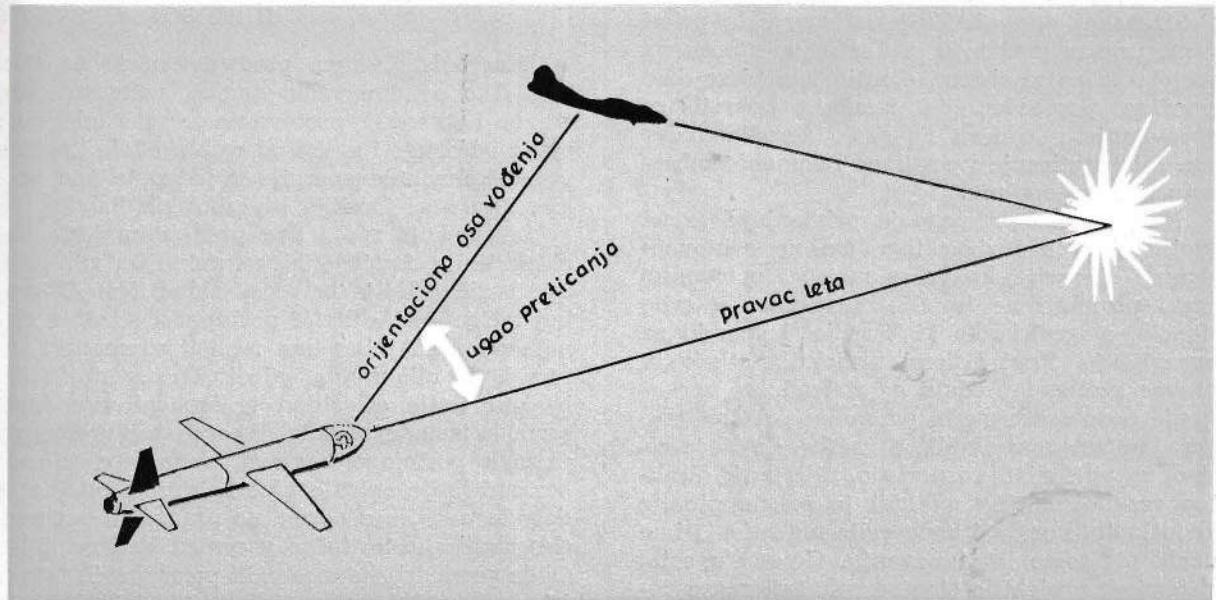
KOORDINATE VODENJA

Najprostije rešenje koordinata vođenja predstavlja već pomenuti sistem u kojem je glava za samonavođenje tako pričvršćena za projektil, da je osa osmatranja stalno upravljena napred, duž planiranog pravca leta projektila. Glava za samonavođenje orientisana je tako

da signali koji idu od njenog detektora ka sistemu za upravljanje izazivaju pokretanje ovog sistema koji vraća projektil na put usmeren ka cilju. Kad se projektil njiše, ili kad menja položaj, i aparatura za vođenje, saglasno tome, menja svoj položaj. Prema tome, koordinatni sistem za vođenje fiksiran je za projektil na način pokazan na slici 503. Koordinatni sistem se kreće sa projektilom, tako da nema nikakve



Sl. 503 — Proste koordinate vođenja



Sl. 504 — Promenljivi orientacioni sistem vodenja

zabune u pogledu pokreta koji se zahtevaju radi popravljanja pravca leta na bilo koji signal da je projektil skrenuo.

Ovaj koordinatni sistem mogao bi se nazvati dvodimenzionalnim, jer se u njemu razaznaju samo signali po visini i po pravcu. Dimenzija daljine može ali ne mora da bude funkcija uređaja za vođenje. U nekim slučajevima daljina se meri jedino zbog toga da bi se bojna glava rasprsnula na potreboj udaljenosti; ona tada nema direktnе primene u vođenju.

Po najnovijim rešenjima, glava za samonavоđenje montira se na projektil pomoću univerzalnog čvora (kardanske osovine). S takvим uređajem glava može da se usmeri na cilj koji se kreće dok projektil leti pod uglom preticanja ili prema tački susreta, kao što je to prikazano na slici 504. Kurs se planira tako da projektil dode u kontakt sa ciljem manevrišući što je mogućno manje. Projektil »gleda preko svog ramena«, i signali o greškama koji se na taj način prime, pravilno se tumače sistemu za upravljanje, tako da se može održavati pravilan kurs ka tački susreta. Prema geometriji, dve prave koje se sekу određuju ravan, dakle dvodimenzionalnu površinu. Prema tome, problem bi se mogao smatrati dvodimenzionalnim, ako bi linije o kojima je reč bile idealno prave. No uvedeni ugao preticanja komplikuje problem i zahteva da se sa signalom manipuliše u skladu sa trigonometrijskim funkcijama. Upotreba sellina je uobičajeni način da se dobiju trigonometrijske operacije na električni signal. Početak

koordinatnog sistema i sada je u projektilu, ali ga signal antene transformiše ili interpretira. Signal antene dejstvuje na sistem za upravljanje tako da se projektil pravilno vodi.

TRANSFORMISANJE OSA

Skoro svi sistemi za vođenje projektila transformišu svoj koordinatni sistem u ose sistema za upravljanje. U nekim slučajevima dešava se i po nekoliko takvih transformacija. U maločas izloženom sistemu, koordinatne ose se obrnu za izvestan ugao da bi mogle da funkcionišu kao ose sistema za upravljanje. Obrtanje ose je jedan od načina transformisanja.

Važno je da se podsetimo na činjenicu da se pri transformisanju sistema ose ili koordinatnog sistema utiče na sve tri ose. Ne može se nagnuti jedna strana kutije, a da se ne nagne i ostatak kutije (ukoliko kutija nije razvaljena). Isti je slučaj s trodimenzionalnim koordinatnim sistemom.

Ako postoje dve kutije, stavljuju se jedna pored druge, da bi se uporedile njihove veličine. Jedna od njih je mera. Tom prilikom se kutija pomera. Pomeranje sistema ose radi upoređivanja sa standardnim osama zove se translacija ose. Prema tome, transformacija koordinatnog sistema može se sastojati od obrtanja i translacije. Da projektil izvodi takvu operaciju često se ne može uočiti na shematskim dijagramima koji služe za objašnjenja, ali zbog te funkcije postoje mnogi složeni mehanizmi u

elektronskoj opremi. Projektil mora da primi i interpretira greške u vođenju u odnosu na svoj koordinatni sistem, a zatim, da bi se dale pravilne popravke, da izračuna pokrete za upravljanje u odnosu na svoje aerodinamičke ose. Interpretiranje i postupno računanje zahtevaju složenu opremu.

Neki sistemi za vođenje primenjuju se na projektilima baš zbog toga što ne zahtevaju složene operacije, kakve su maločas pomenute; svaki projektil ne izvodi transformaciju svog signala o grešci da bi izradio komandu za upravljanje. Neki sistemi projektila otkrivaju pravac greške i predaju ga sistemu za upravljanje neposredno posle popravke veličine greške. Izračunavanje veličine greške, da bi je sistem za upravljanje iskoristio, nije uvek direktni rezultat načina na koji je rešeno pitanje koordinatnih osa, ali koncepcija tog rešenja ima udela pri tome izračunavanju. Gotovo u svim sistemima projektila čine se pokušaji da se veličina greške tako izdvaja da se može primeniti srazmeran deo upravljanja; *otuda termin proporcionalno upravljanje*. Mada pokušaj da se omogući proporcionalno upravljanje još nije urođio plodom, zaostajanje po vremenu, ili prigušujući lanac, predstavlja korak ka takvom upravljanju. Bez takvog lanca pri velikim greškama može da nastane kolebanje koje je nemoguće kontrolisati.

Projektili komandnog programskog upravljanja zahtevaju da budu posebno objašnjeni. Za takve projektile unapred se planiraju putanje u prostoru, pa se zatim, davanjem komandi, njima tako upravlja da se za sve vreme nalaze na tim putanjama. Put kojim projektil leti, ili komanda koja mu se daje, određuju se nekim sredstvom koje se nalazi van projektila. Primer spoljnog upravljanja je upravljanje na daljinu pomoću radija. Podaci na osnovu kojih se upravlja na daljinu prikupljaju se vizuelnim, optičkim i elektronskim sredstvima. Elektronski navigacijski sistem velikog dometa, kao što je »Loran«, iskorišćava za vođenje projektila na cilj puteve rasprostiranja radio-energije unete na kartu ili izračunate. U ovom slučaju željeni kurs služi kao osnovna osa koordinatnog sistema i projektilom se tako upravlja da ne skreće od nje.

PUTANJE PROJEKTLA

Putanje projektila imaju oblik mnogih vrsta krivih, od kojih se većina određuje slučajnim trenutnim položajem projektila u odnosu na cilj. Međutim, kurs u obliku hiperbole, koji se održava pomoću sistema »Loran«, jeste tačno predviđeni put.

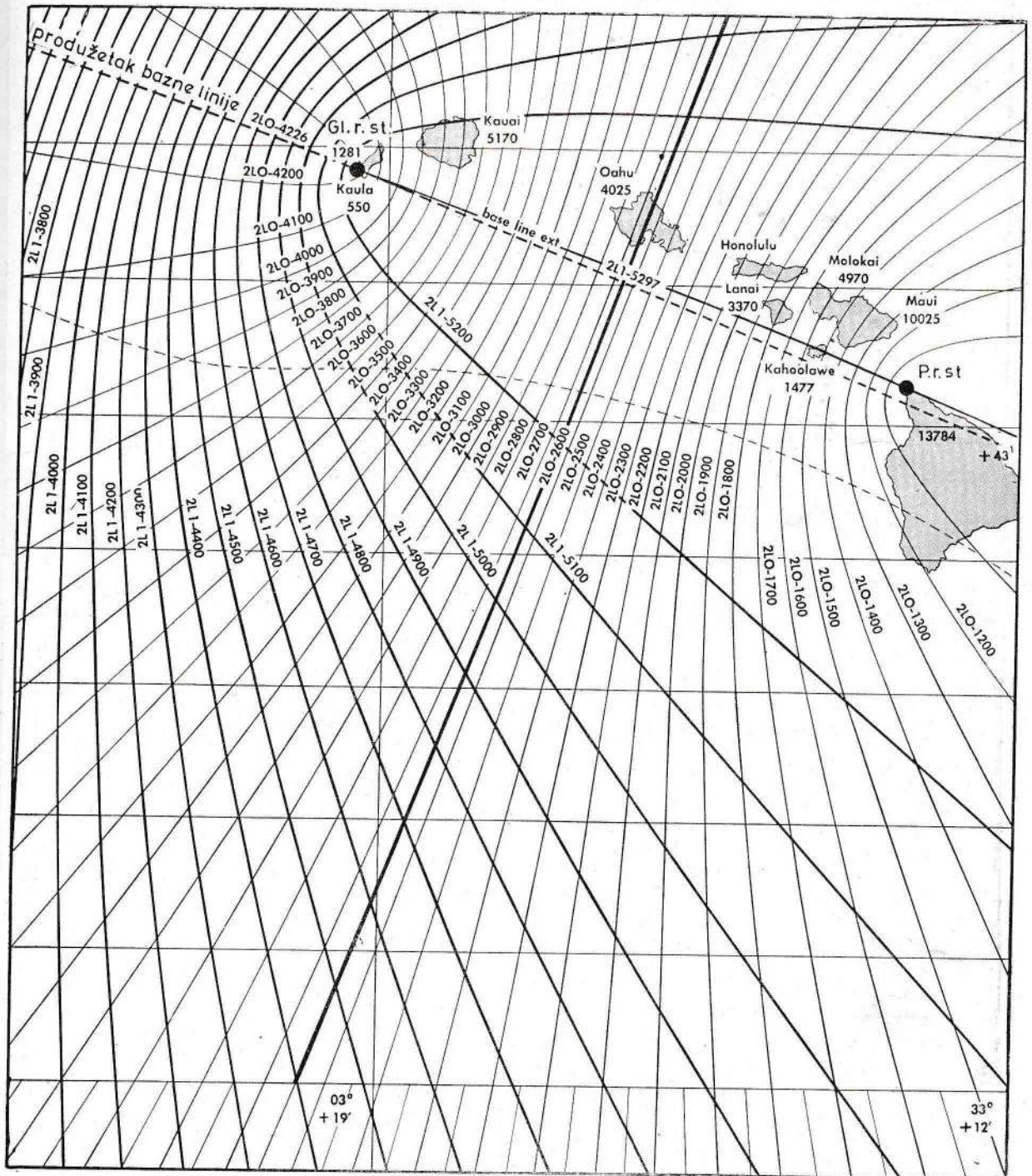
Hiperbolski sistem predstavljen je na slici 505. Ako se dve radio-stanice, pokazane kao glavna i pomoćna, postave na izvesno udaljenje jedna od druge i svaka od njih predaje impulse visokofrekventne energije u jedno te isto vreme, stvara se familija hiperbolskih krivih.

Linija koja spaja dva predajnika jeste bazična linija familije hiperbolskih krivih. Oko ove bazične linije krive su simetrične. U svakoj tački bazične linije postupnost stizanja signala od predajnika ima različit vremenski interval. U bilo kojoj pojedinačno uzetoj tački bazične linije očigledan je osobeni vremenski razmak između signala. Ako se taj vremenski razmak postojano održava, onda kretanje od bazične linije opisuje hiperbolsku liniju. To se dogada uvek, bez obzira na pravac ili vremensku razliku, osim tačno u centru bazične linije. Ovde geometrijsko mesto, ili položaj svih tačaka iste vremenske razlike, opisuje pravu liniju koja predstavlja upravnu simetralu bazične linije. Hiperbole postaju sve krivlje ukoliko se ide dalje od ove centralne tačke ka bilo kom kraju. Lako je razumeti da bi najbolji kurs bio onaj koji bi se nalazio blizu centra sistema, pošto bi se u tom slučaju najviše približio pravom kursu.

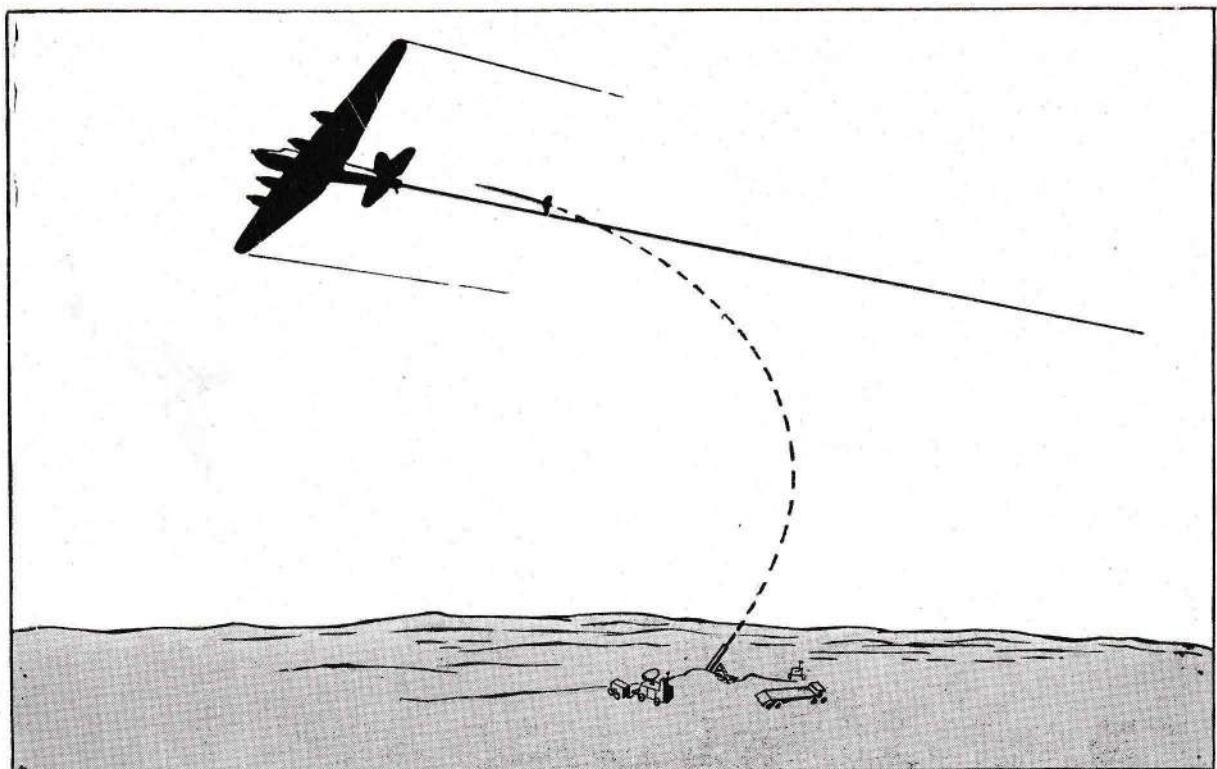
Dodavanjem treće stanice (druge pomoćne stanice) dobija se druga grupa hiperbole koje su na dijagramu predstavljene debelim crnim linijama. Ova grupa postavlja se u odnosu na prvu tako da se s njome seče u određenim tačkama, od kojih se utvrđuje, ili u kartu unosi izvestan položaj. Primena ove vrste sistema koordinata, ili sistema određivanja mesta, opisana je u glavi 9.

KRIVA GONJENJA

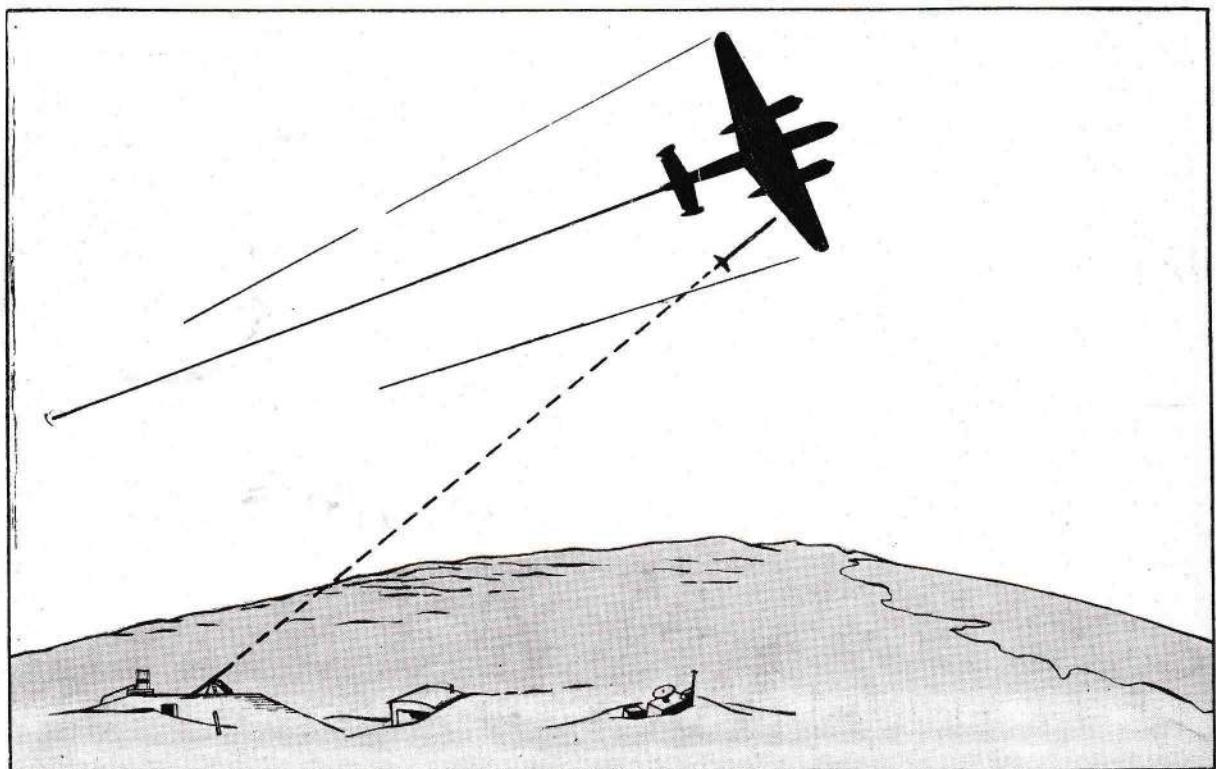
Princip nepokretne glave za samonavođenje projektila već je objašnjen. Ta je glava pričvršćena za projektil. Ona proizvodi signal o grešci u odnosu na svoju osovinu i osovinu projektila, pošto se osa letelice i osa glave poklapaju. No takav projektil uvek mora da se vodi direktno na cilj, pošto njegova putanja, kao što je pokazano na slici 506, predstavlja krivu gonjenja. Treba uočiti da se kod krive gonjenja projektil zemlja-vazduh oštira krivina nalazi na kraju leta. Veći deo leta teče kao jedrenje ili kao pristajanje broda uz obalu, jer potisak raketnog motora traje samo u toku malog dela leta. Na kraju leta, kad je manevrisanje najpotrebnije, projektil ima najmanju manevarsku sposobnost. Neophodna pokretljivost koja se zahteva od projektila veoma često prelazi aerodinamičke granice projektila.



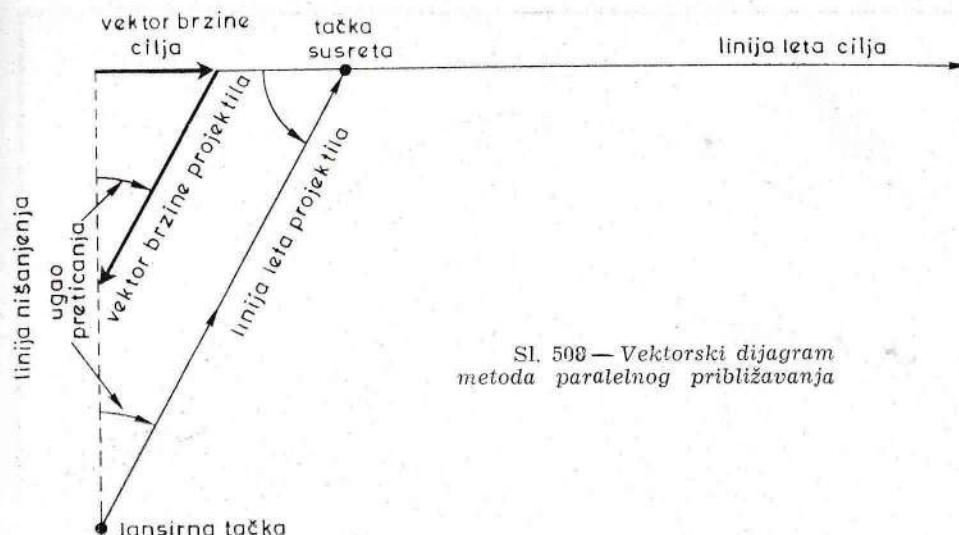
Sl. 505 — Hiperbole položaja stvorene sinhronim radom stanica



Sl. 506 — Kurs gadanja projektila zemlja-vazduh



Sl. 507 — Presretanje metodom paralelnog približavanja



Sl. 508 — Vektorski dijagram
metoda paralelnog približavanja

PARALELNO PРИБЛИЖАВАЊЕ (УВОДЕНJE UGЛА PREТИКАЊА)*)

Nezgode samonavođenja metodom gonjenja mogu se savladati ako se omogući obrtanje glave za samonavođenje u njenom ležištu, tako da je ona u stanju da »gleda« u drugim pravcima, a ne u onom kojim projektil ide. Putanja kojom takav projektil leti naziva se putanja kursa preseka ili paralelnog približavanja. Treba uočiti na slici 507, koja ilustruje princip presretanja letenjem pod uglom preticanja, da se taj kurs po svom obliku približava pravoj liniji, te se stoga od projektila zahteva minimalna sposobnost za izvođenje menevra. Ako ugao između ose glave za samonavođenje i ose projektila ostane neizmenjen, projektil će presresti cilj. Činjenica da taj ugao ostaje konstantan dok su i cilj i projektil u pokretu zahteva da se veličinaугла automatski popravlja zbog svake razlike u brzini između cilja i projektila. Prikaz tog problema može se najbolje dati pomoću vektora, uzimajući pri tom u obzir i veličinu brzine. Blaga zakrivljenost putanje prouzrokovana je usporavanjem projektila nakon sagrevanja pogonskog goriva.

PUTANJA VODENJA PO RADARSKOM SNOPU

Problem projektila koji se vodi po radarskom snopu ekvivalentan je problemu projektila koji se sam navodi. Njegova putanja je rezultat kretanja snopa radara koji njime upravlja, jer se on za vreme leta nalazi u tom snopu. Zbog istog

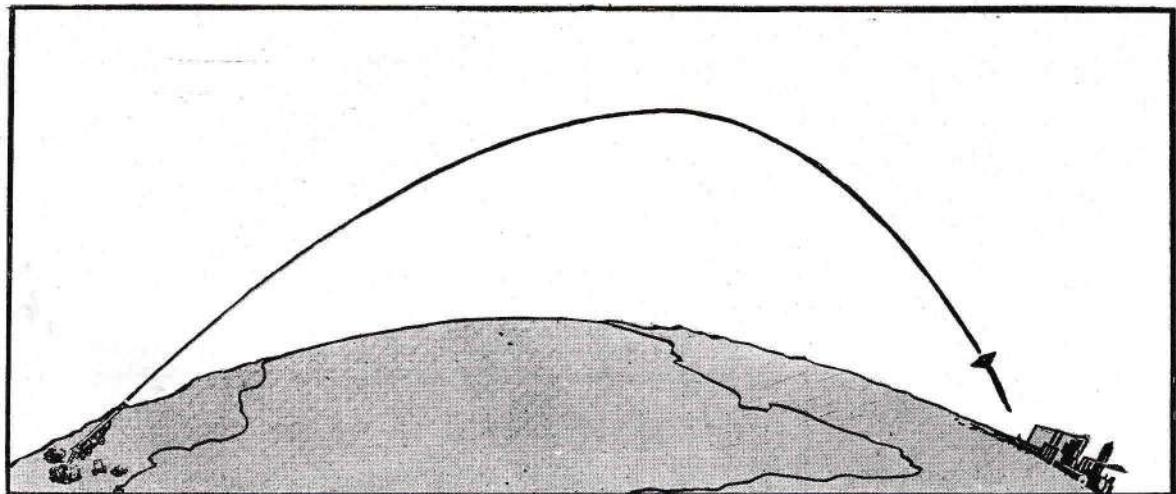
razloga koji je doveo do izbacivanja iz upotrebe metoda gonjenja, napušten je i način upravljanja projektila radarom koji prati cilj. Sad se prateći radar upotrebljava za određivanje položaja cilja, a projektil leti ka toj tački po metodu paralelnog približavanja.

PUTANJA TIPO PUTANJE ARTILJERIJSKOG ZRNA

Parabola je klasičan oblik putanje projektila zemlja-zemlja u slobodnom letu. No ako se taj slobodan let produži dotele da projektil prestane da se vraća na Zemlju i postane satelit koji putuje oko Zemlje, onda je njegova putanja elipsa, kao što su elipse i sve orbite Sunčevog sistema. Jasno je da u tom slučaju u izvesnoj tački putanja projektila menja svoje karakteristike i od parabolne postaje eliptična kriva. Ali projektil leti pod istim uslovima koje diktiraju iste sile, bez obzira na to da li on pada natrag na Zemlju ili produžava da leti po orbiti oko Zemlje. Zbog toga, ako se isključi uticaj vazduha, stvarna kriva po kojoj se projektil kreće bila bi u oba slučaja ista.

Pogrešna pretpostavka pri teorijskom razmatranju balističke putanje dovela je do toga da se ta putanja smatra parabolom. Ta pretpostavka podrazumeva da je Zemlja ravna i da sila Zemljine teže dejstvuje paralelno samoj sebi. Međutim, istina je, kao što se zna, da je Zemlja lopta i da sila Zemljine teže dejstvuje u pravcu središta Zemlje. U analitičkoj geometriji uslovi parametarskih jednačina koje definišu krivinu parabole dopuštaju samo jedan jedini oblik krivine za parabolu. Međutim, uslovi za eliptične krive sadrže beskonačan broj obli-

*) U originalu »Lead-angle Course« — bilo bi pravilnije ovaku putanju nazvati »kriva preticanja«. — Prim. red.



Sl. 509 — Putanja tipa putanje artiljerijskog zrna

ka, koji zavise od ekscentričnosti elipse. Primjenjujući stvarne uslove Zemljinog oblika i stvarni pravac sile Zemljine teže i analizirajući putanju slobodnog padanja može se zaključiti da su parametarske jednačine, jednačine elipse a ne parabole, i to čak kada parametri imaju vrlo male vrednosti. Prema tome, pri određivanju krivine ma koje balističke putanje, zanemaruje se trenje vazduha, a krivina se uzima da je eliptična.

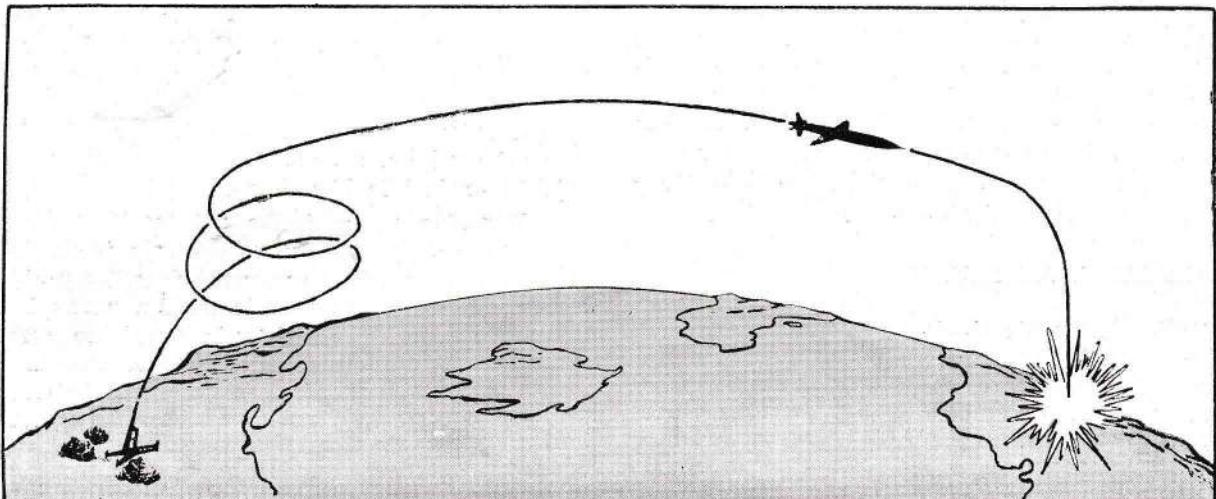
Projektili zemlja-zemlja mogu imati različite putanje. Putanja se bira pre konstruisanja projektila. Kad se izradi, projektil je ograničen na to da leti putanjom koja mu je određena konstrukcijom.

Reč »putanja« povezuje se obično s balističkom putanjom puščanog ili artiljerijskog zrna.

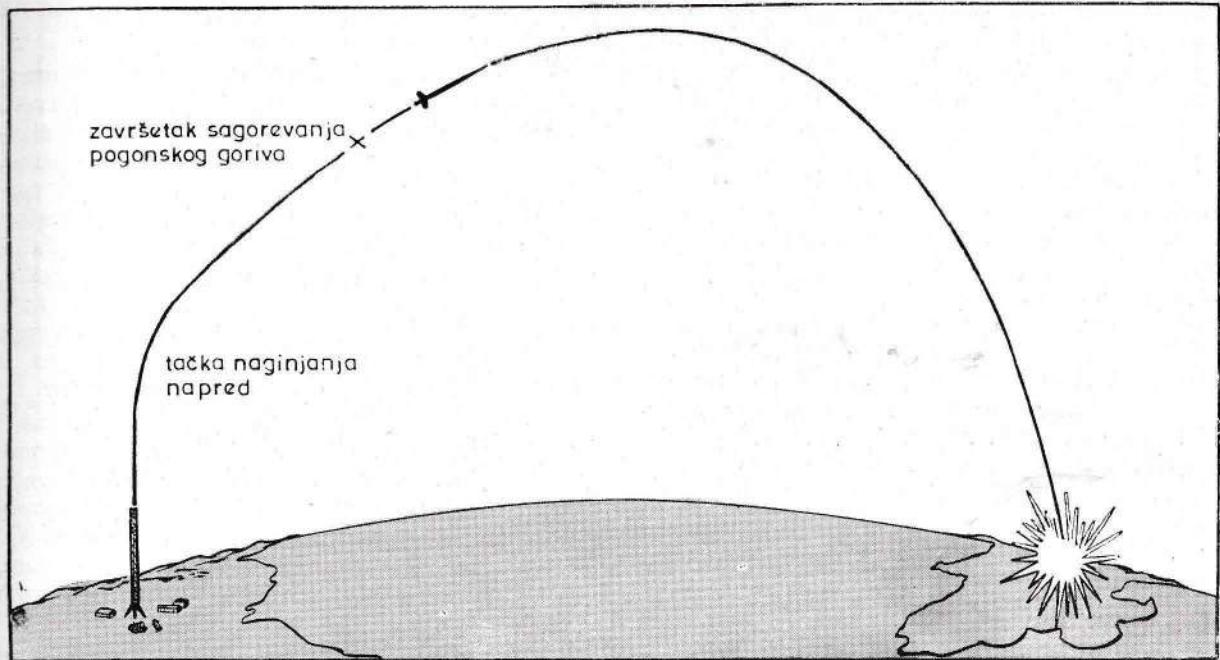
Artiljerijska putanja kojom projektil leti ima polazni ugao i ugao napada manji od 45 stepeni. Ona predstavlja krivu prikazanu na slici 509. Zbog trenja koje nastaje usled gustine atmosfere, letovi po ovoj putanji na visinama do 9000 m ograničavaju se na brzine manje od brzine zvuka.

POLOŽENA PUTANJA

Položena putanja je vrsta putanje koju upotrebljavaju vazduhoplovni i projektili zemlja-zemlja o kojima je reč u ovoj knjizi. Visina srednjeg dela putanje održava se konstantno između 9000 i 27.000 m. Izabrana visina najbolje odgovara upotrebljenim pogonskim sredstvima. Turbomlazni i nabojnomlazni motori mogu po-



Sl. 510 — Putanja stalne visine koja je dostignuta penjanjem po spirali



Sl. 511 — Putanja projektila izbačenog pod vertikalnim uglom

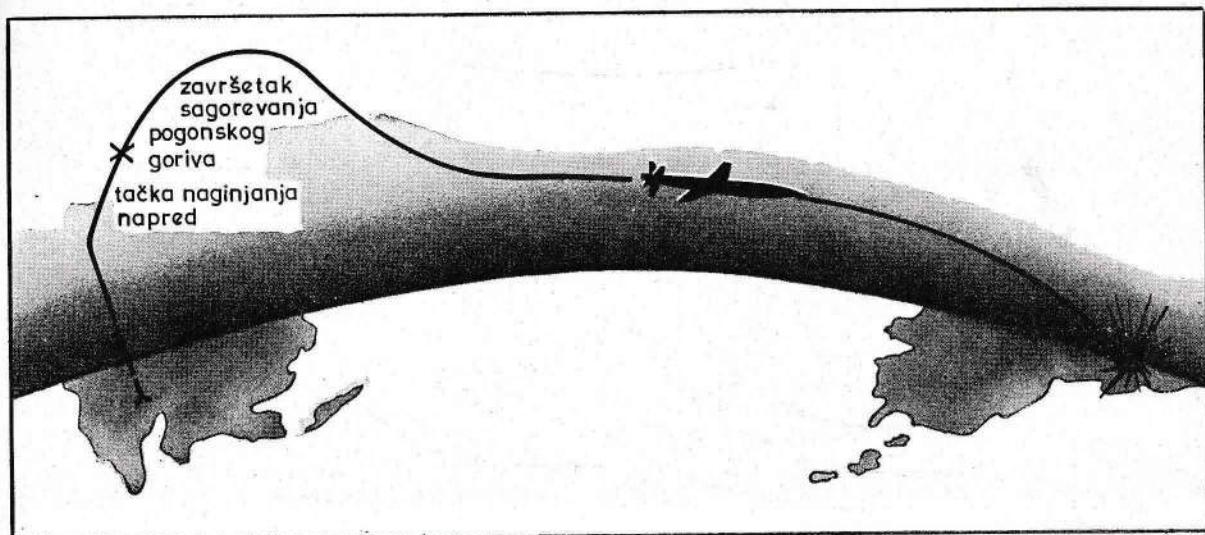
kretati projektile u tom prostoru nadzvučnom brzinom. Takav let prikazan je na slici 510; na toj slici vidi se putanja konstantne visine.

PUTANJE RAKETNIH PROJEKTLILA

Putanja raketnog projektila slična je artillerijskoj. Razlika je u tome što se raketni projektil izbacuje vertikalno. Na slici 511 treba uočiti činjenicu da je projektil izbačen pravo i

da tako i leti sve dok ne prođe slojeve atmosfere koji daju poseban otpor, posle čega se nagnje pod uglom koji je proračunat da se postigne željeni domet. Kao što je na slici pokazano, upadni ugao projektila pri takvom letu prilično je velik. Takav let stvara problem kako da se hlađi projektil kad ponovo uđe u Zemljinu atmosferu.

Veći domet leta projektila može se postići ako mu se dodaju krila. Modifikovana putanja



Sl. 512 — Putanja krilatog raketnog projektila

dobijena pod takvim uslovima pokazana je na slici 512 kao putanja krilatog projektila. Prvi deo leta projektila (dok gori pogonsko gorivo) i deo leta do vrha putanje isti su kao ranije. Pri jedrenju niz putanju, krilati projektil ulazi u sloj atmosfere koji je dovoljno gust da krila stvore uzgon. Ovaj uzgon nateruje projektil da opet krene nagore, i to u skoku, kao što se vidi na slici 512. Ako se to želi, visinom ovog skoka može se tako upravljati da se na izvesnom rastojanju održi konstantna visina leta projektila. Pošto je tokom tog vremena usporavao let i uskoro izgubio brzinu koja je potrebna da se održi neophodni uzgon, projektil počinje da jedri strmo ka zemlji. Takva putanja je pogodna za to da se poveća domet i smanji zagrevanje projektila usled trenja.

PRIRODNI ČINIOCI KOJI UTIČU NA PUTANJU

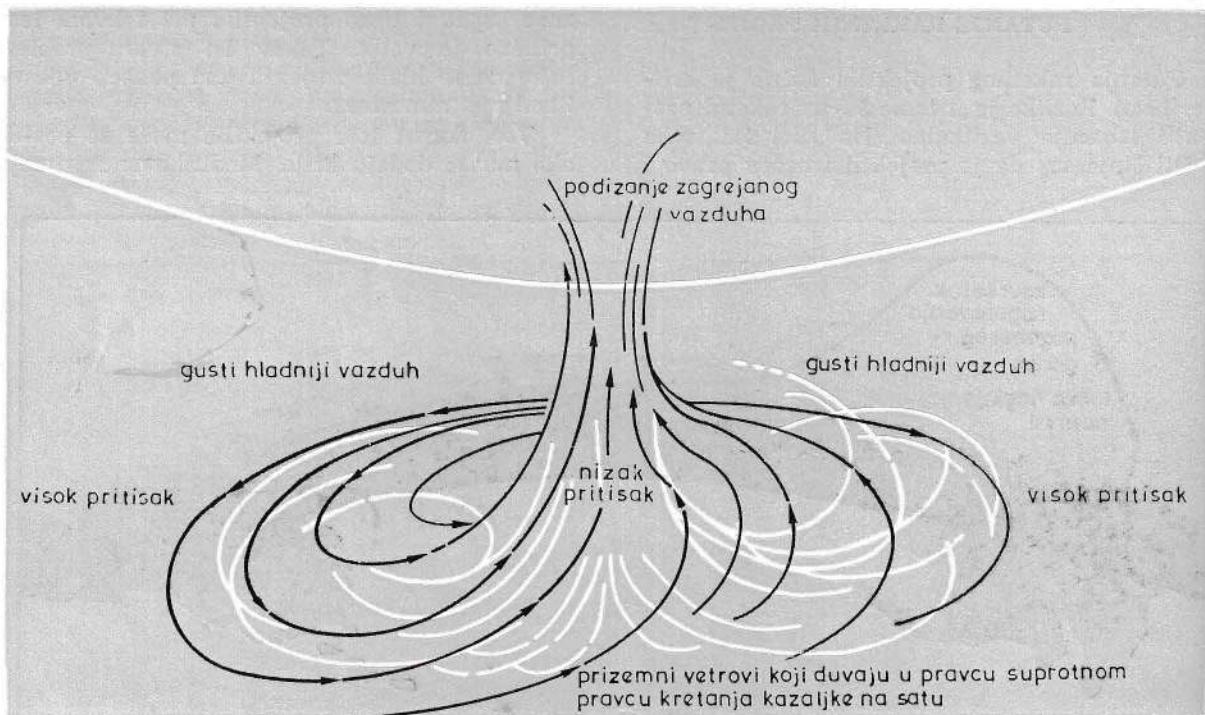
Dosad je od činilaca koji utiču na putanju razmatran samo projektil. Pošto projektil, potpuno ili delom, leti kroz atmosferu koja okružuje Zemlju, mora se u potrebnom obimu razmotriti kako na putanju utiču meteorološki fenomeni (atmosfera) : Zemlja.

UTICAJ METEOROLOŠKIH USLOVA

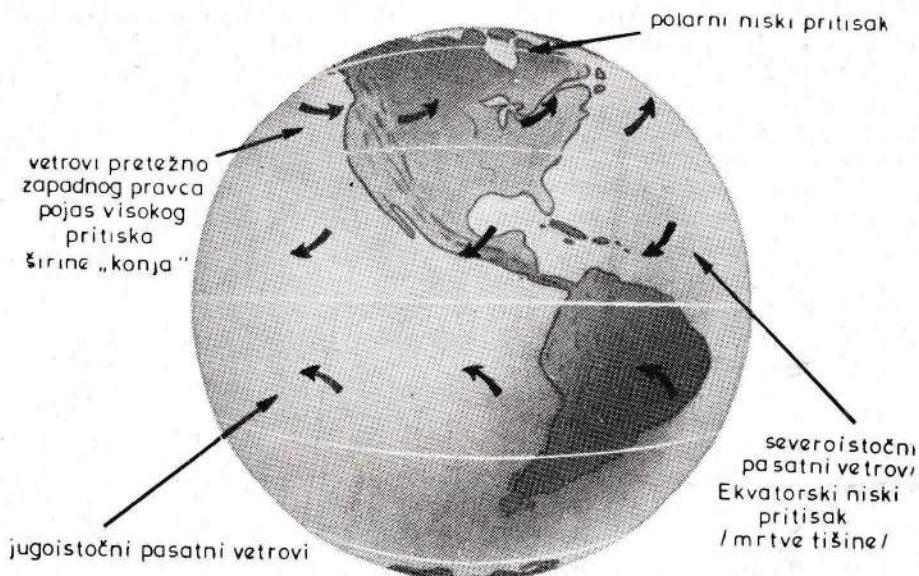
Vreme ograničava naše akcije, a u izvesnoj meri utiče čak i na to kako i gde će ljudi živeti. Ono je verovatno jedini krupan prirodni činilac koji je izazivao promene civilizacije. Samo, vreme kakvo ga ljudi poznaju — u obliku magle, kiše, snega, grada i susnežice, — ne postoji na visinama iznad 10.000 metara, tako da ti činoci ne smetaju letu dalekometnih projektila. *Vetar* je glavna manifestacija vremena koja utiče na let ovih projektila. Vetrovi izazivaju razlike u atmosferskom pritisku koje su u prvom redu rezultat razlika u temperaturi.

Vazduh je smeša gasova koji su elastični i veoma stišljivi. On čini omotač Zemlje, debljine preko 240 kilometara. Gustina vazduha opada kad visina raste. Ako se vazduh iznad izvesnog dela Zemljine površine zagreva jače, on se širi i usled toga postaje ređi. Kao što je prikazano na slici 513, okolni hladniji vazduh tera ređi vazduh naviše.

Treba obratiti pažnju na to kako se rašireni vazduh, dospevši do izvesne visine, kreće ka oblasti hladnog vazduha. Ovo kretanje vazduha na velikim visinama oslobađa oblasti ispod sebe izvesnog dela težine vazduha koja je pritisivala naniže; prema tome, pritisak ispod zagre-



Sl. 513 — Obrazovanje zona niskog vazdušnog pritiska



Sl. 514 — Pravci duvanja svetskih vetrova

janog vazduha opada. U isto vreme, u hladnije oblasti došla je nova količina vazduha, pa je težina vazduha u njima porasla; znači, pritisak u hladnjim oblastima raste.

Razlike u temperaturi vazduha nastaju usled promene deklinacije Sunca s dolaskom leta i zime, usled toga što neki delovi Zemljine površine danju apsorbuju ili noću zračenjem gube više sunčane toplosti nego drugi.

Razlike u temperaturi vazduha izazivaju njegovo kretanje u obliku vetrova. Na vetrove mnogo utiču okretanje Zemlje i drugi činioци. Zbog dejstva tih činilaca, prizemni vetrovi ne duvaju pravo i stalno iz hladnjih predela ka toplijim predelima.

VETROVI

Na slici 514 prikazani su uslovi iznad ekvatora gde pojas vazduha niskog pritiska okružuje Zemlju. Na obema stranama tog pojasa postoje pojasevi visokog pritiska. Pojas na Severnoj hemisferi leži uglavnom između 30° i 40° širine. S druge strane pojaseva visokog pritiska pritisak se smanjuje prema polovima. Ove godišnje pojaseve često prekidaju izvesna druga strujanja atmosfere.

Kao rezultat postojanja pojasa visokog pritiska, postoji kretanje vazduha po površini Zemlje ka oblastima nižeg pritiska. Rezultat toga je opšti pokret vazduha iz oblasti koja leži između 30° i 35° severne, odnosno južne širine. Kad bi Zemlja bila nepokretna, pravac tog kretanja vazduha bio bi direktno između oblasti

sa različitim pritiskom. Ali, Zemlja se brzo obrće. Ovo obrtanje čini da pravac kretanja vazduha na Severnoj hemisferi skreće udesno, a na Južnoj hemisferi ulevo. Vazduh u kretanju skreće od svog normalnog kursa, snižavajući gradijent pritiska, a pravac vetra u bilo kojoj tački zaklapa sa linijom nagiba gradijenta prav ugao. No na visinama do 600 metara iznad Zemljine površine, veter, zbog trenja, preseca gradijent pod uglom veličine između 45° i 90° . Kao rezultat tih uslova, severni vetrovi na ekvatorijalnoj strani pojasa visokog pritiska postaju severoistočni (severoistočni pasatni vetrovi). Južni vetrovi na polarnoj strani postaju jugozapadni, pretežno zapadni vetrovi severnih širina. Na Južnoj hemisferi postoje jugoistočni pasatni vetrovi i pretežno severozapadni. Ovi se pravci često menjaju usled postojanja zemljilišnih masa u dotičnoj oblasti. Pravi vetrovi postoje samo na velikim otvorenim morima.

Mrtve tišine — oblasti relativno bez vetra, a sa puno vlage i mnogo kiše — postoje na ekvatoru. Zagrejani vazduh penje se iznad ove tačke. Pošto se unekoliko rashladi, on se oslobođa vlage putem poznatih tropskih pljuskova.

Na velikim geografskim širinama (polarna ivica pasata) vetrovi su takođe slabi i sveži. Vreme je ovde vedro i sveže; hladan vazduh se spušta s visina jer mu je vlažnost relativno niska.

Nizak pritisak u polarnim oblastima rezultat je dejstva centrifugalne sile na atmosferu.

Obrtanje Zemlje teži da zbaci atmosferu u oblasti ekvatora, što bi se i desilo kad ne bi bilo gravitacije i fluidnih osobina vazduha. Prema tome, vetrovi na površini Zemlje duvaju na sever, odnosno na jug, pa se zatim na velikim visinama vraćaju od Severnog pola ka jugu, a od Južnog pola ka severu, sve dok se na pomenutim širinama ne sretnu sa ekvatorskim vazduhom, gde se ponovo spuštaju da bi obrazovali pasatne i pretežno zapadne vetrove.

Mlazne struje. Sve do pre nekoliko godina bilo je malo prilike da se prouči kretanje vetra u gornjim slojevima atmosfere. Za razmatranje tog pitanja moraju se modifikovati teorije o vetrusu. Dok je uticaj obrtanja Zemlje na pravac vetra i u gornjim slojevima atmosfere sasvim jasan, uticaj pritiska je suprotan, jer u tim slojevima vetrovi duvaju iz oblasti s niskim pritiskom u oblast s visokim pritiskom. Odsustvo trenja sa površinom Zemlje ima za rezultat strujanja na koja potpunije utiče visina pritiska u pojedinim oblastima. Mlazne struje su oni jaki vetrovi na velikim visinama koji se kreću u pravcu istoka kroz relativno uzak pojas često neverovatnim brzinama — izmerene su i takve koje su dostizale 510 km/h.

U horizontalnom pravcu mlazne struje mogu da zалутају na jug do 20° , a na sever do 70° širine, prilično iznad Arktičkog kruga. Što se tiče vertikalnog pravca, njihove visine variraju od 6000 pa do preko 12.000 metara. Po jednoj teoriji, mlazne struje su posledica sudaranja toplih i hladnih vazdužnih strujanja uz pretvaranje njihove potencijalne energije u energiju kretanja. Druga teorija objašnjava da su struje o kojima je reč rezultat obrtanja Zemlje.

Sada je problem kako da se ove mlazne struje predskazuju a da se ne mora ići gore

da bi se one merile. Veruje se da su ključni za otkrivanje približnog položaja mlažnih struja četiri vrste oblaka: cirusi u obliku potočića, visoki cirokumulusi, altokumulusi i talasasta vrsta altokumulusa koji se često proteže od jednog do drugog horizonta. Isto tako, čoveku se čini, kad posmatra nebo, da zvezde trepere brže kad se visoki slojevi vazduha brzo kreću. Brojanje treptaja tog svetlucanja možda može da pruži ključ za određivanje kako brzine, tako i visine tih vetrova.

Mlazne struje su značajne pri planiranju leta projektila. Kad se jednom predstave na karti tako da se mogu predskazati, onda će se iskorisćavati. Letovi preko Pacifika već su izvođeni duž ovih struja za vreme zime kad su one povoljne. Koristeći se mlažnim strujama, avioni mogu da propuste uobičajeno uzimanje goriva na Uejk Ajlendu (Wake Island). Može se shvatiti kakva bi to korist bila kad bi se znali putevi svake mlažne struje duž rute jednog međukontinentalnog projektila da bi se povoljne mogle iskoristiti, a nepovoljne mimoći. Budući trgovački brodovi verovatno će jezdit mlažnim strujama isto onako kao što su stari jedrenjaci jurili ispred pasatnih vetrova.

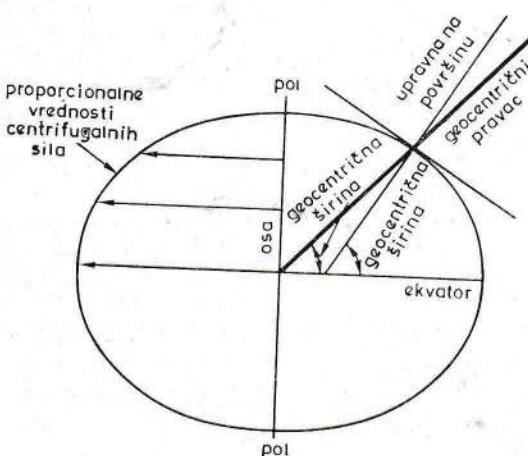
Kao što je rečeno, pri letu projektila dolaze do izražaja navedeni meteorološki uticaji. Oni se ispoljavaju u velikoj meri u obliku zanošenja projektila, menjajući njegov kurs iznad Zemlje.

Drugi fenomeni Zemlje takođe mogu znatno uticati na kurs projektila. Neki od njih, kao što su pravac dejstva sile Zemljine teže ili magnetske distorzije, može da oseti i sam sistem za vođenje. Usled obrtanja Zemlje nastaje *Koriolisova sila* koja utiče neposredno na kretanje projektila. Uticaj te sile mora se kompenzirati sistemom za vođenje.

UTICAJI GRAVITACIJE NA LET PROJEKTILOA

Čitalac sigurno veruje da je libela koja je postavljena na izvesnu površinu horizontalna kad se njen mehur nalazi na sredini. Isto tako je siguran da konac viska pokazuje normalu u odnosu na površinu Zemlje. Sila koja dejstvuje na ta dva predmeta da bi dala pomenute rezultate naziva se gravitacija. U fizici gravitacija se definije kao privlačna sila između dva težišta. Malo proučavanja doveće do paradoksalne situacije u vezi s ovom definicijom.

Zemlja nije pravilna lopta, već telo poznato pod imenom elipsoid. To je lopta spljoštena na polovima. Ako se prouči slika 515, može se videti da normala na tangentu u bilo kojoj tački Zemljine površine, osim ekvatora i polova, ne



Sl. 515 — Veoma povećani eliptični poprečni presek zemlje

prolazi tačno kroz središte Zemlje. Iz toga izlazi ili da je definicija gravitacije pogrešna, ili da postoji greška u sredstvu za merenje pravca gravitacione sile.

U stvari, tačno je da je definicija gravitacije, izvedena samo na osnovu toga kako se vidi da dejstvuje, nepotpuna. Sila koja čini da se konac viska postavlja u pravcu normale na površinu Zemlje jeste sila poznata pod imenom *prividna gravitacija*. Prividna gravitacija je rezultanta prave gravitacije plus centrifugalne sile koja postoji usled obrtanja Zemlje. Zemlja se obrće oko svoje ose. Kao rezultat toga, centrifugalna sila deluje u pravcu upravnom na tu osu. Jačina kojom centrifugalna sila deluje na neki predmet na Zemljinoj površini srazmerna je njegovoj udaljenosti od ose. Prema tome, centrifugalna sila najveća je na ekvatoru, a na polovima je jednaka nuli, pošto je tu i poluprečnik u odnosu na osu smanjen na nulu.

Pošto je prividna gravitacija rezultanta centrifugalne sile i prave gravitacije, Zemlja je dobila izgled elipse. Obrazovanje ovog oblika, izazvano prividnom gravitacijom, delovalo je na svaku od čestica od kojih je sastavljena Zemlja.

Prividna gravitacija deluje upravno na površinu Zemlje, sem na pojedinim mestima gde je velike planine ili naročito gusti podzemni slojevi skreću u pravcu gušće mase. Do izvensnog skretanja pravca gravitacije od pravog vertikalnog pravca dolazi i zbog kretanja koja nastaju usled plime i oseke.

Izuvez ovih lokalnih varijacija u gravitaciji, sila gravitacije može se smatrati kao sila koja deluje upravno na Zemljiniu površinu i ispoljava svoj uticaj na telo u *mirovjanju* na toj površini. Svako telo u kretanju dodaje još jednu silu koja menja prividnu gravitaciju. Pošto centrifugalna sila doprinosi jačini prividne gravitacije, svako kretanje izvesnog tela po Zemljinoj površini ili iznad nje menja uticaj centrifugalne sile na to telo, pa prema tome menja i prividnu gravitaciju koja deluje na njega.

UTICAJ KORIOLISOVE SILE

Projektil koji se kreće u bilo kom pravcu iznad površine Zemlje neprestano teži da se na severnoj hemisferi okreće udesno, a na južnoj ulevo. Njegovo stvarno kretanje je rezultanta ove težnje i postojanja drugih sile koje u datom slučaju na njega dejstvuju. Skretanje projektila udesno ili ulevo rezultat je uticaja dva kretanja, i to obrtnog kretanja Zemlje i kretanja projektila u odnosu na površinu Zemlje.

Sila koja izaziva ovo skretanje poznata je pod imenom *Koriolisova sila*.

Neka se pogleda predmet koji se na Severnoj hemisferi kreće prema istoku Zemlja se obrće u istočnom pravcu. Predmet trpi uticaj sve jačeg centrifugalnog dejstva, jer se kreće prema istoku. Prvac dejstva ove povećane centrifugalne sile upravljen je pravo od ose Zemlje; posledica ovog je skretanje predmeta udesno od pravca prema istoku. Treba ispitati slučaj čestice na slici 516, na kojoj »P« označava prvac oko Zemlje koji je suprotan od nas.

Ako bi »P« bilo relativno učvršćeno iznad površine Zemlje, jedina sila koja bi delovala na njega bila bi prividna gravitacija duž linije »Pg«. Pošto se »P« kreće u pravcu istoka brže nego Zemljina površina, ono ima i veću ugaonu brzinu nego ona; zbog toga na njega dejstvuje jača centrifugalna sila. Ova sila deluje upravno na Zemljiniu osu kroz »P« u pravcu »c« orijentisanom u stranu suprotnu od Zemlje. Međutim, komponenta vektora »Pc« koja utiče na tačku »P« upravljena je u pravcu ekvatora ili udesno od stvarnog kretanja tačke. Komponenta je predstavljena sa »Pz«.

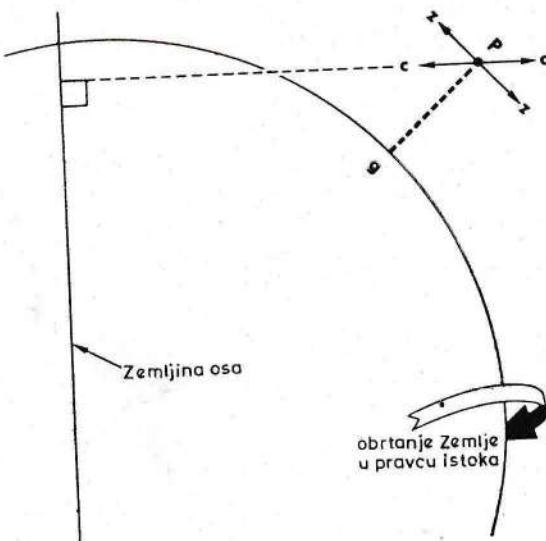
Ako bi se tačka »P« kretala u pravcu z pada, centrifugalna sila bi se smanjila u pravcu »Pc'«. Horizontalna komponenta bila bi »Pz'«, opet desno od pravca kretanja.

Ovo skretanje udesno ili ulevo naziva se »Koriolisovo ubrzanje«. Njegove vrednosti štampaju se u »Vazduhoplovnom godišnjaku« da bi se njima mogli koristiti vazduhoplovni navigatori. Pri svakom vazdušnom letu oko Zemlje treba uzeti popravku zbog dejstva Koriolisove sile, naročito za putanje projektila velikom brzinom.

Koriolisova sila dovodi do skretanja vetrova na Severnoj hemisferi udesno, a na Južnoj ulevo.

MAGNETSKO POLJE

Zemlja je namagnetisano telo. Ona dejstvuje kao veliki sferni magnet s polovima u Arktičkom i Antarktičkom krugu. Kao i sve ostale magnete, i Zemlju okružuje magnetsko polje. Ono je to što utiče na magnetski kompas. Zemlja nije namagnetisana simetrično u odnosu na geografske polove. Magnetski pol na svakoj hemisferi odstupa znatno, ali ne i podjednako od geografskog pola. Po pravilu, magnetska igla ne pokazuje pravac geografskog pola, nego odstupa od njega za veličinu koja varira od tačke do tačke. To odstupanje poznato je kao magnetska varijacija ili deklinacija.



Sl. 516 — Dejstvo Korioliseve sile

MAGNETSKE VARIJACIJE

Sem magnetskih varijacija između pojedinih mesta na Zemlji, postoje još dnevne, mesečne, godišnje i vekovne varijacije. Dok su ove poslednje progresivne i po svojoj veličini znatne, prethodne tri su periodične i u poređenju s vekovnim sasvim beznačajne. Pošto su sve te veličine merljive, one mogu imati velikog uticaja na tačnost proračuna, koji zahtevaju precizno poznavanje magnetskog dejstva.

Inklinacije. Magnetska igla slobodno obešena u Zemljinom magnetskom polju kreće se u vertikalnom smislu sve dok se ne postavi平行 sa Zemljinim totalnim magnetskim poljem. Vertikalna komponenta Zemljinog magnetizma poznata je pod imenom *inklinacija*. Inklinacija ne postoji na magnetskom ekvatoru koji leži blizu geografskog ekvatora. Idući od magnetskog ekvatora, inklinacija raste, dok na magnetskom polu ne postane vertikalna.

Intenzitet. Pravac u koji se postavi slobodno obešena magnetska igla pokazuje pravac polja. U tom položaju ona je paralelna sa maksimalnim magnetskim intenzitetom Zemlje. Intenzitet je broj silnica magnetskog fluksa koji otpada na jedinicu poprečnog preseka polja. Za merenje ovog intenziteta može se upotrebiti instrumenat koji radi na istom principu kao fluksni ventil žiroskopskog kompasa.

Magnetske oluje. Zemljino magnetsko polje je predmet povremenih kolebanja koja traju od nekoliko trenutaka do nekoliko dana. Ova kolebanja zovu se *magnetske oluje*. One nastaju usled naglih promena u električnim strujama

koje cirkulišu unutar Zemlje i u prostranstvu koje okružuje Zemlju. One se, očito, dešavaju retko, imajući izvesnu vezu s aktivnošću Sunčevih pega. Mogu se pojaviti istovremeno iznad cele Zemlje ili se ograničiti na izvesno područje.

Veličina njihovog uticaja na kompas na nižim širinama retko kad prelazi pola stepena, ali je na višim širinama od većeg značaja. Polarna svetlost dokaz je njihovog postojanja.

Lokalne magnetske anomalije dešavaju se u oblastima gde mineralne materije u Zemljinoj kori imaju magnetska svojstva. Veličina ovog uticaja može se odrediti jedino geomagnetskim merenjima.

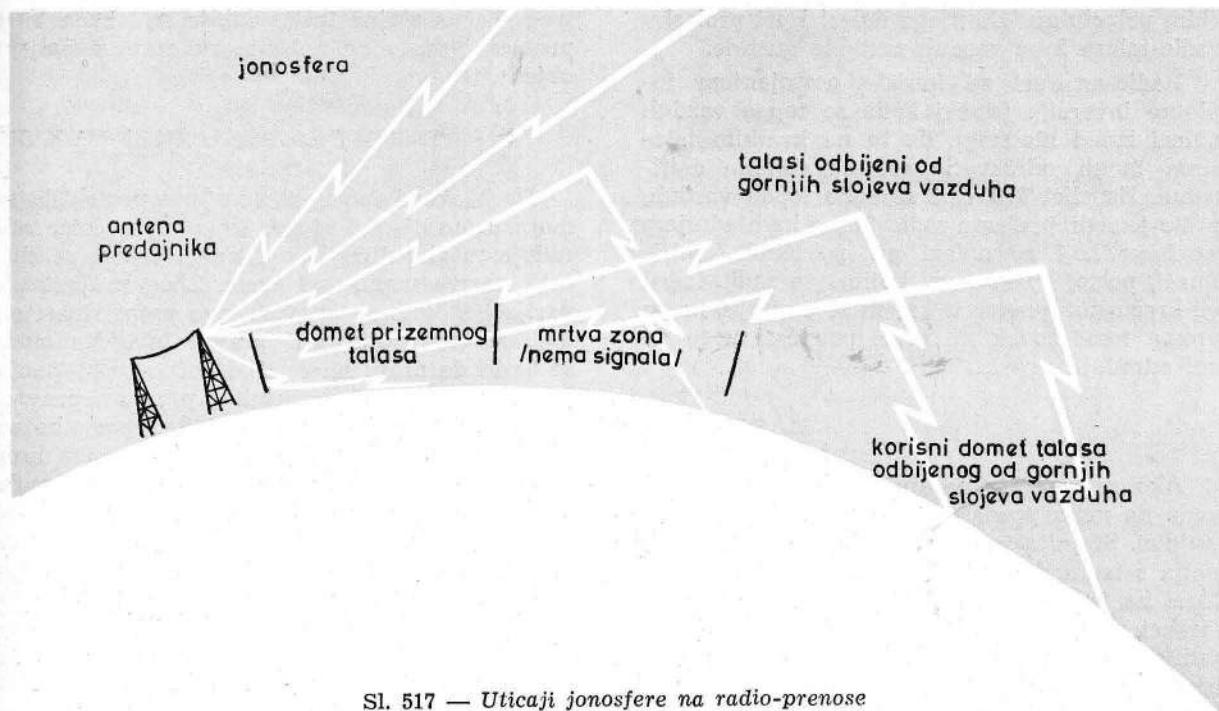
PRAKTIČNA NAVIGACIJA

Razmatranje pitanja navigacije projektila zemlja-zemlja, potrebno je početi onde gde običan vazduhoplovni navigator prestaje da se koristi. Vazduhoplovna navigacija je veština, a ne egzaktna nauka. Zbog uslova pod kojima navigator mora da primeni tu veština i dozvoljenih grešaka instrumenata koji mu stoje na raspolaganju, njegova tačnost je ograničena. Zbrojena i astronomска navigacija, sa preciznim pomoćnim radio-navigacijskim sredstvima za upravljanje pri kraju leta i tačnim držanjem kursa, mogu se zadovoljiti i tačnošću u granicama od nekoliko kolimetara. Ali projektil retko kad ima uređaj za samonavodenje pomoću radio-snopa, a nema ni pilotažni uređaj pomoću kojeg bi mogao da ostvaruje vođenje, pa zbog toga njegov sistem za automatsku navigaciju mora imati savršenu tačnost.

ODREĐIVANJE MESTA CILJA PO KARTI

Prvi problem je određivanje mesta cilja. Cilj mora biti tačno određen u odnosu na lansirno mesto. Da bi se to učinilo, potrebno je koristiti se kartom. Karte daju izgled Zemljine površine i mesta veštačkih objekata, a izdaju se u obliku koji je pogodan za rukovanje.

Da bi se karta učinila pogodnom za upotrebu, mora se nešto žrtvovati od njene tačnosti. Izvesni mali objekti moraju se predstaviti većim nego što su. Na primer, linija koja predstavlja put može u razmeru karte biti široka gotovo jednu milju. Zemlja ima krivu površinu. Zbog toga, da bi je predstavila u ravni, karta mora u izvesnoj meri da izvitoperi prostor koji prikazuje. Način na koji se površina »rasteže« da bi se načinila ravna karta zove se *projekcija*. Druga krupna teškoća je netačnost originalnih podataka na osnovu kojih se karta izrađuje. Onima koji znaju samo za karte svoje zemlje



Sl. 517 — Uticaji jonosfere na radio-prenose

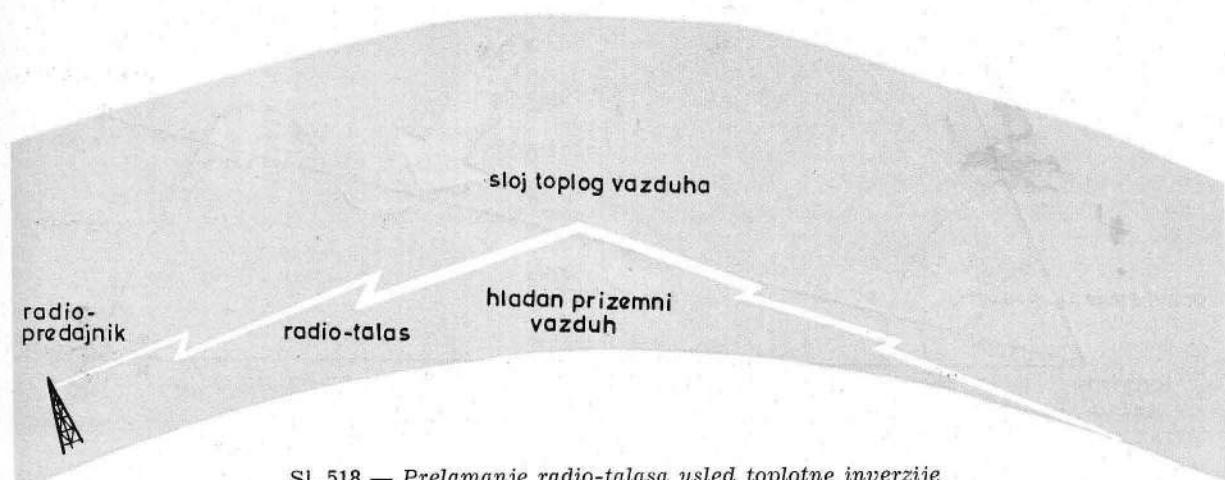
to je nejasno, ali valja znati da su karte drugih delova sveta izrađene s greškama čija veličina nije poznata. Mada izgleda da je Zemlja najpostojanija, njena površina je veoma podložna promenama. Zemljotresi, morske plime i oseke i erozije su primeri koji jasno ukazuju na neprestano menjanje Zemljine površine.

RASPROSTIRANJE RADIO-TALASA

Sistemi vođenja koji se koriste radio-talasa veoma teško mogu tačno da odredе mesta neke tačke. Na rasprostiranje talasa utiče stanje predela iznad kojih se oni kreću i stanje etera kroz koji oni putuju. Vazduh utiče preko nekoliko činilaca. Poznat je uticaj jonosfere na kratke talase pokazan na slici 517.

Poremećaj koji magnetska oluja može da prouzrokuje u radio-prijemu takođe je vrlo dobro poznat. Kad učestalost radio-talasa dostigne stepen koji se označava kao vrlo visok i preko toga, onda čak i gustina vazduha ima uticaja na radio-prenose.

Prelamanje talasa koji prolaze kroz sredine raznih gustina objašnjeno je u odeljku o fizi-



Sl. 518 — Prelamanje radio-talasa usled toplotne inverzije

čkim principima. Do njega dolazi i pri prolasku radio-talasa kroz vazduh različite gustine.

Radio-amateri se koriste postojanjem toplotne inverzije (slučaj kada se topao vazduh nalazi iznad hladnog), da bi na kratkim talasima mogli održavati vezu na velikim daljinama. Na slici 518 vidi se kako topao vazduh, pošto je redi, prelama radio-talase ka hladnjem vazduhu koji se nalazi pri površini Zemlje. Znači, postoje uslovi pri kojima se radio-talasi ne kreću duž pravca u kojem se emituju, pa se prema tome čovek ne može pouzdati u to da oni određuju pravac.

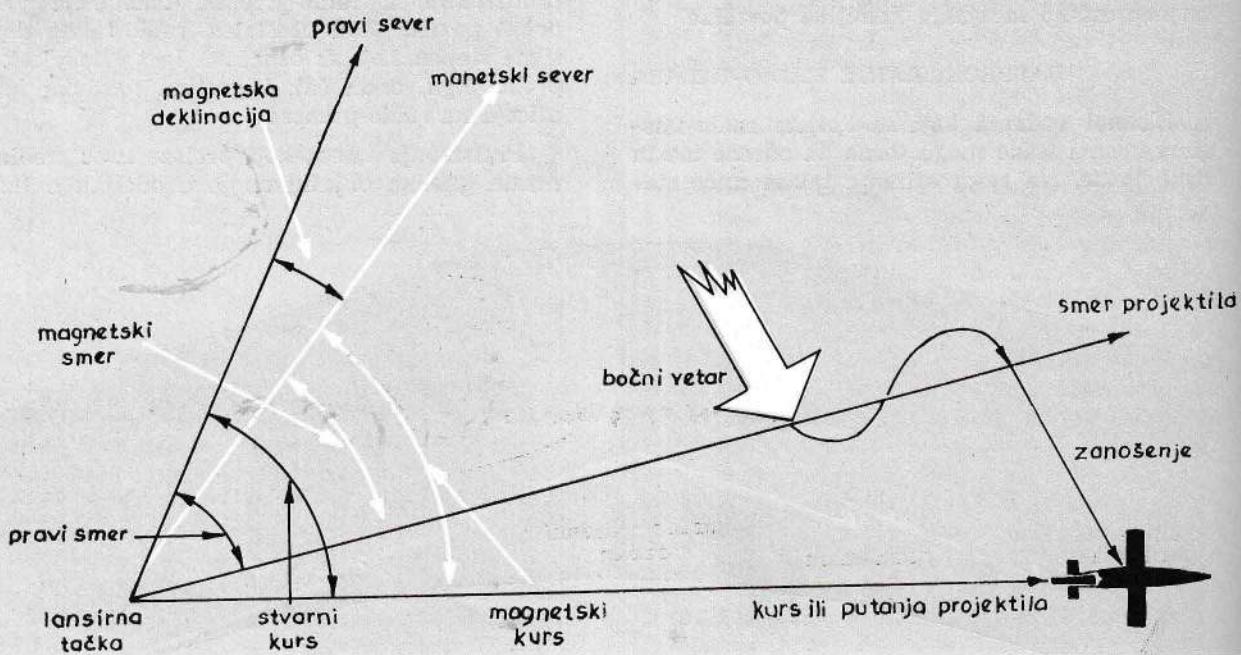
STAJNICA

Ako se nalazite na liniji čiji je direkcioni ugao na neku poznatu tačku poznat, vi ste na stajnici. Stajnica je geometrijsko mesto svih pozicija s istim direkcionim uglom koje su poređane na jednoj liniji. Stajnica se može naći iz direkcionog ugla određenog pomoću kompasa ili radija, zatim pomoću sistema Loran ili astronomskim merenjem. Pozicija se sve dotele ne zna dok se ne pronađe još jedna stajnica koja seče prvu. Tačka u kojoj se sekut dve stajnice poznata je pod imenom stajna tačka. Linija koja čini niz stajnih tačaka zove se kurs ili

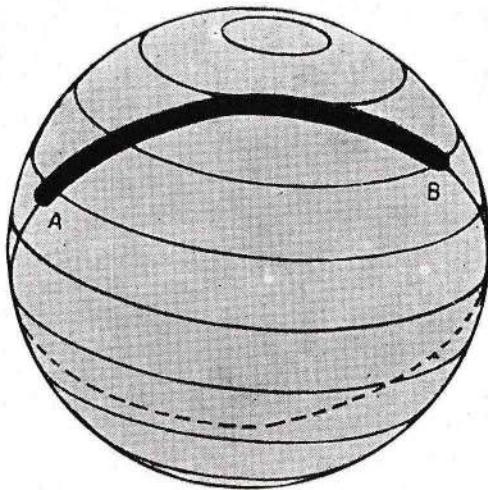
trag. Tačna stajna tačka dobija se i kada kurs preseca pravac na neki markantan zemaljski objekt.

TERMINI KOJI SE ODNOSE NA KURS

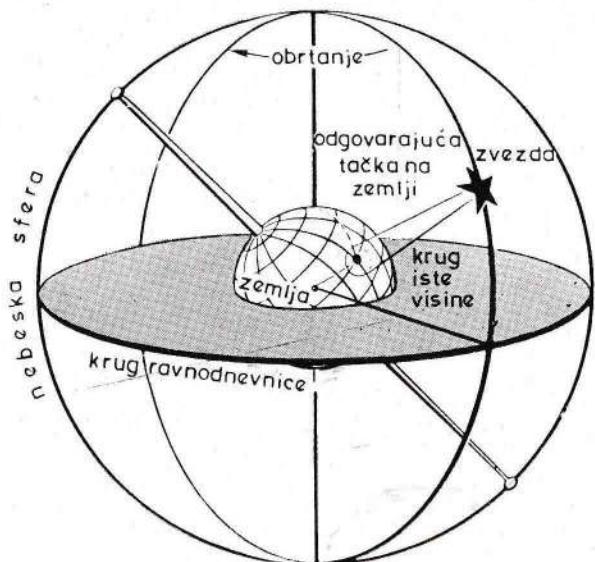
Da bi se održao neki kurs, put projektila se mora usmeriti duž njega. Smer se najčešće određuje magnetskim kompasom, i u tom se slučaju naziva magnetski smer. Zbog magnetskih varijacija često se upotrebljava pravi smer; on daje stvarni geografski pravac leta. No može se desiti da pravi smer usled bočnog odstupanja projektila ne da kao rezultat pravilan pravac. Kao što je prikazano na slici 519, najveće bočno odstojanje dešava se zbog bočnih vetrova kroz koje projektil leti. Izvesno odstupanje može biti i rezultat uzdužnog nagiba projektila. Pravi smer bira se tako da se pri letu na veliku daljinu poklapa sa kursem između dveju kontrolnih tačaka, a pri malim daljinama sa kursem između polazne tačke i cilja. Kurs pravog smera zove se *linija rumba*. Linija rumba je prava linija, ali nije najkraće rastojanje između dveju tačaka na Zemljinoj površini. Ona zaklapa isti ugao sa svim meridijanima koje preseca, pa se zato javlja kao kurs sa jedinstvenim smerom.



Sl. 519 — Zanošenje usled bočnih vetrova



Sl. 520 — Put od A do B po velikom krugu koji prolazi kroz te tačke



Sl. 521 — Pojmovi o nebu

VELIKI KRUG

Najkraće rastojanje između dve tačke na Zemljinoj površini jeste ono koje se dobija merenjem duž velikog kruga. Slika 520 pokazuje značenje izraza »veliki krug«. Veliki krug vezuje dve tačke na liniji koju bi na Zemljinoj površini činila ravan koja bi prolazila kroz te dve tačke i Zemljin centar. Ekvator je veliki krug; isto su to i meridijani (linije dužina). Sve paralele širina sem ekvatora su *mali krugovi*. Kao što se vidi, veliki krug je krug čiji je obim najveći u odnosu na globus koji obavija; prema tome, on se najmanje savija i time daje najkraće rastojanje između dve tačke. Tačno govorеći, veliki krug je malo eliptičan, jer sledi oblik Zemlje. No, uobičajeno je da se zove *pravi veliki krug*.

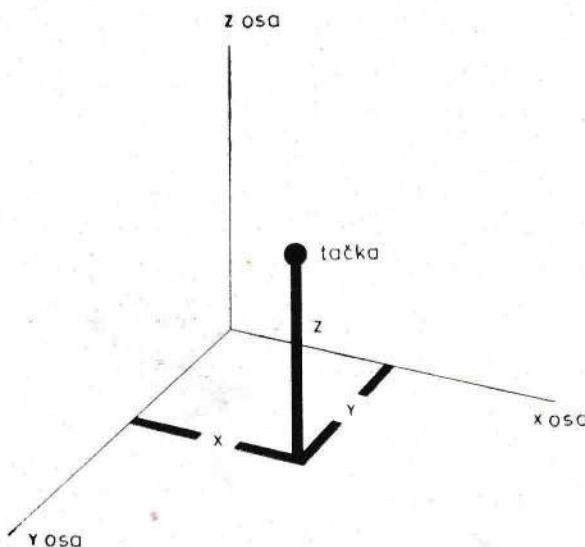
ASTRONOMSKA NAVIGACIJA

Radi pojednostavljenja pojma neba za potrebe astronomске navigacije, uzima se da se zvezde nalaze na unutrašnjoj strani beskonačno velike sfere koja se obrće oko Zemlje na način predstavljen na slici 521. Ova koncepcija nije sasvim nova; nju su izložili već Aristotel i njegovi sledbenici nekoliko stotina godina pre naše ere. Sve se zvezde obrću skupa, ali Sunce, Mesec i planete imaju ekscentrične putanje, pa se razmatraju odvojeno. Pretpostavlja se, a tako i izgleda, da se nebeska sfera obrće oko ose koja je produženje Zemljine ose. U bilo

kom momentu, tačka ili zvezda na nebeskoj sferi nalazi se iznad odgovarajuće tačke na Zemlji, jer se ovaj geocentrični sistem sastoji od dva koncentrična sistema. Položaj osmatrača može se odrediti primenom trigonometrije i nekog instrumenta za merenje uglova, kao što je sekstant. Navigator zna geografski položaj zvezde na Zemlji i njega upotrebljava kao centar za opisivanje luka čiji poluprečnik utvrđuje na osnovu svog osmatranja i računa. Taj luk je deo kruga jednake visine, nazvanog tako zbog toga što zvezda u određenom momentu na svim tačkama njegove periferije ima isti ugao iznad horizonta. Krug jednake visine je nebeska stajnica. Presek dveju ili više nebeskih stajnica daje poziciju ili mesto stajne tačke.

ZVEZDE KAO NAVIGACIJSKE ORIENTACIONE TAČKE

Od svih nebeskih tela zvezde daju najmanju količinu svetlosti, ali se ipak najviše cene kao navigacijske orientacione tačke. Jedan od razloga za to jeste činjenica da su one praktično izvori svetlosti veličine tačke i da se zbog toga na njih može tačno vizirati. Druga još dragocenija karakteristika zvezda je da su one na tako velikim udaljenostima od Zemlje da su zraci koji od njih dolaze gotovo sasvim paralelni, što nije slučaj sa divergentnom svetlošću nebeskih tela našeg Sunčevog sistema.



Sl. 522 — Pravougle koordinate

Planete. Za osmatrača na Zemlji ne postoji relativno kretanje između zvezda, dok takvo kretanje, i to znatno, postoji između planeta, Sunca i Meseca. Kretanje planeta je veoma čudno. U stvari, reč *planeta* značila je kod Grka *latalica*. Kao što se Zemlja kreće po svojoj putanji oko Sunca, to čine i planete. Njihova udaljenost od Sunca i njihove putanje su drukčije od udaljenosti i putanje Zemlje. Sve je ovo razlog što kretanja planete, kad se posmatraju sa Zemlje, izgledaju toliko čudna. U pojedinim momentima izgleda čak da se neka planeta kreće od zapada ka istoku. Zbog toga se planete ne koriste za astronomsku navigaciju.

S druge strane, radi potreba navigacije, zvezde se posmatraju kao da su pričvršćene na svojim mestima na nebeskoj sferi. U stvari, kretanje među zvezdama postoji, ali je teško uočljivo jer je toliko neznatno da treba da prode mnogo godina pre nego što to kretanje ispolji svoj uticaj na običnu navigaciju.

Skala prividnih veličina zvezda. Zvezde se dele prema sjaju. Skala po kojoj se to čini poznata je pod imenom *skala prividnih veličina*; ukoliko je broj niži, utoliko je zvezda sjajnija. U zvezde koje se vide golim okom za vreme noći spadaju zvezde 6. klase i svetlige. Za navigaciju se obično koriste samo zvezde prve dve klase.

Zvezde, takođe, daju svetlost različite boje (raznih talasnih dužina). Ova činjenica je važna kad se za njihovo praćenje koristi elektronska sprava. Neke foto-cevi osjetljivije su na svetlost naročite boje. U takvom slučaju upotrebljavaju se zvezde određenih veličina s uzimanjem popravke zbog boje. Ovo zahteva proveru i sastavljanje novog spiska zvezda prema kolичini svetlosti određenih boja ili talasnih dužina koje one emituju.

ljavaju se zvezde određenih veličina s uzimanjem popravke zbog boje. Ovo zahteva proveru i sastavljanje novog spiska zvezda prema kolici- nini svetlosti određenih boja ili talasnih dužina koje one emituju.

NEBESKE KOORDINATE

Nebeska sfera ima izvesne karakteristike koje odgovaraju Zemljinim karakteristikama. No i pored toga, za određivanje položaja zvezde ne mogu se koristiti širina i dužina jer se Zemlja obrće u nebeskoj sferi. Za utvrđivanje koordinata tačaka na nebeskoj sferi upotrebljavaju se deklinacija i zvezdani časovni ugao. Deklinacija je nebeska širina koja se računa u odnosu na ekvinocijski ili nebeski ekvator. Zvezdani časovni ugao se meri u pravcu od proizvoljno uzetog meridijana poznatog kao *prva tačka ovna*.

Prva tačka ovna je tačka u kojoj Sunce prelazi ekvinocijsku liniju u vreme prolećne ravnodnevica. Ona odgovara pravom Zemljinom meridijanu kao početna tačka za računanje dužina. Putanja Sunca na nebeskoj sferi ne ide po ekvinocijskoj liniji, već po krivoj koja se zove ekliptika, jer je Zemlja nagnuta u odnosu na svoju orbitu oko Sunca. Ekliptika doстиže svoju najseverniju tačku u trenutku letnje solsticije, a preseca ekvinocijsku liniju za vreme ravnodnevica. Prema tome, deklinacija Sunca varira u toku jedne godine od $23^{\circ}27'$ južne širine.

LATITUDE

Kad se uzme u obzir eliptičan oblik Zemlje, pojavljuju se izvesna mala neslaganja. Zbog toga što Zemlja nije prava lopta, za jedno isto mesto moguće je definisati tri različite širine. To su geocentrična, astronomска i geodetska širina. Ako se pogleda slika 515, na kojoj je prikazan eliptičan presek Zemlje, vidi se da je geocentrična širina ugao koji međusobno čine prava povučena kroz datu tačku i središte Zemlje i ravan ekvatora. Astronomска širina je ugao koji sa ravni ekvatora zaklapa prava postavljena upravno na površinu Zemlje. Geodetska širina je isto što i astronomска, izuzev popravki pravca gravitacije zbog lokalnih uslova.

Na slici 515 je eliptični izgled uvećan. U stvari, eliptičnost Zemlje je vrlo mala, tolika da na širini 45° postoji svega 11 minuta razlike između dveju širina — geodetske i astronomске. Ali čak i ova razlika, ako se zbog nje ne računa popravka, može znatno da utiče na tačnost leta dalekometnog projektila.

Kao što je ranije rečeno, najveći problem je predviđanje mesta cilja u momentu stizanja projektila, tako da se može postići pogodak. Ovaj problem je očigledan kod projektila za presretanje ispaljenog na avion koji se kreće. Avion nije sposoban samo za to da se kreće u svom prvobitnom pravcu, nego može i da manevriše. Projektil za presretanje mora da ima superiornije letačke karakteristike, ili superiornije računarske uređaje, tako da može doškotiti manevrima cilja i uspešno završiti presretanje.

Mada ne tako očigledan, problem leta dalekometnog projektila prema cilju na Zemlji umnogome je isti, ako nije čak i složeniji. Valja se podsetiti da se cilj nalazi na Zemlji koja se obrće oko svoje ose okrećući se u isto vreme i oko Sunca. Cilj se tada stvarno kreće u odnosu na inercijalni prostor i opisuje komplikovanu putanju kroz prostor.

U stvari, projektil ne leti prema cilju nego ka tački u prostoru u kojoj se predviđa da će biti cilj u momentu kad projektil stigne. Pošto je pričvršćen na površinu Zemlje, cilj ne može da manevriše, ali mnoge sile koje deluju na projektil ostvaruju takav efekat. Zbog velike daljine na koju projektil ima da odleti, taj je efekat dovoljan da prouzrokuje promašaj. Pri dugom letu i vrlo beznačajna neuračunata sila dovoljna je da skrene projektil mnogo kilometara od cilja. Verovatnoću da projektil neće biti u stanju da udari u cilj, koja potiče od teškoće da se zna tačno mesto cilja na Zemljinoj površini, povećavaju još vetrovi, Koriolisova sila i tolerancije opreme.

Problem projektila i njegovog puta ka cilju rešava se primenom grane matematike koja se zove *analiza putanje*. Odrede se mesta projektila i cilja što je moguće tačnije, pa se onda na kartu nанесе put kojim projektil treba da ide.

GEOMETRIJSKI KOORDINATNI SISTEM

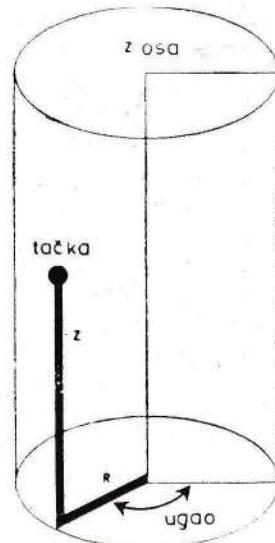
Pošto projektil leti u prostoru sa tri dimenzije — dužina, širina i dubina, moraju se primenjivati trodimenzionalni koordinatni sistemi. Poznati su razni koordinatni sistemi.

Koordinatni sistem ima svoj koordinatni početak. Uopšte, ova tačka je mesto posmatrača ili mesto odakle će projektil poleteti. U praksi, položaj te orientacione tačke mora biti tačno određen i takav da se može predvideti, jer je on polazno mesto za sva merenja. Merenja od orientacione tačke ili početka koordinatnog sistema do cilja vrše se na nekoliko načina. Metod po kome se meri određuje naziv koordi-

dinatnog sistema. Od velikog broja različitih sistema treba poznavati pravougli ili ortogonalni, cilindrični i sferni sistem.

PRAVOUGLE KOORDINATE

Imena većine koordinatnih sistema sama govore o kakvom se sistemu radi, kao što je to slučaj sa nazivom *pravougli koordinatni sistem*. Ovaj sistem sastoji se od tri ose koje stoje upravno jedna na drugoj u zajedničkoj tački, kako je to prikazano na slici 522. Ova tačka preseka je početak sistema. Tačka u prostoru određena je njenim trima udaljenostima duž x, y i z od ravni koje obrazuje svaki par linija.



Sl. 523 — Cilindrične koordinate

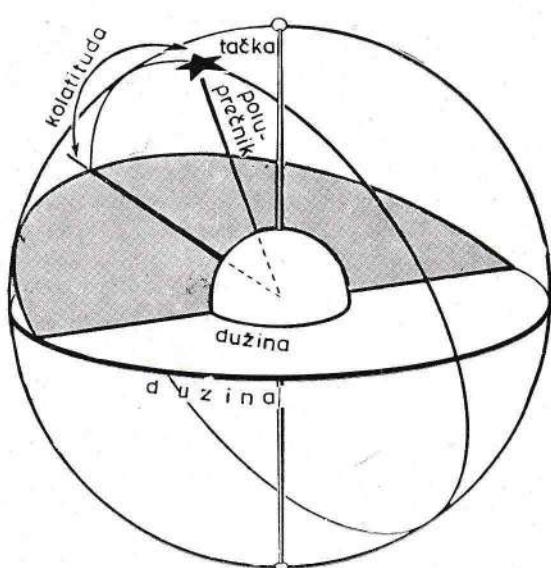
CILINDRIČNE KOORDINATE

U cilindričnom sistemu položaj tačke određen je polarnim koordinatama u horizontalnoj ravni i udaljenosti duž vertikalne ose, kao što je to prikazano na slici 523. Polarne koordinate nije teško shvatiti kad se upotrebe da bi se reklo da se neko mesto nalazi toliko i toliko kilometara severoistočno od nečijeg položaja. Polarne koordinate su pravac (ugao) i duljina (poluprečnik) od koordinatnog početka.

SFERNE KOORDINATE

Sferni sistem je poznatiji kao geografski sistem koordinatata. Na slici 524 stvarno mesto tačke dato je njenom duljinom od početka (poluprečnik), uglom u horizontalnoj ravni poznatim kao dužina i uglom od vertikalne ose koji se zove kolatituda. U sferi početak leži u preseku ose sa horizontalnom ravni.

PRIMENA KOORDINATA



Sl. 524 — Sferne koordinate

Pri analitičkom predstavljanju problema putanje cilj se često uzima za početak koordinatnog sistema. Projektil je tada tačka u prostoru; zadatak se sastoji u tome da se njegove koordinate dovedu na nulu, prouzrokujući tako sudsar između projektila i cilja.

No u slučaju dalekometnog projektila, tačka od koje se može najbolje računati jeste središte Zemlje. I cilj i projektil predstavljaju se u odnosu na taj koordinatni početak, ili u odnosu na neku drugu hipotetičku tačku, na primer tačku fiksiranu u prostoru na predviđenom mestu susreta. Zatim se sastavljaju jednačine kretanja, a pri tom se upotrebljavaju svi izrazi koji definišu bilo koju silu koja utiče na kretanje projektila ili cilja, ili i jednog i drugog. Ti se izrazi potom transformišu, često i nekoliko puta, da bi bili parametarske jednačine u obliku koje sistemi za vođenje i upravljanje mogu efikasno da iskorišćavaju.

U ovoj glavi nije data potpuna studija o putanji projektila, jer se želelo da se samo objasne principi na kojima se zasniva putanja projektila i izrazi koji se često sreću.

Sistemi za vođenje vođenih projektila

Na izbor i primenu sistema vođenja kod vođenih projektila utiču mnogi činioci, ali osnovni uslov koji u prvom redu određuje sistem vođenja je daljina leta projektila. Ovaj uslov dovodi do logične podele sistema vođenja u sistemu vođenja malog i velikog dometa. Faktori koje treba uzeti u obzir pri izboru sistema vođenja nekog projektila su: tačnost, sigurnost od protivdejstva, daljina za koju je sistem upotrebljiv, postojanost i zavisnost od spoljnih činilaca, fizičke dimenzije sistema, jednostavnost u radu i podešavanju, kao i ekonomičnost u proizvodnji.

U prošlosti je suviše često isticano da odgovarajuća količina zrna može obezbediti potrebnu gustinu vatre. Zbog toga je zapostavljena tačnost. Artiljerija ispaljuje nekoliko hitaca oko cilja ispravljujući ih sve dok ne pogodi cilj. Sa dolaskom projektila pojavila se potreba da se pogodak postigne jednim hicem. Visoka cena, kao i složenost projektila zahtevaju absolutnu tačnost. Prvi hitac mora da pogodi cilj. Ukoliko ga ne pogodi, izgubljen je elemenat iznenadenja, a isto tako upropošćen je i jedan skupi projektil. Ovo znači ne samo da vođenje mora da bude tačno, već i sve pripreme pre lansiranja, proračuni i podešavanja moraju takođe da budu apsolutno ispravni. Nisu dozvoljena nikakva odstupanja od sračunatih zahteva. Veća gustina vatre je prihvatljiva, ali velika gustina vatre kao nadoknada za tačnost je isključena.

