

NOVI ELEKTRONSKI VISOKOFREKVENTNI MIKROTALASNI RADIODALJINOMER TIPA GET—B1

Momčilo ĐORĐEVIĆ — Beograd

UVOD — Porodica geodetskih radiodaljinomera, zasnovanih na korišćenju elektromagnetskih talasa, dobila je još jednog novog člana. To je *elektronski visokofrekventni mikrotalasni radiodaljinomer tipa GET—B1* koga proizvodi Preduzeće za preciznu mehaniku iz Budimpešte (*Finomehanikai Vállalat, Budapest*). Ovaj daljinomer, zahvaljujući eksporteru, firmi »Metrimpex« iz Budimpešte, zastupništvu firmi »Merkur« iz Zagreba — predstavništvo Beograd i ljubaznošću Ing. Herendi Miklósa i Ing. Emli Varadia iz Budimpešte, bio je prikazan zainteresovanim geodetskim stručnjacima na osnovici trigonometrijske mreže grada Beograda u Zemunu gde je izvršeno i samo merenje osnovice. Koristim ovu priliku da im svima zahvalim na veoma uspešnoj demonstraciji novog daljinomera a ujedno i da ostale geodetske stručnjake upoznam sa ovim novim radiodaljinomerom.

PRINCIP MERENJA — Osnova za merenje elektronskim visokofrekventnim mikrotalasnim radiodaljinomerom tipa GET—B1 je brzina \emptyset sa kojom se elektromagnetski talasi prostiru kroz prostor, dok se mereno odstojanje određuje na osnovu odnosa

$$D = \frac{\emptyset}{2} \tau \quad (1)$$

gde je τ neophodno vreme za prostiranje elektromagnetskih talasa između krajnjih tačaka merenog odstojanja.

Određivanje vremena prostiranja vrši se pomoću merenja faznih uglova, odnosno u opštem slučaju

$$\tau = \frac{\varphi + 2\hat{u}k}{\omega_m} \quad (2)$$

gde su φ — očitana razlika faza emitovanog i primljenog signala

$\frac{\omega_m}{2\hat{u}}$ — merna frekvencija ustanovljena na glavnoj stanici, i

k — ceo broj, zavisao od merenog odstojanja.

Iz odnosa (2) se vidi, s obzirom da maksimalna izmerena razlika faza može biti \hat{u} radijana, da velika merna frekvencija obezbeđuje veliku mogućnost rešavanja zadatka ali će u tom slučaju jednoznačno mereno odstojanje biti malo. Nasuprot tome, korišćenjem male merne frekvencije jednoznačno određeno odstojanje biće veliko ali se mogućnost za rešavanje zadatka smanjuje.

Radiodaljinomer tipa GET—B1 podešen je u tom smislu na taj način što se talas noseće frekvencije modulira mernim frekvencijama čije vrednosti iznose:

$$\begin{aligned} f_A &= 10,000 \text{ MHz} \\ f_B &= 9,990 \text{ MHz} \\ f_C &= 9,900 \text{ MHz} \\ f_D &= 9,000 \text{ MHz.} \end{aligned}$$

* Momčilo Đorđević, dipl. inž. - Beograd, Teslina br. 6

Neka faza merne frekvencije na glavnoj stanici u nekom momentu iznosi $\omega_A t + \varphi'$ dok će u istom momentu faza primljenog signala, usled neophodnog vremena prostiranja τ iznositi

$$\omega_A t + \varphi' - \omega_A \tau$$

Prema tome razlika faza emitovanog i primljenog signala iznosiće

$$\varphi_A = \omega_A + S' - (\omega_A t + S' - \omega_A \tau) = \omega_A \tau \quad (3)$$

gde je φ_A — fazni ugao očitana na ekranu elektronske indikatorske cevi na vodećoj stanici pri korišćenju merne frekvencije f_A

Analogno, pri korišćenju mernih frekvencija f_B , f_C i f_D dobijamo za razlike faza vrednosti φ_B , φ_C i φ_D . Čitanja na elektronskoj indikatorskoj cevi vrše se pomoću prozirne skale koja je izdvojena na 100 delova a postavljena je ispred samog ekrana cevi. Na taj način očitavamo vrednost A , koja odgovara faznom uglu φ_A , vrednost B koja odgovara faznom uglu φ_B , itd.

