

ORIJEANTIRANJE ANTENA PASIVNIH REFLEKTORA UA UKT RADIO RELEJNE VEZE GEODETSKIM METODAMA

Jane VEZENKOV i suradnici — Skopje

OPSTE — Poznato je da svako električno kolo kroz koje teče naizmenična struja znači izvesnu energiju elektromagnetskih talasa. Dužina elektromagnetskih talasa koje zrači, npr., električni vod frekvencije 50 Hz iznosi 6.000 km. Više frekvencije mogu se postići pomoću električnih oscilatornih kola. Tako npr., santimetarski talasi mogu biti proizvedeni pomoću oscilatora sa elektronskim cevima — triodama. Moderna fizika poznaje razne vrste elektromagnetskih talasa — od onih sa najnižim frekvencijama (10—1000 Hz) i velikim talasnim dužinama (30.000—300 km), koje su obično prateće u tehnici naizmeničnih struja, pa preko radio talasa (dugih, srednjih, kratkih i ultra kratkih), sve do onih sa super visokim frekvencijama i nanometarskim* i pikometarskim talasima, kao što su: x-zraci sa talasnim dužinama (t. d.) od 50 nm do 1 pm, γ -zraci sa t. d. od 0,05 do 0,1 pm, i kosmički zraci sa talasnim dužinama hiljadu puta manjim od talasnih dužina γ (gama) zraka.

U spektru elektromagnetskih talasa nema praznina niti se može staviti neke oštre granice između pojedinih vrsta talasa, različitih po svom poreklu ili nameni. Za sve vrste talasa važe iste osnovne zakonitosti, pošto po svojoj osnovnoj prirodi oni se razlikuju samo po talasnoj dužini, odnosno frekvenciji. Svi imaju iste osobine, iako potiču iz različitih izvora.

Još u prošlom veku razvijajući teoriju elektromagnetskih talasa, Maksvel je dokazao da i svetlost predstavlja elektromagnetsku pojavu. Područje optičkog spektra, koje se nalazi između područja mikro-radio talasa i x-zraka, je samo mali, neznatni deo ogromnog spektra elektromagnetskih talasa.

Za nas su, svakako, najznačajniji ultra kratki i mikro radio talasi. Njihova frekventna zona dosta je široka. Započinje sa $3 \cdot 10^7$, a završava sa $3 \cdot 10^{12}$ Hz, što odgovara talasnim dužinama od 10 metara do 0,1 mm. Kod rešavanja mnogobrojnih jednostavnih i složenijih tehničkih zadataka, u praksi, može se zanemariti talasna teorija prostiranja i aproksimativno može se uzeti da se mikro radio talasi (santimetarski i milimetarski) prostiru pravolinijski. Isto kao i kod svetlosti, znači, i za njih se mogu primeniti osnovni zakoni geometrijske optike. Potsetimo se samo nekih:

Adresa autora: Jane Vezekov, dipl. inž. — Građevinski fakultet Skopje

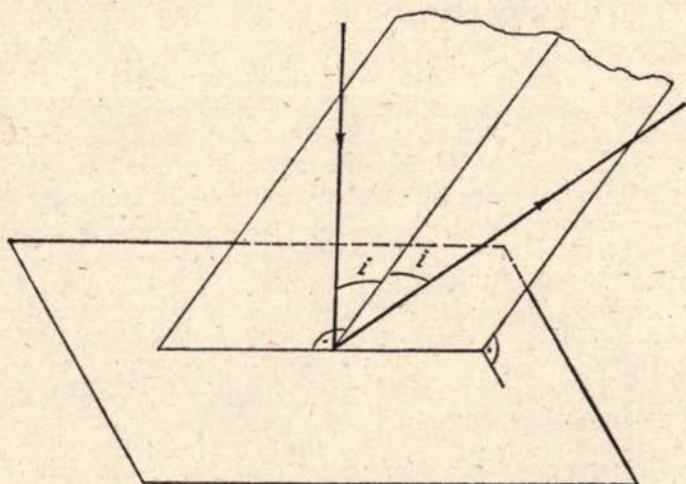
Suradnici: Prof. Dr Dime Lazarov, Doc. Jovan Mirčevski, dipl. inž., Risto Ribarovski, dipl. inž., Georgi Nastev, stručni saradnik.

* 1 nanometar = 10^{-9} metara, 1 pikometar = 10^{-12} metara

Zakon rasprostiranja: Svetlosni zraci se rasprostiru pravolinijski.

Zakon refleksije:

- 1 — Ugao pod kojim svetlosni zrak pada na ravnu površinu, isti je sa uglom pod kojim se odbije taj zrak od te površine, i
- 2 — Bisektrisa ugla koji obrazuju upadni i odbijeni zrak, uspravna je na ravninu na koju pada i od koje se odbija dotični svetlosni zrak tj. ravnina u kojoj leži upadni i odbijeni svetlosni zrak, uspravna je na ravninu refleksije (sl. 1).

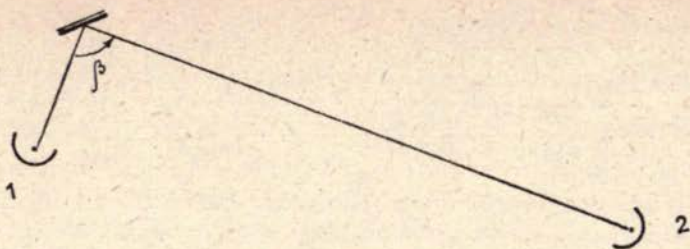


Slika 1

UVOD — Usmerene radio relejne veze, ako budu pravilno isplanirane, daju mogućnost sigurnog i kontinuiranog prenosa informacije u svako doba dana (noći) i godine. i to u doba celog jedanaestogodišnjeg ciklusa sunčeve aktivnosti.