Idealno vođenje kod svih vrsta sistema vođenja je ono kod koga ne postoje nikakve mogućnosti za protivdejstva. Da bi se preduzele protivmere, projektil se mora otkriti. Projektil

koji sam emituje neka zračenja ili se koristi zračenjem generisanim od lansirnog uređaja, može se otkriti kod cilja na daljinama jednakim daljinama na kojima je on sam u stanju da »vidi« cilj, pa čak i na većim daljinama. Cilj tada može da preduzme mere kako bi izbegao ili neutralizovao svog napadača. Kod projektila koji se za vođenje koristi signalom ili zračenjem generisanim u prijateljskom izvoru za vođenje, predupreduju se protivdejstva korišćenjem ekstremno velikih brzina ili kratkim vremenom leta. U tom slučaju odbrana cilja, pošto otkrije projektil nema dovoljno vremena da reaguje.

Daljina do koje neki sistem vođenja može da deluje diktira njegovu upotrebu. Neki sistemi sa ograničenim dometom, naravno, da se najbolje može upotrebiti za bliske ciljeve, kao u slučaju presretanja aviona i slično. Sistemi sa većim dometom koriste se kao ofanzivni bombarderi.

Polje vida nekog sistema je njegova važna karakteristika. Projektil koji na početku leta ima veliku grešku, ali je ipak još u stanju da odredi pravac i napadne cilj, mnogo je vredniji nego projektil čije je dejstvo ograničeno na jednu usku zonu.

Fizički i električni faktori postaju važni za taktičku pokretljivost projektila. Njegove dimenzije, lako održavanje i zamjenjivanje delova, jednostavno punjenje i rad, kao i ekonomična proizvodnja, moraju se imati u vidu pri konstruisanju novog uređaja.

Kako je razvoj raketne tehnike napredovao tako su menjane i koncepcije o dometu. Na početku pod malim dometom podrazumevao se

domet unutar granica vidne linije. Danas se, pak, projektilom zemlja-zemlja malog dometa smatra onaj projektil koji leti manje od pet stotina milja. Definicija projektila velikog dometa postupno se širila od nekoliko stotina milja do globalnih dimenzija od šest hiljada milja ili slično.

Neki od sistema, koji su izloženi u nekoliko sledećih poglavlja, dati su samo iz istorijskih razloga. Kako su razvijani novi sistemi, pretvodno razvijeni sistemi su zastarevali. Čak i u tom slučaju vredi se upoznati sa prvobitnim sistemima, kako bi se razumeli razlozi koji su doveli do današnjih rešenja na tom polju.

Ovo, međutim, ne znači da će uredaji vremenom biti sve komplikovaniji. Kombinovanje pojedinih principa, kao i proizvođenje tačnih sastavnih delova doveće do toga da u sadašnjim kolima neće više biti neophodna određena poboljšanja. Ova poboljšanja postoje uglavnom samo radi toga da kompenziraju eventualne moguće signale greške. Stoga se na kraju može očekivati jedan prosti i tačan sistem.

Sistemi vođenja mogu se razvrstati prema tipu projektila sa kojim treba da se koriste. Međutim, ovo bi dovelo do dupliranja pri klasifikaciji sistema. Uredaj za vođenje u projektilima vazduh-vazduh mogao bi se takođe koristiti i pri završnom vođenju rakete zemlja-zemlja. Izvesni sistemi vođenja, kao što je radio-komandno vođenje, prvenstveno se koriste u istraživačkoj i razvojnoj fazi da bi se ispitale karakteristike projektila u letu. Drugi sistemi, koji takođe primenjuju radio-veze između projektila i operatora, upotrebljavaju se za ispitivanja i merenja.

Korišćenje kombinacije raznih sistema vođenja kod jednog projektila omogućuje podelu putanje leta u određene faze. Kad projektil sadrži više od jednog tipa uredaja za vođenje, ili kad uredaji za vođenje rade samo na jednom delu putanje, let projektila moguće je podeliti u faze, koje su definisane upotrebljenim tipom uredaja za vođenje u toj fazi leta.

Neka standardna podela u faze, koja bi odgovarala svim situacijama, praktično je neizvodljiva. Kod nekih projektila let sadrži samo jednu fazu ili dve faze, dok kod drugih, koje imaju složenije sisteme vođenja, ceo let sadrži četiri faze, sa pojedinim fazama podeljenim i u periode.

Svi projektili imaju početnu fazu ili fazu lansiranja. Za vreme ove faze projektil predstavlja letelicu. Obično, zbog ubrzanja usled

sile potiska, za vreme lansiranja ne radi nikakav sistem vodenja. Razlozi za ovo izneti su kasnije. Uredaji za vodenje mogu u specijalno konstruisanim sistemima da rade i za vreme faze lansiranja. U tom slučaju faza lansiranja se kombinuje sa sledećom fazom leta.

Kod složenijih sistema posle početne faze dolazi faza kalibracije ili baždarenja. Za vreme faze kalibracije pomoći nekog spoljnog sistema kontroliše se sistem vođenja za srednji deo putanje leta i obavljači ispravke kojim se obezbeđuje pravilna putanja leta. Ova faza traje dok se raketni sistem ne podesi sa minimalnom greškom za željenu putanju leta.

Posle početne faze leta, u većini sistema za srednje i velike domete dolazi faza vođenje za srednji deo putanje. Vođenje u srednjem delu putanje leta je kod ovih projektila osnovni sistem vođenja, pošto ovaj sistem vođenja mora da radi na najvećem delu putanje leta. Od ukupnog vremena leta rakete vođenje za srednji deo putanje radi znatno duže nego svi ostali sistemi zajedno. S obzirom na veliku daljinu na kojoj radi, vođenje za srednji deo putanje mora da ima odgovarajuću tačnost. Kao rezultat zahtevane tačnosti vođenja ovaj sistem sa drži i najveći deo poboljšanja u odgovarajućim kolima i sastavnim delovima, pa je stoga i najteži za proučavanje i razumevanje. U periodima kad vođenje za srednji deo putanje ne može da radi, predviđaju se sredstva kojima se signal vođenja zamjenjuje pomoćnim sistemom.

Završno vođenje je poslednja faza upravljanja letom projektila. Završno vođenje je ona faza leta u kojoj projektil nailazi na cilj. Tu se koristi sistem vođenja malog dometa, koji omogućuje da se projektil samonavodi na cilj sa minimalnom greškom. Završno vođenje može takođe da bude i neki inercijalni sistem, čija tačnost zavisi od tačnosti sistema vođenja za srednji deo putanje. Podatak koji se koristi u završnom inercijalnom sistemu vođenja je podatak o greški dobijen od sistema vođenja za srednji deo putanje sve do trenutka dok vođenje ne preuzme završni sistem vođenja.

Podela faza leta u periode je unekoliko proizvoljnija od podele leta u faze. Ovo je tako zbog razlika u zahtevima i principima rada raznih sistema vođenja. Čak i podela leta u faze, mada pogodna, nije strogo i čvrsto pravilo. Morala se dozvoliti mogućnost pri izradi sistema vođenja da se pojedine funkcije, koje su izložene za nekoliko faza leta, kombinuju u jednu zajedničku fazu rada.

SISTEMI VOĐENJA MALOG DOMETA

Sistemi vođenja malog dometa mogu se podeliti u dva glavna tipa: programirani i komandni. Potpuno autonomni sistemi vođenja dolaze u kategoriju programiranih sistema. Svi podaci neophodni kako za određivanje putanje, tako i za vođenje u završnoj fazi leta uneti su u odgovarajuće uređaje u projektilu pre njegovog lansiranja. Uobičajena definicija programiranog vođenja obuhvata samo prost sistem koji određuje pravac, visinu, vreme ili daljinu leta, kao i programirana skretanja.

Komandni sistem vođenja je onaj kod koga projektil dobija korekcione signale iz nekog spoljnog izvora. Korekcioni signal je komanda

koja aktivira upravljačke uređaje u određenom iznosu. Ovaj signal ne sme se poistovetiti sa signalom greške koji se otkriva pri odstupanju od zahtevanog kursa, visine ili brzine. Sistem vođenja obično prvo otkrije signal greške položaja projektila, a zatim od njega stvoriti korekcioni signal. Pošto se korekcioni signal pravilno formi, vodi se u upravljački sistem.

Iz razloga bezbednosti detaljna diskusija o sistemima vođenja malog dometa prvo bitno je bila izostavljena iz ove knjige. Naknadno dodati podaci o sistemima vođenja malog dometa mogu se naći u posebnom dodatku na kraju ove knjige.

SISTEMI VOĐENJA VELIKOG DOMETA

U ovom poglavlju izneće se načini vođenja kod sledećih sistema: inercijalni sistem vođenja, astronomski sistem vođenja, hiperbolični sistem, sistem sa zemaljskom referencom i magnetski sistem vođenja.

Najprostiji princip vođenja zasniva se na zakonu inercije. Pri gadaњu iz vojničke puške nišandžija pokušava da ispalji kuršum tako da se njegova putanja leta završi na željenom cilju. Drugim rečima, nišandžija usmerava pogonsku silu kuršuma u smeru koji će prouzrokovati da kuršum leti na cilj duž pravilne putanje leta. Međutim, pošto je puška ispaljena više se ne može uticati na let kuršuma. Ako je gađano nеправилно, ako se cilj kreće, ili ako se pojavi neki bočni vетар, cilj će biti promašen. Kuršum u letu ne može da ispravlja svoj kurs, niti može da se samonavodi na cilj.

U nekom prostom sistemu vođenja velikog dometa projektil se u principu ispaljuje na sličan način kao topovsko zrno, a putanja leta takvog projektila je balistička trajektorija. Pravac i daljina leta projektila su pojedinosti koje treba da su tačno određene. Ako bi se cilj nalazio 500 milja severoistočno od lansirnog mesta, projektil bi trebalo da se lansira tako da na pravilno određenoj putanji leti 500 milja sve dok ne dostigne cilj. Ovo, pak, zahteva tačne sigurne instrumente za merenje pravca i daljine.

Medutim, pre razmatranja leta projektila moraju se obaviti tačni i obimni proračuni, kako bi se putanja leta precizno odredila. Jednačine ovog problema mogu da sadrže i faktore uslovljene kretanjem projektila oko svoje tri ose — propinjanja, nagiba i skretanja. Isto tako, ove jednačine mogu da sadrže i faktore koji

potiču od ubrzanja usled spoljnih sila, kao i inercijalnih sila samog projektila.

Izvan granica atmosfere relativno je lako predvideti putanju leta nekog tela. Astronomi to rade već godinama sa izvanredno uspešnim rezultatima. Balistička raketa velikog dometa mogla bi se takođe posmatrati kao telo u slobodnom prostoru, i prema tome na odgovarajući način, mogla bi se sračunati i njena putanja leta. Ovaj tip projektila je najteže presresti. Problem presretanja je analogan presretanju meteorita.

Kad se ima u vidu da je odbrana od neprijateljskih protivdejstava jedan od prvih zahteva kod vojnih projektila, tada bi supersonična balistička raketa bila sasvim idealna. U stvari, tačnost bi se donekle mogla žrtvovati u zamenu za sistem koji je praktično nemoguće ometati. Međutim, kod krajnje savršenog sistema tačnost ne bi bila oštećena, pa bi greška kod cilja bila nula. Razmotrimo sada inercijalne sisteme vođenja.

INERCIJALNI SISTEMI VOĐENJA

Pravi inercijalni sistem vođenja, kao što je napred pomenuto, obuhvata uređaje za merenje pravca i daljine leta. Postoji više načina za obavljanje ovih merenja kao i dodatnih uređaja za smanjenje njihove greške.

OSNOVNI INERCIJALNI SISTEMI

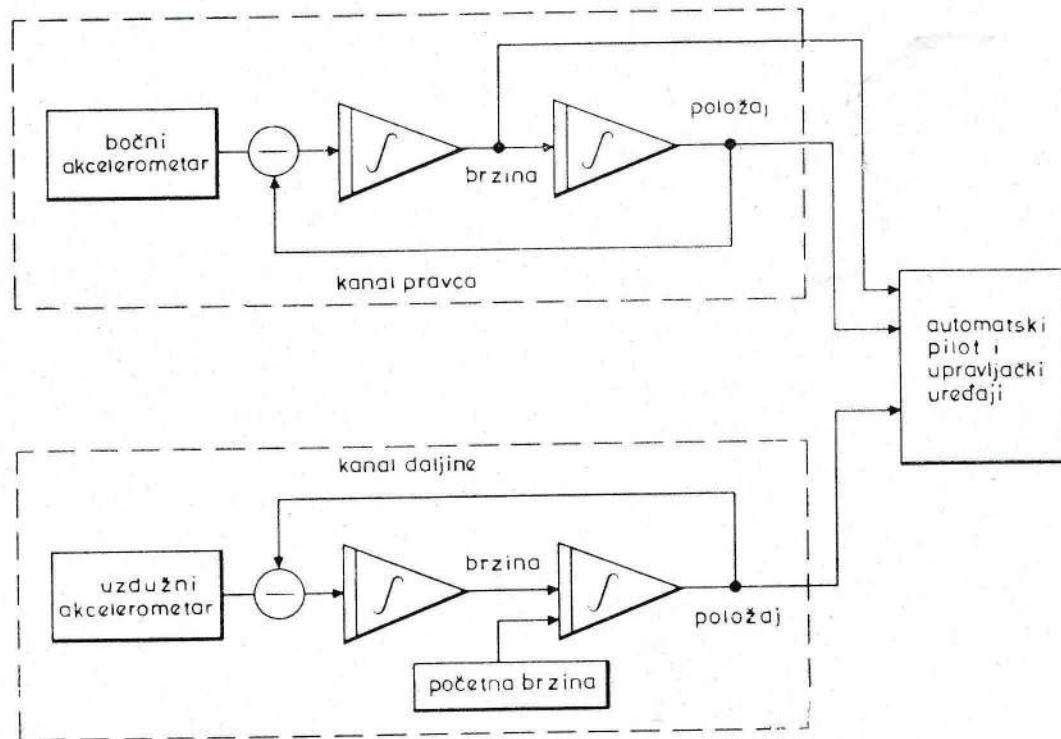
Jedan prost inercijalni sistem vođenja prikazan je na blok-šemi na slici 525.

Ovaj sistem otkriva grešku odnosno odstupanje od željene putanje leta merenjem bočnih i uzdužnih ubrzanja za vreme leta rakete.

Oprema za vođenje sadrži dva glavna kanala: kanal pravca i kanal daljine. Ova dva kanala su sasvim slična. Svaki od njih sadrži po jedan akcelerometar, kao i uređaje za dvostruko integriranje. Akcelerometri otkrivaju promene brzine leta projektila, a da im nije potrebna neka spoljna referenca. Signali sa akcelerometara vode se u računar. Ovaj računar kontinualno sračunava i daje indikaciju o predenoj daljini u pravom letu ili u skretanju, kao rezultat izmerenih ubrzanja. Ovo se ostvaruje integriranjem signala ubrzanja radi dobijanja signala brzine. Ako se zatim signal brzine integrira, kao rezultat se dobija daljina koju je projektil prešao.

nali su neophodni, pošto signal iz žiroskopa automatskog pilota otkriva ugao greške između uzdužne ose projektila i željenog kursa ali ne i apsolutni iznos (veličinu) skretanja sa kursa.

Pošto izlazni signal iz akcelerometra, pored komponente napona koja odgovara stvarnom ubrzanju projektila može da sadrži i komponentu napona koja se pojavljuje usled Zemljine gravitacije, neophodno je da se predviđi i neki način za razdvajanje ova dva napona. Deo signala koji se pojavljuje usled Zemljine gravitacije zavisi od položaja projektila. Ako se ova komponenta signala uslovljena položajem projektila oduzme, ostaje samo signal srazmeran stvarnom ubrzanju projektila. U integratorima

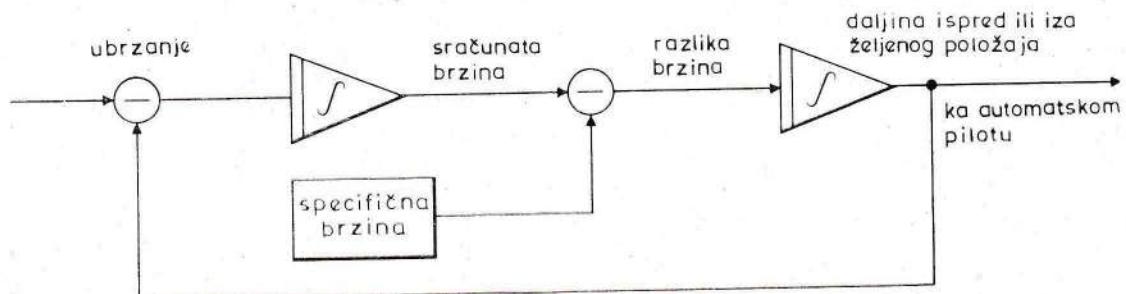


Sl. 525 — Inercijalni sistem za vođenje

Kanal pravca. Izlazni signal iz kanala pravca, ukoliko je projektil na kursu, treba za sve vreme leta da je nula. Ako projektil postupno skreće sa kursa, izlaz iz računara (druga integracija) je napon koji po veličini i znaku (polaritetu) indicira veličinu i pravac skretanja raketne sa kursa. Prvi integrator u kanalu pravca ima izlazni napon koji pokazuje pokretanje od kursa i prema njemu. Ovo je brzinski signal vođenja. Oba ova napona se koriste u automatskom pilotu za određivanje iznosa i smera aktiviranja odgovarajućih uređaja za upravljanje u poprečnom pravcu u odnosu na kurs. Ovi sig-

se koristi samo signal koji odgovara stvarnom ubrzanju projektila i njegovim integriranjem dobija se pređena daljina, odnosno položaj raketne. Podaci o položaju raketne sadržani su u izlaznom signalu (drugi integrator). Ovi podaci se zatim pretvaraju u signal odgovarajuće razmere, koji se oduzima od signala iz akcelerometra. Ovo objašnjava povratnu vezu kod oba kanala sa prethodne slike. Horizontalno ubrzavanje raketne je tada ostatak signala koji se zatim vodi u prvi integrator.

Kanal daljine. Kanal daljine je u radu identičan sa kanalom pravca. Prvi integrator daje



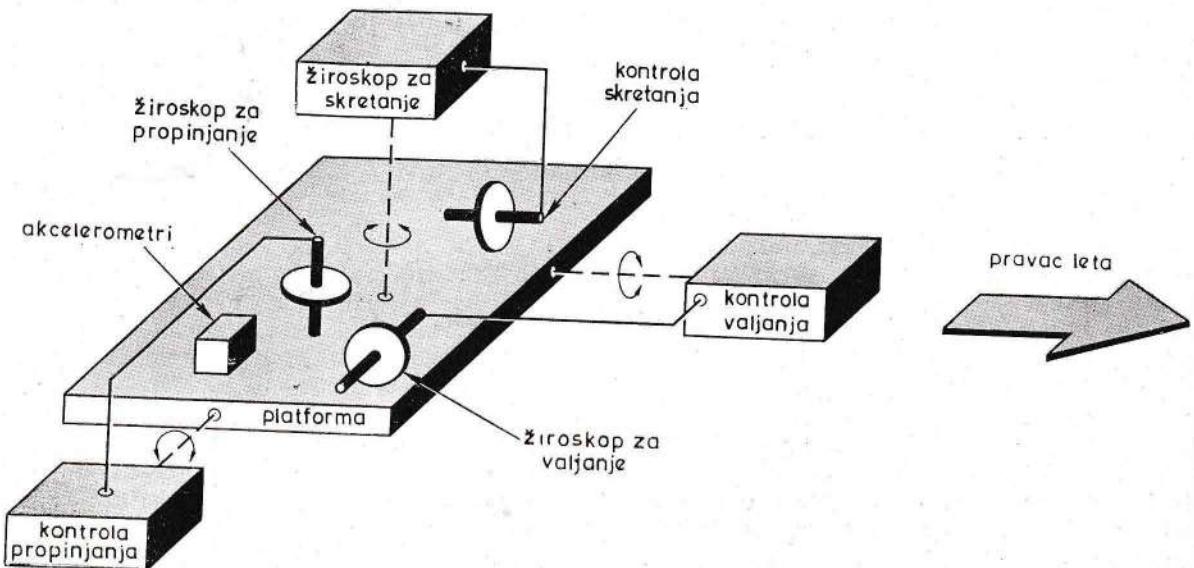
Sl. 526 — Računar koji se koristi određenom brzinom

izlaz čija veličina odgovara brzini projektila. Napon na izlazu iz drugog integratora je srazmeran daljini koju je projektil prešao. Ukoliko ovaj sistem ne počinje da radi sve dok projektil ne dostigne neku određenu brzinu, ova tzv. početna brzina, mora se uvesti u račun pri sračunavanju daljine. Poseban signal koji predstavlja ovu početnu brzinu dovodi se na ulaz u drugi integrator. Izlazni signal sa prvog integratora kombinuje se sa signalom početne brzine da bi se dobila promena brzine leta.

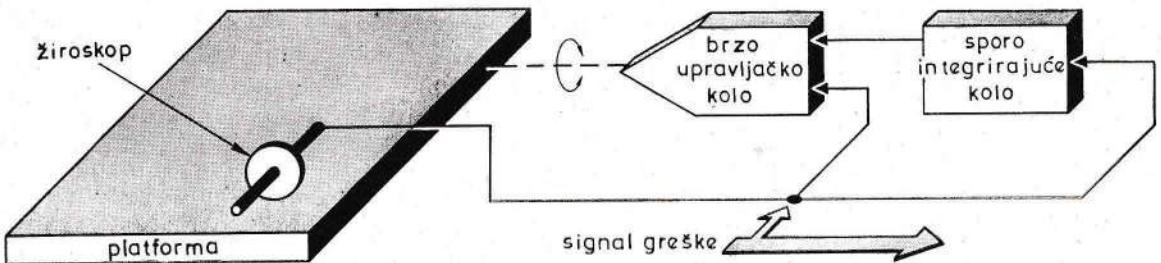
Daljina koju je projektil preleteo mora se porediti sa poznatom daljinom cilja od mesta lansiranja. U trenutku lansiranja uključuje se kao početni uslov jedan napon koji odgovara celokupnoj daljini koju projektil treba da prođe. Ovaj napon se poredi sa izlaznim naponom suprotnog znaka iz drugog integratora. Tako, razlika ova dva napona se smanjuje tokom leta rakete. Kad je ova razlika nula, projektil je došao do cilja.

Da bi se postigla tačna indikacija pređene daljine, let projektila do više hiljada milja trebalo bi da proizvede ekstremno veliki izlazni napon integratora. Početni uslov o daljini između mesta lansiranja i cilja bio bi isto tako velik. Jedan način koji omogućuje da ove veličine budu u praktično ostvarljivim granicama, jeste kontinualno programisanje pređene daljine tokom leta projektila. Ova željena (odnosno programisana) daljina se poredi sa izmerenom daljinom (predstavljenom izlaznim naponom računara) i obe se pojavljuju kao male veličine. Razlika između ove programisane i stvarne pređene daljine bila bi srazmerno mala veličina. Daljine bi se programisale pomoću ugrađenog programera, na primer nekog pisača. U tom slučaju pisač bi određivao završnu fazu vođenja, pod uslovom da je izlazni signal integratora nula.

Drugi način za održavanje amplitute signala unutar granica odgovarajuće tačnosti i prihvati-



Sl. 527 — Osnovni žiroskopski inercijalni sistem



Sl. 528 — Kompenzacija pomeranja nule žiroskopa

ljive vrednosti je da se odredi brzina leta i ona zatim koristi kao referenca za izlazni signal prvog integratora, kao što je prikazano na slici 526. Tada se bilo kakvo odstupanje iznad ili ispod ove određene brzine uvodi u drugi integrator. Ovo rezultuje u izlazni signal srazmern odstupanju stvarnog položaja projektila ispred ili iza željenog položaja na putanji.

INERCIJALNI SISTEM STABILIZOVAN ŽIROSKOPOM

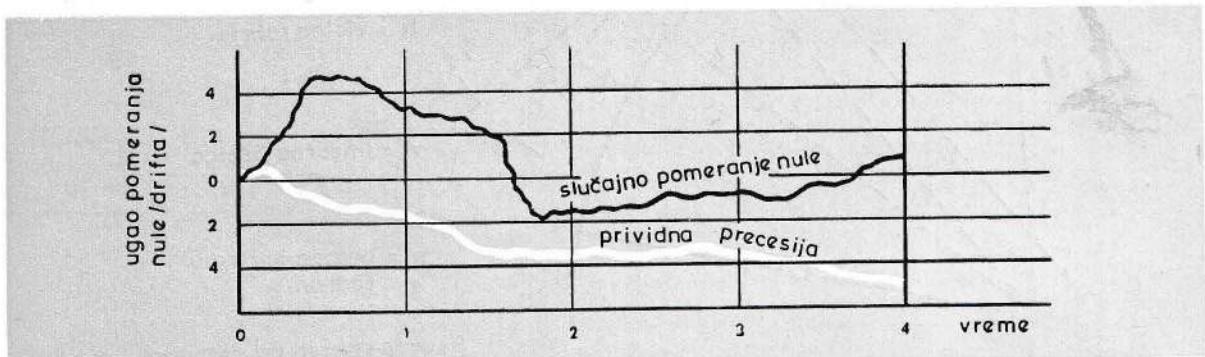
Inercijalni sistem napred opisan bio bi dovoljan ukoliko bi projektil sve vreme leteo pravo i na istoj visini. Bez obzira na greške usled netačnosti samih uređaja, bilo kakva promena u propinjanju ili nagibu dala bi izlazni signal greške iz akcelerometara. Akcelerometri u tom slučaju zahtevaju stabilizovanu platformu, tako da sve vreme ostanu paralelni sa površinom Zemlje i da otkrivaju samo stvarne greške u ubrzaju.

Kod inercijalnog sistema stabilizovanog sa žiroskopom, koji je prikazan na slici 527, akcelerometri su smešteni na jednoj platformi koja sjedinjuje i povezuje širokope. Oni su smešteni tako da otkriju greške po svim trima osama raketa — propinjanja, nagiba i skretanja. Bilo kakvo odstupanje od željenog položaja platfor-

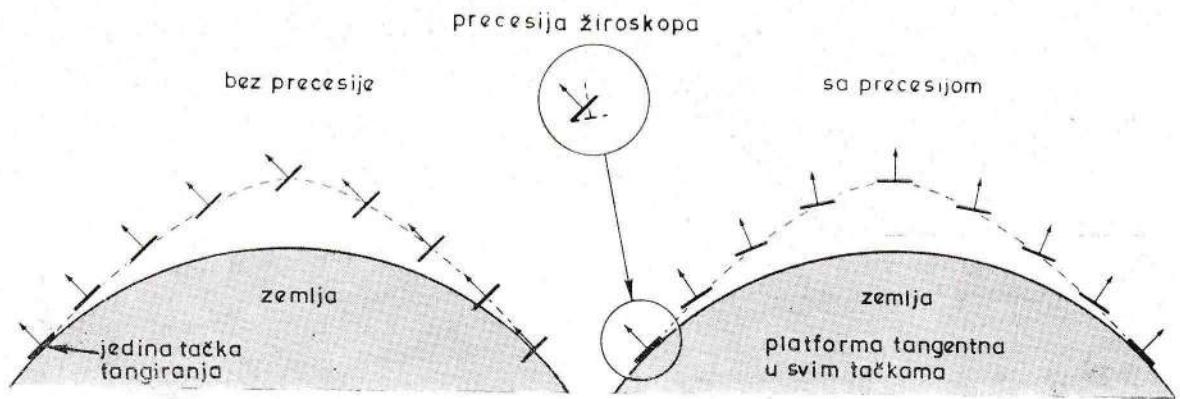
me (recimo paralelno sa površinom Zemlje) izaziva pojavu izlaznog signala od žiroskopa. Ovaj signal greške se tada pojača i vodi u servomehanizam koji ispravlja položaj platforme.

Greška žiroskopa. Ako bi žiroskopi imali idealna ležišta bez trenja, tako da ne bi postojala nikakva sila precesije da izazove pomeranje nule (drift), gornja šema bi zadovoljavala. Sve dok veština proizvodnje žiroskopa ne bude dovoljno napredovala, neophodno je predvideti neki način kompenzacije pomeranja nule (drifta). Na slici 528 prikazana je šema kod koje je primenjen jedan način kompenzacije. Ova kompenzacija je ostvarena dodavanjem jednog integratorskog (ili sporog) kola u kolo servosistema. Oba kola — i brzo i sporo — kao signal dobijaju grešku sa izlaza iz žiroskopa. Brzo kolo reaguje odmah da otkloni bilo kakvo odstupanje u položaju platforme. Ono radi na sličan način kao i upravljački sistem za stabilizaciju projektila.

Sporo kolo sabira samo odstupanje od nule (drifta) izlaznog signala žiroskopa za sve vreme leta projektila, pošto ono ne može da reaguje na brzo promenljive signale greške. Na slici 529 prikazan je dijagram slučajnog odstupanja nule (drifta) za vreme jednog normalnog leta od jednog horizontalnog pravolinijskog stanja do drugog. Odavde se vidi da ukupan zbir slučajnog



Sl. 529 — Greške žiroskopa za vreme normalnog leta



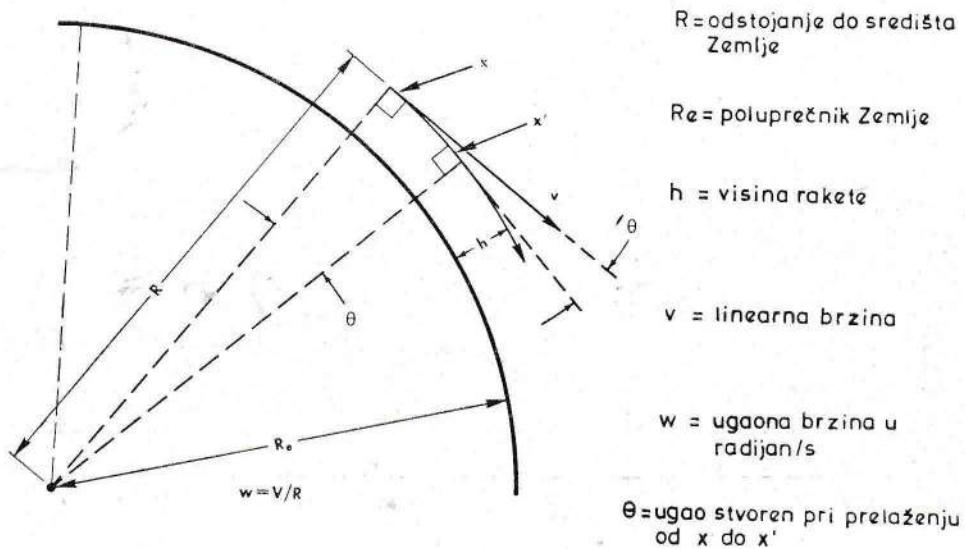
Sl. 530 — Prikaz tangiranja platforme sa Zemljom u jednoj tački

odstupanja nule (drifta) za sve vreme leta projektila daje malu ukupnu grešku.

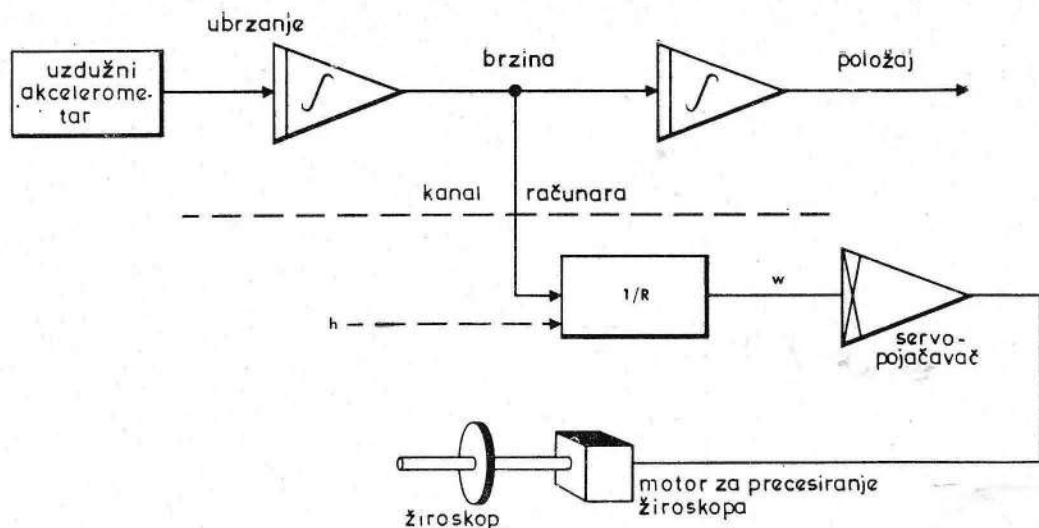
Prividna procesija, kao što je prikazano na slici, stalno je u istom smeru. Ova procesija bi stoga davala stalno izlaznu grešku istog polariteta (ili faze). Stoga sabiranje slučajnog odstupanja nule (drifta) i prividne procesije za jedan određeni period vremena daje signal greške koji preovlađuje u jednom smeru (polaritetu). Efekat od pomeranja nule (drifta) žiroskopa smanjuje se dovođenjem napona iz sporog kola kao povratne sprege na ulaz u brzo (ili upravljačko) kolo. Izlazni napon iz sporog kola je takvog polariteta (ili faze) i veličine da potništava komponentu izlaznog signala žiroskopa koja se pojavljuje usled pomeranja nule (drifta).

Održavanje nivoa (nivelisanje) pokretne platforme. Sada, kad je sistem osposobljen da

održava nivo platforme i sprečava odstupanje nule (drifta) pojavljuje se jedan novi problem. Normalna putanja leta projektila je elipsa oko Zemlje. Budući da je karakteristika žiroskopa takva da fiksira jednu osu u inercijalnom prostoru, to će platforma tangirati, odnosno njena osa biti upravna na površinu Zemlje samo na jednom mestu, kako je to prikazano na levoj strani slike 530. Da bi se obezbedilo da platforma bude tangenta na površinu Zemlje dok se projektil kreće po svojoj putanji oko Zemlje, prednji kraj platforme mora se »pritisikivati«, odnosno spušтati za veličinu srazmernu brzini kretanja projektila oko Zemlje. Ovo obezbeđuje da platforma stalno bude paralelna sa površinom Zemlje, kao što je prikazano na desnoj polovini slike 530.



Sl. 531 — Primena ugaone brzine za nivelisanje platforme



Sl. 532 — Dodatak kanalu računara za nivelisanje platforme pomoću ugaone brzine

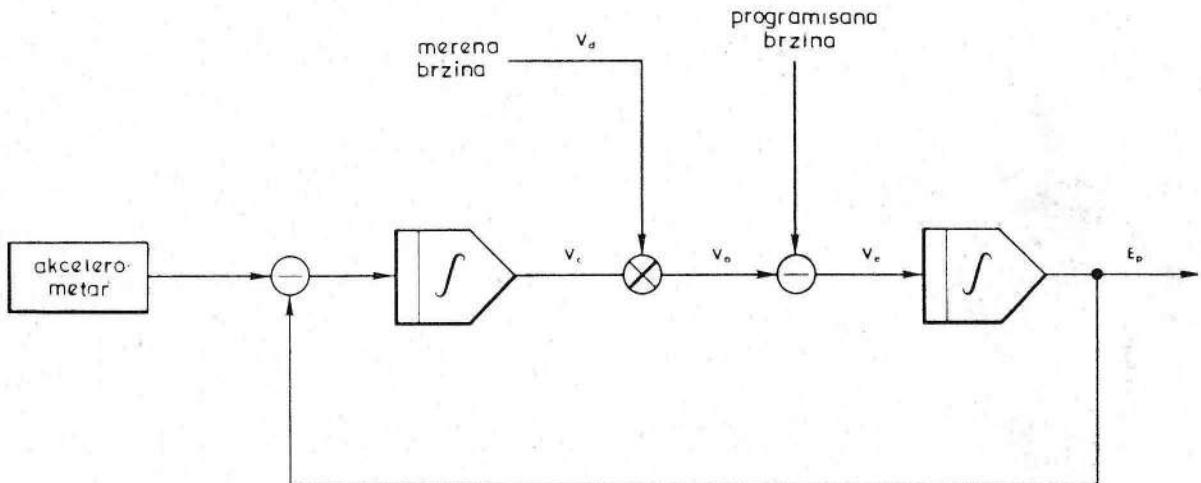
Obično se sila gravitacije koristi kao referenca za podešavanje žiroskopa. Ali kod nekog inercijalnog sistema položaj odnosno nivo platforme se održava deljenjem u računaru izmeđene brzine kretanja projektila sa udaljenjem do središta Zemlje. Ovo udaljenje je visina projektila plus poluprečnik Zemlje. Tako se dobija faktor koji se naziva ugaona brzina rakete u radijanima u sekundi. Geometrijski odnosi ove brzine prikazani su na slici 531. Ako se ugao propinjanja platforme menja sa istom ugaonom brzinom, platforma će zadržati paralelnost sa tangentom na površinu Zemlje.

Ugao propinjanja platforme se menja pomoću dodatnih kola u računaru projektila. Žiroskop za propinjanje se precesira srazmerno ugaonoj brzini projektila oko Zemlje i nagnje-

platformu, tako da ona stalno zadržava paralelnost sa tangentom na Zemljinu površinu.

Na slici 532, izlazni signal iz prvog integratora, koji je srazmeran brzini projektila, deli se sa odstojanjem (R) do središta Zemlje sa ciljem da se dobije ugaona brzina raketne (W u rad/s). Ova ugaona brzina se koristi da preko servomotora daje precesiju žiroskopu sa istom ugaonom brzinom.

Slične korekcije mogle bi se vršiti i za bočne greške kretanja oko ose nagiba. Međutim, ova greška bila bi mala pošto je bočno skretanje projektila veoma malo u poređenju sa ukupnom daljinom leta. Ovde je lakše korigovati nivo platforme dovođenjem akcelerometru odgovarajućeg prednapona radi ispravljanja njegovog izlaznog signala.

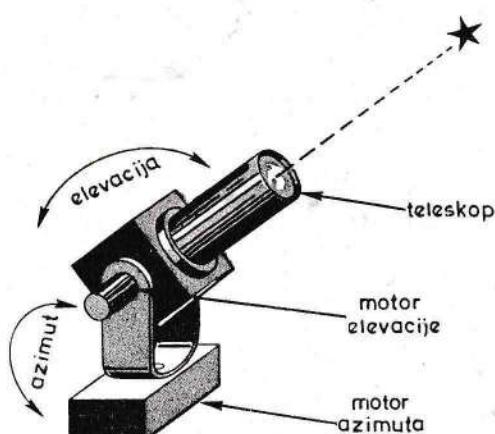


Sl. 533 — Korigovanje računara sa merenom brzinom

Za određivanje uzdužne i poprečne brzine, za vreme prve faze leta, koriste se uređaji, odvojeni od ovog inercijalnog sistema. Jedan metod se zasniva na dopler-radaru. Signal brzine uvodi se u računar inercijalnog vođenja. Svrha spoljnih podataka na početku leta projektila je eliminisanje oscilacija projektila oko željenog kursa. Ove oscilacije su prouzrokovane greškama u daljini i brzini kad inercijalni sistem počinje da radi. Sa spoljnim korekcijama ove greške se tokom leta smanjuju. Projektil se stoga brže približava programisanim uslovima. Sračunata brzina (V_c) i merena brzina (V_d) se porede u specijalnom kolu, kao što je prikazano na slici 533. Izlaz iz ovog kola daje korigovanu brzinu (V_a), koja se tada poredi sa programisanim brzinom. Ovo daje grešku brzine koja se integrira da bi se dobio napon greške položaja (E_p). Poziciona greška, dovedena preko povrtnih sprege na ulaz, prigušuje bilo kakvo odstupanje akcelerometra.

Ovim je upotpunjeno izlaganje o inercijalnom principu automatske navigacije. Dat je opšti oblik sistema, mada pri stvarnoj realizaciji mogu postojati i znatne razlike. Iz svega što je dosad kazano o akcelerometrima, žiroskopima, računarima kao i o drugim elementima videlo se da se svi ovi uređaji mogu pojaviti u različitim oblicima. U nekom određenom sistemu ovi uređaji mogu biti mehanički, elektromehanički, elektronski ili pak njihova kombinacija.

Još jedna važna stvar je da čovek mora da proizvede i podesi ove uređaje tako da oni pravilno i ekstremno precizno rade. I najmanji nemar bilo koga člana tima, koji šalje projektil na svoj zadatak može prouzrokovati neuspeh zadatka. Neophodno je da svaki pojedinac uloži maksimum zalaganja, kako bi se obezbedila tačnost i visok kvalitet rada.



Sl. 534 — Automatski sekstant

Mnogi sistemi su tako izvedeni da ne dobiju kontinualno korekcije i komande. Mesto toga sistem dobija periodične ili diskretne komande. Ovo zahteva da projektil u periodu između dve komande leti po principu inercije. Princip inercijalnog vođenja dat u ovim izlaganjima primenjuje se u izvesnom stepenu u mnogim raketnim sistemima. Ovo treba imati u vidu s obzirom na to da se u daljim izlaganjima o drugim sistemima vođenja neće posebno na ovo ukazivati.

ASTRONAVIGACIONI SISTEMI

Uprošćeni artronavigacioni sistem sastoji se od inercijalnog sistema kontrolisanog kontinualnom serijom fiksnih tačaka. Razmotrimo prvo jedan koji je poznat kao inercijalni automatski navigator kontrolisan pomoću zvezda, a zatim i drugi poznat kao automatska navigacija prema zvezdama.

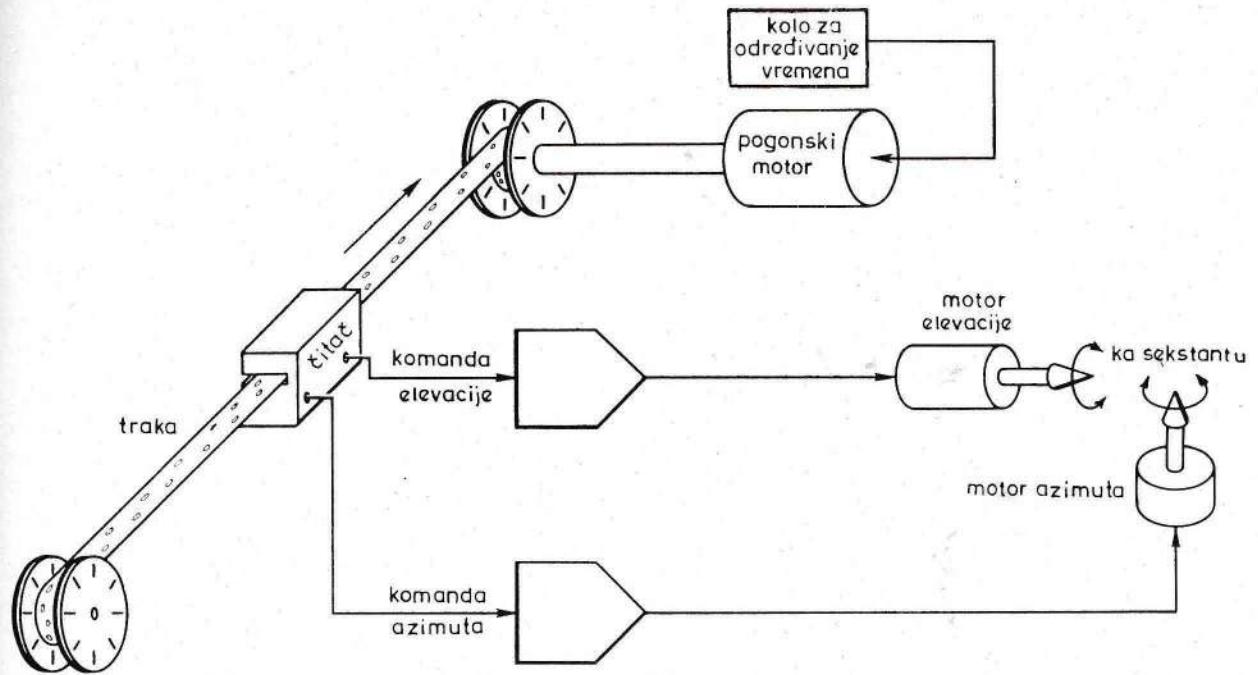
VOĐENJE PROJEK蒂LA INERCIJALNIM AUTOMATSKIM NAVIGATOROM KONTROLISANIM POMOĆU ZVEZDA

Kod inercijalnog automatskog navigatorsa kontrolisanog pomoću zvezda povremenim korišćenjem svetlosnog zraka sa zvezde proverava se pomeranje nule (drift) žiroskopa. Ovo dodatno proveravanje je neophodno pošto pomeranje nule (drift) žiroskopa nije konstantno. Pomeranje nule (drift) žiroskopa može da se menja kako po znaku (polaritetu) tako i po veličini. Sporo kolo za korekciju nije u mogućnosti da »predviđa« ova slučajna pomeranja nule (drift), pa se stoga pojavljuje greška koja se vremenom povećava. Za jedan kratak let od 45 minuta ili slično, slučajno pomeranje nule prouzrokovalo bi verovatnu grešku od oko pola milje i kad je u pitanju savremeno izrađen žiroskop. Ova greška se, naravno, povećava sa povećanjem vremena leta.

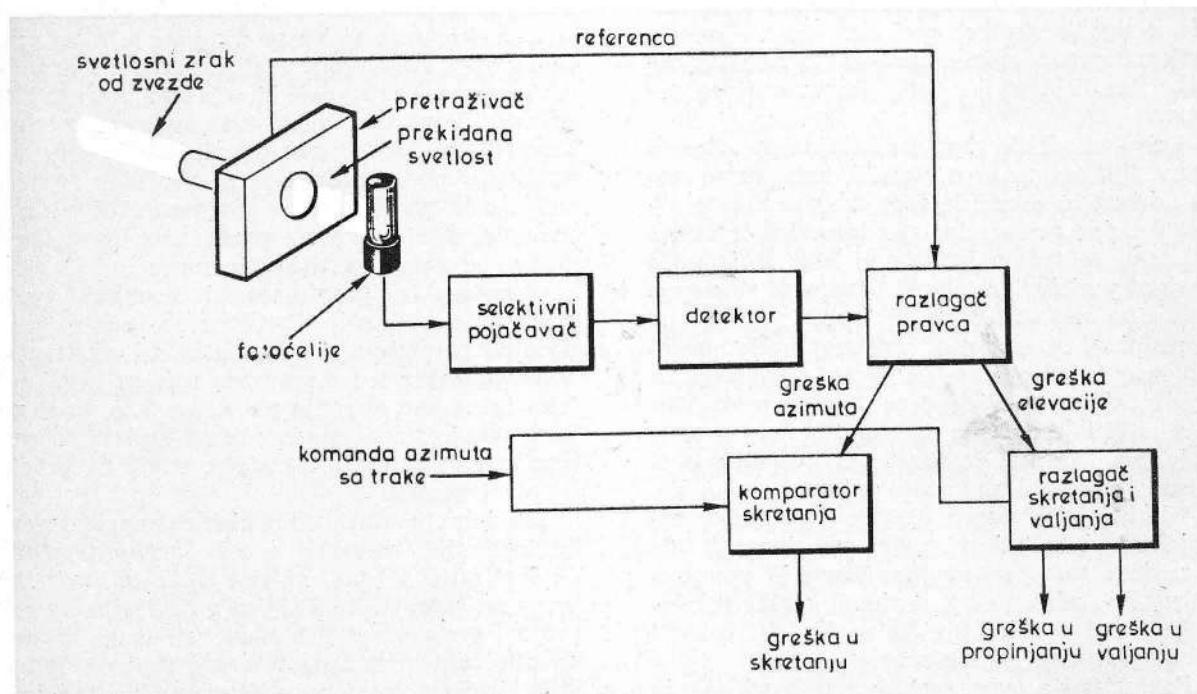
Jedan od mogućih načina da se otkloni greška usled slučajnog pomeranja nule jeste korišćenje svetlosti zvezda. Ovo je slično kao kad bi čovek kao navigator proveravao svoj sračunati položaj u odnosu na neki predmet čiji je položaj poznat.

Fizički dodatak platformi sadrži automatski sekstant, tako ugrađen da mu se položaj može menjati po osama za azimut i elevaciju. Jedno rešenje koje omogućuje ova kretanja prikazano je na slici 534.

Motori za azimut i elevaciju daju pogon za precesiranje, a povezani su u sistemu za pozicionisanje sekstanta. Ovaj sistem, kao što je prikazano na slici 535 prima signal sa trake za



Sl. 535 — Sistem za pozicioniranje sekstanta



Sl. 536 — Kolo za detekciju greške sistema za praćenje zvezda

programisanje na kojoj su unapred upisani podaci o potrebnom položaju sekstanta u toku celog leta projektila.

Podaci za azimut i elevaciju moraju se »čitati« sa trake u pravo vreme. Određivanje vremena, odnosno brzine kretanja trake, je važna funkcija, s obzirom na to da se neka zvezda nalazi pod određenim uglom u odnosu na neku tačku na Zemlji samo u jednom određenom trenutku.

Teleskop se upravlja na određenu zvezdu pomoću podatka »očitanog« sa trake, a zatim se uz pomoć podataka sa iste trake programiše da prati zvezdu.

Sistem za pretraživanje otkriva da li se ta zvezda nalazi u osi vidnog polja teleskopa. Tako dobijeni signal greške se obrađuje da bi dao indikaciju o greški sekstanta.

Izlazni naponi iz kola za otkrivanje greške u položaju zvezde su srazmerni greški položaja rakete po sve tri ose — skretanja, propinjanja i nagiba. Pošto svetlosni znak od zvezde prođe kroz uredaj za pretraživanje, dovodi se na fotoćeliju prouzrokujući izlazni napon srazmeran intenzitetu svetlosnog zraka. Izlazni napon iz fotoćelije prolazi kroz jedan selektivni pojačavač. Ovaj pojačavač izdvaja korisni signal od šumova. Željeni signal se tada detektuje da bi se dobili podaci o grešci. U prvom razlagaču detektovani signal se, poređenjem sa referentnim naponom iz uredaja za pretraživanje, razlaže u signale greške po azimutu i elevaciji. Razlagač pravca može da bude prstenasti demodulator ili neki drugi tip faznoosetljivog detektorata.

Pošto se određe greške sekstanta po azimutu i elevaciji, ove se opet razlažu, kako bi se moglo koristiti u koordinatnom sistemu raketne. Ovim drugim razlagačima se upravlja iz čitača podataka sa trake. Isti signal koji pozicionira sekstant pozicionira takođe i razlagač za napon greške po elevaciji. Ako se napon greške po elevaciji ne bi razlagao na ovaj način, ne bi bilo moguće odrediti da li je ovo greška po osi propinjanja ili greška po osi nagiba projektila.

Ako bi teleskop bio uperen duž ose kretanja projektila, bilo kakav signal greške pripisao bi se samo grešci po osi propinjanja. Isto tako, ako bi teleskop bio uperen u pravcu poprečne ose projektila, bilo kakva greška po elevaciji bila bi zavisna samo od nagiba. Stoga je potreban razlagač da odredi da li je signal greške po elevaciji usled propinjanja ili nagiba, ili usled i jednog i drugog jednovremeno.

Razmatranje ovog problema pokazalo je da nije obraćena posebna pažnja na određivanje veličine signala greške. Smer, odnosno polaritet

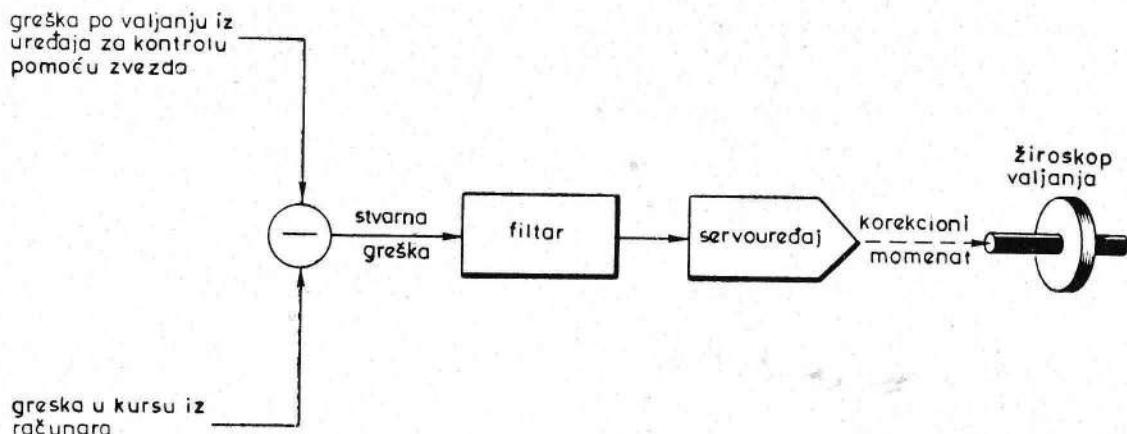
greške, kao i osa gde se pojavljuje, pažljivo se razmatra, ali ne i njena veličina. Treba imati u vidu da je idealan izlaz ovog sistema napon nula. Tačno određivanje veličine greške bilo bi skupo i nepotrebno poboljšanje, pošto je kod nultog odnosno balansnog sistema vođenja napon greške nula, odnosno sistem je izbalansiran kad je projektil na kursu. Proporcionalno upravljanje se ne upotrebljava. S obzirom na zakašnjavanje signala u kolima za vođenje, kao i s obzirom na brzinsko prigušivanje, projektil teži da se vrati na željeni kurs što je moguće brže, i to bez neželjenih oscilacija.

Idealna situacija kod sistema za navigaciju prema zvezdama bila bi ako bi se izabrala prvo jedna zvezda čija linija položaja tangira putanju leta projektila, a zatim druga zvezda čija bi linija položaja bila upravna na putanju leta. U ovom slučaju podaci dobijeni od prve zvezde vodili bi se u računar kanala pravca. Podaci od druge zvezde, tj. signali greške položaja zvezde, vodili bi se u računar kanala daljine. Ovi signali bi tada uticali na rad automatskog navigatatora na taj način što bi korigovali položaj žiroskopa za bilo kakvo pomeranje nule (drifta) koji bi se pojavio. Da bi se obezbedilo da momenti za korekciju položaja žiroskopa budu tačni, morala bi se u nekom vremenskom intervalu određivati srednja vrednost signala greške.

Na slici 537 prikazan je princip za dobijanje razlike između greške po nagibu, otkrivene pomoću uredaja za kontrolu pomoću zvezda, i greške od skretanja sa kursa dobijene iz računara. Obe greške moraju biti u istom odnosu, a to znači da razmere za signale iz svih kola moraju biti jednakе. Povratna veza kod ovakvog sistema ostvaruje se preko novog položaja platforme dobijenog pomoću uredaja za praćenje zvezde, zatim kola akcelerometra, pa nazad na ulaz u računar. Ako se zvezda prati dovoljno dugo greška se svodi na neznatnu meru.

Žiroskopi za propinjanje i skretanje koriguju se na isti način. Potrebna su ipak izvesna dodatna razmatranja rada kola za skretanje. Merenje azimuta neke zvezde nije ni približno tako tačno kao merenje elevacije, tako da se za korigovanje žiroskopa za azimut koristi složena kombinacija izlaznih signala uređaja za propinjanje i skretanje.

Sa inercijalnim automatskim navigatorom kontrolisanim pomoću zvezda projektil može da leti dugo i ispod oblaka a da to ne utiče bitno na tačnost. Teškoće se pojavljuju pri razvoju i proizvodnji žiroskopa koji mogu da zadovolje zahteve jednog ovakvog sistema. Industrija treba da proizvede žiroskope bez ikakvog trenja u ležištima. Žiroskop sa vazdušnim ležištima najviše se približava idealnom žiroskopu



Sl. 537 — Korekciono kolo za određivanje stvarne greške

za takav sistem. Žiroskopi koji su lakši za proizvodnju, pa ih je stoga lakše i nabaviti, jesu međutim, netačniji. Masovno proizvedeni žiroskopi su jedino pogodni za kontinualno (ili skoro kontinualno) kontrolisani sistem.

Udaljujući se za trenutak sa predmeta, nije suviše teško razumeti da bi balistički projektil velikog dometa imao manje teškoća sa pomeranjem nule (driftom) žiroskopa. Ovo stoga što na žirokop deluje minimalna sila ubrzanja, koja bi prouzrokovala trenje, pošto je balistički projektil u slobodnom padu i time se oslobođa pomeranja nule (drifta) žiroskopa usled sile gravitacije. Ukoliko je žirokop dobro izbalansiran, rotor i ramovi bi plivali u svojim ležištima i time stvorili stanje bez ikakve sile trenja.

VOĐENJE PROJEKTILA SISTEMOM ZA AUTOMATSKU NAVIGACIJU PREMA ZVEZDAMA

Na osnovu onog što je dosad izneto najlošičniji put za prevazilaženje glavnih problema inercijalnog automatskog navigatora kontrolisanog pomoću zvezda bio bi korišćenje zvezdarnog sistema vođenja, koji bi neprekidno bio kontrolisan.

Ideja o inercijalnoj kontroli normalno se prenebregava pri razmatranju automatske navigacije prema zvezdama. Ovo stoga što se kod ovog sistema kao reference neprekidno koriste zvezde. Ali kod bilo kakvog sistema princip inercije ipak deluje u radu automatskog pilota i to u intervalima između dve komande.

Oprema platforme za automatsku navigaciju prema zvezdama zahteva dodavanje jednog automatskog sekstanta ili više teških sekstanta. Sa dva sekstanta, koji rade istovremeno, dobija se niz utvrđenih tačaka a ne samo linija

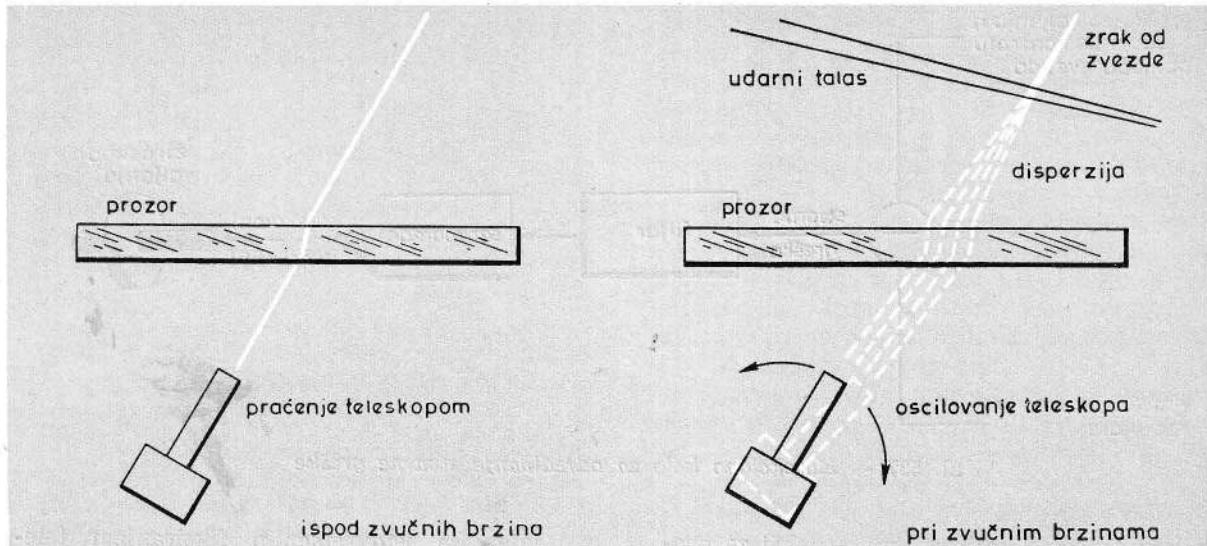
položaja. Sa istovremenim fiksiranjem teleskopa na dve zvezde manje su mogućnosti za greške, a isto tako manja potreba za nalaženjem srednje vrednosti greške. U opremu se može uključiti i jedan rezervni ili pripravni sekstant, tako da se on unapred uperi na sledeću zvezdu iz navigacionog niza, bez odvajanja sekstanta od prethodne utvrđene tačke (zvezde).

Nezgoda višeteleskopskog sistema je potreba za velikim prozorom, kako bi se imalo dovoljno vidno polje nebeske sfere. Cena jednog takvog savršenog prozora u znatnoj meri raste sa veličinom. Na veći prozor takođe jače deluju sile i smetnje od velikih brzina.

UTICAJI PRELAMANJA SVETLOSTI I ŠUMOVA NA ASTRONAVIGACIONI SISTEM

Prelamanje svetlosti pojavljuje se kad svetlosni zrak prolazi kroz medijume sa različitim indeksima prelamanja. Pošto udarni talasi, koji se pojavljuju pri zvučnim ili nadzvučnim brzinama predstavljaju medijum različitog indeksa prelamanja od okolne sredine, rasturanje svetlosnih zrakova koje se javlja pri prolazjenju kroz udarne talase može da ograniči korišćenje astronomskih sistema na podzvučne brzine. Međutim, ograničenje na podzvučne brzine je neophodno samo pri traženju zvezde. Na slici 538 prikazan je uticaj velikih brzina na ovaj sistem.

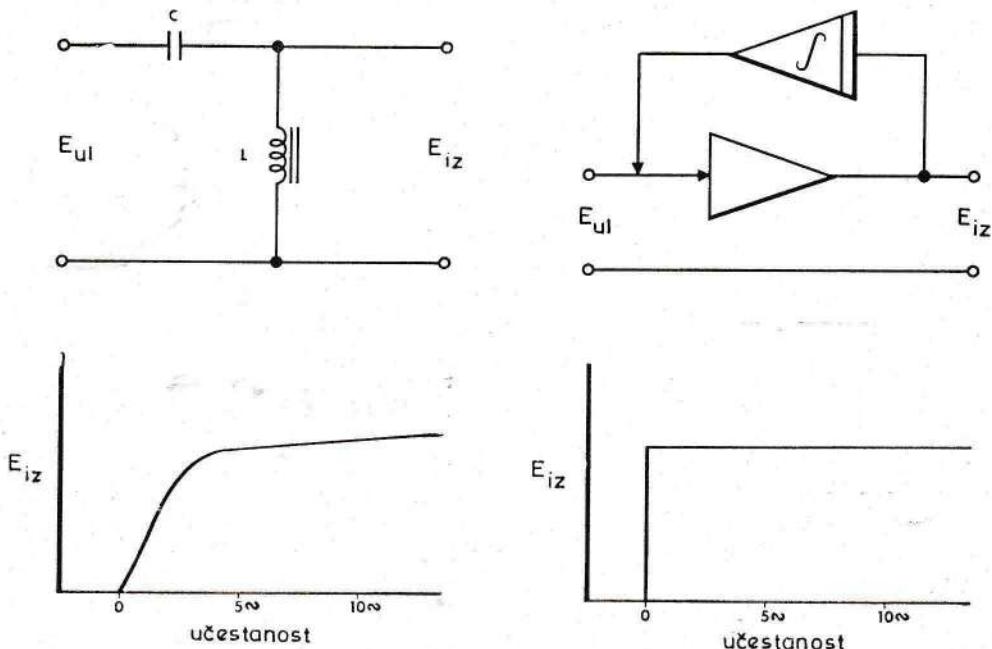
U praktičnoj primeni na izlazu iz uređaja za merenje brzine pojavljuje se izvestan šum. Šum koji se pojavljuje u vidu kratkih impulsa energije se efikasno filtrira vremenskim konstantama (kašnjenjima) električnih kola. Međutim, stalni šumovi (greške) se ovakvim načinom ne filtriraju. Ako se u signalu pojavi neka jednolična greška, koja indicira izmerenu brzinu, tada će izlazni signal iz računara biti takođe



Sl. 538 — Uticaj velikih brzina na sistem vođenja prema zvezdama

pogrešan. Zbog toga je potrebno ugraditi kolo koje ne propušta ove jednolične šumove, a omogućuje drugim signalima da prođu. Takvo kolo treba da ima karakteristike visokopropusnih filtera, koje jednakost propušta naizmeničke napone svih učestanosti. Nemoguće je izraditi impedansni filter koji bi ovo zadovoljio. Međutim, specijalna veza pojačavačkih elemenata daje željeni rezultat kao što je prikazano na slici 539 (desno).

Željena karakteristika visokopropusnog filtra dobija se korišćenjem jednosmernog pojačavača sa povratnom spregom preko integratora. Konstantni pozitivni napon na ulazu u pojačavač (E_i) teži da da isti pozitivni napon na izlazu (E_o). Izlazni napon pojačavača postaje sad ulazni napon integratora. Izlazni napon integratora sa konstantnim ulaznim pozitivnim naponom je negativan. Negativni izlazni napon integratora oduzima se od ulaznog napona po-



Sl. 539 — Karakteristike dva tipa visokopropusnih filtera

jačavača čije je pojačanje ravno jedinici. Poništavanje ova dva napona na ulazu u pojačavač daje na njegovom izlazu napon nula.

Integrator sporo odgovara na ulazni signal. Treba da prode oko deset minuta dok izlazni napon integratora poraste dovoljno da poništi neki ustaljeni odnosno jednolični ulazni signal. To znači da na sve napone, koji se menjaju brže od ovog, povratna sprega ne bi delovala. Stoga bi oni prošli kroz kolo pre nego deluje povratna sprega. Ovi naponi bi nastavili da prolaze kroz ovo kolo sve dok se menjaju tom brzinom.

Na slici 540 prikazana je šema dodavanja ovog jednosmernog filtra kanalu računara inercijalnog sistema. Treba imati u vidu da se merna brzina, koja se sabira sa sračunatom brzinom, menja istom brzinom kao i sračunata brzina. U takvom slučaju ulazni napon u filter bio bi jednosmeran.

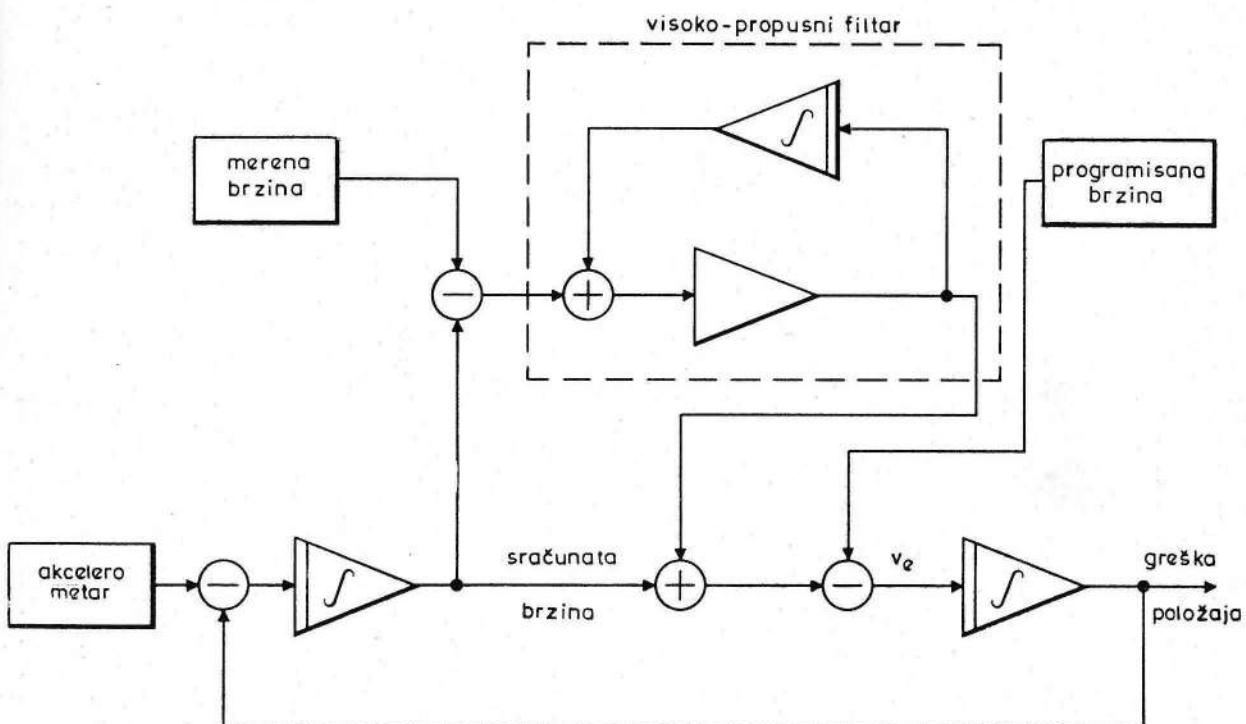
Pošto je promenljiva razlika između ove dve brzine baš zahtevani faktor, sabiranje sračunate brzine je neophodno i ne stvara nikakvu grešku u prikazanoj vezi. Prigušivanjem sa spolja merenom brzinom eliminiše se sabiranje grešaka u inercijalnom sistemu.

HIPERBOLIČKO VOĐENJE VELIKOG DOMETA

Korisna primena hiperboličke navigacije moguća je samo za daljine gde se direktni ili od zemlje odbijeni talasi mogu razlikovati. Navigacija na velike daljine po principu *Loran* optimalno radi na niskim učestanostima u opsegu od 100 do 200kc/s.

Oprema za vođenje na velike daljine projektila koji se koriste principom *Loran* mora da sadrži automatski prijemnik. Ovde nisu potrebni uobičajeni indikatorski uređaji. Međutim, izlazni signal mora biti u vidu ugla zaukreta neke osovine, ili u vidu napona koji bi se mogli koristiti u upravljačkim sistemima.

Parovi predajnih stanica (glavna i pomoćna) generišu impulse RF energije koji su međusobno razdvojeni intervalom kašnjenja. Kašnjenje se pojavljuje posle glavnog impulsa. Ovo kašnjenje nastaje pošto signalni impuls ide do pomoćne stanice gde se koristi za okidanje pomoćnog predajnika. Kašnjenje obezbeđuje da se u prijemniku koji se nalazi u određenoj oblasti prvo primi impuls glavne stanice. Impulsi sa određenom međusobnom vremenskom razli-



Sl. 540 — Primena prigušenja greške

kom uspostavljaju liniju položaja, koja je po prirodi hiperbolična. U radu sistema *Loran* prvo se, za grubu indikaciju putanje, meri vremenska razlika između impulsa. Tada se za finu indikaciju daljine porede počeci RF ciklusa dva predata impulsa (glavne i pomoćne stanice). Kod ručno-opsluživanog sistema *LORAN* ovo poređenje vrši sam operator pomoću katodne cevi, koja je opremljena preciznom vremenskom bazom. Automatsko obavljanje ovog poređenja zahteva komplikovani prijemnik.

Da bi se osigurao tačan rad u što je moguće širem opsegu radnih uslova, mora se primeniti i neki način pomoću koga se smanjuju šumovi. Za to se koriste lokalno generisani impulsi, koji su isti po vremenu, učestanosti i fazi sa predajnim impulsima. Ovi lokalni signali, koji su bez šumova, porede se sa predatim signalima pomoćne stanice i time se ostvaruje bolje i tačnije poređenje.

AUTOMATSKI LORAN VELIKOG DOMETA

Uredaj za automatsko poređenje faza sistema *Loran* poništava sumnjive cikluse podataka i izdvaja ih naizmeničnom predajom na dve radio-učestanosti (RF). Određivanje vremena anvelope impulsa i faze obe radio-učestanosti kontroliše se sinhronizatorom predajnika. Pravilnim podešavanjem faze i određivanjem vremena anvelope, može se istovremeno u prijemniku postići poređenje anvelope i poređenje radio-učestanosti na obema učestanostima.

Na slici 541 prikazana je uprošćena blok-sema prijemnika sistema za automatsko poređenje faza. Kolo servosistema 1 dovodi 25-ciklusni impulsni generator u vremensku saglasnost sa 25-ciklусном modulisanom anvelopom primljenih signala glavne stanice na nosećim učestanostima od 180 kc/s i 200 kc/s. Kolo servosistema 2 pokreće sistem za promenljivo kašnjenje da bi zakasnio izlazne impulse za aktiviranje »kapijek signala pomoćne stanice, kako bi ih doveo u saglasnost sa primenjenim signala pomoćne stanice. Tako, ciklus prilagođenja signala glavne stanice obuhvata poređenje ovog signala, koji sadrži šumove, sa lokalnim referentnim signalom bez šumova. Isto to se čini i sa signala pomoćne stanice. Ovo omogućuje rad i pri gorem odnosu signal-šum nego kod ručno opsluživanog vizuelnog sistema *Loran* velikog dometa. Veličina kašnjenja indicira se na Vider-Kutovom brojaču, a to je vremenska razlika između anvelopa impulsa glavne i pomoćne stanice, koja daje grubu indikaciju linije položaja.

Kolo servosistema 3 dovodi CW referentni talas od 180 kc/s u fazi sa primljenim signalom glavne stanice (takođe od 180 kc/s). CW referentni signal od 180 kc/s i primljeni pomoćni impulsi od 180 kc/s vode se u kolo servosistema. Pomerač faze se pokreće kako bi ova dva tala doveo u fazu. Na taj način zaokret osovine pomerača faze, tj. servosistema 4, predstavlja faznu razliku između signala glavne i pomoćne stanice od 180 kc/s.

Na isti način kolo servosistema 5 uspostavlja CW referentni talas od 200 kc/s koji je u fazi sa primljenim RF impulsima od 200 kc/s glavne stanice. Kao i kolo servosistema 4, tako i kolo servosistema 6 pokreće pomerač faze da bi doveo dva ulazna signala u fazu, odnosno da bi otkrio njihovu faznu razliku. I ovde zaokret osovine pomerača faze kola servosistema 6 predstavlja faznu razliku između primljenih signala glavne i pomoćne stanice od 200 kc/s.

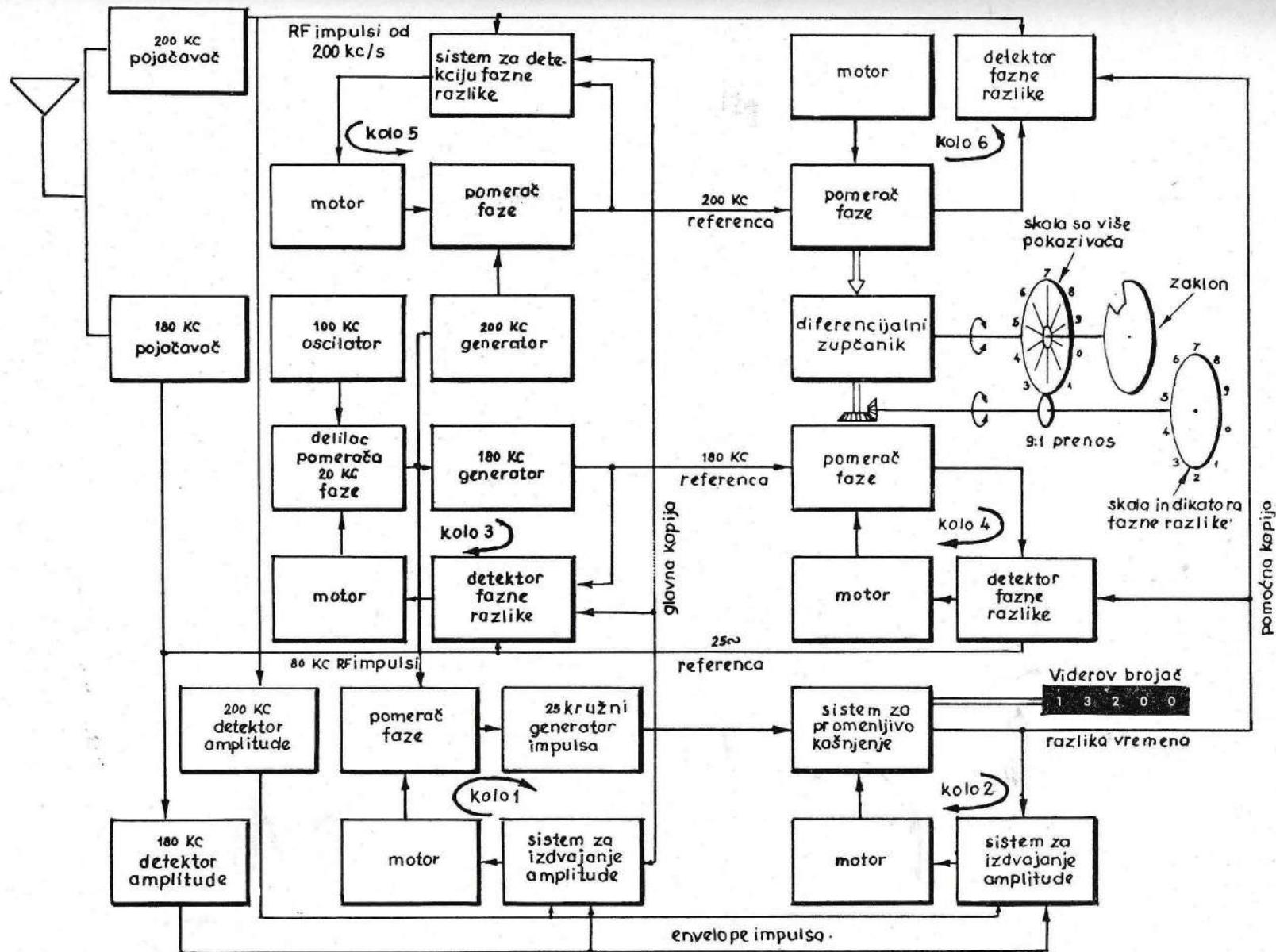
Servosistemi 3 i 5 uključuju se pomoću impulsnog generatora od 25 c/s da bi radili samo za vreme prijema signala glavne stanice. Servosistemi 4 i 6 se uključuju za zakašnjjenim impulsima od 25 c/s pomoćne stanice (impulsima koji služe samo za uključenje, odnosno za otvaranje »kapije«), tako da ovi servosistemi rade samo za vreme prijema signala pomoćne stanice.

Mehanički izlazi (uglovi zaokreta odgovarajućih osovina) pomerača faze servosistema 4 i 6 vode se u diferencijal. Izlaz iz diferencijala je razlika između dva merenja faze.

Na izlaznu osovину diferencijala smešten je jedan obrtni zaklon sa isečenim sektorom od 40°. Ovaj isečak predstavlja toleranciju od 20° koja se zahteva za merenje razlike ciklusa.

Iza diferencijalnog zaklona smešten je disk sa više podeoka. Na njemu je, na jednakim razmacima ucrtano devet podeoka. Ovaj disk pokreće osovina pomerača faze za 180 kc/s, i to preko reduktora prenosnog odnosa 9:1. Razmotrimo jedan 9-ciklusni interval primljene vremenske razlike koja treba da se indicira na indikatorima razlike ciklusa i fazne razlike. Razlika faza ili delimična razlika ciklusa indicira se na indikatoru fazne razlike. Broj celih ciklusa je na disku sa više pokazivača. Zaklon i njegov 40°-ni isečak indiciraju pojavu greške pri merenju razlike faza položajem podeoka diska sa više podeoka u odnosu na isečak zaklona. Ako se u isečku pojave podaci, ne postoji nikakva greška usled niskog odnosa signal-šum. Ako se, pak, ni jedan podeok ne pojavi, postoji greška dovoljna da spreči pravilno merenje razlike ciklusa pri merenju razlike faza.

Položaji pomerača faze koji indiciraju ove intervale mogu se sada koristiti u računaru.



Sl. 541 — Prijemnik i indikator za automatski sistem za saglašavanje faza

Podaci iz ovog računara mogli bi se koristiti da se dobiju daljina i pravac do cilja, da se automatski učeta pravi položaj, da se upravlja automatskim pilotom, ili da se u ovom smislu dobije bilo kakav podatak koji bi se mogao zahtevati od ovog sistema.

Linija baze, za sistem sa tačnošću od nekoliko stotina stopa na dometu od 1500 milja, trebalo bi da bude dugačka 600 do 800 milja. Veličina antene, koja se zahteva za prijemnik u projektu, nametala bi takođe izvesne probleme. Odgovarajuća prijemna antena trebalo bi da bude dugačka 30 do 50 stopa, ili ekvivalentna. Moguće je i korišćenje delova tela projektila da bi se zadovoljili ovi zahtevi.

FREKVENTNO MODULISANI LORAN

Frekventno modulisani sistem *Loran* u stvari je sličan napred iznetom, ali se specijalnim metodama otklanjaju dvosmislenosti. Kod ovog sistema izlazni signali iz tri predajnika su frekventno modulisani jednim sinusnim talasom.

Ova tri predajnika sa različitim niskofrekventnim nosećim učestanostima frekventno su modulisani istim audio-frekventnim signalom. Na taj način se za sva tri predajnika dobije ista modulacija po frekvenciji i po fazi. Trajanje jednog ciklusa modulišuće učestanosti mora biti dovoljno da radio-frekventni signal dospe na maksimalni domet sistema. Prijemnik sam automatski isključuje talase odbijene od jonsfere. Pošto talasi odbijeni od jonsfere prelaze duži put, signal koji oni proizvedu ima u bilo kom trenutku učestanost koja se razlikuje od učestanosti prizemnih talasa.

Jedan par predatih signala poredi se mernjem relativnog kašnjenja potrebnog da se ti signali dovedu u fazu. Saglašavanje faze indicira se sa izlaznim signalom mešaća maksimalne amplitude a konstantne međufrekvencije. Faza ove međufrekvencije takođe je jedna indikacija fazne razlike dva radio-frekventna signala koji se porede. Promene faze ovog međufrekventnog signala otkrivaju se poređenjem sa lokalno generisanim signalom iste učestanosti. Ovim je ostvaren jedan način za finu kontrolu saglašavanja radio-frekventnih ciklusa. Vremenska razlika meri se pomeranjem faze koja se zahteva za održavanje u fazi parova signala.

Sistem referentnog oscilatora, koji se koristi samo dvema osnovnim stanicama, a zahteva precizan referentni oscilator u projektu, integrira ovu vremensku razliku radi merenja apsolutne daljine. On tako uspostavlja kružne linije položaja oko dve osnovne stanice.

Termin »precizni referentni oscilator« ne kazuje sve. Od ovog oscilatora u projektu zahteva se da otpočinje svoje cikluse u pravilnim vremenskim intervalima za sve vreme svog rada. Kod praktičnih oscilatora pojavljuje se izvestan fazni pomak usled promena napona napajanja, opterećenja, temperature ili drugih fizičkih uslova. A i neznatno pomeranje faze kod ovog sistema prouzrokovalo bi grešku koju bi bilo teško otkriti.

U konačnim analizama samo jedan od napred iznetih sistema hiperbolične automatske navigacije velikog dometa biće prihvaćen. Ovi sistemi se razvijaju već više godina. Teorijski gledano, oba sistema mogu da imaju istu namenu. Usvojiće se onaj sistem za koji se bude razvila najtačnija i najpouzdanija oprema.

ZEMALJSKE REFERENCE ZA VOĐENJE NA VELIKE DALJINE

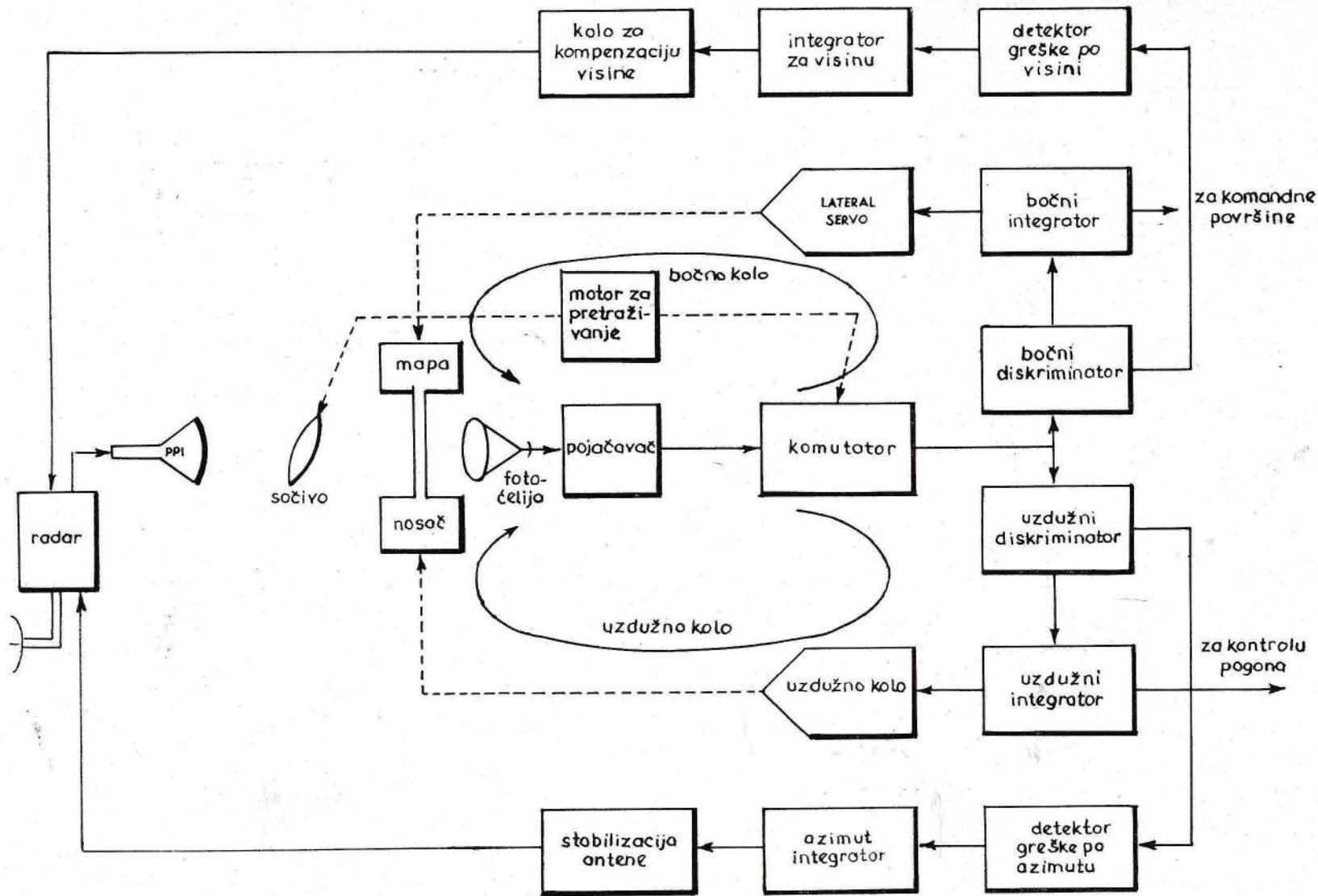
Bili su predloženi i pronađeni različiti sistemi za poređenje slike ili mape terena. Osnovna namena elektronske opreme ove vrste je poređenje fotografije ili mape sadržane u opremi projektila sa slikom oblasti preko koje projektil leti.

Ako se negativ i pozitiv neke slike preklope i izlože svetlosti takva kombinacija se pojavljuje kao neprovidna. Ako se, međutim, pozitiv ili negativ pomere jedan u odnosu na drugog, pojava svetlosti pokazaće gde se ove slike ne slažu. Ako se jedan od njih (pozitiv ili negativ) ugradi u ram, pokretan servomehanizmom, mogao bi se pronaći upravljački mehanizam koji bi automatski usaglašavao ove slike. Umesto pozitiva mogla bi se koristiti durbinom projektovana slika ili pak slika sa radarskog pokazivača, koje bi pokazale stvarnu sliku terena koji se preleće.

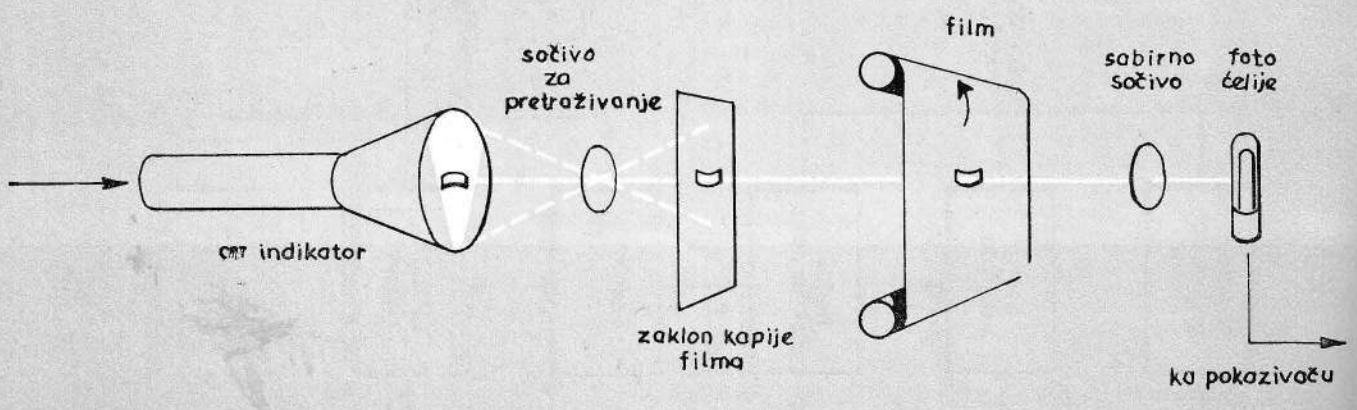
Ovde bi odmah bilo najbolje da se isključi sistem koji radi na dnevnoj svetlosti, ti. da se ne primeni fotografija stvarnog kursa ili oblasti cilja. Rad sistema sa dnevnom svetlošću ograničen je uslovima vidljivosti i bio bi mogućan samo u povoljnim vremenskim prilikama. Na rad radarskog sistema za poređenje mape vremenske prilike ne bi mogle da utiču. Međutim, on ima neke druge nedostatke o kojima ćemo govoriti kasnije.

RADARSKI SISTEMI ZA POREĐENJE MAPE

Na blok-šemi slika 542 prikazan je jedan sistem vođenja koji se koristi radarskim poređenjem mape. Mada je pogodniji za sisteme za samonavođenje, radarsko poređenje mape može se primeniti i za vođenje na velike daljine.



Sl. 542 — Radarski sistem za poređenje mapa



Sl. 543 — Shematski prikaz rada nosača filma

Radarsko poređenje mape vrši se projektovanjem slike sa PPI pokazivača (panoramskog pokazivača) uz pomoć obrtnog sočiva kroz negativ slike iste oblasti na foto-umnožavačku cev. Kad je slika sa PPI pokazivača usklađena sa slikom mape, na ovu prilazi minimalna količina svetlosti. Mapa je štampana na filmskoj traci a obrtanje sočiva prouzrokuje da se slika sa PPI pokazivača kreće po maloj kružnoj putanji na filmu. Efekat koji se ovim dobija na izlazu iz foto-umnožavačke cevi sličan je onom koji se dobija normalnim pretraživanjem radara. Kad se izlazni signal pravilno razloži, dobije se podatak za bočno ili uzdužno upravljanje.

Izlazni impulsi foto-umnožavačke cevi dobijeni iz komutatora vode se u jednosmerne pojачavače i integratore. Zatim, sledeći blok-šemu, ovi podaci se vode u dva kola — za poprečno i uzdužno upravljanje. Podaci za bočno skretanje vode se u servosistem koji pokreće nosač filma u poprečnom pravcu da bi obezbedio saglašavanje slike. Položaj ovog nosača se uzima kao napon greške za upravljački sistem projektila. Ukoliko se projektil pomeri po osi skretanja, pokreće se nosač filma i greška se poništava.

Podaci za uzdužno kretanje dovode se u servomehanizam za povlačenje filma u nosaču pravilnom brzinom, kako bi se obezbiedila saglasnost slike. Na taj način film se kreće brzinom koja je srazmerna brzini projektila u odnosu na zemlju. Na filmu se može označiti i promena kursa, kao i početak obrušavanja.

Greške u indiciranom uzdužnom položaju projektila mogu nastati zbog razlike u visini izviđanja i sadašnjeg leta projektila. Ove gre-

ške se u velikoj meri smanjuju kompenzacijom u uzdužnom i poprečnom kolu. Poznato je da greške visine i azimuta prouzrokuju poprečne i uzdužne greške, koje su sinusne i kosinusne funkcije ugla pretraživanja antene (vertikalnog). Ovi signali lažne greške prouzrokuju međusobni uticaj kola. Međusobni uticaj kola menjaju se sa veličinom pojačanja u kolu. Signali greške azimuta i visine ne dobijaju se kako je to uobičajeno iz diskriminatora visine i azimuta. Signali visine dolaze iz poprečnog diskriminatora i vode se u detektor greške visine. Integrator visine koristi se ovim signalom da kompenzacionom kolu visine da signal za širenje ili skupljanje slike na radarskom pokazivaču. Slika na radarskom pokazivaču se širi ili skuplja, kako bi se ostvarila saglasnost sa razmerom negativa. Signal azimuta se dobija na isti način odgovarajućim kolima, ali ovaj signal se koristi da orijentiše horizontalno pretraživanje na pravilan ugao pravca.