U opštem slučaju formula za φ , na osnovu odnosa (2) glasi

$$\varphi_m = \omega_m \tau - 2\hat{u}k_m$$

gde je φ_m — fazni ugao očitana pri nekoj kružnoj frekvenciji ω_m . Na primer, pri merenju koristeći kružnu frekvenciju ω_A , očitana vrednost A , koja se odnosi na fazni ugao φ_A , usled toga što je skala izdvojena na 100 delova, iznosiće

$$\left. \begin{aligned} A &= (\omega_A \tau - 2\hat{u}k_A) \frac{100}{2\hat{u}} = 100(f_A \tau - k_A) \\ \text{i analogno} \\ B &= (\omega_B \tau - 2\hat{u}k_B) \frac{100}{2\hat{u}} = 100(f_B \tau - k_B) \\ C &= (\omega_C \tau - 2\hat{u}k_C) \frac{100}{2\hat{u}} = 100(f_C \tau - k_C) \\ D &= (\omega_D \tau - 2\hat{u}k_D) \frac{100}{2\hat{u}} = 100(f_D \tau - k_D) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Ako sada obrazujemo razlike između očitanih vrednosti A , B , C i D dobićemo

$$\left. \begin{aligned} A - B &= (\varphi_A - \varphi_B) \frac{100}{2\hat{u}} (f_A - f_B) 100 \tau - (k_A - k_B) \\ A - C &= (\varphi_A - \varphi_C) \frac{100}{2\hat{u}} (f_A - f_C) 100 \tau - (k_A - k_C) \\ A - D &= (\varphi_A - \varphi_D) \frac{100}{2\hat{u}} (f_A - f_D) 100 \tau - (k_A - k_D) \\ A &= \varphi_A \frac{100}{2\hat{u}} f_A \tau - k_A \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Ako u gornje jednačine uvrstimo ranije navedene vrednosti mernih frekvencija, dobićemo:

$$\left. \begin{aligned} A - B &= 10^6 \tau - 100 (k_A - k_B) \\ A - C &= 10^7 \tau - 100 (k_A - k_C) \\ A - D &= 10^8 \tau - 100 (k_A - k_D) \\ A &= 10^9 \tau - 100 k_A \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Ako sada iz prve jednačine (6) izvedemo vrednost za vreme prostiranja τ i ako isto izrazimo u nanosekundama* dobićemo da je

$$\tau = [(A - B) + 100 (k_A - k_B)] 10^3 \quad (7)$$

S obzirom da je skala izdeljena na 100 delova, vrednost $(A-B)$ mora da bude manja od 100, pa prema tome nezavisno od k_A i k_B razlika $(A-B)$ daje cifre reda veličine 10^5 i 10^3 nsec. dvostrukog vremena prostiranja τ između krajnjih tačaka odstojanja koje se meri, pretpostavljajući da se ne očitavaju deseti delovi.

Na sličan način može se pokazati da razlika $(A-C)$ daje cifre reda 10^3 i 10^2 nsec vremena prostiranja, dok $(A-D)$ daje cifre reda 10^2 i 10 nsec. Cefre reda 10 i 1 nsec i one od njih desno daje vrednost A. Na taj način najveće vreme prostiranja koje se može jednoznačno odrediti iznosi 99 999 nsec, što približno odgovara odstojanju od 15 000 m. Pri merenju većih odstojanja prva cifra stohiljaditog mesta za vreme prostiranja određuje se drugim metodama. U tom cilju primenjuje se karta krupne razmere ili se ocena vrši od oka.



Slika 1 — Novi elektronski visokofrekventni mikrotalasni radio daljinomer tipa GET-B₁

Prema napred iznetom, na osnovu izmerenog vremena prostiranja pomoću elektronskog visokofrekventnog mikrotalasnog radiodaljinomjera tipa GET-B₁, vrednost merenog odstojanja sračunava se u saglasnosti sa jednačinom (1). Brzina prostiranja elektromagnetskih talasa ϑ sa uvođenjem koeficijenta prelamanja sredine, označenog sa n , izražava se pomoću jednačine

$$\vartheta = \frac{c}{n} \quad (8)$$

* 1 nsec (nanosekunda) = 10^{-9} sec

gde je c — brzina prostiranja svetlosti, koja prema međunarodnom sporazumu iz Toronta, septembra 1957 god., iznosi