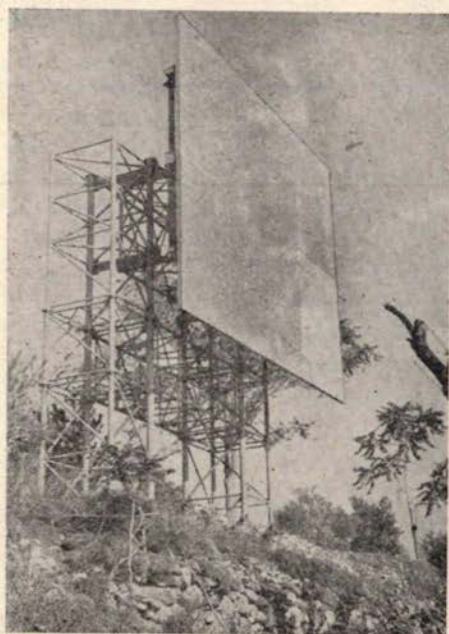
Pošto radio uređaji rade na ultrakratkim ili mikro talasima (sa talasnom dužinom od nekoliko santimetara), u slučaju da hoćemo uspostaviti neku vezu između dve primopredajne radio stanice, koje se nalaze na dva različita mesta, morali bi imati direktnu optičku vidljivost između antena na jednom i drugom mestu. S druge strane, direktna optička vidljivost najviše zavisi od reljefa terena. U Makedoniji, npr., ne postoje gradska naselja s direktnom vidljivošću.

U tim slučajevima tj. kada se primopredajne stanice direktno ne dogledaju, traži se između njih neko pogodno mesto odakle će moći da se vide njihove antene (sl. 2). Na to mesto postavlja je posebni pasivni reflektor (sl. 3) koji ima funkciju ravnog ogledala. Taj pasivni reflektor treba da bude tako postavljen da se prispeli snop elektromagnetskih talasa sa jednog primopredajnika, posle reflektiranja od njegove ravne površine, uputi drugom primopredajniku.



Slika 2

PLANIRANJE — Planiranje neke usmerene radio veze obuhvata uglavnom proračun jačine polja na mestu prijema, odnosno proračun potrebne snage predajnika, koja će na određenoj udaljenosti moći da stvori polje potrebne jačine. Kvalitet prenosa zavisi od više parametara koje treba uzeti u obzir kod proračuna. Navešćemo samo najvažnije: snaga predajnika, radna frekvencija, osetljivost prijemnika, udaljenost između predajnika i prijemnika, nivo šumova na mestu prijema (odnos signal/šum kao funkcija udaljenosti) i drugo.



Slika 3 — Pasivni reflektor od 30 m² u Kočanima

U većini slučajeva, iz ekonomskih razloga, planeri moraju imati standardne uređaje sa definisanim snagama i osetljivosti. Otud se nameće potreba proračuna moguće udaljenosti između primopredajnika, kao funkcija snage predajnika i osetljivosti prijemnika.

Proračun kvalitete prenosa, planiranje i izgradnja usmerenih bezžičnih veza uopšte, vrše elektro inženjeri — specijalisti za elektroniku i telekomunikacije, razume se, u suradnji s adrugim stručnjacima (građevinskim, mašinskim, geodetskim). Uloga geodetskog inženjera, kod planiranja takvih veza, nije beznačajna. On određuje tačna odstojanja između primopredajnih stanica i pasiva; zatim, u zajednici sa elektro inženjerom, pronalazi pogodna mesta za pasivne reflektore; i kao najvažnije, vrši uzajamnu orijentaciju antena i pasiva, prema zakonima geometrijske optike, kako bi upućeni snop elektromagnetskih talasa sa jednog primopredajnika, posle odbijanja od pasivnog reflektora, stigao drugom primopredajniku (sl. 2).

U ovom referatu bit će izloženi samo geodetski radovi kod planiranja, sa posebnim osvrtom na načine orijentisanja pasiva i usmeravanja antena.

UZDUŽNI PROFIL UKT TRASE

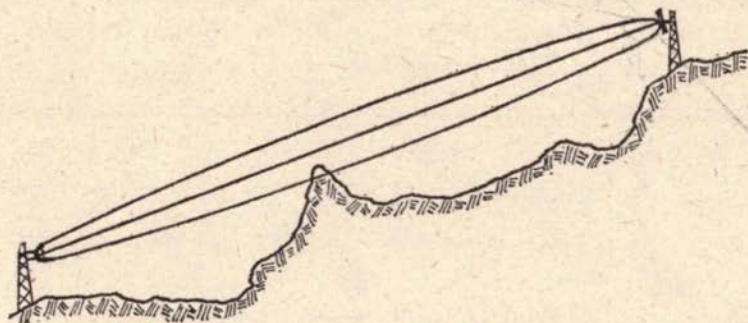
Izbor mesta za pasivne reflektore — Na topografskoj karti razmere 1:50.000 ili 1:25.000 izaberu se markantne tačke, po svojim kotama, tako, da bi na njih mogli da se postave pasivni reflektori. Zatim se izrađuju uzdužni profili od primopredajne stanice do točaka koje smo odabrali. Na profilima je moguće da se vidi da li se tačke dogledaju, gde će se postaviti pasivi, sa tačkama predviđenim za antene. Prave se više varijanti, a ona koja je najpovoljnija biće usvojena. Izabrana varijanta mora da bude proverena na licu mesta (na samom terenu), zbog toga, da na terenu slučajno ne postoji neki objekat koji na karti iz bilo kojih razloga nije uočen.

Može da se desi, npr., da se obe tačke (pasiv i antena) dogledaju, ali to ne znači da je izabrana trasa dobra. Pored toga što treba da imamo direktnu optičku vidljivost između antene i pasiva, potrebno je još da postoji i jedna šira slobodna zona, duž celog pravca trase, po kojoj se prostire snop elektromagnetskih talasa. Ova slobodna zona se naziva Fresnelova, po francuskom inženjeru Fresnelu. Fresnelova slobodna zona mora da bude obezbeđena zbog pojave koja je poznata optici kao difrakcija, a usko je povezana sa interferencijom elektromagnetskih talasa. Kod njenog određivanja mora da se uzme u obzir veći broj faktora, kao značajne spomenuli bi: rastojanje između antene i pasiva, zatim razni meteorološki i električni faktori, kao što su: vlažnost, temperatura i gustina vazduha, frekvencija, jačina predajnika i dr.