Neophodno je imati dobru uglovnu saglasnost (u okviru jednog sistema) pre nego što se dobiju tačni podaci potrebni za poprečno i uzdužno kretanje. Prvobitna ugaona saglasnost može se ostvariti uz pomoć kompasa. Ova saglasnost se kasnije održava kolom azimuta sistema.

Moguća su dva tipa držača filma. Tip držača sa jednim ramom je veći i mehanički komplikovaniji od tipa sa dva rama. Ovaj uključuje odvojene ramove u sistem i pruža mogućnost za lakše početno bravljjenje. Međutim, najbolji način da se ispita filmska traka izgleda da je njen pretraživanje kroz masku sa polukružnim otvorom, kao što je prikazano na slici 543.

Filmska traka se vuče brzinom koja odgovara brzini projektila u odnosu na Zemlju. Dužina trake može da bude samo oko 1/20 deo od mape sa ramom.

Radarske mape koje se primenjuju mogu se dobiti na dva načina. Stvarno snimanje mape letom preko terena koji će se koristiti za let projektila bolji je način. Međutim, stvarno izviđanje oblasti cilja, tj. postupak koji se od ovog načina zahteva, može biti teško za izvođenje. Stoga se često koriste sintetične mape.

Korišćenjem običnih mape, snimaka iz vazduha, kao i drugih izvora podataka od sintetičkog materijala na bazi tiokala, prave se reljefne mape oblasti preko koje treba leteti. Ova reljefna mapa se tada snima korišćenjem ultrazvučne tehnike radarskog trenažera. Ova mapa može da se upotrebi samo sa nešto manje uspeha nego stvarna mapa.

Radarska oprema koja se koristi ovim sistemom imala bi iste zahteve kao i ona kod navigacionog sistema za bombardovanje. CRT pokazivač morao bi davati sliku sa minimalnom distorzijom. Sistem istog tipa koristio bi se i pri izviđačkom i pri stvarnom letu. Uredaj pokazivača morao bi imati: preciznu vremensku bazu, PPI pokazivač, precizne markere za daljinu i azimut, ravnu katodnu cev velike moći razlaganja, opremu za pokretanje slike pokazivača koje je srazmerno brzini rakete u odnosu na Zemlju i opremu koja se kao pomoćna može koristiti sa standardnim avionskim radarem. Ostale komponente radarskog sistema su uobičajene, sa istaknutom pouzdanošću i sigurnošću.

Radarsko poređenje mapa pruža tačnost jednaku sistemima za samonavođenje, a to će uglavnom i biti vrsta rada gde će ovaj način vođenja najviše da se primenjuje. Ovaj sistem je logično ograničen na završnu fazu vođenja zbog ograničenog kapaciteta skladišta za mape. Isto tako, ovaj sistem je pogodniji kao sistem za završno vođenje nego kao sistem za vođenje u srednjem delu putanje, pošto ne bi bio u stanju da upravlja projektilom koji leti preko vodene površine bilo koje dužine, ili pak za vreme leta preko terena koji nema posebnih karakteristika po kojima se može lako raspozнатi. Elektronske protivmere su velika slabost ovog sistema. Jedan način zaštite od protivmera je jako usmerena antena.

Posledica ove slabosti je da se ovaj sistem primenjuje u kombinaciji sa prilično tačnim ali nezračećim sistemom za vođenje na srednjem delu putanje. Završno vođenje koristilo bi se kratko vreme pred eksploziju, pošto bi to bio najbolji način da se izbegnu moguće protivmere.

MAGNETSKI SISTEMI VOĐENJA

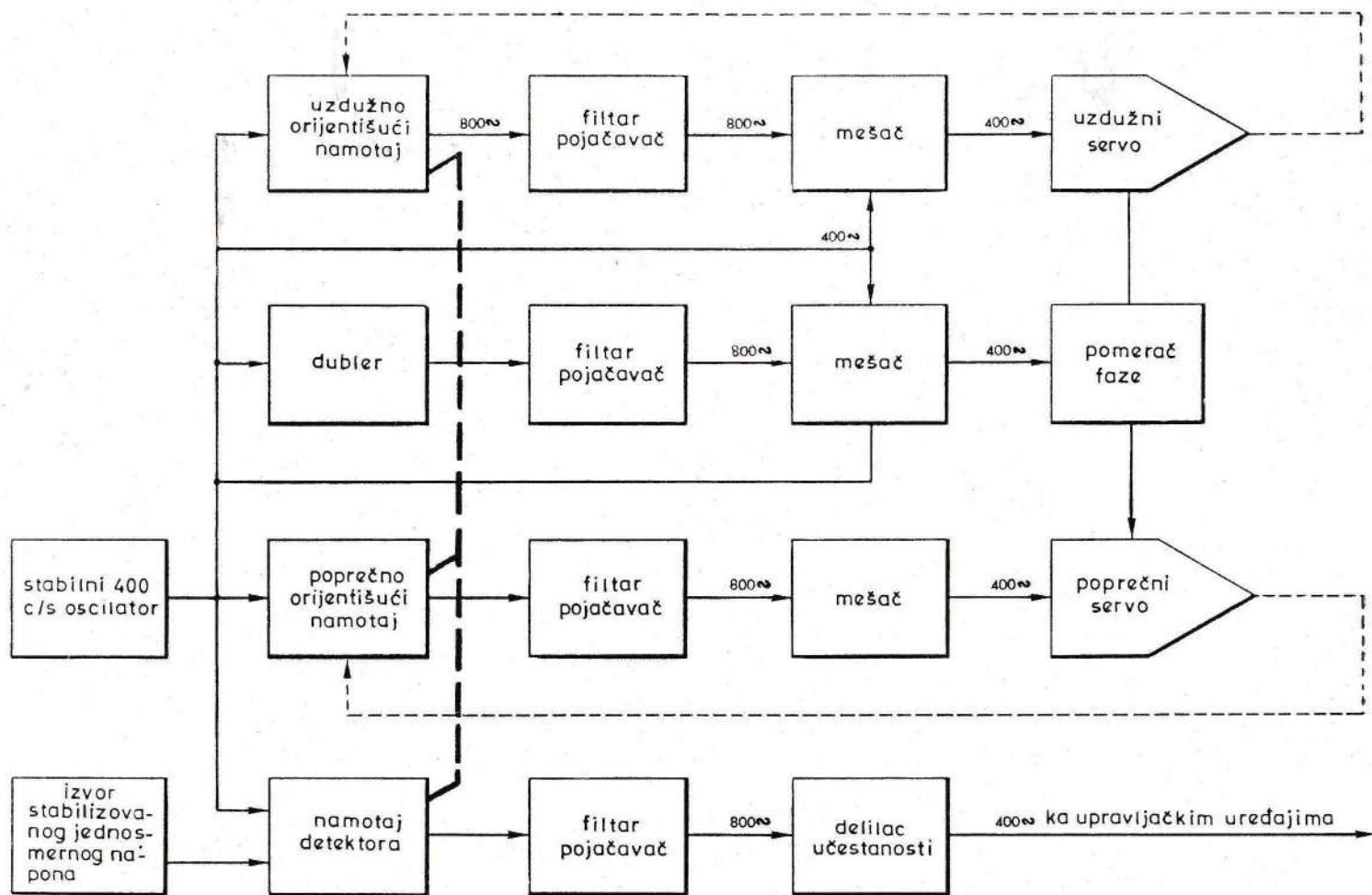
Magnetski sistem vođenja je srazmerno ekonomičan mada ne suviše tačan sistem koji je prvenstveno povoljan za vođenje na srednjem delu putanje. Karakteristike magnetskog polja oko Zemlje su prilično dobro poznate i mogu se predvideti. Magnetsko polje pruža još jedan način da se odredi linija položaja. Tri karakteristike Zemljinog magnetskog polja, koje bi bile korisne za vođenje, jesu: linije jednakog magnetske devijacije (isogonic), linije jednakog magnetske inklinacije (isoclini), i linije jednakog magnetskog intenziteta.

Magnetski kompas i njegova poboljšanja, kompas sa »kapijom« za fluks i žiro-selsinski kompas, pružaju jedan način za korišćenje Zemljinog magnetskog polja u svrhu navigacije. Međutim, ako se koristi samo kompas, ne postoji nikakav način da se otkrije i kompenzira pomeranje nule (drift), koje nastaje u projektalu. Linija jednakog magnetskog intenziteta postoji duž niza tačaka i može se meriti i snimati. Uredaji, koji su izrađeni za merenje intenziteta Zemljinog magnetskog polja, čiji je jedan primer magnetska cev, otkriveni su za druge svrhe, a mogu se koristiti i u sistemima za vođenje projektila.

U prisustvu spoljnog magnetskog polja, izlazni signal magnetske cevi je drugi harmonik pobudivačke učestanosti. Bez spoljnog magnetskog polja ne bi postojao nikakav signal drugog harmonika. Veličina izlaznog signala drugog harmonika srazmerna je intenzitetu spoljnog magnetskog polja. Naravno, napred rečeno važi samo ako je osa namotaja magnetske cevi pravilno uskladena sa silnicama spoljnog magnetskog polja.

Razmotrimo sada strukturu sistema koji bi vodio projektil koristeći se ovim magnetskim linijama. Na blok-šemi na slici 544 prikazan je jedan takav sistem. Za merenje ukupnog intenziteta Zemljinog magnetskog polja potrebne su tri magnetske cevi. Ovi elementi su smešteni duž tri međusobno upravne ose i kruto su međusobno povezani. Ovi elementi, prikazani na šemi, poznati su kao: poprečno orijentišući, aksijalno orijentišući i detektorski namotaji. Poprečni i aksijalni namotaj vezani su u servosistem na takav način da se nuluju. Nulovanje poprečnog i aksijalnog namotaja u odnosu na spoljne magnetsko polje orijentiše detektorski namotaj u pravcu ukupnog Zemljinog magnetskog polja.

Izlazni signal iz detektorskog namotaja vodi se u elektronski uređaj koji daje napone greške (prikazani kao 400-ciklusni signali uprav-



Sl. 544 — Magnetski sistem vođenja

ljačkim uređajima). Izlazni napon iz ovog uređaja može se podesiti na nulu napona za bilo koji dati intenzitet magnetskog polja podešavanjem promenljivog jednosmernog prednapona. Izlazni signal greške je naizmenični napon čija je amplituda mera iznosa odstupanja od željene linije položaja, a čija faza određuje smer greške.

Elektronski uređaj sadrži detektorski i aksijalno orijentišući kanal. Oscilator daje signale osnovne učestanosti svim trima kanalima. Automatska kontrola pojačanja i filterski elementi, koji obezbeđuju da signali konstantne amplitute budu bez harmonika, ugrađeni su u oscilator stabilne učestanosti. Izlazni napon detektorskog namotaja, koji je izobličen napred oписанim delovanjem magnetskog polja, vodi se preko filtra koji izdvaja signal osnovne učestanosti. Rezultirajući signal drugog harmonika vodi se preko pojačavača u delitelj učestanosti, koji pretvara učestanost signala na vrednost zahtevanu u upravljačkom sistemu.

Jedan stabilizator jednosmernog napona, koji napaja detektorski namotaj, predviđen je za izbalansiranje (nulovanje) dela magnetskog polja, a takođe omogućuje podešavanje nule za bilo koja druga merenja jačine polja.

Aksijalno i poprečno orijentišući kanali su identični po strukturi, kao što se može videti, sa detektorskim kanalom. Međutim, izlazni signali drugog harmonika iz ovih kanala mešaju se sa podesnim signalom radi napajanja jedne faze pozicionog servomehanizma.

Magnetski sistem sastoji se od dve komponente: magnetometra i elektronskog uređaja. Magnetometar se smešta tako da se izoluje od rasipnih magnetskih polja koja se pojavljuju u opremi projektila. Taktički gledano, magnetsko vođenje povećava sigurnost sistema. Na srednjem delu putanje ono obezbeđuje »tihi« let projektila što otežava njegovo otkrivanje, a praktično eliminiše mogućnost ometanja. Prednosti magnetskog sistema leže i u tome što on obezbeđuje neograničen saobraćaj i vođenje projektila prema cilju.

Tačnost može biti dobra sve do oko 7 milja od cilja, ali je ograničena samo na liniju kursa. Ne postoji nikakav način da se odredi daljina. Projektil bi morao da se lansira iz blizine, ili da leti u blizini linije intenziteta koja preseca oblast cilja.

Dok je magnetsko polje na Zemljinoj površini tačno snimljeno, dotele na većim visinama nije tako dobro proučeno. Lokalne magnetske nepravilnosti imaju, svakako, manji uticaj na većim visinama. Zemljino magnetsko polje mora da je mnogo pravilnije na tim visinama i lakše se može predvideti. Međutim, magnetske bure i magnetski polovi stvaraju nepredvidljive uslove, koji onemogućuju primenu magnetskog vođenja.

Elektronski sistemi primjenjeni u sistemima vođenja velikog dometa za jedan dači projektil zavise od zadatka koji treba da se izvrši. Ne može se reći koji je sistem vođenja velikog dometa najpogodniji. Zadatak predviđen za projektil i uslovi pod kojima on mora da leti određuju koji će sistem vođenja da se primeni.

ZAVRŠNO VOĐENJE

Mi smo sada došli do poslednje faze vođenja projektila — do završnog vođenja. Već se može zaključiti da se za završno vođenje upotrebljava ili neki sistem za samonavođenje malog dometa, ili, pak, neki inercijalni sistem. Razmotrimo prvo sisteme za samonavođenje.

SISTEMI ZA SAMONAVOĐENJE

Sistem za samonavođenje projektila je sistem koji na neki način može da »vidi« cilj i da zatim komanduje upravljačkom sistemu da projektil usmeri na njega. Postoje tri vrste sistema za samonavođenje: pasivni, poluaktivni i aktivni. Ako cilj sam sebe »osvetljava«, sistem, koji se primenjuje za otkrivanje ovog cilja poznat je kao pasivno samonavođenje. Ako se cilj »osvetljava« iz nekog izvora izvan cilja ili uređaja projektila, sistem koji je primenjen poznat je kao poluaktivno samonavođenje. Ako je cilj «osvetljen» uređajem ugrađenim u projektilu, taj se sistem naziva aktivnim samonavođenjem.

Sistemi za samonavođenje mogu se podeliti i po frekventnom spektru u kome je koji od njih osetljiv. Ukratko ćemo opisati razne tipove pretraživača.

Može se zapaziti da je zvuk imao izvesnu primenu u sistemima za pretraživanje. Torpeda su razvijena kao pasivni otkrivači zvuka, ali takvi pretraživači imaju slabosti. Projektil sa otkrivačem zvuka ograničen je po dometu i primeni pošto se mora zaštiti, ili se mora izgraditi tako da buka sopstvenog motora ili zvuk koji dolazi s mesta lansiranja ne utiču na glavu za pretraživanje.

Elektromagnetska zračenja su najviše primjeno sredstvo sistema za samonavođenje.

Radio se primenjuje u sistemima za pasivno samonavođenje. Pretraživač deluje kao automatski otkrivač pravca izvora učestanosti koja dolazi iz oblasti cilja i navodi projektil na taj izvor učestanosti. Ne postoje u primeni nikakva ograničenja zbog vremenskih prilika ili vidljivosti, ali je malo verovatno da bi neki pogodni radio-predajnik radio u oblasti cilja. Radio-ometanje može u potpunosti da »zbuni« jedan takav uređaj.

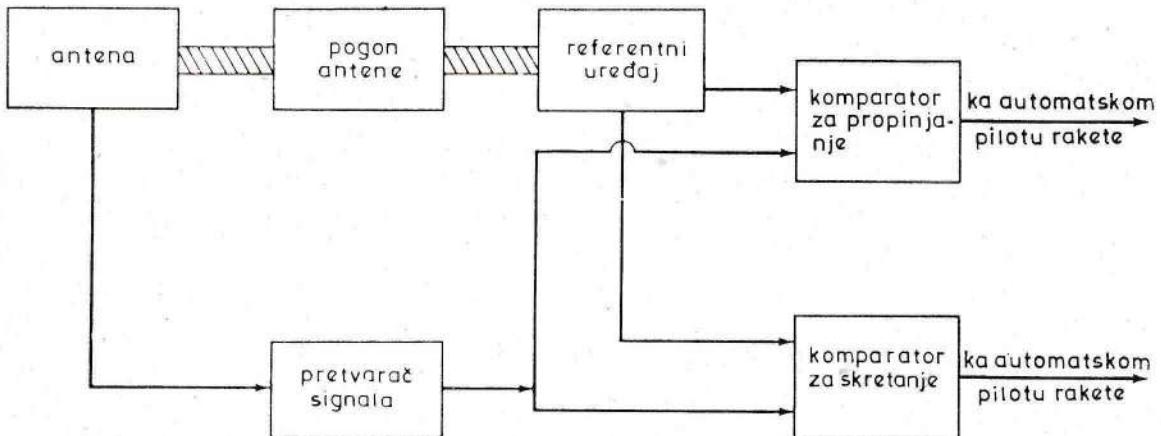
Radar se može primeniti u sve tri vrste sistema samonavođenja, ali najpodesniji je za aktivno i poluaktivno samonavođenje. Za sada je ovakvo korišćenje elektromagnetskih zračenja u otkrivanju cilja najefikasnije. Radar je malo ograničen vremenskim prilikama ili vidljivošću, ali je podložan neprijateljskom ometanju.

Toplotna se najbolje otkriva pasivnim pretraživanjem. Teško je ometati ili skrenuti sistem za otkrivanje toplotnih izvora kad je upravljen na vazdušne ciljeve, pošto je toplotu koju razvija motor vazdušnih ciljeva teško zakloniti. Pod uslovom da se razviju dovoljno osetljivi prijemnici signala, ovaj sistem obećava dobre rezultate.

Svetlost se može koristiti za pasivne otkrivače. Međutim, njena primena je ograničena i vremenskim prilikama, i vidljivošću. Ovakav sistem je veoma osetljiv na protivmere.

PASIVNI SISTEMI ZA SAMONAVOĐENJE

Pasivno samonavođenje može se koristiti u svim napred opisanim otkrivačkim sredstvima, izuzev, eventualno, radara. Na slici 545 prikazana je blok-šema jednog pasivnog sistema samonavođenja. Bez obzira na deo frekventnog



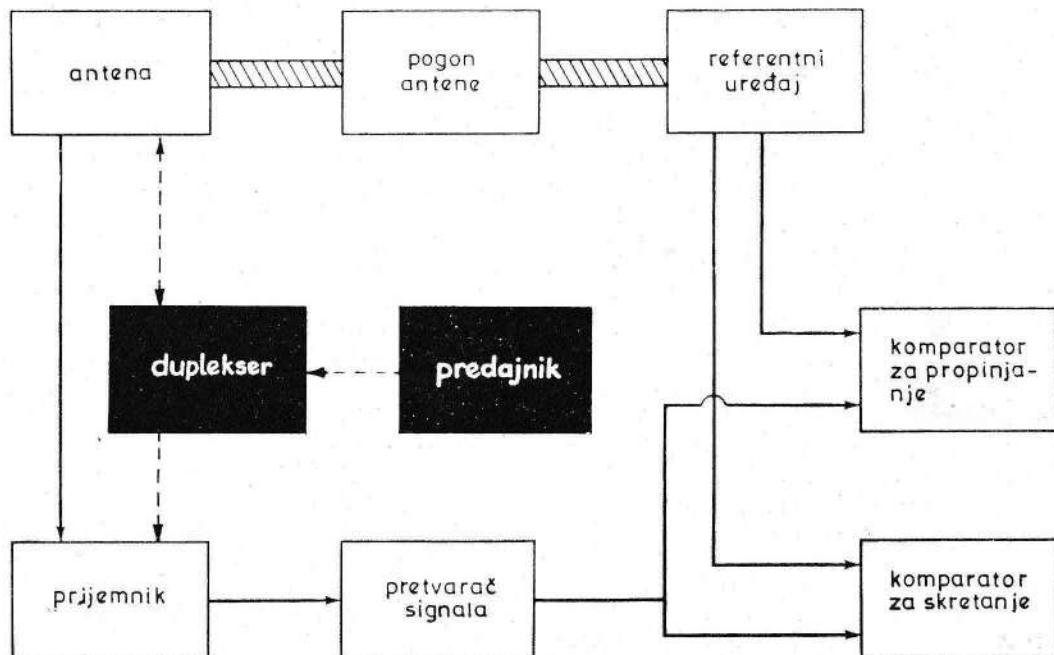
Sl. 545 — Pasivni sistem za samonavodenje

spektra koji se koristi, primač otkriva cilj i daje signal koji predstavlja položaj cilja u odnosu na projektil. Ovaj signal se zatim vodi u pretvarač signala. Pretvarač menja signal u oblik koji omogućuje njegovo poređenje sa referentnim signalom iz referentnog uređaja.

Pri koničnom pretraživanju, kao što je izloženo u glavi 6, poglavlje 1, pretvoreni signal je naizmenični napon, čija je učestanost ista kao i učestanost obrtanja antenskog primača. Signal iz referentnog uređaja se uspostavlja kao

sinusni talas iste učestanosti kao i signal iz pretvarača. Ova dva referentna signala su međusobno fazno pomerena za 90 električnih stepeni, pošto je osa propinjanja pomerena za 90° od osi skretanja. Komparatori za dve ose projektila prilikom koničnog pretraživanja su fazi komparatori.

Mogu se primeniti i drugi načini za otkrivanje cilja u pasivnim sistemima. Najprostiji način podrazumeva primenu više fiksnih prijemnika čija se polja »vida«, odnosno otkriva-



Sl. 546 — Poluaktivni i aktivni sistem za samonavodenje

nja, preklapaju duž centralne ose. Kad je izvor signala tako smešten da svi prijemnici primaju jednake signale, centralna osa projektila je uperena na cilj. Treba primetiti da ovde nije potreban referentni sistem.

Referentni signal takođe bi se menjao ako bi se primenio drugi tip pretraživanja, kao što je pravougaono pretraživanje koje se koristi u televiziji. Referenca bi se sastojala od dva testerasta napona. Ovi testerasti talasi pretraživali bi u horizontalnom odnosno vertikalnom pravcu. Da bi se dobro prekrio prostor pretraživanja, jedna od perioda pretraživanja morala bi biti mnogo veća od druge.

Signali iz komparatora vode se u odgovarajuće kanale automatskog pilota projektila.

POLUAKTIVNO I AKTIVNO SAMONAVOĐENJE

Poluaktivni i aktivni sistemi za samonavođenje normalno se služe radarem. Ovi sistemi zahtevaju više opreme nego napred opisani pasivni sistemi. Blok-šema poluaktivnog i aktivnog samonavođenja prikazana je na slici 546. Aktivni sistem za samonavođenje zahteva iste uređaje kao i poluaktivni sistem, sa dodatkom predajnika i dupleksera (crni blokovi na slici 546).

Funkcije pretvarača signala, referentnih uređaja i komparatora opisane su kada je govoreno o pasivnom samonavođenju. I ovde postoje razlike u kolima, koje su neophodne da bi se zadovoljio određeni način pretraživanja.

Da bi se pokazale mogućnosti sistema za samonavođenje pomenućemo još jednu specijalnu primenu aktivnog samonavođenja. Ova primena se naziva samonavođenje farom. Takav sistem zahteva odgovarač koji je smešten u oblasti cilja. Ovaj uređaj se okida iz projektila radarskim impulsima unapred određene učestanosti. Odgovarač tada predaje radarske signale nazad projektilu na istoj ili različitoj učestanosti. Ukupan rezultat je taj da prijemnik u projektilu od odgovarača dobije vraćeni signal koji je jači nego sopstveni signal radarskog eha.

Nije neophodno da se odgovarač smesti na cilj ili u cilj. Sistem za samonavođenje projektila, uz pomoć računara, može da koristi odgovarač kao pomoć za navigaciju. Podatak o položaju cilja u odnosu na odgovarač (na primer, ako je cilj dve milje severoistočno od odgovarača) mora biti poznat. Ovaj podatak mora se unapred uneti u računar projektila. Kada se ovako radi, manja je mogućnost da bude radar ometan, s obzirom na kratko vreme rada.

Doplersko samonavođenje. Jedna od poslednjih primena radara za sistem aktivnog samonavođenja je korišćenje Doplerovog principa. Fenomen promene učestanosti pojavljuje se kad

postoji relativno kretanje između antene i cilja. Oprema za doplersko samonavođenje može se podeliti u dve grupe uređaja za samonavođenje: frekventno modulisani C. W. doplerski sistem i impulsni doplerski sistem.

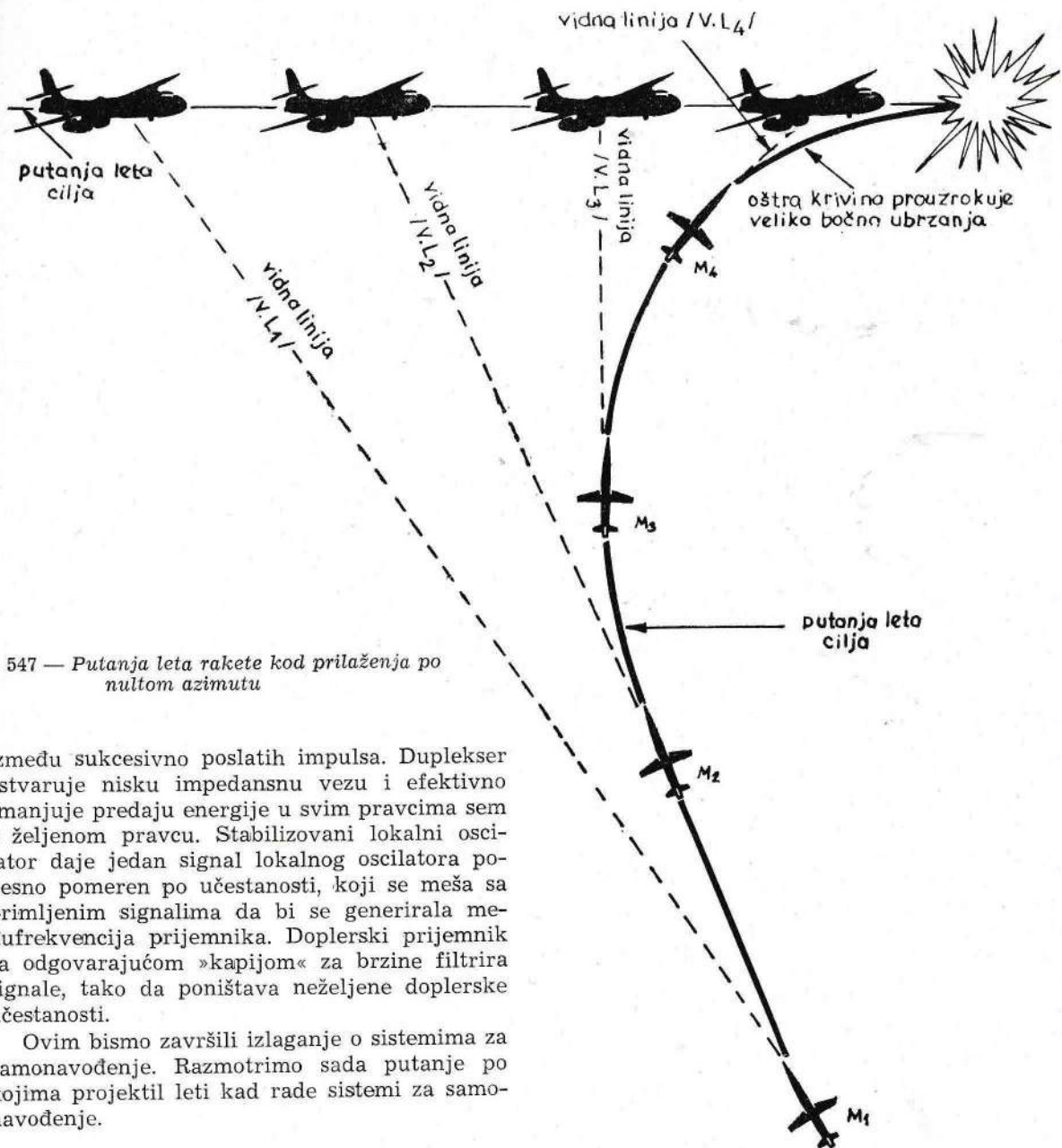
U FM-CW doplerskom sistemu primenjuje se uobičajeni sistem aktivnog samonavođenja. Međutim, glavna razlika između ova dva sistema je u kolima i opremi koja je sadržana u pretvaračkom bloku. Kod FM-CW sistema učestanost signala eha ima određen odnos sa brzinom cilja u odnosu na prijemnu antenu. Pravilnim kolima ovaj signal eha može se pretvoriti u indikaciju o brzini cilja u odnosu na projektil.

Razlike između učestanosti predatog signala i učestanosti povećanog signala nestaje zbog Doplerovog efekta. Ova razlika se može razviti u izbijanje između dve učestanosti. Ova učestanost izbijanja je srazmerna relativnoj brzini kretanja između cilja i radarske antene. Učestanost izbijanja određenog tona označava da brzina relativnog kretanja ima neku određenu vrednost. Kolo koje propušta određeni opseg učestanosti može se efikasno iskoristiti u opremi projektila, tako da ova oprema ne otkriva nepokretnе predmete ili predmete čija je brzina jednaka brzini kretanja projektila.

Sistem prijemnika sa automatskim podešavanjem pretražuje deo doplerskih učestanosti koje su prošle kroz filter i koje se primenjuju za izbor cilja i za »zakačinjanje« na cilj. Automatska kontrola učestanosti održava prijemnik na izabranom cilju. Prilikom približavanja cilju, Doplerov efekat je u najbližoj tački ravan nuli, pošto u tom trenutku ne postoji nikakvo relativno kretanje između projektila i cilja. Ova tačka nultog Doplerovog efekta koristi se za aktiviranje detonatora bojne glave projektila.

Ovim sistemom ne meri se udaljenost. Za obavljanje ove funkcije potrebna su dodatna kola.

Impulsni doplerski sistem obavlja funkciju FM — CW sistema, ali takođe može da odabira cilj po daljinji. On, takođe, sa istom srednjom izlaznom snagom, ima veći domet što važi za sve radarske sisteme. Za svrhe poređenja, sucesivno predati impulsi moraju se savršeno slagati u vremenskom nizu, i to kako u vremenim intervalima između impulsa, tako i u RF ciklusu. Ovo se ostvaruje u shemi koja je poznata kao koherentni impulsni doplerski sistem. U takvom sistemu predajnik generira kratke impulse sa učestanostu ponavljanja impulsa koja može da se menja. Stabilizovani lokalni oscilator daje predajniku primarnu snagu malog intenziteta da utiče na saglašavanje faze



Sl. 547 — Putanja leta rakete kod prilaženja po nultom azimutu

između suksesivno poslatih impulsa. Dupleksler ostvaruje nisku impedansnu vezu i efektivno smanjuje predaju energije u svim pravcima sem u željenom pravcu. Stabilizovani lokalni oscilator daje jedan signal lokalnog oscilatora podesno pomeren po učestanosti, koji se meša sa primljenim signalima da bi se generirala medufrekvencija prijemnika. Dopplerski prijemnik sa odgovarajućom »kapijom« za brzine filtrira signale, tako da poništava neželjene dopplerske učestanosti.

Ovim bismo završili izlaganje o sistemima za samonavođenje. Razmotrimo sada putanje po kojima projektil leti kad rade sistemi za samonavođenje.

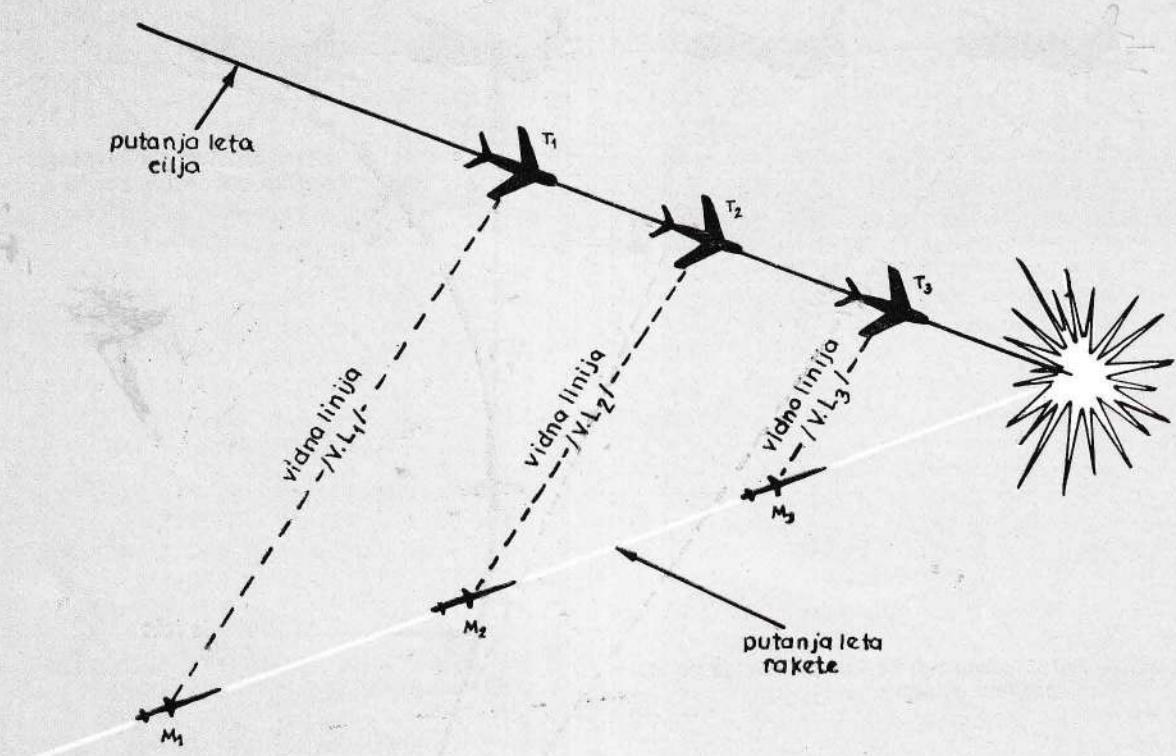
KAKO PROJEKTIL PRILAZI CILJU

Samonavođeni projektil može prići cilju na dva načina. O ovome se govorilo u poglavljiju o trajektorijama projektila. Prvi način se sastoji u tome da projektil sve vreme leti pravo na cilj. Ovaj metod je poznat kao metod nultog ugla pravca (kriva gonjenja). Jedna moguća putanja leta na ovaj način prikazana je na slici 547. Slika prikazuje kako se cilj kreće. Lako je uvideti da bi putanja leta ka nepomičnom cilju bila prava linija. Ovde se može uočiti krivina putanje leta kada se projektil približava putanji

po kojoj se kreće avion. Oštra krivina izaziva ogromna bočna ubrzanja. Ova poprečna ubrzanja predstavljaju ozbiljnu zapreku primeni metoda nultog ugla pravca, kad su ciljevi vrlo brzi. Drugi prigovor ovom načinu je taj da brzina projektila mora biti znatno veća od brzine cilja.

Drugi način prilaženja projektila cilju naziva se uglom preticanja, ili, katkad konstantnim stvarnim azimutom.* Ovaj način zahteva

*) Paralelno približavanje. — Prim. red.



Sl. 548 — Putanja leta rakete kada se primenjuje prilaženje sa uglovom preticanja (paralelno približavanje)

da se sistemu doda jedan računar. Računar kontinualno proračunava tačku susreta. Ako cilj ne pokušava da manevrom izbegne susret sa projektilom tačka susreta ostaće nepromenjena. Ukoliko cilj počne da manevriše, računar šalje signale automatskom pilotu projektila da bi ga korigovao za novu tačku susreta.

I kad se primenjuje ugao preticanja, projektil mora ipak da leti brže od cilja, ali ne toliko brže kao kad se primenjuje princip nultog azimuta. Usled manje brzine kao i usled sporijih promena položaja, bočna ubrzanja projektila takođe su srazmerno mala.

Avioni su pokretni ciljevi. Bilo koji od ova dva načina prilaženja može se primeniti za uništavanje aviona, ali je ugao preticanja poželjniji način.

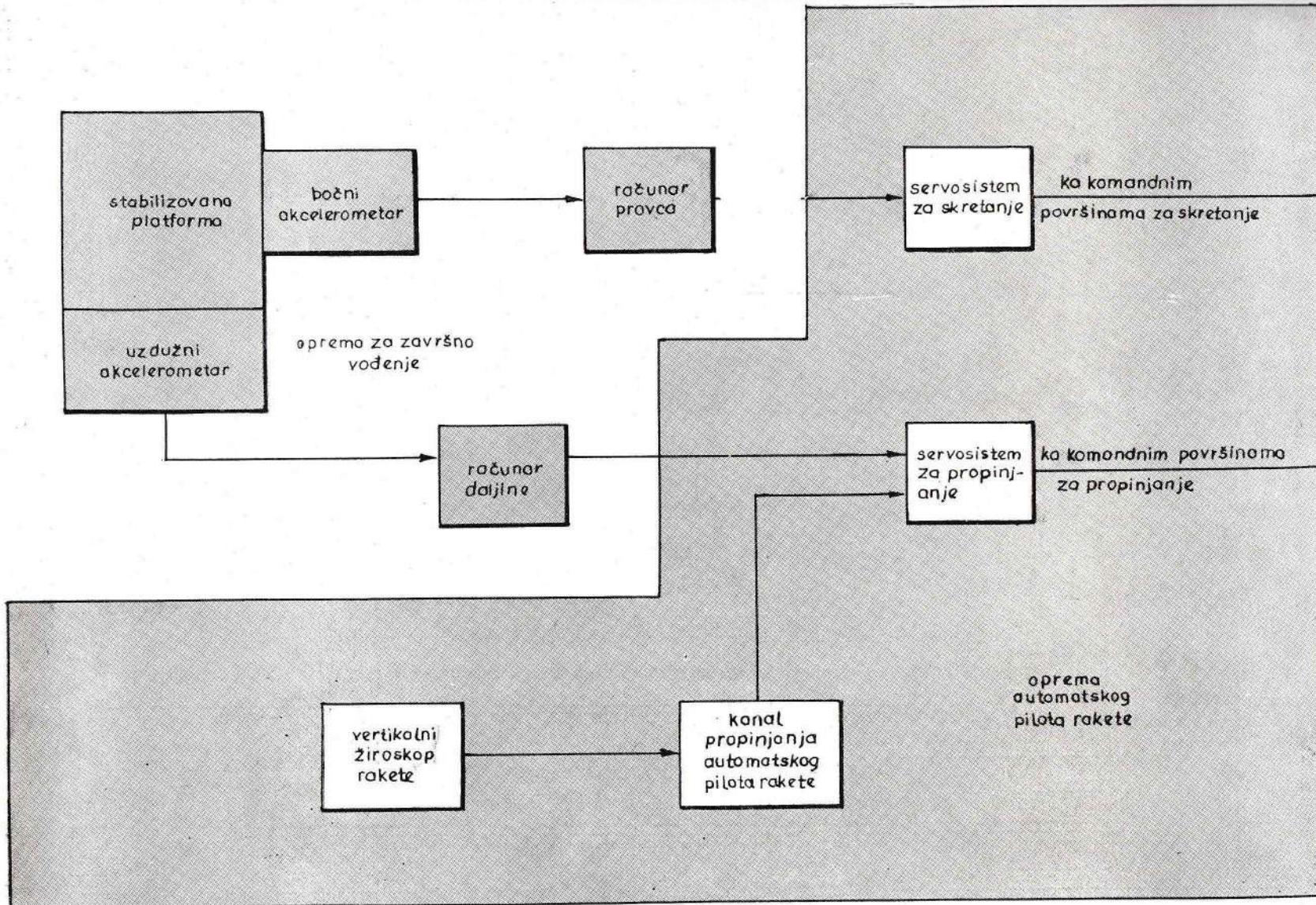
Zemaljski ciljevi sa gledišta raketne tehnike su relativno stacionirani ciljevi. Prema tome, bilo koji način prilaženja imao bi istu putanju leta. Razlika između ova dva načina ogledala bi se u količini i veličini opreme smeštene u projektilu. Način sa uglovom preticanja zahteva korišćenje računara, dok način sa nultim azi-

mutom ne, zbog čega je poželjnije da se on primenjuje.

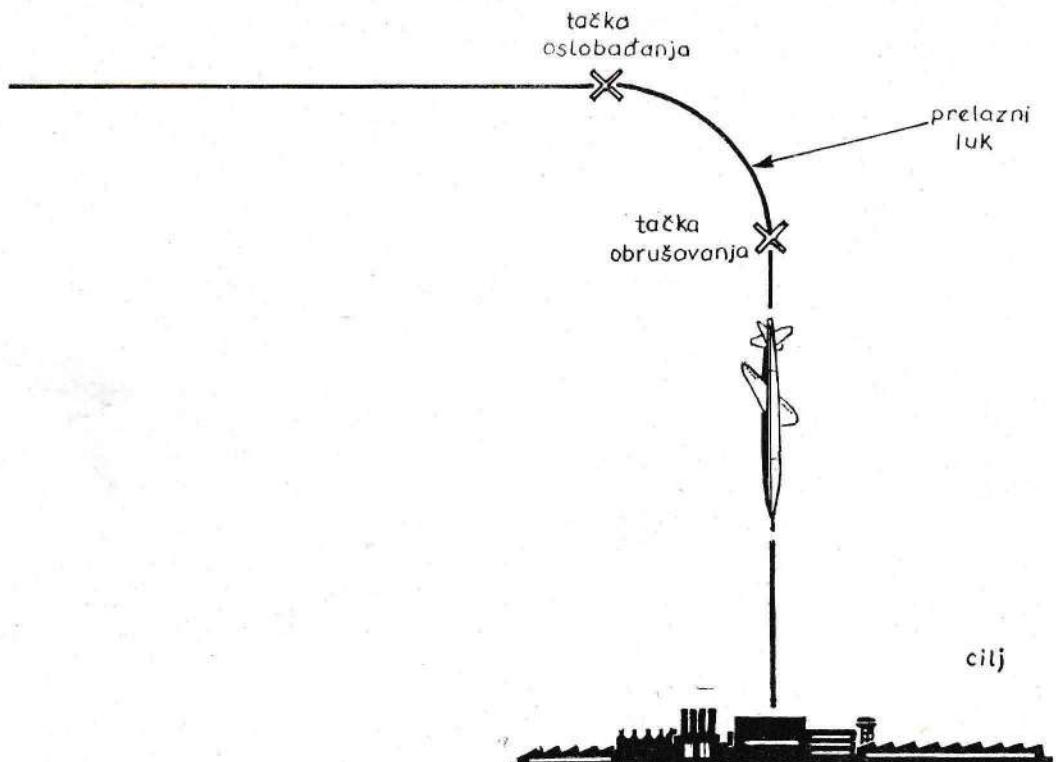
Obavljeno je mnogo novih razvojnih radova u oblasti sistema za samonavođenje. Istraživanja i razvoj će se nastaviti, što će biti od velike važnosti u konstruisanju novih i posrednjih sistema za samonavođenje.

INERCIJALNI SISTEMI ZA ZAVRŠNO VOĐENJE

Postoje dva specifična intercijalna sistema za završno vođenje. Oni su poznati kao sistem sa konstantnim uglom obrušavanja i inercijalni sistem sa nultim uzgonom (balistički). Na slici 549 prikazana je opšta blok-shema sistema sa konstantnim uglom obrušavanja. Kao i kod bilo kog sistema za završno vođenje i ovde sistem za vođenje na srednjem delu putanje upravlja projektil u neku tačku u prostoru koja se naziva tačka oslobođanja. U toj tački oprema za vođenje na srednjem delu putanje se isključuje a upravljanje projektilom preuzima sistem za završno vođenje projektila.



Sl. 549 — Sistem za konstantni ugao obrušavanja



Sl. 550 — Pitanja leta inercijalnog sistema sa vertikalnim obrušavanjem

Kao i kod drugih inercijalnih sistema i ovde je stabilizovana platforma referentna ravan na kojoj su smešteni akcelerometri kao i sistem za konstantni ugao obrušavanja. Uredaji u projektilu su tada sposobni da za vreme obrušavanja sračunavaju položaj projektila u odnosu na tačku oslobođanja.

Kod tačke oslobođanja izlazni signali iz akcelerometra uvode se u odgovarajuće kanale računara, koji su unekoliko slični onima u prostom inercijalnom sistemu. Jedan akcelerometar meri poprečno ubrzanje (pravac), dok drugi meri uzdužno ubrzanje (daljinu) u odnosu na položaj stabilizovane platforme u projektilu.

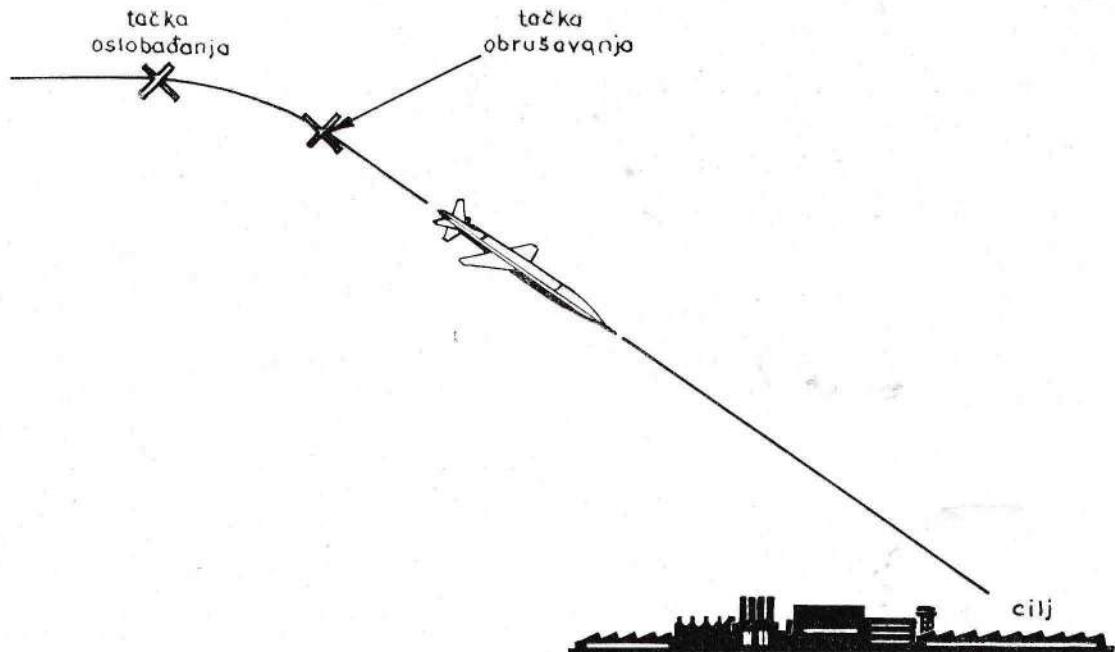
Ovi signali ubrzanja mogu se pomoću integratora unutar računara menjati u signale brzine, a zatim u signal koji predstavlja položaj. Međutim, računar daljine normalno ne treba da daje signal koji predstavlja grešku položaja. Kanal računara za sračunavanje daljine sistema sa konstantnim uglom obrušavanja sadrži samo jedan integrator, pa se samo signal brzine vodi u servomehanizam propinjanja.

Kad je signal brzine pravilne konstantne vrednosti, nema nikakvog izlaznog signala iz računara za servomehanizam propinjanja. Kako

se dobija signal kad postoji greška objašnjeno je u prethodnom poglavljiju kada je govoreno o prostom inercijalnom sistemu. Ako bi se izlazni signal iz računara razlikovao od željene vrednosti, pojavio bi se izlazni signal za servomehanizam propinjanja. Izlazni signal greške prouzrokuje upravljačko delovanje, kako bi se korigovao ugao obrušavanja na potrebnu veličinu.

Sistem za vertikalno obrušavanje. Jedna varijanta sistema sa konstantnim uglom obrušavanja je sistem za vertikalno obrušavanje. Ovaj sistem koristi se računaram daljine, koji ima dva integratorska bloka, tako da mu je izlazni signal greška položaja. Stoga kad je željeni izlazni signal iz kanala računara nula, znači da je projektil na vertikalnoj putanji obrušavanja.

Na slikama 550 i 551 prikazana je putanja leta sistema za vertikalno obrušavanje, kao i sistema sa konstantnim uglom obrušavanja. Tu se može uočiti da je sistem za vertikalno obrušavanje samo specijalan slučaj sistema sa konstantnim uglom obrušavanja. Pošto je projektil završio let po prelaznom luku i obrušio se prema Zemlji, bilo kakvo ubrzanje u horizontalnoj ravni prouzrokuće reagovanje komandnih površina (ili kormila), tako da se pro-



Sl. 551 — Putanja leta kod inercijalnog sistema za obrušavanje sa konstantnim uglom

jektil vratи na svoju prvobitnu vertikalnu putanju.

Prelazni luk. Neko bi se mogao zapitati na koji način projektil leti po luku pre nego što zauzme pravolinijski kurs ka Zemlji. Ovo kretanje, poznato kao let po prelaznom luku, ostvaruje se precesiranjem vertikalnog žiroskopa automatskog pilota, i to samo oko ose propinjanja.

Naravno da postoje mnogi činoci koji određuju broj stepeni luka kao i ugaonu brzinu precesije vertikalnog žiroskopa. Ugao po kome projektil treba da se obrušava jeste osnovni činilac u određivanju broja stepeni ugla vertikalne precesije žiroskopa. Drugi činilac je napadni ugao krila projektila.

Posmatrajući gornji projektil na slici 552, gde su prikazani položaji projektila pri obrušavanju, može se uočiti da ako bi se uzdužna osa projektila uperila pravo nadole, na krilima bi se usled napadnog ugla pojavio izvestan uz-

gon, tako da se projektil ne bi obrušavao vertikalno. Da bi se ovo korigovalo, vrh projektila (odnosno njegova uzdužna osa) trebalo bi da prođe ugao poniranja, kao što je to prikazano donjim projektilom na slici 552. Ovo važi za bilo koje konstantne uglove poniranja. Ovo kompenzovanje obuhvata takođe i otklanjanje dodatnog uzgona na krilima koji se pojavljuje usled toga što raketa u obrušavanju po pravilu leti brže. Povećanje brzine leta prouzrokuje i povećanje uzgona na krilima.

Ugaona brzina precesije žiroskopa, ili brzina kojom projektil treba da se zaokrene, jeste konstrukcijski problem, koji, između ostalog, obuhvata i aerodinamičke karakteristike projektila.

Kada projektil zavrши kretanje po ovom luku, on dolazi u tačku koja se naziva tačka obrušavanja. U tački obrušavanja uključuje se automatski pilot iz servomehanizma za propinjanje i skretanje i više nema nikakvog uticaja na komandne površine.

INERCIJALNI SISTEM SA NULTIM UZGONOM

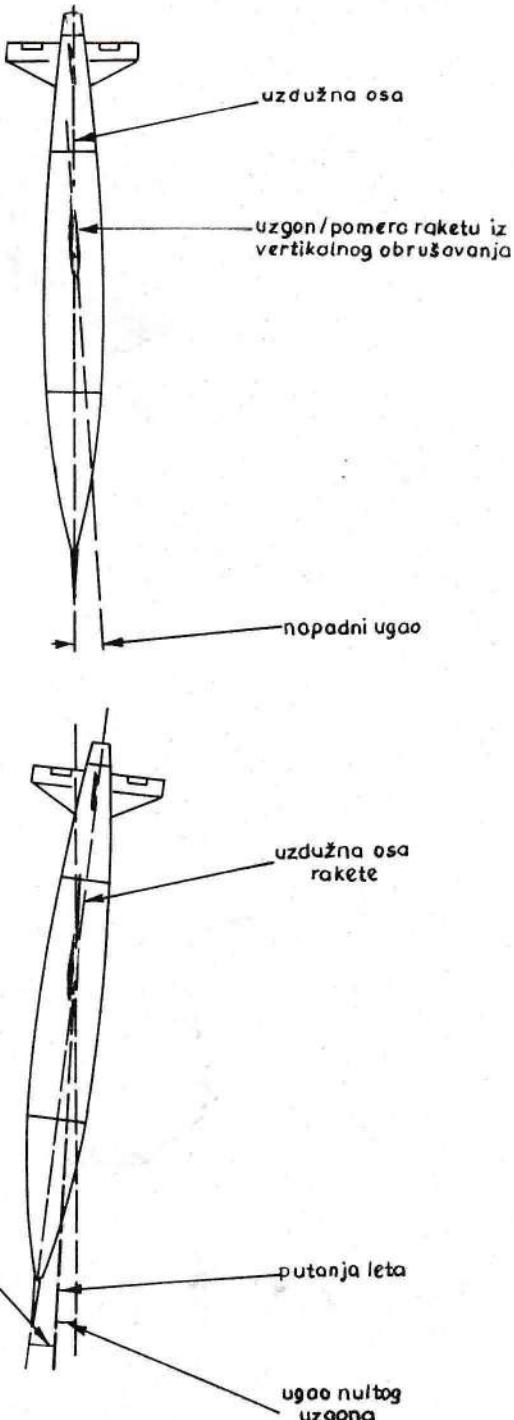
Blok-shema jednog tipičnog inercijalnog sistema sa nultim uzgonom prikazan je na slici 553. Na shemi je takođe prikazana i veza između sistema za završno vođenje i upravljačkog sistema projektila (automatskog pilota).

Uređaji za završno vođenje mogu se podeleti u dva posebna dela. Funkcija prvog dela je da uspostavi putanju leta ili programisani putanju pomoću motora konstantne brzine, čiji rotor pokreće klizač jednog potenciometra, a drugog dela je da pomoći akcelerometra održava projektil na ovoj programisanoj putanji.

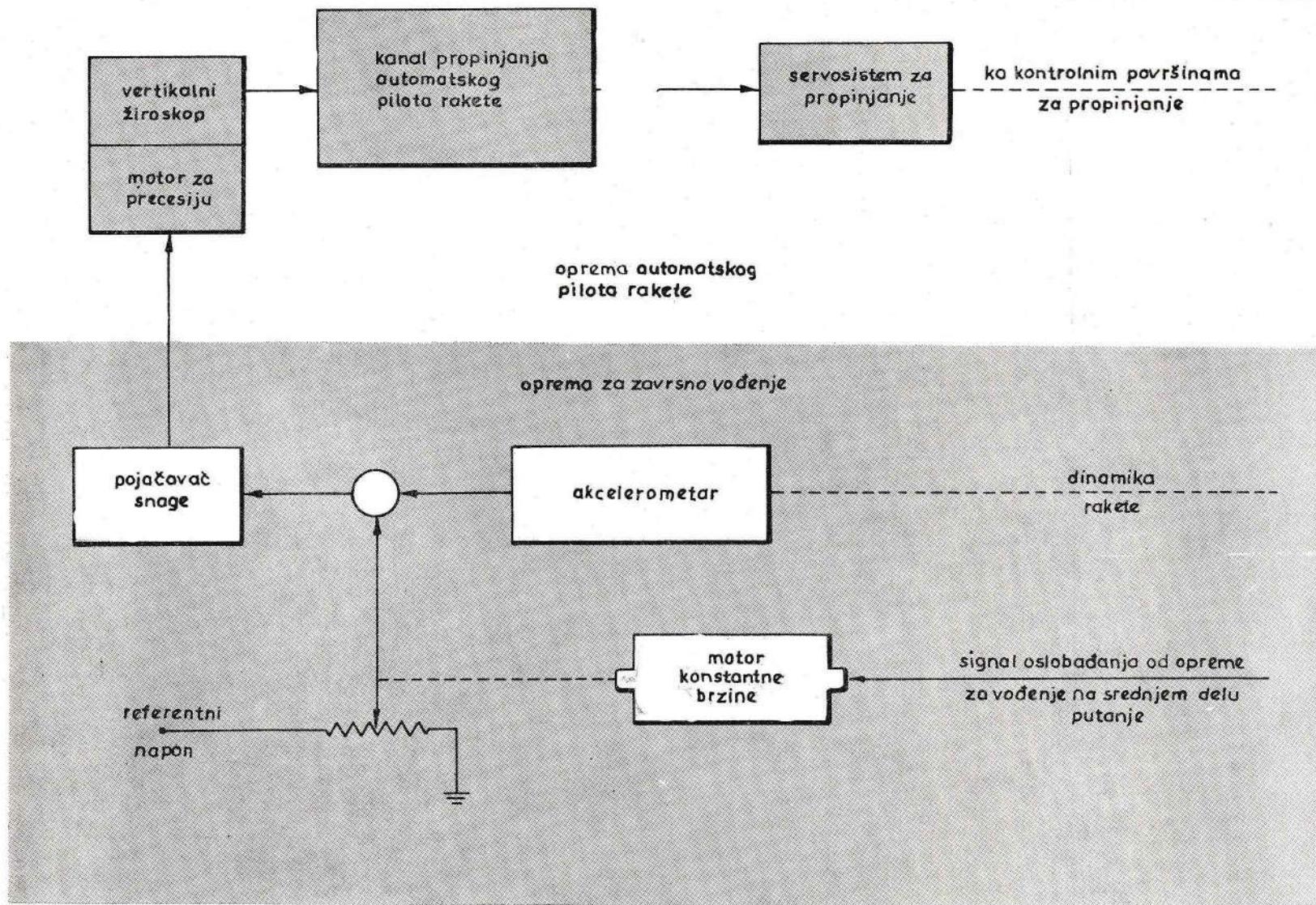
Ako je željena putanja leta teorijska balistička putanja, koja je parabolična kriva, klizač potenciometra treba da se kreće konstantnom brzinom, počev od uzemljenog kraja potenciometra. Kad bi se napon sa klizača potenciometra (programisani signal) nacrtao na dijagramu u funkciji vremena, dobila bi se prava linija (sl. 554). Ako se ovim naponom napaja motor rezultirajući ugao zaokreta, odnosno položaj rotora motora, jeste integral ulaznog napona. Ovde ćemo se još podsetiti na to da je integral prave sa konstantnim nagibom parabolična (kvadratna) kriva. Dijagram ove krive nacrtan je na slici 555.

Motor koji se napaja ovim programisanim signalom je sastavni deo vertikalnog žiroskopa i naziva se motor za davanje precesije. Ovaj motor nije prikazan na prethodnoj blok-shemi. Položaj rotora ovog motora se koristi za precesiranje vertikalnog žiroskopa upravljačkog sistema projektila, i to po osi propinjanja. Na taj način žirokop daje paraboličnu putanju kao referencu kanalu propinjanja upravljačkog sistema projektila.

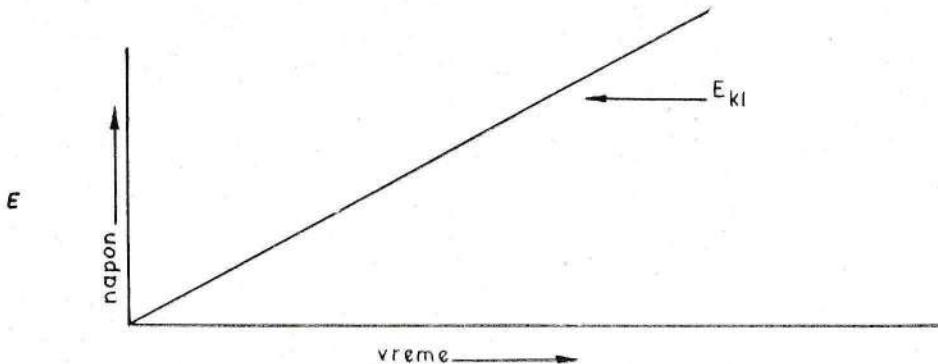
Sa paraboličnom putanjom kao referencicom po osi propinjanja projektil teži da leti po toj putanji. U stvari, usled napadnog ugla krila i sile potiska motora projektil leti po nekoj drugoj putanji, ukoliko se ne kompenzuju uticaji ovih faktora.



Sl. 552 — Položaj prilikom obrušavanja



Sl. 553 — Inercijalni sistem sa nultim uzgonom



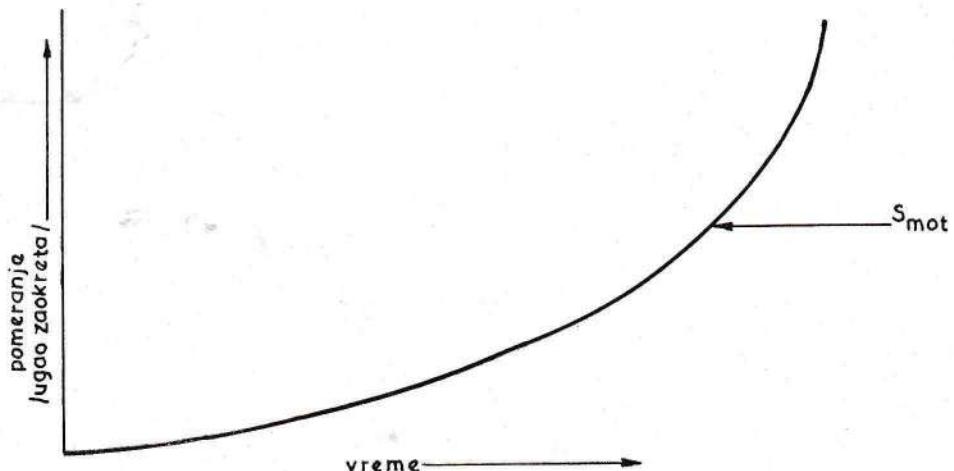
Sl. 554 — Napon na klizaču potenciometra

Ova kompenzacija se ostvaruje pomoću akcelerometra koji je smešten tako da oseća (otkri-va) ubrzanje projektila po vertikalnoj osi. Tako, ako na krilima postoji uzgon, akcelerometar otkriva ovaj uzgon i daje signal koji koriguje precesiju vertikalnog žiroskopa. Kad postoji uzgon, signal iz akcelerometra se u sabiraču sabira sa programisanim signalom, tako da se žiroskop precesira brže. Ako, pak, projektil leti tako da postoji negativan uzgon (vrh projektila suviše okrenut prema Zemlji), akcelerometar daje signal koji se u sabiraču oduzima od programisanog signala i time usporava precesiju žiroskopa. Projektil stoga leti po unapred određenoj (teorijski balističkoj) putanji na zemaljski cilj, kao što je prikazano na slici

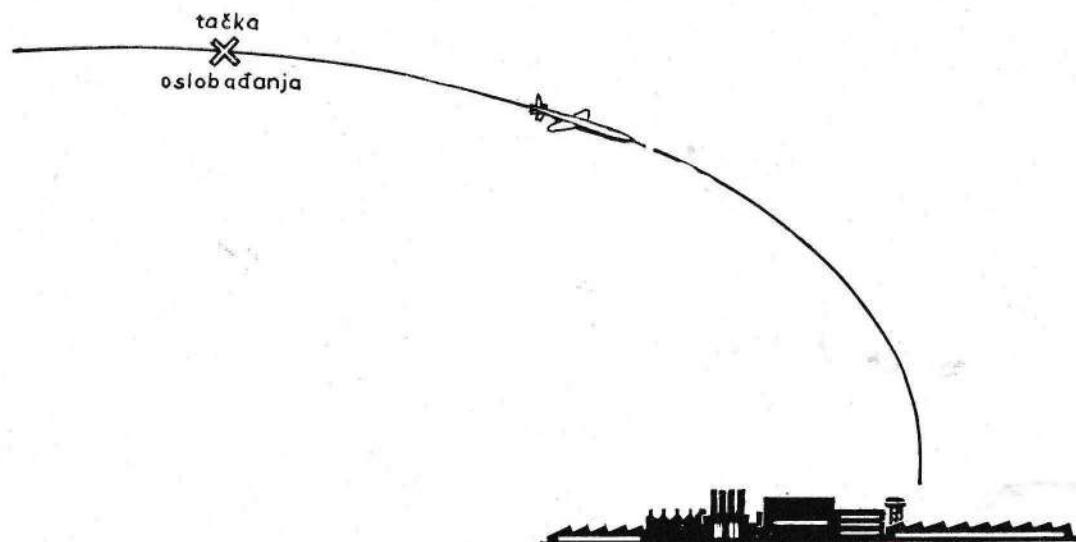
556. U ovom sistemu signal akcelerometra kompenzuje bilo kakav uzgon rakete koji se pojavi po vertikalnoj osi, i ta se pojava naziva »multi uzgon«.

Vodenje na srednjoj putanji leta dovodi projektil do željene tačke oslobođanja, a takođe i aktivira kola opreme za završno vođenje. Tu se daje i signal oslobođanja za pokretanje motora konstantne brzine. Svrha pojačavača snage u navedenoj blok-shemi je, kao što i samo ime kaže, da pojača snagu ulaznog signala, kako bi ovaj mogao da pokreće motor za davanje precesije.

U oba ova slučaja inercijalnih sistema tačnost opreme za završno vođenje ne može biti



Sl. 555 — Položaj rotora motora za precesije



Sl. 556 — Putanja leta inercijalnog sistema nultim uzgonom

veća od tačnosti određivanja tačke oslobođanja opreme za vođenje na srednjem delu putanje. Naravno da i sami sistemi za završno vođenje imaju netačnosti, zbog kojih se ti sistemi moraju usavršavati.

Dosad smo proučili sisteme koji vode projektil od trenutka lansiranja do trenutka susre-

tanja sa ciljem. Sada bi trebalo da bude jasno da bi, usled prirode leta projektila, samo jedan sistem vođenja, koji bi vodio projektil kroz sve faze leta, bio nepraktičan ako ne i nemoguć. Zbog toga se za bilo koji projektil primenjuje kombinacija više sistema vođenja. U sledećim poglavljima objašnjeni su mešoviti sistemi vođenja.

MEŠOVITI SISTEMI VOĐENJA

Da bi izlaganje o sistemima vođenja bilo potpuno, objavićemo na sledećih nekoliko stranica šta sačinjava mešovite sisteme vođenja. Mešoviti sistem vođenja može se zamisliti kao nekoliko zasebnih sistema vođenja, koji zajedno vode projektil kroz sve faze leta. Kombinacija od nekoliko sistema je neophodna zbog velikog opsega zahteva koji treba da budu zadovoljeni. Neposredno posle lansiranja (odnosno perioda busterovanja), ekstremno velika ubrzanja sprečavaju korišćenje normalnih komponenti za vođenje. Takva ubrzanja prouzrokuju zatvaranje relea, precesiju žiroskopa, kao i zasićenje akcelerometara koji imaju osetljivost zahtevanu za normalne uslove leta.

Ako bi trebalo da se jedan standardni sistem za vođenje na srednjoj putanji leta upotrebni kako za vreme lansiranja tako i u fazi leta na srednjem delu putanje, on bi se morao izmeniti i prilagoditi da može da izdrži ubrzanje za vreme lansiranja. Ove izmene bi obuhvatile ugradnju relativno neosetljivih komponenti vođenja, ili bi se učinilo da se u zavisnosti od vremena normalnim komponentama menja osetljivost.

Obično se normalne komponente sistema vođenja koje sadrže pokretne delove smeštaju tako da budu u stanju da izdrže naprezanja za vreme lansiranja, ili se barem kola u kojima rade neutralizuju. Telo projektila se konstruiše da bude dovoljno stabilno tako da upravljački uređaji postavljeni pred lansiranje omogućuju projektilu da leti stabilno za vreme ubrzavanja (buster faza). Čak i kod sistema koji su »mrtvi« za vreme ubrzavanja (busterovanja) sve komponente sa pokretnim delovima pažljivo se izbalansiraju i smeštaju tako da uzdužno ubrzanje nema štetni uticaj.

Posle perioda ubrzavanja (busterovanja) prema za vođenje počinje da radi, bilo zato što deluje uređaj za određivanje vremena, ili što su prestala velika ubrzanja. Vođenje za srednji deo putanje ne uključuje se uvek u tom trenutku. Kod projektila lansiranih sa zemlje period penjanja je neophodan za dovodenje projektila na pogodnu visinu i njegovo postavljanje u položaj podesan za vođenje na srednjem delu putanje. Period penjanja može se kontrolisati bilo programisanim sistemom vođenja, bilo uređajima za daljinsko upravljanje. U nekim projektilima ne postoji period penjanja, kao poseban deo vođenja. U ovim projektilima sistem za vođenje na srednjem delu putanje preuzima vođenje neposredno posle lansiranja.

Trajektorija srednjeg dela putanje se računava tako da počinje od neke tačke udaljene od oblasti lansiranja. Za to postoji više razloga. Pošto je trajektorija srednjeg dela putanje kružnog oblika velikog poluprečnika, ili pak sličnih karakteristika, lansiranje u ovu trajektoriju odalo bi lokaciju lansirnog mesta. Crtanjem kursa projektila i ispitivanjem duž putanje neprijatelj bi mogao otkriti položaj lansiranog mesta. Mogu, takođe, da postoje i tehnički razlozi za pomeranje početne tačke trajektorije srednjeg dela putanje. Sistem za vođenje na srednjem delu putanje, koji se koristi nekim od zemaljskih fenomena, kao što je magnetski sistem ili sistem za poređenje mapa, zahteva posebne istaknute karakteristike koji se možda ne bi mogli naći u okolini lansera.

Dovodenje projektila na željeni kurs kao i kalibrisanje opreme za vođenje na srednjem delu putanje je još jedna funkcija vođenja. Ova funkcija vođenja može da bude izdvojena i mo-

gla bi se vršiti ili za vreme penjanja ili kontinualno, počev od trenutka lansiranja. Oprema za vođenje na srednjem delu putanje može da je samokalibrirajuća ili korigujuća kao bilo koja oprema za samonavodenje. Pri samonavodenju kurs leta se takođe stalno menja, ali projektil može da »direktno vidi« svoj cilj i da ga presretne. Kada projektil ne može da vidi cilj, oprema za vođenje mora se podesiti prema stvarnom položaju projektila, ili se položaj projektila u određenim trenucima mora porediti sa željenim položajem.

U nekim sistemima korekcije se vrše u odnosu na neki spoljni izvor podataka. Ceo sistem za korigovanje može biti spoljni, npr. radarski, a može biti i radio-uredaj za praćenje. Ovaj uredaj sračunava postojeću grešku u vidu parametara za vođenje projektila. Tada ih on kodira i šalje projektilu nekim komandnim sistemom. U drugom sistemu korekcije su sadržane u samom projektilu. Takav sistem, na primer, koristi se Doplerovim radarom za merenje uzdužne i poprečne brzine projektila u odnosu na Zemlju. Ovde se, takođe, koriste indikatori brzine strujanja vazduha ili radar sa fiksnim farom.

Kad »mozak« projektila zaključi da ima na raspolaganju dovoljno tačnih podataka za unapred određeni položaj, uključuje se vođenje za srednji deo putanje. Moguće je da je sistem za vođenje na srednjem delu putanje već bio uključen ali nije bio primarni izvor podataka o grešci. Signali vođenja za srednji deo putanje i sistema za podešavanje mešaju se u »mozgu« projektila i sračunava se tačna greška. Vođenje za srednji deo putanje preuzima tada upravljanje, budući da je ono tačno i dinamički izbalansirano pod uslovima stvarnog leta.

U mnogim projektilima sistem vođenja za srednji deo putanje radi na najvećem delu putanje i najduže. U projektilima malog dometa oprema za srednji deo putanje je često jedina oprema ugrađena u projektilu. Kod mešovitih sistema vođenja tačnost leta, međutim, zavisi od svakog od pomoćnih sistema, koji treba u potpunosti da obave svoj posao.

Sistem vođenja za srednji deo putanje mora sam za sebe da bude tačan s obzirom na dužinu vremena kad radi. Greška prouzrokovana pomjeranjem nule srazmerna je dužini vremena za koje se akumulira. Na primer, jedna data greška kod cilja odgovara vrlo malom pomerenju nule u sistemu vođenja za srednji deo putanje i relativno velikom pomeranju nule drugih sistema, koji rade samo mali deo vremena u odnosu na vreme rada sistema za vođenje na srednjem delu putanje. Stoga je jasno zašto se naglašava problem tačnosti sistema za vođenje na srednjem delu putanje.

Mogućnost kvarova u sistemu vođenja za srednji deo putanje (glavni sistem) takođe postoji, tako da se u projektil obično ugrađuje neko sredstvo koje obezbeđuje signal vođenja uprkos eventualnim kvarovima u glavnom sistemu. Sistem koji služi ovoj nameni je istinski pomoćni sistem. On se može koristiti u periodu podešavanja i korigovanja, a može da postoji i samo kao rezervni sistem vođenja. Ovaj pomoćni sistem može biti uređaj koji preuzima vođenje ako se izgubi primarni signal; on čak može da obezbedi nastavljanje leta po inerciji prema poslednjem ispravnom signalu. Rezervni sistem vođenja se tako konstruiše da vraća funkciju vođenja primarnom sistemu, ukoliko primarni sistem počne ponovo da radi pravilno.

KONTROLNE MATRICE

Odabiranje sistema vođenja, koji može da kontroliše putanju leta projektila, jeste zadatak posebnog sistema. Kola za odabiranje sistema vođenja mogu biti razmeštena unutar elektronske opreme projektila. Sva kola sistema za odabiranje smeštena su u neposrednoj blizini pojedinih sistema čiji rad kontrolišu. Ako su sva kola za odabiranje smeštena u jednom bloku, ovaj blok se naziva kontrolna matrica. Bilo da su izvođeni ili objedinjeni, zadatak komponenta ove matrice je isti. Naime, one treba da za određeni let odabiraju pravilan redosled rada sistema za vođenje.

Projektil se za vreme leta može kontrolisati iz više izvora. Neki od signala se uspostavljaju da bi se označila faza leta kroz koju projektil prolazi. Ovaj signal može da potiče iz programskog uredaja, koji se za određivanje faze leta koristi podacima zapisanim na magnetskoj traci, a može poticati od kombinacije signala iz raznih uredaja kao što su primarni sistem vođenja ili radio-sistem. Bez obzira na to odakle ovaj signal potiče, on preko kontrolne matrice deluje tako da obezbedi komandu koja uključuje pravilnu funkciju sistema vođenja za neki određeni period leta.

Kontrolna matrica može da liči na komandnu tablu automatske telefonske centrale. Ona automatski, bez obzira na uslove, prenosi signal upravljačkom sistemu. Budući da je sposobna da uprkos svim eventualnostima odredi neku od funkcija vođenja, kontrolna matrica obezbeđuje projektilu najispravnije vodenje.

Ako bi se sistem za vođenje na srednjem delu putanje pokvario ili postao neupotrebljiv, matrica prekopčava vodenje na pomoćni sistem, koji ima manju tačnost od osnovnog sistema. Ako, pak, osnovni sistem vođenja na srednjem delu putanje ponovo proradi kontrolna matrica

vrati mu funkciju vođenja. Shematski prikaz koliko predstavlja zadatak matrice moguće je ostvariti upotrebom označke iz Bulove algebre.

Prema oznakama Bulove algebre, svaki signal ili operacija kodira se sa po jednim slovom. Slovo samo za sebe označava da postoji signal. Slovo sa zarezom (') je indikacija da nema signala, odnosno označava isključeno stanje.

Jednačina predstavlja zahtevanu kombinaciju ulaznih signala za davanje određenog izlaznog signala. Ako su ovi kombinovani signali razdvojeni crticom, crtica se može zameniti rečom »i«. Ako su signali razdvojeni oznakama »+« ili »V«, one zamenjuju reč »ili«. Grupisanje signala u zagradi označava istu operaciju kao u običnoj algebri: Signal izvan zagrade mora da postoji, bez obzira na kombinaciju signala u zagradi.

Matrica se može posmatrati kao automatska komandna tabla ili računar za redosled operacija pri vođenju. Pošto su ovi signali oblika »uključeno-isključeno«, oni se mogu posmatrati kao birane cifre. Jedan niz ovih biranih cifara daje signal, koji se može smatrati kao dualni (koji sadrži dva elementa). Rad kontrolne matrice je analogan radu digitalnog računara i ona za datu kombinaciju cifara na ulazu daje odgovarajuću na izlazu.

DOPLERSKI RADAR ZA PRIGUŠIVANJE BRZINE

Doplerski radar koji se koristi za prigušenje brzina unekoliko se razlikuje od Dopler-sistema za samonavodenje. Doplerski radar za pri-

gušivanje brzine zahteva antene za merenje uzdužne i poprečne komponente brzine. Ove antene moraju biti stabilisane po pravcu tako da se brzina duž putanja leta kao i upravna na nju mogu meriti radi nulovanja greški koje se javljaju od ugaonog pomeranja nule (drifta).

Nosač antene nosi dve antene uperene dole i napred, i to skrenute za mali ugao od ose nagaiba projektila. Treća antena uperena je nazad. Poređenje signala, iz dve prednje antene služi za podešavanje pravca leta projektila. Poređenjem signala iz prednje i zadnje antene dobija se brzina leta projektila. Pomeranje nule (drift) sračunava se iz ugla položaja ose prednje i zadnje antene kao i iz pravca leta projektila.

Doplerski radar, sličan uređaju koji se upotrebljava u opremi za navigaciju bombardera, primenjuje se sa specijalnom spojnom opremom upotrebljenom da poveže izlazni signal iz doplerskog radara sa računaram projektilla.

Doplerski radar ne bi se upotrebljavao neprekidno u toku jednog leta pošto bi u tom slučaju bila povređena tajnost. Na dugim letovima preko vodenih prostranstava doplerski radar je od male koristi pošto se prima nedovoljan povratni signal od relativno ravne, glatke površine kao što je površina okeana.

Kao što je već rečeno ovim poglavljem završeno je izlaganje o sistemima vođenih projektila. Sada ćemo moći da razumemo načine i sredstva pomoću kojih se ostvaruje vođenje i upravljanje projektilom. Znaćemo i principe leta projektila. Ali nećemo znati kako se projektil upotrebljava kao ratno oružje. Sledeća glava daće odgovor na ovo pitanje.

Borbena upotreba vođenih projektila

S pronalaskom vođenih projektila pojavila su se dva potpuno suprotna mišljenja o karakteru budućih ratova. Mišljenje o vođenju rata »pritiskom na dugme« je verovatno rasprostranjenije. Po njemu budući ratovi će se dobijati ili gubiti u međukontinentalnim bitkama vođenih nadzvučnih dalekometnih projektila koji nose atomske ili hidrogenske bojne glave. Prema tome, borba na zemlji, u kojoj bi se upotrebljavala klasična borbena sredstva, bila bi malo ili čak nimalo verovatna.

Po drugom shvatanju, atomske i hidrogen-ske bombe nisu ništa drugo do poboljšanje ranije bombe, a vođeni projektili su samo uspešniji nosači tereta nego što su to bili bombarderi u drugom svetskom ratu. Zato zastupnici ovog shvatanja tvrde da se opšti način ratovanja neće izmeniti. Po njihovom mišljenju, rat se i dalje mora dobijati na zemlji, a sva oružja postoje samo za to da pomognu borcu na kopnu pri nastupanju prema određenom objektu. Čak i ako se desi da se za izvođenje odlučujućih vojnih dejstava pribegne upotrebi raketnog oružja, kopnene jedinice — rezonuju dalje branioci shvatanja o kome je reč — imaće važne zadatke. One će morati da odbijaju pokušaje neprijateljske invazije, da obezbeđuju prostore potrebne za izbacivanje projektila i da drže pod okupacijom kritične rejone da bi sprečili ponovo započinjanje neprijateljstava.

Oba ova shvatanja su teze za ozbiljnu diskusiju. U svakom slučaju, projektil će sigurno igrati značajnu ulogu u izolovanju bojišta i neutralisanju važnih ciljeva.

IZVOR ZEMALJSKIH CILJEVA

Napadi dalekometnim projektilima namenjeni su za to da se — sistematskom primenom sile protiv izabranih grupa ciljeva od životne važnosti — razaranjem i razbijanjem neprijateljske ratne maštine dovede postepeno do stanja kad neprijatelj neće više imati sposobnosti ili volje da vodi rat. Udeo koji u postizanju toga cilja imaju projektili pripada najvećim delom projektilima zemlja — zemlja i vazduh — zemlja upotrebljenim protiv izabranih zemaljskih ciljeva.

Cinjenice koje se uzimaju u obzir pri izboru zemaljskih ciljeva za napad projektila malo se razlikuju od onih koje su se imale u vidu pri izboru zemaljskih ciljeva za napad konvencionalnim avionima u toku II svetskog rata. Ciljevi ostaju u suštini isti. Prema tome, vođeni projektili nisu nužni za to da se njima tuku neki sasvim novi zemaljski ciljevi, već da se tuku isti oni davnašnji strategijski ciljevi koji su načito osetljivi na napade iz vazduha.

PODELA ZEMALJSKIH CILJEVA

Uopšte, površinski ciljevi dele se na taktičke i strategijske. Taktički ciljevi su oni koji neposredno utiču na tok borbe. Na primer, živa sila, tenkovi i artiljerijski vatreni položaji u borbenoj zoni jesu taktički ciljevi. Oni se obično pojavljuju na tačkama neposrednog kontakta sa neprijateljem, na frontu, i uglavnom su privremeni, kratkotrajni, ili po prirodi brzi, pa zahtevaju da se napadaju oružjem koji ih može stići u vrlo kratkom vremenu. Ostali tak-

tički ciljevi su razbacani po frontu i dopiru duboko u pozadinu neprijatelja. Može da bude neophodno da se neprijateljsko mesto za izbacivanje projektila odmah napadne, iako se ono nalazi na stotinu milja od borbenih linija.

Strategijski ciljevi su normalno daleko od rejona borbenih dejstava, i njihovo uništenje ne utiče direktno na tok bitke. Ovi ciljevi se obično nalaze u velikoj dubini neprijateljske teritorije. To su uglavnom ogromna postrojenja od velikog značaja za proizvodnu moć nacije. Primeri strategijskih ciljeva su industrijska preduzeća, rudnici i polja sa izvorima nafte.

Sa razvojem i upotrebotom vođenih projektila, zona taktičkih ciljeva postaje sve dublja. Ako se uzme da su jedinice u borbenoj zoni taktički cilj, onda je sigurno da se i jedinice koje se nalaze na stotine milja pozadi, a ukrcavaju se u avione da bi se odmah bacile u istu bitku, moraju takođe smatrati kao taktički ciljevi. Prema tome, postaje sve teže da se pravi razlika između zone taktičkih i zone strategijskih ciljeva na osnovu udaljenosti ciljeva od borbene linije. To je razlog što se u ovoj glavi činjenice koje je potrebno uzimati u obzir pri izboru zemaljskih raketnih ciljeva izlažu gotovo bez ikakvog pokušaja da se pravi razlika između taktičkih i strategijskih situacija.

SPECIFIČNI SLOŽENI CILJEVI

Krajnja svrha napada na zemaljske ciljeve je da se neprijateljske jedinice tako oslabi i ukoče da se mogu lakše uništiti. Glavni ciljevi koje valja napadati jesu industrijski centri u srcu neprijateljske teritorije. Uspešni napadi na takve centre ne utiču samo na moral stanovništva, nego imaju i drastično negativne posledice na dotur životnih i ratnih sredstava neprijateljskim jedinicama. Moć neprijatelja da vodi rat mora biti uništena. To znači da njegove fabrike, komunikacijski sistem, skladišta hrane i sistemi za snabdevanje naftom i benzinom moraju biti uništeni, a takođe i stanovništvo i mesta gde ono boravi.

Uopšte uzev, proizvodni kapacitet jednog naroda zavisi od toga kolika je njegova snaga u pogledu sledećeg:

- a. sirovina;
- b. prerađivačke industrije i industrije go-tovih proizvoda;
- c. pomoćnih službi i proizvodnje osnovne opreme;
- d. uvoza.

Svaka od ovih grupa je izvor ciljeva. Relativna važnost tih ciljeva zavisi od toga šta se

želi postići nekom akcijom i kakva je ratna situacija u datom momentu.

Prvu grupu čine rudnici, šume, polja sa izvorima nafte i farme, dakle objekti iz kojih se crpu sirovine.

U prerađivačku industriju i industriju go-tovih proizvoda spadaju fabrike koje pretvaraju sirovine u konačne proizvode za civilnu i vojnu upotrebu. Tvornice aviona, naoružanja i rafinerije su neki od mnogih ciljeva iz te grupe.

Grupa pomoćnih službi i postrojenja za proizvodnju osnovne opreme sastoje se od objekata kao što su električne centrale, unutrašnji transportni sistemi i ustanove za istraživanje i razvoj. Predstavnici te grupe nisu direktno angažovani u proizvodnji ratnog oružja, nego samo potpomažu one koje ga proizvode.

Uvoz je takođe od ogromnog značaja za vreme rata. Ciljevi u ovoj kategoriji sastoje se poglavito od morskih brodova, železničkog vozognog parka i naftovoda, dakle od sredstava koja služe za prenošenje materijala kritičnih za neprijatelja. Mnogi ciljevi iz grupe uvoza su najosetljiviji dok se nalaze u pokretu. Njihovo uništenje u bilo kojoj prilici daje povoljne rezultate.

KLASIFIKACIJA CILJEVA

U ovom odeljku raspravlja se o izvesnim kriterijumima kojima bi se trebalo rukovoditi pri izboru zemaljskih ciljeva. Valja imati na umu da se nijedan raketni cilj ne može uspešno tući konvencionalnim i relativno jevtinim oružjem.

Važnost cilja za neprijatelja. Cilj treba da bude tako važan da bi njegovo uništenje lišilo neprijatelja sredstva za snabdevanje kritičnim materijalom koji je potreban za nastavljanje rata ili pojedine operacije. Značaj nekih ciljeva može se menjati s razvojem rata ili s promenom bojišta. Na primer, u izvesnoj fazi rata ili na izvesnom bojištu presecanje puteva nacionalnog uvoza može biti od ogromnog značaja. Docnije, ili na drugom bojištu, uništenje rafinerija nafte može dobiti najveći prioritet. U svakom slučaju, važnost cilja mora da opravdava upotrebu projektila. Isto tako, služba ili proizvodi cilja moraju biti takve prirode da se za njih ne može naći zamena, niti je moguće liti se njihove upotrebe.

Skrivena rezerva kojom raspolaže neprijatelj. Izabrani cilj ne sme imati veliku rezervu kapaciteta proizvodnje, niti alternativne izvore snabdevanja. Između ostalog, u rezervu kapaciteta proizvodnje spadaju neangažovana postrojenja, koja se u slučaju potrebe mogu brzo pustiti u rad. Isto tako, izvesna skrivena rezerva

postoji u postrojenjima koja proizvode manje prioritetan ratni materijal, a mogu se lako, izvršenjem neophodnih zameni, premeštanju i proširivanju opreme i operacija, preorientisati na visokoprioritetnu ratnu proizvodnju. Sledеća rezerva nalazi se u tvornicama i materijalima koji služe za proizvodnju ne sasvim neophodne robe za civilnu potrošnju. Upotreba mnogih takvih tvornica i materijala može se lako ograničiti samo za vojnu proizvodnju. U mnogo slučajeva količina skrivene rezerve može određivati koliki se deo izvesne industrije mora uništiti da bi se efikasno usporio priliv njenih gotovih proizvoda.

Dubina do koje će se osetiti uništenje cilja. Pod »dubinom« ovde se podrazumeva to koliko će se brzo i u kojem opsegu napad na dati cilj odraziti na ratni napor neprijatelja. Napad na cilj koji izrađuje sastavne delove za neko ratno oružje trebalo bi da kritično smanji proizvodnju gotovog oružja. Stokovi proizvoda cilja koji je uzet u razmatranja ne smeju biti toliki da omogućavaju nesmetanu proizvodnju gotovih artikala čak i kad se rad cilja mora prekinuti za duže vreme.

Osetljivost cilja. Cilj koji se uzme u obzir mora imati takva fizička svojstva koja će dopustiti da se projektilem kojim se napada postigne željena šteta. Veoma ranljiv cilj može se uspešno oštetiti minimalnim utroškom projektila. Uzmimo, na primer, avionsku poletno-sletnu stazu ili električnu centralu. Oba ova cilja su veoma osetljiva, jer svega jedan pogodak projektilem može svaki od njih da učini neupotrebљivim. S druge strane, cilj smešten duboko u zemlji i u zaklonu od armiranog betona mnogo je manje osetljiv. Takav cilj zahteva upotrebu velikog broja projektila velike razorne moći, ali se čak i tada može desiti da cilj ne bude dovoljno oštećen, tj. da potpuno ne prekine rad.

Mogućnosti reaktiviranja cilja. Pod mogućnostima reaktiviranja cilja podrazumeva se koliko se brzo i kako lako može popraviti šteta naneta cilju i instalacija dovesti ponovo u normalno radno stanje. Ako je oštećena avionska poletno-sletna staza, zatrpanjem kratera normalno bi se ponovo sposobilo za upotrebu. Međutim, male su mogućnosti da se opravi električna centrala, jer nju i manje oštećenje opreme može da zaustavi za dug period vremena. Njena je popravka složenija i zahteva više vremena nego popravka pomenute staze. Sem toga, za sve vreme otklanjanja kvara na centrali biće van dejstva i sve fabrike i ustanove koje jedino od nje dobijaju energiju. Cilj koji je sposoban da se vrlo brzo oporavlja izi-

skuje česte raketne napade, dok cilj čije su mogućnosti za oporavak male zahteva takve napade u dužim vremenskim intervalima.

Ima slučajeva u kojima se napadi na cilj mogu planirati upravo tako da se omogući njegovo dovođenje u ispravno stanje ubrzo pošto ga zauzmu naše snage koje žele da se njime eventualno koriste. Primer za to je privremeno onemogućavanje korišćenja izvesnog rejonu ili postrojenja zbog njihove zatrovanosti nekim kratkotrajnim hemijskim sredstvom. Posle kratkog vremena naše snage mogu doći u taj rejon bez opasnosti od dejstva otrova.

Raspored elemenata cilja. Sastavni delovi složenog cilja trebalo bi da budu smešteni na malom prostoru, da bi se cilj mogao uništiti relativno malim brojem napada. Važno je znati procentualnu raspodelu proizvodnje među fabrikama koje izrađuju izvesnu vrstu oružja kad su te fabrike veoma udaljene jedna od druge. Fabrikama na koje otpada veći procenat od ukupne nacionalne proizvodnje tog oružja dao bi se, nema sumnje, najveći prioritet. S druge strane, kad sastavne delove nekog oružja proizvodi izvestan broj međusobno veoma rasturenih fabrika, prvenstvo u pogledu napada verovatno bi se dalo fabrikama koje proizvode najvažnije delove.

Otkrivanje cilja. Sposobnost sistema za vođenje projektila da otkrije cilj od najveće je važnosti. Cilj će biti lakše otkriven ako se njegovi elementi jasno ističu. Na primer, ciljevi koji zrače toplotu, svetlost ili neku drugu vrstu energije idealni su za projektil koji se koristi uredajima za vođenje zasnovanim na primeni takve energije.

Protivdejstvo protivnika. Neprijateljska obrana objekta je važna činjenica o kojoj se mora voditi računa pri određivanju da li je cilj pogodan za napad. Odbrana cilja vrlo često pokazuje njegovu važnost za neprijatelja. Ako se raspolože takvom informacijom, onda treba proceniti kako zemaljsku tako i protivvazdušnu odbranu cilja. Mora se utvrditi da li će neprijatelj moći da primeni razne protivmere, kao što su gađanje iz aviona, gađanje protivavionske artiljerije, upotreba projektila za presretanje, odvođenje sistema za samonavоđenje na lažna mesta cilja i ometanje rada sistema za elektronsko vođenje projektila. Iznenadenje, nadzvučna brzina i sistem za vodenje nepodložni ometanju u velikoj meri smanjuju mogućnost efikasnog neprijateljskog protivdejstva.

Dimenzije i određivanje mesta cilja. Cilj mora da zaprema prostor srazmeran tačnosti upotrebljenog projektila, a glavni elementi ci-

lja moraju da leže unutar slike rasturanja pogodaka. Na primer, postojeći projektil zemljazemlja, dometa 250 km, ima tablično verovatno skretanje jednako 0,1% daljine od mesta za lansiranje do cilja. To znači da pri gađanju cilja na daljini od 200 km projektil može da padne na mesto koje je oko 200 m daleko od izračunatog centra cilja. Ako je cilj dovoljno velik, srednji pogodak će još biti na cilju. U protivnom, tj. ako je cilj mali u odnosu na tačnost projektila, rezultat može biti potpun promašaj.

Moguć je slučaj kad tačnost kojom se može odrediti mesto cilja ne odgovara tačnosti datog sistema za vodenje projektila. Kao primer uzet je projektil koji na daljini od 160 km skreće od cilja za 60 m. Tolika tačnost nema nikakvu vrednost ako se mesto cilja u odnosu na lansirno mesto ne može odrediti sa tačnošću većom od 450 m. Nemci su vodili računa o toj činjenici kad su nastojali da odrede mesto centra Londona u odnosu na lansirna mesta. Prema tome, u nekim slučajevima teže je odrediti mesto cilja nego postići tačnost projektila.