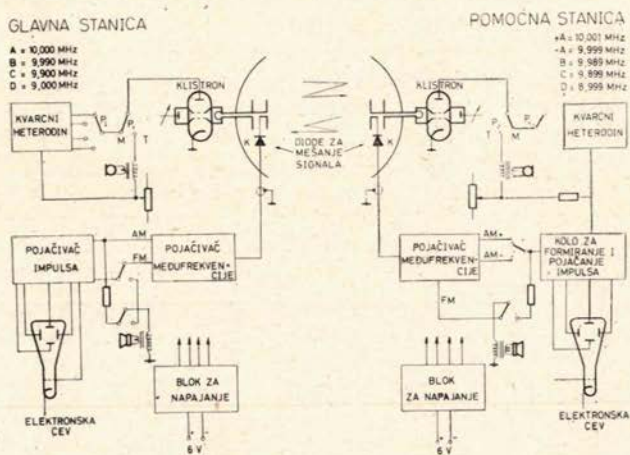
$$C = 299\,792,5 \pm 0,4 \text{ km/sec.}$$

Uvodeći jednačinu (8) u (1) najzad dobijamo da je

$$D = \frac{c}{2n} \frac{\tau}{2} = \frac{c}{2} \tau_v \quad (9)$$

gde je τ_v — dvostruko vreme prostiranja elektromagnetskih mikrotalasa koje je preračunato na bezvazdušni prostor.

NAČIN RADA I KONSTRUKCIJA — Komplet radiodaljinomera tipa GET—B1 sastoji se od jedne vodeće stanice (Sl.1) na kojoj se vrše čitanja i dve prateće stanice sa odgovarajućim pomoćnim priborom — mikrotelefonom, odbijačem svetlosti, velikim i malim stativom, barometrom i psihrometrom. Vodeća i prateća stanica, koje su sličnog spoljnjeg fizičkog izgleda, postavljaju se na krajnjim tačkama odstojanja koje se mere iznad kojih se i vrši njihovo centrisanje. Šematski prikaz stanica dat je na slici 2.



Slika 2 — Novi elektronski visokofrekventni mikrotalasni daljinomer tipa GET—B₁

Vodeća stanica, pri položaju prekidača P_1 na M (merenja), vrši emitovanje elektromagnetskih mikrotalasa koji su frekventno modulirani ustanovljenom mernom frekvencijom u pravcu prateće stanice. Merna frekvencija dobija se od kvarcnog heteroidina a izbor njene vrednosti se vrši prekidačem P_2 .

Za otklanjanje uticaja promene temperature kvarc je postavljen u termostat čija je radna temperature 50°C tako da stabilnos frekvencije heteroidina približno iznosi 10^{-6} . Noseći talasi imaju frekvenciju 3000 MHz i ona po potrebi može biti izmenjena u granicama od 400 MHz. Prateća stanica, u isto vreme emituje obratno elektromagnetske mikrotalase čija je noseća frekvencija 3033 MHz koji su modulirani mernom frekvencijom koja se razlikuje za 1 kHz od merne frekvencije vodeće stanice.

Prijemnik prateće stanice na kristalu označenom sa K meša signal vodeće stanice sa sopstvenom nosećom frekvencijom a zatim tako nastala međufrekvencija dolazi koaksijalnim kablom do pojačivača međufrekvencije. Spektar frekvencije, u obliku odstupanja mernih frekvencija vodeće i prateće stanice za 1 kHz, i relativno uska širina pojasa propuštanja pojačivača međufrekvencije, stvaraju napor noseće frekvencije od 33 MHz koji je amplitudno moduliran sa frekvencijom od 1 kHz. Dobijen posle demodulacije pojačanog signala međufrekvencije sinusoidalni signal od 1 kHz pretvara se u kolu za formiranje impulsa u seriju impulsa iste frekvencije. Ti impulsi nastaju u trenutku kada sinusoidalni signal u pozitivnom smeru prođe kroz nultu tačku. Da bi se smanjile greške merenja, demodulator pri tome stvara pozitivne i negativne signale.