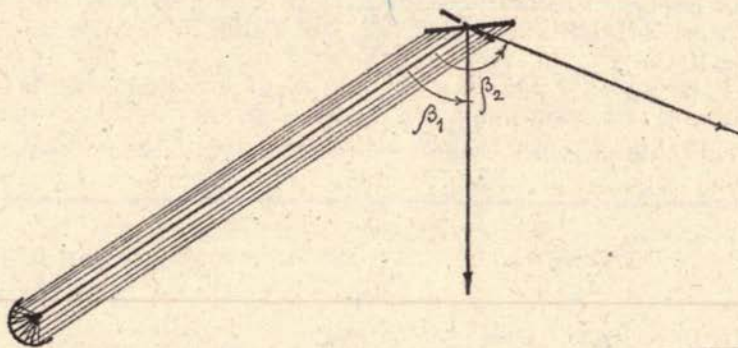
Za nas je važno da znamo da Fresnelova zona ima oblik rotacionog elipsoida (koji nastaje rotacijom elipse oko veće ose AP — sl. 4). Zatim kod trasiranja UKT pravaca, treba voditi računa da ne bude obuhvaćen kakav vrh, greben ili objekat u toj zoni, a naročito oko sredine trase, obzirom na to da u ovom delu elipsoid ima najveću ispupčenost.*

* Preseci elipsoida koji su normalni na veću osu predstavljaju u stvari krugove. Radiusi ovih krugova u neposrednoj sredini trase (zavisno od rastojanja) mogu da budu 20, 30 pa i više metara.

Na kraju, pri izboru mesta za pasiv, mora da se vodi računa i o uglu β , da isti ne budu veći od 120° (sl. 2). Ovo je potrebno radi boljeg korišćenja ogledalne površine pasivnog reflektora, odnosno za što manje gubitke u kvalitetu prenosa.



Sleka 4 — Fresnelova slobodna zona

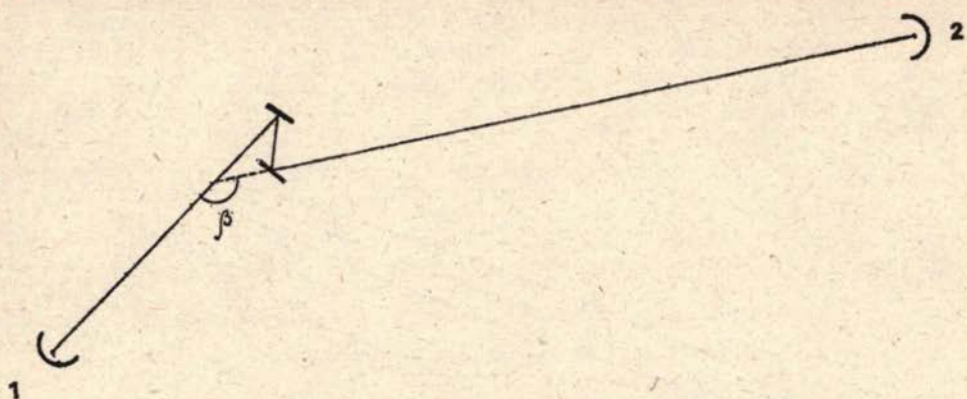


Slika 5

Slika 5 nam pokazuje da ukoliko je ugao β veći potrebno je da imamo i veći pasiv (sa većom površinom) i obrnuto. Oдавde vidimo da se veliki ugao refleksije negativno odražava ne samo na poskupljenje objekta (pasiva), već i na sam kvalitet prenosa informacija, s tim što će veliki deo snopa elektromagnetskih talasa ostati neiskorišćen (neće biti reflektiran).

Ukoliko terenske prilike ne dozvoljavaju manji ugao od 120° , onda, da ne bi izgubili u kvalitetu prenosa, primenićemo duplu refleksiju (sl. 6).

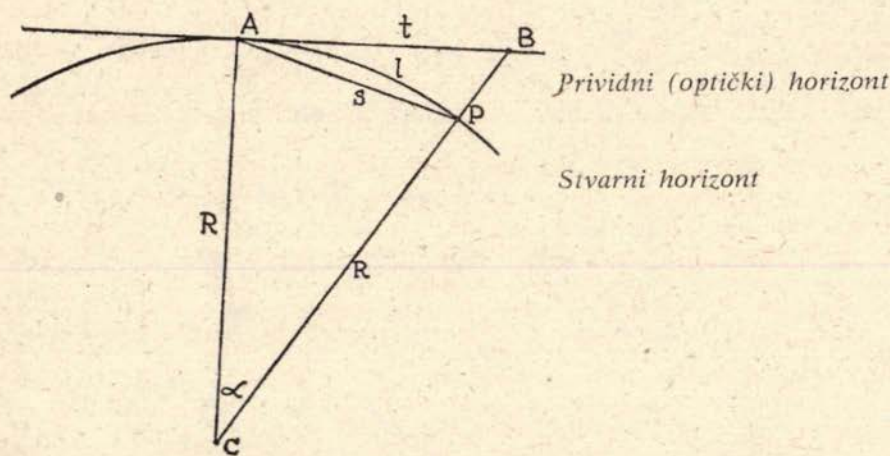
Zakrivljenost zemljine površine — Obzirom da rastojanja između antena i pasiva često mogu da budu i po nekoliko desetina kilometara, potrebno je pri izradi profila UKT trase, uzeti u obzir i zakrivljenost zemljine površine (ukoliko ne bi uzeli u obzir zakrivljenost zemlje, može se dogoditi da se krajnje tačke na profilu dogledaju, dok na licu mesta — na terenu — ta doglednost ne postoji). Kod ovoga je dovoljno da se oblik zemlje aproksimira u loptu (radiusa $R = 6.370$ km.).