U borbenoj zoni ciljevi se otkrivaju i određuju obično direktnim osmatranjem, ili po karti. Ali kad leže daleko na teritoriji koju drži neprijatelj, onda se ta sredstva teško mogu primeniti. Šanse da osmatrač preživi nalaze se pod velikim znakom pitanja, a podaci do kojih se može doći pomoću karte mogu biti nepodesni. Pre svega, jedino tačna predstava Zemljine površine jeste globus, ali on je nepraktičan za planiranje u vazduhoplovnoj navigaciji. Zato se sferna površina mora predstaviti na ravnoj površini. Projekcije pomoću kojih se to čini dovode do distorzije geografskih koordinata. U nastojanju da se ta distorsija svede na minimum i da se projekcija učini najpogodnijom za svrhu za koju mora da služi, upotrebljavaju se razne metode projektovanja.

Zadatak vojnoobaveštajne službe jeste da otkrije i tačno odredi mesta ciljeva na postojećim kartama. Da bi se odredilo *gde, kako i koliko* snažno se mora udariti po cilju, moraju se koristiti razni obaveštajni izvori. Isto tako, obaveštajna služba se mora brinuti o tome da na vreme otkrije pojavu novih ciljeva i promene koje se mogu desiti na već postojećim ciljevima. Obaveštenja za ovu i druga razmatranja o neprijateljskim ciljevima mogu se dobiti osmatranjem iz aviona sa posadom, osmatranjem od strane agenata u neprijateljskoj pozadini, ili ispitivanjem ratnih zarobljenika.

Drugi način da se poboljšaju podaci koje daje karta i da se tačnije određuju mesta ciljeva jeste fotografsko snimanje iz vazduha. Ovo se izvodi pomoću aviona sa posadom ili

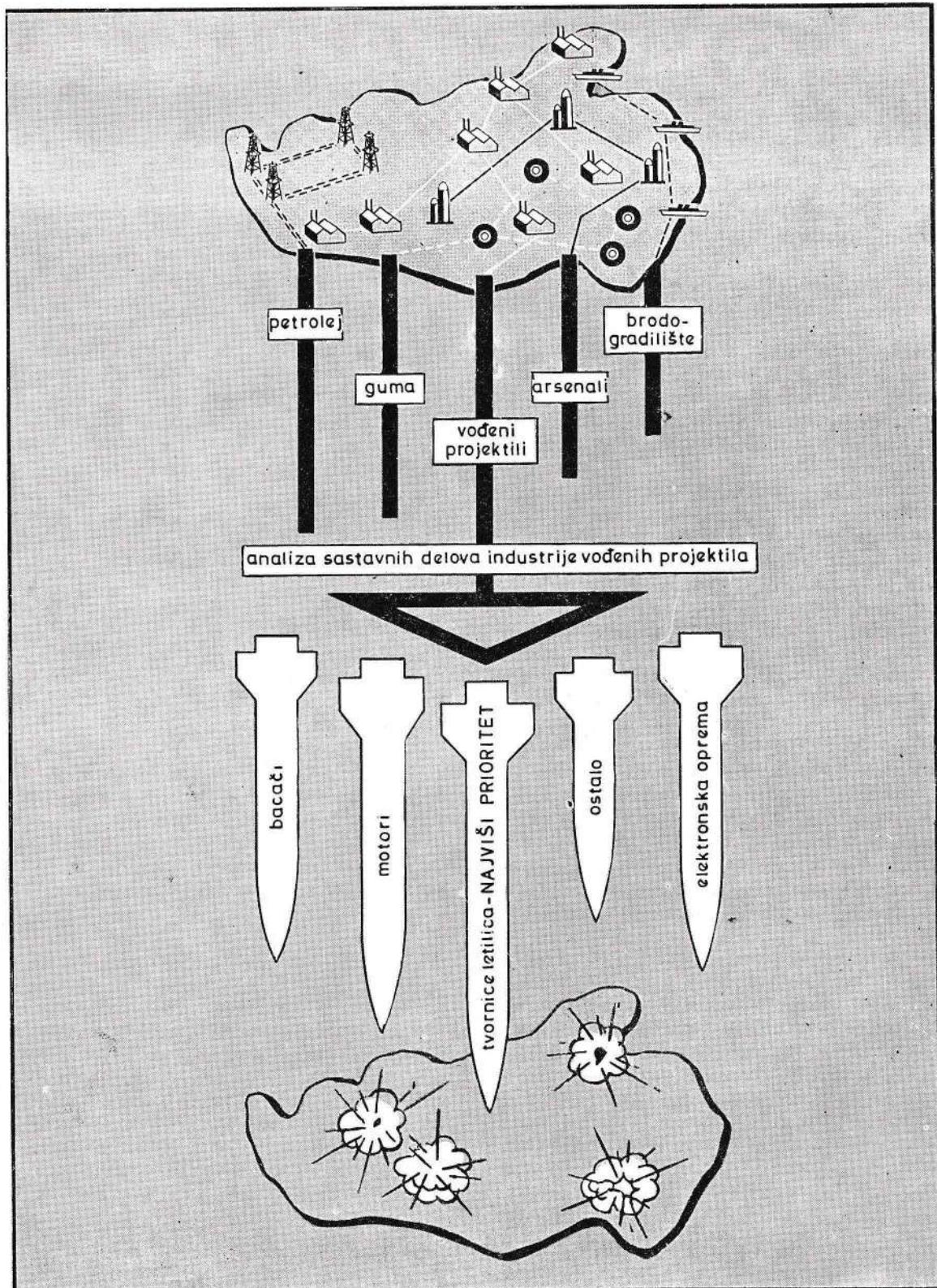
projektila za izviđanje koje prate radarske triangulacione stанице. Projektili lete iznad rejonata cilja i obavljaju vertikalno fotografsko snimanje. Radar koji prati projektil vrši potrebna topografska merenja. Tačni topografski podaci dobijaju se na taj način što se svaki aerofoto-snimak sinhronizuje sa daljinom i azimutom radarske stанице — projektil u trenutku kad je snimak načinjen.

Uspešno dešifrovanje aerofoto-snimaka zavisi od dešifrantove izvežbanosti i iskustva, od pribora za rad kojim on raspolaže, kvaliteta snimaka i vremena koje stoji na raspolaganju za dešifrovanje. Najspasobniji dešifranti za rad na snimcima objekata iz područja proizvodnje petroleja, industrije čelika, železničkog transporta, brodarstva, mašinogradnje i drugih sličnih oblasti obično su lica koja su bila zaposlena u tim oblastima pre stupanja u vojsku. Ova lica mogu da pribave iznenadujuće velik broj tačnih podataka, kako na osnovu onog što vide na snimcima, tako i na osnovu onog do čega dolaze zaključivanjem po nekim nagovestajima i karakterističnim znacima izvesnih aktivnosti koje se daju prikriti. Dešifrovanje snimaka pruža vrlo tačan i obilan izvor informacija u pogledu jačine, rasporeda i aktivnosti neprijatelja u rejonima koji nisu lako dostupni zemaljskim osmatračima.

Detaljno poznavanje navika, običaja i vojne opreme neprijatelja takođe pomaže dešifrantu da na osnovu proučavanja snimaka dođe do potrebnih podataka. On mora da zna šta treba tražiti i da ume da identifikuje ono što nađe.

ODREDIVANJE REDOSLEDA GAĐANJA ZEMALJSKIH CILJEVA

Da bi se postigao željeni efekat na bojištu, neki se ciljevi gađaju a drugi zanemaruju. Zbog promene situacije, cilj koji je ranije bio beznačajan može da postane veoma važan. Praktično u svim slučajevima ima više ciljeva nego projektila koji će ih gadati. Zbog toga se u svakoj dатој situaciji ciljevi moraju razmotriti s obzirom na činioce o kojima je malopre bilo reči i odrediti stepen njihove važnosti. Svaka značajna privredna grana neprijateljske nacije stepenuje se prema njenoj važnosti, na bazi gore navedenog razmatranja, kao potencijalni cilj. Onda se, po istom rešetajućem postupku, stepenuju jedan za drugim podsistemi ciljeva koji su dobili više prioritetni rang. Najzad, u težnji da se osakati ili uništi proizvodnja konačnog proizvoda te industrije, jednom od tih podsistema ili nekolicini njih da se najveći prioritet u pogledu raketnog napada. Kad se po-



Sl. 557 — Analiza sistema ciljeva i izbor ciljeva

gleđa dijagram na slici 557, vidi se da je industrijsama gume, vođenih projektila i petrolejskoj industriji dat veći prioritet. Zatim se vidi da je industrija vođenih projektila razbijena na sastavne delove. Da bi stvar bila jednostavnija, dat je samo jedan stepen toga razbijanja. Onda su proanalizirani pojedini podsistemi industrije vođenih projektila i svakom od njih određen je stepen važnosti. Kao što je prikazano na dijagramu (sl. 557), tvornice letelica dobole su najviši prioritet u pogledu raketnog napada.

OCENA REZULTATA RAKETNOG NAPADA

Važno je da se ispita cilj na koji je izведен napad. Cilj se ispituje da bi se utvrdilo da li je izvršen raketni zadatak i da bi se dobili podaci od koristi za naredne analize ciljeva pre napada. Kad se radi o raketnim napadima, dosta je teško da se obavi takvo ispitivanje. Kamere postavljene na izviđačkim bombarderima sa posadom fotografiju pogotke bombe i mnogo šta od štete koju je prouzrokovao napad. Fotografska oprema u jednostepenom projektilu bila bi, naravno, beskorisna. Televizijski uređaj mogao bi davati informacije do momenta kad zrno udari u cilj, ali ne bi bio od koristi u projektilima čiji dometi premašuju domet televizijskih predajnika. Pri upotrebi projektila vazduh-zemlja, izvesni podaci mogli bi se dobiti od osmatrača u matičnom avionu. No najbolja sredstva za pribavljanje želenih podataka jesu fotografsko izviđanje u raznim intervalima nakon napada, ispitivanje ratnih zarobljenika, zaplenjeni dokumenti, prisluškivanje rada neprijateljskih sredstava veze i podaci dobijeni od agenata obaveštajne službe.

Poznavanje materijalne štete nanesene raznim objektima u rejonu cilja omogućava da se izvuku određeni zaključci o karakteristikama određene bojne glave i upaljača, načina napada na cilj i metoda određivanja mesta cilja, ali ti podaci nisu dovoljni. Veoma je poželjno da se zna kakav je gubitak nanet proizvodnji i kakav je efekat napad imao na civilno stanovništvo i vojsku. Zatim, mora se pratiti rad na rekonstruisanju i opravci ostećenih objekata da bi se tako otkrio plan protivnika u pogledu redosleda tih opravki i odredilo vreme ponovnog napada.

Ova analiza posle napada pruža takođe osnovu za buduće određivanje prioriteta ciljeva, tj. ona pomaže da se odredi, na primer, da li da se nastave napadi na fabriku aviona, ili da se oni prenesu na rafineriju nafte ili na neki drugi složeni cilj.

KARAKTERISTIKE PROTIVVAZDUŠNE ODBRANE

Često se kaže »napad je najbolja odbrana«. Slično tome, jedina potpuno uspešna odbrana od neprijateljskih projektila bila bi snažna ofanzivna akcija koja bi uništenjem nelansiranih projektila, lansirnih mesta, linija za snabdevanje raketnih vatrenih jedinica i preuzeća za proizvodnju projektila sprečila neprijatelja da se i on posluži projektilima. Ali su izgledi za takvu ofanzivu u slučaju rata veoma mali. Zato je neophodno da se razmotre mogućnosti primene projektila zemlja-vazduh i vazduh-vazduh u ulozi sredstava za uništenje neprijateljskih projektila u letu.

Velike brzine, velike visine letenja i velika manevarska sposobnost nekih vazdušnih ratnih oružja premašile su mogućnosti savremene protivavionske artiljerije kao efikasnog defanzivnog oružja. Zato su ustrojstvo, konstrukcija i upotreba defanzivnih projektila važni aspekti programa za ispitivanje i razvoj projektila uopšte.

Rejoni ili postrojenja koji treba da se brane moraju se razvrstati prema stepenu važnosti njihove odbrane. Za određeni rejon taj se stepen određuje na osnovu procene taktike koju će neprijatelj primeniti protiv tog rejona, važnosti koju mu neprijatelj pridaje, osetljivosti rejona na dejstva neprijateljskog oružja i činilaca od kojih zavise mogućnosti oporavka rejona. Tad se može stvoriti izvesna slika o maksimalnom mogućem naporu neprijatelja i odbrambenim merama potrebnim za efikasnu zaštitu.

Prva stvar koja se traži od izvesne jedinice protivvazdušne odbrane jeste da bude u stanju da ostvaruje potrebnu količinu vatre protiv neprijateljskih snaga koje se očekuju. Određivanje te količine zavisi od karakteristika planiranog odbrambenog projektila i verovatnog broja gubitaka koji se njime mogu naneti određenoj vrsti vazdušnih ciljeva. Razmatranja o verovatnoj neprijateljskoj taktici, rejonu koji treba da se brani i karakteristikama projektila pomažu da se oceni verovatnoća štete koja se može naneti cilju koji se napada. Ovi činioци takođe omogućavaju da se izračuna koliko je projektila neophodno da bi se obezbedila željena verovatnoća uništenja cilja.

Razne procene i proračuni verovatnoće u pogledu neprijateljskih vazdušnih napada na naša postrojenja služe kao osnova ili orientacija pri organizaciji odbrane vođenim projektilima od napada avionima sa posadom i projektilima, ili samo projektilima.

OTKRIVANJE I PROCENA VAZDUŠNOG CILJA

Otkrivanje i procena projektila koji napadaju predstavlja u stvarnoj situaciji problem od najveće važnosti. Otkrivanje se mora postići na toliko velikim daljinama da je mogućno da se na vreme preduzmu potrebne mere za odbranu. Pre nego što se to učini, projektil koji leti radi napada mora biti otkriven i procenjen u pogledu brzine, visine i kursa. To se čini radarom. Navedeni podaci moraju se uskladiti s radom uređaja za lansiranje i vođenje projektila određenog za odbranu, da bi se vreme njegovog lansiranja, visina lansiranja, putanja i drugi činiovi tako podesili da se obezbedi uspešno izvršenje zadatka. Svaki avion s posadom ili svaki od projektila u formaciji mora se razmatrati kao poseban i odvojen cilj. Zato će se, po svoj prilici, gađanje projektilima zemlja-vazduh upravljati centralizovano i time obezbeđivati mogućnost da se cilj obaspe odgovarajućom količinom vatre i da se protiv izabranog cilja u grupi usmere razne vatrene jedinice.

U vezi s vazdušnim ciljevima često se upotrebljava termin »daljina izvršenja zadatka«. Njime se označava daljina na koju se cilj koji je krenuo u napad mora približiti objektu odbrane da bi uspeo u svom napadu. Može biti mnogo korisnije da se od dva cilja, inače jednakog teška za uništenje, uništi onaj koji je udaljeniji. Na primer, avion s posadom koji nosi vođeni projektili koji treba da se izbacu s relativno velike daljine ima veću daljinu izvršenja zadatka nego bombarder koji nosi obične bombe. Zato avion koji nosi vođeni projektil treba da bude uništen na većoj daljini, pre nego što pusti projektil. Kad se projektili puste, svaki od njih postaje novi cilj — brži, manji i teži za uništenje nego što je avion-nosač.

ANALIZA CILJA POSLE NAPADA

Analiza cilja posle napada je važan posao i onda kad se radi o neprijateljskim vazdušnim ciljevima. Ako tri vatrene jedinice koje brane neki naš objekat izbacuju projektil najvećom brzinom gađanja, projektili koji se izbacu nakon što je neprijateljski cilj uništen predstavljaju beskorisno trošenje skupe munitcije. Teškoća koja se javlja u vezi s ovim problemom kad se gađa projektilima zemlja-vazduh nije ista kao ona kad se to čini projektilima vazduh-vazduh. Kada se gađa projektilima vazduh-vazduh, daljina gađanja je obično mnogo manja, što dozvoljava da se s matičnog aviona vizuelnim ili fotografskim putem osmatra tok gađanja.

IZBOR PROJEKTLILA ZA GADANJE ODREĐENOG CILJA

Kakav će se projektil upotrebiti za gađanje izvesnog zemaljskog ili vazdušnog cilja određuje se, u stvari, kada se razmatra pitanje koji se ciljevi mogu očekivati. Drugim rečima, karakteristike ciljeva moraju igrati važnu ulogu već prilikom izrade nacrta i konstrukcije raznih projektila ako treba da se obezbede njihove odgovarajuće performanse. Ovo važi naročito kad se radi o vođenju. Ovde će se razmotriti neki od kriterijuma za koje se smatra da mogu biti od pomoći pri izboru projektila. To će se učiniti samo u opštim crtama, bez ulaženja u detalje o razlikama između pojedinih projektila i ciljeva za koje su oni namenjeni.

ČINIOCI OD KOJIH ZAVISI IZBOR PROJEKTLILA

Neki od činilaca od kojih zavisi izbor projektila jesu: brzina, manevarska sposobnost, daljina dejstva, osetljivost i mogućnost za otkrivanje cilja.

Brzina i manevarska sposobnost. Brzina i manevarska sposobnost bilo kog neprijateljskog cilja koji valja uništiti jesu dva činioča koji će nam, verovatno, uvek biti prilično dobro poznati. Nijedan novi projektil, brod ili vozilo koje izradi neka strana zemlja ne mogu se, razume se, u pogledu brzine i manevarske sposobnosti korenito razlikovati od njima sličnih tipova za koje se zna da postoje, tj. nijedna promena u manevarskoj sposobnosti i brzini neće biti toliko da se neće moći brzo i lako odrediti ta dva činioča i na osnovu njih uvesti odgovarajuće izmene u sopstvenoj defanzivnoj ili ofanzivnoj opremi. Razume se da bi iznenadna pojava cilja sa brzinom i manevarskom sposobnošću tzv. letećih tanjira bila sasvim druga stvar, no, ovde može biti reči samo o onim ciljevima koji već postoje.

Prema brzini i manevarskoj sposobnosti, ciljevi se mogu svrstati u sledeće četiri grupe.

I grupa ciljeva. Ova grupa sastoji se od površinskih nepokretnih zemaljskih ciljeva. Primer takvih ciljeva su veliki gradovi koji su gusto naseljeni i imaju razvijenu industriju. Zahvaljujući velikom prostoru na kome su raspoređeni i činjenici da su ovakvi ciljevi nepokretni, podaci za vođenje projektila mogu se uvesti u njega pre lansiranja, sa dosta sigurnosti da će projektil pasti na određenu prostoriju. Ovakvi ciljevi postavljaju najmanje zahteva u pogledu tačnosti projektila. Razume se da ukoliko je brzina projektila koja je izabrana da se upotrebni protiv površinskih ciljeva veća, uto-

liko je veća i mogućnost projektila da izbegne opasnost od neprijateljskih protivmera. Nemački projektili V-1 i V-2, koji su upotrebljeni protiv Londona, dobro ilustruju koliki ima značaj brzina. Mala brzina projektila V-1 dopušta je napadnutim da preduzme efikasne protivmere. Međutim, tako se nije moglo postupiti prema bržem V-2, ako je samo bio uspešno izbačen.

II grupa ciljeva. U ovu grupu dolaze zemaljski ciljevi u vidu tačke, zatim brodovi, podmornice, železnički vozovi i drugi pokretni ciljevi. Brzina kretanja ciljeva ove grupe ide od nule, u slučaju zemaljskih ciljeva u vidu tačke, pa do približno 150 km na čas (neki pokretni ciljevi). Mada manevarska sposobnost ponekih od ovih ciljeva može biti relativno velika, njihova srazmerno mala brzina bi još uvek omogućavala pun pogodak ili blizak promašaj ako se samo gađanje izvede pravilno izabranom vrstom projektila. Za projektili koji se upotrebljavaju protiv ciljeva iz II grupe potreban je mnogo tačniji sistem za vođenje nego za projektili kojima se tuku ciljevi iz I grupe. Upotrebljeni projektil treba da bude sposoban da bude izbačen iz aviona ili sa zemlje u unapred određenu putanju. Isto tako, on treba da bude sposoban za vođenje u toku leta pomoću radio-signala, radarskog snopa ili uređaja za samonavođenje, da bi se na taj način izvršile potrebne popravke zbog greške u pripremi gađanja, ili zbog kretanja cilja. Primer projektila izabranog za gađanje broda koji manevriše jeste projektil vazduh-zemlja s radarskim sistemom za samonavođenje.

III grupa ciljeva. Avioni s elisom, a moguće i neki vođeni projektili, ograničeni na brzine manje od zvuka, primeri su ciljeva koji spadaju u III grupu. Projektil izabran za uništenje takvih ciljeva mora da ima veću brzinu i da poseduje osetljivije i tačnije uređaje za vođenje nego projektil izabran za napad na ciljeve iz I i II grupe. Sistem za vođenje može biti u osnovi jedan od tipova navedenih u odeljku o II grupi ciljeva, ali mora da daje dopunske popravke zbog veće brzine i veće manevarske sposobnosti ciljeva iz III grupe.

IV grupa ciljeva. Uopšte uzev, u ovu grupu spadaju mlazni avioni i nadzvučni vođeni projektili. Da bi odgovorili potrebama date situacije, projektili izabrani za gađanje ciljeva iz IV grupe moraju da raspolažu nadzvučnim brzinama, da mogu da lete na velikoj visini i da im je sistem za vođenje veoma osetljiv i tačan.

Daljina dejstva. Daljina dejstva je drugi činilac o kojem se mora voditi računa pri izboru projektila. U osnovi, daljina dejstva je odsto-

janje između lansirnog mesta i cilja. U slučaju zemaljskih ciljeva ova daljina je manje-više utvrđena veličina. Ako, međutim, određeni projektil zemlja-zemlja zadovoljava sve druge zahteve sem daljine dejstva, lansirno mesto se mora premestiti na tačku koja je bliža cilju. Izbacivanje projektila iz vazduha je drugi način da se poveća daljina dejstva izvesnih vođenih projektila. U svakom slučaju, odgovarajuća daljina dejstva je neophodan uslov.

Osetljivost. O činiocima od kojih zavisi osetljivost ciljeva raspravljano je ranije u ovoj glavi. Pri izboru projektila za gađanje raznih ciljeva, vrednost tih činilaca mora se odmeravati u odnosu na efikasnost dejstva bojne glave i sistema za armiranje i paljenje upaljača glave. Isto tako, mora se utvrditi koliko je projektila određene vrste potrebno da se obezbedi uništenje datog cilja. Jedan cilj može da bude veoma osetljiv na dejstvo fugasnih bojnih glava, dok je drugi osetljiviji na dejstvo trenutnih bojnih glava. Osetljivost se sada može definisati kao verovatnoća efikasnog dejstva koje na cilju prouzrokuje dati projektil kad se rasprsne u dатој таčки у односу на cilj.

Osobine elemenata cilja koje olakšavaju otkrivanje. Neke osobine delova od kojih je sastavljen cilj dragocena su pomoćna sredstva pri izboru projektila sa stanovišta vođenja. Na primer, ako sastavni deo cilja emituje neke zvuke, projektil sa sistemom za samonavođenje osetljivim na tu vrstu zračenja može se pokazati efikasnijim nego projektil vođen na neki drugi način.

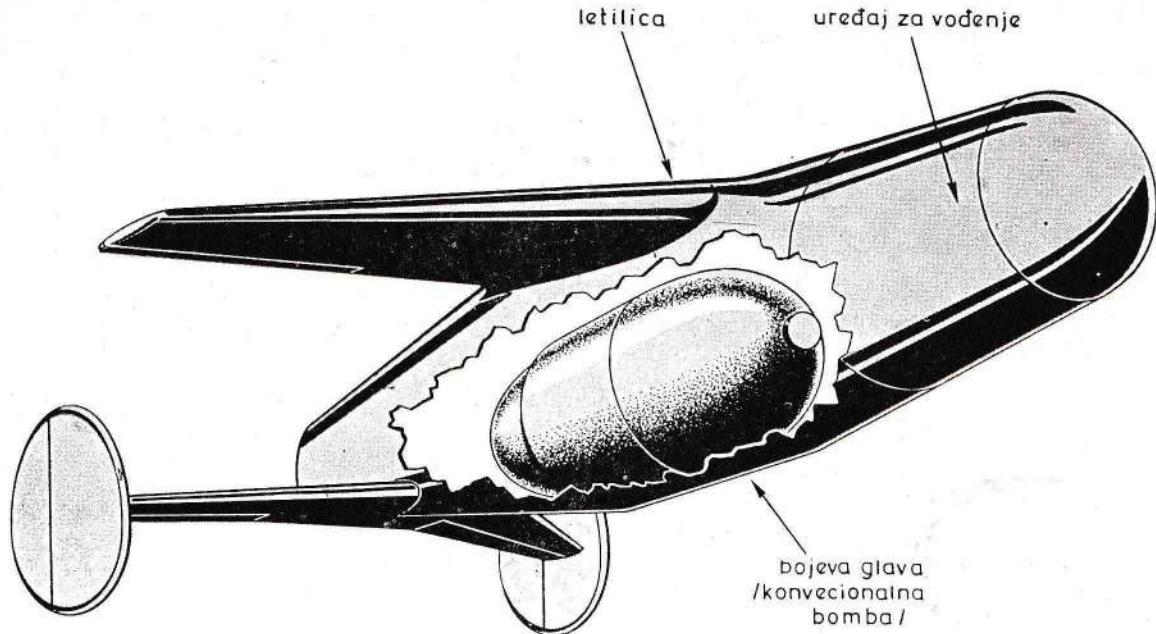
OSTALI ČINIOCI KOJI UTIČU NA IZBOR PROJEKTILA

Činoci koji se takođe moraju uzimati u obzir pri izboru projektila jesu brzina gađanja koja se može dopustiti s obzirom na raspoloživu količinu projektila određenog tipa, brzina koja se može postići s obzirom na postupke u vezi s rukovanjem i izbacivanjem projektila i zavisnosti mogućnosti projektila od temperature, vremena i mesnih uslova.

Pošto se razmotre svi ovi činoci, bira se takav projektil koji će najpribližnije da odgovori zahtevima koji su neophodni za postizanje željenog rezultata protiv cilja sa datim svojstvima, a ako takav projektil ne postoji, onda ga treba projektovati.

BOJNE GLAVE PROJEKTILA

Cilj projektovanja i konstruisanja bilo kog projektila je dobacivanje bojne glave do izabranog cilja. Projektil je samo transportno



Sl. 558 — Upotreba konvencionalne bombe kao bojeve glave u jednom od prvih projektila

sredstvo. Njegovi sistemi za vođenje i pogon, čak i kad su najtačniji, ne vrede mnogo ako bojna glava u potrebnom momentu ne može da postigne dovoljno ubitačno dejstvo, tj. ako ne može da cilj uništi ili izbaci iz stroja.

U toku II svetskog rata najčešće su standardne bombe bile eksplozivni korisni tovar vođenih projektila. Ove bombe, ugrađene u pogodno telo letelice, a često i snabdevene nekom vrstom sistema za vođenje, sačinjavali su prve projektilne. Na slici 558 prikazano je jedno takvo rešenje: standardna bomba u ulozi bojne glave, letelica za transport i radar za vođenje.

Neprestana istraživanja i eksperimentisanja u vezi s izradom bojnih glava omogućavaju da se ustanovi najpovoljnije dejstvo tih glava na razne ciljeve. Od osobina cilja zavisi koja će se bojna glava izabrati za dati cilj. Pri projektovanju bojne glave moraju se uzimati u obzir vrste oklopa na cilju, željena dubina propbianja, brzina cilja, željena vrsta rušenja i drugi činoci. Sem toga, karakteristike cilja određuju projektovanje bojne glave projektila. Kad su u pitanju zemaljski ciljevi, ti se zahtevi vrlo malo razlikuju od onih kojima treba da odgovore konvencionalna oružja. Sasvim je drugačije kad se radi o vazdušnom cilju. Zbog toga se pri projektovanju bojne glave i sastavnih delova projektila za tučenje takvog cilja javljaju ogromne teškoće.

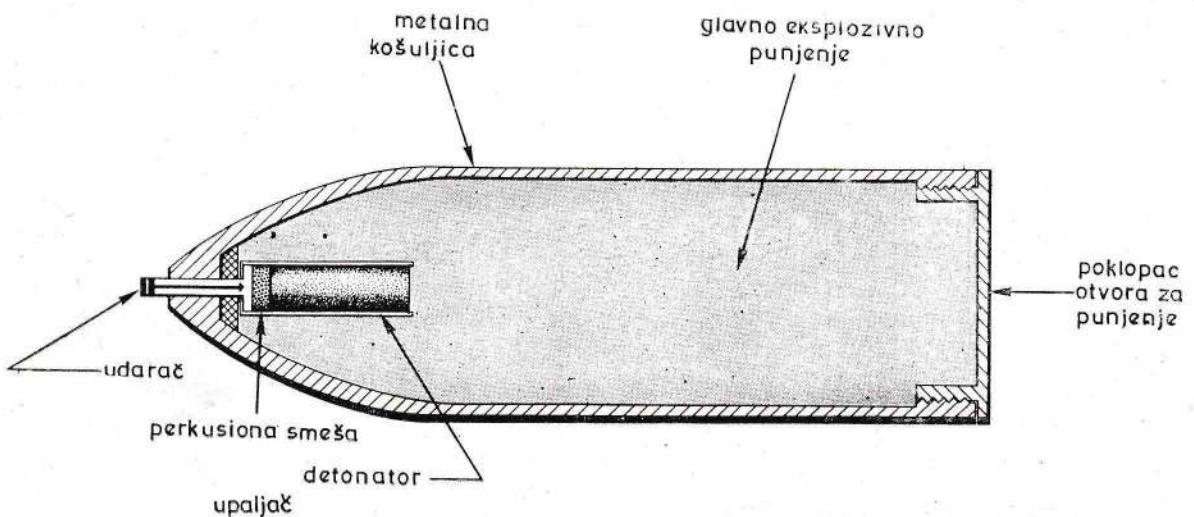
POŽELJNA SVOJSTVA BOJNIH GLAVA

Kao i svaki drugi deo projektila, tako bi i bojna glava trebalo da ima izvesne karakteristike. Ali sve bojne glave nemaju sva svojstva koja ćemo navesti:

- a. oblik bojne glave treba da je takav da se ona može zameniti bojnim glavama drugog tipa i brzo postaviti na projektil u poljskim uslovima;
- b. potrebno je da se delovi bojne glave mogu brzo sastavljati u poljskim uslovima;
- c. bojna glava treba da bude u stanju da izdrži ubrzanje upotrebljenog projektila, a punjenje se ne sme kvariti za vreme leta projektila;
- d. ustrojstvo bojne glave treba da bude tako da omogućava postizanje maksimalnog raspširovanja rušecih elemenata po prostoriji cilja.

VRSTE BOJNIH GLAVA

Kad se kaže bojna glava, obično se misli na to da je u zatvorenu metalnu košuljicu stavljena izvesna količina brizantnog eksploziva. Ovo, međutim, nije uvek tačno. Zavisno od cilja bojna glava može da sadrži brizantni eksploziv, zapaljivu materiju, bakterije ili gas. Brizantna bojna glava, opet, može da bude napravljena za proizvođenje uništavajućeg dejstva potresom sredine u kojoj je došlo do eks-



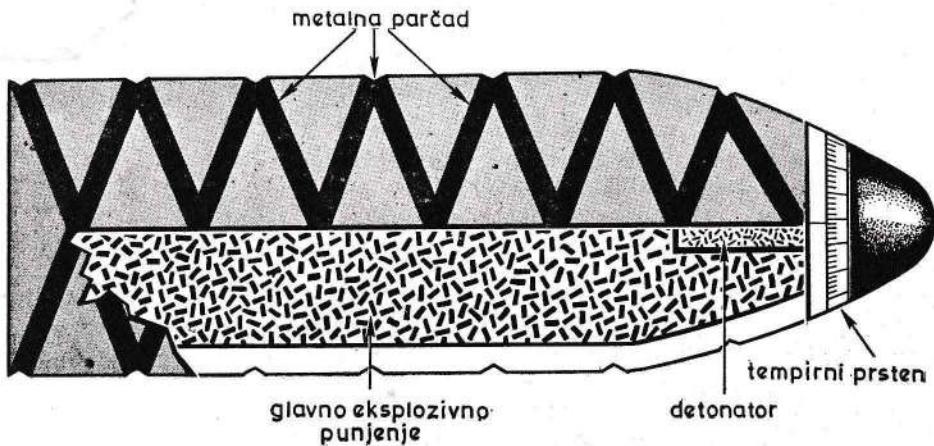
Sl. 559 — Shema konstrukcije fugasne bojeve glave

plozije, ili parčadima rasprsnute košuljice. Govorimo o raznim vrstama bojnih glava s obzirom na njihovo osnovno ustrojstvo i efekte koje one proizvode na raznim ciljevima.

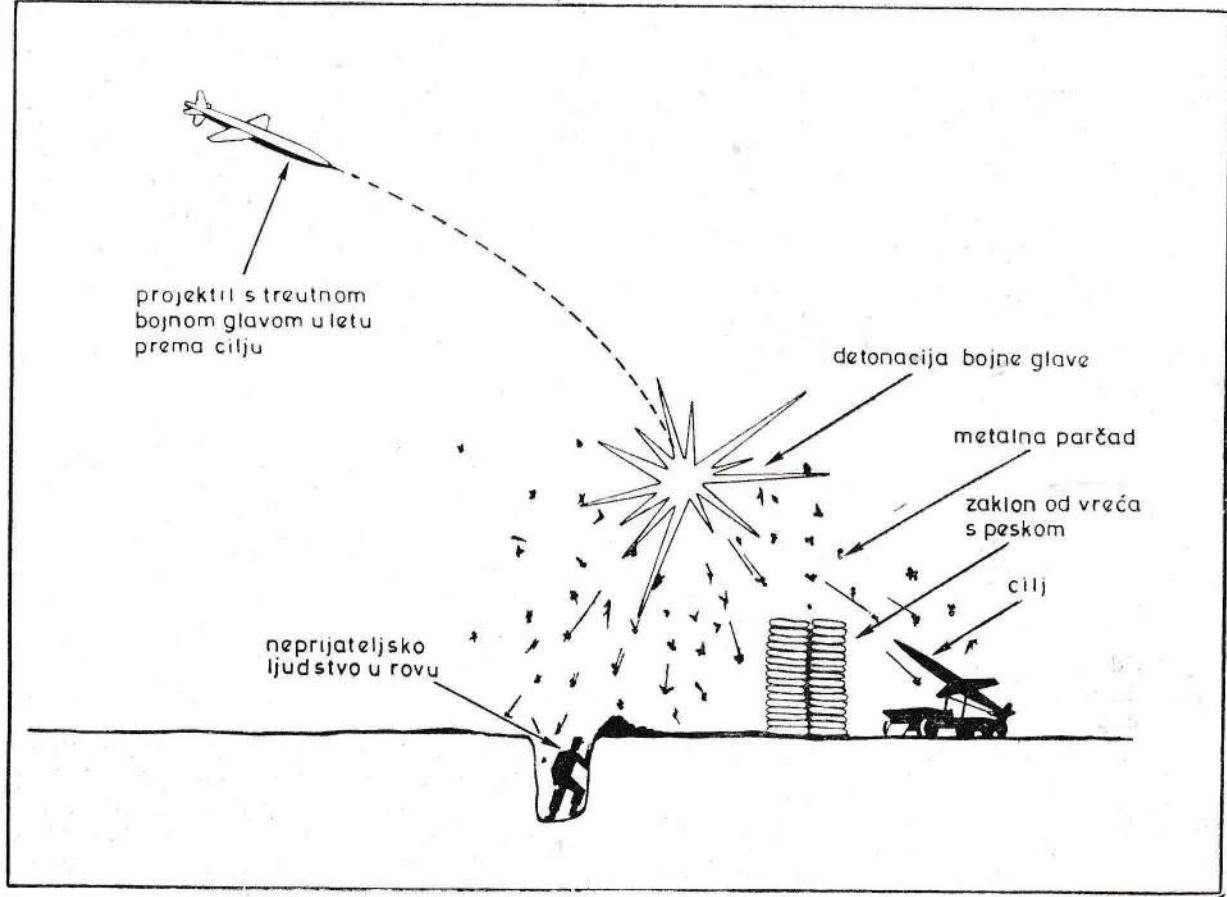
Fugasna bojna glava. Fugasna bojna glava se sastoji od izvesne količine brizantnog eksploziva smeštenog u metalnoj čauri. Snaga eksplozije stvara udarni talas u vazduhu ili u drugačijoj okolnoj sredini, koji zatim prouzrokuje štetu na cilju. Ovo dejstvo je donekle slično talasima koji se stvaraju kad se u baru baci velik kamen. Fugasna bojna glava je osobito efikasna protiv podvodnih ciljeva, zbog toga što je gustina vode veća od gustine vazduha. Ali se uspešno primenjuje i protiv zemaljskih ciljeva. Protiv vazdušnih ciljeva manje je efikasna zato što gustina vazduha opada s visinom. Na slici 559 prikazana je metalna košuljica

u kojoj se nalazi eksplozivno punjenje i upaljač za njegovo aktiviranje. (Kasnije se u ovoj glavi govori o raznim upaljačima.) Pošto udari u cilj, udarač udara u kapsulu i izaziva detonaciju njene eksplozivne smeše, a ova onda aktivira punjenje u detonatoru. Punjenje u detonatoru izaziva detonaciju glavnog eksplozivnog punjenja koje zatim u sredini koja ga okružuje stvara talas sa razornim pritiscima.

Trenutna bojna glava. Trenutna bojna glava iskorišćava snagu eksplozivnog punjenja za izbacivanje metalnih parčadi košuljice velikom brzinom radi nanošenja štete cilju. Veličina parčadi, brzina parčadi i oblik snopa nastalog od tih parčadi u letu mogu se podešavati promenama oblika i konstrukcije bojne glave. Veličina parčadi podešava se narezivanjem metalne košuljice na izabranim tačkama, usled



Sl. 560 — Shema konstrukcije bojne glave



Sl. 561 — Dejstvo trenutne bojne glave na zemaljske ciljeve

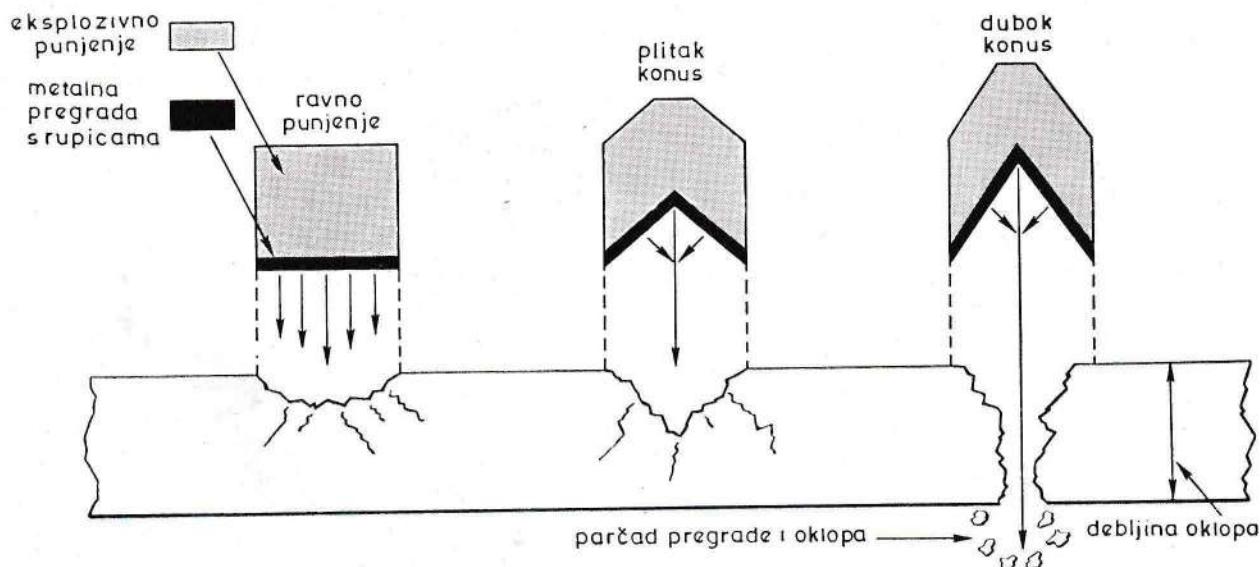
čega za vreme eksplozije glave košuljica prska najpre na tim tačkama. Brzina parčadi podešava se vrstom upotrebljenog eksploziva i odnosom količine eksploziva prema količini metala. Oblik snopa nastalog od parčadi određuje se mestom detonacije u odnosu na cilj i oblikom bojne glave.

Karakteristike rasprskavanja bojne glave zavise od količine metala od koje su nastala parčadi i od količine eksploziva za razbijanje metala u parčad i za saopštavanje parčadima potrebne brzine. Na slici 560 prikazana je metalna košuljica načinjena tako da se od nje oformljuju parčadi željene veličine. U košuljici je eksplozivno punjenje i ono ima upaljač koji dovodi do detonacije na unapred određenoj udaljenosti od cilja.

Vazdušni ciljevi su osetljivi na dejstvo parčadi ako bojna glava eksplodira na izvesnoj udaljenosti od cilja, nego ako eksplodira pošto udari u njega. Isto tako, bojna glava je efikasnija protiv delimično zaklonjenih zemaljskih ciljeva ako eksplodira u vazduhu iznad cilja,

nego ako se dovede da eksplodira na površini zemlje. Na slici 561 vidi se kako je trenutna bojna glava eksplodirala na unapred određenoj udaljenosti iznad ciljeva. Parčad metalra, nastala eksplozijom, tuku i delimično zaštićen lanser sa projektilom i pešaka u rovu.

Kumulativna bojna glava. Kumulativna bojna glava sastoji se od košuljice napunjene veoma eksplozivnim sredstvima, ali je oblik punjenja tako podešen da se snaga eksplozije usredstavlja u jednu tačku, ili se usmerava u jedan pravac. Uništavajuće dejstvo se proizvodi snagom pritiska eksplozije i parčadima koja se izbacuju u pravcu eksplozije. Kumulativna bojna glava se najviše primenjuje protiv oklopljenih zemaljskih ciljeva. Na primer, protivtenkovski projektil bazuka, upotrebljavani u toku II svetskog rata i u Koreji, imao je kumulativno punjenje. Na slici 562 prikazan je uticaj koji ima oblik punjenja na raspodelu snage eksplozije. Pri proučavanju ovih slika treba polaziti od toga da je količina eksplozivnog materijala ista u svim slučaju. Na slika-



Sl. 562 — Dejstvo raznih oblika kumulativnih punjenja

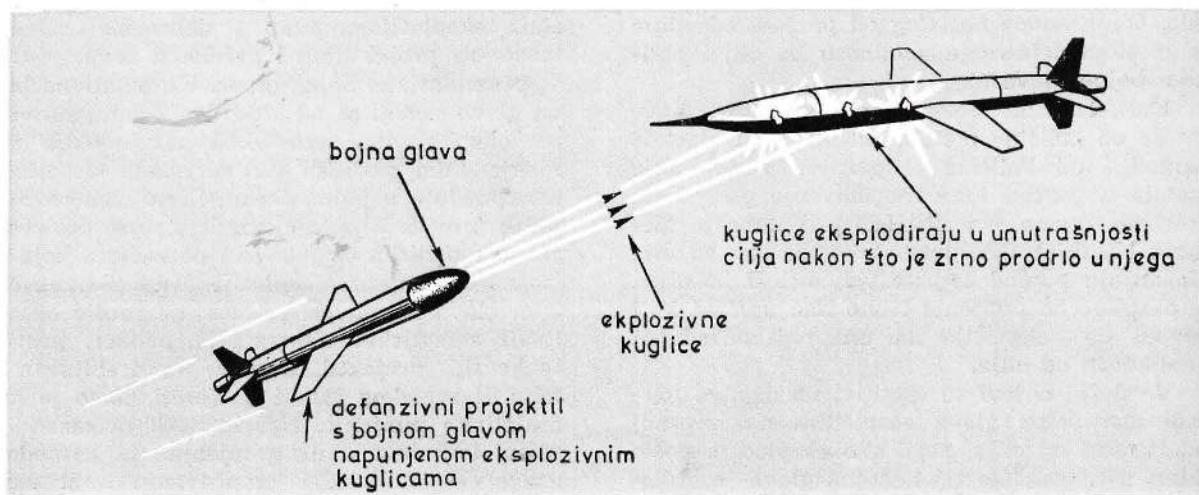
ma se vidi samo oblik eksplozivnog materijala a ne i konstrukcija cele bojne glave. Strelice pokazuju pravac i veličinu snage eksplozije.

Kao što se vidi, *ravno punjenje* prikazano na slici 562a pokazuje snagu eksplozije raspoređenu pretežno ravnomerno po celoj površini cilja, s neznatnim prodiranjem u dubinu. *Plitak konus*, prikazan na slici 562b, pokazuje veću usredsredost snage eksplozije u jednom pravcu i dublje probijanje cilja. Punjenje sa *dubokim konusom*, prikazano na slici 562c proizvelo je koncentraciju snage eksplozije koja je potrebna da se potpuno probije oklopni cilj. Metalna parčad bojne glave i oklopa mogu sad

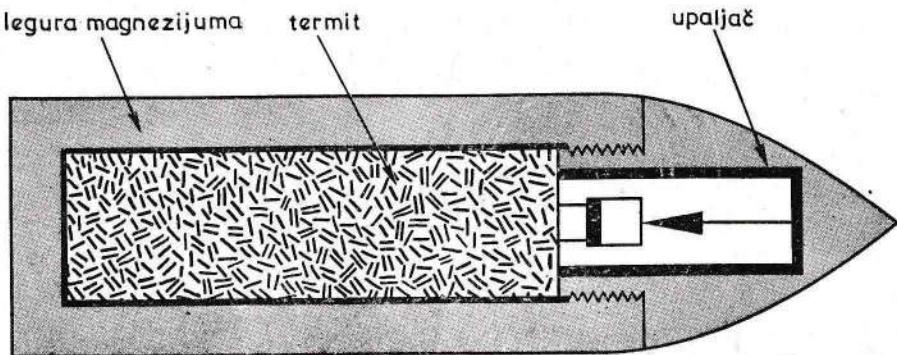
dospeti u unutrašnjost cilja i naneti mu još više štete.

Ispituje se mogućnost upotrebe kumulativnih bojevih glava i protiv vazdušnih ciljeva. Za taj slučaj bojna glava bi se mogla postaviti da bude pokretana i da se onda stalno upravlja prema cilju pomoću elektronske opreme. Ako bi se vreme detonacije pravilno odredilo, izbačena parčad mogla bi se tako usredsrediti da se sudare sa ciljem.

Bojna glava s eksplozivnim kuglicama. Bojna glava s eksplozivnim kuglicama sastoji se od kuglica snabdevenih posebnim upaljačima i smeštenih u košljici zrna. Sem toga, košljica



Sl. 563 — Eksplodiranje kuglica snabdevenih posebnim upaljačima nakon podizanja bojne glave u cilj



Sl. 564 — Shema konstrukcije magnezijumske zapaljive bojeve glave

sadrži i izvesnu količinu eksploziva ili drugog sredstva koje daje energiju potrebnu za izbacivanje kuglica. Kuglice ne eksplodiraju dok ne dodirnu cilj ili ne prođu u njega. Ako se gadaju vazdušni ciljevi, maksimalno razaranje postiže se kad kuglice detoniraju pošto prođu u cilj. Kad detonira, svaka kuglica dejstvuje kako silinom eksplozije, tako i metalnom parčadi velike brzine.

Na slici 563 eksplozivne kuglice su izbačene iz bojne glave defanzivnog projektila. Valja uočiti da su kuglice, pošto su izbačene iz bojne glave projektila, ostale nerasprsnute i da se tako približavaju cilju. Kad prođu u cilj, kuglice eksplodiraju i nanose štetu kako snagom eksplozije, tako i parčadima.

Hemiske i zapaljive bojne glave. Ovakve bojne glave se prave da bi, prvo, nanele gubitke ljudstvu time što ono udiše otrovne materije, ili što stupa u fizički dodir s tim materijama (hemiske bojne glave), i drugo, da bi uništile zapaljive ciljeve (zapaljiva bojna glava). Ranije su se bojni otrovi delili prema taktičkoj upotrebi, fiziološkom dejству i postojanosti, dok se danas dele na prave otrove, otrove koji nagone na povraćanje, kratkotrajne otrove i dugotrajne otrove. Vrsta i količina otrova u bojnoj glavi zavisi od karakteristika ciljeva i rezultata koji se žele postići.

Zapaljive bojne glave sadrže hemijska sredstva koja se pale naglo, proizvode veoma visoke temperature, zahvataju veliku prostoriju kad se oslobođe i teško se gase. Zapaljive bojne glave se upotrebljavaju prvenstveno protiv zemaljskih ciljeva, ali mogu biti efikasni i protiv vazdušnih ciljeva koji sadrže zapaljive materije. Magnezijum, koji gori na temperaturi od oko 2000°C , dobar je primer sredstva za izazivanje požara. Druge materije koje se mogu upotrebiti jesu zgasnuti gazolin, zgasnuti petroleum i fosfor. Vrsta zapaljive materije upotrebljene u

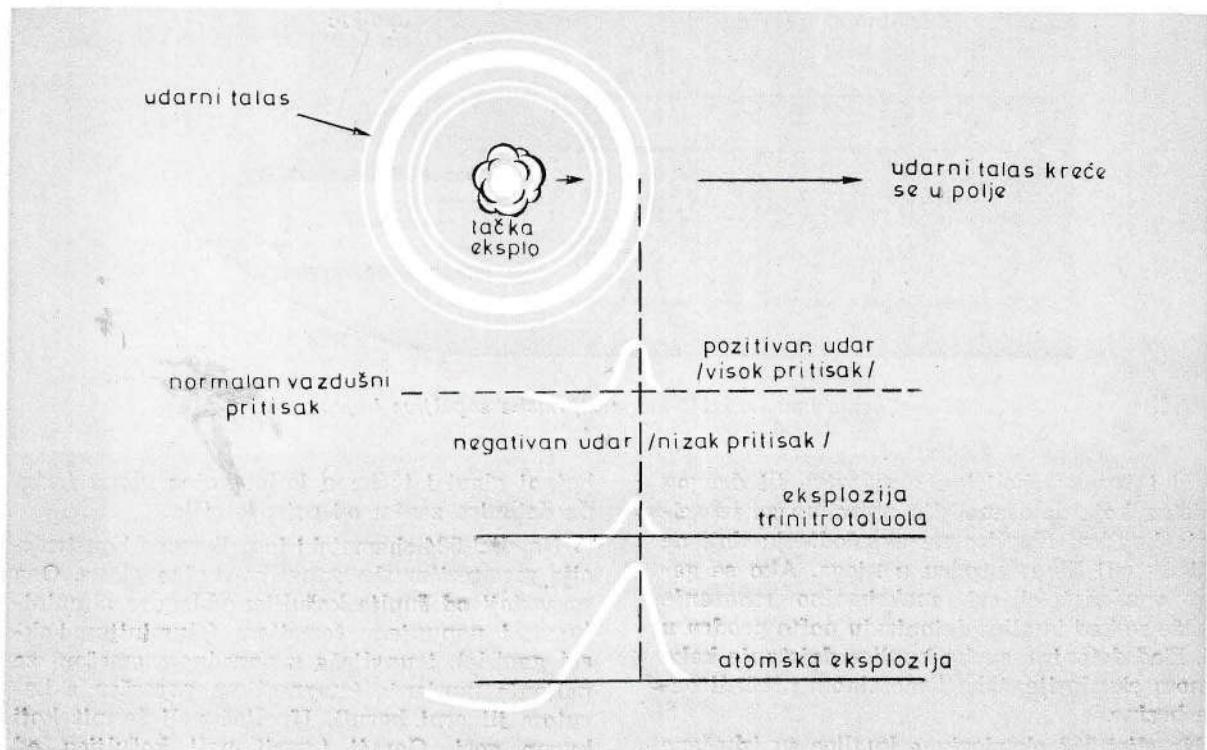
bojnoj glavi i tačka u kojoj bojna glava treba da detonira zavise od prirode cilja.

Na slici 564 shematski je prikazana konstrukcija magnezijumske zapaljive bojne glave. Ona se sastoji od šuplje košuljice od legure aluminijuma, i napunjene termitom (aluminijum i oksid gvožđa), i upaljača s pogodnom smešom za paljenje punjenja (magnezijum pomešan s barutom ili crni barut). Upaljač pali termit koji burno gori. Goreći, termit pali košuljicu od magnezijuma. U bojnu glavu može se staviti i eksplozivno punjenje koje treba jače da rasprši zapaljivi materijal po prostoru na kome se nalazi cilj.

Biošiske bojne glave. Bioška bojna glava sadrži žive organizme ili agense koji izazivaju bolest i smrt. Eksplozivno punjenje smešteno u bojnoj glavi obezbeđuje izbacivanje i početno raspršavanje bioških agenasa. Pri izradi bioških bojnih glava mora se obraćati naročita pažnja na to da bakterije ostanu žive i da se prenesu do cilja pod najpogodnjim uslovima.

Atomske bojne glave. Iz razloga nacionalne bezbednosti, većina podataka o atomskim bojnim glavama drže se u tajnosti. Zato se ovde ne daju bilo kakve informacije koje se tiču fizičke strukture ili sklopa sastavnih delova atomske bojne glave. Umesto toga govori se o karakteristikama i dejstvima atomske eksplozije.

Kad nastupi atomska eksplozija, oslobađaju se velike količine smrtnе radijacije. Izloženost dovoljnim količinama radijacije ubija tako sigurno kao što to čine puščana zrna. Izloženost atomskim radijacijama može brzo da usmrti, ili da učini da žrtva nedeljama slabí i da onda umre. Dejstva radijacije zavise od doze. Mala koncentracija u toku dugog perioda može da bude upravo tako fatalna kao velika koncentracija u toku mnogo kraćeg vremena.



Sl. 565 — Upoređenje udarnih talasa obrazovanih jednakim količinama trinitrotoluola i fisionog materijala

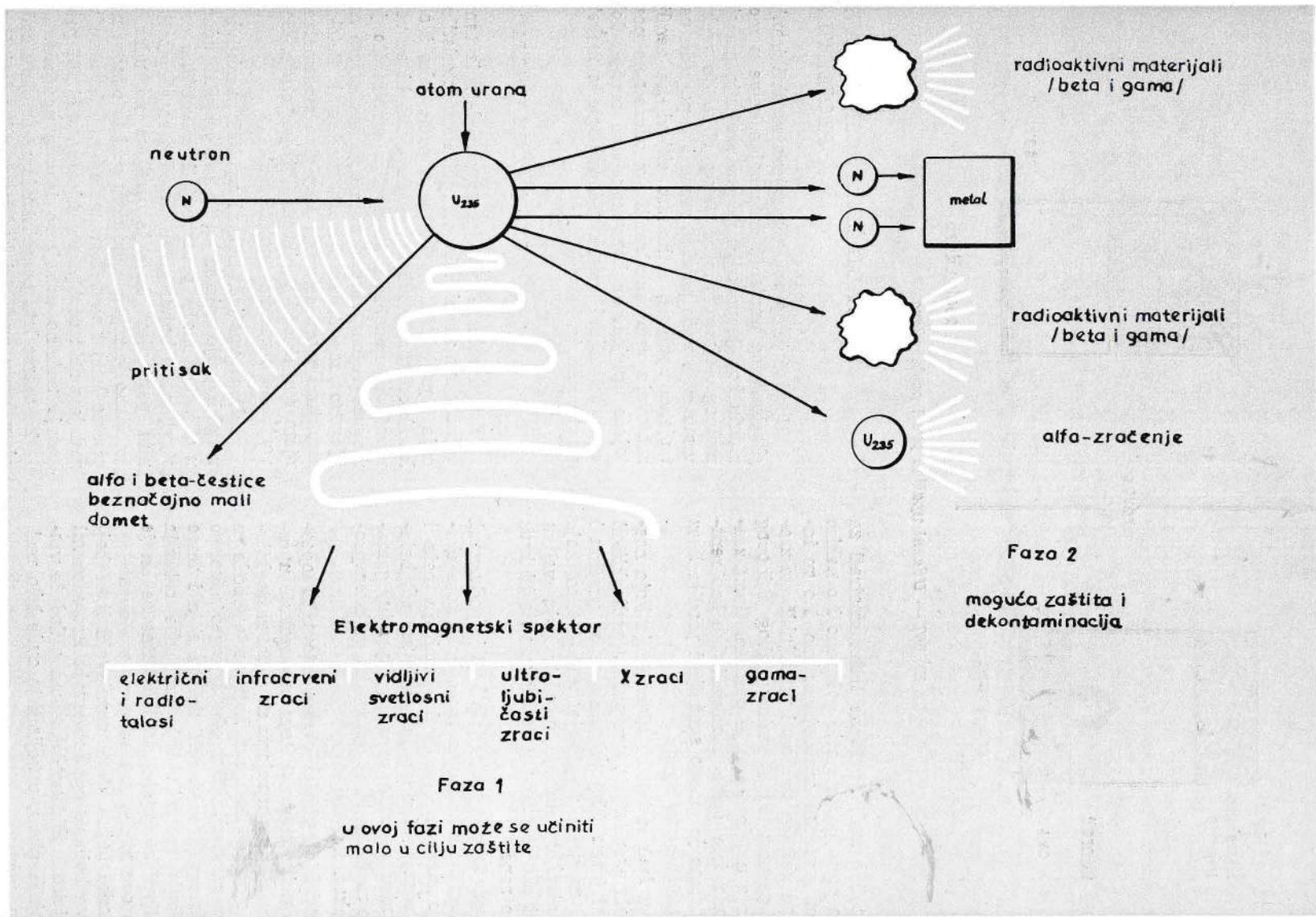
U trenutku atomske eksplozije razvija se velika količina topote. Za vreme nekoliko milionitih delova sekunde posle početka eksplozije razvija se »vatrena kugla«. Temperatura centra mase usijanih gasova dostiže milione stepeni. Vatrena kugla nestaje penjući se vertikalno i zračeći svoju energiju upravo onako kako Sunce zrači svoju. Energija se zrači kao vidljiva ultraljubičasta i infracrvena svetlost. Vidljiva svetlost može da prouzrokuje privremeno slepiло, a ultraljubičasta svetlost iste onakve opekontine kože kao što su opekontine od sunca, samo mnogo ozbiljnije. Infracrvena svetlost može usmrtiti stvaranjem svetlosnih opekontina. U isto vreme, topota prouzrokuje gorenje lako zapaljivih materijala na daljini od kilometra i po i više od mesta eksplozije, što zavisi od snage nuklearnog oružja.

Usled temperature i pritiska gasova stvorenih atomskom eksplozijom razvija se razoran udarni talas. Udarni talas se sastoji od dve zone pritiska — jedne više od normalnog atmosferskog pritiska, a druge niže od njega. Talas se kreće od centra eksplozije brzinom i pritiskom direktno zavisnim od intenziteta eksplozije.

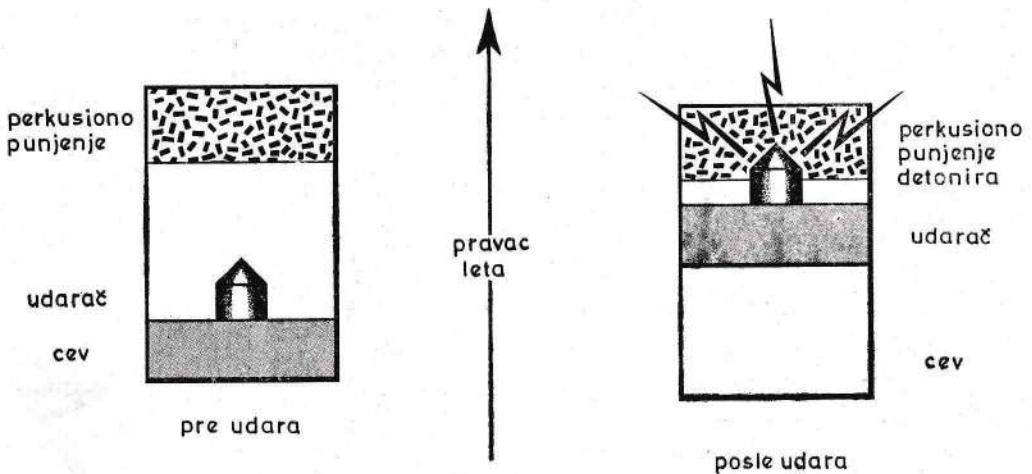
Slika 565 pokazuje obrazovanje i kretanje opisnih vrsta udarnih talasa. Valja obratiti pažnju na veličinu udara proizvedenog istom težinom trinotrotoluola.

Da vidimo sada šta se dešava kad atomska bomba eksplodira. Atomska eksplozija prikazana na slici 566 započinje kad neutron (električno neutralna čestica materije) uđe u jezgro uranovog atoma. Atom urana se »raspada», izbacujući dva lakša atoma i izvestan broj čestica materije uključujući tu i dva druga neutrona ili više takvih neutrona. Za označavanje ovog atomskog procesa upotrebljava se izraz nuklearna fisija. Na svaki atom koji podleže fisiji oslobađa se oko 200 miliona elektronvolti energije. Pošto neutron proizvede reakciju, i pošto reakcija izbacuje više neutrona, nastaje cedanje drugih uranovih atoma prvo bitne mase, a svaki od njih proizvodi još po dva do tri neutrona. Tako reakcija naraste do eksplozivnih razmera u toku vrlo malog dela sekunde.

Dejstva atomske eksplozije dele se, kao što je prikazano na slici 566, u dve faze. Prva faza sastoji se od fenomena koji prate stvarnu eksploziju. O pritisku (udarnom talasu) već je bilo reči. U trenutku eksplozije emituju se i alfa i beta-čestice. One su veoma štetne, ali im je



Sl. 566 — Delovanje koje potiče od atomske eksplozije



Sl. 567 — *Udarni upaljač pre i posle udara*

domet toliko mali da ih ne treba smatrati za ozbiljnu pretnju. Ranije je govoreno i o nekim elektromagnetskim zračenjima, kao što su infracrvena vidljiva svetlost i ultraljubičasta zračenja. Opasnost od X-zrakova zbog njihovog prodiranja u telo dobro je poznata. Gama-zračenje ima iste opšte karakteristike kao rentgensko, samo je mnogo snažnije i prodire kroz deblje zaštitne materijale.

Druga faza sastoji se od zračenja koja nastaju posle eksplozije. Neraspadnut radioaktivni materijal (uran 235) pretvara se u prašinu i rastura snagom eksplozije. Alfa-čestice koje ovaj materijal emituje predstavljaju veliku opasnost ako se unesu u telo kroz usta ili kroz otvorene rane.

Deo prvobitnog materijala koji je podvrgnut fizijski stvara radioaktivne materijale koje eksplozija razbacuje. Te čestice emituju beta i gama-zračenje. Kao što je ranije rečeno, beta-čestice nisu naročito opasne. Naprotiv, gama-zračenje može da bude opasno na velikom prostoru nakon eksplozije.

Atomska eksplozija stvara isto tako opasnost od radioaktivnosti koju prouzrokuje u raznim predmetima u rejonu cilja. Tu radioaktivnost proizvode neutroni koji se oslobode u trenutku eksplozije. Oni uđu u jezgro nekoliko atoma izvesnih sastavnih delova cilja i tamo prouzrokuju reakciju koja iza sebe ostavlja radioaktivni atom kao produkt. Zna se da je rezultat ove akcije znatno gama-zračenje.

Atomske bojne glave završavaju listu bojnih glava koje se upotrebljavaju kao sastavni deo projektila. Hidrogenska bomba dodaće vrs-tama bojnih glava, o kojima je ovde bilo reči, još jednu novu.

UPALJAČI ZA BOJNE GLAVE PROJEKTILA

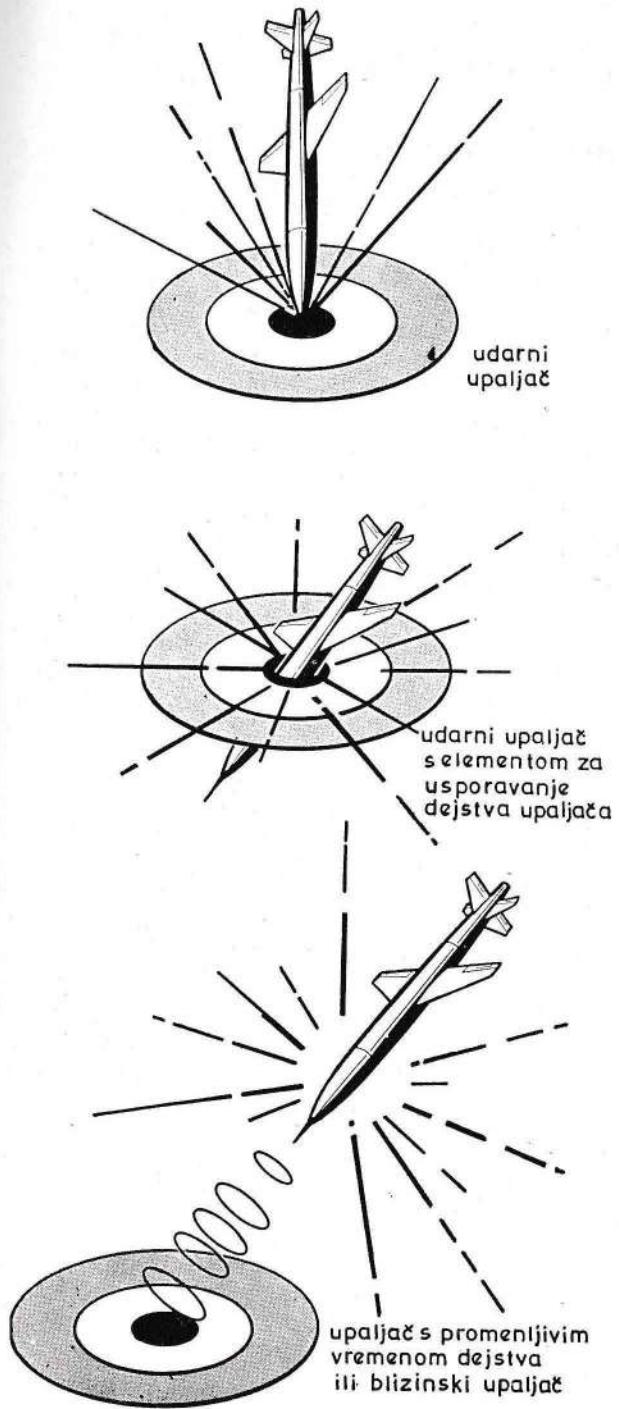
Upaljač je sprava namenjena za aktiviranje eksplozivnog punjenja date bojne glave u momentu koji je pogodan za proizvođenje maksimalnog dejstva protiv datog cilja. Za svaku vrstu cilja važe posebni zahtevi u pogledu ustrojstva upaljača, s tim što ciljevi na zemlji zahtevaju vrlo malo razlika u odnosu na postojeće upaljače za konvencionalno oružje, dok vazdušni ciljevi zadaju u tom pogledu maksimalne teškoće.

OPIS RAZNIH UPALJAČA

Kakvim će se upaljačem snabdeti izvesna bojna glava zavisi kako od opštih karakteristika cilja i projektila kojim se napada, tako i od karakteristika samo bojne glave. Da bi se verovatnoća nanošenja štete cilju učinila što je moguće većom, razmatranje cilja s obzirom na njegovo mesto, osetljivost, brzinu i fizičku strukturu mora se vršiti paralelno s razmatranjem mogućnosti projektila i bojne glave. Govorimo o raznim upaljačima.

Udarni upaljač. Udarni upaljač se aktivira usled inercije koja se javlja kad projektil udari u cilj. On može predstavljati cilindričnu cev stavljenu u bojnu glavu, zajedno sa eksplozivnim punjenjem koje je osetljivo na udar a smešteno je u prednjem delu cevi (u odnosu na pravac leta) i sa teškim metalnim udaračem u zadnjem delu cevi. Leva skica na slici 567 prikazuje načelno ustrojstvo takvog upaljača.

Za vreme leta pokretni udarač ostaje u zadnjem kraju cevi. Ali kad projektil, udarivši u



Sl. 568 -- Uticaj upaljača na tačku rasprskavanja bojne glave

cilj, odjednom stane, udarač, težeći da produži kretanje, poleti ka prednjem delu cevi gde uđa u, na udar osetljivo, punjenje upaljača i izaziva njegovu detonaciju. Punjenje upaljača

izaziva sa svoje strane detonaciju eksplozivnog punjenja bojne glave. Desna skica slike 567 ilustruje položaj udarača pošto je cilj pogoden.

Ponekad se zajedno s udarnim upaljačem upotrebljava elemenat koji usporava dejstvo upaljača da bi se omogućilo da bojna glava prodre u cilj pre nego što detonira.

Tempirni upaljač. Tempirni upaljač je upaljač koji je tako napravljen da izaziva detonaciju bojne glave u trenutku kad od početka leta zrna protekne unapred određeno vreme. Jedna vrsta elementa koji usporava dejstvo upaljača sastoji se od barutnog koluta koji gori. Dužina i brzina gorenja koluta određuju vreme koje ima da protekne do detonacije bojne glave. Druga vrsta usporavajućeg elementa liči na satni mehanizam. U obe te vrste nemoguće je da se posle izbacivanja projektila menja vremenski interval dejstva upaljača. Zbog toga se tempirni upaljač verovatno neće upotrebljavati s bojom glavom namenjenom za dejstvo protiv vazdušnog cilja koji je sposoban za izvođenje manevra.

Blizinski upaljač. Blizinski upaljač, koji se često zove i upaljač s promenljivim vremenom dejstva, aktiviraju se pomoću izvesne karakteristične osobine cilja ili rejona cilja. Navećemo nekoliko osnovnih tipova blizinskih upaljača:

1. fotoelektrični blizinski upaljač;
2. akustični blizinski upaljač;
3. barometarski blizinski upaljač;
4. radio-upaljač;
5. elektrostatički blizinski upaljač.

Svaki od tih upaljača je tako podešen da funkcioniše kad karakteristična osobina cilja ili rejona cilja na čije je dejstvo on osetljiv doistigne izvesnu veličinu. I još nešto: blizinski upaljači se tako izrađuju da do eksplozije bojne glave može doći u najpogodnijem momentu i na najpovoljnijem mestu u odnosu na cilj. Podešavanje blizinskog upaljača za takvo dejstvo, uopšte uzev, nije laka stvar, jer zavisi od relativne brzine kojom se projektil približava cilju. Ako treba da se napadaju ciljevi s veoma promenljivim brzinama, onda se osetljivost upaljača može automatski podešavati na osnovu brzine cilja određene pomoću računara. Blizinski upaljači aktiviraju tada pomoćni sistem za izazivanje detonacije bojne glave nakon što se električnim putem integriraju dva činioca — blizina cilja i brzina približavanja cilju. Ali ako cilj uspe da blokira rad blizinskog upaljača, onda može biti efikasan samo direktni podatak u njega.

KLASIFIKACIJA UPALJAČA PREMA POLOŽAJU NA BOJNOJ GLAVI

Prema mestu na kojem se nalaze na bojnoj glavi, upaljači se dele na *gornje* i *donje*. Prvi se nameštaju na vrh, a drugi u dancu bojne glave. Kao što je ranije rečeno, upaljač ili kombinacija upaljača koja će se upotrebiti za bojnu glavu i mesto upaljača na bojnoj glavi zavise od postavljenog zadatka i željenog efekta.

MESTA RASPRSKAVANJA BOJNE GLAVE S OBZIROM NA VRSTU UPALJAČA

Pošto smo razmotrili definiciju, ustrojstvo i dejstvo raznih vrsta upaljača, razmotrimo i kakav uticaj imaju te vrste upaljača na mesto rasprskavanja bojne glave.

Kad je bojna glava snabdevena udarnim upaljačem (slika 568) eksplozija se dešava kad projektil udari u cilj.

Na srednjem crtežu slike 568, zajedno s udarnim upaljačem upotrebljen je elemenat za usporavanje dejstva upaljača. Ovaj elemenat dozvoljava da bojna glava pre detonacije prodre u cilj. Princip dejstva tempirnog upaljača u suštini je isti kao princip dejstva udarnog upaljača. Na trećem crtežu slike 568 prikazan je blizinski upaljač kako, pošto je aktiviran dejstvom izvesne karakteristične osobine cilja, izaziva rasprskavanje bojne glave na unapred određenoj udaljenosti od cilja.

LANSIRNI POLOŽAJI PROJEKТИLA

Lansirni položaj je rejon posednut od strane raketne jedinice koja priprema projektile za lansiranje i usmerava ih protiv određenih ciljeva. Da bi se zaštitila od neprijateljskog bombardovanja, lansirna mesta treba da budu što više rasturenata. Pored toga, rasturenati lansirni položaj dozvoljava da se projektil izbacuje istovremeno s raznih položaja, a da jedno izbacivanje ne smeta drugom. Potrebno je da se lansirnom položaju može lako prići železnicom ili drumskim vozilima, kako bi se omogućilo brzo transportovanje projektila, goriva i potrebne opreme.

Pri izboru lansirnih položaja za projektil s busterom, mora se paziti na to da se spreči da delovi buster-a ne padnu među sopstvene jedinice. Lansirni položaji za ofanzivne projektil-e malog dometa mogu se prema potrebi postavljati vrlo blizu prednjeg kraja da bi se iskoristio domet, ali ih tada treba rasporediti po dubini i tako omogućiti neprekidnost podrške ako se prednja mesta izgube.

U svakom slučaju, neprijatelj će smatrati lansirne položaje za dragocene ciljeve. Zbog toga, ukoliko bude moguće da se što više prime-njuje kamuflaža i da se što brže i češće menja položaj, utoliko će neprijatelju biti teže da identificuje i eliminiše ta mesta. Samo, veličina i složenost lansirnih položaja otežavaju da se oni brzo i često menjaju. Ali bez obzira na to, treba stalno misliti na rezervne lansirne položaje.

Izbor lansirnog položaja i korišćenje tog mesta radi napada ili odbrane zavise od vrste i osobina projektila za koji se položaj planira. Neki od problema koji iskršavaju u vezi sa lansirnim položajima za projektil-e zemlja-vazduh razlikuju se od problema na koje se nailazi u vezi sa položajima projektila zemlja — zemlja. Isto tako, izbacivanje projektila malog dometa blizu teritorije koju drži neprijatelj pruža drukčije probleme nego što su oni koji se pojavljuju pri lansiranju dalekometrenih projektila s mesta koja se nalaze u dubokoj sopstvenoj pozadini.

Iz dosad rečenog može se lako videti da se ovde pokušalo samo da se da opšta slika o ra-ketnim položajima a ne i da se pruže određeni podaci o pojedinim od tih položaja.

POKRETNI LANSERI

Pokretljivost lansera je veoma poželjna oso-bina. Idealno pokretan je onaj bacač koji može da prenosi jedan kompletno vođeni projektil ili više takvih projektila, zatim pripadajuću opre-mu i potrebno ljudstvo do unapred određenog položaja i da zatim priprema, nišani, ispaljuje i, ako je potrebno, vodi taj projektil ka izabra-nom cilju.

Čitalac je, nema sumnje, stekao predstavu o pokretnim lanserima opremljenim za kretanje po zemlji i kroz vazduh. Veoma su značajni lanseri opremljeni za plovidbu morem. Poten-cijalne mogućnosti pokretnih lansirnih položaja na moru su ogromne. Svaki rejon na zemlji na kojem se nalazi neki od potencijalnih ciljeva leži u zahvatu od oko 3000 kilometara, računa-jući od rejona na otvorenom moru koji stoje na raspolaganju za praktična pomorska dejstva. Velike brodove i podmornice za izbacivanje projektila svakako treba pripremati za buduću zajedničku upotrebu projektila.

ORGANI ZA OPSLUŽIVANJE

Sad, pošto su raspravljena izvesna pitanja koja se tiču izbora cilja, izbora projektila, ko-risnog tovara projektila i lansirnih položaja, treba da se upoznamo i sa nekim organima ko-jima se mora raspolagati da bi se omogućilo izbacivanje projektila.

ORGANIZACIJA RAKETNE JEDINICE

Za svaku vrstu projektila koja je usvojena u naoružanju, mora se organizovati raketna jedinica. Iz tog razloga, raketna jedinica koja se organizuje za jednu određenu vrstu projektila biće u izvesnim detaljima drukčija od jedinica organizovanih za projektile druge vrste. No, izvesni organizacioni principi važe gotovo za sve raketne jedinice. Reći ćemo nešto i o organizaciji raketne jedinice uopšte, ne navodeći detaljne podatke o bilo kome određenom projektilu ili broju ljudstva. Pri tom će se raspravljati, o sledećim trima osnovnim delovima raketne jedinice: tehničkom, za snabdevanje i o vatrenom delu. Tehnička jedinica i jedinica za snabdevanje za jedan tip raketne jedinice radi približno isto kao što bi radila za drugi tip raketne jedinice, ali to ne važi i za vatrenu jedinicu. Vatrena jedinica za opsluživanje projektila koji se izbacuju iz vazduha, na primer, primenjuje opremu i metode rada koji se mnogo razlikuju od opreme i metoda rada vatrenih jedinica za opsluživanje projektila koji se izbacuju sa zemlje.

Raketna tehnička jedinica. Ova jedinica je centar za prijem upakovanih projektila ili njihovih sastavnih delova i pripadajuće opreme od proizvođača u pozadini. Glavni sastavni delovi projektila i pripadajuća oprema sastavlju se, ispituju i pakaju u fabrici projektila tako da se obezbedi visok stepen njihove sigurnosti, pa se onda prevoze do mesta za sastavljanje. Tehnička jedinica mora da ima mesto za sastavljanje i ispitivanje projektila, artiljerijsko skladište, skladište tečnog pogonskog goriva, depo za opravke i depoe projektila i rezervnih delova. Ako se predviđa da se projektili upotrebne na prekomorskom bojištu, navedena mesta i skladišta treba da se nalaze po mogućству blizu pogodnog morskog pristaništa.

Na mestu za sastavljanje projektila obično ljudstvo raspakuje, pregleda, sastavlja i proverava sastavne delove projektila i sistem i prepreme projektila za transport na vatreni položaj. Proveravaju se sastavni delovi sistema za vođenje i upravljanje, pa se svaki neispravni deo zamjenjuje ispravnim; isto to čini se i sa oštećenim delovima letelice. Neispravni delovi šalju se u odgovarajući remontni depo. Pogonski sistemi na tečno gorivo puštaju se u kratak rad da bi im se proverili pravilnost funkcionišanja i hermetičnost.

Uopšte uzev, sastavljanje projektila obuhvata sve radnje sem konačnog punjenja gorivom i hermetičkog zatvaranja projektila, nameštanja bojne glave i upaljača i konačnog nameštanja

izvesnih izvora za snabdevanje energijom sistema za vođenje i upravljanje. Dokle će se ići u sastavljanju zavisi, razume se, od projektila. Na primer, projektil sa čvrstim pogonskim gorivom može se sasvim sastaviti i staviti u skladište ili poslati na vatreni položaj, ali je pre ispaljivanja potrebno još samo da se na njega namesti bojna glava. S druge strane, projektil sa pogonskim sistemom na tečno gorivo ne može se napuniti gorivom sve dok se ne stavi na lanser na vatrenom položaju. Ovaj postupak primenjuje se kad su u pitanju projektili sa tečnim kiseonikom jer bi vrlo brzo isparavanje ove materije imalo za rezultat njen veliki gubitak za vreme transporta od mesta za sastavljanje projektila do lansirnog mesta. I veoma osetljivi delovi sistema za vođenje mogu se oštetiti za vreme prevoženja.

Da bi se obezbedilo da se projektili šalju na pojedine lansirne položaje željenom brzinom, na sastavljanju projektila mora da radi nekoliko kompletnih ekipa. Kad se sklapanje završi, projektil se smešta u skladište ili se tovari na pogodne prikolice i šalje na lansirne položaje.

Pošto stignu u rejon za sastavljanje, bojne glave, upaljači i raketni motori na čvrst pogon obično se šalju na mesto gde se nalazi artiljerijsko skladište. Obučene ekipe ovde sklapaju i ispituju bojne glave i upaljače i čuvaju ih u skladištu dok ne budu upućeni na vatreni položaj gde se nameštaju na projektile. Druge obučene ekipe dužne su da proveravaju, sklapaju i čuvaju pomenute motore dok ne budu poslani na vatreni položaj. U nekim slučajevima, zavisno od broja, vrste i brzine kojom se mora raditi sa projektilima, biće potrebno da se ima poseban, od artiljerijskog skladišta odvojen depo za snabdevanje čvrstim raketnim gorivom. Kad projektil koji eskadrila upotrebljava koristi tečna goriva, tada se uvek mora imati takvo odvojeno skladište i dobro obučeno ljudstvo u njemu.

Mada se ljudstvo tehničke jedinice ospozobljava za obavljanje i tehničkih i snabdevačkih dužnosti, njegov posao je u prvom redu tehničke prirode. Veličina tehničke jedinice zavisi od toga u kom je stepenu projektil već sastavljen kad se primi i od složenosti tehničkih proveravanja koja treba da se na njemu izvrše. Veličina rasturenost mesta pojedinih elemenata tehničke jedinice zavise od broja, veličine i vrste sastavnih delova projektila, od prirode pogonskih goriva i tipova bojnih glava koje se u projektilu upotrebljavaju.

Raketna snabdevačka jedinica. Snabdevačka jedinica je odgovorna za snabdevanje vatrenih jedinica pogonskim gorivom, bojnom glavom,

upaljačima i pripadajućom opremom, a isto tako i svim netehničkim artiklima. Ona ima zadatku da iz raznih snabdevačkih depoa primi projektil i ostalu opremu na mesto za sastavljanje projektila i da te predmete transportuje pravo na vatreni položaj, ili da obrazuje stanicu borbenih potreba od koje će vatrene jedinice moći samo da prevoze ono što im je potrebno.

Ova jedinica je u prvom redu odgovorna za prevoženje projektila, pogonskih goriva i odgovarajuće opreme. Drugi njen zadatku je da održava motorna vozila. Prikolice za projektil i gorivo i motorna vozila koja služe za vuču tih prikolica moraju se održavati u ispravnom stanju.

Raketna vatrena jedinica. Zadatak vatrene jedinice je da uređuje i održava lansirne položaje, da lansira projektile i da, ako je potrebno, upravlja njihovim letom. Ljudstvo zaposleno na lansirnom položaju radi podeljeno u ekipe, od kojih je svaka specijalno obučena za izvršavanje izvesnih radnji u pripremi za izbacivanje projektila. Specijalisti pune i hermetički zatvaraju sistem pogona, proveravaju linije pritiska i nameštaju startne motore. Ekipa za upravljanje i vođenje izvršavaju poslednje predstartne i startne provere na odgovarajućim delovima sistema vođenja i upravljanja i ako je potrebno rektifikuju i podešavaju opremu. Ekipa za naružanje namešta bojnu glavu i upaljač.

Za vreme izvršavanja ovih i drugih radnji koje prethode lansiranju svako otkriveno nepravilno funkcionisanje se izoluje, pa se sklop ili sastavni deo koji nepravilno radi zamjenjuje rezervnim. Potom se neispravan deo vraća u odgovarajući depo na opravku. Po pravilu, na lansirnom mestu ne gubi se mnogo oko istraživanja uzroka neispravnosti, niti se izvršavaju detaljne opravke.

Ustrojstvo i osobine projektila određuju da li će se projektil postaviti na mesto za izbacivanje

nje pre, za vreme ili posle završetka pojedinih radnji koje prethode lansiranju. Kad je sve spremno, projektil se ispaljuje pomoću uređaja za upravljanje na daljinu, s mesta koje je dovoljno udaljeno od lansirnog položaja, i vodi se određenom cilju.

OSTALI ORGANI

Cilj prethodnog izlaganja bio je da se ukratko opišu organi koji odgovaraju za rad na projektilu od fabrike do lansirnog položaja. No sem ovih postoji i izvestan broj drugih dužnosti koje je potrebno izvršavati da bi se olakšalo obavljanje prvih. Na primer, štabsko deljenje vrši štapske i administrativne poslove i rešava personalna pitanja. Jedinice za osiguranje obezbeđuju razne objekte od iznenadnog napada ili osmatranja sa zemlje ili iz vazduha. U svakoj raketnoj jedinici treba da bude medicinskog osoblja upoznatog s povredama koje se dešavaju pri rukovanju projektilima, pogonskim gorivima i eksplozivima. I još jedan važan pomoći element: veza koja se mora uspostaviti i neprestano održavati između svih delova raketne jedinice. Ne treba naglašavati da se i ljudstvo menze, koje se uopšte smatra za jedan od »osnovnih podržavajućih organa« svake jedinice, mora nalaziti i u raketnoj jedinici.

BORBENA UPOTREBA VOĐENIH PROJEKTLILA DANAS I UBUDUĆE

Mada će se u budućnosti izvesni raketni taktički postupci svakako morati malo menjati zbog promene uslova, borbena upotreba raketnih jedinica u celini ostaće onakva kako je izložena u ovoj glavi. Buduća poboljšana tehnika i oprema neće, dakle, izmeniti osnovne načine rada koji su ovde opisani.

Merni instrumenti vođenih projektila

U ovoj glavi govoriće se o instrumentima koji se primenjuju u oblasti vođenih projektila. Ovde se podrazumevaju pre svega sistemi za prikupljanje podataka o konstrukciji i funkcionisanju optinih projektila u letu. Ovi podaci sakupljaju se da bi se olakšala faza istraživanja i razvoja raketnog programa.

Podaci dobijeni kada projektil leti od neprocenjive su vrednosti, za ispravljanje konstruktivnih i aerodinamičkih grešaka. Tako se u najkraćem mogućem vremenu s najmanje opita usavršavaju konstrukcija i dejstvo projektila.

Za te svrhe usvojeni su i razvijeni mnogi sistemi instrumenata, namenjeni istraživanju i razvijanju projektila. Neki sistemi, kao, recimo, sistemi za optičko osmatranje i radarsko praćenje, samo su prilagođeni za novu svrhu, a inače se odranije upotrebljavaju za određivanje osobina aviona u letu, ili za pronalaženje ciljeva i usmeravanje topova. Posebno su se razvili sistemi za daljinsko merenje (telemerenje), pomoću kojih se takođe prikupljaju podaci o projektilu. Podaci o nekom projektilu mogu se prikupljati pomoću više sistema, što zavisi od prirode i obima željenih obaveštenja.

Bez obzira na to koji se sistem primeni važno je da se dobiju što tačniji podaci. Oni moraju biti dati u takvom obliku da se mogu lako dešifrovati i neprestano beležiti, kako bi se kasnije podrobno proučili i uporedili sa podacima prikupljenim pomoću drugih sredstava, kao i sa konstruktorovim proračunima.

U pojedinim fazama razvoja i ispitivanja projektila traži se veliki broj obaveštenja o lansiranju, o letu, o automatskom samonavodenju i drugim osobinama i okolnostima. Primetno može biti potrebno da se prikupe sva ili samo neka od sledećih obaveštenja:

- promene koje dovode do valjanja, propinjanja i skretanja;
- određivanje brzine vazduha i visine;
- aerodinamički podaci dobijeni pri različitim ubrzanjima;
- uslovi spoljne okoline (temperatura, vlažnost i pritisak);
- podaci o konstrukciji u vezi sa vibracijom i naprezanjima;
- podaci o upravljanju u vezi sa radom prijemnog uređaja za vođenje, radom automatskog pilota i servouređaja i sa pokretanjem komandnih površina;
- rad uređaja za samonavodenje i traženje cilja;
- podaci o pogonu, uključujući protok goriva i potisak;
- funkcionisanje sistema naoružanja, kao što je, na primer, vreme armiranja upaljača;
- ispitivanje visinskih slojeva vazduha (utvrđivanje jačine kosmičkog zračenja itd.);
- osobine električnih sistema;
- podaci koji se odnose na rad opreme za telemerenje.

Mnoga od ovih merenja međusobno su povezana. Neka zahtevaju visoki stepen vremenjskog razdvajanja, dok je za druge dovoljno samo nekoliko merenja u sekundi. Sistem za daljinsko merenje mora da bude sposoban da prikuplja, emituje i beleži veliku količinu raznih podataka u sekundi.

Sistemi instrumenata za prikupljanje podataka o vođenim projektilima mogu se u pogledu primenjenih metoda uopšteno podeliti na dve vrste: spoljne i unutrašnje. Prvo će biti razmotreni spoljni sistemi, a o unutrašnjim sistemima govoriće se u II i III odeljku. U IV odeljku govoriće se o sistemima instrumenata za neposredno beleženje.

METODI SPOLJNJE TELEMERENJA PRIMENJENI NA VOĐENE PROJEKITLE

Spoljni sistemi obuhvataju opremu za osmatranje projektila pomoću optičkih ili radarskih instrumenata. Oni se ne služe nikakvim uređajima u samom projektilu. Izuzetak od ovog predstavlja instaliranje predajnika signala u izvesne projektile sa ciljem da se pomogne radarskim uređajima na zemlji da odredi položaj projektila i da ga prate.

OPTIČKI MERNI INSTRUMENTI

Sistemi optičkih instrumenata koriste se foto-teodolitima, sinhronizovanim teleskopskim kamerama, ili sličnim uređajima za osmatranje projektila duž njegove putanje leta. Pomoću takve opreme dobijaju se obaveštenja o azimutu projektila, o njegovoj elevaciji, visini, udaljenosti i stavu, kao i o položaju njegovih komandnih površina u svakom trenutku dok se nalazi u vidnom polju.

Zemaljska stanica jednog spoljnog sistema opremljena je uređajima za vizuelno osmatranje i beleženje (kao što je, na primer, foto-teodolit »askanija«), pomoću kojih se posmatraju i fotografiju na znatnim udaljenostima karakteristike projektila ili letelice u letu. Kada se foto-teodoliti primenjuju u vezi sa FM/FM ili radarskim uređajima za daljinsko merenje, uz tačno određivanje vremena, dobijaju se fotografiski podaci. Ovi podaci se usklađuju sa podacima dobijenim putem radija, da bi se dobole dopunske pojedinosti.

U osnovi, foto-teodolit predstavlja sklop dveju fotokamera čije se ploče dovode u istu ravan. Na osnovu razlike između dve slike snimljene u istom trenutku, predmet se može izmeriti u svim dimenzijama.

Foto-teodolit predstavlja kombinaciju foto-kamere i drugih standardnih elemenata sa teleskopskim sistemom sočiva dalekog dometa.

Svaki foto-aparat predstavlja kino-kameru sa okidačkim mehanizmom koji je, putem uređaja za kontrolisanje vremena, tačno sinhronizovan elektronskim sistemom za telemerenje.

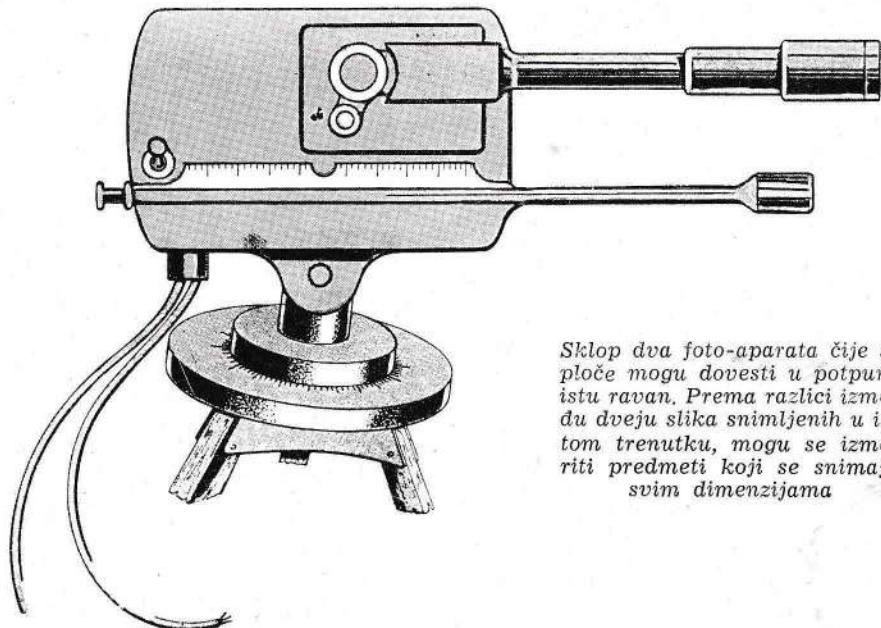
Teodolit se u osnovi sastoji od teleskopa postavljenog na postolje tako da se može obrnati u vertikalnoj ravni. Horizontalna osovina za vertikalno obrtanje prolazi kroz središte jednog vertikalnog kruga koji ima podeoke za merenje ugla elevacije.

Postolje koje nosi teleskop postavljeno je na osnovnu ploču sa podeocima, koja se može horizontalno obrnati za 360 stepeni. Vertikalna osovina za horizontalno obrtanje prolazi kroz središte jednog horizontalnog kruga koji ima azimutnu skalu teodolita.