Slika 6 — Dupla refleksija

Da uzmemo slučaj idealne sferne površine zemlje (sl. 7). Neka tačka A predstavljaj antenu; tačka P pasiv, a tačka C centar zemlje. U tom slučaju tangenta t je prividni (optički) horizont u tački A, a luk $AP = l$ predstavlja stvarni (pravi) horizont. Zbog zakrivljenosti zemlje, sa tačke A neće se dočeti tačka P, (koja je na rastoajnju l). Da bi mogli da imamo doglednost tačaka A i P, potrebno je pasiv P ili antenu izdignuti za veličinu PB . U zavisnosti od dužine luka l , poniranje horizonta PB može da iznosi i nekoliko metara (vidi tabelu 1). Prema slici 7 poniranje horizonta PB može da se sračuna vrlo jednostavno na sledeći način:

$$\overline{PB} = \overline{CB} - \overline{CP} = \frac{R}{\cos \alpha} - R = R(\sec \alpha - 1) \quad (1)$$



Slika 7

Veličinu $\sec\alpha$ možemo razviti u Tajlorov red, pri čemu bi zadržali samo prva dva člana (pošto je ugao α mali)

$$\sec\alpha = 1 + \frac{\alpha^2}{2} + \dots$$

Kako je

$$l = R \cdot \alpha \quad \text{odnosno } \alpha = \frac{l}{R}$$

kad ovo uvrstimo u jednačinu (1) dobili bi:

$$\overline{PB} = R \left(1 + \frac{l^2}{2R^2} - 1 \right) = \frac{l^2}{2R} \quad (2)$$

Ako želimo da veličinu PB dobijemo u metrima, onda bi l uzeli u kilometrima, a R u megametrima (Mm)

$$\overline{PB}_m = \frac{l_{km}^2}{2R_{Mm}} \quad (3)$$

Tabela 1

l (km)	PB (m)	r (cm)	l (km)	PB (m)	r (cm)
1	0,08	0,0	26	53,06	1,8
2	0,31	0,0	27	57,22	2,0
3	0,71	0,0	28	61,54	2,3
4	1,26	0,0	29	66,01	2,5
5	1,96	0,0	30	70,64	2,8
6	2,82	0,0	31	75,43	3,1
7	3,85	0,0	32	80,38	3,4
8	5,02	0,1	33	85,48	3,7
9	6,36	0,1	34	90,74	4,0
10	7,85	0,1	35	96,15	4,4
11	9,50	0,1	36	101,73	4,8
12	11,30	0,2	37	107,46	5,2
13	13,26	0,2	38	113,34	5,6
14	15,38	0,3	39	119,39	6,1
15	17,66	0,3	40	125,59	6,6
16	20,09	0,4	41	131,95	7,1
17	22,68	0,5	42	138,46	7,6
18	25,43	0,6	43	145,13	8,2
19	28,33	0,7	44	151,96	8,7
20	31,40	0,8	45	158,95	9,4
21	34,62	1,0	46	166,09	10,0
22	37,99	1,1	47	173,39	10,7
23	41,52	1,2	48	180,85	11,4
24	45,21	1,4	49	188,46	12,1
25	49,05	1,6	50	196,23	12,8

Što se tiče stacionaže profila UKT trase do 50 km., svejedno je dali će se uzeti luk l ili tetive s (sl. 7) s obzirom da je razlika između njih samo 13 sm. (Koliko nam je poznato veća direktna rastojanja od 50 km. do sada u praksi nisu korišćena).

Iz slike 7 vidi se da je

$$S = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (4)$$

Ako $\sin \frac{\alpha}{2}$ razvijemo u Maklorenov red i ako zadržimo samo prva dva člana

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha}{2} - \frac{\alpha^3}{3!}$$

a zatim uvrstimo u jednačinu (4), uzimajući da je $\alpha = \frac{l}{R}$ dobićemo:

$$s = l - \frac{l^3}{24R^2} \quad (5)$$

Razlika r između luka l i tetive s biće:

$$r = l - s = \frac{l^3}{24R^2} \quad (6)$$

U tabeli 1 date su vrednosti za poniranje horizonta PB i razlike r između luka i tetive za rastojanja do 50 km. Ukoliko se javi potreba za rastojanje preko 50 km., onda veličinu r možemo sračunati po formuli (6), i potom je uzeti u obzir.

REFRAKCIJA — U početku je napomenuto da se ultra kratki talasi rasprostiru pravolinijski. Strogo uzevši, to nebi bilo pravolinijsko rasprostiranje. Naime, toposfera, po kojoj se rasprostiru UK talasi sastavljena je od različitih slojeva vazduha, čija se gustina, usled promene temperature i vlažnosti (tokom vremena) stalno menja. Zbog ovoga dolazi do malog »uvijanja« UK talasa na niže. Ova pojava je poznata pod imenom refrakcija.

Zbog refrakcije, UK talasi će »dospeti« nešto dalje od optičkog horizonta. Tako dolazimo do pojma radio horizont. Ovaj radio horizont — za projektante je vrlo važan faktor — razlikuje se od optičkog.

Kod projektiranja, utjecaj refrakcije uzima se u obzir, na taj način što se umesto pravoga radiusa R zemlje uzima jedan fiktivan R' ili:

$$R' = K \cdot R$$

gdje je

$$K = \frac{1}{1 + \frac{R}{2} \cdot \frac{\Delta n}{\Delta h}}$$

U izrazu za K , vrednost $\frac{\Delta n}{\Delta h}$ predstavlja gradijent indeksa prelamanja. Ve-

ličina gradijenta prelamanja najviše zavisi od vlažnosti i temperature vazduha.

Promenom gradijenta tokom vremena menja se veličina fiktivnog radiusa zemlje. Zbog ovog dolazi do promene uslova rasprostiranja, odnosno do promene polja.

Dugogodišnjim ispitivanjima utvrđeno je za veličinu K da se kreće od

$$K = \frac{4}{3} \text{ za normalnu atmosferu, do } K = \frac{2}{3} \text{ za najnepovoljnije uslove. Sa}$$