Spoljni nišani, pokazivači horizontalnog položaja pomoću mehura vazduha (libele), mikrometarske monijusne skale, tangentni zavrtnji i svetiljke za skale — sve to doprinosi tačnosti i mnogostranosti ovog instrumenta.

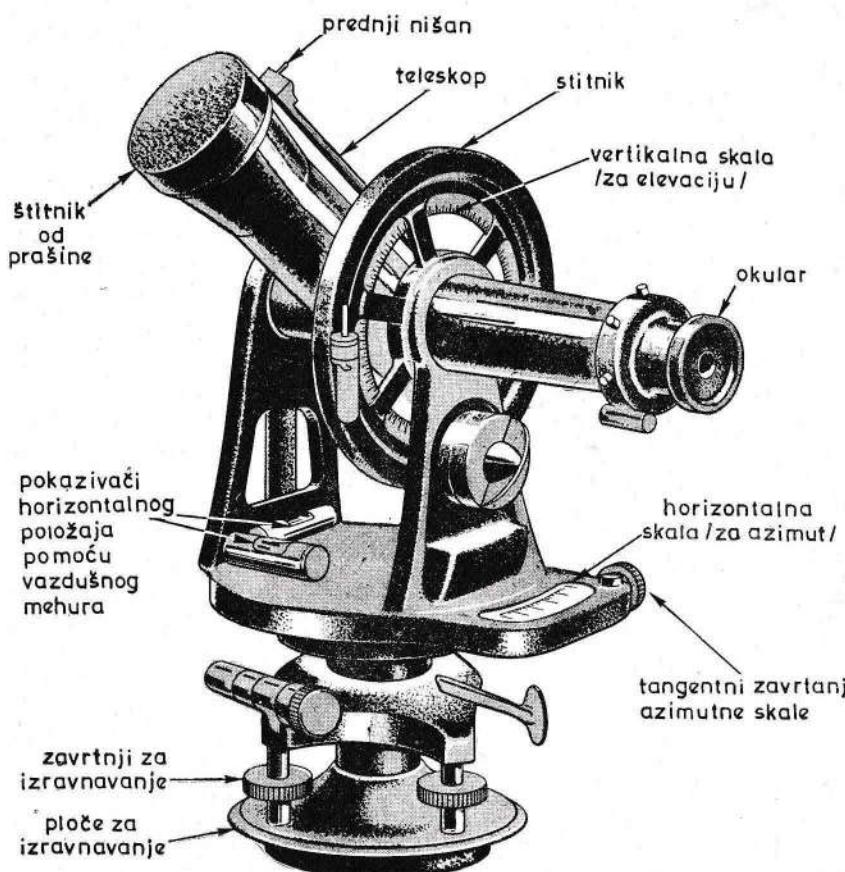
Tipični teodolit, kojim se služe građevinski inženjeri i geodeti, prikazan je na slici 570.

Teodolitski teleskopi obično imaju dvadesetstruko uvećanje i raspolažu uskim vidnim poljem (od oko 2°). Snadbeveni su ukrštenom končanicom radi toga da se optički sistem što tačnije postavi u središte predmeta koji se posmatra. Ovi instrumenti konstruišu se s velikom brižljivošću i izvanredno su tačni; prema tome, njima treba rukovati veoma pažljivo i štititi ih od toplove, vlage i jakih udara, da im se tačnost ne smanji.

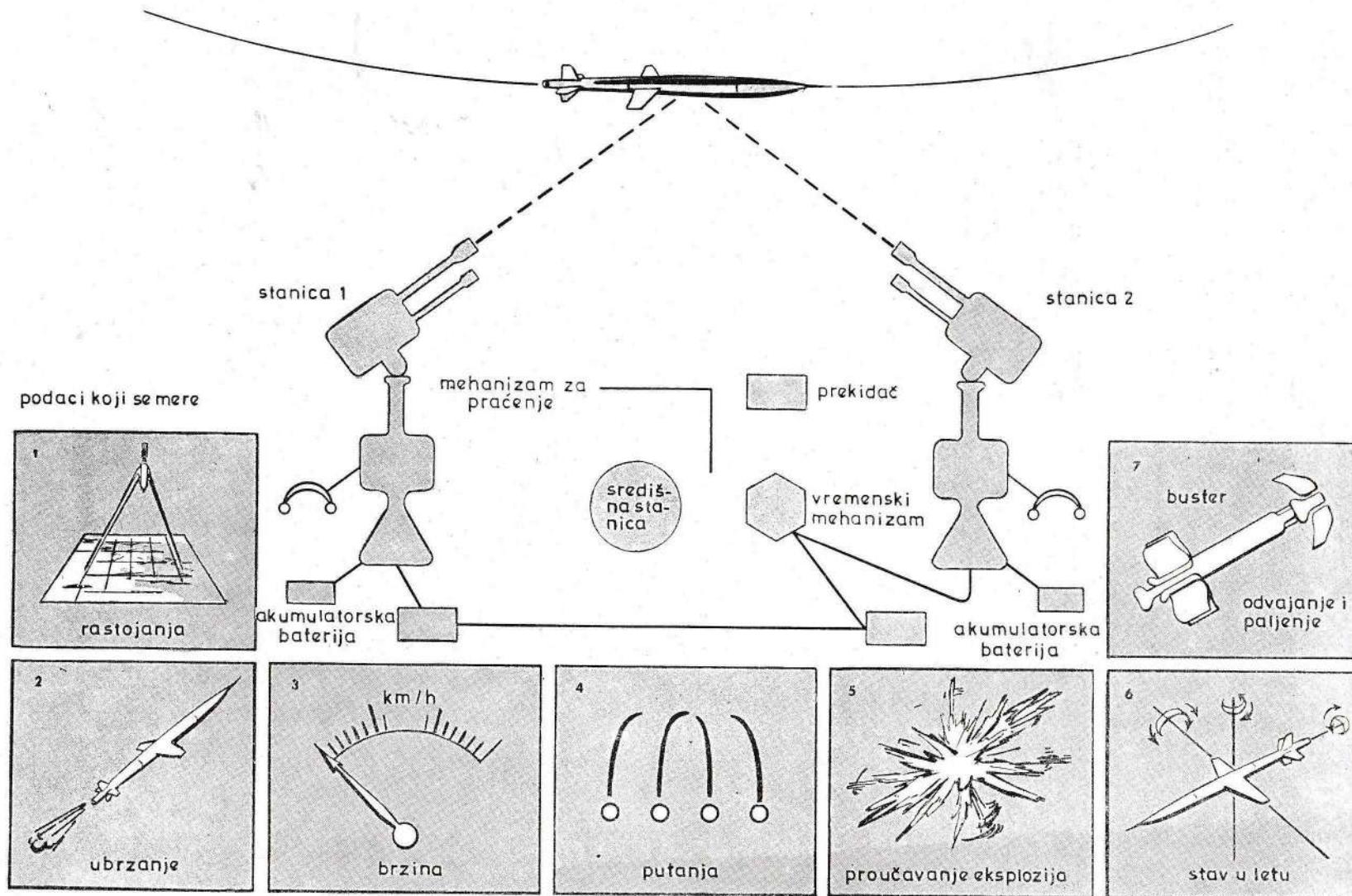


Sklop dva foto-aparata čije se ploče mogu dovesti u potpuno istu ravan. Prema razlici između dveju slika snimljenih u istom trenutku, mogu se izmeriti predmeti koji se snimaju svim dimenzijama

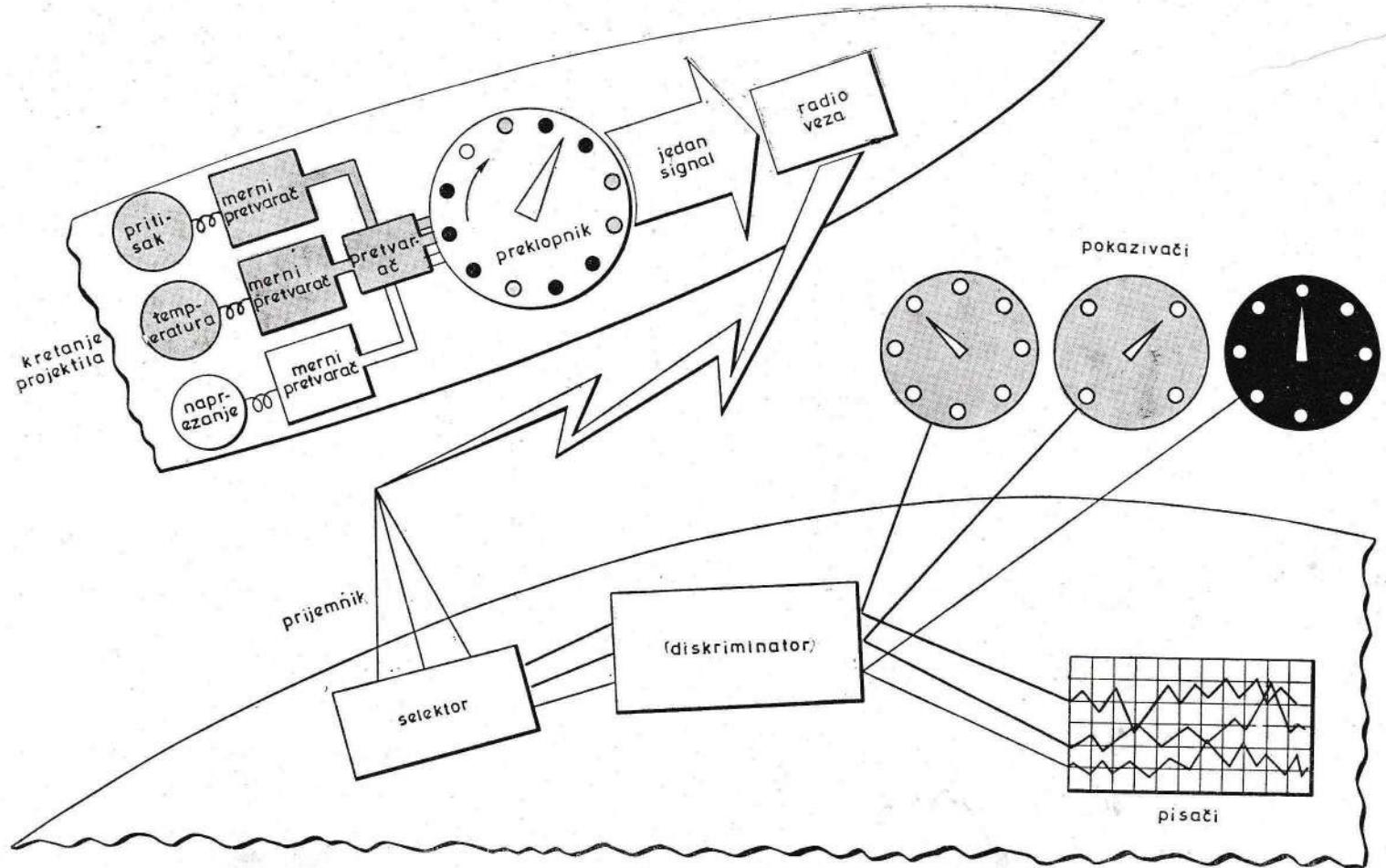
Sl. 569 — Foto-teodolit je sklop dva foto-aparata



Sl. 570 — Tipični teodolit koji upotrebljavaju građevinski inženjeri i geodeti



Sl. 571 — Postavljanje teodolitskih kamera



Sl. 572 — Sistem za telemerenje

Na poligonu za ispitivanje projektila, duž kursa lansiranja, postavljene su najmanje dve teodolitske stанице. Ove stанице dobijaju signale iz središnjeg kontrolnog sistema, tako da se fotografije snimljene za vreme leta projektila mogu identifikovati i upotrediti (telemerniti) sa ostalim podacima o letu u svakom trenutku. Na slici 571 prikazano je jedno takvo postavljanje.

Dobijeni podaci o letu pomoću grupe teodolitskih kamera (foto-teodolita) obuhvataju:

1. Podatke o dometu (rastojanju);
2. podatke o ubrzanjima,
3. podatke o brzini,
4. podatke o putanji i visini,
5. podatke o eksploziji,
6. podatke o položaju projektila u prostoru i
7. podatke o odvajanju bustera i paljenju.

Dopunske pojedinosti dobijaju se iz ovih fotografija koje upotpunjuju grafičke podatke zabeležene pomoću oscilografskih pisača i koji služe kao kontrola tačnosti sistema za telemernje. Jedan takav sistem za telemernje prikazan je na sl. 572.

Za osmatranje u letu duž velikih rastojanja nije dovoljno da se upotrebi jedna stаница за optičko posmatranje. Da bi se podaci tačno odredili, zemaljske stанице treba da su sinhronizovane, tako da se podaci prikupljeni na raznim stanicama mogu složiti u jedinstven kontinualni izveštaj.

RADARSKA OPREMA U SISTEMIMA SPOLJNIH INSTRUMENATA

Ovi sistemi instrumenata za projektile zahtevaju radarski sistem za praćenje i beleženje podataka, sposoban da prati projektil duž njegove putanje leta i da u svakom trenutku daje podatke o njegovom položaju po azimutu, elevaciji, visini i rastojanju. U okviru sistema za praćenje i beleženje podataka mora da postoji i sistem za prenošenje podataka, da bi se obaveštenja o praćenju predavala jednom računaru ili sistemu za beleženje podataka. Podaci o praćenju izdvajaju se na trajne beleške o putanji leta i letnim karakteristikama rakete uz pomoć sistema za proračunavanje i beleženje. Da bi obavljao ovaj posao, radarski prateći sistem zahteva:

1. Jedan radarski predajnik koji proizvodi VF (visokofrekventne) impulse velike snage;
2. VF blok za dovođenje impulsa do antene i za zračenje tih impulsa u prostor u uskom snopu. VF sistem takođe prima i koncentriše odra-

ze (odbijene impulse) sa projektila i dovodi ih u prijemnik;

3. prijemnik za detektovanje i pojačavanje signala dobijenih odrazom;

4. blok za određivanje rastojanja pomoću merenja vremenskog razmaka između emitovanog impulsa i signala dobijenog odrazom koji na takav način daje obaveštenje o rastojanju koje se može predstaviti u vidljivom obliku na ekrusu za rastojanje;

5. ekran PFR (pokazivača položaja u ravni) koji rastojanje cilja i njegov azimut prikazuje vizuelno;

6. blok za određivanje položaja antene kojim se kontroliše položaj antene i pokazuju azimut i elevacija projektila na brojčanicima, ili na za to pogodnim pokazivačima;

7. blok za prenošenje podataka koji trenutno obaveštava o položaju projektila, računar ili ekran za beleženje, tako da podaci o letu projektila koji se prati (osmatra) mogu biti analizirani i zabeleženi.

Radarski sistemi koji se upotrebljavaju u sistemima instrumenata za projektile obično imaju automatske prateće antene koje primeđuju neku vrstu koničnog pretraživanja da bi razvile napone za sopstveno upravljanje, što je potrebno da bi se pratio projektil. Kada projektil nije u središtu njihovog snopa, u sistemu za pokretanje antene javljaju se naponi greške srazmerni skretanju antene po elevaciji i azimutu.

Ovi naponi greške ili naponi podataka o položaju, kada se porede po fazi ili polaritetu sa referentnim (osnovnim) naponom, koji predstavlja određeni ugao azimuta ili elevacije antene, daju podatke o azimutu i elevaciji, a ti podaci pokazuju trenutni položaj projektila u odnosu na radarsku antenu.

TIPIČNI RADARSKI UREĐAJ KOJI SE KORISTI U INSTRUMENTACIJI

Tipični radarski uređaj koji se u modifikovanom obliku primenjuje u sistemima instrumenata jeste SCR-584. Ovaj uređaj, kako je to prikazano shemom (sl. 573) podeljen je na sledećih sedam delova: predajnik, VF blok, prijemnik, blok daljine, blok PPR, antenu i blok za predaju podataka.

Predajnik generiše VF impulse široke 0,8 mikrosekundi, pri učestanosti od približno 2800 megaherca i sa maksimalnom snagom od 210 kilovata. Predajnik prima okidački (triger) impuls svakih 586 mikrosekundi iz bloka za rastojanje,* uobičjava ovaj impuls dajući mu tra-

* Kod nas se obično naziva: »blok daljine«. — Prim. red.

ženi oblik, širinu, polaritet i amplitudu i koristi ga za davanje magnetronu jednosmernog napona od 22 kilovata, u trajanju po 0,8.

Magnetron osciluje da bi proizveo VF impulse. Impulsi prolaze kroz VF blok do antene i bivaju zračeni u prostor. Predajnik se sastoji od pokrećkog bloka koji uobičjava impuls i okida (triggeruje) modulator. Modulator, sa svoje strane, dejstvuje kao elektronski prekidač koji daje visoki jednosmerni napon magnetronu. Ispravljač u predajniku proizvodi jednosmerni napon iz izvora za napajanje koji daje 115 volti 60 herca naizmenične struje.

Visokofrekventni blok prenosi VF impulse iz magnetrona ka anteni koja zrači VF energiju, prima odraze od projektila i prenosi signale odraza od antene u prijemnik.

Ovaj blok se sastoji od VF talasovoda, antiske prekidačke kutije, komutatora, antene i reflektora. Iz predajnika, VF impulsa magnetrona odlazi preko koaksijalnog talasovoda do komutatora. Komutator sprečava da predajnikov impuls uđe u prijemnik i usmerava impuls dalje prema anteni. Reflektor daje ovoj zračenoj energiji usmerenost, koncentrišući je u uskom snopu. Impuls odraza od cilja ulazi kroz antenu i prolazi kroz VF talasovod u komutator koji ga usmerava ka kristalnom mešaču (mikseru) prijemnika. Motor koji obrće antenu i referentni generator nalaze se u bloku za pokretanje antene.

Prijemnik pojačava i detektuje signale cilja koje je primio VF blok. Prijemnik se sastoji od kristalnog mešača (miksera), heterodina, pretpojačavača, superheterodinskog prijemnika i širokopojasnog video-pojačavača. Signal odraza od cilja prenosi se kroz VF blok. Rezultirajući signal međučestanosti pojačava se u pretpojačavaču, a zatim u pojačavaču za međučestanost prijemnika.

Signal međučestanosti se zatim deli i ulazi u kanal za rastojanje*) i kanal servopokretača prijemnika. Signal se pojačava u kanalu za rastojanje, zatim se uvodi u ekrane bloka za rastojanje i bloka PPR. Servokanal se otvara pomoću impulsa iz bloka za proizvođenje signala vrlo uske kapije**). Kao rezultat ovog kanal servopokretača se otvara samo toliko dugo da može primiti signal odraza od projektila koji se prati. U kanalu servopokretača naponi greške koji odgovaraju odrazu koji se prati predaju se bloku za pokretanje antene.

Blok za rastojanje obezbeđuje sinhronizujući impuls i impuls kapije, kao i podatke o vi-

zuelnom rastojanju na osciloskopu. Ovaj blok takođe daje potenciometarske podatke o rastojanju i selsinske podatke bloku za predaju podataka. Blok za rastojanje sastoji se od sinhronizatora, pokazivača rastojanja i bloka za proizvođenje signala vrlo uske kapije, kao i od izvora za napajanje i ispravljača.

Sinhronizator proizvodi okidačke impulse i pretraživačke napone za ceo radarski uređaj. On daje sinhronizovane okidačke signale predajniku, bloku PPR i drugim sastavnim delovima bloka za rastojanje. Isto tako, on daje usku kapiju bloku PPR kao i pretraživačke napone i osvetljavajuće kapije za pokazivač rastojanja. Takođe, i glavna sinhronizujuća učestanost od 82 kiloherca i uska kapija obezbeđuju se od strane sinhronizatora za blok za proizvođenje signala vrlo uske kapije.

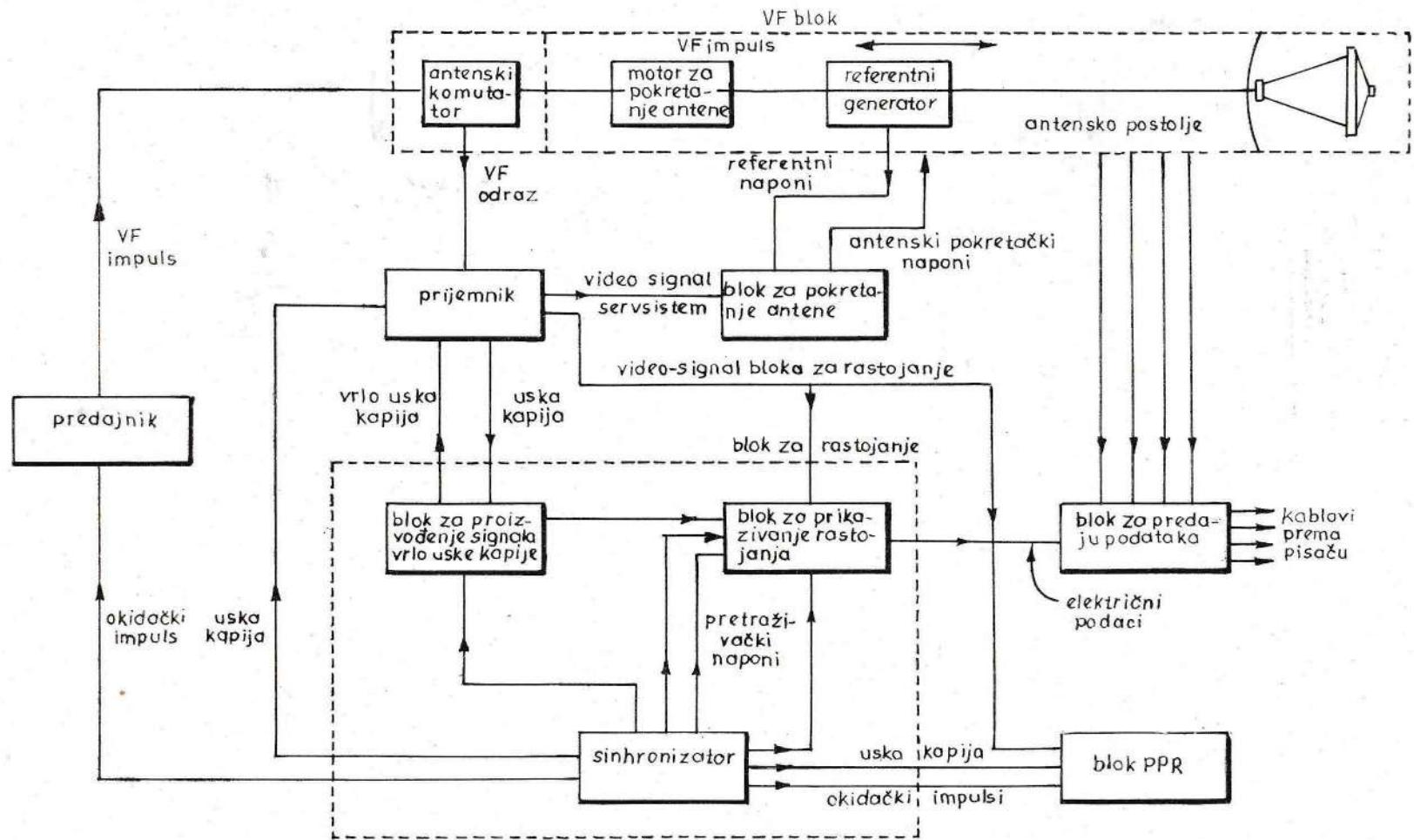
Blok za pokazivanje rastojanja sastoji se od dva ekrana za rastojanje, ručnih točkova za praćenje i obrtanje, kao i dopunskog mehanizma za praćenje. Ekrani za rastojanje su takozvani džejsken ekrani*) za kružno pretraživanje i njihovi pretraživački naponi stvaraju se u sinhronizatoru. Svi ciljevi u opsegu dometa VF snopa pokazuju se na 30-kilometarskom grubom ekranu koji se osvetljava u trajanju široke kapije. 2-kilometarski fini ekran uvećava, opet, svaki deo od 2 kilometra na 30-kilometarskom ekranu. Primjenjuju se dve kapije na 2-km ekranu: uska kapija i vrlo uska kapija. Uska kapija osvetljava jedan deo na 2-kilometarskom ekranu koji se ručnim putem može menjati pomoću kontrole za širinu uske kapije, u opsegu od 220 do 1600 metara. Vrlo uska kapija, opet, koristi se u 2-kilometarskom ekranu na takav način da rukovalac može da prati određeni cilj u vazduhu. Potenciometri za rastojanje i selsini daju bloku za predaju podataka podatke o kosom rastojanju.

Blok za proizvođenje signala vrlo uske kapije stvara vrlo usku kapiju, široku 45 metara, na osnovu glavne sinhronizujuće učestanosti od 82 kiloherca, pošto je triggerovan uskom kapijom. Signal ove vrlo uske kapije uvodi se u servopokrećki kanal prijemnika i tako isto u pokazivač rastojanja. Ova kapija se pojavljuje na 2-kilometarskom ekranu kao maleni porast u jačini, širok 45 m, pa se može videti na vrhu signala odraza koji se prati. Rukovalac određivanja rastojanja prati cilj time što zadržava končanicu za rastojanje na napadnoj ivici, a vrlo usku kapiju u centru signala koji se prati.

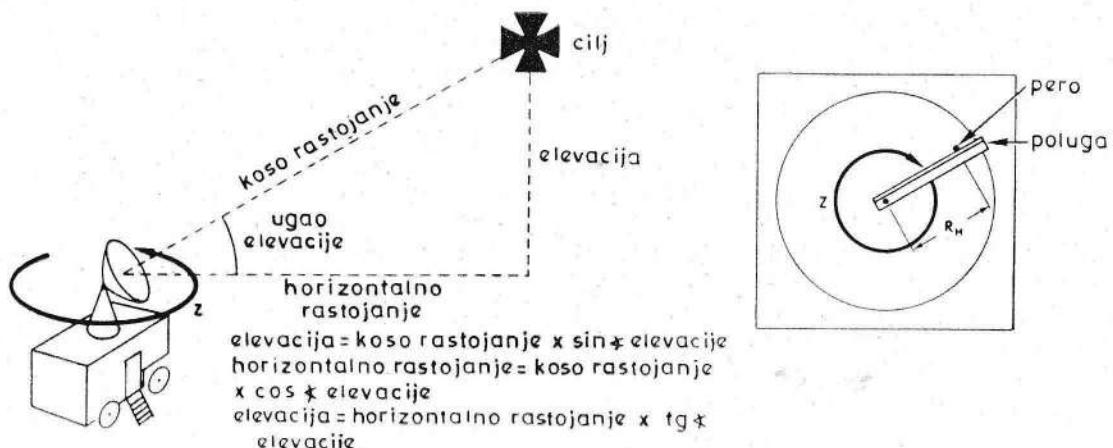
*) Kanal daljine. — Prim. red.

**) »Signali vrlo uske kapije«, kod nas se nazivaju »otvarački impulsi« ili »strobovi«. — Prim. red.

*) To su tzv. J-pokazivači daljine — vremenska baza je kružna linija a daljina je proporcionalna lučnom rastojanju između odraza i početka baze. — Prim. red.



Sl. 573 — Tipični radarski sistem (SCR-584) koji se koristi u sistemu instrumenata za praćenje i beleženje telemernih podataka o projektilu



Sl. 574 — Osnovni pisač RC-294

Blok PPR koristi se za grubo traženje i obezbeđuje početno utvrđivanje položaja cilja. Blok obuhvata elemenat PPR, ekran PPR, izvor napajanja PPR i ispravljač, kao i PPR selsin.

Svi ciljevi koji se nađu u VF snopu pokazuju se na PPR ekranu zajedno sa uskom kapijom i krugovima koji označavaju rastojanje. Na takav način PPR ekran daje obaveštenje za postavljanje končanice za praćenje na ekranu za rastojanje. Pravilnim podešavanjem ručnih tokova, cilj se postavlja u kapiju za praćenje. Pretraživanje se trigeruje pomoću impulsa sa sinhronizatorom. Pretraživačka linija se obrće po azimutu, zajedno sa antenom, omogućujući PPR ekranu da pokazuje azimutski pravac u kojem je antena usmerena.

Uredaj za pokretanje antene upravlja pokretanjem antene. Ovaj uredaj obuhvata blok za kontrolu položaja antene, blok za automatsko praćenje, blok za praćenje po azimutu i elevaciji, motor za pokretanje antene po azimutu i elevaciji, motor za obrtanje antene oko njene osovine i dvofazni referentni generator.

Pri automatskom praćenju napon greške kombinuje se sa referentnim naponima, proizvodeći na taj način željene kontrolne napone za pokretanje motora. Kada se antena obrće ručnim putem, veštački signalni greške, nastali pokretanjem ručnih točkova za azimut i elevaciju, kombinuju se sa referentnim naponom da bi proizveli isti kontrolni napon. Strujna kola za upravljanje antenama razlikuju se zbog prirode napajanja i prirode referentnog napona.

Blok za predaju podataka pretvara obaveštenje o rastojanju, azimutu i elevaciji položaja cilja u vrednosti napona sa potenciometra i faznog položaja selsina, te prenosi ove podatke na površine za beleženje. Blok obuhvata potkazivač položaja antene, potenciometre za azi-

mut, rastojanje i elevaciju, selsine, blok za podatke o stavu i pretvarač visine. Grubi i fini selsini prenose ugaone podatke za azimut i elevaciju antene. Potenciometri pak, daju podatke o rastojanju, visini i uglovima za azimut i elevaciju. Selsini i potenciometri trenutno reaguju na sve izmene u položaju projektila. Podaci se prenose električnim putem, korišćenjem kontrolnih napona koji se razvijaju u potenciometrima ili na mehanički način pomoću selsina. Tačnost podataka kojim se snabdeva računar za upravljanje vatrom ili pisač zavisi prvenstveno od tačnosti kojom radar prati ciljeve.

Mehanički (selsinski) i električni (potenciometarski) podaci koji se dobijaju od pratećeg radara razlažu se na komponente »X« (rastojanje) i »Y« (elevaciju). Ove komponente su srazmerne promenama napona ugaone greške »Z« (ugla azimuta) u odnosu na referentne napone. Komponente »X« i »Y« izražavaju se u grafičkom obliku u sistemu za beleženje.

OSNOVNI SISTEM ZA BELEŽENJE

Primer osnovnog sistema za beleženje predstavlja uređaj RC-294, prikažan na slici 574, kod kojeg se poluga za beleženje okreće oko središne osovine i postavlja se na osnovu podataka o azimutu (»Z«). Pero koje piše postavlja se na osnovu podataka o horizontalnom rastojanju. Osovina poluge predstavlja radarski položaj po azimutu, a položaj pera na poluzi pokazuje trenutni položaj cilja. Podatak o horizontalnom rastojanju, na osnovu koga se postavlja pero, dobija se iz podatka o kosom rastojanju pomnoženom kosinusom ugla elevacije. Podaci o elevaciji dobijaju se iz sinusa elevacionog ugla i kosog rastojanja, ili pomoću tan-

gensa elevacionog ugla i horizontalnog rastojanja. Ako se to želi, podaci se unose u listu za beleženje u svakoj tački očitavanja položaja cilja.

Osnovna radarska oprema za radarsko praćenje i beleženje doživela je mnogo poboljšanja i prepravki da bi se zadovoljili svi zahtevi programa vođenih projektila. Kod nekih modifikacija postiglo se automatsko praćenje u čitavom opsegu radara, kao i veća gipkost sistema za pokretanje antene. Razvijeni su veći i mnogostraniji uređaji za beleženje sa potpunim

pomoćnim uređajima i pisačima, kako bi se zadovoljili zahtevi za praćenje projektila velike brzine i velikog dometa. Međutim, i u novim za to prilagođenim uređajima, preovlađuju principi rada koji su sadržani u osnovnim sistemima za radarsko praćenje i beleženje.

Iz ovog se može videti da, po pravilu, u spoljnje sisteme instrumenata za dobijanje podataka o projektilima ne ulaze nikakvi sastavnici delovi projektila. Razmotrimo sada, u sledeća dva odeljka, načine rada sistema instrumenata koji se koriste sastavnim delovima projektila.

NAČINI UNUTRAŠNJE TELEMERENJE PRIMENJENI U VOĐENIM PROJEKTILIMA

Jedan takav unutrašnji sistem služi se uređajem s davačem greške i predajnikom podataka smeštenim u projektilu, kao i prijemnikom i pisačkom opremom koji se nalaze na zemaljskoj stanicici. Unutrašnji sistemi sposobni su da pruže znatno raznolikije podatke od onih koji se mogu pribavati iz spoljnih sistema, osim toga nisu ograničeni toliko vremenskim uslovima, vidljivošću ili osobinama zemljišta.

Kad god se želi da se prikupe podaci fizičke ili mehaničke prirode i da se prenesu sa projektila ka zemaljskoj stanicici, podaci moraju biti pretvoreni u električne signale. Pri ovom pretvaranju, podaci se mogu predavati u obliku modulisanih VF signala, ili kao radarski impulsi sa jednog predajnika smeštenog u projektilu koje prima prijemnik u zemaljskoj stanicici.

Taj proces se naziva telemerenjem. Ova reč je grčkog porekla. Ona znači merenje sa rastojanja i može se definisati kao metod merenja neke veličine, prenošenje rezultata merenja do udaljene stanice i pokazivanje ili beleženje merene veličine. Telemerenje uključuje i pretvaranje veličina koje se proučavaju u električne signale, prenošenje ovih signala preko radio-veze, njihov prijem i njihovo predstavljanje pomoću pokazivača ili stalnim beleženjem. Veličine u ovom poslednjem obliku predstavljanja mogu se zatim proučavati bez žurbe.

Podaci se mogu prikupljati i posredstvom fotografiskog ili nekog drugog beleženja koje se vrši na projektilu, ali se ovaj metod ne smatra telemerenjem, pošto ovde ne postoji rastojanje između instrumenata i pisača. Taj metod pokazao se nepodesnim za primenu kod projektila, jer nije sigurno da će fotografije ili zabe-

leške na magnetofonskoj traci biti sačuvane pošto je projektil lansiran. O fotografskom snimanju i beleženju na magnetofonskoj traci detaljnije se raspravlja u 4. odeljku ove glave.

Korišćenje televizije za prikupljanje podataka takođe se zaključuje kada je potrebno da zapremaju što manji prostor i budu što lakši uređaji za telemerenje.

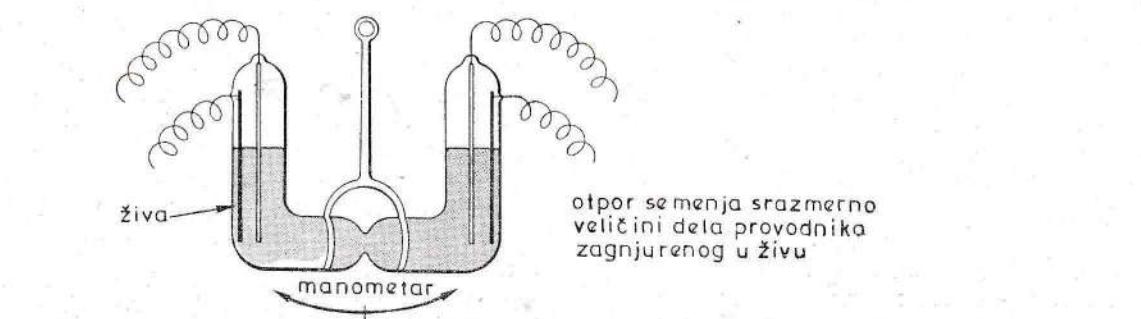
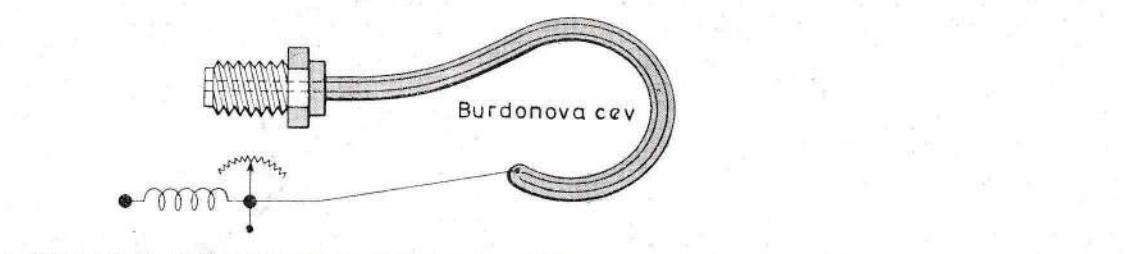
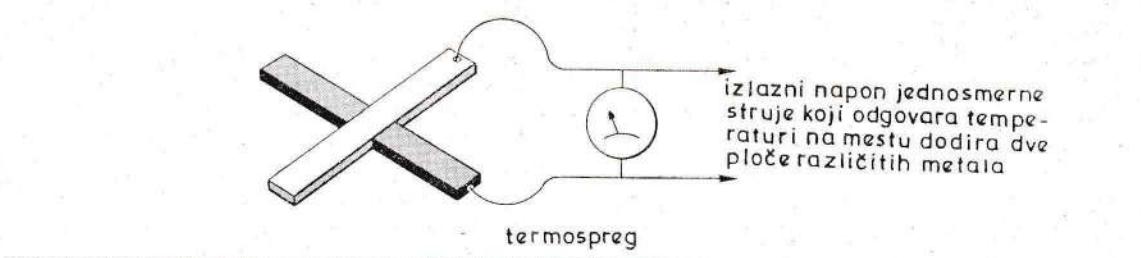
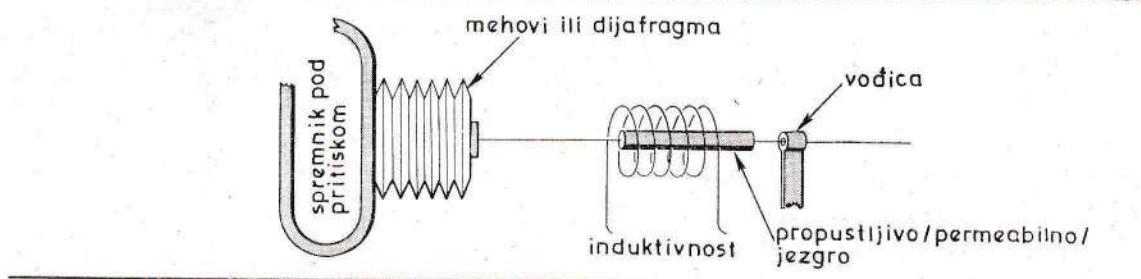
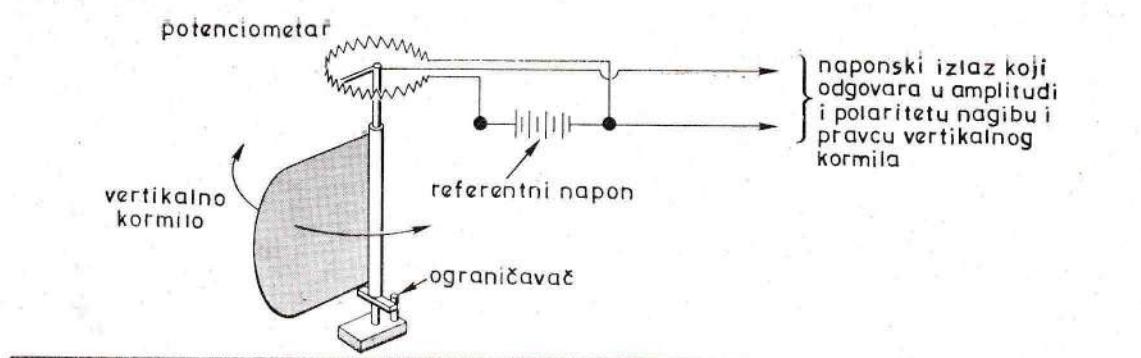
Za telemerenje su se najpraktičnijim pokazale neke vrste radio-prenosa. Današnji sistemi u opštem slučaju koriste jednu od sledećih vrsta prenosa:

1. FM/FM (frekventno modulisanu frekventnu modulaciju),
2. AM (amplitudnu modulaciju),
3. PM (faznu modulaciju),
4. radar (radarske impulse s vremenskim kodiranjem) i
5. televiziju.

MERNI PRETVARAČI

Sistemi unutrašnjih instrumenata za projektilne koriste se i takozvanim pik-apima (davačima) za podatke, ili mernim pretvaračima koji su vezani za sastavni deo koji se ispituje u projektilu, ili sačinjavaju njegov sastavni deo.

Ovi merni pretvarači, ukoliko nisu deo nekog električnog sistema, napajaju se iz izvora referentnog napona koji je podešen da daje neki izlazni napon koji odgovara normalnom položaju ili radnoj karakteristici sastavnog dela koji se ispituje. Svako odstupanje od normalnog proizvodi izlazni napon (podatak) koji se razlikuje od normalne vrednosti za veličinu koja odgovara promeni u sastavnom delu.



Sl. 575 — Obični merni pretvarači

Merni pretvarač meri ili prikuplja podatke na samom izvoru. Priroda podataka koje treba prikupiti sa izvora određuje vrstu mernog pretvarača ili pik-apa koji se koristi. U raketnoj tehnici upotrebljavaju se za ovo razni izrazi, kao: pik-api, merni pretvarači ili prenosnici (transduktori).

Merni pretvarač, naime, koji pretvara mehaničke ili fizičke promene u odgovarajuće električne promene, naziva se prenosnikom (transduktorm). Prenosnik, dakle, pretvara ove promene u željeni napon. Ovaj napon koristi se za modulisanje nosećeg talasa na način koji odgovara veličini promene kod veličine koja se meri. Ukoliko je, pak, neko električno kolo tako podešeno, moguće je dobiti podatke u vidu napona koji se nalaze u zahtevanim granicama, pomoću direktnih veza u strujnom kolu.

Kad god je to moguće, merni pretvarač se ugrađuje u sastavni deo koji se ispituje kao njegov integralni deo, kako bi se izbegla spoljna opterećenja, otpor ili efekat paralelnog otpora (šunta) sa mernog pretvarača na sam sastavni deo.

Za telemerenje su konstruisani mali, laki i vrlo tačni merni pretvarači. Neki od ovih instrumenata koji se obično primenjuju kod sistema za telemerenje su:

potenciometri (za podatke o ugaonom pomjeranju komandi),
merne trake (za naprezanje u konstrukciji), termistori (termootpornici), selsini (za ugaone signale), tahometri sa integrirajućim E-kalemovima (za broj obrtaja motora), termospregovi (za temperature u mlazniku), termostati, manometri, Burdonove cevi (za brzine vazduha), dijafragme ili mehovi, direktnе veze (za signal obrušavanja), krilca i žiroskopi.

Povećanjem brzine projektila i smanjenjem raspoloživog vremena za merenje postaje sve važnije da se dobiju tačni podaci u odnosu na vreme. Kada se uzme da celokupno vreme posvećeno prikupljanju predstavlja samo mali deo vremena potrebnog za ceo let, postaje savsim očigledno koliko je ozbiljan problem dobijanja tačnih podataka.

Problem počinje od mernih pretvarača koji su vrlo raznovrsni. Najopštije vrste zavise od kretanja, temperature ili promene struje. Takvi merni pretvarači, kao dijafragme, mehovi, Burdonove cevi, žiroskopi, autosini ili krilca daju signale u zavisnosti od pokretanja. Oni

preuzimaju zadatku da obavljaju veoma ražnolika merenja koja uključuju visinu, pritisak, položaj, protok goriva itd. Tako isto, sila, pritisak, brzina i ubrzanje na isti način zahtevaju izvesno mehaničko pokretanje.

Čak i pri merenju pomoću mernih traka mora da postoji neko pokretanje, iako je ono veoma malo. Kad god se radi o kretanju, mehanička sistema, uključujući tu i prigušivanje i inerciju postaje znatan činilac. Osetljivost se u opštem slučaju menja u obrnutoj сразмерi sa kvadratom učestanosti; drugim rečima, osetljivi sistem je spor, a sistem sa bržim odgovorom je manje osetljiv na male promene.

Sposobnost za vremensko razdvajanje i tačnost telemetarskih kanala ne treba da premašuju sposobnost vremenskog razvijanja i tačnost mernih pretvarača. Vremensko razdvajanje i tačnost telemerenja može isto da trpi usled procesa beleženja. Ovo može poteći bilo od optike sredstava za beleženje, ili, možda, od promena u brzini kojom se film ili hartija kreću kroz pisač.

Razmotrimo neke vrste mernih pretvarača.

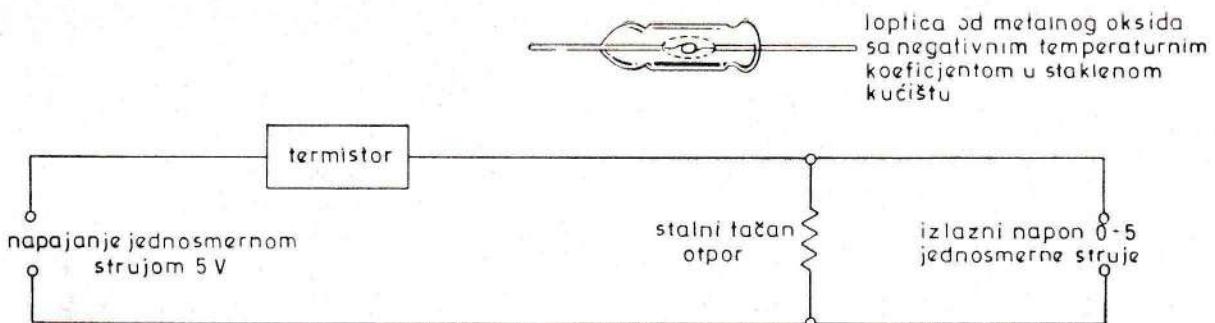
VRSTE PRENOSNIKA (TRANSDUKTORA)

Prenosnikom se u opštem slučaju smatra uređaj za prenošenje podataka koji obuhvata merni pretvarač i ceo uređaj za primanje podataka. Od isto tolike je važnosti da prenosnici mogu da izdrže teške uslove ubrzanja, vibracija i temperatura, što se zahteva i od ostalih delova sistema.

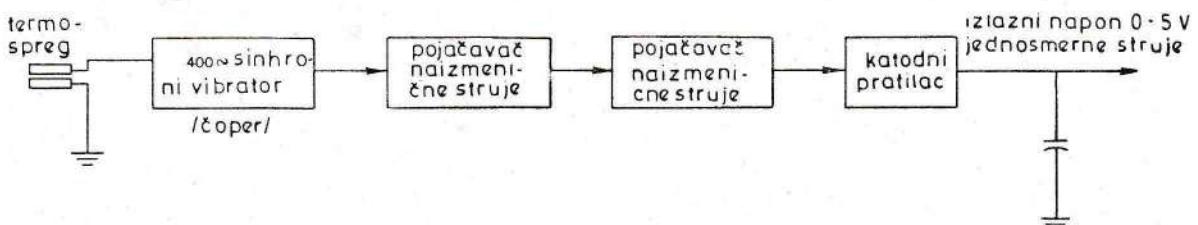
Dovoljno je da se mnogi prenosnici koji se danas upotrebljavaju poznaju samo uopšteno. Oni se mogu podeliti prema tome da li obavljaju modulisanje ili generisanje. Primeri modulatorske vrste prenosnika su oni sa promenljivom induktivnošću, promenljivom kapacitivnošću i promenljivim otporom. Prenosnike sa promenljivim otporom predstavljaju potencijometri, merne trake sa otpornim slojem, termistori i elektronske cevi.

Generirajuće vrste prenosnika su fotoelementi, merne trake sa otpornim slojem, termoponekad, elektronske cevi. Ova vrsta prenosnika nije uvek u stanju da u potpunosti moduliše određeno strujno kolo predajnika, niti je modulišuća vrsta uvek u mogućnosti da u potpunosti izvodi ovu funkciju. U takvim slučajevima, njihov izlazni napon se pojačava. Primeri potrebnih stepena za pojačavanje koji se primenjuju u takvim davačima greške prikazani su na priloženim šemama prenosnika, slike 576a i 576b.

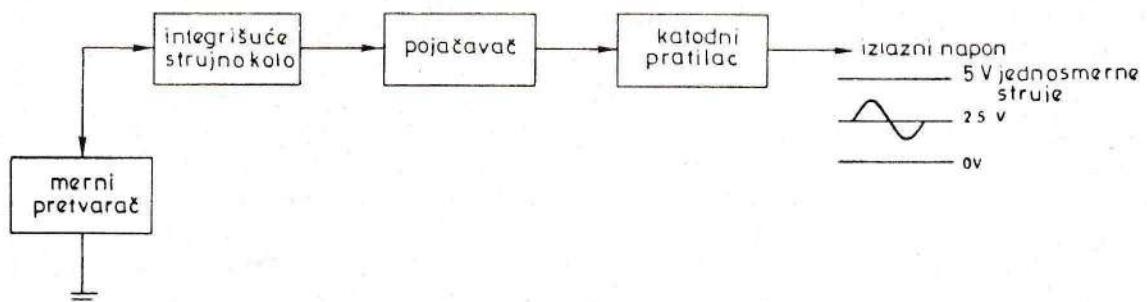
Prvi korak u instrumentaciji projektila je baždarenje instrumenta i njegovog prenosnika.



Sl. 576 — Strujno kolo termistorskog mernog pretvarača



Sl. 576a — Blok prenosnika sa termospregom



Sl. 576b — Blok prenosnika sa vibracionim pojačavačem

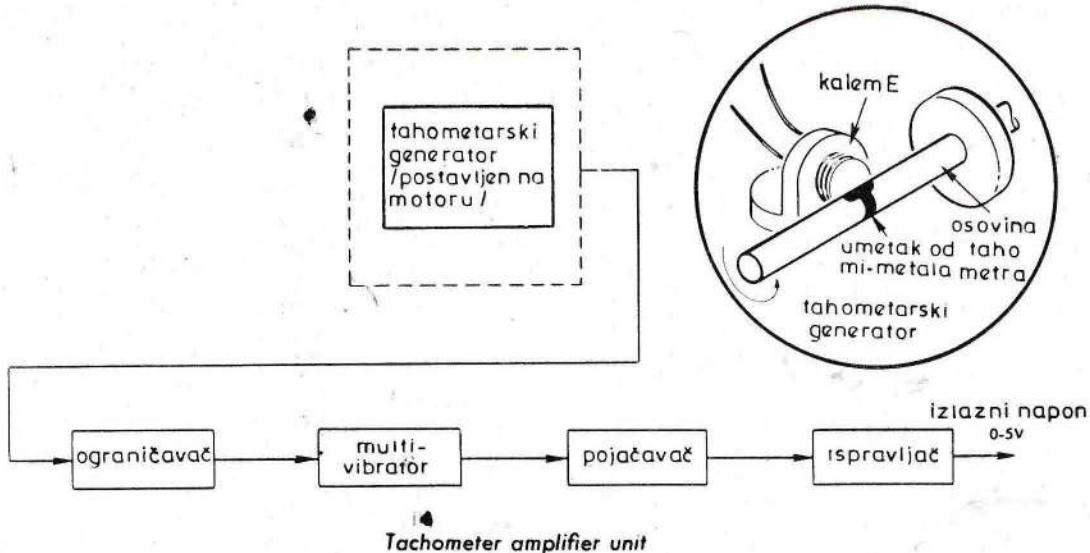
Često se za ovu funkciju prilagode obični avionski instrumenti dodavanjem prenosnika. U takvim slučajevima prenosnik ne sme da pogorša rad instrumenta. Kada se želi da se neki podatak tačno pokaže, kombinuju se instrument i prenosnik u blok konstruisan za određenu svrhu koji daje najveću tačnost.

Drugi način sastoji se u tome da se prenosnik sa promenljivim magnetskim otporom spoji za instrument na takav način, da se za iglu ili pokretni deo pričvršćuje mali komad magnetičnog materijala. Momenat koji je tada potreban za pokretanje igle je vrlo mali. Ovo rešenje najviše odgovara u radu sa uređajima za promenu učestanosti koja nastaje kada se putem pomeranja izaziva menjanje magnetskog otpora sa induktivnošću koja kontroliše učestanost. Obično je to kalem oscilatornog kola niskofrek-

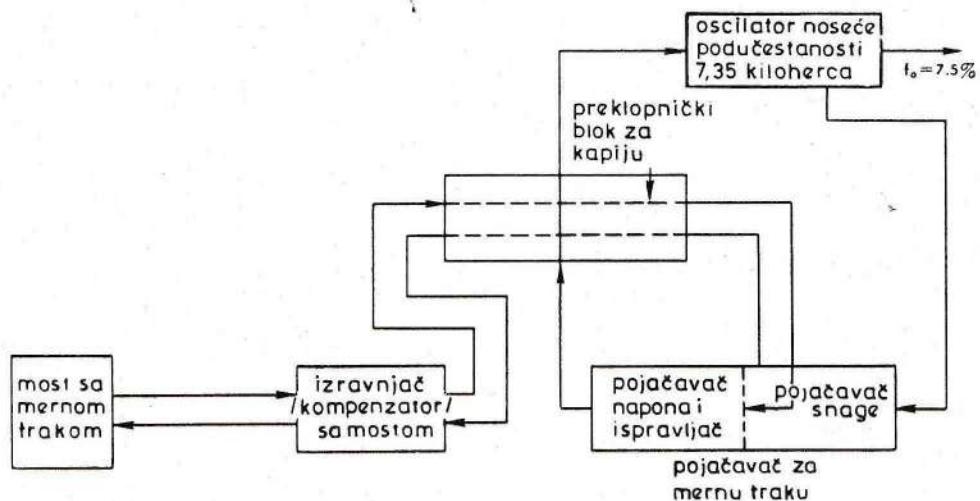
ventnog oscilatora. Promenu učestanosti moguće je takođe postići velikom promenom vazdušnog međuprostora sa povećanjem razmaka između metala*). Ovakvi prenosnici izvanredno su pogodni za vezivanje uz takve instrumente kao što su merači ubrzanja, visinomeri, merači pritiska, obrtomeri i različiti merači pomeranja.

Jedna vrsta prenosnika koja se lako prilagođava upotrebi sa obrtomerima sastoji se od isečka od tzv. mi-metala — metala velike magnetske propustljivosti (permeabilnosti), utisnutog u osovinu obrtanja instrumenta i tako postavljenog da se sa obrtanjem ove osovine mi-metala pomera iz polja i u polje indukcionog kalema koji čini sastavni deo jednog oscilator-

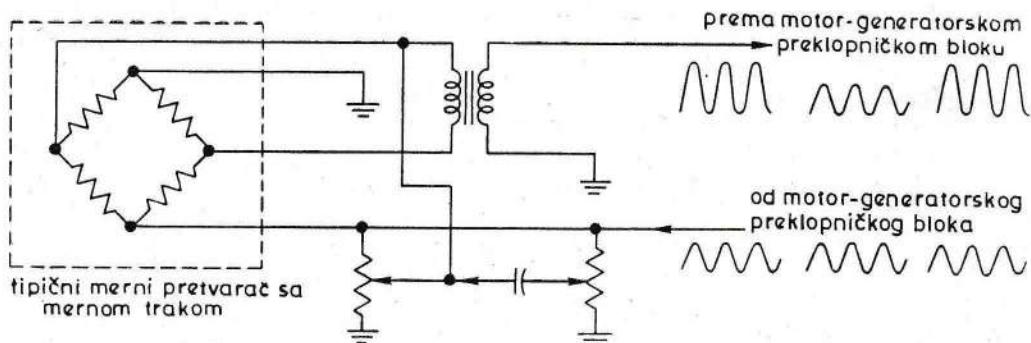
*) Ovde se misli na veličinu vazdušnog procepa u magnetnom jezgru. — Prim. red.



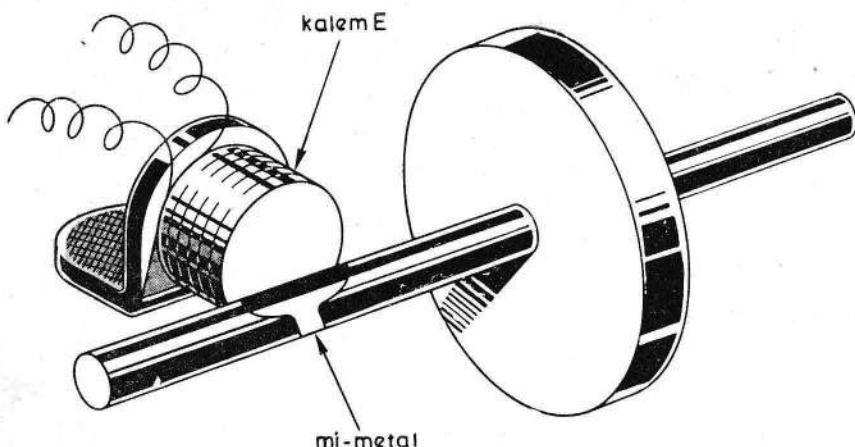
Sl. 577 — Blok tahometarskog pojačavača



Sl. 578 — Preklopnički blok sa mernom trakom



Sl. 579 — Vrste prenosničkih blokova



Sl. 580 — Prenosnik koji se može prilagoditi korišćenju sa obrtomerima

nog kola. Jedan primer ovakve vrste prenosnika pokazan je na slici 580.

Ovaj uređaj menja induktivnost kalema i proizvodi promenu u učestanosti oscilatornog kola sa brzinom koja odgovara broju obrtaja osovine. Mi-metal se ovde primenjuje zato što nema histerezisa (zaostajanja u promeni magnetskih svojstava), koji je inače svojstven većini magnetskih materijala i koji bi mogao da unese greške.

Mi-metal i prenosnik sa kalemom E pružaju mali otpor na obrtnom uređaju. On se može primeniti kao minijaturni generator naizmenične struje čija učestanost i amplituda izlaznog napona zavise od broja obrtaja osovine i razmaka između metalnog umetka i kalema.

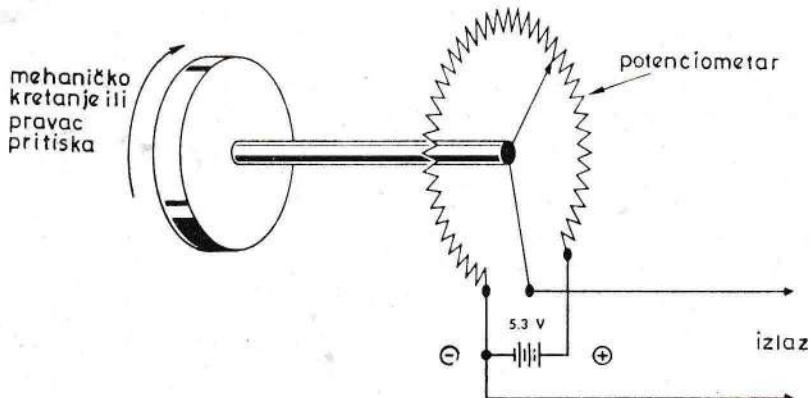
Druga vrsta tipičnog prenosnika dobija se povezivanjem izvora mehaničkih podataka sa klizajućom polugom linearног potenciometra s otporom reda 2000 om, sa tečnošću od $+10\%$ do 0% , koji se napaja referentnim naponom iz referentne baterije od 5,3 V.

Izlazni napon od 5,3 volti u radu odgovara najvećoj mehaničkoj vrednosti ili pritisku, a izlazni napon od 0 volti predstavlja njegovu minimalnu vrednost. Sa početkom mehaničke akcije ili porasta pritiska, izlazni napon se penje od 0 volti ka pozitivnom naponu, u сразmeri sa mehaničkom akcijom, tako da maksimalna mehanička akcija daje izlazni napon od +5,3 volti.

Ceo sklop potenciometra i mehaničkog analizatora prikazan na slici 581 zatvoren je u hermetičnom kućištu.

Prenosnici se primenjuju kao merni pretvarači u projektilima za telemerenje podataka:

- visine,
- statičkog pritiska,
- male brzine vazduha,
- velike brzine vazduha,
- vertikalnog ubrzanja,
- elektronskog naboja u komori,
- hidrauličkog pritiska,
- pritiska u komori sagorevanja,



Sl. 581 — Blok prenosnika

pritiska u mlazniku,
klizanja i propinjanja i
položaja komandnih površina (stabilijućih
spojlera).

TERMISTORI

Termistori (termootpornici), koji se sastoje od kombinacije keramičkih materijala i različitih metalnih oksida, upotrebljavaju se u opštem slučaju za detektovanje ili reagovanje na promene u temperaturi tečnosti odnosno vazduha. Termistor za temperaturu hidrauličke tečnosti ugrađen je u čep vrste AN koji se postavlja u vodove i može da izdrži pritiske do 160 kilograma po kvadratnom santimetru i može da radi u temperaturnom opsegu od -40°C do $+120^{\circ}\text{C}$, sa otporom koji se linearno menja (od 70 kilooma na -40°C do 2,1 kilooma na $+120^{\circ}\text{C}$).

Termistorski elementi za temperaturu vazduha, obično postavljeni na središnjim ili zadnjim pregradama za opremu projektila, ugrađuju se na takav način da se vazduh može slobodno kretati oko njih, ali i tako da su zaštićeni od spoljnog oštećenja. Temperaturni opseg jednog termistora za temperaturu vazduha kreće se od -40°C do $+70^{\circ}\text{C}$, sa linearnom promenom otpora sa temperaturom (od 100 kilooma na -40°C do 5,5 kilooma na $+70^{\circ}\text{C}$).

Termistorski elemenat je vezan u seriju sa referentnom baterijom od 5,3 V i njenim blokom za kapiju. Shema na slici 582 pokazuje jedno termistorsko strujno kolo i njegovu vezu sa blokom za kapiju. Sa promenom temperature termistora menja se i njegov otpor; prema tome je i izlazni napon ka bloku za kapiju linearno srazmeran promenama u temperaturi. Povećanje u temperaturi smanjuje otpor termistora, izazivajući manji pad napona u njemu. Ovo, pak, izaziva pojavu povećanja napona uz nepromenljivu impedanciju na ulazu u blok za kapiju.

MERNA TRAKA

Merne trake su elementi sa promenljivim otporom konstruisani tako da svaki mehanički pokret ili naprezanje kojim se na njih utiče izaziva odgovarajuću promenu u njihovom otporu. One se izraduju u mnogim oblicima i vrstama da bi odgovarali raznim zahtevima. Obične merne trake se sastoje od lepljive trake, prikazane na slici 583, u koju je utisнутa jedna petlja ili više petlji otporne žice. Veze su iste kao i kod termistora.

Najčešće korišćeni sistem za telemerenje u savremenoj upotrebi u raketnoj instrumentaciji jeste sistem sa frekventno modulisanom frekventnom modulacijom noseće učestanosti koji se skraćeno označava FM/FM.

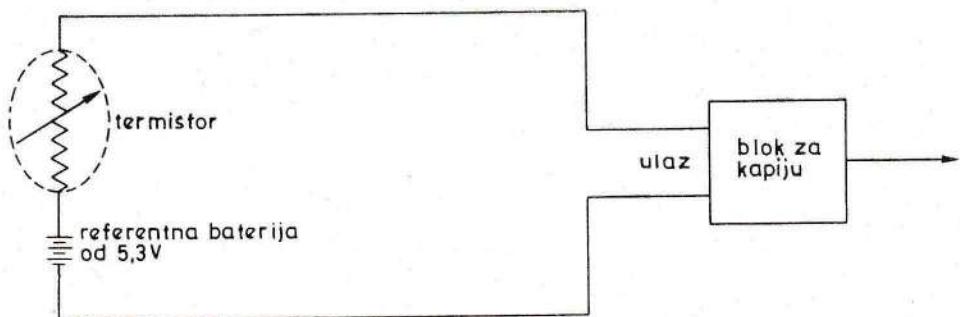
Ovaj sistem se obično koristi zato što se može tako konstruisati da bude sloboden od spoljnih signala (šumova) koji predstavljaju promene u amplitudi. Mogu se, takođe, primeniti i obični uređaji i strujna kola, pošto se u odnosu na njih ne postavljaju preterani zahtevi u pogledu prostora, težine i snage. Izdržljivost i jednostavnost mogu se postići srazmerno visokim stepenom tačnosti i prilagodljivosti zahtevima za telemerenje projektila. Lakoća u bazu darenju i minimalna zemaljska oprema su pri tom činioci od znatne važnosti, kao i mnogostranost u radu, tj. rad sa velikim brojem različitih vrsta podataka.

Rad koji ćemo sada opisati sličan je emitovanju radio-stanica sa frekventnom modulacijom (FM), prema tome posebno obučavanje ne predstavlja ozbiljniji problem. Frekventna modulacija nosećih podučestanosti ima i tu prednost što interferenciju nastalu pod dejstvom električnih kola u projektilu svodi na najmanju meru. U jednom FM/FM sistemu promene u amplitudi signala sa davača greške (pikofa) pretvaraju se u promene učestanosti predajnika. Ove promene učestanosti pretvaraju se u prijemniku u napone koji imaju promenljivu amplitudu. Promene u učestanosti frekventno modulisane noseće učestanosti ne remeti ni šum niti statika iz izvora koji se nalaze izvan sistema, pošto ove vrste interferencije, iako nastoje da promene amplitudu noseće učestanosti, vrlo malo utiču na samu učestanost.

Pri konstruisanju FM/FM sistema za telemerenje, težište se postavlja na stabilnost učestanosti oscilatora noseće podučestanosti, mada se uslovi okoline — temperatura, vlažnost, ubrzanje ili napon izvora napajanja — menjaju tokom leta. Važno je zapamtiti da ma kakva promena u nosećoj podučestanosti može da izgleda kao da se menja funkcija koja se meri.

Tipični FM/FM sistem za telemerenje obuhvata sledeće komponente na projektilu:

1. Radio-predajnik,
2. modulator noseće podučestanosti (jedan ili nekoliko),
3. preklopnik (komutator),
4. antenu i antenski sprezač,
5. rele sa vremenskim zakašnjavanjem,
6. dinamo-motor (motor-generator),



Sl. 582 — Veza termistorskog strujnog kola sa blokom za kapiju

7. bateriju za davanje napona grejanja (olovno-kiselinske vrste),
8. priključne kutije, kablove, utikače itd.,
9. blok za kapiju,
10. blokove za pretvaranje učestanosti i
11. merne pretvarače.

Zemaljska stanica za jedan FM/FM sistem obuhvata:

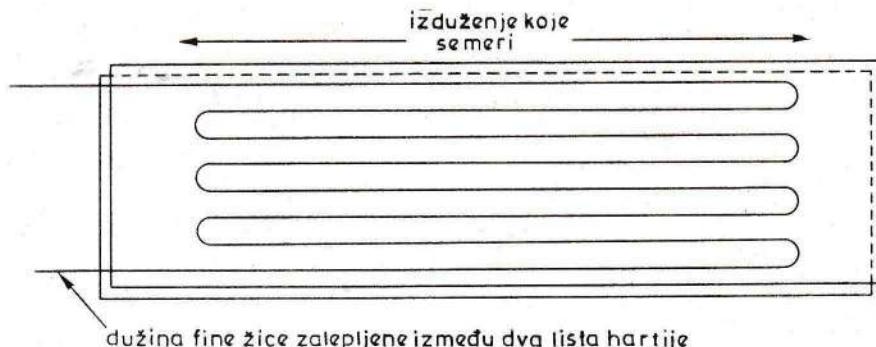
1. Prijemnik (sa filtrima za odvajanje noсеće podučestanosti, oscilografskim pisačem i panoramskim ekranom),
2. izvor napajanja,
3. antenu,
4. kablove i priključke,
5. merače sa pisačem,
6. brojače i računare,
7. ispitnu opremu i uredaje za baždarenje i
8. opremu za održavanje.

Kada se od predajnika na projektalu traži da prikuplja podatke od velikog broja izvora na projektalu, mogu mu se dodati dopunski modulatori noсеće podučestanosti, da bi se dobili kanali za nove podatke. Za kanale namenjene za podatke koji zahtevaju da budu ili neprekidno uzimani ili da budu uzimani u velikim vremenskim razmacima, potrebno je više dopunskih modulatora noсеće podučestanosti. Me-

đutim, za uzimanje podataka o veličinama koje se sporo menjaju, može da posluži samo jedan modulator noсеće podučestanosti, sa ulaznim naponom koji se naizmenično propušta kroz niz mernih pretvarača ili kanala. Međutim, ako je to potrebno, mogu se dodavati dopunski preklopniči (komutatori) i modulatori noсеće podučestanosti. Ukoliko se oni dodaju, mora se prijemnik dopuniti i novim filtima za noсеću podučestanost i diskriminatorima.

Ukoliko se raspolaže dovoljnim brojem optinskih projektila, najbolje se pokazalo telemere-nje pomoću malog broja kanala, jer se time osigurava najveći mogući stepen tačnosti. Ali, kada je potrebno da se prikupljaju podaci sa velikog broja izvora na projektalu, zbog mogućnosti da se pojavi interferencija usled unakrsne modulacije u kanalima za podatke, potre-bno je brižljivo oklopljivanje kablova i sastavnih delova, kao i pažljivo baždarenje predajnika i prijemnika. Pa čak i onda, promenljiva opterećenja izvora napajanja i sastavnih delova predajnika mogu da izazovu pogrešne signale.

U opštem slučaju, kada je to moguće, izve-sne vrste podataka prikupljaju se sa jednog, a druge vrste sa drugog projektila — ali iste vrste. Neki podaci, koji su jednostavnog oblika, dovoljno je da budu samo nekoliko puta uzeti



Sl. 583 — Merna traka

pa da daju potpune podatke o radu pod različitim uslovima leta.

Pre no što projektil dostigne onaj stepen razvoja u kojem se već može dati u proizvodnju, pa prema tome i u borbenu upotrebu, potrebno je da budu lansirani mnogi opitni modeli. I upravo sa tih opitnih projektila koji se mogu samo jednom upotrebiti dobijaju se naučna obaveštenja pomoću metoda telemerenja.

Mnoge vrste podataka prikupljaju se tokom lansiranja jednog opitnog projektila i pošto se pažljivo procene, izdvoje se izvesne vrste obaveštenja, prouče, pa se ili traži da budu ponavljanе, ili da budu zamenjene drugim, potrebnijim obaveštenjima sa sledećeg projektila.

Očigledno je da je broj raznih vrsta obaveštenja koja se mogu dobiti istovremeno ograničen brojem kanala za davanje podataka u sistemu za telemerenje koji se koristi. Tako jedan FM/FM sistem koji se mnogo upotrebljava raspolaže sa trideset i tri kanala za podatke. Međutim, jedan, dva ili tri od ovih kanala koriste se za sinhronizovanje preklopnika u prijemniku sa preklopom u predajniku, tako da se podaci mogu razlikovati na osnovu redosleda kojim su mereni.

Neke vrste obaveštenja koje se mogu telemjeriti tokom ispitivanja projektila su:

1. Karakteristike prigušivanja motora,
2. broj obrtaja motora (neprekidnim telemerenjem),
3. temperature okolne sredine (komutirani podaci),
4. temperatura na ulazu u kompresor,
5. temperatura u mlazniku,
6. temperatura konstrukcije,
7. visina,
8. brzina vazduha (mala),
9. brzina vazduha (velika),
10. indukovani pritisak vazduha (ukupni),
11. indukovani pritisak vazduha (statički),
12. pritisak u mlazniku (ukupni),
13. pritisak u mlazniku (statički),
14. statički pritisak u dovodima goriva,
15. pritisak goriva u spremnicima,
16. brzina protoka goriva,
17. naponi napajanja strujom,
18. hidraulički pritisak,
19. brzina u odnosu na tle,
20. napon generatora,
21. ulazni signal brzine vazduha,
22. ugao skretanja (komutirani podaci),
23. ugao propinjanja (neprekidnim telemerenjem),
24. ugao nagiba (neprekidnim telemerenjem),
25. položaj komandnih površina projektila,
26. naponi automatske regulacije pojačavanja,

27. armiranje upaljača,
28. relei za upravljanje preko radija,
29. signali završnog obrušavanja i
30. relei za brzinu vazduha i visinu.

Neki od gornjih podataka srazmerno su nevažni i izostavljaju se iz programa telemerenja. Ali se još uvek smatra da je oko trideset vrsta podataka od bitne važnosti, te se oni zadržavaju u programu naučnih istraživanja. S vremenom na vreme, dodaju se ovim podacima nove vrste podataka dobijene od novijih konstrukcija projektila.

Obaveštenja koja treba telemjeriti predaju se FM/FM predajniku u obliku napona jednosmerne struje s promenljivom amplitudom, srazmernom promeni veličine koja se telemjeri. Ovaj napon dobija se prolaskom signala kroz pretvarač, ukoliko signal potiče iz izvora naizmenične struje. Ako je, međutim, signal dat jednosmernom strujom, napon se može direktno dovesti sa mernog pretvarača.

Neki merni pretvarači koji se primenjuju u FM/FM sistemima i obaveštenja koja oni daju jesu:

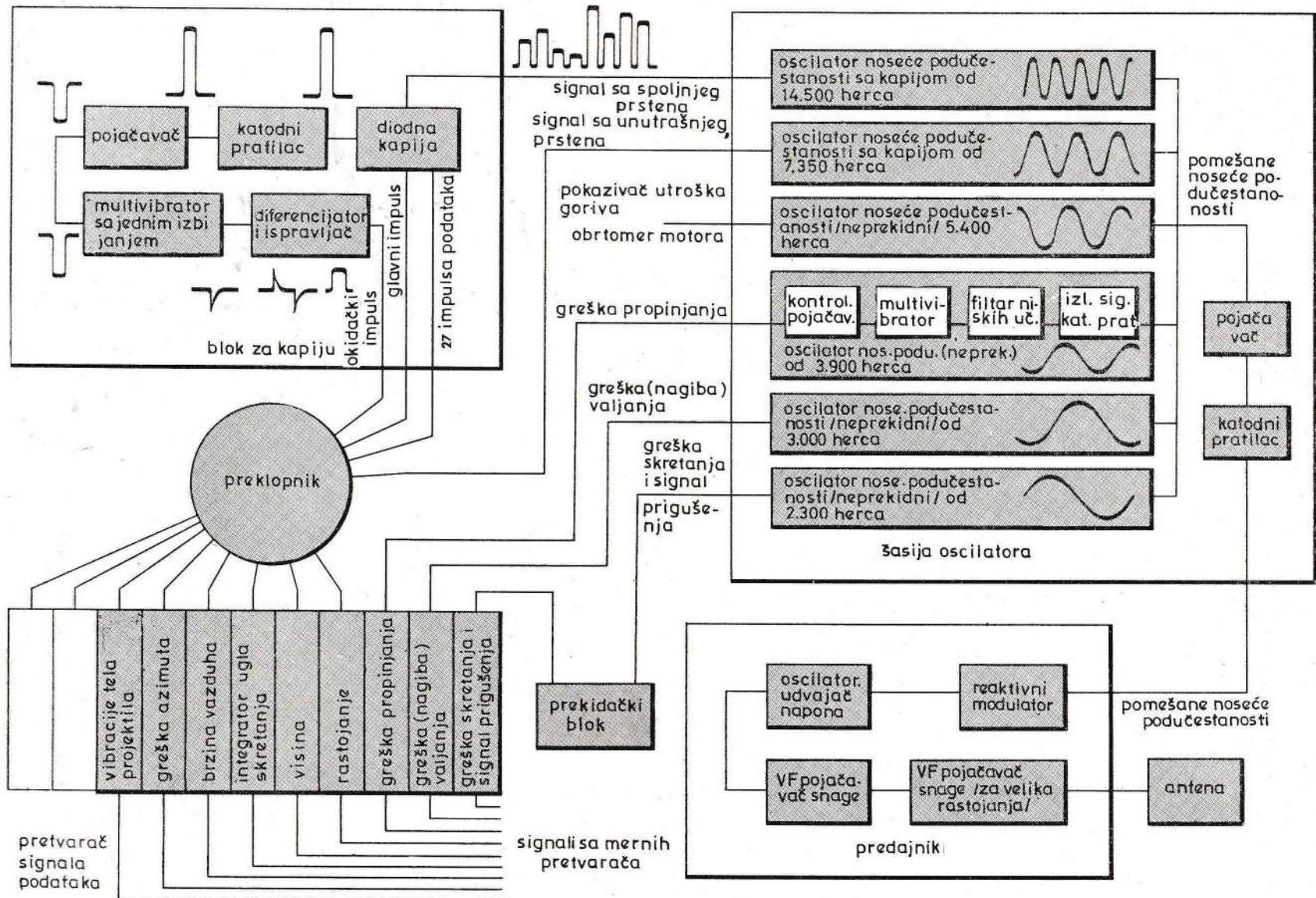
1. Potenciometri — položaj komandnih površina;
2. selsini — ugao nagiba;
3. obrtomeri — broj obrtaja motora;
4. termospregovi — temperature u mlazniku;
5. Burdonove cevi — brzinu vazduha i
6. direktna veza — signal završnog obrušavanja.

Sistemi za telemerenje vrsta FM/FM koriste se frekventno modulisanim VF nosećom učestanosti koja je modulisana nizom frekventno modulisanih nosećih podučestanosti. Ove noseće podučestanosti mogu biti neprekidno modulisane promenama u obaveštenjima ili komutiranjem (biranjem) obaveštenja, odnosno kombinovanjem ovih načina.

U opštem slučaju, obaveštenja prikupljena pomoću ma koje od tri postojeće vrste mernih pretvarača (potenciometra, merne trake, promenljivog reaktivnog otpora) koriste se frekventno modulisane VF noseće učestanosti predajnika koji obično radi u opsegu 215 — 230 megaherca.

Predajnik sa nominalnom izlaznom snagom od tri vata može direktno da napaja antenu, ili se može upotrebiti za pogon jednog pomoćnog VF pojačavača koji povećava izlaznu snagu na nominalnu vrednost od 30 vati.

Oprema služi za sve primene koje se žele, sve dok je njena upotreba u saglasnosti sa konstrukcijom uređaja. Tako, na primer, merni pretvarači sve tri postojeće vrste mogu se primeniti za frekventno modulisanje nosećih po-



Sl. 584 — Shema rada jednog FM/FM sistema za telemeterenje

dućestanosti, i to neprekidno u slučaju promenljivih obaveštenja. Ovo omogućuje da se obavlja telemerenje obaveštenja sa po jednog mernog pretvarača po svakoj nosećoj podućestanosti. Tako isto, niz nosećih podućestanosti može se modulisati korišćenjem neprekidnog priliva obaveštenja sa mernih pretvarača ma koje od tri vrste, dok jednu ili nekoliko viših nosećih podućestanosti moduliše čak i do 27 dopunskih komutiranih ulaznih naponskih podataka (budući da se svaki od njih polako menja), bilo preko potenciometara, ili mernih pretvarača u vidu mernih traka.

Razmotrimo sada tipični raketni FM/FM sistem za telemerenje. Na slici 584 prikazana je blok-shema rada jednog takvog sistema. Izlaganje se, istina, odnosi na jedan određeni sistem, ali se može primeniti i na druge FM/FM sisteme za telemerenje projektila.

Ova oprema za telemerenje konstruisana je tako da može da izdrži ubrzanja od 10 g u pravcu sve tri ose projektila i da radi pri temperaturama od -10°C do $+75^{\circ}\text{C}$, u relativnoj vlažnosti do 95% i pod pritiskom vazduha kakav postoji do visine od oko 18.000 metara.

Sistem FM/FM za telemerenje opisan ovde konstruisan je za prenošenje podataka pomoću šest nosećih podućestanosti. Šesti kanal (kanal najveće učestanosti) obično se komutira brzinom od pet uzimanja podataka u sekundi od svih 27 davača greški koji mere podatke. Treba zapamtiti da se komutirani davači greške upotrebljavaju samo tamo gde se očekuje da se obaveštenja menjaju vrlo malom brzinom.

Kanali se modulišu neprekidno kada se očekuje da će se podaci menjati brže, ili kada se traži visoki stepen razdvajanja podataka. Sistemi koji se služe većim brzinama komutacije primenjuju se tamo gde se želi postići komutiranje obaveštenja koja se menjaju brže nego jednom u sekundi.

Sistem o kojem je reč obuhvata sledeće delove:

1. Blok oscilatora noseće podućestanosti,
2. izvor napajanja,
3. pokazivač utroška goriva i obrtomer motora,
4. signalni generator obrtomera,
5. obrtomer, merač male/velike brzine vazduha, pokazivač utroška smeše,
6. češljasti kalibr,
7. termospregove za temperaturu u mlazniku i pojačavač,
8. blok pretvarača signala,
9. oscilatore noseće podućestanosti kontrolisane naponom,

10. blok oscilatora noseće podućestanosti,
11. blok motor-generatorskog preklopnika za kapiju,
12. predajnik,
13. blok oscilatora visoke učestanosti,
14. VF pojačavač snage,
15. motor-generator (dinamo-motor),
16. prekidački blok (završno obrušavanje) i
17. antenu.

(Redosled nabranja ne podudara se sa redosledom signala.)

Podaci od davača greške mogu se neposredno dovesti do oscilatora noseće podućestanosti kontrolisanog naponom, ili mogu da prolaze kroz jedan ili kroz više drugih sastavnih delova pre no što se uvedu u oscilator noseće podućestanosti kontrolisan naponom.

Kasnije ćemo dati iscrpnije podatke o ovim delovima i njihovom radu.

BLOK OSCILATORA NOSEĆE PODUĆESTANOSTI

Blok oscilatora noseće podućestanosti, prikazan na slici 584, sastavljen je od šest oscilatora kontrolisanih naponom. Osnovne učestanosti, kao što je prikazano na shemama, jesu 2, 3; 3; 3,9; 5,4; 7,35 i 14,5 kHz. Učestanosti od 7,35 i 14,5 kHz predstavljaju kanale sa kapijom; preostala četiri kanala služe za neprekidnu predaju (emisiju).

Sestokanalni izlaz modulatora — oscilatora spregnut je sa pobuđivačem — predajnikom koji upravlja poslednjim VF pojačavačem. Izlazna snaga pojačavača ima približno 30 vati na osnovnoj učestanosti, u opsegu 215 — 230 megaherca.

Na svakom projektilu ima oko 50 tačaka za telemerenje podataka koje bi se mogle koristiti. Međutim, prosečni broj obaveštenja koja se telemere sa jednog projektila iznosi samo 30 ulaznih signala po jednom sistemu.

U ovakovom FM/FM sistemu signali podataka sa amplitudom od 0 do $+5,3$ volti neposredno su spregnuti sa blokom motor — generatorskog preklopnika za kapiju, ili sa modulatorom — oscilatorom. Podaci za koje se očekuje da će se sporo menjati spregnuti su sa blokom za kapiju. Signali naizmenične struje, primani od komandi projektila, i uređaja za njegovo vođenje, spregnuti su preko devet kanala signalnog pretvarača — da bi se pretvarali u signale jednosmerne struje od 0 do $+5,3$ volta, koji su linearni u odnosu na fazne karakteristike ulaznog signala naizmenične struje.

Glavni delovi telemetra smešteni su u jednom odseku na projektilu. Merni pretvarači, pak, postavljeni su na različitim mestima, na kojima treba da se uzimaju podaci za telemerenje.

Snaga potrebna za rad opreme za telemerenje uzima se iz kabla generatora jednosmerne struje od 28 volti i kabla pretvarača naizmenične struje od 115 volti i 400 herca. Jedna baterija od 5,3 volta koristi se za davanje referentnog napona mernim pretvaračima, a baterija od 24 volta upotrebljava se za telemerenje veličina napona generatora jednosmerne struje od 28 volti.

IZVOR NAPAJANJA

Osnovni zadatak izvora napajanja sastoji se u tome da osmokanalском и једноканалском блоку сигналног pretvarača, pretvaračком блоку и блоку појачаваča sa termospregrom obezbedi regulisane anodne napone sa amplitudom od 150 volti. Izvor napajanja daje ovim blokovima izlazni napon od 6,3 volta naizmenične struje, jačine 8 ampera. Naizmenična struja koristi se za grejanje elektronskih cevi. Priložena shema izvora napajanja na slici 585 prikazuje mnoge izlaze, kao i druga strujna kola sadržana u ovom bloku.

U izvoru napajanja takođe su sadržani prekidači relei za završno obrušavanje, češljasti kalibar, ispravljač za napajanje telemetra projektila sa referentnim naponom od 115 volti i 400 herca, kao i prekidački blok pokazivača utroška goriva i obrtomera motora — iako, u stvari, nemaju funkciju napajanja.

Ulagani napon od 115 volti i 400 herca vezan je za primarni namotaj jednog transformatora. Sekundarni izlazni naponi transformatora su od 6,3 volta naizmenične struje, a imaju jačinu od 8 ampera za grejanje cevi i od 625 volti i 70 miliampera za anodno napajanje sa uzemljenom sredinom namotaja. Izlazni napon od 312 volti sa svake polovine sekundarnog namotaja sa uzemljenom sredinom spregnut je sa dvostranim ispravljačem koji koristi cev 6 X 5. Kadodni izlazni napon jednosmerne struje spregnut je, zatim, sa kondenzatorskim ulaznim filtrom tzv. pi-tipa, koji se sastoji od dva kondenzatora po $1 \mu F$ i jedne prigušnice s induktivnošću od 8 henrika, 0,1 ampera. Napon se, zatim, smanjuje i reguliše na + 150 volti, 24 miliampera i + 150 volti 12 miliampera izlaznog napona, pomoću dva otpornika od po 3500 oma, 10 vati i dve cevi za stabilizovanje napona OA2 sa hladnom katodom.

BLOK PREKIDAČA POKAZIVAČA UTROŠKA GORIVA I OBRTOMERA MOTORA

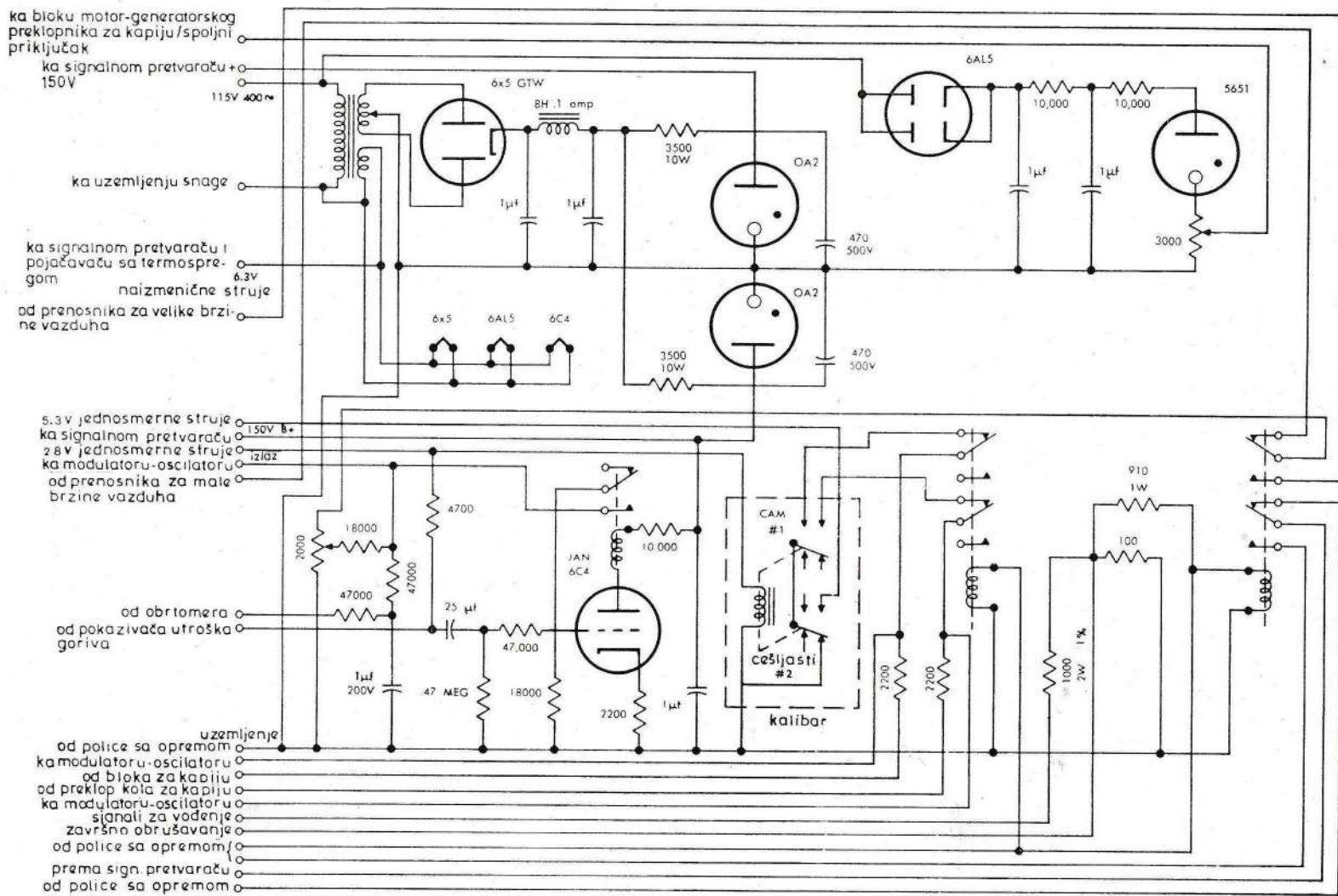
Izlazni naponi naizmenične struje obrtomera i prenosnika za malu ili veliku brzinu vazduha spregnuti su sa modulatorskim strujnim kolom od 5,4 kiloherca za mešanje kanala. U seriju sa izlaznim naponom ovog kanala i zemljom vezan je jedan osetljivi rele i prekidački blok SPDT. Ovaj rele, prikazan na shemi slika 586, pokreće se propuštanjem struje kroz jednu impulsnu cev 6C4. Ova impulsna cev u normalnom slučaju nije provodnik i rele se obično nalazi u otvorenom položaju.

Rešetka impulsne cevi vezana je za pokazivač utroška goriva preko jednog kondenzatora od $0,25 \mu F$ i otpornika od $47 K\Omega$. Jedan otpornik od $470 K$, vezan za mesto spoja kondenzatora od $0,25 \mu F$ i otpornika od $47 K$, služi za prenos prednapona sa katodnog otpora cevi. Pozitivni napon dovodi se na pozitivni kraj kondenzatora od $0,25 \mu F$ za sprezanje.

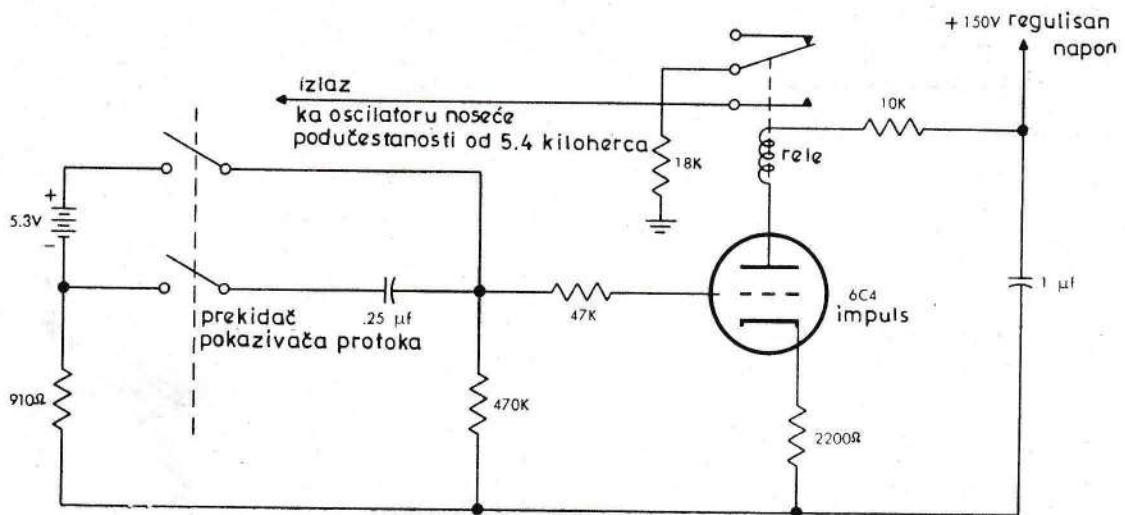
Pokazivač utroška goriva predstavlja prekidački blok za merenje protoka goriva, koji zatvara prekidač svaki put kada kroz uređaj prođe 4,54 litra goriva. Primjenjen na ovaj način, on vezuje sa zemljom pozitivni napon na pozitivnoj strani kondenzatora za sprezanje od $0,25 \mu F$ (nasuprot rešetki), preko jednog otpornika od $910 \text{ om} \text{ i } 1 \text{ vata}$, prouzrokujući na taj način proticanje struje kroz odvodni otpornik od $470 K$ od zemlje i razvijajući pozitivni napon na rešetki impulsne cevi. Cev 6C4 sada postaje provodnik, izazivajući zatvaranje relea, koji je povezan u seriju u anodnom strujnom kolu. Ova akcija smanjuje izlazni napon jednosmerne struje modulatorskog oscilatorskog kanala od 5,4 kiloherca, za približno 0,12 sekundi, određenom vremenskom konstantom RC kondenzatora za sprezanje, sa kapacitetom C od $0,25 \mu F$, odvodnog otpornika R od $470 K$.

Pri očitavanju obaveštenja zabeleženog na prijemnom uređaju za telemerenje, svako prekidanje u izlaznom naponu kanala od 5,4 kiloherca označava prolazak po 4,54 litara goriva kroz pokazivač utroška goriva.

Prekidački rele za malu i veliku brzinu vazduha pokreće se signalom jednosmerne struje s naponom od 28 volti na komandu koja nastaje u tački prelaska rakete u obrušavanje. Pre prelaska u obrušavanje, telemerni podaci dobijaju se pomoću jednog prenosnika baždarenog za najveću brzinu vazduha od 725 km/h . Za vreme završnog obrušavanja brzina vazduha raste, stoga je potrebno ukopčati prenosnik baždarne za veće brzine. Izlazni napon izabranih prenosnika je spregnut sa modulatorskim



Sl. 585 — Izvor napajanja FM/FM sistema za telemeterenje



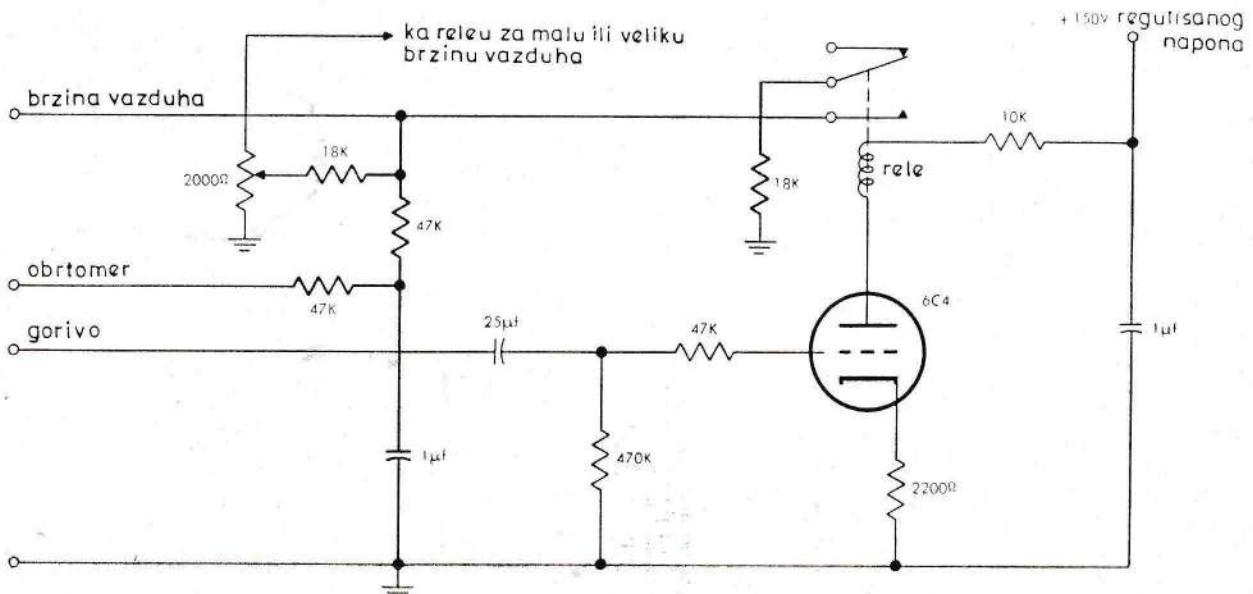
Sl. 586 — Prekidačko strujno kolo pokazivača utroška goriva

strujnim kolom od 5,4 kiloherca za mešanje kanala.

Druga funkcija prekidačkog releja za brzinu vazduha sastoji se u prekopćavanju strujnog kola, koje služi za telemerenje signala greške azimuta u tački prelaska projektila u obrušavanje, od prenosnika na signal merača ubrzanja, radi telemerenja podataka za vreme završnog obračunavanja. Izlazni napon sa prekidačkog releja za ovo obaveštenje direktno je spregnut sa jednim od 8 kanala bloka signalnog pretvarača.

SIGNALNI GENERATOR OBRTOMERA

Izlazni napon naizmenične struje generatora obrtomera pokretnog motora menja se po amplitudi i učestanosti od 17 volti, 30 herca (mali broj obrtaja motora) od 30 volti, 70 herca (veliki broj obrtaja motora). Izlazni napon i učestanost linearni su u odnosu na broj obrtaja motora. Ovaj izlazni napon spregnut je sa izlaznim naponom modulatorskog strujnog kola od 5,4 kiloherca za mešanje kanala.



Sl. 587 — Strujno kolo za sabijanje signala obrtomera, merača male/velike brzine vazduha i pokazivača utroška goriva (debela linija)

Kolo za mešanje prikazano na slici 587 po-dešeno je za superponiranje izlaznih impulsa obrtomera i pokazivača utroška goriva na signal male i velike brzine vazduha modulatorskog kanala od 4,5 kiloherca. Kolo za mešanje je otpornička mreža koja se sastoji od četiri otpornika i jednog kondenzatora. Jedan otpornik od 47 K i jedan kondenzator od $1 \mu\text{F}$ upotreb-ljeni su za obrtomer kao izlazni RC filter-pri-gušivač tzv. L-tipa. Izlazni napon ovog filtra-prigušivača propušta se kroz otpornik od 47 K paralelno sa dve grane mreže za mešanje.

Signali za malu i veliku brzinu vazduha i pokazivač utroška goriva propuštaju se kroz otpornike od 18 K. To omogućuje superponi-ranje izlaznog napona sinusoidalnog oblika ta-lasa sa obrtomerom i impulsnog izlaznog napona sa merača utroška goriva na izlazni napon jed-nosmerne struje dobijen sa merača male ili ve-like brzine vazduha.

ČEŠLJASTI KALIBAR

Strujno kolo češljastog kalibra, prikazano na shemi izvora napajanja (sl. 585) sastoji se od če-šlja pokretanog motorom. Taj češlaj stavlja u pogon dva mikroprekidača za naizmenično da-vanje petovoltnog i nulavoltnog signala da bi se izvršilo baždarenje tokom telemerenja u letu. Češljevi i prekidači motora podešeni su tako da se petovoljni i nulavoljni impuls daju naiz-menično svakih 38 ± 8 sekundi i traju $2 \pm 0,5$ sekundi. Motor sa češljevima na projektlu radi na primarnom naponu napajanja od 28 volti jednosmerne struje. Ovi prekidi vremenskog baždarenja pojavljuju se u izlazima modulator-skih kanala od 7,35 i 14,5 kiloherca.

Jedan rele se pokreće signalom sa komandi u tački prelaska projektila u obrušavanje, ukla-njajući na taj način češljasti kalibr iz strujnog kola.

TERMOSPREGOVI ZA MERENJE TEMPERATURE U MLAZNIKU I POJAČAVAČ

Svrha termosprega za temperaturu u mlaz-niku sastoji se u tome da za telemerenja pred-stavi u obliku izlaznih napona temperaturu u mlazniku, nastalu usled izlaznih gasova mlaz-nog motora.

Termospreg je smešten na zadnjem delu pro-jektila. On je vezan za konzolu koja omogućuje uređaju da bude isturen u mlaz ulaznih gasova na izlazu iz mlaznika motora. Ovaj blok sas-toji se od tri termosprega, postavljena u stepe-nasti niz radi toga da bi beležili temperature gasova u središtu mlaza, na pola puta od sre-

dišta do zida i uz zid mlaznika. Tri termosprega koji sačinjavaju ovu grupu vezana su u seriju i njihov izlazni napon vezuje se u seriju sa na-ponom iz četiri termosprega koji se nalaze u prostoru s poznatom temperaturom. Ova četiri termosprega takođe su povezana u seriju i služe za dobijanje referentnog napona i za stabiliza-ciju pokazivanja. Izlazni napon grupe u mlaz-niku, sabran s naponom četiri termistora u ter-mostatu, vodi se zatim na pojačavač sa sinhronim prekidačem.

Izlazni napon za pojačavač termosprega me-nja se od 45 do 85 milivolti, u zavisnosti od zračenja toplote izlaznog mlaza motora. Ovaj ulazni napon dolazi na sinhroni prekidač*) od 400 herca. Od sinhronog prekidača napon se do-vodi do tri pojačavačka stepena. Tada se po-jačani napon naizmenične struje od 400 herca transformatorski spreže sa diodnim ispravlja-čem. Izlazni napon jednosmerne struje sa is-pravljača ujednačava se i filtrira kroz filtarsko RC strujno kolo, podešava pomoću jednog potenciometra i direktno spreže sa preklopničkim blokom za kapiju. Pojačani izlazni napon, koji se tako podešava da se kreće između 0 i + 5,3 volta, od minimalnog do maksimalnog, linearno je srazmeran ulaznom naponu iz termosprega.

BLOK PRETVARAČA SIGNALA

Svrha signalnog pretvarača je da pretvara sinusnotalasne i kvadratnotalasne naponske signale u signale jednosmerne struje od 0 do 5 volti, koji zadržavaju linearnu zavisnost od faznih karakteristika korišćenih signala naiz-menične struje. Signali naizmenične struje, koji se dovode u signalne pretvarače, nastaju u ure-đajima za vođenje i upravljanje projektila.

Signali primljeni od komandi su po prirodi naizmenični, imaju 400 herca i predstavljaju sledeće podatke:

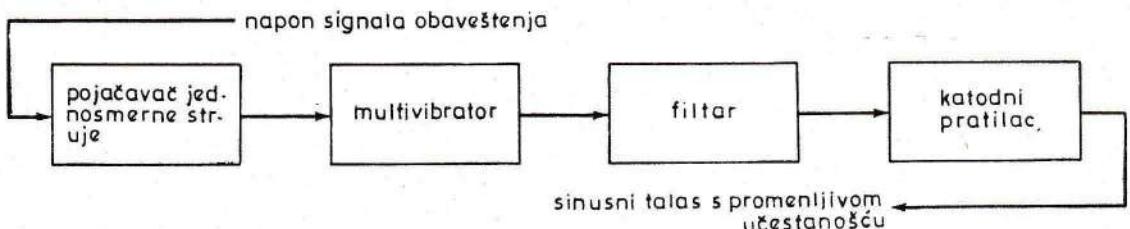
1. ugao skretanja,
2. ugao nagiba i
3. ugao propinjanja.

Signali primljeni od uređaja za vođenje su signali naizmenične struje od 400 herca i pred-stavljaju sledeće podatke:

1. brzinu vazduha i
2. grešku azimuta.

Signalni pretvarač sastoji se od devet odvo-jenih podjednakih kanala. Da bi se kolo pro-učilo i identifikovali sastavni delovi, kao primer se uzima kanal 1. On je predstavljen na slici 589.

*) Vibrator ili elektronski prekidač — pretvarač.



Sl. 588 — Blok oscilatora noseće podučestanosti

Ulagani signal naizmenične struje iz uređaja za vođenje ili upravljanje projektila spregnut je preko ulaznog strujnog kola za pojačavanje radi podešavanja nivoa ulaznog napona. Dva triodna pojačavača sa obrnutom povratnom spregom, svaki polovina dvojne triode 12AU7, obrazuju pojačavače. Njihov izlazni napon transformatorski je spregnut sa ispravljačkim strujnim kolom s dvojom triodom (6AL5). Izlazni napon jednosmerne struje sa katode ispravljačke cevi 6AL5 filtruje se i ujednačava pomoću jedne RC filterske mreže. Izlazni napon može se podešiti na unapred određeni nivo jednosmerne struje i za jedan određeni fazni ugao ulaznog signala.

OSCILATORI NOSEĆE PODUČESTANOSTI KONTROLISANI NAPONOM

Oscilatori noseće podučestanosti kontrolisani naponom jesu, u stvari, oscilatori osetljivi na napon. Njihova svrha, kako je prikazano na slici 588, jeste da primaju obaveštenje u obliku promenljivog napona i jednosmerne struje i da pretvaraju ovaj napon u sinusnotalasni napon naizmenične struje s promenljivom učestanostu. Promena učestanosti diktirana je naponom signala obaveštenja.

Drugim rečima, oscilatori su frekventno modulisani promenom napona jednosmerne struje sa potenciometarskih mernih pretvarača ili preklopničkih podataka sa preklopničkih blokova za kapiju. Pri tome nastaje odstupanje u učestanosti od $\pm 7,5\%$ (ili ukupno 15%) u odnosu na osnovnu učestanost oscilatora.

Na slici 590 prikazano je kako se ulazni napon obaveštenja dobija sa potenciometarskog mernog pretvarača. Ovaj napon se obično menja u granicama od 0 do +5 volti i dovodi se preko jednog potenciometra od 0,25 megaoma na rešetu triodne cevi »5637« za pojačavanje jednosmerne struje. Izlazni napon cevi za pojačavanje jednosmerne struje menja nivo jednosmerne struje na rešetkama dve triodne multivibratorske cevi 6K4, kao što je prikazano. Ovo iza-

ziva odstupanje učestanosti multivibratora za $\pm 7,5\%$ od osnovne učestanosti (normalne učestanosti pri praznom hodu), kada je ulazni napon od 0 do 5 volti.

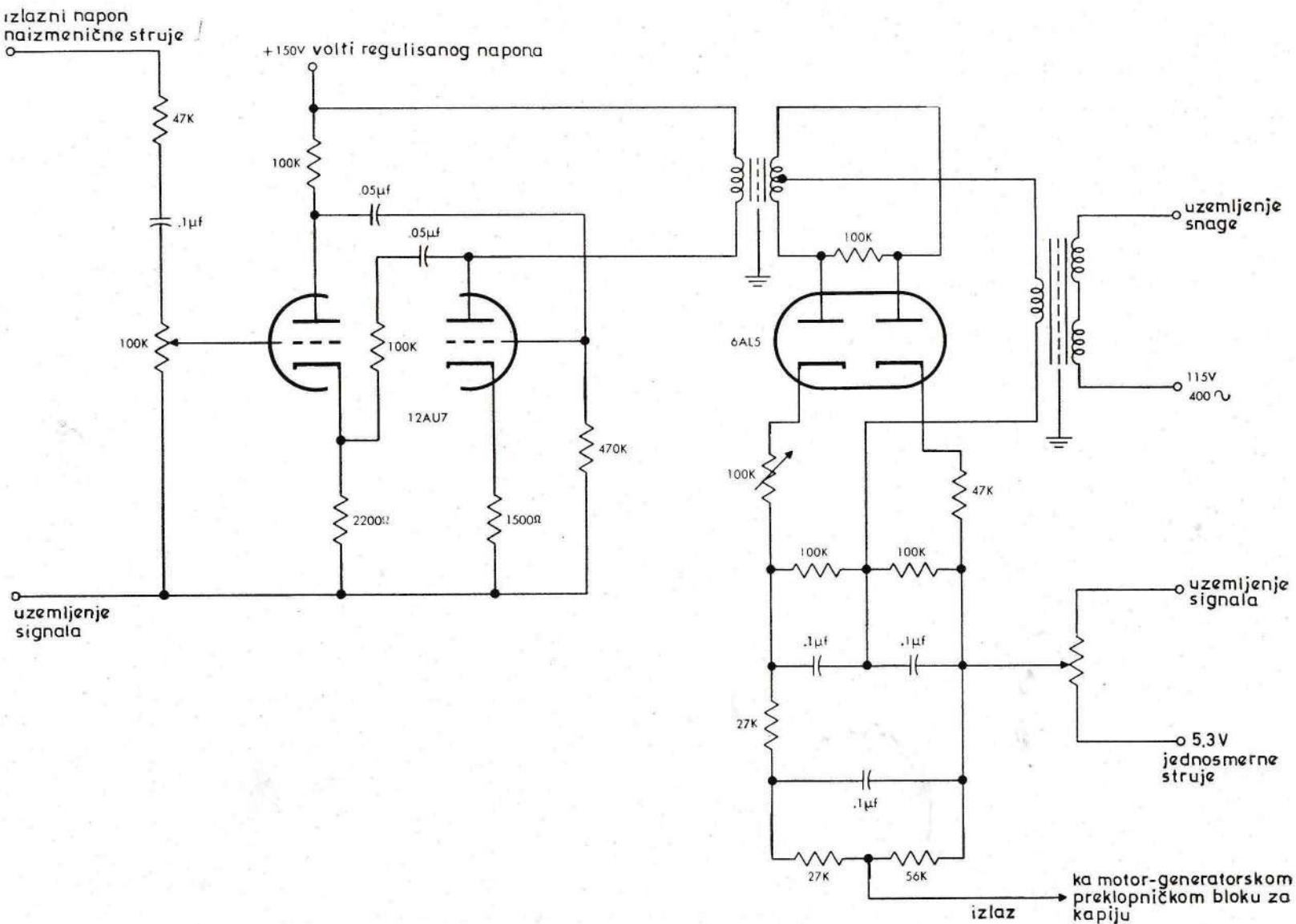
Kada se napon moduliše pomoću preklopničkih obaveštenja u obliku impulsa, primenjuju se obično kanali veće učestanosti, zahvaljujući čemu se i odgovori dobijaju učestanije. Pri impulsima od preklopničkih blokova za kapiju, koji se menjaju u opsegu od $-0,4$ do $+5,3$ volta, dobija se najveće odstupanje od $-7,5$ do $+7,5\%$ od osnovne učestanosti.

Kvadratnotalasni signal iz multivibratora prolazi kroz mrežu niskofrekventnog RC filtra kako bi se uklonili harmonici i da bi se proizveo sinusoidalni napon na njegovom izlazu sa manje od $0,6\%$ od ukupne harmonijske deformacije. Stepen sa katodnim pratiocem*) koji se koristi triodom 6K4, obezbeđuje izlazni napon male impedance.

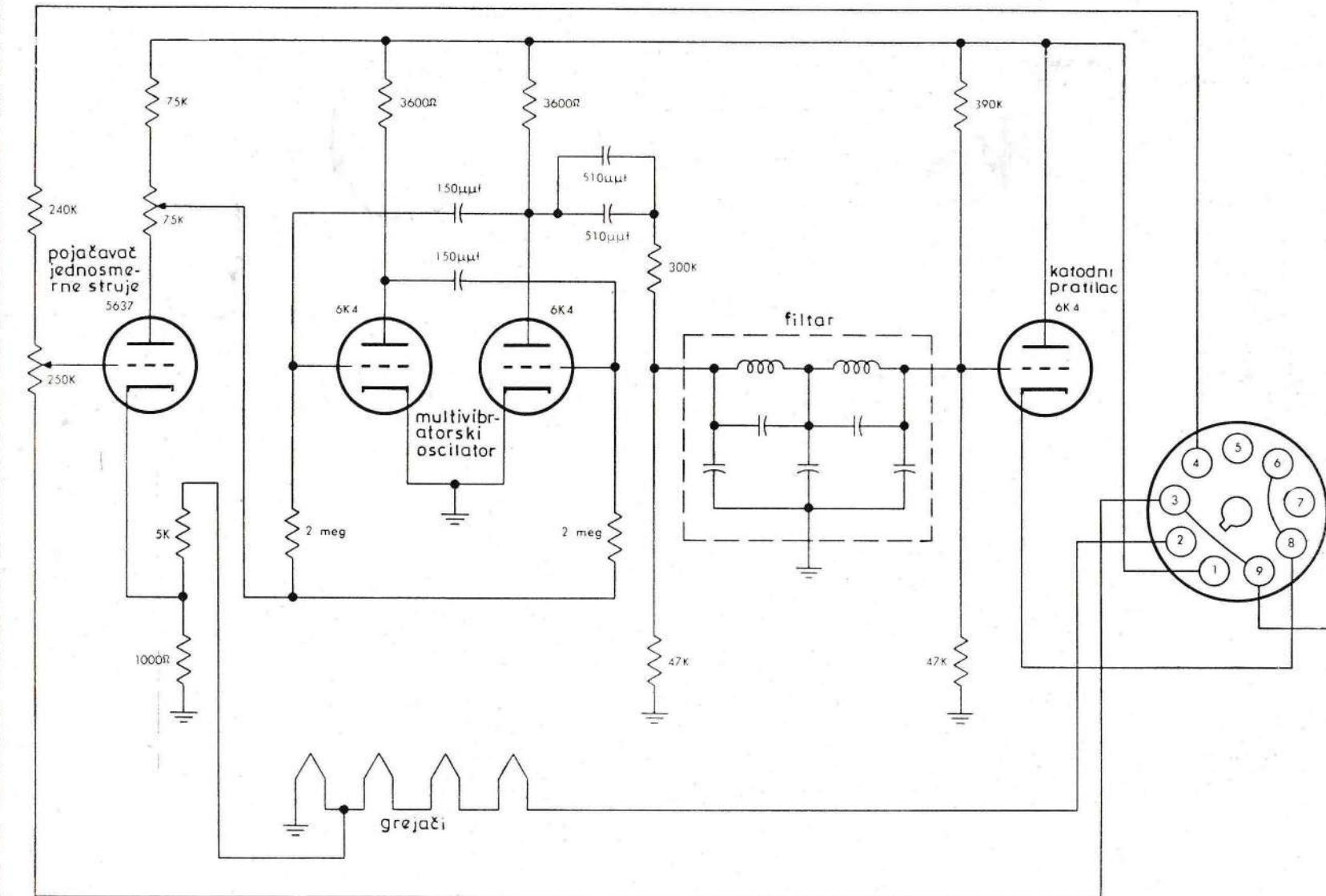
Ovi oscilatori koriste se mrežom za kompenzaciju promena napona grejanja cevi pomoću vlakna u katodnom strujnom kolu ulaznog napona jednosmerne struje pojačavačke triode »5637«. Ova shema ograničava odstupanje u osnovnoj učestanosti na mali postotak talasnog opsega u odnosu na osnovnu učestanost, čak i kada napon napajanja (grejanja) vlakna padne za punih 20% . Kompenzacija se postiže prolaskom katodne struje kroz kolo grejanja. Sa opadanjem napona grejanja opada i emisija elektrona sa katode, te se smanjuje i pad napona grejanja kroz katodne otpornike za automatski prednapon, što smanjuje potencijal katode. Kao rezultat ovoga, katoda postaje manje pozitivna u odnosu na rešetku, proizvodeći isti učinak kao da je rešetka postala više pozitivna u odnosu na katodu.

Ovaj izrazito pozitivni signal na rešetki održava anodni napon stalnim, bez obzira na promene u temperaturi katode, i smanjuje uticaj pada napona grejanja na koeficijent pojačavačke cevi.

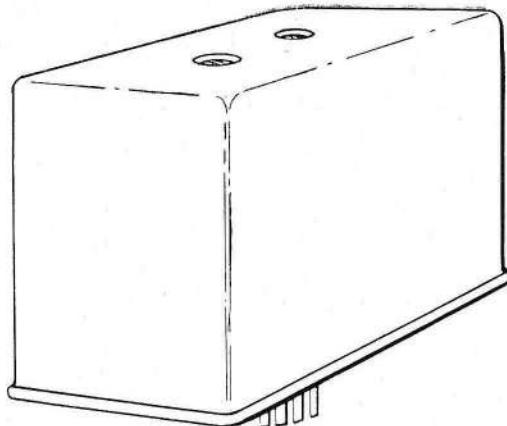
*) Katodni pojačavač. — Prim. red.



Sl. 589 — Kanal 1 signalnog pretvarača



Sl. 590 — Blok modulatora-oscilatora noseće podučestanosti (utikačke vrste)



Sl. 591 — Kutija oscilatora

Obični devetostruki utikač (sl. 591), postavljen u središte podnožja svake oklopljene oscilatorske kutije, omogućuje da se te kutije jednostavno utaknu u podnožja na šasiji oscilatora noseće podučestanosti. Na svakom oscilatoru nalaze se dva potenciometra. Oni se mogu podešavati sa gornje strane oklopljene kutije pomoću običnih odvrtki. Ova podešavanja potenciometara regulišu tačke odstupanja, ili opseg odstupanja učestanosti oscilatora.

Oscilatori noseće podučestanosti identični su po svojim kolima. Oni se razlikuju samo po tome kojim se vrednostima komponenata koriste da bi dobili željene kanale ili učestanosti.

U pokušajima da se poboljša do najvišeg stepena stabilnosti oscilatora noseće podučestanosti vršene su razne promene i modifikacije. Danas se najviše upotrebljava vrsta koja je ovde opisana. Posle preklopnika, oscilatori noseće podučestanosti su bili najkritičniji delovi sistema za telemerenje.

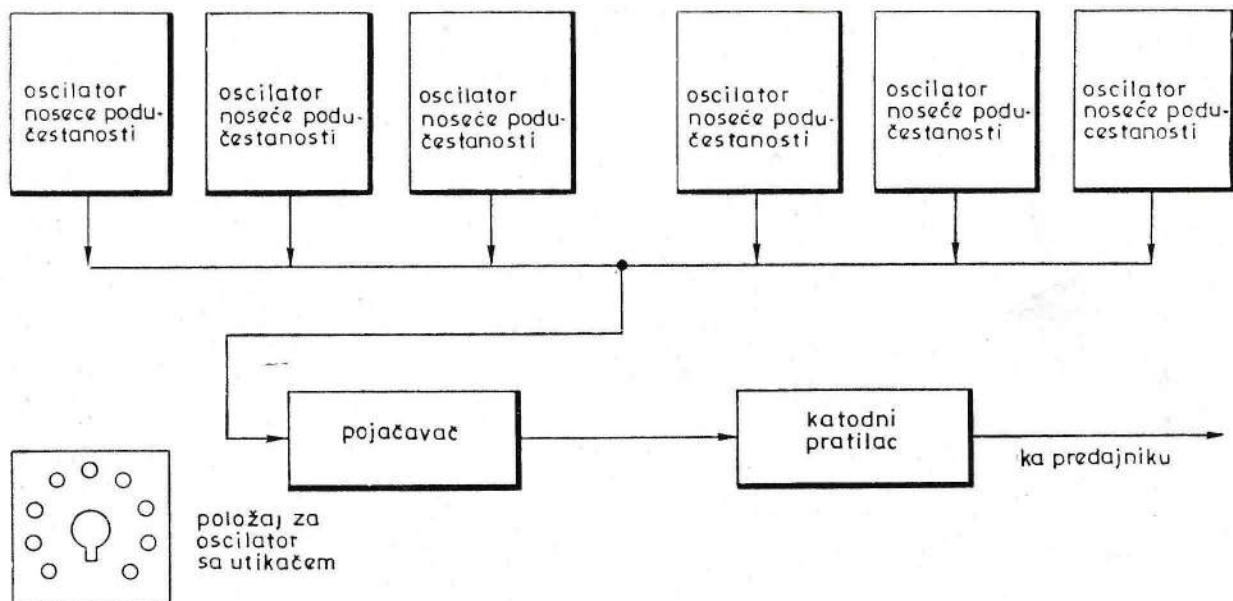
BLOK OSCILATORA NOSEĆE PODUČESTANOSTI

Blok-shema na slici 592 pokazuje oscilatore u sklopu bloka oscilatora noseće podučestanosti. Osim uloge šasije za postavljanje sastavnih delova, blok ima dve glavne funkcije: da snabdeva ulaznim naponom i obezbeđuje veze za šest oscilatora noseće podučestanosti, kao i da meša i pojavi frekventno modulisani izlazni napon oscilatora za frekventno modulisano VF predajniku. Na slici 593 prikazana je međuveza ovih oscilatora.

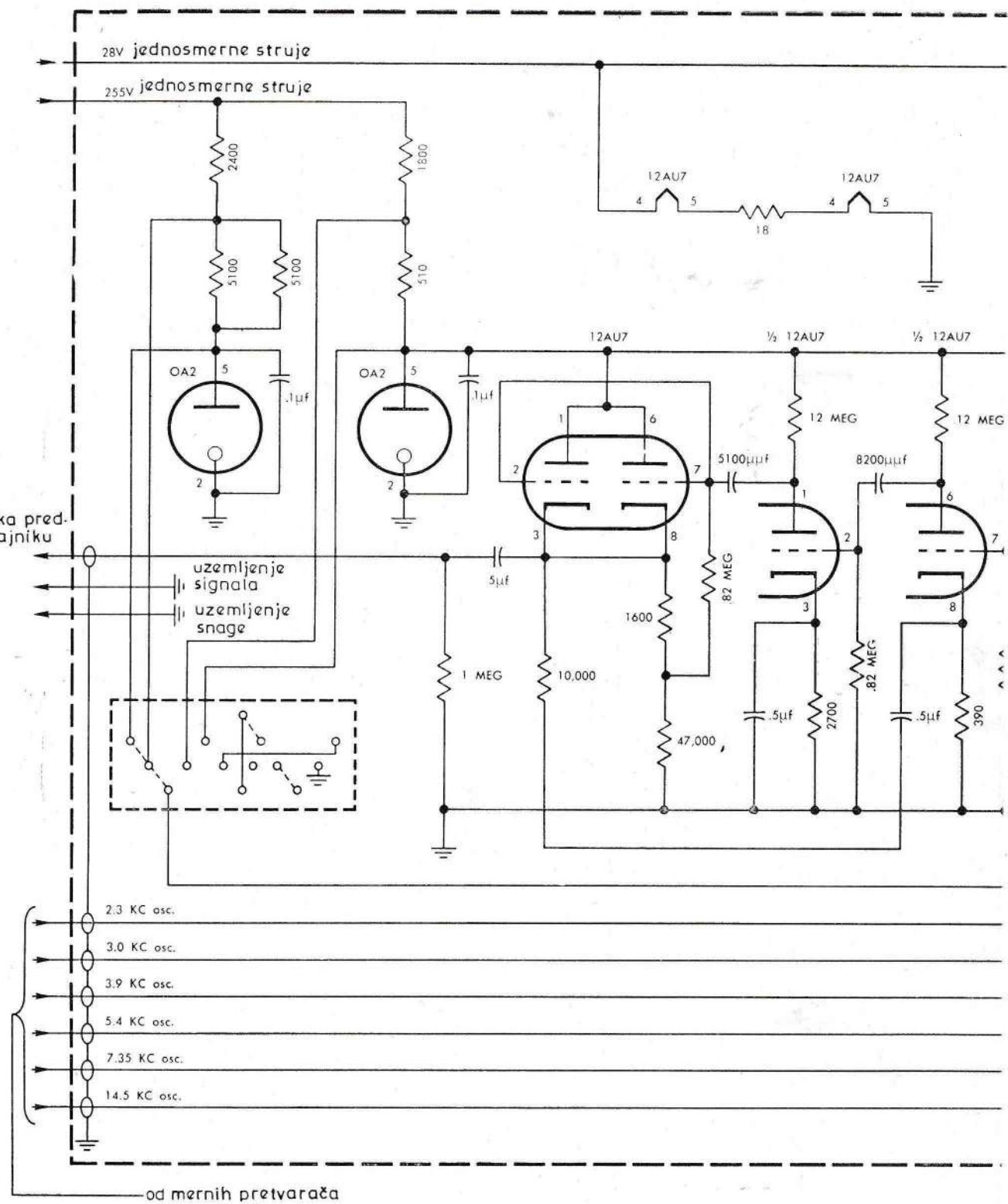
Blok ima bakelitne pločice za pričvršćivanje oscilatora i metalni poklopac koji pričvršćene oscilatore čini stabilnim, jer se tako smanjuju uticaji vibracija i ubrzanja.

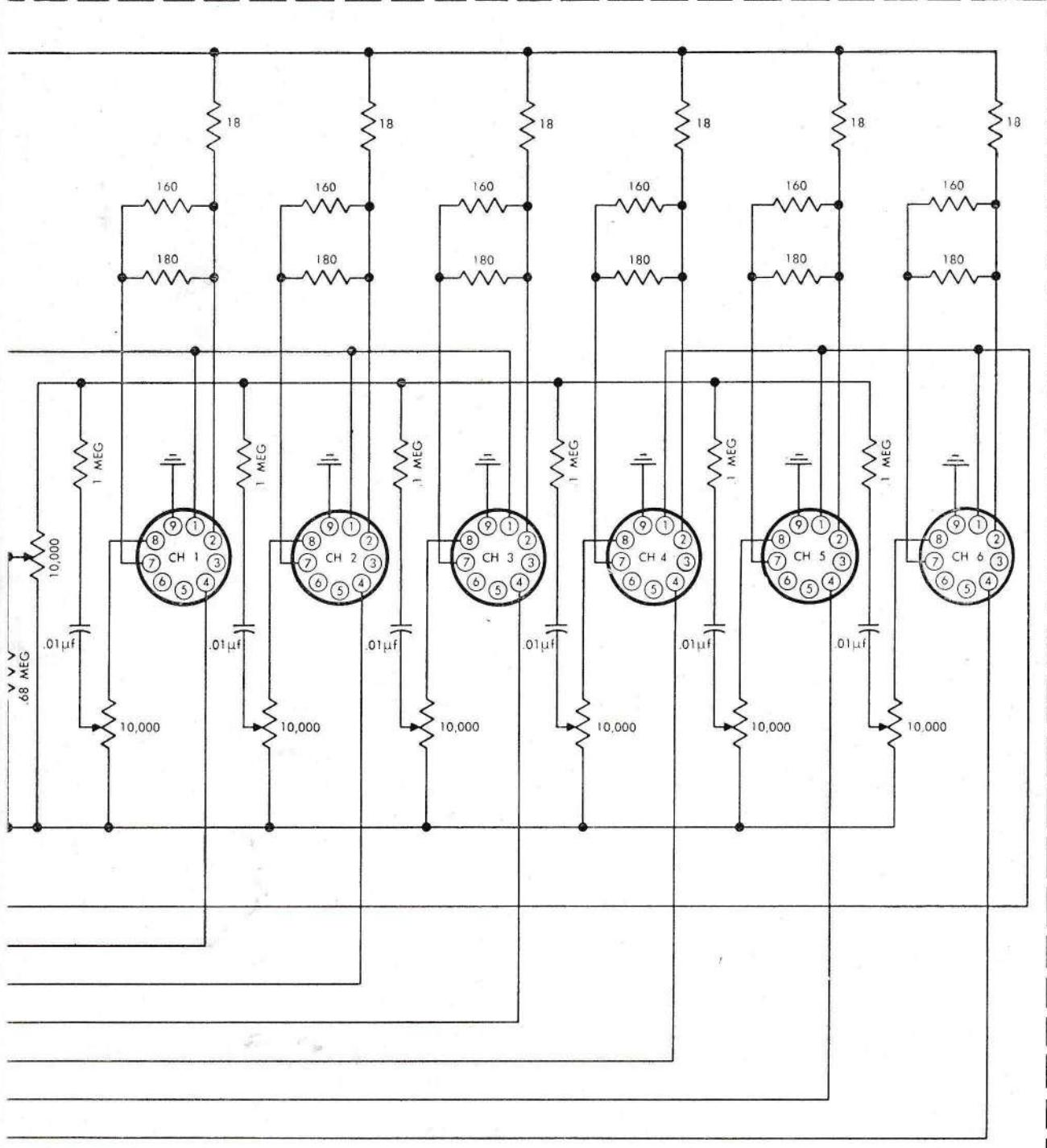
Na njemu se nalazi šest podnožja za devetostrukе utikače. Oscilatori se utiču u ova podnožja. Jedan spojni kabl na 4 utikača svakog podnožja vezuje svaki oscilator za njegov merni pretvarač ili davač greške za uzimanje podataka.

Kao što je već rečeno, signal obaveštenja sa davača greške moduliše učestanost oscilatora.



Sl. 592 — Blok-shema oscilatora noseće podučestanosti





blok modulatora

Sl. 593 — Električna shema bloka modulatora

Shema postavljanja bloka na šasiju prikazuje način na koji se izlazni signali sa utikača 8 svih oscilatora vode kroz pojedine izlazne potencijometre od po 10.000 oma. Potenciometri služe za podešavanje faze. Odatle, signal prolazi kroz RC mreže za razdvajanje do jednog potencijometra od 10.000 oma, na kojem se mešanjem dobija zajednički izlazni napon. Ovaj potencijometar za zajednički izlazni napon obavlja funkciju glavnog regulatora pojačanja za pojačavačke stepene bloka i služi kao kontrola odstupanja za VF predajnik.

Pomešani frekventno modulisani signali noseće podučestanosti pojačavaju se u dva pojačavačka stepena, koristeći se dvojnom triodom 12AU7. Izlazni stepen katodnog pratioca, koji se koristi cevi 12AU7 sa njena dva triodna dela vezana paralelno, daje izlazni napon sa niskom impedancijom za predajnik.

Negativna povratna sprega sa izlaznog stepena katodnog pratioca do prvog pojačavačkog stepena, preko otpornika od 10 K i jednog kondenzatora od $0,5 \mu\text{F}$, smanjuje harmonijsko izobličenje na manje od $0,5\%$.

Kriva frekventnog odgovora pojačavača skoro je ravna u granicama od 1 db, sve do učestanosti od 85 kiloherca.

Anodni napon za pojačavač i oscilator noseće podučestanosti dobija se iz izvora napajanja sa naponom +225 volti u obliku motor-generatorskog preklopnika za kapiju. Napon napajanja od +225 volti smanjuje se, uz pomoć jedne otporničke mreže, na +150 volti i zatim se reguliše pomoću dve cevi OA2 za regulisanje napona.

Napon za grejanje cevi dobija se iz linije jednosmerne struje napona 28 volti. Oscilatorska podnožja povezana su na takav način da se obezbeđuju naponi od 12,6 i 25,2 volta jednosmerne struje za različite vrste oscilatora — kontrolisanih naponom, za merne trake i promenljivi reaktivni otpor, već prema potrebi.

Za potenciometarske merne pretvarače potreban je i jedan napon od 5 volti. On se dobija iz spoljne baterije, ali ukoliko je to potrebno, može se dobiti i iz unutrašnjeg izvora na samom bloku.

BLOK MOTOR-GENERATORSKOG PREKLOPNIKA ZA KAPIJU

Blok motor-generatorskog preklopnika za kapiju, prikazan na slici 594, sastoji se od tri dela:

1. Motor-generatorskog dela koji daje anodni napon za sve blokove osim zadnjeg VF pojačavača u standardnom predajniku sa 32 kanala.

2. Preklopničkog dela koji proizvodi sinhronizujući glavni impuls i vrši okidanje impulsa za uređaj za kapiju. Isto tako, potrebno je da se napon od 5 volti prekopčava, zasebno i po određenom redosledu, na svaki od 27 davača greške. On sabira signal obaveštenja za svakog davača greške, da bi uređaj za kapiju napajao učestanošću od 5 predaja signala po svakom davaču greške u sekundi.

3. Blok za kapiju koji propušta prikupljene signale obaveštenja, elektronski im održavajući stalnu širinu. Ovi impulsi predaju se zatim integrirajućim kolima u prijemniku.

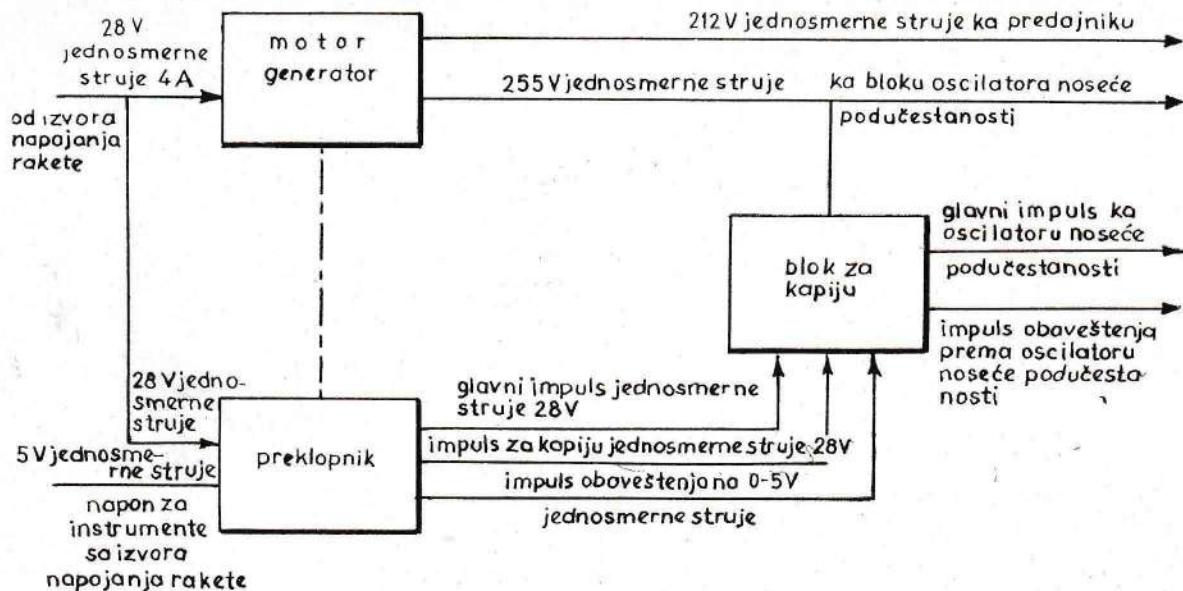
Motor-generator pretvara 4 ampera jednosmerne struje, s naponom 28 volti, u 235 miliampera jednosmerne struje napona 355 volti. U blok su uključena i dva filtra kao deo motor-generatorskog uređaja. Jedan je ulazni filter koji smanjuje uvedeni šum u liniji jednosmerne struje od 28 volti i sprečava pojavu ma kakvih VF šumova sa preklopnika ili četkica. Drugi filter smanjuje kolebanje napona u izlazu na manje od $0,5\%$.

Preklopnik je okrugla ploča koja se sastoji od šest koncentričnih prstenova napravljenih od srebra. Tri predstavljaju neprekidne prstenove, a druga tri sastavljena su od 60 posebnih okruglih kontakata. Svih šest prstenova je uliveno u ravnu ploču od mikaleksa 410 ili od nekog drugog pogodnog izolacionog materijala. Na slici 595 prikazan je preklopnik za telemerenje i njegovi unutrašnji kontakti i meduveze. Svaki neprekidni prsten i svaki zasebni kontakt završavaju se sa zadnje strane jednim izvodom za koji su zaledljene spoljne veze. Ploča je kruto vezana za telo motor-generadora, i postavljena u određeni položaj pomoću posebnog klina za nameštanje i proreza.

Rotor preklopnika se pomoću motor-generatorskog pokreće preko reduktorskog zupčanika. Motor raspolaže samopodmazujućim srebrno-grafitnim kontaktima, postavljenim na klizačkim ručicama od fosforne bronce, da bi bio obezbeđen dobar spoj i da bi se dobijali čisti signali. Signali vrlo niskog napona mogu biti prekopčavani pomoću preklopnika na sasvim zadovoljavajući način, pošto je preklopnik ove vrste skoro sasvim slobodan od šumova i malih napona usled topote i spojeva četkica.

Tri zasebna strujna kola, po jedno kroz svaki par prstenova, uključuju se istovremeno. Ovi prstenovi grupisani su kao unutrašnji, srednji i spoljni obodni kontakti u gornjoj shemi.

Positivni petovoltни napon instrumenata dovodi se iz unutrašnjeg prstena svakom od prekopčanih davača greške redom, u cilju prikupljanja podataka. Obaveštenja se uzimaju pet



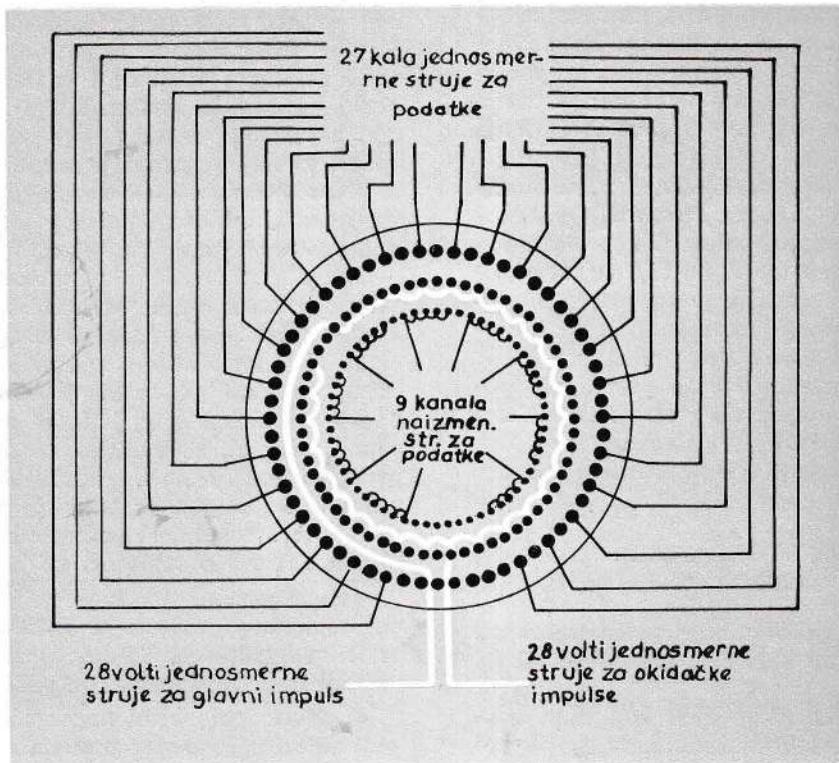
Sl. 594 — Blok motor-generatorskog preklopnika za kapiju

puta u sekundi od svakog davača greške i dovode se, preko spoljnog prstena, do kapije.

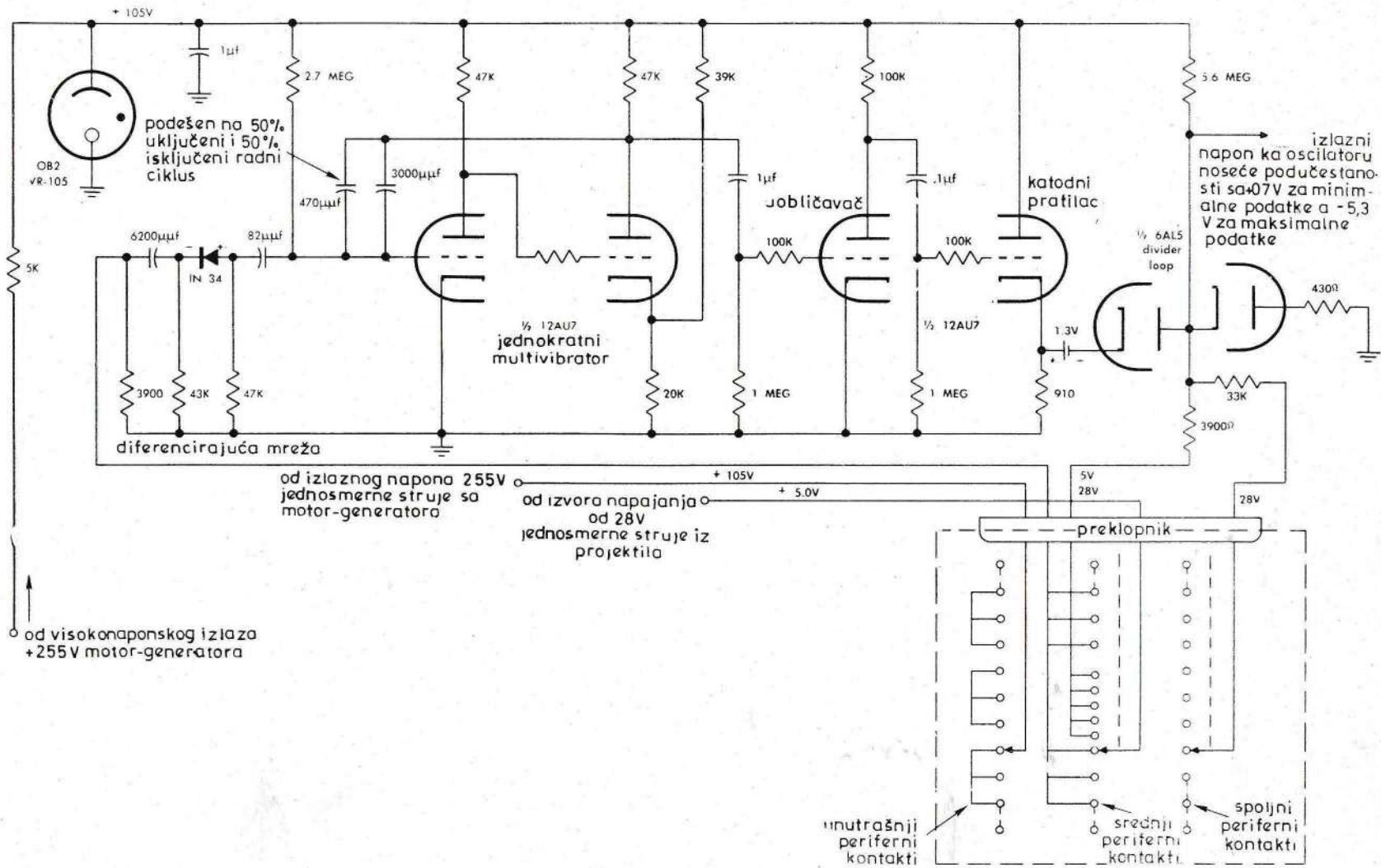
Glavni impuls, sa širinom od pet impulsa obaveštenja, dovodi se do bloka za kapiju sa srednjeg prstena. Ovo se čini jednom u svakom

obrtu preklopnika, radi sinhronizacije sa prijemnom stanicom.

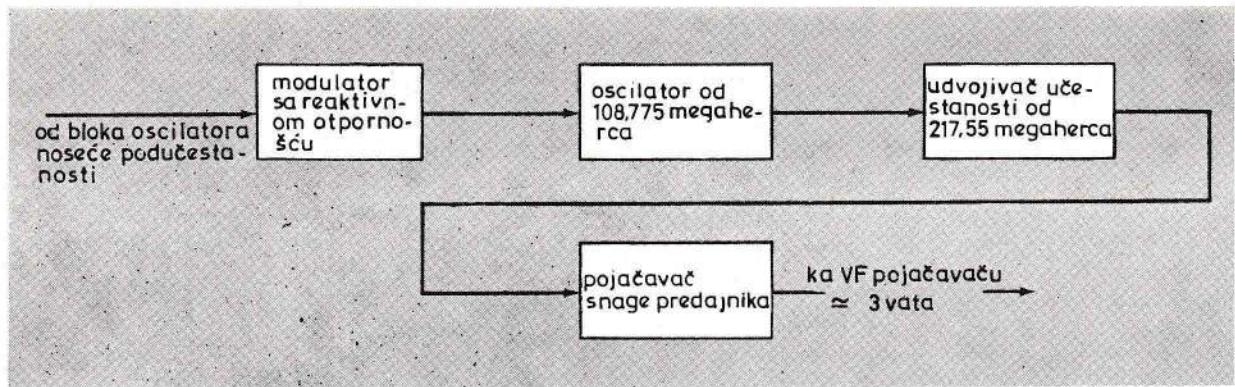
Da bi omogućili prolazak signala obaveštenja, okidački impulsi po jedan za svaki davač greške obaveštenja — daju se pomoću srednjeg



Sl. 595 — Preklopnik za telemeterenje



Sl. 596 — Blokovi za kapiju i preklopnik



Sl. 597 — *Predajnik*

prstena u cilju pravovremenog aktiviranja bloka za kapiju.

Prolazak ovih impulsa kroz deo sheme koji predstavlja blok za kapiju prikazan je na slici 596. Okidački impulsi diferenciraju se pri prolasku kroz otporničku i kondenzatorsku RC mrežu ispred kristala IN34. Ovaj ispravljač sa kristalnom diodom propušta samo negativne delove signala (vrhove). Ti negativni vrhovi koriste se za okidanje monostabilnog multivibratora koji upotrebljava dvostruku triodu 12 AU7.

Vreme za koje je multivibrator uključen određuje se pomoću RC mreže tako podešene u fabrički da je 50% vremena uključen a 50% vremena isključen pri 6000 obrtaja u minuti. Negativni impuls sa multivibratora dovodi se zatim kroz uobičićavački stepen (jedan deo dvojne triode 12AU7), da bi se impulsima dao kvadratni oblik. Odatle, signal ide na katodni pratilec (drugi deo cevi 12AU7) koji se redovno prekida negativnim impulsima sa uobičićavačkog stepena, i to na polovini perioda svakog ciklusa.

Kada je katodni pratilec isključen, slaba struja protiče kroz deliteljsku petlju koju obrazuju dve diode (dvojna dioda 6AL5) i dva otpornika (jedan od 430 omu a drugi od 910 omu). Ova petlja napaja se iz jedne baterije od 1,3 volti kao izvora napona.

Na mestu spoja između dioda, između impulsa, javlja se oko $-0,4$ volta napona. To je naponski nivo između impulsa koji se naziva referentnim nivoom.

Pošto diode za vreme provođenja pružaju nisku impedanciju u odnosu na zemlju, svako pozitivno obaveštenje koje se pojavljuje na mestu spoja dioda propušta se prema zemlji kroz jednu polovinu diode.

Kada katodni pratilec provodi usled pozitivnog impulsa kapije sa prethodnog stepena,

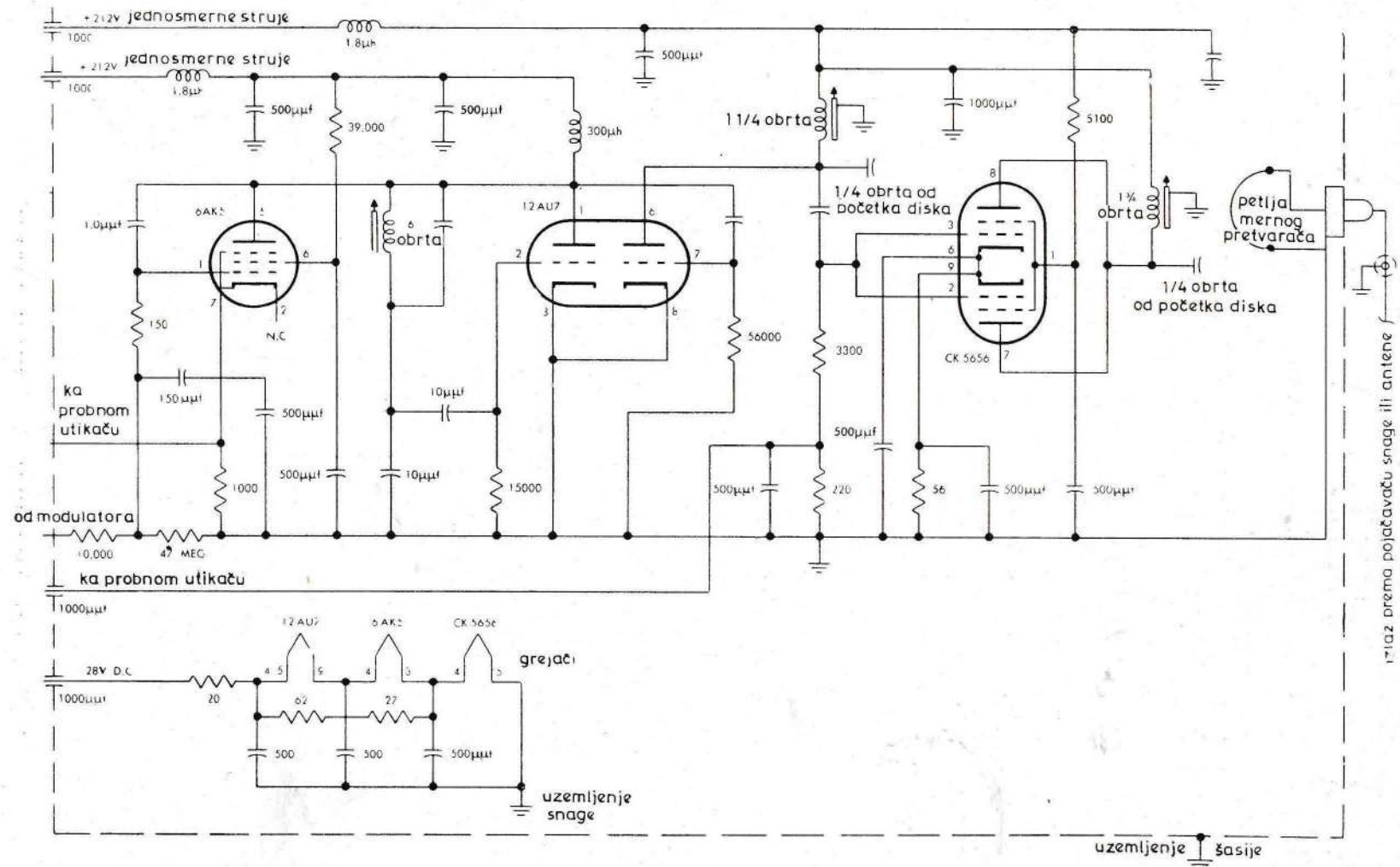
diode ne pružaju visoku impedanciju u odnosu na zemlju. Impulsi obaveštenja od 0 do $+50$ volti sa spoljnog prstena preklopnika, koji se javljaju na mestu spoja između dioda, propuštaju se prema oscilatoru noseće podučestanosti kontrolisanog naponom koji se napaja izlaznim naponom ovog bloka.

Minimalni napon obaveštenja, poznat takođe kao nivo nestajanja, pojavljuje se u tom slučaju na mestu spoja između dioda kao napon od $+0,7$ volti. Ovaj nivo javlja se kao napon od $+0,7$ volti zahvaljujući tome što anodni napon (105 V), kroz snižavajući otpornik od 5,6 megoma i otpornik od 33.000 omu, pada u odnosu na zemlju. Nivo iznosi približno 20% od ukupne visine impulsa. Nivo nestajanja potreban je radi sinhronizacije između predajnog i prijemnog uređaja, te služi kao osnovni signal preko kojeg se superponiraju impulsi podataka.

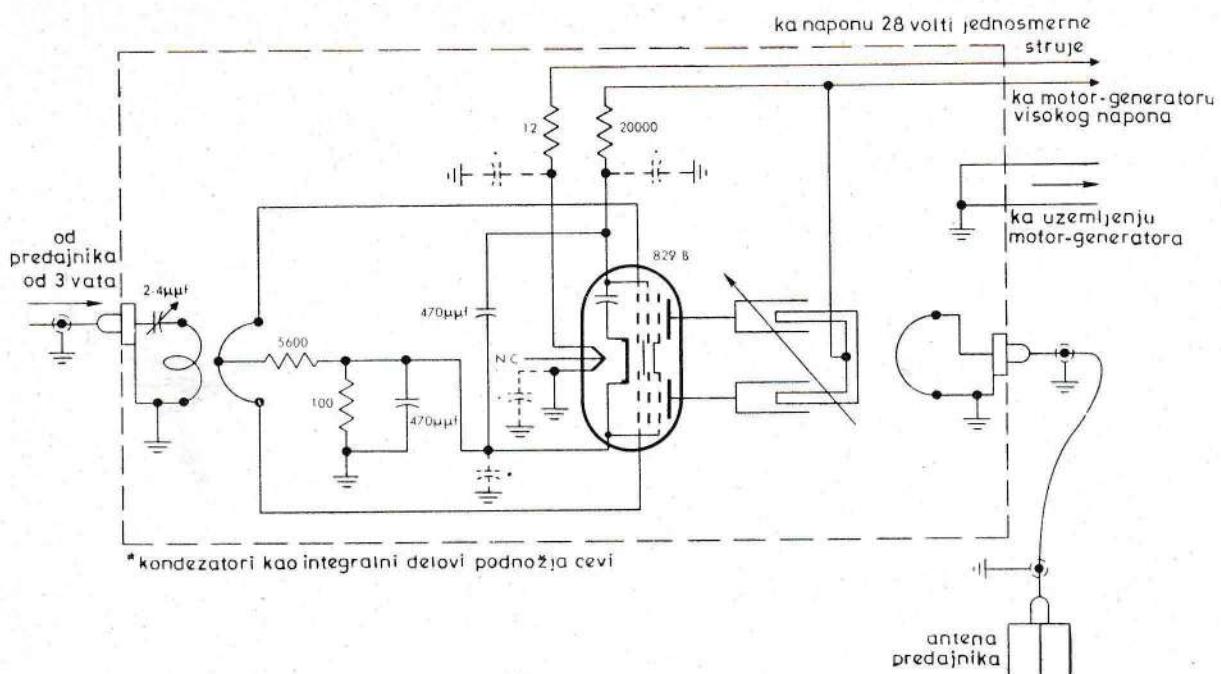
Željeni nivo maksimalnog obaveštenja javlja se u vidu napona od $+5,3$ volti na mestu spoja između dioda. Za ovo valja zahvaliti efektu koji su stvorili otpornici od 5,6 megaoma i 33.000 omu, ulazna impedanca od 490.000 omu, potekla od oscilatora noseće podučestanosti kontrolisanog naponom, anodni napon od 105 volti i od 5 volti sa davača greške dobijenog preko preklopnika. Konstrukcija podeonog sistema projektovana je tako da proizvodi ovaj željeni izlazni napon.

Dozvoljava se da samo središnji deo svakog signala obaveštenja prolazi kroz diode. Na taj način otklanja se svaki šum koji bi se mogao javiti na napadnim ili izlaznim vizama impulsa obaveštenja.

Pošto se vreme uključenosti multivibratora može vrlo tačno podešiti, vreme provođenja diode je takođe tačno određenog trajanja. Stoga blok za kapiju propušta samo impulse stalne širine, čak i kada se smanji brzina preklopnika



Sl. 598 — Predajnik za telemerenje (3 vata)



Sl. 599 — Blok VF pojačavača snage (35 — 40 vati)

ili dođe do pada napona napajanja za čitavih 20%.

Zato je visina svakog impulsa upravo srazmerna obaveštenju koje se dobija u pojedinim davačima greške podataka.

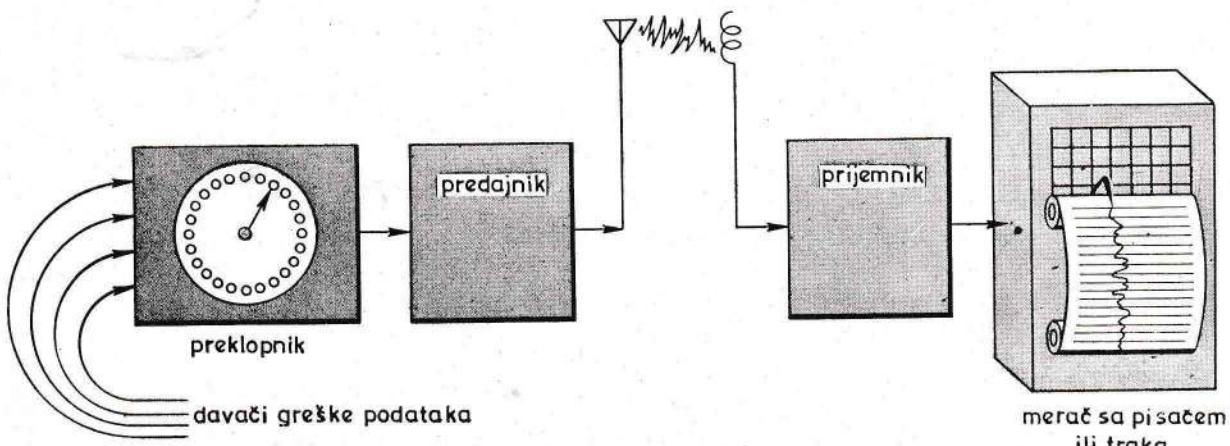
Glavni impuls sa srednjeg prstena preklopnika pojavljuje se na kapiji kada je ona zatvorena (tj. pri prekidu katodnog pratioca), ali ipak prolazi kroz nju, pošto raspolaže prvobitnim naponom od 28 volti u najvećoj amplitudi koji pada kroz jedan manji otpornik (3000 oma), suprotno impulsima obaveštenja. On savlađuje negativni napon na mestu spoja dioda i pojav-

ljuje se na izlazu bloka za kapiju mada sa znatno smanjenim naponom.

Jedna cev OB2 (VR-105) za regulisanje napona održava stalni anodni napon napajanja od 105 volti.

PREDAJNIK

Predajnik se koristi izlaznim naponom frekventno modulisanih oscilatora noseće podudaranosti u cilju frekventnog modulisana VF signala koji proizvodi sam predajnik. Modulirani signal se tada udvaja (ili umnožava) po



Sl. 600 — Blok-shema jednog AM sistema za telemerenje

učestanosti i pojačava radi predaje. Centralna učestanost rezultirajuće VF noseće učestanosti može se podešavati u opsegu od 215 do 230 megaherca.

Mešane frekventno modulisane noseće podučestanosti primaju se sa bloka oscilatora noseće podučestanosti. One se dovode ili do rešetke, ili do katode modulatora na cev sa reaktivnim otporom, koja je predstavljena sa 6AK5 na slici 598. Cev 6AK5 predstavlja minijaturnu pentodu.

Ulas na rešetku koristi se zbog njene visoke impedance koja odgovara izlaznom naponu pojačavača bloka oscilatora noseće podučestanosti.

Katodni ulaz predajnika obezbeđuje da se uređaj može koristiti, ako se to želi, i sa modulatorom s niskom impedancijom.

Pri promeni signala po amplitudi, modulator sa cevi s reaktivnim otporom (6AK5) radi kao promenljiva kapacitanca kroz podešeno strujno kolo modifikovanog Kolpicovog oscilatora, koji se koristi jednom polovinom dvojne triode 12AU7. Ova promenljiva kapacitanca pomera učestanost oscilatora u skladu sa promenama u amplitudi ulaznog signala.

Izlazni napon sa oscilatora dovodi se do stepena za udvajanje učestanosti koji se koristi drugom polovinom dvojne triode 12AU7. Izlazni napon udvajača učestanosti napaja dalje stepen za pojačanje snage. Pojačavač snage koristi se dvojnom tetrodom CK5656 sa obe njene polovine vezane paralelno. Dvojna tetroda održava nivo izlaznog signala na najmanje 3 vata, preko celog opsega učestanosti, kada se dovodi do otpora od 51,5 oma kroz induktivnu vezu za sprezanje izlaznog napona.

Izlazni napon stepena za pojačavanje od 3 vata snage može se dovesti direktno do otpora od 51,5 oma, kao što je četvrttalasna antena, ili se može primenjivati za pogon VF pojačavača antene radi postizanja veće snage izlaznog signala.

Podešena oscilatorna strujna kola, udvajač i pojačavač snage mogu se podešavati pomoću kalemova sa promenljivom induktivnošću (jezgrom).

Filtarska kutija, koja obuhvata kabl sa svim vodovima za ulazni napon i vodovima za napajanje, smanjuje mogućnost povratka VF natrag prema ostalim blokovima sistema. Šum u predajniku iznosi otprilike 5 kiloherca u odnosu na +125 kiloherca devijacije frekvencije, pri opterećenju od približno 10 »g« i vibracijama od 10 do 60 herca, ali on se javlja uglavnom pri učestanostima ispod najniže vrednosti noseće podučestanosti koja se koristi.

BLOK VF POJAČAVAČA SNAGE (35 — 40 VATI)

Visokofrekventni pojačavač upotrebljava se za povećanje izlazne snage od 3 vata kod predajnika na 25 vati, u opsegu učestanosti od 215 do 230 megaherca.

Na shemi, slika 599, koja predstavlja jedan VF pojačavač snage, izlazni napon predajnika pokreće jednu dvojnu pentodu 829-B koja radi u tzv. puš-pulu. Izlazni signal cevi 829-B vodi se do antene kroz vezu za sprezanje koja podešava izlaznu impedanciju sa otporom od 51,5 oma. Veza za sprezanje može se podešiti na učestanost predajnika pomoću promenljivog kondenzatora sa kapacitancijom od 2 do 4 μ F.

Cev 829-B za pojačavanje radi s naponom od 500 volti na anodi, dobijenim iz sopstvenog motor-generatorskog izvora napajanja. Anodno strujno kolo može biti podešeno za maksimalnu snagu izlaznog signala pri željenoj osnovnoj učestanosti, pomoću promenljive induktivnosti. Pojačavač je konstruisan za rad pod opterećenjem od 51,5 oma.

Otočni kondenzatori, vezani za katodu i utikače za grejanje i zemlju, smanjuju verovatnoću regenerisanja, kao i postojanja VF na vodovima za grejanje.

MOTOR-GENERATOR (DINAMO-MOTOR)

Visokonaponski motor-generator pretvara struju od 6 ampera i 28 volti jednosmerne struje u struju od 200 miliampera i 500 volti jednosmerne struje. Ulasna filterska mreža pomaže da se smanje VF šumovi dovedeni na vod i da se spreči pojava VF šumova u vodu sa naponom od 28 volti. Mreža za filtriranje izlaznog napona ograničava kolebanja napona na manje od 0,5%.

PREKIDAČKI BLOK

Elektronski prekidački blok koristi se za određivanje vremena sistemu za telemerenje, kada je dat signal za obrušavanje. To se postiže prekopčavanjem modulatorskog kanala noseće podučestanosti od 2,3 kiloherca sa mernog pretvarača greške skretanja na pokazivanje napona + 5,3 volta jednosmerne struje.

Napon od 28 volti jednosmerne struje spregnut je za prekidačku cev (6AU6) preko jednog kondenzatora od 1 μ F i jednog otpornika od 470 K. Ovaj napon potiče iz sistema za upravljanje projektilom. U trenutku dolaska signala od 28 volti, puni se kondenzator od 1 μ F. On daje pozitivan napon rešetki cevi 6AU6. Ovo izaziva provodljivost kod cevi, pa se na taj na-

čin pokreće rele u anodnom kolu koji uvodi signal od +5,3 volta u kanal od 2,3 kiloherca. Cev provodi za vreme RC vremenske konstante (oko 0,5 sekundi) kondenzatora od $1 \mu\text{F}$ i otpornika od 470 K ka zemlji.

Pošto se cev vratila ponovo u stabilno, neprovodljivo stanje, pokazivanje greške skretanja ponovo se javlja u kanalu od 2,3 kiloherca.

ANTENA

Antena koja se obično koristi u FM/FM sistemu za telemerenje je četvrttalasna štap-antena dužine 34,3 santimetara. Ona je tako postavljena ispod projektila da može zračiti snagu bez ikakvih prepreka prema zemaljskoj prijemnoj stanici.

Ovim su zaokružena obaveštenja o delovima FM/FM sistema za telemerenje na projektilu, sistema koji se najčešće koristi u projektilima. A sada ćemo opisati drugu vrstu sistema za telemerenje.

AMPLITUDNO MODULISANI (AM) SISTEMI ZA TELEMERENJE

Amplitudno modulisani (AM) sistemi za telemerenje sa VF nosećom učestanošću primenjuju se pokatkad u industriji u kojoj zahtevi za podacima nisu toliko kritični i u kojoj signali obaveštenja mogu da se uzimaju tokom dugih perioda vremena. Uzimajući srednju vrednost u dugim periodima vremena, efekti šumova i interferencije mogu se svesti na najmanju meru.

Podaci kao što su, npr. koliki je nivo vode u spremnicima i nivo goriva u sistemima za skladištenje, podaci koji daju samo obaveštenje o tome da li ima ili nema neke radnje, ili da li su otvorena ili zatvorena neka električna kola mogu se meriti na daljinu uz pomoć AM sistema.

Međutim, pri telemerenju podataka sa optinskih projektila mnogi signali o podacima sa različitim karakteristikama često se moraju uzimati u kratkim periodima vremena i pod vrlo različitim uslovima temperature, pritiska, ubrzanja itd. Ovi podaci moraju se telemerniti sa najvećim stepenom tačnosti. Takođe, vreme uzimanja podataka obično je kratko i fizički uslovi složeni. Zato, da bi se obezbedila najveća tačnost prilikom telemerenja ovakvih podataka, FM/FM sistemi ili sistemi sa impulsnim radarskim pokazali su se pogodnjim nego AM sistemi.

Podaci koje prenosi VF noseća učestanost u jednom AM sistemu predstavljeni su pomoću promena amplitude noseće učestanosti. Stoga

sve promene u amplitudi noseće učestanosti, izazvane statičkim elektricitetom ili izvorom izvan sistema, mogu se pogrešno uzeti kao promene koje su nastale u tačkama merenja davača greške. Ovo izaziva pogrešna tumačenja. Takvi uslovi ograničuju upotrebu AM sistema za telemerenje u istraživanjima povezanim sa projektilima.

Strujna kola AM sistema za telemerenje su uobičajene vrste i podsećaju na obične AM sisteme u radio-vezama. Istina, potrebno je pri tome primeniti i neke vrste sinhronizovanog prekopčavanja i vremenskog usklajivanja, tako da se promene u amplitudi primljenih signala mogu u svakom trenutku identifikovati sa odgovarajućim kanalom ili izvorom podataka koji se uključuje u tom određenom trenutku. U tu svrhu upotrebljava se preklopnički sistem sličan onome koji se upotrebljava u sistemima na osnovu FM/FM.

Primljeni podaci beleže se na traku ili harđiju sa koordinatnom mrežom pomoću merača sa pisačem, kao što je Esterlajn — Engasov merač, u kojima se upotrebljava namotana papirna traka sa koordinatnom mrežom. Blok-shema ovakvog AM sistema za telemerenje prikazana je na slici 600.

FAZNO MODULISANI (PM) SISTEMI ZA TELEMERENJE

Fazno modulisani (PM) sistemi za telemerenje slični su po svom radu FM/FM sistemima, pa se mogu koristiti iste vrste predajnika, prijemnika i opreme za beleženje.

PM oscilatori noseće podučestanosti znatno su pogodniji u pogledu ulaznih signala nego davači greške podataka koji raspolažu velikom impedancijom.

Dok je prilikom PM emitovanja podataka odstupanje isto za sve audione učestanosti, pri PM emisijama je odstupanje srazmerno audio-noj učestanosti. Ako jedan ulazni signal od 12.000 herca u PM sistemu izaziva neko odstupanje u učestanosti, signal od 3000 herca sa istom amplitudom daće samo jednu četvrtinu od tog odstupanja. Na takav način, u jednom PM sistemu, svaki kanal noseće podučestanosti uvek izaziva odstupanje u nosećoj učestanosti za približno istu vrednost. Tako se jedan kanal može uvek identifikovati kod prijemnika zahvaljujući ovom stalnom odstupanju, bez ikakve potrebe za nekim vremenskim i sinhronizujućim usklajivanjem.

Nedostatak PM sistema postaje ovim očigledan, pošto promene u amplitudi davača greške podataka jednosmerne struje ne izazivaju uje-

dno i promene noseće učestanosti, pa se prema tome ne može odrediti ni stepen promene podataka. PM sistem je, međutim, pogodan za direktnе davače greške u kolima naizmenične struje, ili za merne pretvarače koji daju podatke različite učestanosti.

Fazna modulacija primenjuje se kod stepena za pojačavanje, dok se frekventna modulacija vrši direktno u oscilatorima. Zato je PM vrlo pogodna za primenu u predajnicima sa stabilnim oscilatorima, kao što su oni sa kristalnom kontrolom. Ovi oscilatori poželjni su i stoga jer zahtevaju minimalno podešavanje.

Međutim, veličina pomeranja faze koja se može postići sa dobrom linearnošću sasvim je ograničena i maksimalni praktični indeks modulacije iznosi 0,5 pri radio-učestanostima na kojima se vrši modulacija. Pošto je fazno pomeranje srazmerno učestanosti modulacije, ovaj indeks može se koristiti samo pri najvećim učestanostima koje se javljaju kod signala za modulaciju, i to samo pod pretpostavkom da će u jednom trenutku sve učestanosti imati istu amplitudu. Tako, ukoliko je izlazni napon PM predajnika podešen na izvesni opseg odstupanja pri velikoj učestanosti kanala noseće podučestanosti, opseg odstupanja za kanale s nižom učestanošću može biti manji no što se želi. Ako je indeks modulacije podešen na pun opseg dozvoljenog odstupanja noseće učestanosti za kanal sa najnižom nosećom podučestanošću, više noseće podučestanosti mogu izazvati bočne deformacije noseće učestanosti, čineći prijem otežanim i stvarajući interferenciju. Stoga je potrebno da se PM signali menjaju u FM signale kod kojih se indeks modulacije smanjuje obrnuto proporcionalno, ili kod kojih je izlazni napon obrnuto srazmeran modulirajućoj učestanosti.

Dopunska kola koja se zahtevaju i kompenzacija dešifrujućih i pisačkih uređaja čine PM sisteme manje pogodnim za telemerenje kod raka ta od FM/FM sistema. Iz tih razloga, a i zbog strogih zahteva koje postavlja jedan PM sistem u pogledu baždarenja i stabilnosti napona za napajanje, PM sistemi se manje koriste kod telemerenja nego FM/FM sistemi.

Pri ispitivanju projektila promene podataka retko se događaju na učestanostima većim od 100 herca, ali mogu da se znatno menjaju između 0 i 100 herca. Odstupanja noseće učestanosti proizvedena za promene od 0 do 100 herca sa pojedinačnog davača greške bila bi primljena kao signal sa 100 posebnih kanala i količina obaveštenja za svaki ciklus promene bila bi zanemarljivo mala.

RADARSKI SISTEMI ZA TELEMERENJE

Radarski sistemi za telemerenje su u osnovi impulsni sistemi zasnovani na vremenskim razmacima i impulsima sa velikom amplitudom a kratkim trajanjem (0,5 do 2 mikrosekunde).

Spektar radarskih učestanosti obezbeđuje opsege za mnoge kanale podataka. Učestanost ponavljanja impulsu (PRF) i širina impulsa određuju broj signala podataka koji se mogu koristiti u jedinici vremena.

Smetnje za radarsko telemerenje u raketnim istraživanjima predstavljaju visoki naponi koji se zahtevaju, kritična priroda pojedinih delova i prilagođavanje temperaturi, pritiscima, vremenskom podešavanju i usmerljivosti.

Tako isto, trajanje perioda uzimanja svakog podatka tako je kratko (0,5 do 2 mikrosekunde), da se samo vrlo mala količina obaveštenja može primiti za vreme jednog impulsnog perioda. No, spektar učestanosti dozvoljava da se primaju mnogi signali sa velikog broja kanala u jednoj sekundi, tako da ovo smanjuje prethodni nedostatak. Kratak period za primanje nekih vrsta podataka predstavlja, u stvari, povoljnu okolnost, osobito u pogledu primanja podataka koji su podložni brzoj promeni.

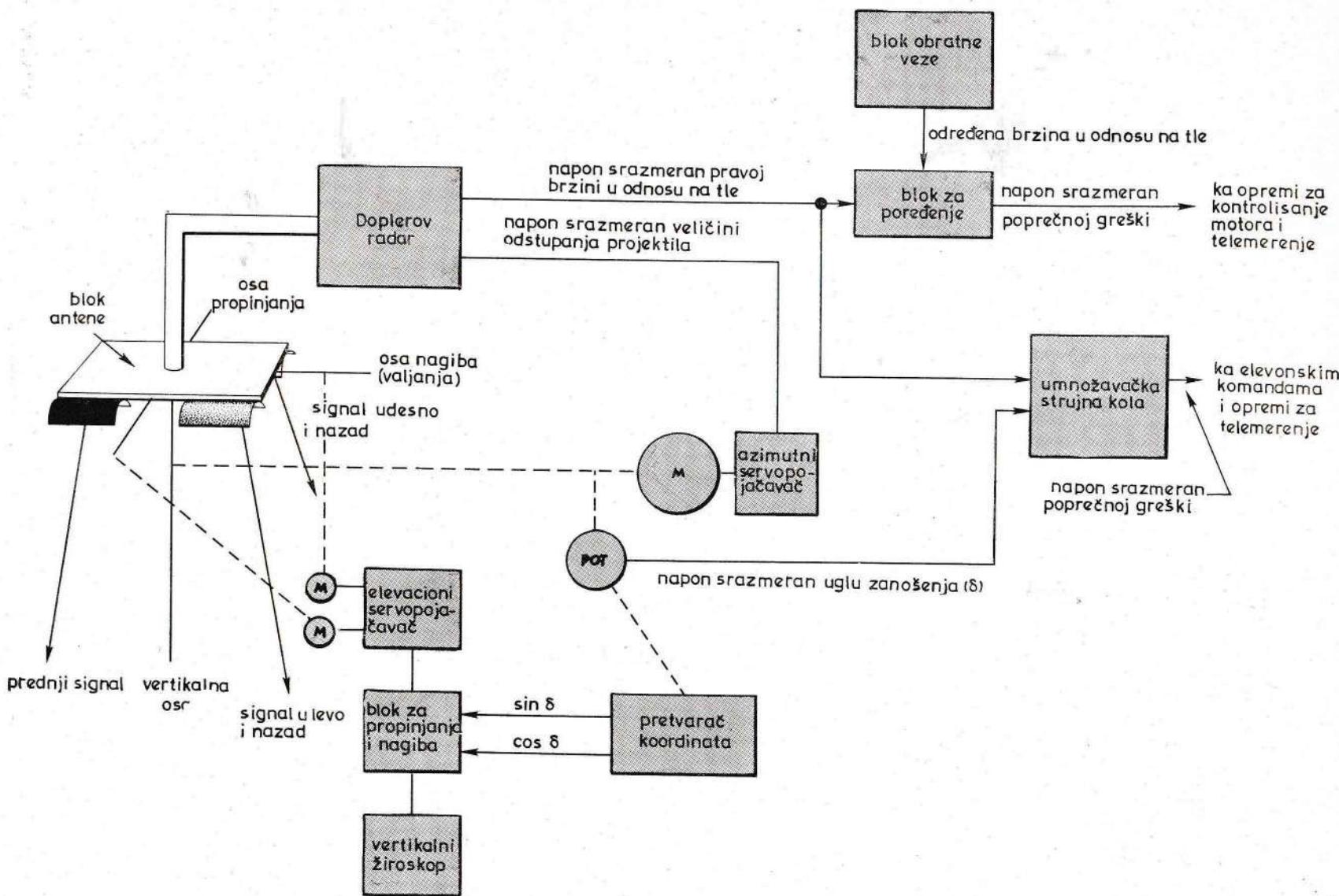
IMPULSNA POLOŽAJNA MODULACIJA

Radarski sistemi za telemerenje koji prime- njuju impulsnu položajnu modulaciju pružaju najveće mogućnosti pri ispitivanju projektila. U sistemima ove vrste u svakom periodu se predaje po jednom svaki kanal. Kanalski impulsi prednjače ili zakašnjavaju u odnosu na njihove nemodulisane položaje pod uticajem ulaznih podataka napona na kolima vremenske baze ili ključeve. Veličina prednjačenja ili zakašnjavanja zavisi od amplitute i polariteta podatka napona i od trenutka u kojem je uzet svaki podatak. Ulazna učestanost određuje vrednost za koju se impulsi koji odgovaraju datom kanalu menjaju u odnosu na njihov nemodulisan položaj. Maksimalna promena u položaju impulsa mora da bude ograničena, da bi se izbeglo preklapanje susednih kanala i smanjila mogućnost dvojnog slušanja.

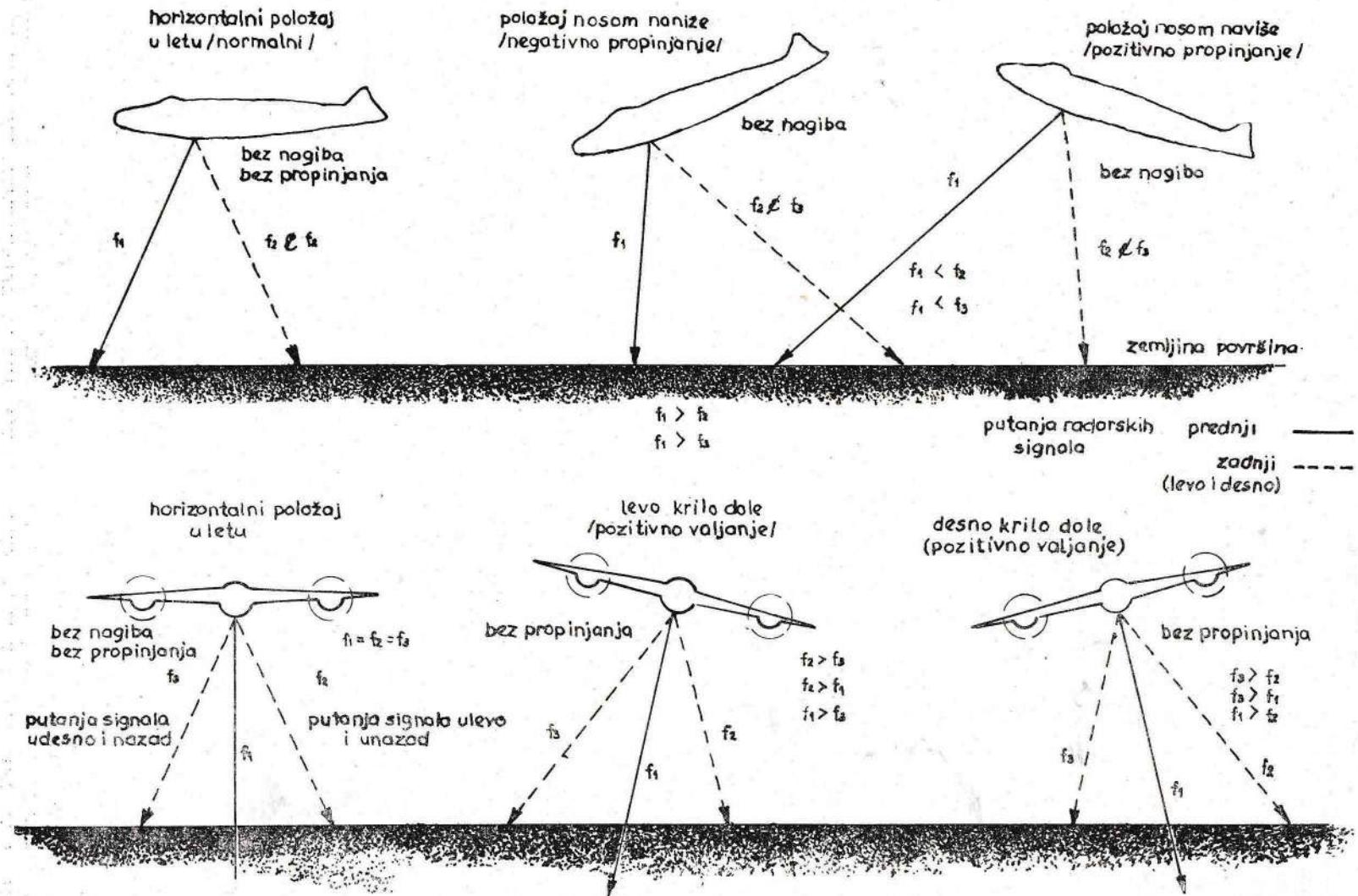
Ako svaki kanal zahvata deset stepeni*), može se koristiti ukupno trideset i pet kanala i jedan sinhronizujući kanal.

Sa širinom impulsa od 0,5 mikrosekundi i vremenom predaje podataka dvadesetostruko većim (10 mikrosekundi), vreme po kanalu iz-

* Misli se na 10° od ciklusa koji je predstavljen sa 360° . — Prim. red.



Sl. 601 — Dopplerov radarski sistem za projektile



Sl. 602 — Putanje signala Doplerovog radara u odnosu na položaj aviona

nosi 10 mikrosekundi. Tako se dobija maksimalna brzina predaje podataka od 2777 predaja podataka u sekundi (1,000.000 mikrosekundi podjeljeno brojem kanala puta vreme po kanalu $\frac{1,000.000}{36 \times 10}$). Prema tome, veća širina impulsa mogla bi se dobiti samo po cenu manje brzine predaje podataka.

Postoje mnogi načini proizvodjenja impulsne položajne modulacije. Svaki način koji se primenjuje treba, međutim, da bude tačan, da su slučajne greške u položaju impulsa minimalne. Osnovna teškoća u sistemima sa impulsnom položajnom modulacijom sastojala se u pronalaženju absolutno tačnih vremenskih strujnih kola i održavanju pozitivne sinhronizacije između predajnika i zemaljskih prijemnih uređaja.

IMPULSNA DOPLEROVA MODULACIJA

Doplerov princip, o kojem je bilo govora u poglavlju IV glave 4, primenjuje se u radarskom sistemu za telemerenje da bi se tačno određivale trenutne vrednosti rastojanja, visine i brzine.

Tipični Doplerov radarski sistem prikazan je na slici 601. Ovaj sistem konstruisan je za upotrebu na projektilima. On utvrđuje promene učestanosti između predatog signala i njegovog odraza. Ova promena učestanosti se pretvara u napone srazmerne brzini u odnosu na tle.

Upotrebljavaju se tri antene, kruto postavljene da čine celinu. Jedna antena zrači energiju nadole i unapred, druga nadole i unazad ulevo, a treća nadole i unazad udesno.

Napon skretanja dovodi se do azimutnog servopojačavača pokretanog jednim motorom koji održava antene u istom položaju po azimutu u odnosu na zemlju. Jedan potenciometar pričvršćen za telo projektila, čija je poluga vezana za antenu, daje napon srazmeran skretanju projektila. U jednom strujnom kolu za umnožavanje, napon prave brzine u odnosu na tle množi se kosinusom ugla zanošenja (δ) sa ciljem da se dobije napon srazmeran poprečnoj greški.

Van Doplerovog sistema, ali od osnovnog značaja za njegovu primenu u projektilima, jeste uređaj za poređenje. Ovaj uređaj upoređuje određenu brzinu u odnosu na tle iz obaveštenja zabeleženog na magnetskoj traci sa stvarnom brzinom u odnosu na tle koju pokazuje radar.

Izlazni napon sa ovog kola za upoređivanje srazmeran je naponu uzdužne greške. Naponi poprečne i uzdužne greške uvode se u sistem upravljanja, menjaju položaj komandi gasa i propinjanja, te na takav način eliminisu popre-

čne i uzdužne greške. Na slici 602 prikazan je promenljivi Doplerov radarski signal nastao u sled menjanja položaja projektila u letu.

Propinjanje nosom naniže (negativno propinjanje) projektila izaziva skraćivanje puta radarskog signala usmerenog unapred, a produžuje putanje signala usmerenih unazad. Ovo se detektuje kao povećanje stvarne brzine u odnosu na tle ukoliko se trenutno ne predupredi protivmerama. Propinjanje nosom naviše (pozitivno propinjanje) detektuje se kao smanjenje stvarne brzine u odnosu na tle.

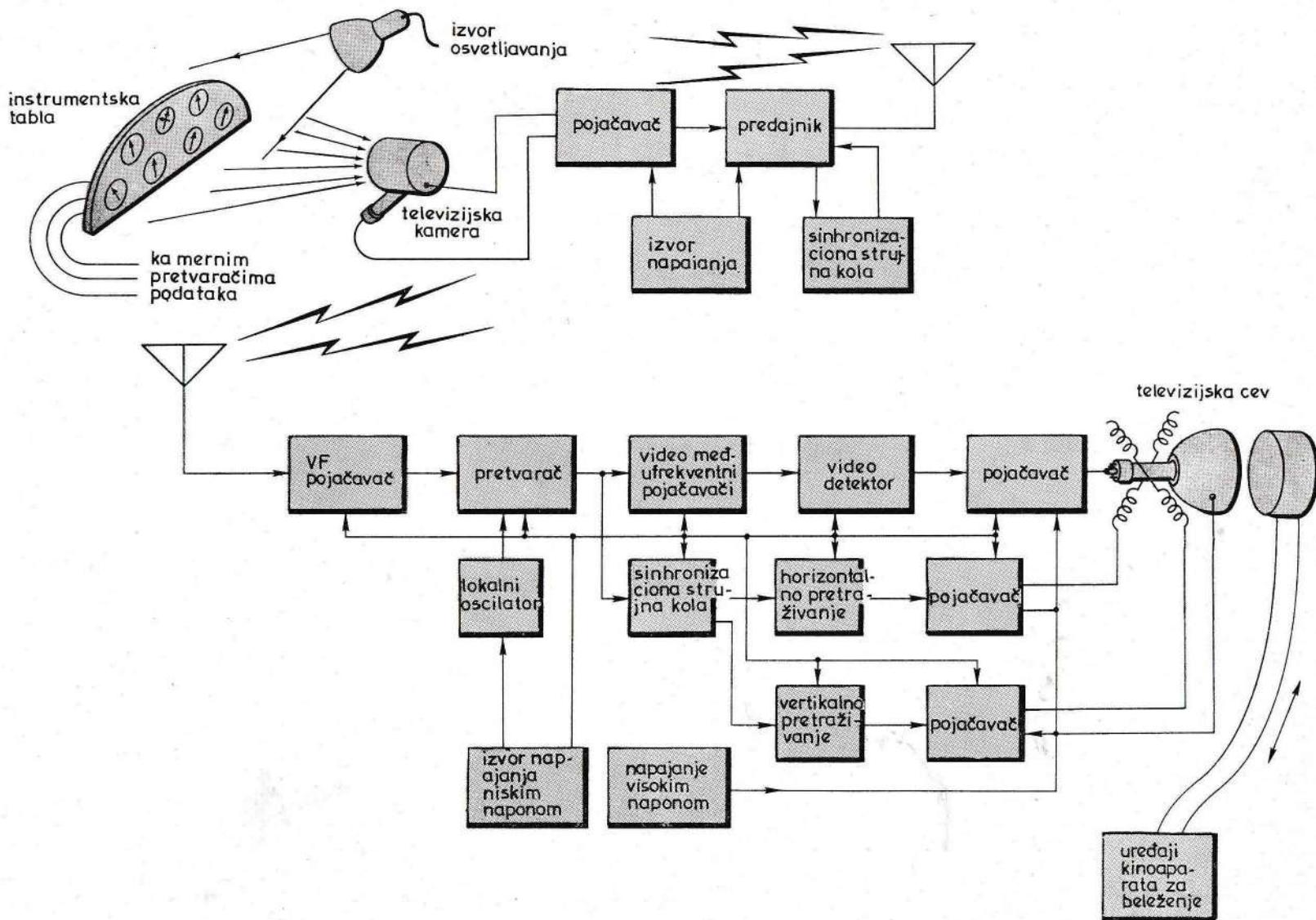
Obaranje levog krila naniže projektila (negativni nagib) izaziva skraćivanje puta radarskog signala usmerenog ulevo i unazad i produženje puta signala usmerenog udesno i unazad, što se detektuje kao povećanje veličine skretanja ulevo, ukoliko nisu preduzete protivmere. Suprotno važi za obaranje desnog krila naniže (pozitivni nagib). Vertikalni žiroskop vrši kompenzaciju nagnjanja dajući signale za kola propinjanja i nagnjanja koja napaja elevacioni servopojačavač, što je potrebno da bi se pokretala antena oko osa propinjanja i nagniba.