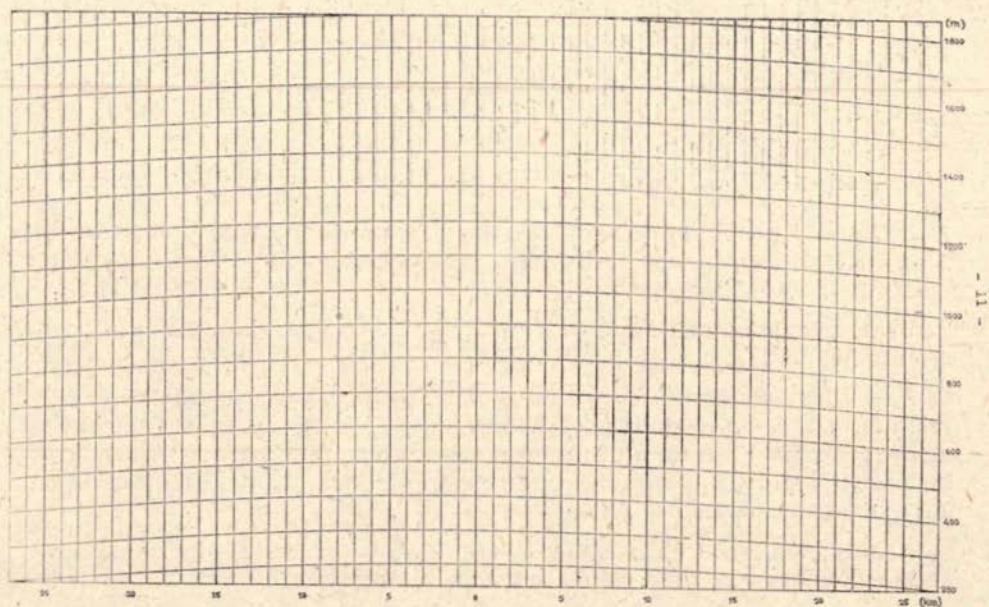
promenom veličine K , odnosno fiktivnog radiusa R' , prividno se skraćuje, odnosno produžava radio horizont.

PROFILNI DIJAGRAM — Kada imamo formule (2) i (5), odnosno (6) i tabelu 1, vrlo jednostavno možemo konstruisati profilni dijagram. Kod ovoga, potrebno je da se odlučimo za izbor razmere u kojoj bi crtali profil (dijagram).

Ako imamo planinski reljef, i ako koristimo milimetarski papir A-4 format, onda je najbolje za rastojanja do 50 km., da se uzima razmera: za dužine 1:200.000, a za vsine 1:10.000.

U odgovarajućim razmerima pomoću poniranja horizonata konstruisat će se krivina koja nam označava stvarni horizont. Zatim, na visinskom rastojanju, na pr. od 100 m., povlačimo paralelne krive linije sa stvarnim horizontom. Na

PROFILNI DIJAGRAM
 $K = 1$



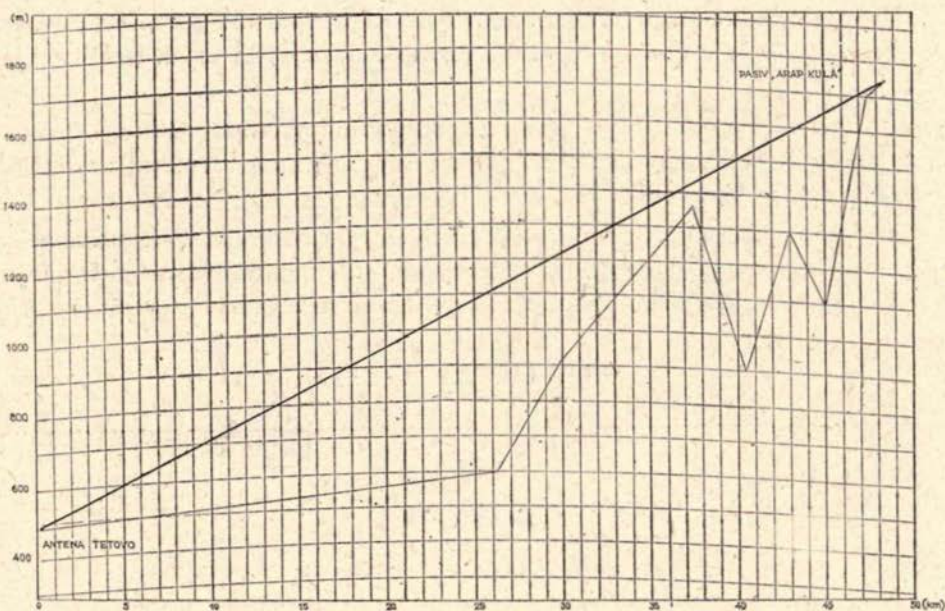
taj način dobijamo profilni dijagram (vidi sl. 8). Što se tiče samog iscrtavanja profila, to ne predstavlja nikakav problem sl.9).

Na osnovu formula (2) i (5) i veličine $R' = \frac{4}{3} \cdot R$ ili $R' = \frac{2}{3} \cdot R$

za koju smo rekli da je fiktivna, sastavlja se tabela, a pomoću tabele crta se profilni dijagram. Izrada profilnog dijagrama je ista na sl. br. 8

Trebalo bi napomenuti da se pri crtanju profila UKT trase ne koristi tabela br. 1 ni profilni dijagram dobiven na osnovu nje (sl. 8), zbog toga, što kod sastavljanja tabele, odnosno izrade profilnog dijagrama nije uzeta u obzir refrakcija. Ustvari, tabela 1 i sl. 8 predstavljaju jedan specijalan slučaj kada je $K=1$.

UZDUŽNI PROFIL
K = 1



USMERAVANJE ANTENA — Kada je, pomoću profila, izabrana i utvrđena UKT trasa, pristupa se usmeravanju antena i orijentisanju pasivnih reflektora.

Usmeravanje antena može se izvršiti na više načina. Navešćemo samo dva: direktnim merenjem vertikalnih uglova i , pomoću koordinata.

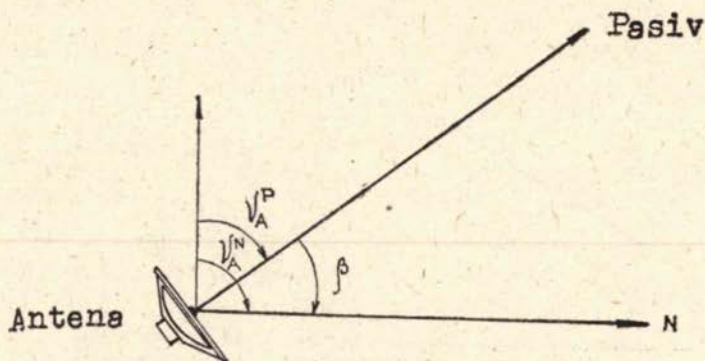
1 — Direktno merenje uglova — Na ovaj način usmeravanje se vrši vrši tako što ćemo teodolit postaviti na mestu gde će biti montirana antena i mere se: vertikalni ugao α prema pasivu, i horizontalni ugao β između pravca ka pasivu i pravca prema nekoj markantnoj tački (fabrički dimnjak, džamija, markantna zgrada i dr.).