Ako projektil zauzima izvestan ugao skretanja u trenutku propinjanja, osa njegovog propinjanja nije paralelna sa osom propinjanja antenskog bloka. Da bi se i antenski blok pokretao oko jedne prividne ose paralelne osi propinjanja projektila, potrebno je vršiti kombinovani pokret oko osa propinjanja i nagniba antenskog bloka. Pravilna raspodela napona u odnosu na ose propinjanja i nagniba izvodi se dovođenjem napona skretanja do jednog pretvarača koordinata. Izlazni naponi sa pretvarača koordinata srazmerni su sinusu i kosinusu ugla skretanja.

TELEVIZIJSKI SISTEMI ZA TELEMERENJE

Primena televizije za telemerenja pri ispitivanjima letelica i upravljanju njima, predstavlja dalji razvoj najranijih načina koji su primejnivali instrumentske table i fotografisanje konstrukcije aviona za vreme leta. Prilikom ovih radnji, fotooprema se spuštala sa aviona bez pilota u unapred određeno vreme. Zbog ovoga se često dešavalo da se ostane bez podataka, ako bi se oprema izgubila ili oštetila prilikom pada, pa su traženi sistemi za televizijski prenos podataka.

Za velike projektile televizijski sistem za telemerenje je veoma efikasan. Ali, do danas još nije razvijen nikakav merni pretvarač niti pre-



Sl. 603 — Televizijski sistem za telemerenje (video-sistem)

dajnik koji bi zadovoljio televizijski prenos podataka sa malih projektila.

Međutim, pomoću teleskopskih projektila televizijskih kamera velikog dometa uspešno se obavlja televizijsko praćenje projektila na znatnim rastojanjima. Ovaj način omogućuje, sa spoljne strane, neprekidno proveravanje komandnih površina i ponašanja projektila u letu. On, takođe, obezbeđuje i raspoznavanje projektila.

Pronalaskom tranzistora, minijaturnih cevi i štampanih kola može se, u bliskoj budućnosti, učiniti praktičnim i telemerenje sa projektila pomoću televizije.

Za telemerenje sa aviona, televizijska oprema slična je onoj koja se primenjuje u komercijalnim emisijama i koja radi na istim principima.

Oprema za televizijsko telemerenje ne zahteva kanal za zvuk, zato su potrebni sastavni delovi samo za video-predaju i video-prijem.

Savremeni video-sistemi koriste se amplitudno modulisanom nosećom učestanosti koja je osetljiva na interferenciju AM prirode. Ako se ovaj sistem primenjuje za televizijski prenos pokazivanja raznih merača i instrumenata na tabli, deformisanje slike ne predstavlja kritičan

faktor sve dok je moguće pročitati pokazivanje merača. Međutim, kada se televizijski prenosi slika površina letelice, svako deformisanje slike može se pogrešno protumačiti kao promena na samim površinama. Na primer, podrhtavanje slike može se smatrati vibracijama površina, a ne-linearnost slike može se tumačiti kao izduženje površine koja se posmatra.

Ovi poslednji nedostaci mogu se otkloniti upotrebom merača za pozitivno očitavanje i pokazivača čija se apsolutna pokazivanja mogu videti na ekranu na kome se ne vidi slika same konstrukcije ili površine.

Svi instrumenti za pokazivanje u jednom televizijskom sistemu mogu se smestiti na jednu istu ploču, prema kojoj je televizijska kamera tako usmerena, da slika koju daje istovremeno sadrži neprekidne podatke sa mnogih kanaala.

Kada se razviju takvi televizijski uređaji koji će da zadovolje sve potrebne zahteve u pogledu zapremine, snage i izdržljivosti, telemerenje pomoću televizije verovatno će se najviše približiti jednom idealnom sistemu za prikupljanje podataka sa opitnih letelica i projektila. Ali danas, FM/FM sistemi za telemerenje još uvek su najviše upotrebljavana vrsta u oblasti projektila.

DOBIJANJE TELEMERENIH PODATAKA U OBLIKU POGODNOM ZA UPOTREBU

Ovaj odeljak odnosi se na obradu podataka, drugim rečima na metode koji se koriste za davanje telemerenih podataka u obliku pogodnom za upotrebu. Da bi se ovo pitanje razjasnilo, daje će biti govora o zemaljskim stanicama, vrstama antena i opremi za baždarenje koji se primenjuju prilikom telemerenja.

ZEMALJSKE STANICE ZA TELEMERENJE

Jedna vrlo uprošćena blok-shema FM/FM sistema za telemerenje data je na slici 604. Shema obuhvata kako predajnu, tako i prijemnu stanicu ovog sistema. Kod FM/FM sistema za telemerenje učestanosti izvesnog broja niskofrekventnih oscilatora, noseće podučestanosti menjaju se u saglasnosti sa promenama veličina koje se mere. Ove tonske učestanosti mešaju se i zatim koriste za frekventno modulisanje jednog predajnika visoke učestanosti. To je predstavljeno na gornjoj polovini sheme.

Signal koji se na takav način proizvodi biva primljen od zemaljske stanice, prikazane na donjem delu sheme, pomoću jednog superheterodinskog frekventno modulisanog prijemnika koji reprodukuje pomešane niske noseće podučestanosti i zatim ih razdvaja uz pomoć propusnih filtera (diskriminatora). Pojedine noseće podučestanosti pretvaraju se u signale jednosmerne struje koji se menjaju u skladu sa promenama veličina koje se mere pomoću davača greške i prenosnika u optinim projektilima.

Ove struje, opet, stavljuju u pokret galvanometre jednog oscilografskog pisača ili nekog drugog uređaja koji daje trajnu belešku. Pomešani izlazni napon prijemnika takođe se beleži uz pomoć jednog magnetofona, ili zato da bi se

kasnije proučio, ili da bi poslužio kao osiguranje u slučaju da oscilografski pisač otkaže. Nominalne radio-učestanosti koje se pri tom koriste imaju 215—230 herca.

Učestanosti oscilatora niskih nosećih podučestanosti koje se primenjuju kreću se u opsegu od 400 do 32.250 herca. Primjenjuje se i do petnaest nosećih podučestanosti. Širina svakog propusnog opsega ograničena je na $\pm 7,5\%$ osnovne učestanosti, da bi se obezbedila stabilnost radi oscilatora nosećih podučestanosti.

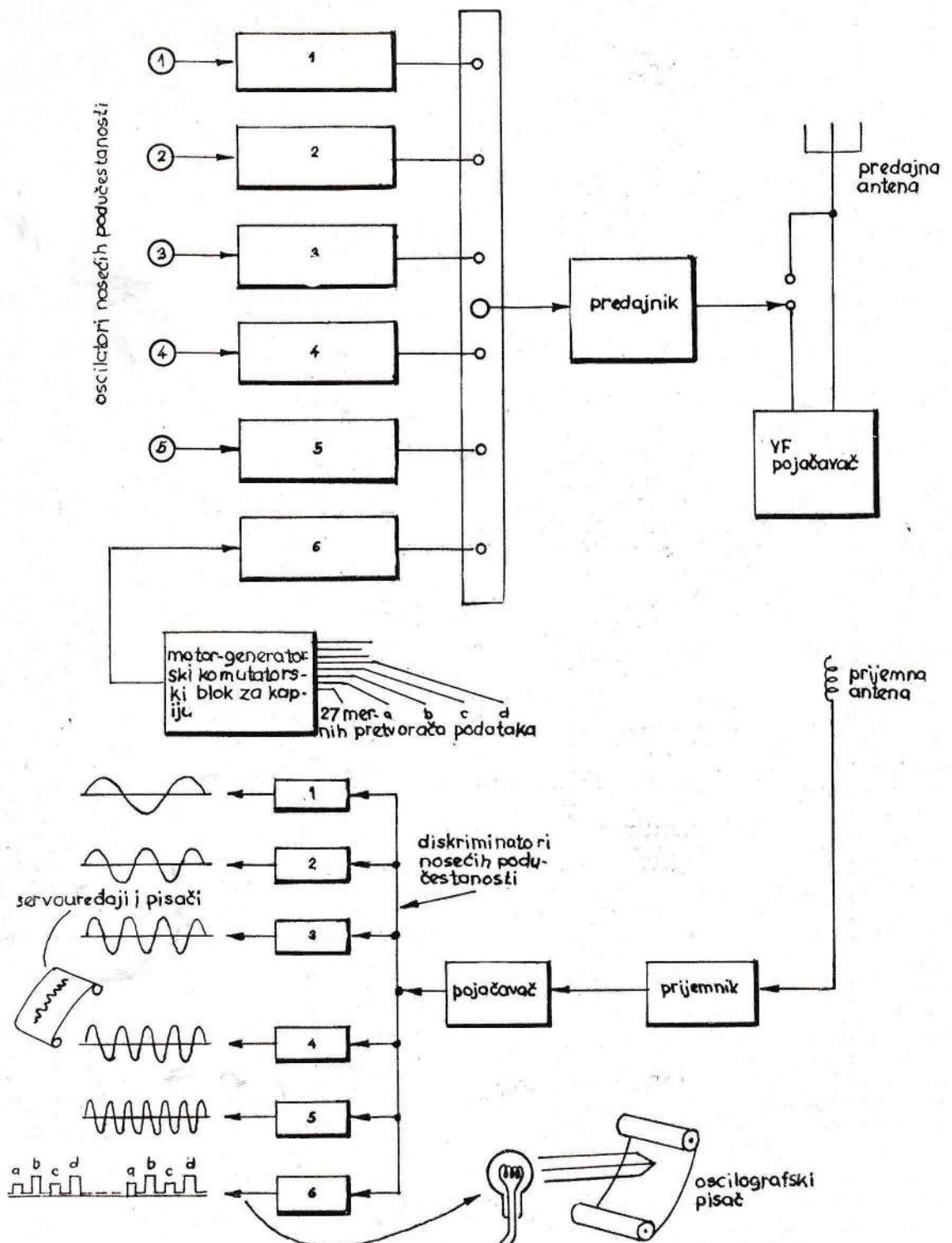
U nekim slučajevima primjenjuju se i dva sistema za telemerenje, od kojih svaki radi sa nešto drukčijom radio-učestanošću. Oprema za baždarenje zajednička je za oba sistema.

Na slici 605 prikazani su detaljnije, i sa staničišta njihovih funkcija, važniji sastavni delovi jednog tipičnog zemaljskog uređaja za prijem i beleženje signala telemerenja.

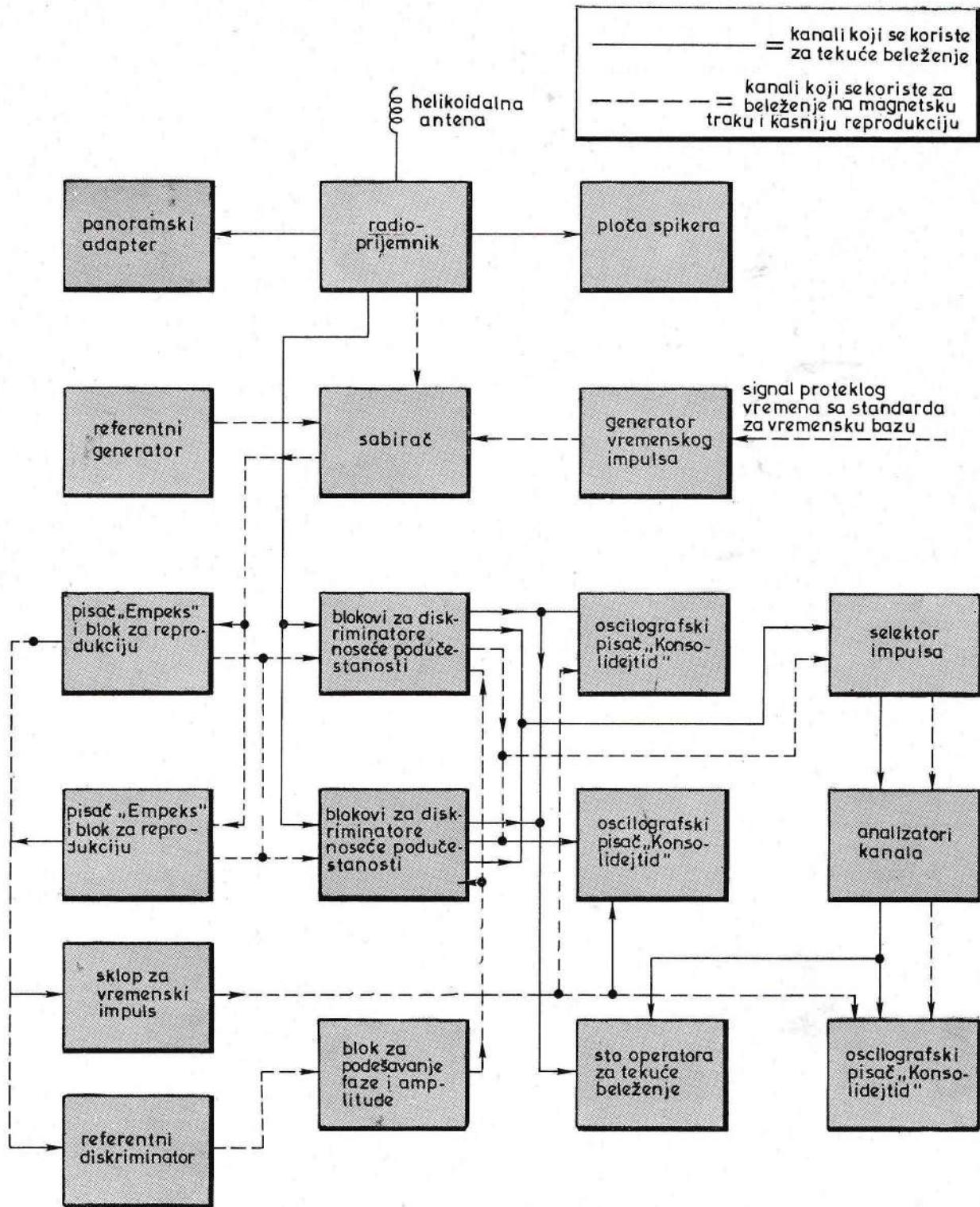
Antena prima signal sa predajnika i uvodi ga u prijemnik, gde se on pojačava i demoduliše. Zatim se signal propušta, u obliku video-učestanosti, ka blokovima za diskriminatore noseće podučestanosti sistema. Naizmenični signal pomešanih poznatih učestanosti sa oscilatora za baždarenje (ispitna oprema nije prikazana na slici) može se uvesti u sistem umesto izlaznog napona prijemnika, u cilju baždarenja sistema za obradu podataka i beleženja tih podataka.

Pomešane učestanosti sa prijemnika ili sa oscilatora za baždarenje vezane su preko sabirača za jedan magnetofon radi beleženja nepregrađenih podataka i za šasiju sa videofrekventnim diskriminatorima, — po jedan za svaki od upotrebljavanih opsega noseće podučestanosti.

Sinhronizujući vremenski signali uvode se preko generatora vremenskih impulsa, obezbe-



Sl. 604 — Tipični 32-kanalni ručni sistem sa razdvajanjem podataka dobijenih telemerenjem



Sl. 605 — Funkcionalna shema telemetarske stanice za prijem i beleženje podataka

đujući uređajima za beleženje tačnu vremensku podelu. Diskriminatori odvajaju kanale i pretvaraju promene učestanosti talasnog opsega u promene jednosmerne struje. Jednosmerna struja, opet, pokreće instrumente za beleženje. Neprerađeni podaci zabeležni na magnetofonu mogu se uvek reproducovati kroz diskriminatore, da bi se dobila oscilografska beleška.

Izlazni naponi sa diskriminatorskih blokova sastoje se, kako iz neprekidnih podataka, tako i iz podataka koji su komutirani. Izlazni napon je kombinacija obe vrste podataka. Kombinovani izlazni napon poželjan je da bi pomogao u izboru i izdvajaju signalu željene učestanosti. Treba zapaziti da i komutirani i neprekidni signali stižu na operatorov sto i beleže se na njemu.

SUPERHETERODINSKI PRIJEMNICI SA FREKVENTNOM MODULACIJOM

Na zemaljskim stanicama upotrebljavaju se superheterodinski prijemnici, npr. prepravljeni mornarički prijemnik RBF-3 slika 606. Ulagana impedanca ovih prijemnika je podešena na 52 ohma za određenu radnu učestanost. Ulagani signal pojačava se u dvostepenom VF pojačavaču 6AK5, pretvara se u signal od 10,2 megaherca u cevi za mešanje 6AK5 kombinovan sa lokalnim naponom oscilatora 6C4 i potom pojačava u trostupenom međufrekventnom pojačavaču 6SG7. Pri tom se samo usaglašava lokalni oscilator.

Signal od 10,2 megaherca pojačava se i skraćuje u dvostepenom ograničivaču 6AC7 i frekventno modulisani kvadratni talas sa konstantnom amplitudom demoduliše se u jednom Foster-Silijevom diskriminatoru koji se koristi dvojnom triodom 6H6.

Struja sa rešetke prvog ograničivača tarira se da bi se odredila jačina primljenog signala. Izlazni napon jednosmerne struje sa diskriminatora pokazuje da je prijemnik pravilno usaglašen.

Demodulisani signal sa diskriminatora tada se uvodi u dva katodna pratioca. Izlazni napon se, pak, sa jednog katodnog pratioca može da veže za pisacke instrumente, a sa drugog za slušalice, u cilju slušnog kontrolisanja. Svaki katodni pratioc vezan je za izlazne priključnice i napaja jedan merač od 500 mikroampera, posredstvom ispravljačkog mosta za merač, da bi omogućavao neprekidno kontrolisanje nivoa prijemnika.

SMEŠTAJ OPREME ZEMALJSKE STANICE

Na zemaljskim stanicama, koje se nalaze na stalnim opitnim raketnim poligonima, oprema

se smešta u bunkere ili u pokretne uređaje, npr. u 10-tonsku poluprikolicu ratnog vazduhoplovstva. Rasporед u ovakvom pokretnom postrojenju dat je na slici 607.

U prednjem delu poluprikolice nalazi se uređaj za regulisanje temperature. Do njega su smeštene dva skladišna sanduka, po jedan sa svake strane. Iza svega ovoga, s jedne strane, nalazi se sto operatora sa dva ugrađena prijemnika (A i B) i s kontrolnom tablom.

Na ovoj tabli nalaze se prekidač za baždarenje i prijem, prekidač za pogonski motor, svetleći signali, prekidači i ručice potrebni za rukovanje svom tom opremom za vreme leta nekog projektila. Odmah iza stola operatora nalaze se dve standardne sastavljene relejne police koje sadrže opremu za baždarenje, magnetofonski sabirač, impulsni pojačavač, dva video-pojačavača, tabla za beleženje i izvor napajanja jednosmernom strujom od 28 volti, potrebna za rad kontrolnih strujnih kola.

Na drugoj strani prikolice, odmah iza vrata, nalazi se jedna tezga koja služi za radove u vezi sa održavanjem prikolice u poljskim uslovima. Jedna ploča pored ove tezge dopunjuje niz tačaka na kojima se proverava rad prikolice.

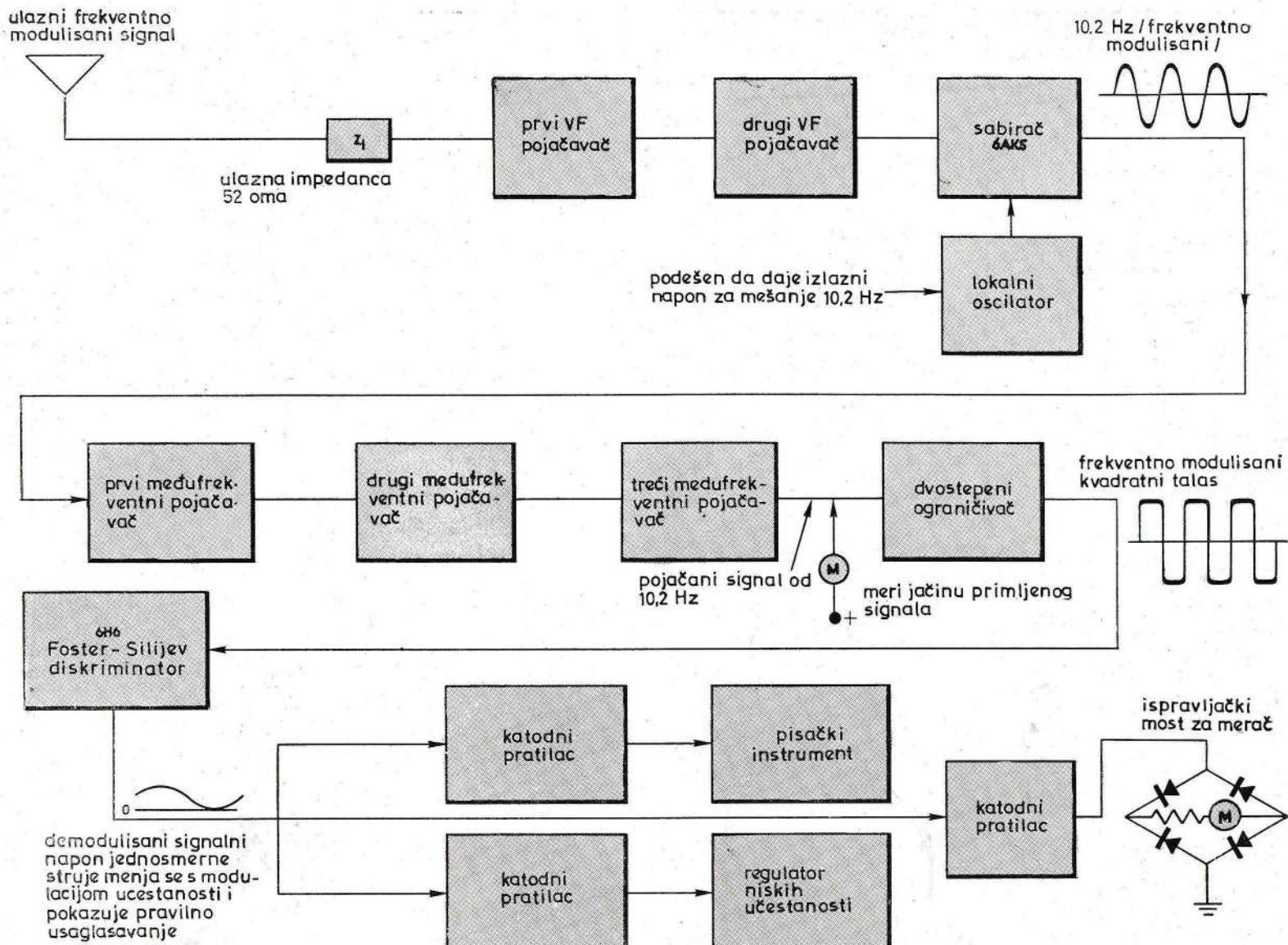
Sa svake strane prikolice, iza polica za baždarenje i tezge za rad, smeštene su magnetofoni »Empeks« i oscilografski pisači »Konsolidejtid Endžiniring Korporejšn«. Ova oprema opisana je podrobije u sledećem odeljku.

Glavne police sa diskriminatorima nalaze se u zadnjem delu prikolice, tačno iznad otvora za točkove. Diskriminatori sistema A smešteni su iznad otvora za levi točak, a diskriminatori sistema B iznad otvora za desni točak. Izvori njihovog napajanja nalaze se na susednim policama, zajedno sa motornim pojačavačima »Empeks Kepsten«.

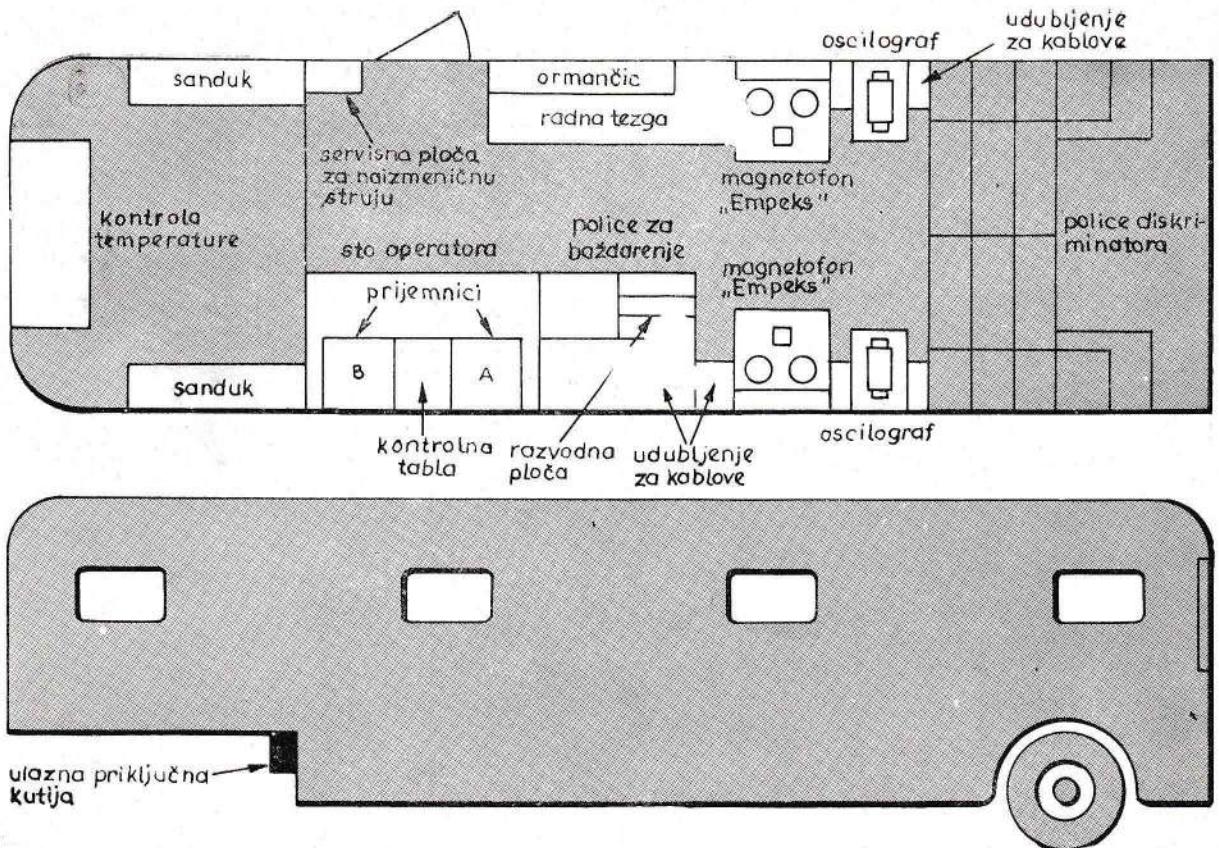
Celokupno povezivanje provodnicima pojedinih blokova u prikolici obavljeno je preko udubljenja (kanala) za kablove veličine $7,5 \times 25$ cm duž obe strane poda. Kablovi su slobodno smešteni u ova udubljenja i lako im se može prići da bi se održavali (samo se ukloni poklopac iznad ovih udubljenja). Završetak svih kablova nalazi se u telefonskoj priključnoj kutiji.

Svi kablovi za ulazni napon, uključujući i telefonske vodove i antenske ulaze, vezuju se za ulaznu priključnu kutiju pričvršćenu na spoljnem vertikalnom zidu stepenice prikolice. Kutija je na levoj strani prikolice i zgodno obavlja povezivanje preko udubljenja za kablove ispod stola operatora.

Izlazni utikač za 220 V i 60 Hz naizmenične struje postavljen je slično tome na desnoj strani stepenice.



Sl. 606 — Prijemnik za telemernje sa frekventnom modulacijom



Sl. 607 — Raspored opreme u prikolici za telemerenje

Svi telefonski kablovi, zajedno sa pripadajućim unutrašnjim ulazima i izlazima, dovedeni su do razvodne ploče koja se nalazi iznad police za baždarenje koja je smeštena sasvim pozadi. Posebne, kao i normalne međuveze čitave opreme vrše se pomoću ove ploče.

ANTENE KOJE SE PRIMENJUJU U ZEMALJSKIM PRIJEMNICIMA

Kod različitih zemaljskih stanica koriste se razne vrste antena, zavisno od toga koju vrstu zahteva predajnik, kao i od ugla koji treba da prekriva zračeni signal.

Međutim, s obzirom na to da su helikoidalne antene vrlo efikasne za prijem FM/FM noseće učestanosti i da se mnogo primenjuju u pokretnim zemaljskim prijemnicima, ovo izlaganje usredsrediće se na tu vrstu antena (slika 608).

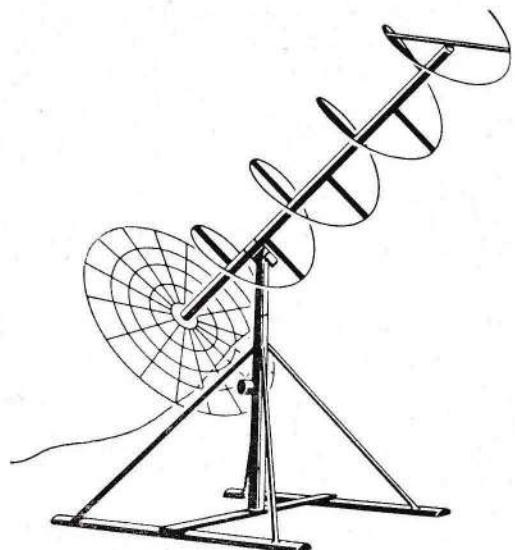
Ova antena konstruisana je na Koledžu za poljoprivredu i mašinstvo Novog Meksika. Ona se sastoji od helikoidalne zavojnice — helikoida koja dejstvuje u smislu aksijalnog načina zračenja, drugim rečima ova zavojnica je tako

usmerena, da se njena osovina podudara sa izvorom zračenja (antenom predajnika). Pri takvom načinu rada postiže se maksimalna jačina polja u pravcu osovine helikoide, sa cirkularnom ili skoro cirkularnom polarizacijom. Stepen pojačanja kod ovih antena, izražen u decibelima, iznosi oko 11 decibela kada primaju signale od kružno polarizovane antene, a oko 8 decibela kada primaju signale od linearno polarizovane antene. Širina snopa između tačaka u kojima je jačina polja spala na polovinu iznosi oko 36 stepeni.

U antenskom strujnom kolu nalazi se i jedan merač jačine polja, tako da se antena može usmeriti tako da prima signal najveće jačine.

Helikoidalna antena raspolaže karakterističnom impedancijom od približno 140 omu i podešena je za koaksijalni kabl RG-8/ μ od 52 omu pomoću uređaja za podešavanje impedance. Veza sa antenama, kablovima i delovima za podešavanje uspostavlja se preko spojeva sa stalnom impedancijom tipa N.

Kada se prikolica koristi za smeštaj prijemnih uređaja, antenski kablovi vezani su preko



Sl. 608 — Helikoidalna antena koja se upotrebljava u prijemniku za telemerenje

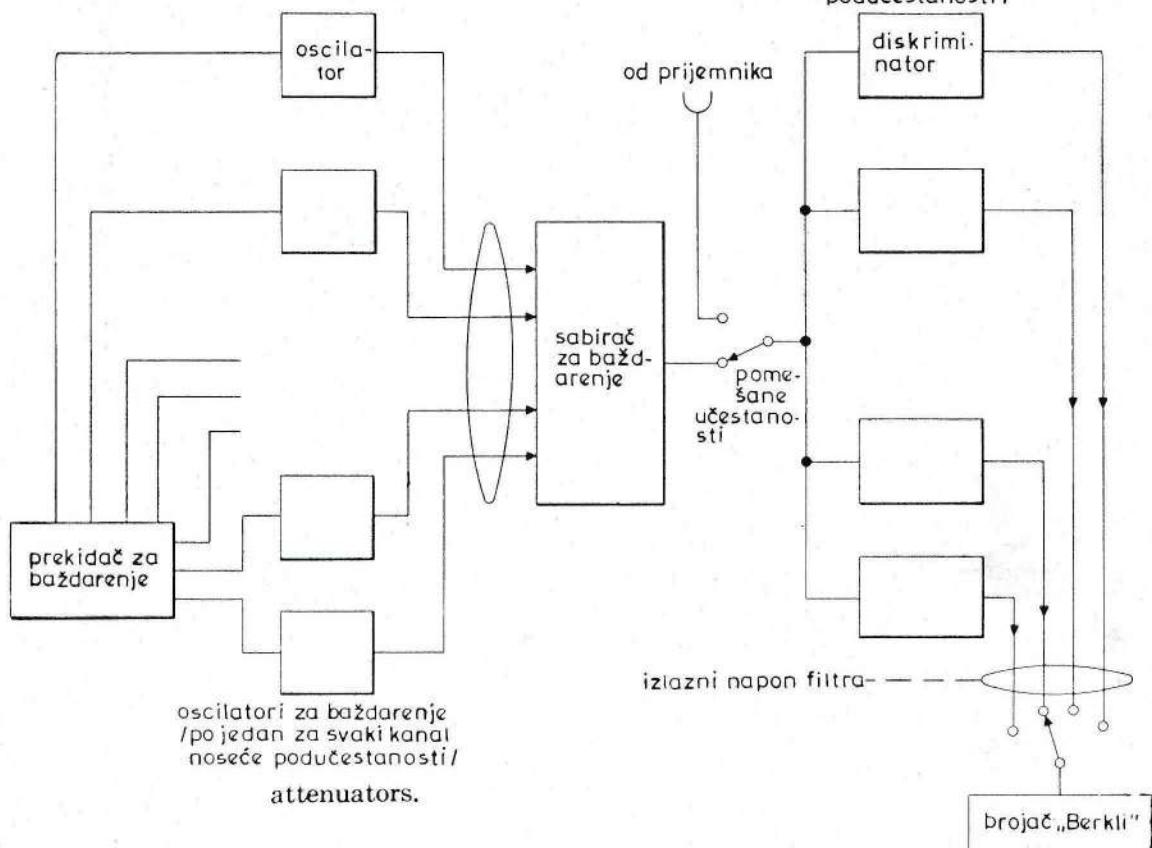
koaksijalnih spojeva za ulaznu priključnu kутију prikolice.

OPREMA ZA BAŽDARENJE PRIJEMNIKA

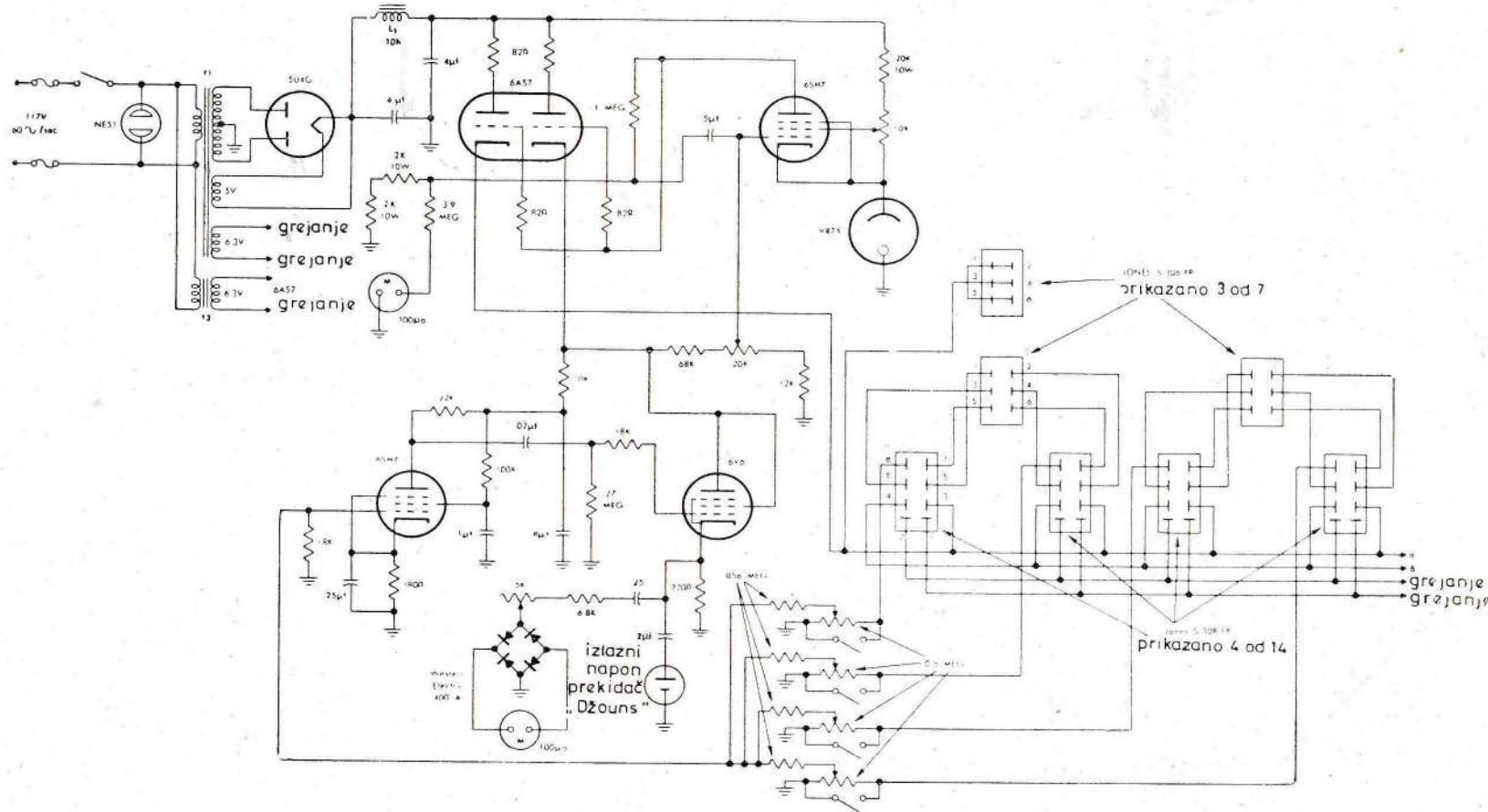
Prijemni sistem za telemerenje baždari se time što se primljeni signali sa pomešanim video-učestanostima zamene nizom signala poznate učestanosti dobijenih iz uređaja za baždarenje (slika 609).

Po jedan oscilator za svaki talasni opseg konstruisan je tako da može da proizvodi svaku od tri učestanosti. Željena učestanost može se tada izabrati uz pomoć prekidačkog uređaja. Tri učestanosti koje se koriste jesu osnovna učestanost kanala i gornja i donja granična učestanost za dotični kanal (osnovna učestanost $\pm 7.5\%$).

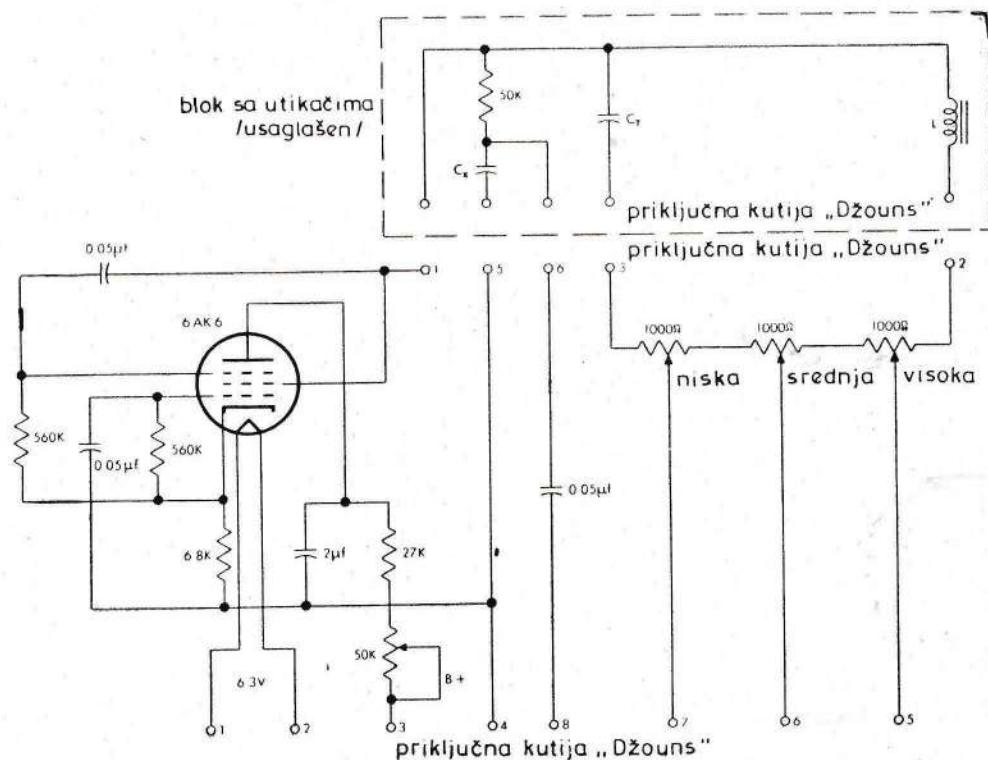
Kada se učestanosti beleže u određenom vremenskom redosledu, dobija se baždarenje u tri tačke. Uredaj za telemerenje proizvodi podatke



Sl. 609 — Uredaji za baždarenje prijemnika za telemerenje



Sl. 610 — Šasija oscilatora za baždarenje i pojačavača



Sl. 611 — Blok oscilatora za baždarenje sa utikačima

koji su dovoljno linearni, pa nije potrebno никакво drugo baždarenje. Grupisanjem prekidača sa svim oscilatorima za baždarenje postiže se da se jednovremeno baždare svi kanali.

Izazna učestanost svakog oscilatora za baždarenje (0,4 efektivnog napona) uvodi se u kombinovani stepen za mešanje i pojačavanje, kao što je prikazano na slici 609. Pomešani tonovi osnovnih učestanosti ili granične učestanosti talasnih opsega svih kanala uvođe se u police sa diskriminatorima kada se prekidač za baždarenje nalazi u jednom od tri položaja baždarenja.

Po jedan pojedini filter u svakom diskriminatoru odvaja svoju određenu kanalsku učestanost od pomešanog ulaznog napona. Ovaj se signal dovodi do jednog instrumenta koji događaje odigrane u jedinici vremena meri putem brojanja ciklusa koje je stvorio oscilator za vreme od 1 do 10 sekundi, što zavisi od traženog stepena tačnosti. Ovo omogućuje da se učestanost svakog oscilatora tačno podeši.

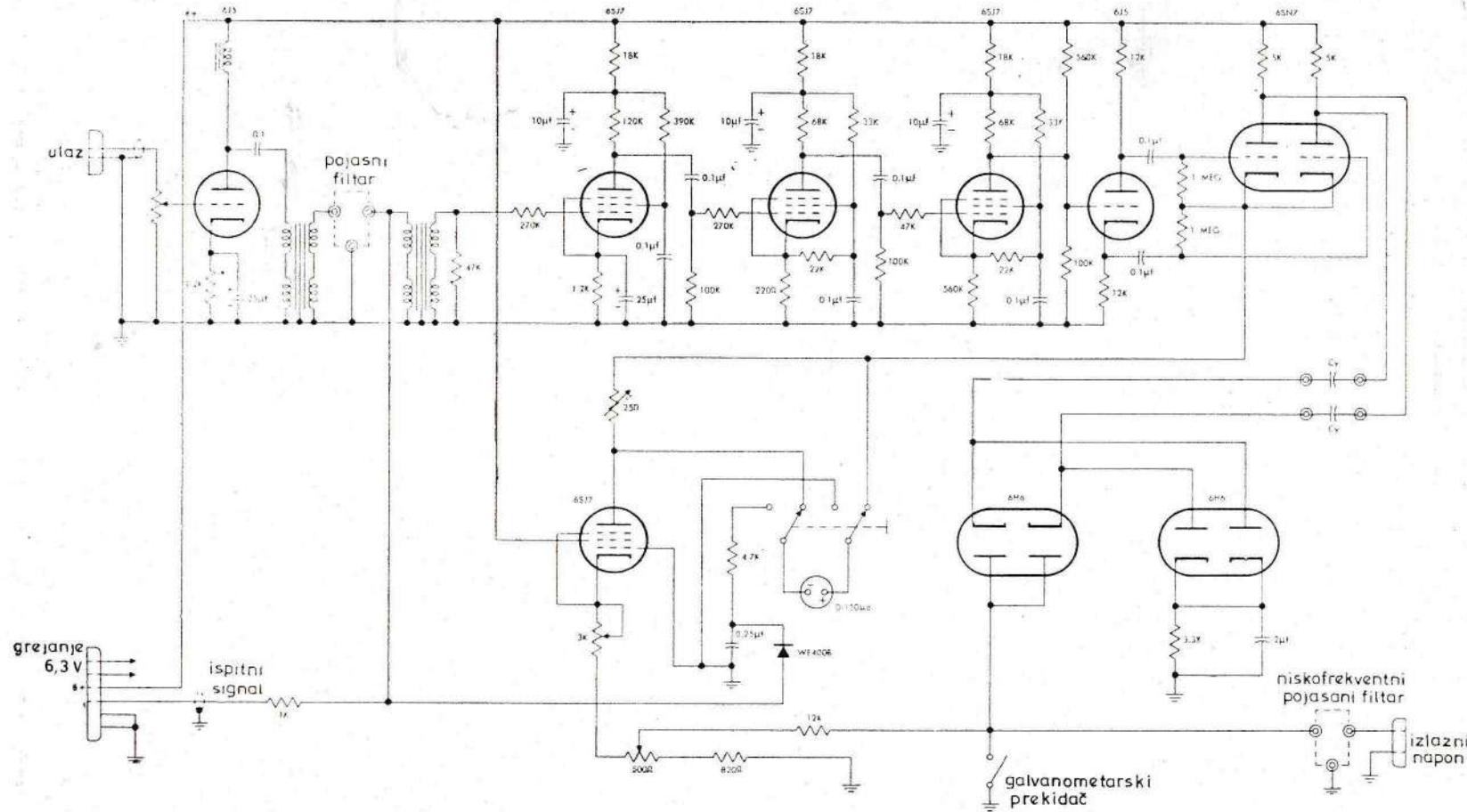
Univerzalni brojač i vremenski mehanizam »berkli« koji se primjenjuje u postupku baždarenja predstavlja, u stvari, brojač ciklusa. Svaka učestanost za baždarenje meri se, naime, brojanjem ciklusa u vremenskom intervalu od 1 do 10 sekundi. Tačnost instrumenata iznosi ± 1 brojanje. Interval brojanja odabira se tako

da ± 1 brojanje predstavlja uvek grešku koja je manja od $0,5\%$ od $\pm 7,5\%$ talasnog opsega noseće podučestanosti. Vremenski interval i odnos učestanosti mogu se isto tako meriti pomoću brojača »berkli«.

OSCILATORI ZA BAŽDARENJE

U sistemu za baždarenje pri telemernjenju Laboratorije za mlazni pogon, šasija oscilatora za baždarenje obezbeđuje mesto za četrnaest oscilatora sa utikačima, kao i za sva strujna kola za mešanje izlaznih napona, svih navedenih četrnaest oscilatora. Ova šasija prikazana je na slici 610. Ovde se pomešane učestanosti pojačavaju i propuštaju kroz izlaznu cev katodnog pratioca. Visina izlaznog napona za sva četiri pomešana tona iznosi 1,5 volti efektivnog napona. Ovaj izlazni napon meri se pomoću ugradenog cevnog voltmetra. Izvor napajanja daje 200 volti pri 200 miliampera regulisane snage oscilatorima sa utikačima i ostalim strujnim kolima.

Oscilator za baždarenje za svaki kanal postavljen je na sopstvenu šasiju sa utikačima. Oscilatori su električki i mehanički i jednaki su u svemu, sem u svom usaglašenom strujnom kolu. A svako usaglašeno strujno kolo, ope-



Sl. 612 — Niskofrekventni diskriminatorski blok

predstavlja posebni blok sa utikačem za odgovarajući oscilator. Ovakva konstrukcija obezbeđuje da se mogu brzo zameniti pojedini blokovi u slučaju kvara. Po jedan takav blok za svaki kanal drži se uvek u rezervi, pa je zahvaljujući tome nepotrebno da se ceo zemaljski uređaj za telemerenje rastavlja da bi se opravio jedan jedini oscilator.

U svakom oscilatoru koristi se modifikovano tranzitronsko kolo (slika 611). Ovo usaglašeno strujno kolo pokazalo se sasvim stabilnim pri napajanju regulisanim naponom grejanja i pri napajanju anodnim naponom od 200 volti. Kada je pravilno podešeno, ono obično nema nekih izobličenja. Ovo usaglašeno strujno kolo je rezonantnog RLC tipa: ono raspolaže rezonantnom učestanošću koja se može menjati u širokim granicama, u zavisnosti od veličine otpora postavljenog u svakoj njegovoj grani. Lako se postižu promene učestanosti od $\pm 7,5\%$. Tri potenciometra od po 1000 oma obezbeđuju, po želji, laku promenu učestanosti na visoki, srednji i niski opseg.

Kao i kod svih oscilatora, harmonijsko izobličenje u obliku izlaznog talasa javlja se zbog toga što kod cevi nastaje efekat ograničenja amplitude. Drugi harmonik (a u manjem stepenu i treći) nepoželjni su u jednom frekventno modulisanom sistemu, pošto ovakvi harmonici izazivaju izbijanje u kanalima visoke učestanosti. Kod tranzitronskih oscilatora postoje kako parni tako i neparni harmonici. I jedni i drugi mogu se znatno smanjiti podešavanjem anodnog otpornika, tako da oscilator radi oko odgovarajućeg dela svoje karakteristike s negativnim otporom.

Ovo podešavanje izvodi se na »srednjem postavljanju« (osnovnoj učestanosti) na taj način što se svaki oscilator ispituje sasvim nezavisno od svih ostalih oscilatora. Da bi se to postiglo, svi se oscilatori, osim onog koji se ispituje, iskopčavaju. Anodni napon napajanja postavlja se na tačno 200 volti. Potom se, korišćenjem analizatora učestanosti Hjulet-Pakard, zvučnog panoramaskopa ili sličnog uređaja, podešava promenljivi anodni napon (potenciometar 50 K) sve dok se nepoželjni harmonici (obično drugi harmonik) ne smanji na minimum.

Treći harmonik se takođe smanjuje spajanjem kondenzatora »Cx« (dela usaglašenog strujnog kola sa utikačima prikazanog na slici 611) na izlazu oscilatora. Uticaj kondenzatora je takav da obrazuje RC filter zajedno sa izlaznim strujnim kolom sa visokom impedancijom, te oslabljuje treći harmonik ne utičući znatnije na osnovni harmonik.

Nivo izlaznog napona svakog oscilatora za baždarenje normalno se postavlja na 0,4 volta

efektivnog napona na izlazu pojačavača za baždarenje.

Prekidač za baždarenje primenjuje se za prekopčavanje učestanosti svakog oscilatora na visoku, srednju i nisku učestanost. On se nalazi na sredini kontrolne ploče. Svi oscilatori uključuju se istovremeno. Osim toga, ovaj prekidač obrtnе vrste, koji ima dvadeset priključaka u pet položaja, spaja prijemnik sa sistemom. Prijemnici su uključeni kada je prekidač u jednom ili drugom krajnjem položaju. U tri srednja položaja, pak, uključen je u sistem jedan oscilator za baždarenje koji daje, po želji, visoku, srednju ili nisku učestanost.

DISKRIMINATORSKI BLOKOVI

Diskriminator ili detektor učestanosti potreban je za pretvaranje pomešanih audionih učestanosti sa izlaza prijemnika ili sa oscilatora za baždarenje u struje koje se menjaju zavisno od promene učestanosti u svakom kanalu.

U sistemu Laboratorije za mlazni pogon (JRL) svaki diskriminator sa svim pripadajućim sastavnim delovima postavljen je u posebni blok sa utikačima. Svaki takav uređaj sa utikačima sadrži pojačavač za odvajanje, pojASNi filter, stepen za ograničavanje, posebno konstruisani diskriminator i filter izlaznog napona (slika 612).

Diskriminatorski blokovi se podudaraju kako mehanički, tako i električki, izuzev frekventno-osetljivih sastavnih delova (pojasni filtri, dva diskriminatorska kondenzatora i niskofrekventni izlazni pojASNi filter) koji predstavljaju posebne uređaje sa utikačima. Kao i kod oscilatora, ova konstrukcija omogućuje brzu zamenu neispravnih delova bez isključivanja celog sistema. Takođe se i diskriminatorski blok sa utikačem može lako prilagoditi ma kojem kanalu ubacivanjem odgovarajućih frekventno osetljivih sastavnih delova.

Osobine ovih blokova pokazale su se zadovoljavajućim. Njihovo ukupno odstupanje učestanosti iz svih razloga manje je od $0,5\%$, a njihova nelinearnost manja od $0,25\%$.

Sa izlaznom impedancijom između 0 i 1500 oma, blok radi kao generator stalne struje sa unutrašnjom impedancijom od 15.000 oma. Ovo obezbeđuje dobru linearnost u širokom opsegu promene impedance ulaznog i izlaznog strujnog kola. Blok takođe dozvoljava upotrebu mnogo različitih tipova instrumenata za beleženje, bez posebnih delova za podešavanje impedance, a bez znatnijih promena u indiciranim izlaznim naponima bloka.

Kao što je prikazano na slici 612, strujno kolo ovog niskofrekventnog diskriminatorskog bloka obuhvata jedan ulazni pojačavački stepen koji se koristi triodom 6J5. Trioda 6J5 odvaja pojasnji filter iz nje od ulazne linije koja dovodi pomešane audione učestanosti noseće po- dučestanosti.

Jedan potenciometar u strujnom kolu rešetke cevi 6J5 određuje nivo ulaznog signala.

Izlazni napon sa cevi 6J5 vodi se kroz jedan transformator koji podešava anodni otpor cevi s ulaznom impedancijom pojasnog filtra od 500 omu. Pošto ovaj transformator nije u stanju da propusti anodnu struju cevi, stepen se otočno napaja preko prigušnog kalema. Prigušni kalem se primenjuje pre nego otpornik, sa ciljem da se postigne veći stepen pojačanja (pojačanja na- ponu) iz ovog stepena.

Pojasni filter je, u stvari, posebno konstruisan filter sa konstantnim električnim veličinama koji radi na nivou 0 dB (6 milivata pri opterećenju od 500 omu), sa unutrašnjim gubi- cima manjim od 3 dB pri minimalnom slablje- nju. Odziv je ravan u opsegu 3 dB duž pojasa učestanosti sa najmanje 30 dB slabljenja na bli- žoj ivici susednih talasnih opsega. To znači da unutar pojasa učestanosti slabljenje ma koje učestanosti kanala između $\pm 7,5\%$ od osnovne učestanosti nikada nije veće od jedne polovine. Međutim, učestanosti odmah izvan granica ta- lasnog opsega mogu biti oslabljene na jedan hiljaditi deo njihovog normalnog nivoa.

Da bi se pokazalo da 30 dB predstavljaju odnos u snazi od 1000 : 1, ima se:

$$30 \text{ dB} = 10 \log \frac{P_1}{P_2},$$

$$\log \frac{P_1}{P_2} = 3,$$

$$\frac{P_1}{P_2} = 1000.$$

Prema tome, 30 dB znači da je P_1 1000 puta veće od P_2 , odnosno da je P_2 jednako $\frac{1}{1000}$ od P_1 . Slabljenje od 30 dB znači, dakle, izlaznu snagu od $\frac{1}{1000}$ ulazne snage.

Izlazni napon filtra usaglašava se sa strujnim kolom rešetke sledećeg stepena (ograničavača 6SJ7) preko voda od 500 omu koji vodi ka transformatoru za usaglašavanje rešetke.

Izabrani audiofrekventni signal, koji se obično postavlja na nivou od 0,4 volta, pojačava se

putem tri stepena za ograničavanje koji se korište pentodama 6SJ7 sa oštrim odsecanjem koje rade kao preopterećeni pojačavači. Preopterećeni pojačivači, naime, pojačavaju i odsecaju sinusno-talasni izlazni napon filtra u kvadratne talase. Dobitak pri pojačavanju ova tri pojačavačkoograničavačka stepena dovoljan je da proizvede izlazni napon u obliku kvadratnih talasa na osnovu ma kakvog ulaznog signala sa amplitudom počev od oko 0,02 do 2 volta.

Iza ograničavačkih stepena sledi novo strujno kolo zasnovano na sistemu sa konstantnom strujom. U osnovi, to je strujno kolo koje generiše struju, osetljivo na promene učestanosti, i koje raspolaže izvesnim prednostima u odnosu na obični Foster—Siljev diskriminator. Strujno kolo upotrebljava dvojnu triodu 6SN7 koja radi kao protivtaktni elektronski prekidač. Izlazni napon sa ograničavača uzima se sa anode triodnog obrtača faze 6J5, a spregnut je za rešetku jednog dela protivtaktne prekidačke cevi 6SN7. Isti napon, ali fazno pomeren za 180° , spregnut je sa katode cevi 6J5 za rešetku drugog dela cevi 6SN7.

Jedna cev 6SJ7, korišćena kao cev sa konstantnom strujom, ograničava struju kroz svaku polovinu dvojne triode 6SN7 na željenu vrednost određenu podešavanjem promenljivog otpornika za prednapon katode (potenciometar 2,5 ili 3 K) u katodnom strujnom kolu cevi 6SJ7.

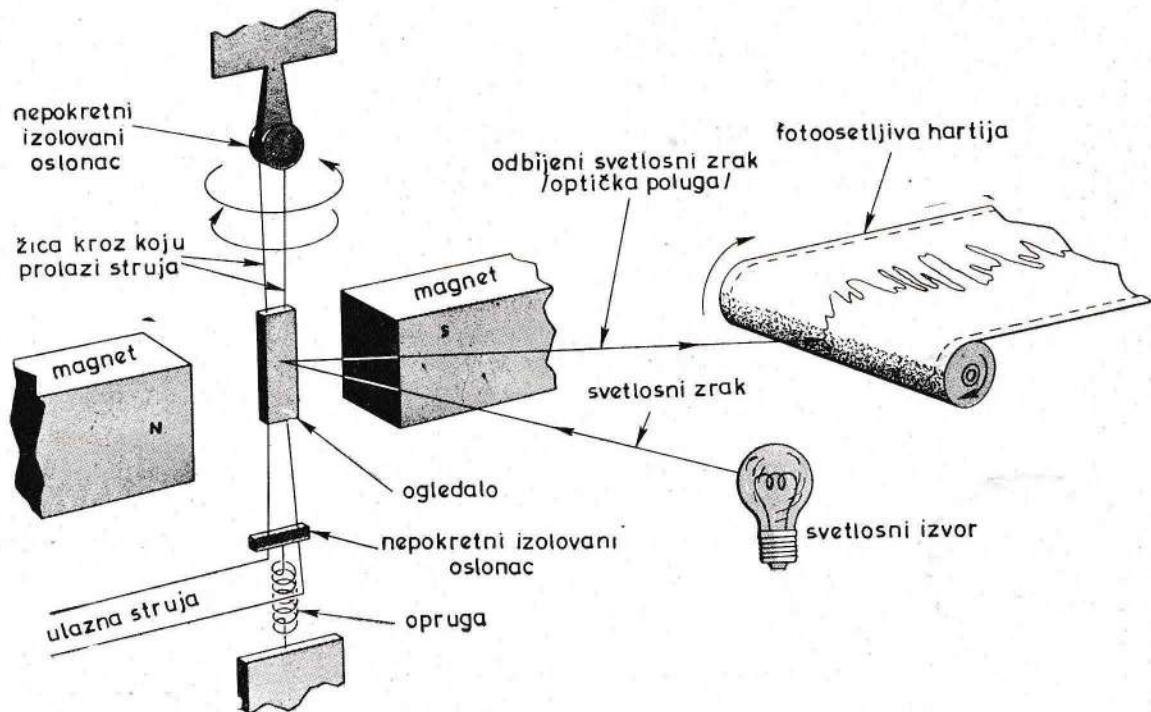
Svaka polovina cevi 6SN7 naizmence provodi struju stalne amplitude. Kondenzatori (Sy) u anodnim strujnim kolima 6SN7 naizmence se punе i prazne strujom stalne maksimalne vrednosti. Struja kojom se puni kondenzator sastoji se od niza odvojenih impulsa, od kojih svaki raspolaže stalnom maksimalnom jačinom struje. Broj ovih impulsa u jedinici vremena predstavlja linearnu funkciju učestanosti, odnosno ulazni napon proizvodi određeni broj impulsa u jedinici vremena:

$$N = \frac{F}{T}$$

Strujni impulsi se ispravljaju pomoću ispravljača sa mostom koji se koristi dvema dvojnim diodama 6H6 i izlazni napon se filtrira i dovodi do jednog galvanometra ili nekog drugog uređaja za pokazivanje.

Izlazni napon mosta sastoji se od velike komponente jednosmerne struje na koju se superponiraju male promene struje koje predstavljaju učestanost.

Da bi galvanometar radio blizu mehaničke nule, kompenzaciona struja, koja se dobija iz otpornika od 500 omu u katodnom strujnom kolu cevi 6SJ7 za napajanja konstantnom strujom, propušta se kroz otpornik od 12.000 omu



Sl. 613 — Dvožični galvanometarski pisač

do galvanometra nasuprot izlaznom naponu mosta.

Ovo strujno kolo se postavlja paralelno izlaznom naponu mosta i zato povećava njegovo opterećenje. Stoga je potrebno održavati visoku otpornost ovog kompenzacionog strujnog kola, ako se želi da regulacija struje bude dobro održavana. Pošto je kompenzaciona struja deo petlje sa konstantnom strujom, zajedničke promene srednje vrednosti kompenzacione struje i signalne struje su jednake i međusobno suprotne. Na taj način nulti položaj galvanometra ostaje nepromenljiv. Da bi galvanometar radio na osnovnom potencijalu, kompenzaciona struja se dobija iz katodnog strujnog kola cevi sa konstantnom strujom 6SJ7 a ne sa anode. Kako zaštitna rešetka ove cevi privlači struju koja nije deo regulisane struje, postoji mala razlika između signalne struje dobijene od anode i kompenzacione struje uzete sa katode, ali je ova razlika zanemarljiva s obzirom na mali iznos struje sa ekrana.

Ispravljač sa mostom služi se cevima 6H6 mesto kristalnim diodama da bi se sprečila velika skretanja struje prouzrokovane promenama u direktnom i obratnom otporu kristalnih dioda. Naime, promene direktnog i obrnutog otpora kristalnih dioda nastaju kada diode rade pod promenljivim temperturnim uslovima.

Elektronske cevi, pak, vrste 6H6 slobodne su od takvih efekata, ali su zato veoma osetljive na napon grejanja kada se koriste na ovaj način. Ova osetljivost nastaje usled kompenzacione struje koja protiče kroz most paralelno sa galvanometrom za vreme ovog dela ciklusa.

Sa promenom otpornosti mosta, nastalom usled promena u naponu grejanja, menja se i galvanometarska struja, izazivajući na taj način skretanje.

Ova tendencija suzbija se pomoću povišenja potencijala kraja mosta u odnosu na zemlju na oko 1 volt, pomoću kondenzatora od $2 \mu\text{F}$ i otpornika od 3300 om. Ovaj napon dovoljan je da spreči proticanje kompenzacione struje kroz most. Slično povišenje potencijala mosta sa kristalnom diodom ne utiče nikako na temperaturno skretanje.

U strujno kolo sa konstantnom strujom uključen je obično jedan ampermetar od 150 mikroampera. Ovaj merač služi kao pokazivač struje i njegovo pokazivanje ukazuje na osetljivost kanala.

Kada se pritisne prekidačko dugme ispod ampermetra, prekidačko kolo se zatvara i ampermetar pokazuje visinu signala na izlazu sa pojasnog filtra. Ovaj napon dobija se takođe preko čepa za snagu, za svrhe ispitivanja učestanosti i talasnog oblika.

Jedan prekidač za kratko spajanje galvanometra uključen je takođe u izlazni deo diskriminatorskog bloka da bi se olakšala podešavanja oscilatora.

Izvor napajanja za diskriminatorski blok predstavlja u polici ubačen komercijalni izvor napajanja »Lambda, model 8«. Ovim napajanjem obezbeđuje se da izlazni napon bude regulisan na 300 volti i 100 miliampera. Jedan takav izvor napajanja daje napon za dva diskriminadora.

Napon grejanja diskriminatora predstavlja kritičan problem. Ako se primenjuje manje od 6 volti, na izlazni napon diskriminatora znatno utiču promene napona grejanja. Preko 6 volti, diskriminator je, opet, sasvim neosetljiv na male promene u naponu. Da bi se obezbedio odgovarajući napon grejanja, primenjuje se posebni transformator od 7,5 volti za svaki diskriminator, da bi se imalo najmanje 6 volti na krajevima cevi. Napon se održava na 6 volti pomoću jednog reostata u primarnom strujnom kolu svakog transformatora.

Da bi se obezbedila stabilnost napona grejanja, upotrebljava se regulator napona »sorenson« uz izvor od 110 volti naizmenične struje.

KONTROLISANJE POKAZIVANJA GALVANOMETRA

Elastično predstavljanje podataka zahteva određeno sredstvo za kontrolisanje pokazivanja galvanometra. Na ovaj način usaglašava se izlazni napon diskriminatora za telemerenje kroz filter, sve do galvanometra. Za to obično služe galvanometri »konsolidjetig endžiniring 7-212« ili njima slični.

Usaglašavanjem na ovaj način poboljšavaju se karakteristike galvanometara pri iskopčavanju i kontroliše pokazivanje učestanosti sistema, a pri tom se ne utiče na pokazivanje jednosmerne struje ili na amplitudnu osetljivost svakog kanala.

Diskriminatori, oscilografi i galvanometri raznih konstrukcija i vrsta imaju različite karakteristike, ali se svi oni podešavaju po istim principima, samo se razlikuju sastavni delovi strujnih kola za usaglašavanje filtra (filtri se usaglašavaju da bi odgovarali zahtevima opreme koja se primenjuje).

Smatrajući diskriminator kao generator konstantne struje (ili konstantnog napona) čija se struja moduliše svojom ulaznom učestanošću, spoljne karakteristike diskriminatora sa konstantnom ulaznom učestanošću mogu se predstaviti kako je prikazano na dijagramu (sl.614).

Promena učestanosti pomera naviše ili nani-

že celu krivu. Kao što je ovim dijagramom prikazano, opterećenje može da dostigne i 1500 oma bez znatnog smanjenja izlazne struje. Ukoliko se kao opterećenje koristi veći otpor, izlazni signal može da postane nelinearan u odnosu na ulaznu učestanost zahvaljujući efektu odbijene impedance u odnosu na izvor.

Karakteristike galvanometra »Konsolidjetid endžiniring 7-212«, predstavljene sledećim dijagramom (slika 615), pokazuju, da je najveće ravnopokazivanje dobijeno na oko 60 herca, pomoću prigušnog otpornika od 350 oma. Smanjeno frekventno pokazivanje može se postići umanjivanjem prigušnog otpornika na manje od 100 oma. Veće prigušivanje znatno ne smanjuje pokazivanje, ali zato mnogo umanjuje njegovu osetljivost na jednosmernu struju.

Krive imaju karakteristike slične karakteristikama niskofrekventnog filtra, ali one omogućuju veće pokazivanje na 500 do 1000 herca. Na žalost, šum u obliku ulazne učestanosti diskriminatora i njegovi drugi harmonici pojavljuju se i na izlazu diskriminatora. Ove učestanosti kreću se između 500 i 1000 herca za najniži kanal za telemerenje.

Zbog toga je neophodno da se poboljšaju karakteristike pri iskopčavanju galvanometra, pošto se sekundarne rezonance (harmonici) pojavljuju i na mnogo višim učestanostima nego što su 500 i 1000 herca, a ove rezonance izazivaju izvesno pokazivanje na nekim tačkama pri višim opsezima za telemerenje, osim ako nisu uklonjene drugim filtriranjem.

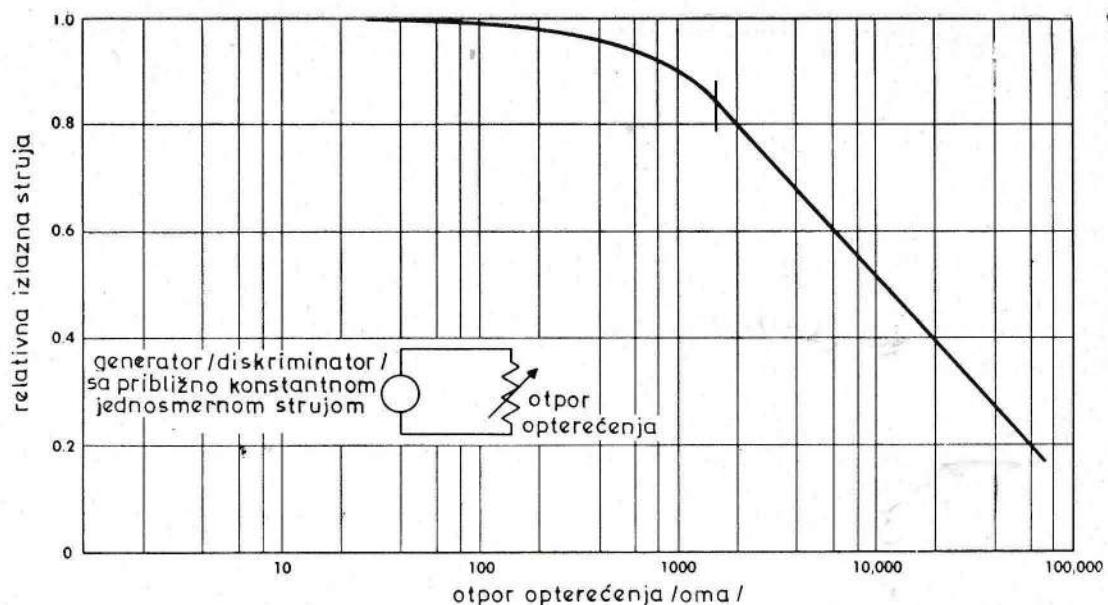
Filtar koji spaja diskriminator i galvanometar ima tri zadatka:

1. da poboljša karakteristike učestanosti galvanometra na tri niža talasna opsega;
2. da filtrira sve učestanosti koje bi mogle da pobude galvanometar na svakoj od njegovih tačaka sekundarne rezonance;
3. da smanji osjetljivost galvanometra kada se želi sniziti pokazivanje galvanometra ispod onog koje se može postići pomoću jednog prigušnog otpora od 100 oma.

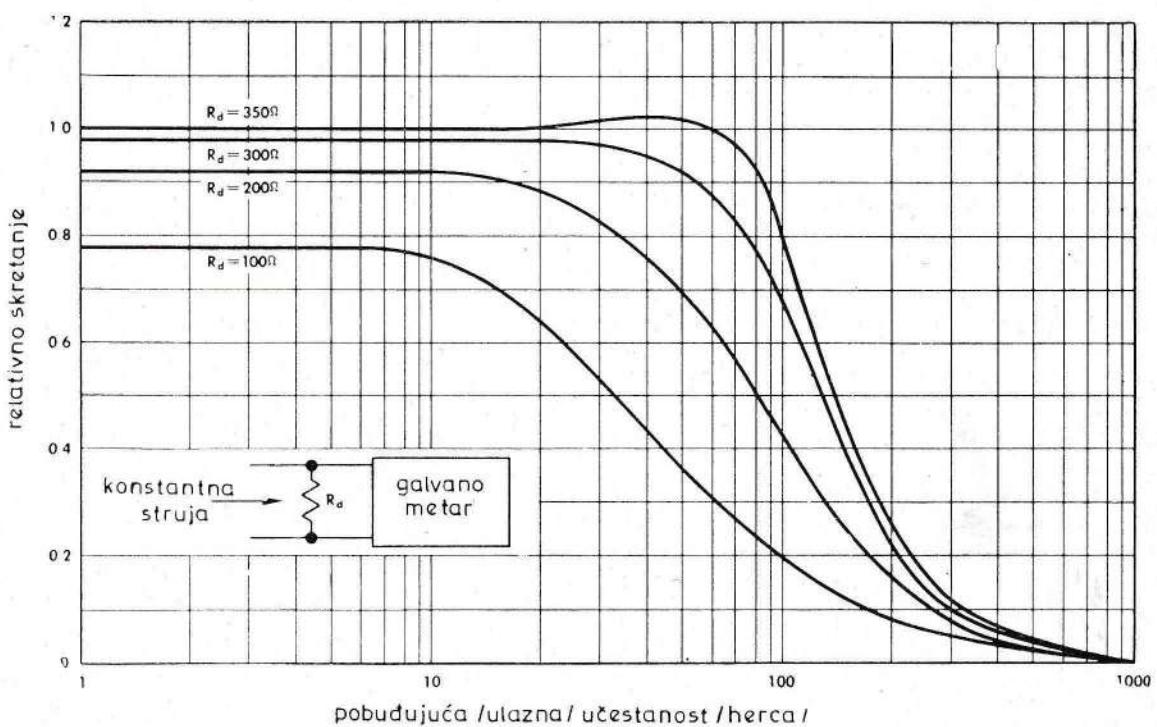
Sve ove karakteristike treba da se postižu sa najvećom mogućom izlaznom strujom za galvanometar. Osim toga, svi filtri moraju da daju istu struju galvanometra za skretanja učestanosti u granicama talasnog opsega, bez obzira na učestanost opsega.

Filtar mora biti tako konstruisan, da diskriminator radi sa impedancijom od najviše 1500 oma, dok galvanometar ima potrebnii prigušni otpor.

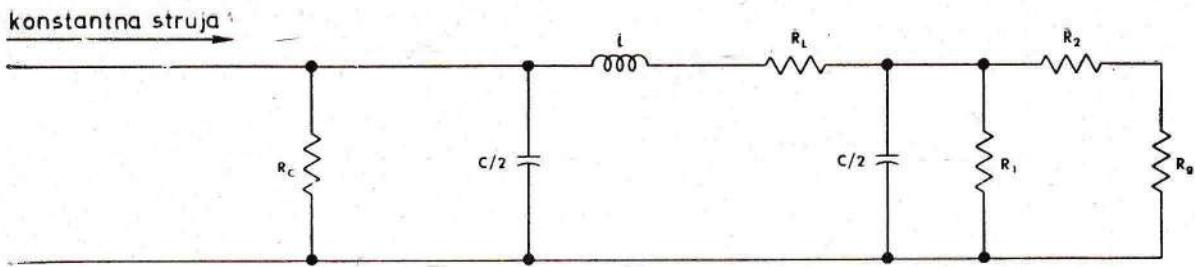
Ovi zahtevi mogu biti zadovoljeni filtrom konstruisanim na odgovarajući način, sličnim



Sl. 614 — Karakteristike izlaza diskriminatora pri konstantnoj ulaznoj učestanosti



Sl. 615 — Karakteristike galvanometra »Konsolidejtid 7-212« sa prigušnim otporom pri konstantnoj struci



Sl. 616 — Filter sa konstantnim »k« opšteg tipa i strujno kolo galvanometra

opštem filterskom strujnom kolu kakvo je prikazano na slici 616.

Prikaz načina na koji se konstruiše filter nalazi se van okvira ove knjige. Njihova specifična funkcija slična je, međutim, radu jednog uređaja za podešavanje impedance koji raspolaže željenim karakteristikama odsecanja učestanosti.

POMOĆNA OPREMA ZA PRETVARANJE PODATAKA

Osim galvanometarskih oscilografskih pisača i magnetofona, primenjuju se i drugi pomoćni uređaji i strujna kola za pretvaranje podataka i njihovu procenu.

Određivanje jačine polja primljenih signala. Poznavanje jačine polja primljenog signala korisno je za određivanje da li sistem radi kako treba. Za tu svrhu стоји na raspolaaganju struja rešetke sa prve ograničavajuće cevi. Za tu svrhu se propušta struja kroz jedan miliampermetar postavljen na podnožju antene, ili u blizini antene, tako da pokazivanje ampermetra može da posluži kao putokaz za usmeravanje antene.

Pošto je izvršeno potrebno slabljenje, struja se dalje propušta kroz galvanometar u oscilografu »Konsolidejtid endžiniring«, da bi se beležili i njena jačina i ostali podaci.

Kriva koja pokazuje jačinu polja baždari se unošenjem signala poznatih nivoa iz pogodnog signalgeneratora na utikač antene prijemnika. Prigušivač galvanometra podešava se tako da daje odgovarajuće skretanje za visoki nivo signala. Zatim se beleži različiti nivoi sa ciljem da se obezbede podaci o odnosu skretanja prema jačini signala.

Obezbeđivanje vremenskih signala. Zemaljske stанице na opitnom poligonu mogu da obezbede i vremenske signale za sve uređaje koji se ovde primenjuju. U opštem slučaju, stoje na raspolaaganju impulsi u vremenskom razmaku od 0,5 sekundi i šifrovani impulsi na svakih 10 sekundi. Obe ove vrste impulsa mogu se beležiti na svakom oscilografu.

Postizanje čitljivih vremenskih znakova. Da bi se postiglo da vremenski znakovi budu čitljiviji i pri manjim brzinama kretanja papirne trake koja se primenjuje, impulsi se integriraju ili produžavaju u impulsnom pojačavaču prikazanom na slici 617.

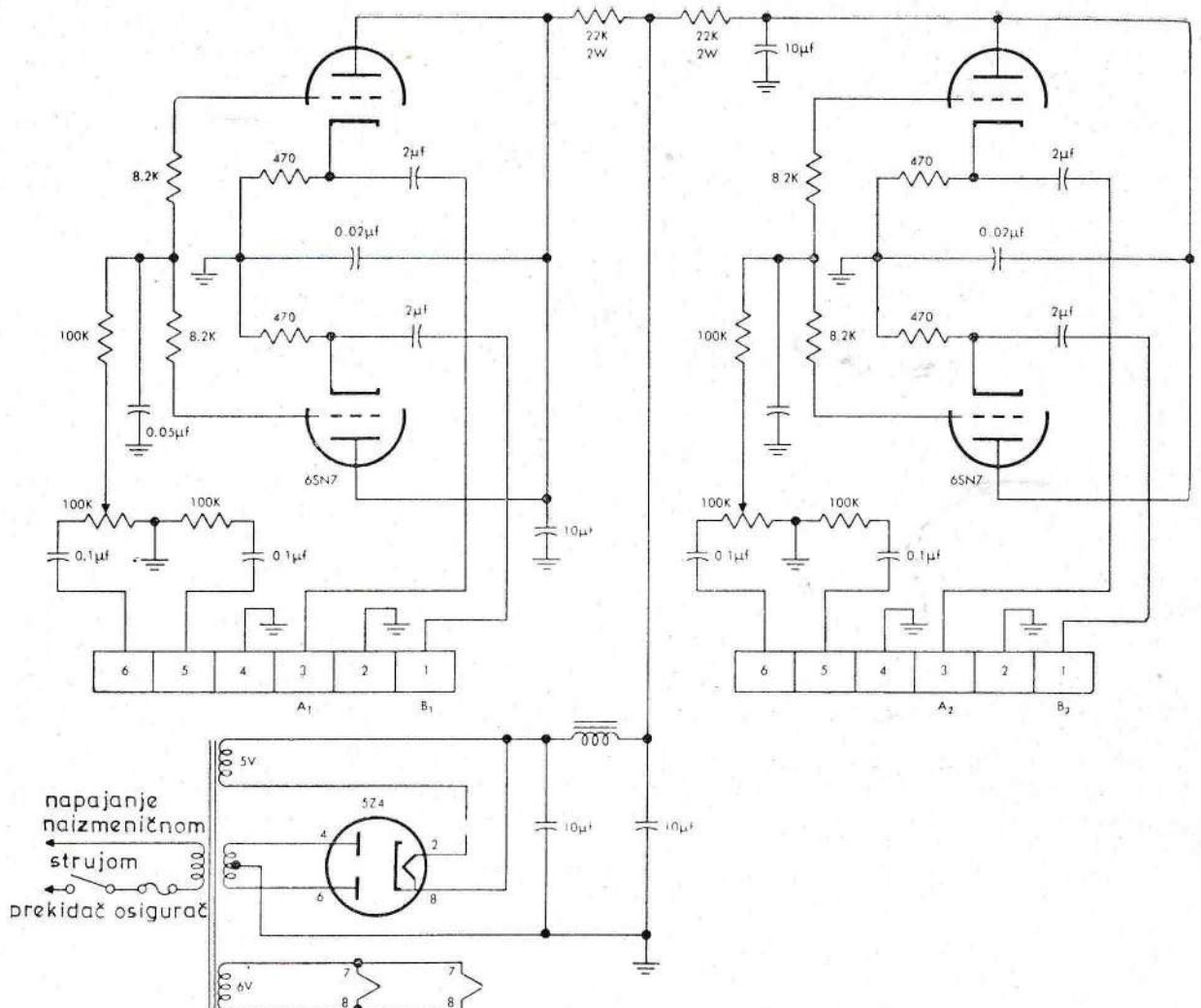
Ovaj pojačavač služi i za izolovanje galvanometra od telefonskog voda preko koga se prenose vremenski signali. Na takav način, visoki napon u vodu, izazvan gromom ili nekim drugim razlozima, ne može da stigne do galvanometra sa visinom dovoljno velikom da ga ošteti.

Osim spoljnog vremenskog podešavanja, mogu se stvarati i impulsi s niskom impedancijom od 6 volti koji se daju svake sekunde sa ciljem da se označi za sve podatke, uključujući i one koji se beleži i drugim sredstvima osim onih za telemerenje. Ovi impulsi koriste se, na primer, za pokazivanje trenutka opaljenja i polletanja. Za vreme leta, opet, ovi impulsi direktno se beleži na svakom oscilografu. Oni se, takođe, beleži i na svakom magnetofonu kao skretanje učestanosti kanala za telemerenje sa učestanostju od 40 kiloherca.

Uz ovu pomoćnu opremu koristi se jedan naponski oscilator sa elektronskom cevi s reaktivnim otporom. Označavanje signala reprodukuje se na oscilografu pomoću diskriminadora sličnog onome koji je ranije opisan. Diskriminator za označavanje, međutim, ne mora da zadovoljava stroge zahteve za tačnošću kao kod diskriminatora podataka. Stoga je diskriminator za označavanje znatno jednostavniji.

Dobijanje tačnih učestanosti. Niz tačnih učestanosti potrebnih za pravilan rad zemaljskih uređaja za telemerenje može se dobiti pomoću jednog komercijalnog standarda kao što je »Amerikan Tajm Prodakts Standard 2121A-2.«

Raspoloživi izlazni naponi imaju 1000 i 240 herca sa visokom impedancijom. Oni daju i jedan izlaz od 60 herca, 110 volti i 10 vati, za pokretanje oscilografskih motora za vremenske signale. Izlazni signal od 240 herca služi kao referentna učestanost za magnetofone. Izlazni



Sl. 617 — Shema jednog impulsnog pojačavača

signal, pak, od 1000 herca primjenjuje se za standard za učestanost na osnovu koje se baždare druge učestanosti. Ovo strujno kolo podešeno je tako da poboljša talasni oblik izlaznih napona za učestanošću od 240 i 1000 herca, a potenciometar za dobitak u pojačavanju dodat je da bi se regulisao nivo izlaznog napona sa učestanošću od 1000 herca.

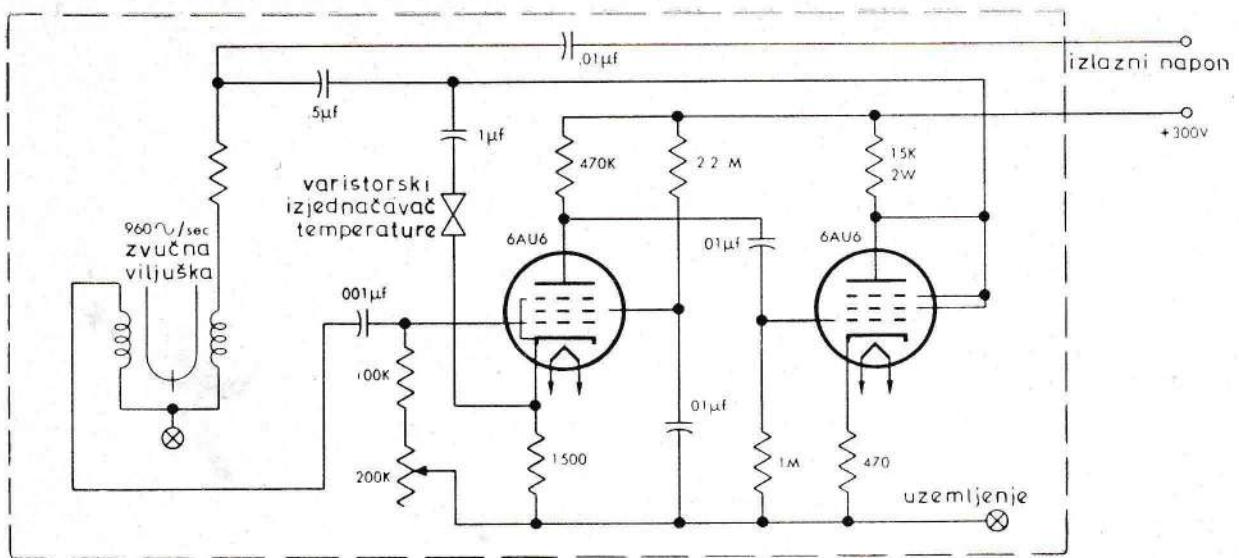
Ovde postoji i prekidač koji omogućuje da se izlazni napon s učestanošću od 60 herca i 10 vati reguliše pomoću zvučne viljuške ili nekog spoljnog izvora sa učestanostima od 240 herca.

U opštem slučaju, da bi se dobili standardi za učestanost, primjenjuje se jedna zvučna viljuška sa izvesnom osnovnom učestanošću, kao, recimo, od 240 ili od 960 herca. Treperenjem zvučne viljuške može se izazvati promena magnetskog otpora jednog paralelnog oscilatornog

strujnog kola. Ili se ona može upotrebiti za pokretanje multivibratorskog strujnog kola, odnosno niza umnožavača učestanosti ili strujnih kola za deljenje učestanosti. Umesto zvučne viljuške, mogu se, takođe, primeniti, u izvesnim slučajevima, i kristalom kontrolisani oscilatori sa odličnim stabilišućim karakteristikama za standarde za učestanosti.

Pomoćni oscilator, primjenjen zajedno sa konvencionalnim osciloskopom sa katodnom cevi, može se koristiti za merenje učestanosti pomoću Lissauovih figura. Standardna učestanost od 1000 herca iz zvučne viljuške »Amerikan Tajm Prodakts« koristi se kao referentna učestanost ili vremenska baza.

Takav oscilator naziva se interpolacionim oscilatorom. U nekim stanicama se i prepravljeni oscilator »Hjulet-Pakard Model 200 IR«



Sl. 618 — Osnovni oscilator standarda učestanosti za vremensku bazu od 960 herca
»Amerikan Tajm Prodakts« (tip 2001-2)

upotrebljava za interpoliranje učestanosti podataka, kao i za izvor ispitnih signala za baždarenje opreme.

Međuveze. Za ostvarivanje međuveza između zemaljskih prijemnih stanica i s njima povezanih postrojenja naveliko se upotrebljavaju telefoni EE7B jedinica za vezu.

Dosad je u odnosu na unutrašnje metode instrumenata za projektilne usredsređena pažnja na sisteme za telemerenje. U sledećem odeljku govorićemo o instrumentima za neposredno beleženje koji predstavljaju drugu vrstu sredstava za prikupljanje i beleženje podataka sa optinih projektila u letu.

INSTRUMENTI ZA NEPOSREDNO BELEŽENJE

Podaci sa vođenih projektila mogu se na zadovoljavajući način prikupiti i beležiti pomoću pisača-merača ili fotografskih uređaja. Neposredno beleženje je, pri tom, najjednostavniji i najtačniji način po kome se mogu dobiti podaci o letu, ali taj način ima vrednost samo kada se spasava projektil ili njegova oprema za beleženje.

Kod nekih optinskih projektila koji se mogu spasavati, kao pomoćni uređaji, uz opremu za telemerenje, upotrebljavaju se uređaji za neposredno očitavanje koji imaju trake za grafičko ili magnetsko beleženje. Na sličan način upotrebljavaju se i fotografiski sistemi. Tako se podaci zabeleženi na traci ili filmu primenjuju za proveravanje podataka primljenih sa sistema za telemerenje. Zahvaljujući tome mogu da se odrede ne samo karakteristike projektila, već i tačnost sistema za telemerenje.

Još nisu razvijeni pogodni uređaji za neposredno beleženje one vrste podataka koja je podložna vrlo brzim promenama. Zbog toga je potrebno da se između izvora podataka i instrumenata za beleženje upotrebi neki pretvarač. Delitelji učestanosti ili brojači — smanjitelji predstavljaju primere ovakvih posredničkih veza za usporavanje podataka na neki konačan, srazmeran odnos koji se nalazi u granicama mogućnosti instrumenta za beleženje.

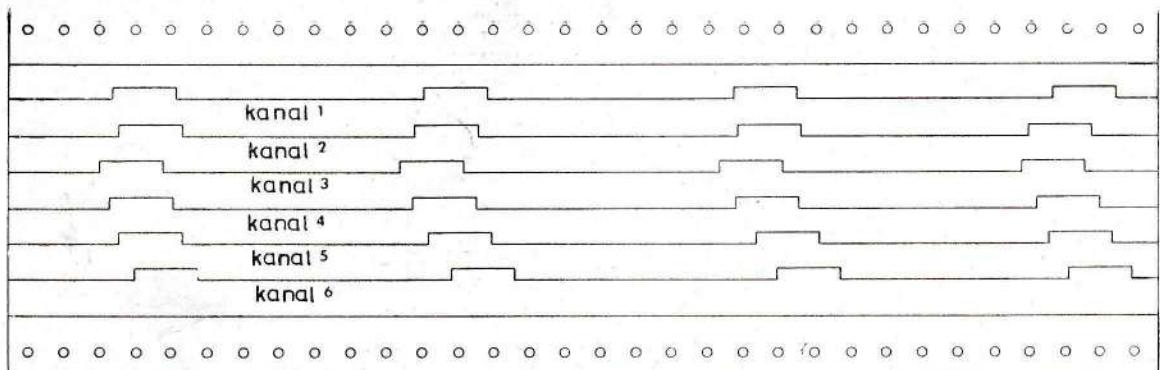
ESTERLAJN-ENGASOV RADNI PISAČ

Esterlajn — Engasov radni pisač, pogodan za upotrebu bilo na projektilu ili u zemaljskoj stanici, predstavlja vrlo često upotrebljavani vrstu pisača (slika 622). On ima četiri glavna sastavna dela: kutiju, pogon za traku, pisački sistem i elektromagnetski sklop.

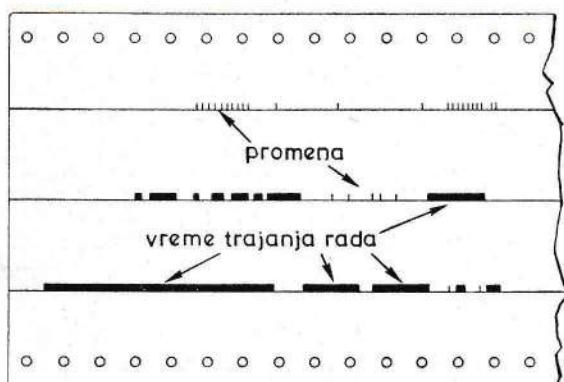
Pokretan električnim putem, ovaj instrument može da ima od 5 do 20 pera koja istovremeno beleže izlazne napone isto tolikog broja podataka sa davača greške. Podaci se uzimaju sa izvora čija su obaveštenja vrste »uključen — isključen«, i pokazuju vreme i trajanje događaja o kome se uzimaju podaci, kao i koliko se operacija ili promena događa. Mreža na traci pisača je pravolinijska, pa ova karakteristika olakšava poređenje vremena različitih beleženja.