Kasnije, kod montiranja antene, odmerava se od markantne tačke ugao β i pod uglom nagiba α pričvršćuje se antena za nosače.

2 — *Pomoću koordinata* — Prvi način, iako je na prvi pogled dosta jednostavan, sadrži velike nedostatke, najviše zbog toga što se pasivi obično postavljaju u planinskim visovima i na velikoj udaljenosti (do 50 km.), pa je otežano u nekim prilikama da se dogledaju i izmere potrebni uglovi (zbog oblaka, magle, isparavanje zemljišta itd.). Zatim, teško je izvodljivo signaliziranje mesta predviđena za pasive. I, kao najvažnije, u toku planiranja prave se obično nove varijante (razmeštanjem i premeštanjem predviđenih antena i pasiva), pa za svaku od njih treba vršiti posebnu signalizaciju i meriti potrebne uglove, što je uvek teško izvodljivo (i vremenski, a i zbog nepovoljnih meteoroloških uslova). Iz ovih razloga smatramo da je bolje primeniti metodu pomoću koordinata krajnjih tačaka.

Ovaj način zahteva veće angažiranje na terenu a i u kancelariji (potrebno je vršiti više merenja i računanja), ali zato pruža veće mogućnosti kod varijantnih rešenja, kao i za više izmena i dopuna nekih već gotovih, ali ne baš najpovoljnijih rešenja. Ovde je važno to što se može raditi bez signalizacije krajnjih tačaka a i pod nepovoljnim meteorološkim uslovima (na terenu se može raditi i kod većih isparavanja zemlje, kada je oblačno, pa čak i kišovito vreme).

Ovaj metod sastoji se u tome, što ćemo odrediti koordinate centara antena i pasiva, u državni koordinatni sistem, kao i apsolutne visine tih centara, pa se od njih, računanjem dobivaju potrebni uglovi.



Slika 10

Poznato je da u celoj našoj zemlji postoji trigonometrijska mreža svih redova, čije tačke imaju koordinate i kote. U Makedoniji je razvijena i proglašena trigonometrijska mreža IV reda, čije se tačke nalaze na međusobnom rastojanju od oko jedan kilometar. Od njih po nekoj od poznatih geodetskih metoda (presek napred, presek nazad, poligonski vlak ili »slepa« tačka) određuju se koordinate centara antena i pasiva, a nivelmanskim putem (geometrijskim ili trigonometrijskim) dobivaju se njihove apsolutne visine.

Imajući koordinate antene i pasive (sl. 10) računa se ugao koji zaklapa x—osa sa pravcem prema pasivu:

$$\operatorname{tg} v_a^p = \frac{y_p - y_a}{x_p - x_a} \quad (7)$$

i odstojanje između antene i pasiva:

$$l' = \sqrt{(y_p - y_a)^2 + (x_p - x_a)^2} \quad (8)$$

Također, majuci koordinate antene i neke trigonometriške tačke N, računa se

$$\operatorname{tg} v_a^n = \frac{y^n - y_a}{x_n - x_a}$$

Ugao (usmeravanja) koji zaklapaju pravac prema pasivu i pravac prema tački N dobija se

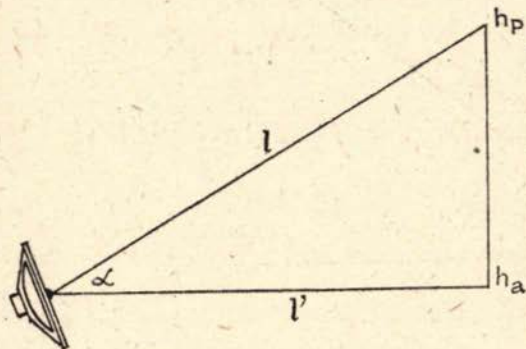
$$\beta = v_a^n - v_a^p \quad (9)$$

Vertikalni ugao α dobija se po formuli:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_p - h_a}{l'} \quad (10)$$

gde su h_a i h_p apsolutne visine antene i pasiva (sl. 11), a prostorno rastojanje l po formuli:

$$l = \frac{l'}{\cos \alpha} \quad (11)$$



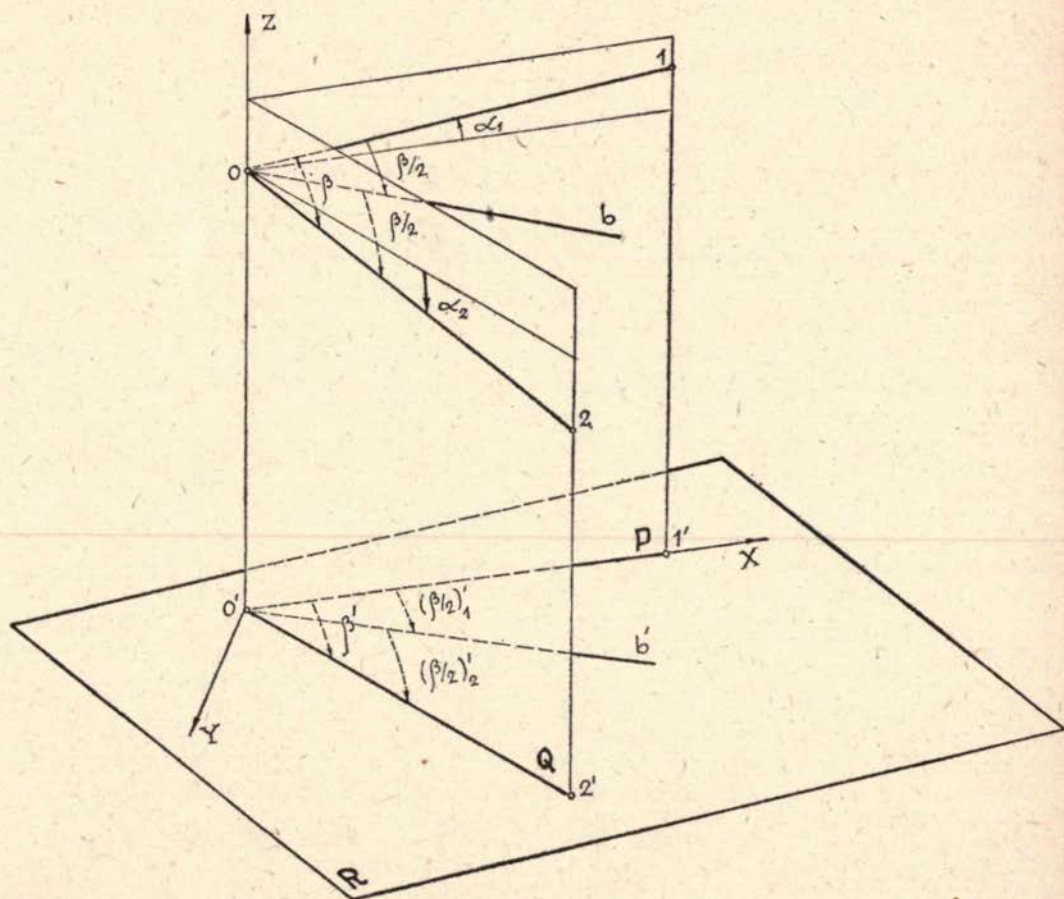
Slika 11



Slika 12 — Antenski stub u Kočanima

ORIJENTISANJE PASIVNIH REFLEKTORA — Neka nam tačka O na sl. 13 predstavlja centar pasivnog reflektora, a tačke 1 i 2 centri primopredajnih antena. Kod orijentisanja, pasivni reflektor treba da bude postavljen tako da snop elektromagnetskih talasa upućen od antene 1, posle reflektiranja od njegove ravne površine, pogodi antenu 2. Da bi se ovo postiglo, mora da bude zadovoljen osnovni zakon refleksije t. j. »ogledalo« treba da bude postavljeno normalno na bisektrisu b prostornog ugla β (koga zahvataju pravci $O1$ i $O2$). Takav prostorni položaj pasiva (»ogledala«) postiže se posebnom orijentacijom u horizontalnom i vertikalnom smislu.

Horizontalna orijentacija — Pošto prostorni ugao β nije merljiv a može se meriti njegova ortogonalna projekcija β' i vertikalni uglovi α_1 i α_2 (koje zaklapaju pravci antene 2 sa horizontom), orijentaciju ćemo vršiti pomoću tih (merljivih) elemenata.



Slika 13

Ako kroz pravce $O1$ i $O2$ postavimo vertikalne ravni P i Q onda ugao koji zaklapaju te dve ravnine biće u stvari ortogonalna projekcija β' prostornog

ugla β na horizontalnoj površini R (sl. 13). S druge strane projekcija bisektrise prostornog ugla β , na horizontalnu ravninu R neće biti bisektrisa i ugla β' .

Da bi odredili ugao $\left(\frac{\beta}{2}\right)_1$ koga zaklapaju projekcija pravca 01 i projekcija bisektrise b (t. j. ugao između 0'1' i b'), postavićemo prostorni koordinatni sistem, tako da nam, x—osa predstavlja presek ravnina R i P, z—osa vertikalno kroz centar pasiva t. j. presek ravnina Pi Q, a y—osa razume se, normalu na x i z. Znači ravan xy biće indentična ravni R, a ravan xz identična ravni P.

Ako uzmemo jedinačne vektore na pravcima 1 i 2, tada će njihove komponente (koordinate) na x, y i z—osi biti:

$$\begin{aligned}\vec{1} &= \{\cos\alpha_1; 0; \sin\alpha_1\} \\ \vec{2} &= \{\cos\alpha_2 \cdot \cos\beta'; \cos\alpha_2 \cdot \sin\beta'; \sin\alpha_2\}\end{aligned}$$

a njihova rezultanta

$$\vec{r} = \vec{1} + \vec{2} = \{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta'; \cos\alpha_2 \cdot \sin\beta'; \sin\alpha_1 + \sin\alpha_2\} \quad (12)$$

poklopit će se sa bisektrisom b.

Projekcija vektora \vec{r} na ravninu xy imat će komponente:

$$\vec{r} = \{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta'; \cos\alpha_2 \cdot \sin\beta'; 0\}$$

a njegova skalarna vrednost bit će:

$$|\vec{r}| = r = \sqrt{(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta')^2 + \cos^2\alpha_2 \sin^2\beta'} = \sqrt{(\cos^2\alpha_1 + 2\cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta' + \cos^2\alpha_2)}$$

Ugao $\left(\frac{\beta}{2}\right)_1$ koji zatvara x—osa (tj. projekcije pravca $\overline{01}$) sa projekcijom bisektrise bit će:

$$\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)_1 = \frac{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta'}{\sqrt{\cos^2\alpha_1 + 2 \cdot \cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2 \cdot \cos\beta' + \cos^2\alpha_2}} \quad (13)$$

Po gornjoj formuli računa se ugao koji predstavlja projekciju polovine prostornog ugla β (tj. projekciju ugla između pravaca prema anteni 1 i bisektrisi b).

Na sličan način može da se sračuna i projekcija polovine ugla između bisektrise i pravca prema anteni 2 tj. $\left(\frac{\beta}{2}\right)_2$ (sl. 13).

Formula (13) može se uprostiti na taj način što se kosinus prema poznatim trigonometrijskim relacijama, izražava tangensom, naime:

$$\cos\alpha = \frac{1}{1 + \text{tg}^2\alpha}$$

odnosno

$$\frac{1}{1 + \text{tg}^2\left(\frac{\beta}{2}\right)_1} = \frac{(\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2 \cos\beta')^2}{\cos^2\alpha_1 + 2\cos\alpha_1 \cdot \cos\alpha_2 \cos\beta' + \cos^2\alpha_2}$$