Esterlajn — Engasova traka za pisače izrađena je od hartije sa posebnom podelom, široke oko 15 santimetara, a dugačke oko 32,5 metra. Ona se može dobiti sa oznakama za vreme duž ivica ili bez tih oznaka. Traka radnog pisača pokreće se pomoću sopstvenog opružnog satnog mehanizma, sopstvenog sinhronog električnog časovnika, spoljnog motora ili vremenskog mehanizma, kao i kombinovanjem ovih uređaja.

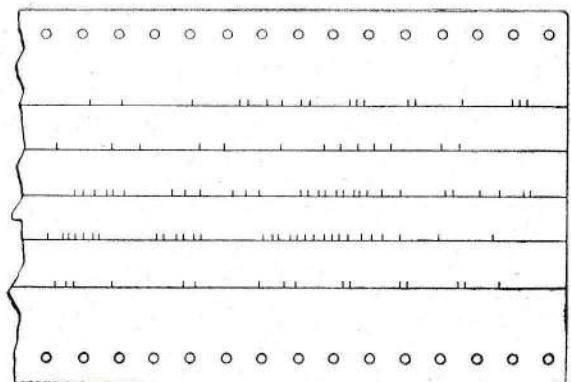
U slučaju da se vremenski razmaci moraju meriti sa tačnošću ispod jedne sekunde, koristi se brzina trake od najmanje 19 milimetara u sekundi. Brzine, pak, od 19 do 76 milimetara u sekundi omogućene su pokretanjem pomoću jednog spoljnog motora. Inače se traka obično pokreće brzinom od 19, 38 ili 75 milimetara na čas. Čim nastane neki poremećaj, traka se automatski ubrzava preko spoljnog motora, uz pomoć solenoidske spojnice, ubrzavajući odmah i spojnicu na 3600-struku vrednost koju ima pri praznom hodu. Ova velika brzina, izražena u santimetrima u sekundi, sasvim je dovoljna za tačno beleženje i takvih podataka kao što su rad brzog prekidača strujnog kola. Posle 24 sekunde rada, traka se automatski vraća na tačno dnevno vreme i nastavlja da radi normalnom brzinom.



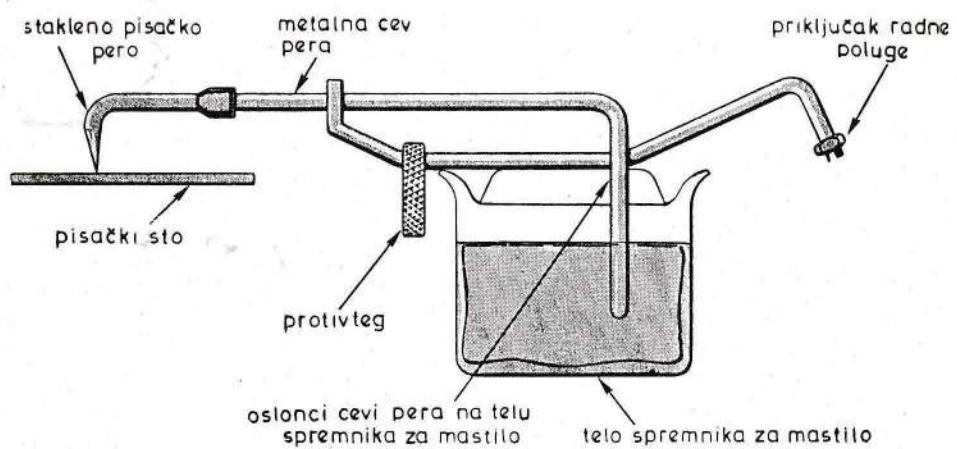
Sl. 619 — Pravougaono beleženje



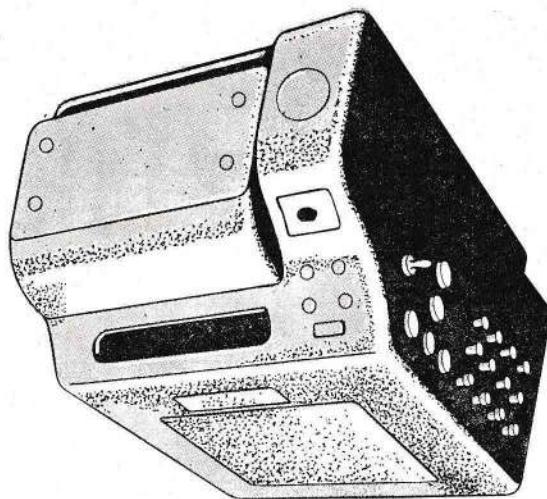
Sl. 620 — Trakasto beleženje



Sl. 621 — Impulsno beleženje



Sl. 622 — Presek pisačkog mehanizma Esterlajn-Engasovog pisača



Sl. 623 — Oscilograf »Konsolidejtid 5-114-P4«

Na traci se dobijaju tri vrste beleženja, zavisno od odnosa dužine vremena u kojem se pero napaja energijom, vremena za koje se to ne čini i brzine trake. Ove vrste su: pravougaono, trakasto i impulsno beleženje, nazvane tako prema izgledu traga na traci. U vezi sa tim treba osmotriti slike 619, 620 i 621.

Sva pera Esterlajn — Engasovog radnog pišača služe se jednim zatvorenim spremnikom za mastilo koji je konstruisan da mehanički nosi i postavlja pera u jedan red. Treba pogledati na slici 622 kako je cev pera spuštena u spremnik sa mastilom kroz otvor na njegovom poklopcu. Mali protivteg, pričvršćen na cev pera, kako je tu prikazano, pritiskuje pero na traku sa podeljcima.

Sva su pera ista po svojoj konstrukciji i stoga su međusobno zamjenljiva. Pisačka pera izrađena su od prozirnog stakla, nataknuta na srebrne cevi pera. Ova konstrukcija omogućuje vizuelno ispitivanje da li se obavlja dovod mastila, kao i laku zamenu kada je to potrebno. Ponekad se koriste i podeljeni spremnici sa mastilom, tako da jedna grupa pera može pisati crvenim, druga zelenim mastilom itd.

Pošto je otpor trenja pera o traku mali, mehanizam za pokretanje trake raspolaže sa dovoljno snage da savlada svaki otpor koji bi mogao dovesti do greške u vremenu. Pokretanje pera obavlja se popreko na pravac kretanja trake i svako pero pokretano je jednim elektromagnetskim elemenatom koji prima za to energiju od davača greške kao njenog izvora.

Svaki elektromagnetski elemenat može da prati do 10 kompletih ciklusa »uključeno — isključeno« u sekundi, pod uslovom da su pe-

riodi isključenja i uključenja otprilike jednaki. Potrebno je da postoji najmanje 0,05 sekundi vremena za koje pero prima energiju, da bi mu se omogućilo da pouzdano zapisuje. Ukoliko se pero normalno pokreće, impuls za njegovo vraćanje mora da traje najmanje 0,05 sekundi. Najjednostavniji način za pokretanje elektromagnetskih elemenata obavlja se neposrednim dovođenjem izvesnog napona.

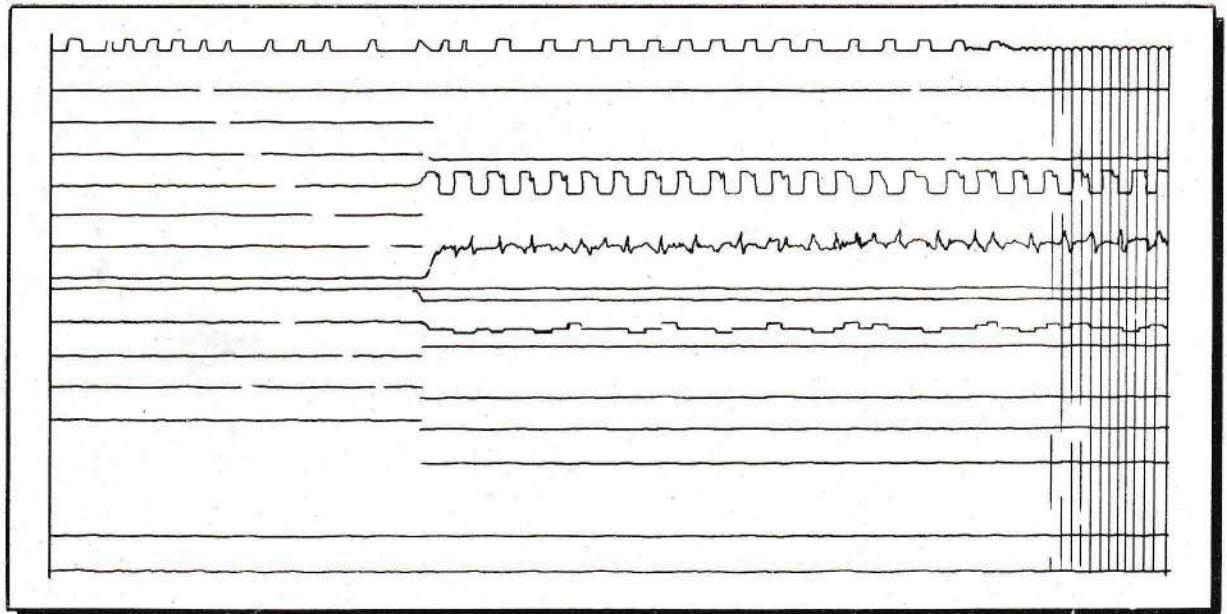
Za merenje podataka pri kojima dolazi do promena većih od 10 herca, ili do vrlo velikih opsega promene napona, instrumenti prikazane vrste nisu pogodni, stoga se moraju upotrebiti pisački oscilografi.

PISAČKI OSCILOGRAFI

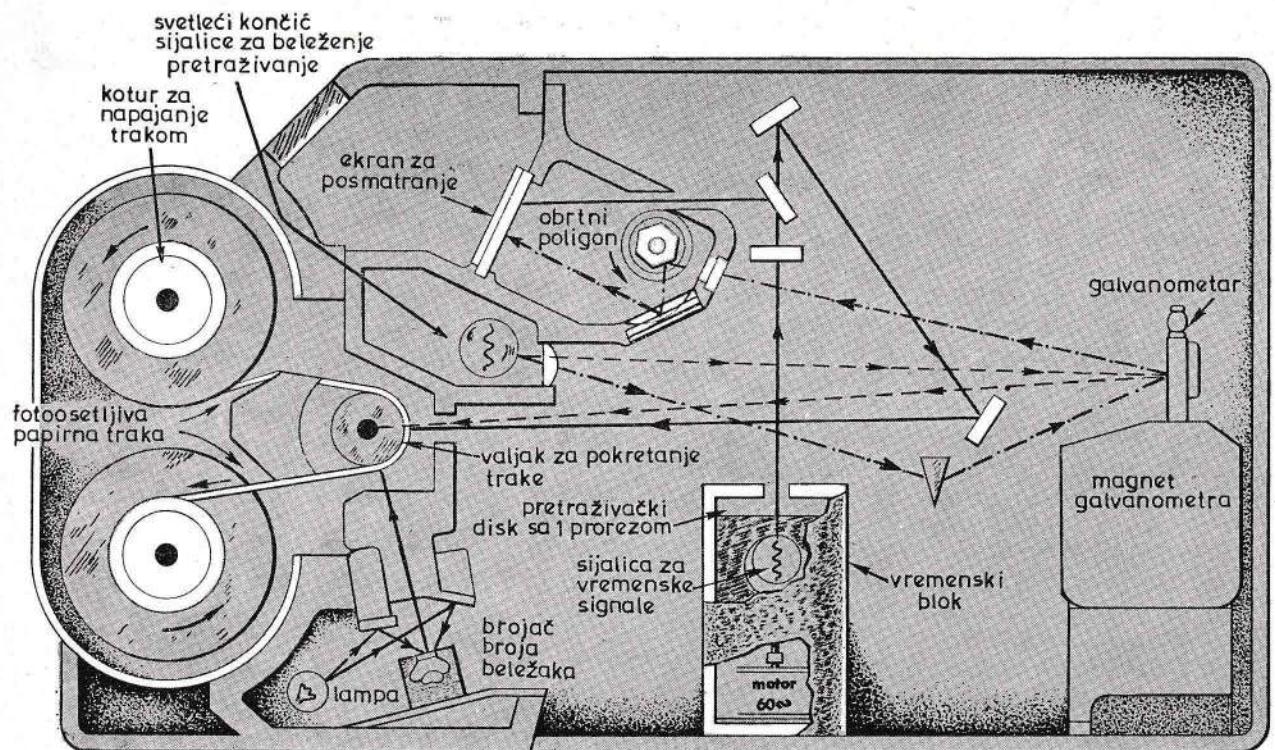
Pisački oscilograf »Konsolidejtid Endžiniring«, prikazan na slici 623, predstavlja vrstu pisačkih oscilografa koja se uveliko primenjuje. Ovaj oscilograf sadrži do 18 galvanometara za beleženje. Ovi galvanometri skreću zrak svetlosti po fotoosetljivoj traci hartije, u zavisnosti od izlazne struje sa davača greške podataka, ili sa izlaza diskriminatora kanala podataka prijemnika (slika 624). Fotoosetljiva hartija odmatava se stalnom brzinom mimo galvanometarskog svetlosnog zraka, usled toga na ovoj hartiji ostaje postojan trag (sl. 624a).

Oscilograf »Konsolidejtid« predstavlja vrlo mnogostrani instrument koji je pogodan za beleženje u telemerenju.

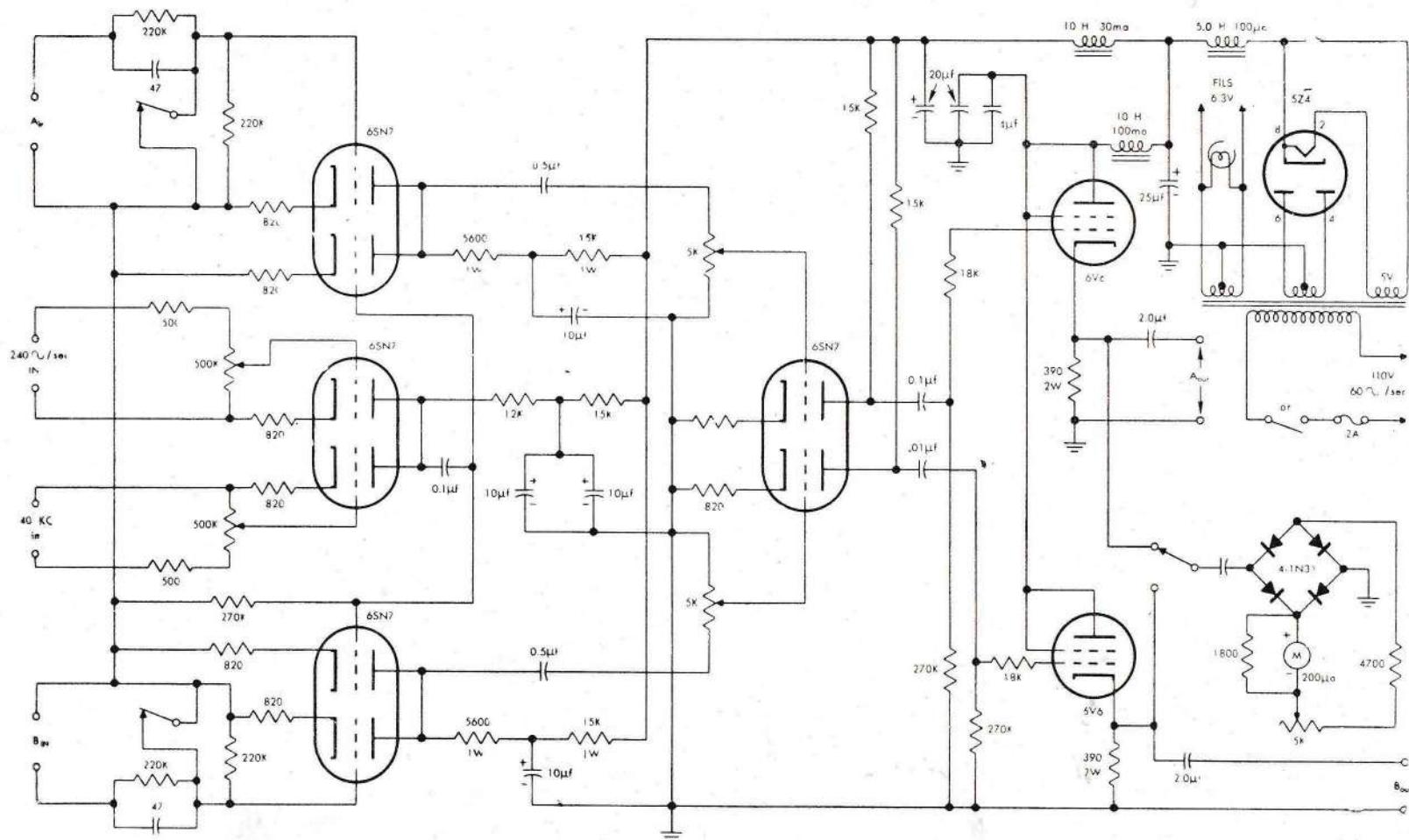
Vremenska baza za beleženje jeste brzina kretanja hartije kroz pisač. Brzina kojom se hartija kreće može da se kontinualno menja u



Sl. 624 — Beleška oscilografa »Konsolidejtid«



Sl. 625 — Pisački oscilograf



Sl. 626 — Shema sabirača »Empeks«

širokom opsegu, pa s obzirom na to da nam stoji na raspolaganju veliki izbor galvanometara, možemo da beležimo raznovrsne podatke. Mašina je tako podešena da motor koji svojim pokretanjem daje vremensku bazu dobija pogon od izvora sa tačnom učestanošću od 60 herca.

MAGNETOFON »EMPEKS« MODEL 302

Zajedno sa pisačkim oscilografom upotrebljava se i jedan dopunski uređaj. Najčešće se upotrebljava magnetofon, na primer »Empeks«, model 302.

Ovaj se magnetofon primenjuje za direktno beleženje izlaznog napona prijemnika i oscilatora za baždarenje. Ovakav proces ponekad se naziva grubim beleženjem podataka.

Ova vrsta beleženja raspolaže mnogim prednostima. Ukoliko bi oscilograf otkazao, ostaju podaci zabeleženi na magnetofonskoj traci. Ukoliko se, pak, želi da se dobije frekventni odgovor drukčiji od onog prvobitno zabeleženog na oscilografu, postoje originalni podaci. Ako se želi, mogu se na ovaj način dobiti različite vremenske baze, što zahteva da se papirna traka kreće raznim brzinama. Često nastaje veliki broj ukrštanja galvanometara na originalnoj zabelešci oscilografa. Povratkom galvanometra u prvobitni položaj i reprodukovanjem podataka sa magnetofona kroz sistem može se ukloniti zbrka u zabeleženim podacima.

Jedna od najkorisnijih odlika magnetofona jeste mogućnost reprodukcija na oscilografu samo izabranih kanala, dok se ostali uklanjuju sa zabeleške. Ovako reprodukovane beleške dovoljno su tačne da omogućuju obradu podataka sa tako nastale beleške sa većom lakoćom nego sa originalne oscilografske zabeleške.

Tačnost beleženja i reprodukcije poboljšani su upotrebom jednog spoljnog stabilizujućeg pojačavača. Takav pojačavač koristi se stabil-

nom zvučnom viljuškom od 60 herca i pojačava napon na 110 volti 75 vati. Ovo obezbeđuje konstantnu brzinu trake (jednoliku vremensku bazu), kada uređaj radi na osnovu pogona sa benzinskim generatorom, sa malom postojanošću učestanosti. To, takođe, poboljšava rezultate kada uređaj radi na komercijalnom izvoru snage, sa učestanošću od 60 herca, taj izvor je tačan u toku dugih srednjih perioda vremena, ali je podložan znatnim promenama i fluktuacijama u kratkim vremenskim razmacima.

Pojačavač sa sabiračem, sličan sabiraču »Empeks« (sl. 625), dopunjuje magnetofon i pojačava ulazne signale na nivo dovoljan za beleženje. Treba imati na umu da se sa signalima mešaju i vremenski impulsi od 40 kiloherca, kao i referentni tonovi od 240 kiloherca u obliku sinusnih talasa. Referentni ton tačan je prema frekventnom standardu »Ameriken Tajm Prodakts«.

Pošto se na traku beleži tačno 240 kiloherca, mogu se lako otkriti promene u brzini trake nastale iz ma kojeg razloga, bilo pri beleženju ili pri reprodukciji. Ove promene mogu se ispraviti poređenjem učestanosti tona u reprodukciji sa istim tonom koji je proizvela zvučna viljuška, uvođenjem zabeležene učestanosti od 240 kiloherca kroz frekventni standard i pretvarajući je u izlazne napone sa učestanošću od 60 kiloherca (sl. 625). Ovaj izlazni napon služi za pokretanje oscilografskog motora za vremensku liniju ili se upotrebljava za pogon motora za pokretanje trake radnog pisača.

Kao što je ranije izloženo, neposredno beleženje je najjednostavniji i najtačniji način da se dobiju podaci o letu. Ali, ovaj način je ograničen u upotrebi kod projektila, pošto se oprema za beleženje ili projektil tada moraju neizostavno spasavati, da bi se dobijeni podaci mogli upotrebiti. Primena instrumenata npr. pisača sa perom, oscilografa, magnetofona i fotokamera, veoma je dragocena u sistemima za ispitivanje projektila koja neposredno beleže dobijene podatke.

SISTEMI VOĐENJA ZA PROJEKTILE MALOG DOMETA

Najveći deo ovog dodatka obuhvata izlaganja o komandnom vođenju. Međutim, pre nego predemo na komandno vođenje razmotrimo ukratko programirane sisteme vođenja.

PROGRAMIRANI SISTEMI VOĐENJA

Jedan potpuno autonoman sistem vođenja spada u kategoriju programiranih sistema. »Razum« koji je neophodan da vodi projektil kako na njegovom kursu tako i u završnom delu leta, ugrađen je u projektil pre njegovog lansiranja. Međutim, uobičajena definicija programiranog vođenja obuhvata samo prost sistem, koji određuje pravac i visinu leta, zatim vreme ili daljinu leta kao i programirana skretanja.

Prost programirani sistem može da ima dvojnu funkciju — da određuje pravac leta i da određuje daljinu leta. Zbog toga je ovo poglavlje podeljeno u dve odgovarajuće grupe. Opisāćemo razna sredstva pomoću kojih se ostvaruju svaka od ovih funkcija posebno.

Najjasniji oblik reference za pravac leta je onaj koji se koristi Zemljinim magnetskim poljem. Magnetski kompas, zajedno sa svim poboljšanjima, služi već mnogo godina kao referenca za pravac. Upravljački uređaj, koji se koristi žiro-kompasom je jedan primer programiranja reference za pravac. Žiroskop za skretanje upravljačkog sistema je drugi tipičan primer programirane reference. Ako se žiroskop za skretanje ne može za vreme leta precesirati iz nekog spoljnog izvora, tada se pravac leta određen pre lansiranja održava tokom leta projektila.

Predena daljina može se takođe uzeti u obzir na prost način. Daljina koju je projektil preleteo može se odrediti korišćenjem merača pre-

denog puta sa elisom (vrteška), ili integrisanjem srednje brzine leta za vreme za koje je projektil leteo. Merač pređenog puta (vrteška) sadrži malu elisu sa određenim hodom, koja okreće Vider — Rutov brojač. Preko preciznog zupčaničkog prenosnika, koji povezuje elisu i brojač, obrtanje elise se prenosi na brojač tako da ovaj pokazuje pređene milje, stope, kilometre, ili bilo koje druge jedinice za dužinu.

Pritisak vazduha, koji se pojavljuje kad se projektil kreće, može se koristiti da se pomoću instrumenta za merenje brzine strujanje vazduha dobije indikacija o brzini leta. Integriranjem (sabiranjem) prosečne brzine strujanja vazduha za vreme leta projektila, dobija se kontinualna kontrola preletene daljine. Ovaj način ima istu tačnost kao i merač pređenog puta sa elisom (vrteška) i jedini razlog da se izabere jedan ili drugi način jesu odgovarajuće komponente kojima se raspolaze.

Ovaj poslednji način mogao bi da se koristi standardnom opremom, ali bi obično zahtevao i neke elektronske uređaje. Oprema merača pređenog puta sa elisom (vrteška) bila bi potpuno mehanička, jedino što bi se u tački obrušavanja aktivirao prekidač ili rele.

Još jedan način na koji se određuje pređena daljina sastoji se u referenci brzine ugrađenoj u upravljačkom delu, kao i u jednom časovniku za određivanje vremena proteklog u letu. Ovaj način je najnetačniji. Pored toga što je podložan svim uticajima (koji prouzrokuju greške) kojima su podložni i drugi sistemi, tačnost sistema sa referencom zavisi od upravljačke mogućnosti projektila da održava brzinu leta što bliže referentnoj brzini.

Najprostiji oblik programiranog sistema, koji se primenjuje u skoro svim projektilima, poznat je kao određeni pravac lansiranja. Usled

ogromnih ubrzanja koja nastaju prilikom lansiranja projektila, mehaničke i elektromehaničke komponente ne rade ispravno. Da bi se projektil proveo kroz ovu početnu fazu leta, upravljački uređaji se pre lansiranja fiksiraju u određenom položaju. Određeni položaj upravljačkih uređaja sračunava se za stabilno penjanje za vreme ubrzavanja, sve dok redovno vođenje i upravljanje ne može da stupi u dejstvo.

Pored pravca i daljine postoji i treći aspekt leta. Ovaj aspekt se odnosi na referencu visine. Za kontrolu visine leta projektila primenjuje se uređaj za merenje visine. Uredaj za merenje visine je visinomer sa električnim izlazom. Jednostavnost i tačnost visinomera imala je za posledicu to da je on ostao primarni uređaj za kontrolu visine, ili je služio kao referenca čak i u najnovijim sistemima za vođenje.

Programirani sistem bio je prvi način vođenja, a bez sumnje će se u izvesnom obliku najduže i upotrebljavati. Pripreme i zauzimanje elemenata za lansiranje projektila su neophodne bilo da se obavljaju ručno, kao za projektil zemlja-zemlja, ili automatski pomoću računara, kao za projektil lansiran iz aviona; bilo da to traje dosta minuta — kao za projektile iz II svetskog rata, ili samo koju sekundu kao za savremene projektile.

KOMANDNI SISTEMI VOĐENJA

Komandni sistem vođenja je onaj kod kojeg projektil prima korekcione signale iz nekog spoljnog izvora. Ovde je potrebno istaći razliku između korekcionog signala i signala greške. Korekcioni signal je komanda koja aktivira upravljačke uređaje za određeni iznos. Signal greške je otkriveno odstupanje od zahtevanog kursa, visine i brzine. Obično, sistem vođenja otkriva grešku položaja i od signala greške položaja stvara korekcioni signal. Pošto se oformi pravilan korekcioni signal, ovaj se vodi u upravljački sistem.

VEZA PODATAKA

Važna karika u kompletном komandnom sistemu je način za dobijanje podataka prema greški položaja projektila. Mora da postoji neko sredstvo za razlikovanje željenog položaja od stvarnog položaja projektila, kao i za određivanje veličine greške između ovih položaja, tako da operator vođenja može davati pravilne signale. Ova veza podataka može biti vizuelna ili elektronska. Elektronska sredstva mogu da obuhvate televiziju, radar, kao i neki vid hiper-

boličnog sistema. Načini za vraćanje podataka od projektila izneti su u poglavljju o instrumenzaciji. Dosta detalja o ovim načinima mogu se naći u poslednjim glavama ove knjige. Vizuelna veza ostvaruje se pomoću teleskopa ili golog oka.

Tačnost i pouzdanost veze podataka u stvari određuje tačnost i pouzdanost celog komandnog sistema. Uloženo je mnogo napora da bi se ostvario jedan tačan i pouzdan sistem za dobijanje podataka od projektila. Jedan sistem ograničen na dnevnu svetlost upotrebljava televizijski sistem čija je televizijska kamera smeštena u vrhu projektila. Video-signal iz kamere prenosi se natrag na kontrolnu stanicu.

Sasvim slično rešenje, ali bez ograničenja zbog vidljivosti, upotrebljava radarski uređaj smešten u vrhu projektila. Ovaj uređaj prenosi video-signal i signal orientacije antene natrag na kontrolnu stanicu. Podaci o položaju projektila mogu se dobiti i primenom sistema smeštenih na kontrolnoj stanicu, koji obuhvataju uređaje za praćenje projektila.

KOMANDNA VEZA

Oprema koja služi za to da šalje komandne signale projektila obavlja, u stvari, funkciju televizionske veze. Ako bi se u projektilu nalazio čovek kao pilot, onda bi on prenosio podatke glasom, pomoću radija. Međutim, u našem slučaju komande se moraju slati na jeziku opreme za vođenje i upravljanje projektilom.

Komandni sistemi su stvarna realizacija popularne zamisli daljinskog upravljanja. U stvari, bilo da su prosti ili složeni, ručni upravljački uređaji mogu da rade samo sa tačnošću koju čovek može da ostvari. Da bi se postigla veća preciznost, čovek kao operator zamenjuje se automatskim uređajem. Izlazni signali iz sistema za praćenje projektila vode se u računar. Računar takođe ima i podatke o položaju cilja, pa automatski sračunava i uključuje komandni predajnik pravilnim redosledom kako bi ostvario pogodak.

Komandna faza daljinskog vođenja nalazila se u razvoju više godina. Njeni principi su sasvim dobro poznati. Vođene mete, ili ostali slični uređaji su primeri komandnog vođenja.

Poslednji stepen razvoja sistema za komandno vođenje predstavlja primena kombinacije komandnog i pratećeg radara u kompletnoj komandnoj karici. Kao komandni prijemnik, u projektilu se koristi radarski odgovarač. Ovo rešenje ima posebne prednosti u odnosu na pretходni uređaj, pošto ovde ima jedna elektronska karika manje, koja bi se mogla kvariti ili biti

podložna uticajima. Takođe, smanjeni su i veličina oprema i odgovarajući zahtevi za električnom energijom. Principi ovog kombinovanog pratećeg — komandnog sistema izneti su kasnije.

Da bismo ilustrovali princip komandnog vođenja, prvo ćemo opisati prvobitne koncepcije, a zatim dati kratak pregled tehničkog razvoja koji je doveo do savremenih sistema i principa.

Problemu komandnog vođenja prilaženo je na više načina, od kojih su neki bili vrlo duhoviti. Možda je od prvih načina prilaženja ovom problemu najbolji bio uređaj sa višekanalnim primopredajnikom. Prema ovom rešenju, u upravljanom projektlu se za svaku komandnu funkciju koju je valjalo obaviti ugradivao po jedan odvojeni prijemnik (obično jedna elektronska cev). Predajnik je bio ili višekanalski, ili je bio sposoban da pređe komandne signale na bilo kojoj od nekoliko nosećih radio-učestanosti, za koje su pojedini prijemnici bili podešeni. Prednost ovog sistema bila je da kanali nisu delovali jedan na drugog, ali je imao manu što je bio glomazan i što je za svoj rad zahtevao suviše širok opseg iz aspekta radio-učestanosti. S obzirom na zahtevani broj prijemnika, mogli su se koristiti samo najprostiji a stoga i neosetljivi prijemnici.

Prirodno poboljšanje ovog sistema bilo je korišćenje tonskih kanala (zvučne učestalosti). Modulacijom predajnika raznim audio-frekvenčnjama moguće je koristiti jednu radio-frekventnu noseću učestanost i odgovarajući prijemnik. Posle demodulacije noseće učestanosti u prijemniku, izdvojene zvučne učestanosti koriste se za pobuđivanje tonskih kanala. Svaki tonski kanal rezonira na pojedinu učestanost prema funkciji koja treba da se obavi. U prethodnom čisto RF sistemu broj komandnih funkcija koji se mogao obavljati bio je ograničen na oko četiri. Ovo ograničenje je posledica prostora slobodnog za smeštaj odgovarajućeg broja kanala. Primenom sistema modulisanog zvučnim učestanostima, može se, bez većih komplikacija, upotrebljavati deset tonskih kanala, a pravilnim kombinovanjem tonskih kanala može se obavljati 18 ili više komandnih funkcija. U jednom novom minijaturizovanom uređaju postoje dvadeset primarnih kanala, koji omogućuju da se obavlja mnogo više komandnih funkcija.

Sistem sa modulacijom tonskim učestanostima stvorio je nov problem mešanja (neželjenih signala), koji se pojavljuje naročito u toku razvojnih ispitivanja, kada je potrebna odgovarajuća tačnost. Mešanje signala iz drugih izvora, koji sadrže neku od tonskih učestanosti upotrebљenih za obavljanje neke od komandnih funk-

cija, prouzrokuje odgovarajuće reagovanje projektila. Često neka od harmoničnih učestanosti, ili učestanosti bočnog pojasa zvučnom učestanosti modulisanoj signalu, sadrži komponentu signala dovoljnu da onemogući rad sistema. Prelaskom na frekventno modulisane sisteme eliminiše se veći deo ovih mešanja. Međutim, mešanja (šumovi) izazvani rukovanjem operatora, a po prirodi frekventno modulisana, mogu takođe da stvore teškoće. Da bi se ove teškoće prevazišle pronađen je sistem sa kodiranjem tonskih kanala. Određene operacije ne bi mogle da se obave u projektlu ukoliko se ne bi istovremeno u prijemniku pojavilo nekoliko odbaranih zvučnih učestanosti. Mogućnost da se neželjeni signali (šumovi) pojave u istoj kombinaciji bila bi zanemarljiva.

Komandni predajnici. Kao što se može videti iz slike 626, radio-frekventni (RF) kanal komandnog predajnika je sličan uobičajenim predajnicima sa frekventnom ili impulsnom modulacijom. Kvarenii kristal služi da bi se obezbedila tačnost i stabilnost noseće učestanosti. Iza oscilatora, ukoliko treba zadržati stabilnost, mora da sledi modulacija noseće učestanosti. Posle modulacije neophodno je da dolazi RF množač, koji učestanost izlaznog signala povećava i prebacuje u opseg UKV (vrlo visoke učestanosti). Pojačavač snage obezbeđuje RF signalu snagu neophodnu da se podaci kroz prostor pošalju do prijemnika.

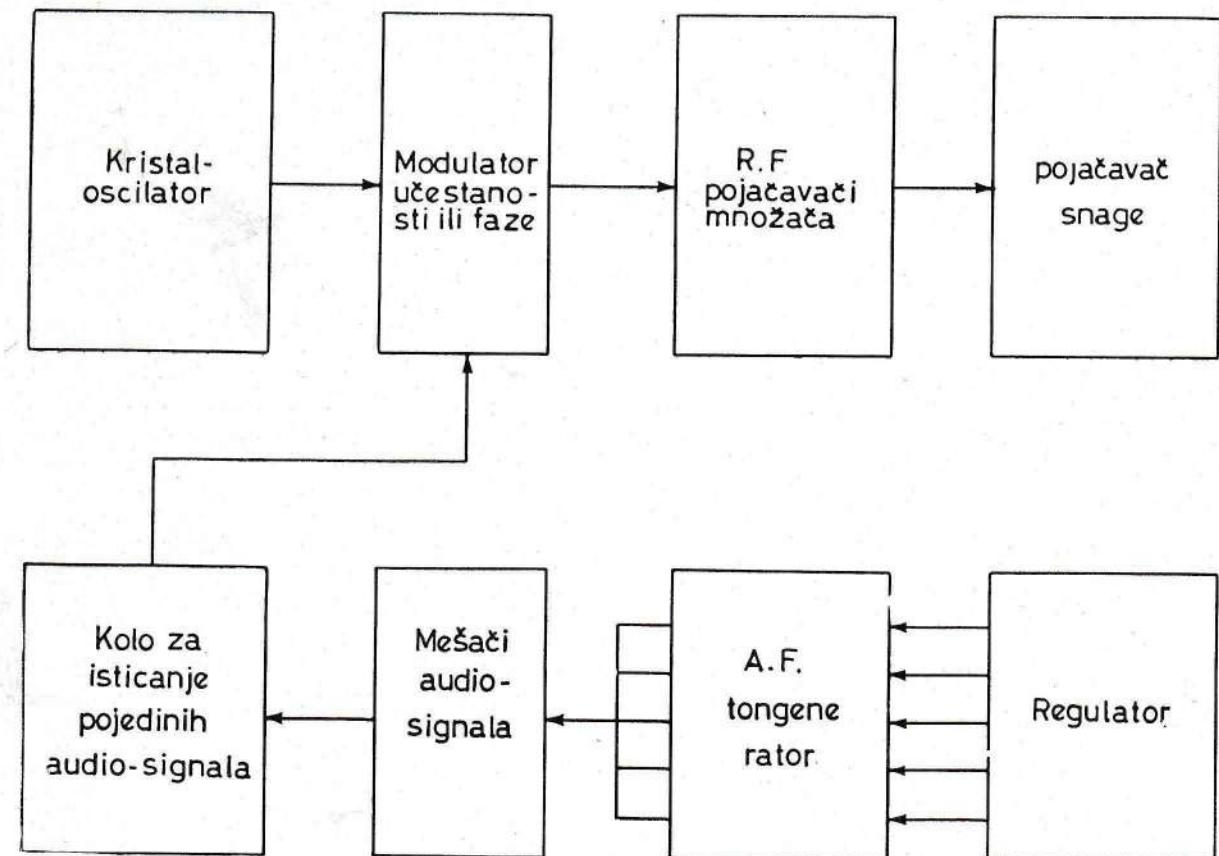
Na ovoj shemi može se uočiti specifičnost donjeg audio-frekventnog (AF) kanala. Tu postoji grupa audio-tonskih generatora. Svaki od generatora radi samo kad se aktivira kolima iz regulatora koji može biti kontrolisan bilo ručno bilo iz računara. Izlazni signali iz pojedinih tonskih generatora mešaju se zajedno u jedan složen (pomešan) audio-signal i preko kola za isticanje pojedinih zvučnih učestanosti vode u modulator.

Kolo za isticanje uključeno je u ovu shemu da bi se kod audio-signala održao odnos signal — šum u optimalnim radnim uslovima za ceo sistem (uključujući i prijemnik). Zadatak ovog kola je da istakne višje tonske učestanosti, čije se isticanje kasnije smanjuje kolom suprotnih karakteristika u prijemniku. Ova operacija prouzrokuje da u celom opsegu tonskih učestanosti odnos signal — šum ostane konstantniji. Pošto šum, koji se pojavljuje sa signalom, sadrži komponente visokih učestanosti, to je neophodno isticati i smanjiti isticanje tonskih učestanosti samo u tom opsegu.

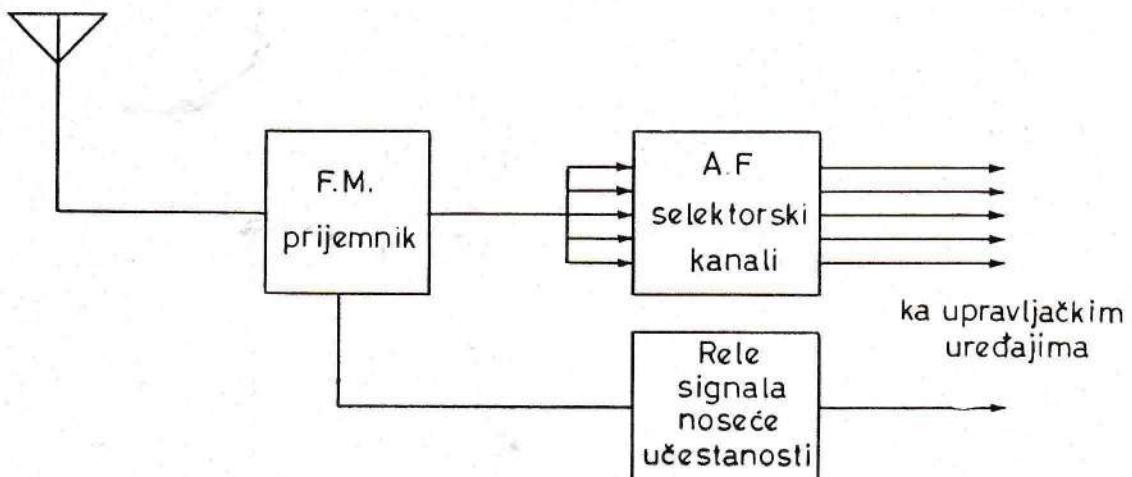
Komandni prijemnik. Kola prijemnika, prikazana na slici 627 odgovaraju standardnom frekventno modulisanim (FM) telekomunikaci-

onom prijemniku sa nekim dodatnim poboljšanjima. U drugom detektoru primenjuje se obična superheterodina veza. Iz ograničivačkog stepena (koji prethodi detektoru) koristi se struja upravljačke rešetke ograničivača, koja je sraz-

merna jačini primljenog signala noseće učestanosti za aktiviranje relea signala noseće učestanosti, u slučaju da signal noseće učestanosti bude suviše slab. Signal noseće učestanosti iz predajnika postoji čak i kad se ne vrši nikakva



Sl. 627a — Komandni predajnik



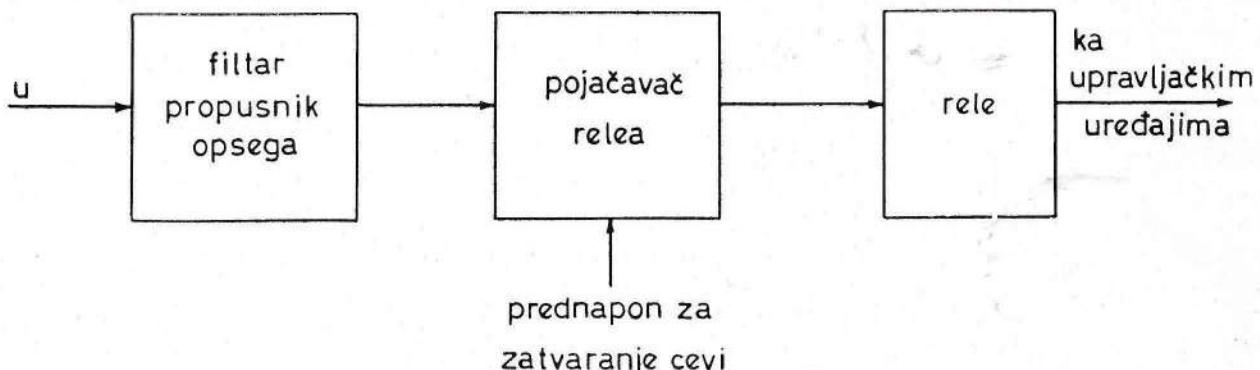
Sl. 627b — Komandni prijemnik

modulacija. Njegovo postojanje omogućuje prijemniku da odredi da li se prijem signala nastavlja ili ne.

Pošto se primljeni signal pojača i detektuje, on se dalje vodi u selektorske kanale. Selektorski kanali i njihov rad su ono što ovaj prijemnik čine izuzetnim u svojoj primeni. Za svaku tonsku učestanost, koju predajnik može da šalje, postoji po jedan selektorski kanal. Selektorski kanal, čija je blok-sHEMA prikazana na

aktivira rele i time zatvara kolo za obavljanje željene funkcije.

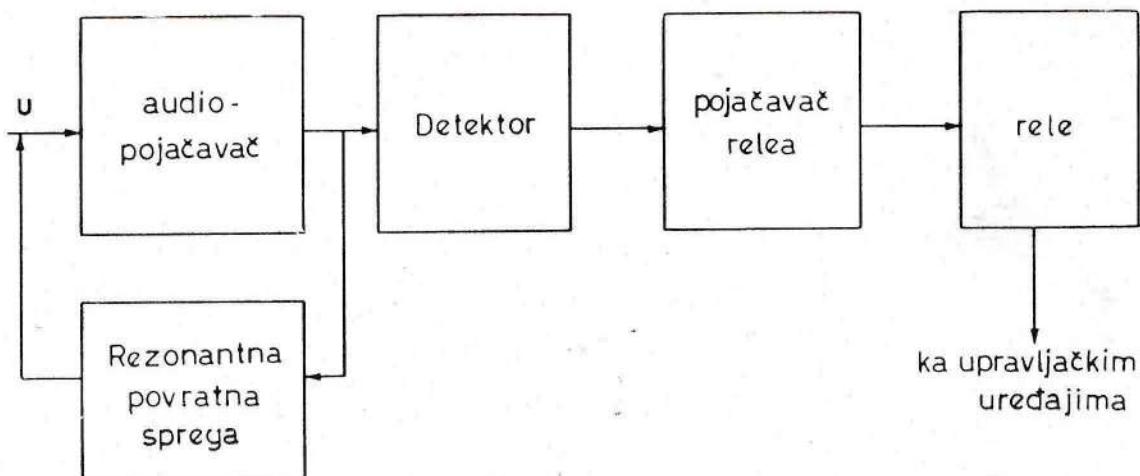
Na slici 629 prikazano je nešto izmenjeno rešenje prethodnog selektorskog kanala. Podešena (rezonantna) povratna sprega je tako prilagođena da audio-pojačavač pojačava samo signale željene učestanosti. Detekcija signala se ovde obavlja pre nego se signal dovede u pojačavač releja.



Sl. 628 — Selektorski kanal sa filtrom koji propušta određeni opseg učestanosti

slici 628, obično sadrži jedan pojačavač sa filtrom (koji propušta određeni opseg učestanosti) na ulazu i sa releom u izlaznom kolu. Elektronska cev selektora je odgovarajućim negativnim prednaponom zatvorena sve dok se ne pojavi signal tonske učestanosti za koju je filter podešen. Filter propušta ovaj signal određene tonske učestanosti i on se pojavljuje na upravljačkoj rešetki cevi, prouzrokujući protok anodne struje. Protok anodne struje kroz namotaj releja

Jedna prilično specifična kombinacija za preddaju komandnih signala koristi se pratećim radarem i komandnim prijemnicima. Da bi se povećao domet praćenja relativno malih projektila koji daju slab radarski echo, u raketu se ugrađuje radarski odgovarač. Ovaj radarski odgovarač predaje impulse echoa, koji su mnogo jači nego što bi bio normalan echo signal vraćen odbijanjem od ekvivalentne površine projektila.



Sl. 629 — Selektorski kanal sa rezonatnom povratnom spregom

Radarski odgovarač je jedan mali primopredajnik koji radi u opsegu učestanosti pratećeg radara. Prijemnik sadrži kola koja prihvataju samo one radarske signale koji imaju neko određeno razdvajanje impulsa. Drugim rečima, on odgovara samo na određeno kodirane upitne signale. Ako se prima pravilna kombinacija impulsa, odgovarač šalje nazad radio-frekventne impuse.

Predajnik radi na učestanosti nešto malo pomerenoj od učestanosti radara. Prijemnik radara je podešen za ovu nešto malo pomerenu učestanost, tako da on može da detektuje signale odgovarača a da ih ne pomeša sa normalnim ehom radarskog predajnika.

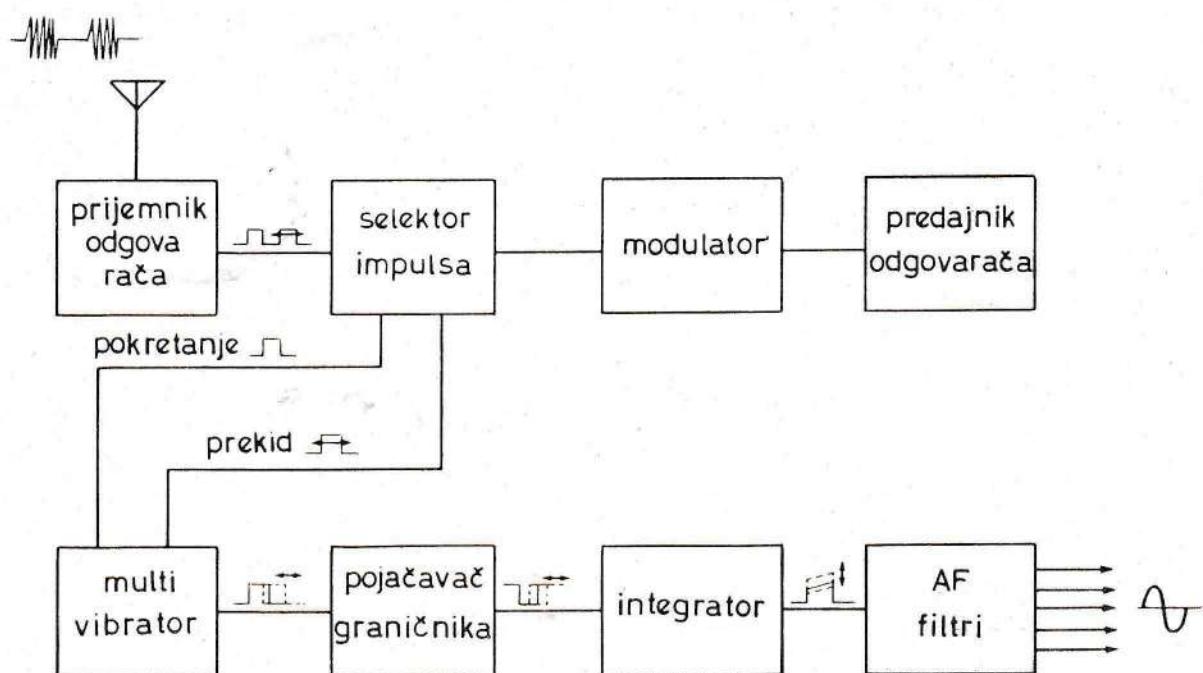
Prijemnik odgovarača može i tako da se reši da takođe prima i komandne signale. Predatom radarskom signalu daje se jedan dodatni skup kodiranih impulsa, koji su tako složeni da odgovaraju obavljanju određene komandne funkcije. Prijemnik odgovarača prima ove signale i kanališe ih u određena kola, koja ih dekodiraju i izdvajaju u njima sadržane podatke potrebne za obavljanje određene funkcije.

Ovi podaci su uneti odnosno utisnuti u radarske signale modulacijom položaja impulsa. Ova modulacija daje komande automatskom pilotu na isti način kao što bi čovek kao kontrolni operator davao glasom komande pilotu pomoću radija. Za svaki kanal podataka modulacija položaja impulsa zahteva po dva impulsa

za svaki pojedini ciklus. Kao što je već ranije izneto, u svaki pojedini ciklus pomoću tonske modulacije moguće je uneti i podatke za druge kanale. Upitni impulsi odgovarača takođe su uključeni u tu povorku impulsa koja se prima od radara. Položaj impulsa se menja napred i nazad oko svog srednjeg položaja brzinom koja odgovara tonskoj učestanosti. Broj kanala za prenos podataka je ograničen usled ograničene mogućnosti da se obavlja tonska modulacija pri dатој učestanosti ponavljanja impulsa, kao i usled toga što je učestanost ponavljanja radarskih impulsa diktirana zahtevanim maksimalnim dometom radara.

Pogledajmo sada sliku 630. Tu je prikazano kako se odgovarač može koristiti kao komandni prijemnik.

Propratimo tok signala kroz šemu da bismo uočili kako se radio-frekventni impulsi sa ulaza pretvaraju u sinusoidalne signale tonske učestanosti na izlazu. Prijemnik pretvara radio-frekventni signal u skup video-impulsa koji se razdvajaju pomoću selektora impulsa. Prvi impuls se koristi da pokrene (uključi), a drugi, modulisani impuls da zaustavi (isključi) bistabilni multivibrator, i na taj način da se proizvede četvrtasti talas. Ovo daje četvrtasti talas promenljive širine. Promena širine odgovara pomeranju modulisanog impulsa. Od četvrtastog talasa integrator stvara testerasti talas, čija se amplituda menja sa promenom širine četvrtata-



Sl. 630 — Kombinacija radarskog odgovarača i komandnog prijemnika

stog talasa. Tako se položaj impulsa ili međusobna vremenska razlika između dva impulsa u primljenom signalu pretvara u razliku amplitude testerastog talasa, čija je učestanost ista kao i učestanost ponavljanja radarskih impulsa. Testerasti talasi promenljive amplitude vode se u frekventno selektivni pojačavač. Tu se odstranjuju sve komponente izuzev osnovne modulišuće učestanosti (koja je sadržana u promenama amplitude). Rezultirajući izlazni sinusoidalni signal pobuduje pojačavač relea i uspostavlja željenu upravljačku funkciju.

Kriterijum za izdvajanje (selekciju) tonskih učestanosti, koje treba da se koriste u nekom komandnom sistemu, zahteva da se usled eventualnog uticaja od drugih signala onemogući dobijanje pogrešnog signala. Da bi se ograničili bočni pojasevi, tonske učestanosti moraju biti ispod neke određene vrednosti. Ne sme da postoji mogućnost da bilo koji harmonik ili pak neka kombinacija tonskih učestanosti bude u stanju da neželjeno aktivira neki od kanala prijemnika. Praktične propusne karakteristike selektivnih kola otežavaju ovim kolima da imaju veliko »Q«^{*)}). Stoga, razdvajanje između tonskih učestanosti mora biti čak i veće nego kad bi se mogla primeniti kola sa velikim »Q«. Skup upotrebljenih tonskih učestanosti, koji bi zadovoljio sve uslove, zahteva stoga izvesno proučavanje.

Pošto su komande tesno povezane sa upravljačkim delom projektila, to su obično upravljačke sposobnosti ili zahtevi ti koji diktiraju način upravljanja modulacijom komandne karike.

Prilikom pronalaženja upravljačkog uređaja za regulaciju (uključenje) predajnika, bitna stvar u njegovom razvoju je proporcionalna kontrola. To znači da se šalje signal čija je veličina baš tolika koliko je potrebno da se otkloni neka određena greška, a ne veća.

Suprotan ovom načinu upravljanja je sistem »uključeno-isključeno« (»on-off«), što znači da se za vreme dok postoji komandni signal upravljački uređaji uključuju punom snagom. Primer ovakvog sistema je upravljanje pomoću upravljačke kutije. Glavni elemenat ove upravljačke kutije jeste specijalni prekidač, koji je tako smešten da njegovo pokretanje simulira kretanje komandne palice u avionu. Da bi se izvršila željena promena, operator samo drži palicu u pravilnom položaju.

Nije suviše teško da se shvati kakva je posledica ovog načina upravljanja. Operator komanduje da se obavlja neka funkcija sve dok ne ustanovi da je ona izvršena. U tom trenutku, međutim, upravljačko delovanje je poodmaklo, tako da se dobije veće skretanje projektila nego

što se želelo. Mora se stoga poslati suprotna komanda da bi se ispravio ovaj presek (ili prebačaj) preko želenog položaja. Projektil tada teži da leti po oscilatornoj putanji, koja, ako sistem nije pravilno prigušen, može da postane nekontrolisana. U kutiji su smešteni i drugi prekidači potrebni za obavljanje raznih funkcija.

Daljinskoj proporcionalnoj kontroli je najbliži onaj način upravljanja pri kome operator, da bi obezbedio miran rad, menja komande u malim diskretnim stupnjevima (ili iznosima). Ovo omogućuje da projektil prima komande nepotrebne da proizvedu tačno određene iznose promene. Oprema u projektilu verno sledi ove stupnjevite pokrete. Ovo se ostvaruje pomoću jednog impulsnog uređaja, koji je veoma sličan selektoru aktiviranom pomoću telefonskog brojčanika. Operator bira broj impulsa koji treba da se pošalju. Svaki impuls proizvodi određeni iznos promene u željenom upravljačkom uređaju projektila. Upravljački uređaj u projektilu u ovom slučaju bio bi selsin ili neki drugi tip davača signala. Brzina ponaVLjanja impulsa određena je impulsnim uređajem, baš kao i pri slobodnom okretanju telefonskog brojčanika.

Da se ne bi izgubio referentni (nulti) položaj, operator može da automatski (pritiskom na odgovarajuće dugme) dovede uređaje u projektilu u referentni (nulti) položaj. Ova oprema za nulovanje kontrolise izgubljene ili neželjene impulse. Nulovanje obično zahteva korišćenje posebnog kanala u komandnoj opremi. Aktiviranje kanala za nulovanje prouzrokuje da se selektor u projektilu vrati u referentni položaj.

Pošto je komandno vođenje blisko povezano sa upravljanjem, neki proizvođači komandno vođenje posmatraju samo kao deo razvoja automatskog pilota. Komandno vođenje može se porediti sa produženjem kablovske veze između ruke pilota i komandnih površina upravljanog aviona.

HIPERBOLIČNA NAVIGACIJA ZA MALE DOMETE

Domet hiperbolične navigacije zavisi od visine radio-učestanosti koja se koristi kao noseća učestanost. Opisaćemo hiperboličnu navigaciju, koja se primenjuje u sistemima vođenja malog dometa.

Ako se želi da se ima navigacioni sistem za male domete, a da taj sistem bude dobre tačnosti, mogu se primeniti hiperbolični principi.

Korišćenjem mikrotalasnog opsega učestanosti, u projektil se može ugraditi mala, jako u-

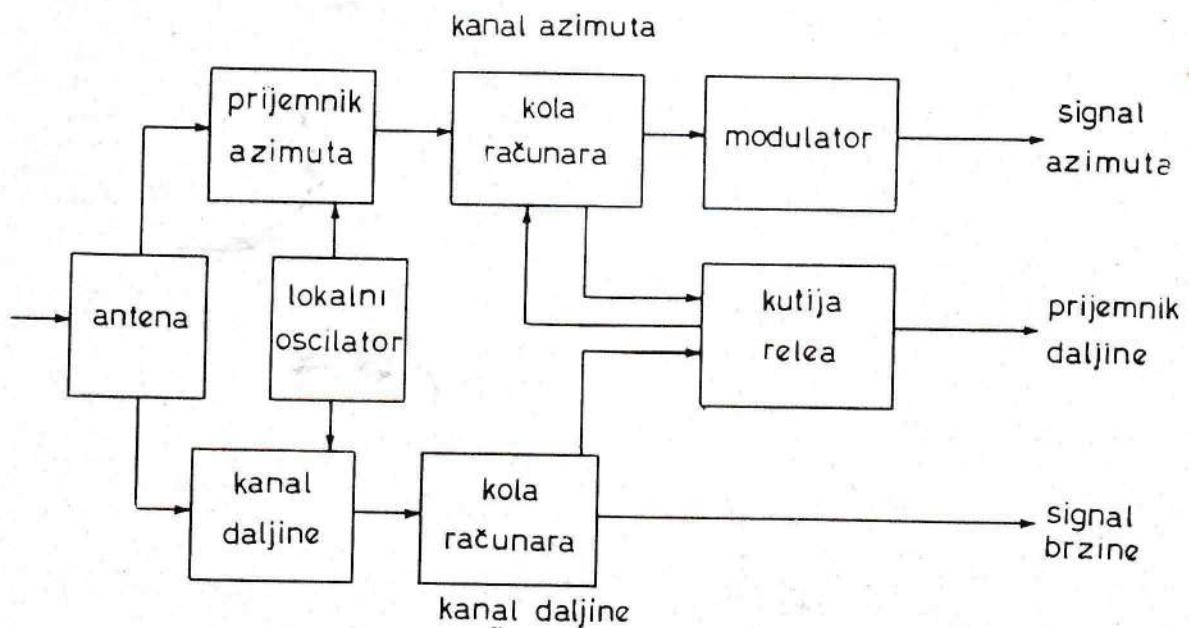
*) Kvalitet kola. — Prim. red.

smérena antena bez uticaja na aerodinamičke karakteristike letelice. Osnovni problem je eliminisanje grešaka u primljenom signalu diskriminacijom talasa odbijenih od jonosfere. Usmerene karakteristike antene su takve da joj je dijagram zračenja uzan u vertikalnoj ravni, a prilično širok u horizontalnoj ravni. Važan efekat usmerene prijemne antene je taj da ona ima pojačanje. To je, u stvari, isto kao da je jedan RF pojačavač vezan na red sa standardnom dipol-antenom. Usmerene karakteristike takođe smanjuju mogućnost protivmera pomoću ometanja (šumova). Diskriminacija talasa odbijenih od jonosfere postoji uglavnom stoga što se predata energija može koncentrisati u vertikalnom dijagramu zračenja, a direktni prenos signala po vidnoj liniji pruža malu mogućnost uticaja signala od odbijenih talasa.

Ova diskriminacija protiv uticaja od talasa odbijenih od jonosfere je neophodna pri sinhronizaciji zemaljskih stanica. Da bi bio tačan, impuls za sinhronizaciju se mora predavati po direktnoj i stalnoj putanji. Tu ne smeju da postoje nikakvi promenljivi faktori, kao što bi npr. bilo pomeranje jonosfere, koji bi menjali prenos sinhronizujućih signala. Uspostavljanje stanja pri kome ovi promenljivi faktori ne menjaju prenos signala, stvara veći problem u UKT sistemima, koji se koriste bazom dužom od vidne linije. Za uključivanje sinhronizirajućeg signala koristi se neko sredstvo, koje ne unosi nikakva promenljiva ili nepredvidljiva kašnjenja. Predajne stanice imaju precizne signal-genera-

tore za određivanje vremena, čiji se izlazni signali koriste za modulaciju RF predajnika tipičnih za upotrebljeni opseg učestanosti. To znači da se u njima koristi ista vrsta elektronskih cevi i kola koja bi se koristila u radarskom predajniku za isti opseg učestanosti. Pomoćna zemaljska stanica takođe zahteva za sinhronizirajuće signale prijemnik, koji je sasvim sličan prijemnoj opremi upotrebljenoj u projektilu. Izlazna snaga predajnika mora biti velika kako bi se na velikim daljinama obezbedio veliki odnos signal — šum. Razdvajanje zemaljskih stanica ograničeno je na manje od 100 milja usled ograničenja od daljine vidne linije. Ovako mala baza rezultuje u sistem vrlo malog dometa ako bi se koristio sistem sa tri stанице (glavna i dve pomoćne). Linije položaja pri ovakovom rasporedu sekle bi se pod vrlo tupim uglom i teško da bi se dobila tačna referenca za bilo koju tačku koja se nalazi na nekoj udaljenosti od baze.

Sistem sa četiri stанице ima dobre osobine sistema s prenosom signala po vidnoj liniji i sistema sa velikom bazom. Primenuju se dva para stанице. Svaki par sadrži glavnu i pomoćnu stanicu, koje rade na istoj učestanosti, i koje su pravilno sinhronizovane. Parovi stаница су smešteni na određenoj međusobnoj udaljenosti, tako rezultujući sistem hiperbolične mreže ima linije položaja koje se u željenoj oblasti cilja sekut pod pravimugom. Na slici 505 prikazana je hiperbolična mreža sa dve stанице. Može se uočiti da ako bi se na sistem sa dve stанице



Sl. 631 — Sistem hiperboličnog vođenja za rakete malog dometa

dodao jedan drugi sličan sistem pod skoro pravim uglom, da bi tačke cilja bile povoljnije smeštene usled toga što bi se linije položaja sekle pod uglovima koji bi bili bliži pravom uglu.

Jedan par stanica za vođenje primenjuje se za davanje hiperbole azimuta vođenja. Linija iste razlike vremena (hiperbola) ovog para stanica bira se tako da preseca oblast cilja i da služi kao željena putanja projektila. Oprema za vodenje u projektilu može da odredi kad primljeni signalni impulsi imaju pravilno vremensko razdvajanje (razliku) i da pokažu položaj na kursu. Ako primljeni signali vođenja nemaju željenu vremensku razliku, uređaji za vođenje mogu da odrede da li je razlika veća ili manja od one kad je projektil na kursu, odnosno da odrede da li se projektil nalazi levo ili desno od željenog kursa. Signal greške iz uredaja za vođenje vodi se u upravljački sistem da bi se izvršila odgovarajuća korekcija po skretanju.

Drugi par stanica za vodenje služi za određivanje daljine. Posebna linija vremenske razlike ovog sistema stanica računava se tako da prolazi kroz određenu tačku za uspostavljanje završne faze leta. Presek linija daljine sa linijom kursa daje referencu za tačku obrušavanja. Uredaji za vođenje u raketni stvaraju izlazni napon koji je srazmeran udaljenju od unapred odabrane tačke cilja. Ovaj promenljivi izlazni napon približava se nuli brzinom koja je srazmerna brzini projektila.

Ovaj izlazni napon se pretvara u napon koji je srazmeran brzini njegove promene. Ovaj poslednji je tada mera brzine projektila u odnosu na Zemlju. Za korigovanje zbog širenja hiperboličnih linija, neophodno je ugraditi odgovarajuća kola. Ovo stoga što se susedne hiperbolične linije sve više udaljuju jedna od druge ukoliko se povećava udaljenost od stanica za vodenje. Signal brzine u odnosu na Zemlju je neophodan da u završnoj fazi menja putanju obrušavanja, tako da raketni niti prebaciti niti podbaci svoj cilj usled razlike u stvarnoj brzini leta od unapred odabrane (predviđene) brzine.

Izlazni signal uredaja za vodenje iz dela opreme za daljinu opada na nulu. U tom trenutku vođenje preuzimaju uredaji za završnu fazu leta. Projektil se tada približava oblasti cilja sa završnim vođenjem.

Na slici 631 prikazana je oprema za vođenje, koja se može smestiti u projektil. Projektil prima signale pomoću usmerene mikrotalasne antene, koja je tako smeštena da prima signale samo otpozadi. Kraj antene je prekriven tako da se kod antene i predajnika održava stalni vazdušni pritisak sa nivoa površine mora, bez obzira na visinu leta raketne. Ovaj zaštitni prekrivač takođe sprečava da vлага prođe u raketu.

Dva prijemnika obrazuju početke kanala daljine i azimuta, kao što je prikazano na slici 631. Učestanost zajedničkog lokalnog oscilatora je tačno na sredini između nosećih učestanosti kanala za azimut i daljinu. Rezultujuća međufrekvenca je tada ista za oba kanala. Mešač je kristal, koji je smešten u rezonantnoj šupljini koaksijalnog konektora. Ovaj konektor povezuje izlaz iz mešača sa odgovarajućim međufrekventnim pojačavačem.

Međufrekventni pojačavači su podešeni da imaju dovoljan propusni opseg, kako bi se sačuvao oblik kratkih signalnih impulsata. Izlazni signali iz međufrekventnih stepena demodulišu se pomoću kristalnog detektora. Video-kola, koja se nalaze iza međufrekventnih pojačavača, dovode signal na nivo zahtevan za kola računara.

Kola računara prvo identifikuju impulse iz glavne i pomoćne stanice, a zatim porede vremensku razliku između njih sa željenom vremenskom razlikom. U kanalu azimuta željena vremenska razlika predstavlja let po određenom kursu. U kanalu daljine željena vremenska razlika predstavlja početak faze završnog obrušavanja.

Identifikovanje tih impulsata je neophodno iz dva razloga. Prvo, neophodno je da se razlikuje pomoćni signal od glavnog signala, tako da pravilan signal postane referenca. Drugo, identifikovanje je potrebno da bi se sprečilo da pogrešni signali prouzrokovani šumovima ili neprijateljskim ometanjem preuzmu upravljanje uređajima. Da bi se oni mogli sigurno identifikovati, svaki signal mora da poseduje neke posebne karakteristike. Ovo se obavlja tako što umesto da se šalje samo po jedan impuls iz svakog predajnika, šalje po jedna povorka od po dva ili više impulsata. Ti impulsi mogu da se kodiraju korišćenjem izvesne razlike amplituda širine impulsata, razdvajanja impulsata (međusobnog razmaka), broja impulsata ili neke od kombinacija ovih načina.

Kada se za kodiranje koristi vremenska razlika odnosno međusobni razmak između impulsata, svaki od dva pomoćna i dva glavna signala sadrži po dva impulsa. U oba kanala pomoćni signal ima drugačiji razmak između impulsa nego glavni signal. Po dva dekodera se koriste u svakom kanalu da bi se identifikovali glavni i pomoćni signali.

Izlazni signal iz računara kanala daljine služi za određivanje brzine leta u odnosu na Zemlju. Kola računara neprekidno mere odstojanje projektila do unapred odabrane (nulte) hiperbole blizu oblasti cilja. Izlazni signal iz računara je konstantan jednosmerni napon sve

dok projektil ne dođe na određenu daljinu u hiperboličnoj mreži za daljinu. Od ove date daljine jednosmerni napon se menja srazmerno udaljenosti projektila od unapred odabrane nulte hiperbole. Ovaj stalno opadajući napon može se sada diferencirati radi indikacije brzine promena vremenske razlike za daljinu (presecanje hiperbola za daljinu) prilikom približavanja nultoj hiperboli. Ovo predstavlja i brzinu projektila.

Promenljivi jednosmerni izlazni signal iz kola računara vodi se takođe i u drugo kolo, gde amplituda signala u svakom trenutku indicira vremensku razliku za daljinu (trenutna udaljenost). Faza odnosno polaritet ovog napona označava prilaženje nultoj hiperboli ili prolazi iza njega. Na unapred postavljenom naponskom nivou, pri prolasku nulte hiperbole, aktivira se jedan rele koji prouzrokuje da dalje vođenje preuzmu upravljački uređaji rakete. Ovi upravljački uređaji tada određuju tačku obrušavanja, pošto automatski obavi precizna korekcija naponskog signala trenutne vrednosti daljine.

Predložen je bio i jedan sistem koji se ne koristi hiperboličnim principom. U takvom sistemu bi dva predajnika osnovnih stanica bila smeštena na međusobnom rastojanju od oko jedne milje. Putanje leta projektila bila bi pod pravim uglom sa bazom koja je prava linija što povezuje obe stанице. U projektilu bi se nalazila oprema za vraćanje mikrotalasnog signala, koja bi se pobudivala signalima osnovnih stanica. Posle lansiranja, povraćeni signal bi se u zemaljskim stanicama koristio za određivanje položaja i brzine projektila. Položaj bi se određivao pratećim antenama uskog dijagrama zračenja. Daljina projektila bi se merila poređenjem faza povraćenog i predatog signala. Brzina projektila određivala bi se diferenciranjem signala daljine ili korišćenjem Doplerovog efekta.

Svi izlazni signali položaja i merenja uvodili bi se u jedan računar, koji bi vršio poređenje sa željenim kursom. Zemaljski računar bi računavao veličinu i smer eventualne razlike i pretvorio bi je u komandni signal, koji bi se predavao projektilu radi korekcije kursa leta.

Predati komandni signal ne bi morao direktno da utiče na komandne površine. Ovom signalu bi se mogli u računaru za inercijalno vođenje u projektilu dodati signali greške i na taj način korigovati izlazni signali računara.

VOĐENJE PO SNOPU

Vođenje po snopu prvenstveno se primenjuje za projektile vazduh — vazduh ili zemlja — vazduh. Ovde se zahteva da lansirni uređaj

(snopar) i prateći radar ostanu fiksirani na cilju sve dok se ne ostvari susret sa ciljem.

Vođenje po snopu je bilo jedno od prvih predloženih načina vođenja projektila za presretanje aviona, odnosno prvi automatski PA sistem vođenja. Prateći radari za protivavionsku artiljeriju bili su već razvijeni i bili su uspešno primjenjeni. Međutim, manevriranje cilja da bi se izbegao pogodak granate dovelo bi do promašaja čak i kad bi radar sa lakoćom tačno pratio cilj. Ako bi bilo moguće imati takav projektil koji bi sve vreme ostao unutar nekog snopa, mogao bi se obezbediti pogodak. Ova ideja je začetnik projektila vođenog po snopu.

Vodenje po snopu ostvaruje se izradom sistema u kome projektil može da oseti odnosno da odredi svoj položaj u radarskom snopu elektromagnetskih talasa i da se sam koriguje, kako bi stalno ostao u osi ovog snopa. Prvobitni plan je predviđao jedan zemaljski radar, koji bi pratilo avion (cilj) i istovremeno upravljao projektilom za presretanje. Pošto bi se ovaj radarski snop kontinualno kretnao, projektil bi bio podvrgnut znatnim bočnim ubrzanjima koja bi mogla da prevaziđu njegove aerodinamičke mogućnosti.

Tada je razvijen sistem sa dva radara, od kojih jedan prati cilj (prateći), a drugi upravlja projektilom (snopar). Izlazni signali iz pratećeg radara vode se u komandni računar koji sračunava preticanje i usmerava upravljački radar u tačku susreta sa ciljem. Ova sračunata tačka susreta se kontinualno koriguje, ali kretanje snopa upravljačkog radara je veoma malo u poređenju sa kretanjem snopa pratećeg radara. Projektil se lansira u snop upravljačkog radara i duž ose ovog snopa vodi do cilja. Upravljački radar prati projektil i obezbeđuje upravljačke signale radi održavanja njegove putanje leta do tačke susreta. Očigledno je da sistem sa dva radara može da upravlja istovremeno samo jednim projektilom, tako da ne omogućuje veliku gustinu vatrenja.

Sistem sa jednim radarem primenjuje se pri vođenju po snopu projektila vazduh — vazduh. To znači da avion za lansiranje (matični), projektil i avion — cilj moraju sve vreme da budu u pravcu. Međutim, projektili se mogu ispaljivati u nizu, jednog za drugi, u razmaku od, na primer, pola sekunde, i tako istovremeno da se upravlja sa više projektila.

Razmotrimo projektil koji je predviđen da se koristi sa odgovarajućim impulsno modulisanim radarskim sistemom. Otkrivanje cilja u takvom sistemu ostvaruje se usmeravanjem snopa impulsne visokofrekventne radio-energije po unapred određenim pravcima unutar pro-

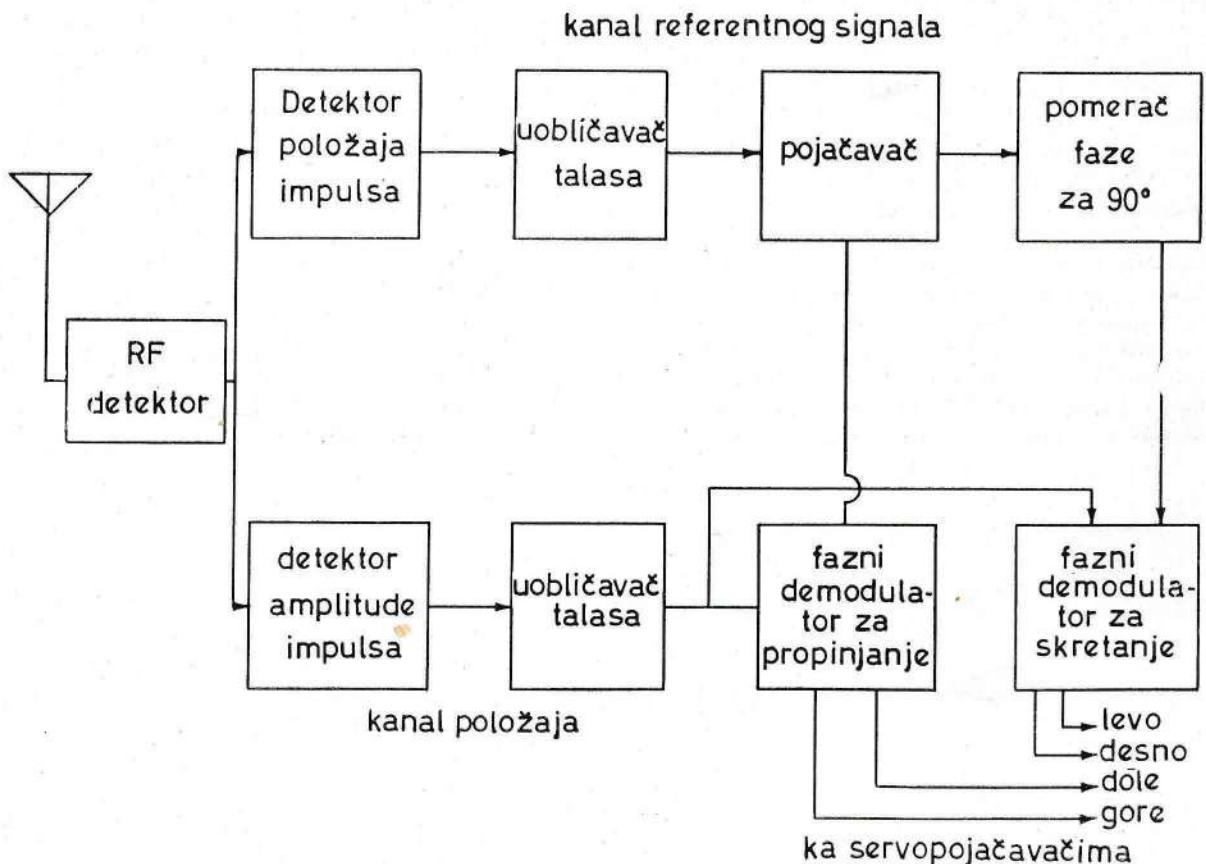
stora, koji se pretražuje. Kad taj snop najde na neki predmet, energija se od njega reflektuje i jedan njen mali deo se vraća i otkriva pomoću radarskog sistema. S obzirom na to da je snop uzan, pravac cilja je poznat. A pošto se energija predaje u impulsima, vreme koje protekne od trenutka predaje impulsa pa do prijema njegovog eha omogućuje da se utvrdi udaljenost cilja.

Osnovni snop nije fiksiran u odnosu na osu antenskog reflektora, već se kreće tako da se u prostoru ostvaruje jedan konus. Ovaj konus se dobija bilo nutacijom bilo rotacijom. Rotacija je obrtanje antenskog dipola nešto malo pomerenog iz fokusa reflektora radi dobijanja konusnog snopa. Nutacija je kružno kretanje antene oko fokusa, bez menjanja njene polarizacije. To znači da antena ostaje u horizontalnoj ili vertikalnoj ravni za vreme svog ciklusa nutacije. Nutacija radarskih antena je mnogo eftičasniji način konusnog pretraživanja zbog toga što vraćeni signal (eho) uvek ima istu polarizaciju kao i antena. Pri obrtanju antenskog dipola (rotaciji), polarizacija vraćenog signala uvek nešto kasni za položajem antene i tako daje

slabiji signal nego ako bi antena bila pravilno polarizovana.

Cilj koji se nalazi u osi reflektora ima za sve položaje osnovnog snopa uvek istu jačinu eha. Ako se cilj pomeri od ose snopa, signal eha se približno sinusoidalno menja sa obrtanjem osnovnog snopa. Reflektovani signal može se tako identifikovati sa pomeranjem cilja od ose reflektora po pravcu. Za mala odstupanja cilja od ose, amplituda signala greške odgovara veličini ovog odstupanja. Osa konusnog radarskog snopa, koja prati cilj, određuje vidnu liniju do cilja. Ovde se problem odnosi na način upravljanja projektilom kad on leti duž automatski održavane putanje, odnosno duž ose konusnog snopa. Da bi se ovo ostvarilo, neophodno je da projektil bude sposoban da oseti odnosno odredi kad se nalazi u osi snopa. Pored toga, ako se pomeri iz ose, projektil mora da zna pravac i veličinu odstupanja.

Projektil nema nikakvu unutrašnju referencu za fazu kao što je to kod sistema pratećeg radara. Modulisani signal od snopa mora da obezbedi sve potrebne podatke za vodenje. Snop



Sl. 632 — Prijemnik za sistem vodenja po snopu sa položajem impulsa kao referencom

je tako modulisan da pored ostalih funkcija može ili da obezbedi projektalu podatke za određivanje položaja u sistemu sa jednim radarom, ili da komanduje projektatom u sistemu sa dva radara. Osnovna ideja radarskog komandnog sistema već je objašnjena.

Kod sistema sa jednim radarom obrtni snop upravljačkog radara unosi signale u snop da bi se identifikovao položaj projektila oko ose snopa. Signali za identifikovanje mogu biti u vidu kodiranih impulsa, koji, se predaju za vreme dok je antena radara u nekom određenom kvadrantu. Ovo kodiranje može biti u vidu vremenske modulacije impulsa primenjene na svaki drugi prateći impuls, a upotrebljene u jednom sistemu, čija je blok-šema prikazana na slici 632. Vremenska modulacija impulsa pošto se detektuje u detektoru položaja impulsa prijemnika projektila daje pozicionom kanalu sinusoidalni (referentni) signal sa učestanošću konusnog pretraživanja koja je obično negde između 30 i 60 ciklusa u sekundi.

Ovaj referentni signal se u faznom demodulatoru pozicionog kanala poredi sa sinusoidalnim signalom koji rezultuje od amplitudne modulacije primljenih impulsa. Pomoću referentnog signala otkriva se faza da bi se dobio smer greške. Na taj način se dobijaju signali za korekciju, radi vraćanja projektila u osu snopa, i to po osi propinjanja (gore — dole) i osi skretanja (levo — desno).

U sistemu koji se koristi identifikacijom signala po kvadratima, ti signali se direktno primenjuju u upravljačkom sistemu raketne. Projektil se ne koristi pratećim (modulisanim) impulsima. U ovome slučaju ometanje je mnogo teže, pošto je jedini željeni podatak kodiranje impulsa njihovim međusobnim razmakom. Signali po pojedinim kvadrantima mogu se zamisliti kao komande za zaokretanje — gore, do-

le, desno, levo. Ako se projektil nalazi u osi konusa, svi signali iz pojedinih kvadrantata se međusobno poništavaju (izbalansiraju) i projektil nastavlja da leti bez ikakve korekcije. Ako se projektil pomeri iz ose snopa, signal iz jednog kvadranta nadavlada ostale. Projektil sluša jači signal da se vrati nazad u osu snopa.

Podaci pri vođenju po snopu, koji su primljeni pomoću antene projektila, detektuju se i šalju kao kodirani impulsi u prijemnik za vođenje. Pošto se ostvari dovoljno video-pojачanje, signali se u podesnim kolima za saglašavanje*) dekodiraju, zatim filtriraju i vode u upravljački sistem kao signali greške za propinjanje i skretanje. Ovi signali se pojavljuju kao električni naponi srazmerni odstupanju položaja projektila od ose snopa. Upravljački sistem tada određuje odgovarajuće delovanje, potrebno za dovođenje projektila u osu snopa.

Projektil vođen po snopu može se raspoznati po tome što mu je antena (ili antene) za vođenje smeštena u zadnjem delu tela, ili je usmerena nazad u odnosu na pravac leta.

Bilo bi štetno za sistem vođenja ako bi se unutar samog projektila primali signali eha. Što se tiče sistema sa kvadrantnom identifikacijom, usled rasturanja i scintilacije povraćenih signala (eho) nastala bi konfuzija od ovih signala. Antenski sistem za vođenje po snopu ima zato dijagram zračenja usmeren prema nazad u odnosu na kretanje.

Pošto su prilikom vođenja po snopu mogućnosti da se upravlja većim brojem projektila male, odnosno mala je gustina vatre, ovaj sistem je danas samo u privremenoj upotrebi.

Već smo kazali da daljina do koje neki sistem vođenja može da deluje diktira njegovu upotrebu. Sistemi malog dometa najbolje se koriste za vođenje projektila do bliskih ciljeva, kao što je slučaj pri presretanju aviona.

*) Selektori. — Prim. red.

VOJNA BIBLIOTEKA

— INOSTRANI PISCI —

Osnovana 1950. godine

Dosada izdala ove knjige

- 1) knjiga: General AJZENHAUER, **OD INVAZIJE DO POBEDE**, rasprodato.
- 2) knjiga: Maršal MONTGOMERI, **OD EL ALAMEJNA DO BALTIČKOG MORA**, rasprodato.
- 3) knjiga: Kamil RUŽERON, **BUDUĆI RAT**, rasprodato.
- 4) knjiga: Pukovnik dr fil., BEŠLAJN, **RUKOVODENJE NARODNOM ODBRANOM**, rasprodato.
- 5) knjiga: Bazil H. LIDEL-HART, **STRATEGIJA POSREDNOG PRILAŽENJA**, strana 397, cena 230 din.
- 6) knjiga: Kamil RUŽERON, **POUKE IZ RATA U KOREJI**, rasprodato.
- 7) knjiga: Džordž PATON, **RAT KAKVOG SAM JA VIDEO**, rasprodato.
- 8) knjiga: General ER, **ARTILJERIJA — NEKAD, SAD I UBUDUĆE**, strana 405, cena 300 din.
- 9) knjiga: Omar BREDLI, **USPOMENE JEDNOG VOJNIKA**, rasprodato.
- 10) knjiga: Pukovnik LIKA, **EVOLUCIJA TAKTIČKIH IDEJA**, rasprodato.
- 11) knjiga: J. O. HIRŠFELDER, **ATOMSKA BOMBA I LIČNA ZAŠTITA**, rasprodato.
- 12) knjiga: Maršal PAPAGOS, **GRČKA U RATU 1940/41**, strana 400, cena 200 din.
- 13) knjiga: Džon KRESVEL, **RAT NA MORU 1939/45**, rasprodato.
- 14) knjiga: ROZBERI, **BIOLOŠKI RAT**, rasprodato.
- 15) knjiga: General-pukovnik DAPČEVIĆ, **ZNAČAJ I SNAGA MANEVRA**, strana 638, cena 500 din.
- 16) knjiga: General ŠASEN, **ISTORIJA DRUGOG SVETSKOG RATA**, rasprodato.
- 17) knjiga: SVEČIN, **STRATEGIJA**, strana 452, cena 450 dinara.
- 18) knjiga: AJMANSBERGER, **TENKOVSKI RAT**, strana 356 sa 3 priloga, cena 400 dinara.
- 19) knjiga: KAMON, **NAPOLEONOVI RATOVI**, rasprodato.
- 20) knjiga: KARPOV, **OBALSKA ODBRANA**, strana 524, cena 700 dinara.
- 21) knjiga: MIKŠE, **TAKTIKA ATOMSKOG RATA**, rasprodato.
- 22) knjiga: MIDELDORF, **TAKTIKA U POHODU NA RUSIJU**, rasprodato.
- 23) knjiga: AJRE, **RATNA VEŠTINA I TEHNIKA**, strana 248, cena 300 din.
- 24) knjiga: PRENTIS, **CIVILNA ZAŠTITA U MODERNOM RATU**, rasprodato.
- 25) knjiga: HITL, **VOJNI ŠTABOVI**, strana 336, cena 500 din.
- 26) knjiga: Maršal JERJOMENKO, **STALJINGRAD**, Delo obuhvata staljingradsku operaciju u celini sa uništenjem nemačke 6. armije, kao i izvesne zaključke i iskustva iz ove operacije. Strana 522, cena 1.000 din.
- 27) knjiga: FOJHTER, **ISTORIJA VAZDUŠNOG RATA** (prevod sa nemačkog) strana 503, cena 850 din.

- 28) knjiga: Admiral KASTEKS, **STRATEGIJSKE TEORIJE** (I sveska). Strana 430, cena 600 din.
- 29) knjiga: GUDERIJAN, **VOJNI MEMOARI**, strana 623, cena 1.000 din.
- 30) knjiga: **VOĐENI PROJEKTLI**, Strana 546.
- 31) knjiga: GRUPA POLJSKIH AUTORA, **ODABRANE OPERACIJE POLJSKE NARODNE VOJSKE**. Zbirka članaka o dejstvima jedinica Poljske narodne vojske do pada Berlina 1945. godine. Strana 432, cena 1.000 din.
- 32) knjiga: GRUPA SOVJETSKIH AUTORA, **PROBOJ ORGANIZOVANE ODBRANE**. Zbirka odabralih diplomskih radova sa sovjetskih vojnih akademija iz oblasti proboga organizovane odbrane operativnim jedinicama. Strana 487, cena 1.000 din.
- 33) knjiga: HERBERT FAJS, **ČERČIL — RUVZELT — STALJIN**. Delo predstavlja vojnoodiplomatsku istoriju drugog svetskog rata koji pokazuje »rat koji su ovi vodili i mir koji su želeli«. Strana 840, cena 1.500 din.
- 34) knjiga: MIDEILDORF, **TAKTIKA RODOVA I SLUŽBI**. Knjiga obraduje postupno sve osnovne taktičke radnje taktičkih jedinica. Strana 671, cena 800 dinara.
- 35) knjiga: GRUPA SOVJETSKIH AUTORA, **TAKTIČKI PRIMERI BORBE**. Delo predstavlja zbirku odabralih konkretnih primera borbi pešadijskih pukova i njihovih delova na istočnom frontu. Strana 264, cena 800 din.
- 36) knjiga: Ešer LI, **VAZDUŠNA MOĆ**, Studija o mogućnostima vazduhoplovstva u savremenim uslovima. Strana 288, cena 650 din.
- 37) knjiga: MONTROS, **NEBESKA KONJICA**. Studija o helikopterima na osnovu iskustva u korejskom ratu. Strana 307, cena 700 dinara.
- 38) knjiga: MELENTIN, **OKLOPNE BITKE**. U knjizi nemački general Melentin opisuje sve važnije oklopne bitke iz drugog svetskog rata. Strana 448, cena 850 din.
- 39) knjiga: GRUPA SOVJETSKIH AUTORA, **RAZVOJ TAKTIKE SOVJETSKE ARMIJE 1941—1945**. Strana 593, cena 1.300 din.
- 40) knjiga: **ZBIRKA ČLANAKA IZ STRATEGIJE** (I sveska). Strana 646, cena 900 dinara.
- 41) knjiga: **ZBIRKA ČLANAKA IZ OPERATIVNE VEŠTINE** (I sveska). Strana 597, cena 1.600 din.
- 42) knjiga: **ZBIRKA ČLANAKA IZ TAKTIKE** (I sveska). Strana 803, cena 1.250 dinara.
- 43) knjiga: **ZBIRKA ČLANAKA IZ VOJNE PSIHOLOGIJE** (sveska). Strana 489, cena 1.000 din.
- 44) knjiga: Maršal JERJOMENKO, **NA ZAPADNOM PRAVCU**. Strana 336, cena 600 dinara.
- 45) knjiga: Maršal ČUKOV, **ODBRAНА STALJINGRADA**. Strana 423, cena 600 dinara.
- 46) knjiga: **TRANZISTORI** (prevod sa engleskog). Strana 464, cena 1.100.
- 47) knjiga: GRUPA SOVJETSKIH AUTORA pod redakcijom generala armije KUROČKINA, **METODIKA VOJNONAUČNOG ISTRAŽIVANJA**. Strana 384, cena 650 din.
- 48) knjiga: NASTAVNICI VOJNOPOLITIČKE AKADEMIJE »LENJIN«, **MORALNO-POLITIČKI FAKTOR U SAVREMENOM RATU**. Strana 382, cena 1.000 dinara.
- 49) knjiga: ŠTERNBERG, **VOJNA I INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA** (prevod sa nemačkog). Strana 360, cena 1.000 din.
- 50) knjiga: IVANOV i TJAPKIN, **INFRAČRVENA TEHNIKA U VOJNOJ PRIMENI**. Delo je u štampi.
- 51) knjiga: BUDONI, **PREDENI PUT**. (Memoari iz oktobarske revolucije). Strana 486, cena 750 din.
- 52) knjiga: POPELJ, **U TEŠKO VREME**, Strana 400, cena 700 din.
- 53) knjiga: LOKTIONOV, **DUNAVSKA FLOTILA U VELIKOM OTADŽBINSKOM RATU**. Delo je u štampi.
- 54) knjiga: POPELJ, **TENKOVI SU OKRENULI NA ZAPAD** (druga knjiga piševe trilogije). Strana 438, cena 1.100 din.

- 55) knjiga: Maršal SOKOLOVSKI, **VOJNA STRATEGIJA** (rad grupe autora). Strana 584, cena 1.100 din.
- 56) knjiga: SEMJONOV, **RAZVOJ SOVJETSKE OPERATIVNE VEŠTINE**. Strana 405, cena 1.250 din.
- 57) knjiga: AKADEMIJA NAUKA SSSR **VELIKA BITKA KOD MOSKVE**. Delo je u štampi.
- 58) knjiga: GRUPA SOVJETSKIH AUTORA, **O SOVJETSKOJ VOJNOJ NAUCI**. Strana 420, cena 1.250 din.
- 59) knjiga: KEGL i MENSON, **POMORSKI RAT U KOREJI**. Delo je u pripremi.
- 60) knjiga: KOLESNIKOV, **ZORGE**. Strana 246, cena 700 din.
- 61) knjiga: GONČARENKO, **KIBERNETIKA U VOJNOJ PRIMENI**. Delo je u štampi.
- 62) knjiga: GRUPA SOVJETSKIH AUTORA, **BITKA ZA LENJINGRAD**. Delo je u pripremi.
- 63) knjiga: ROTMISTROV, **ISTORIJA RATNE VEŠTINE — I**. Delo je u štampi.
- 64) knjiga: ROTMISTROV, **ISTORIJA RATNE VEŠTINE — II**. Delo je u štampi.
- 65) knjiga: POPELJ, **NAPRED NA BERLIN**. Delo je u pripremi.

VOĐENI PROJEKTLI

Redaktor
inž Ratko Pavlić

*

Lektor
Ljiljana Pejanović-Simić

*

Tehnički urednik
Andro Strugar

*

Korektori
Biljana Đorđević
Nada Vesić

*

Korice
Sava Rajković

Stampanje završeno oktobra 1966.
Tiraž 3000

Štampa Vojnoštamparsko preduzeće, Beograd, Mije Kovačevića 5.