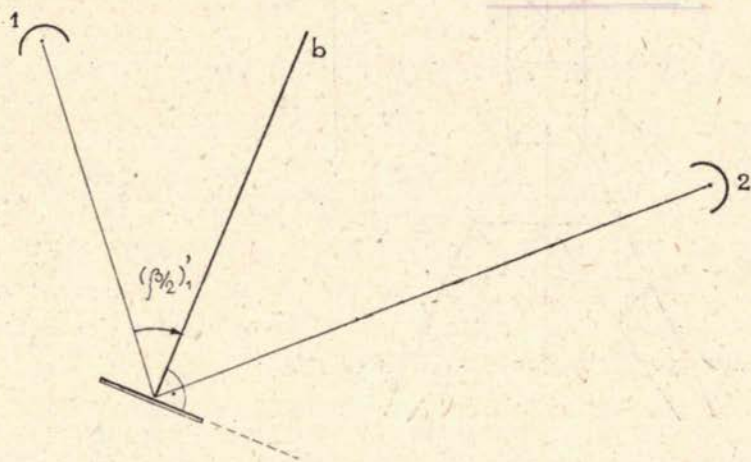
ili samo

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)_1 = \frac{\cos^2 \alpha_1 + 2 \cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta' + \cos^2 \alpha_2}{(\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta')^2} - 1$$

Posle sređivanja, dobijamo konačno:

$$\operatorname{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)_1 = \frac{\cos \alpha_2 \cdot \sin \beta'}{\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta'} \quad (14)$$

Po formuli (13) ili (14) izračunat ugao prenosimo na teren tj. obeležavamo projekciju bisektrise (sl. 14). Posle toga, za 90° u odnosu na projekciju bisektrise, obeležavamo položaj pasiva u horizontalnom smislu.



Slika 14

Vertikalna orijentacija — Za vertikalnu orijentaciju pasiva tj. njegovog nagiba od vertikalnog položaja za izvestan ugao α_b počićemo do relacije (12). Skalarna vrijednost rezultante r bit će:

$$|\vec{r}| = \vec{r} = \sqrt{(\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta')^2 + \cos^2 \alpha_2 \cdot \sin^2 \beta' + (\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2)^2}$$

a posle kvadriranja veličine i sređivanja dobijamo:

$$r = \sqrt{2 + 2 (\cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta' + \sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2)} \quad (15)$$

Imajući apsolutnu vrednost skalarne veličine r i njenu projekciju na z -osi, dobijamo ugao njenog nagiba tj. ugao koji bisektrisa zaklapa sa horizontom

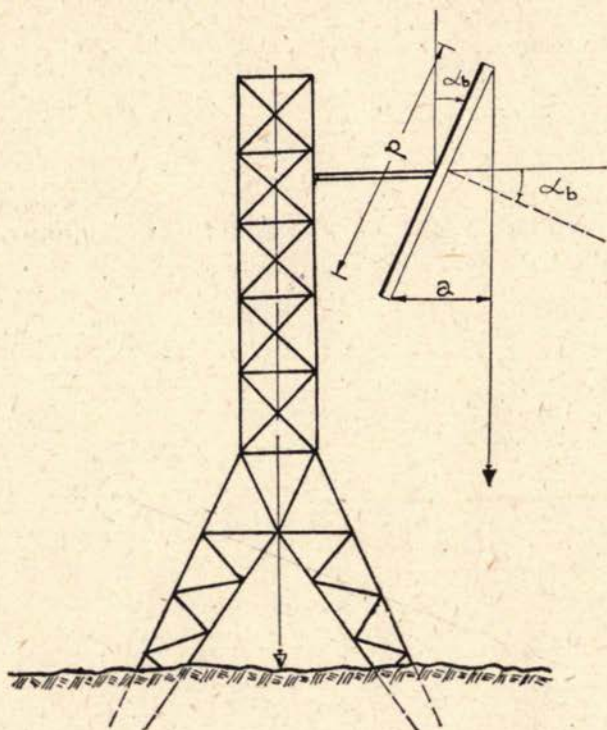
$$\sin \alpha_b = \frac{\sin \alpha_1 + \sin \alpha_2}{\sqrt{2 + 2 (\cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \cos \beta' + \sin \alpha_1 \cdot \sin \alpha_2)}} \quad (16)$$

(slika 15).

Po formuli (16) izračunavamo ugao nagiba pasiva, a na teren vertikalnu orijentaciju možemo izvesti pomoću viska (sl. 15).

Iz slike se vidi da je

$$a = p \cdot \sin \alpha_b$$



Slika 15

Katedra za geodeziju pri Arhitektonsko-građevinskom fakultetu u Skoplju do sada je izradila nekoliko geodetskih elaborata za UKT radio relejne veze. (To su trase: Skopje — Tetovo — Gostivar, Štip — Strumica, Štip — Kočani — Delčevo i Skopje — Tetovo — Kičevo — Ohrid). Iz dosadašnjih iskustava možemo doneti sledeći

ZAKLJUČAK — Imajući koordinate i kote krajnjih tačaka matematički možemo da izvedemo i druge formule za horizontalnu i vertikalnu orijentaciju. Smatramo:

- da su formule (13) odnosno (14) i (16) pogodne zbog toga što mogu da se primene i onda kada je moguće direktno merenje vertikalnih uglova α_1 i α_2 i horizontalnog ugla β' .
- da je metod koordinata bolji, pošto omogućava izradu više varijantnih rešenja.
- da je kod planiranja UKT veza neophodno potrebno da bude izrađen geodetski elaborat, pošto od dobro izvedene orijentacije i usmerenosti u velikoj meri zavisi kvalitet prenosa informacija.

LITERATURA

- 1 — Benčić: Optika, Zagreb 1971. god.
- 2 — Bešker: Usmerena radio veza Dubrovnik—Mljet,
- 2 — Bešker: Usmerena radio veza Dubrovnik-Mljet, »Elektrotehnika« br. 1/72.
- 3 — Cvetković: Primena geodezije u inženjerstvu, Beograd 1970. god.
- 4 — Fabbri: Fundamental data and criteria for microwave radio link design
- 5 — Janković: Inženjerska geodezija I i II, Zagreb 1966. god.
- 6 — Lazarov: Geodezija za gradežnici, Skopje 1971. god.
- 7 — Macarol: Praktična geodezija, Zagreb 1968. g.
- 8 — Vernić: Konstrukcija profila UKW trase, »Elektrotehnika« br. 4/68.

Molimo pretplatnike da uvažavaju promjenu našeg žiro računa, koji sada glasi

3012-670-6067

**GEODETSKI LIST za „Uredništvo“
Zagreb**