Tako stvorene serije impulsa, koje dolaze do elektrode klitronog generatora, moduliraju po frekvenciji noseći talas. Na taj način, posle prijema signala vodeće stanice, noseći talas prateće stanice moduliran je po frekvenciji signalom koji se razlikuje za 1 kHz od merne frekvencije i serijom impulsa sa istom frekvencijom.

Tako dobijen signal, preko parabolične antene prateće stanice, emituje se u pravcu vodeće stanice gde ga prima prijemnik preko parabolične antene vodeće stanice. Posle prolaza kroz kristalni mešač K, gde se stvara signal međufrekvencije, on dolazi koaksijalnim kablom do pojačivača koji služi za pojačavanje i demodulaciju samog signala.

Usled selektivnog dejstva pojasa propuštanja pojačivača međufrekvencije, signal među frekvencije ima noseću frekvenciju 33 MHz koja je amplitudno modulirana sa frekvencijom od 1 kHz i frekventno moduliran serijom impulsa sa istom frekvencijom ponavljanja. Zbog toga pojačivač se i sastoji od amplitudnog detektora koji posle prolaza amplitudno moduliranih signala kroz njega stvara na ekranu elektronske indikatorske cevi kružni trag.

Pored njega diskriminator vrši demodulaciju frekventno moduliranog signala čija serija izaziva prekidanje katodnog zraka tj. prekida svetli kružni trag stvarajući na taj način »kazaljku« za merenje faze.

Iz ranije izloženog videli smo da se cifre većeg reda veličine vremena prostiranja dobijaju iz razlike očitanih vrednosti. Međutim, da bi se povećala tačnost merenja odstojanja, zajedno sa mernom frekvencijom vodeće stanice φ_A , na pratećoj stanici se vrši moduliranje talasa noseće frekvencije još i sa $\varphi_A \pm 1$ kHz, odnosno uvedene su još i frekvencije φ_{+A} i φ_{-A} . Na taj način omogućeno je da se putem razlika dobiju i cifre najnižeg reda vremena prostiranja. Ovim se istovremeno eliminišu i sopstvene fazne greške električnog kola samog radiodaljnomjera.

Dalje smanjivanje greške merenja obezbeđeno je i pomeranjem faze impulsa koji su stvoreni na pratećoj stanici za \hat{u} radijana. Ovo je ostvareno na taj način što se na taj način što se na izlazu pojačivača međufrekvencije prateće stanice nalaze dva demodulatora za amplitudne modulacije koji i stvaraju dva izlazna signala koji su pomereni po fazi za \hat{u} radijana. Pri merenju ta operacija figuriše pod znakom (+A, R) i (-A, R). Ovo pomeranje impulsa odstranjuje grešku koja nastaje usled pomeranja svetlog kružnog traga do koga može doći.

Katodna cev prateće stanice služi za kontrolne ciljeve.

Pri položaju prekidača P_1 , odnosno P_{101} , na T (telefon) moguće je ostvariti telefonsku vezu između operatora na vodećoj i pratećoj stanici. Inače telefon je sastavni deo daljinomera i koristi isti kanal i struju koje služe i za merenje. Na ovaj način operator na vodećoj stanici kao rukovodilac merenja, može u svakom trenutku da izda potrebna uputstva operatoru na pratećoj stanici i da na taj način osetno poveća brzinu merenja.

Treba napomenuti da je sumarna konstanta pribora odnosno nulta greška kod daljinomera tipa GET—B1 izjednačena sa nulom jer je moguće pomoću četiri zavrtnja na podnožju izvršiti regulisanje, tako da se tačka iznad koje se centriše instrument nalazi u preseku osovine paraboloida antene sa osovinom centralnog zavrtnja na koji se pričvršćuje visak.

Same stanice daljinomera karakterišu se robustnom izradom takoh da su stabilne kako na promenu temperature tako i na potrese, što omogućuje dobro podnošenje terenskih uslova i transporta. Pored toga vrlo lako se vrši rastavljanje, ukoliko je to potrebno, jer su posle skidanja bočnih zaštitnih ploča pristupačni svi elementi daljinomera.

Stanice se mogu postaviti na standardne geodetske stativne dok se za opažanja sa stubova mogu koristiti kratki, niski i čvrsti stativi koji pripadaju svakoj stanici.

Za transport na manjim odstojanjima koriste se aluminijske kutije koje se mogu staviti i na leđa. Na sličan način su izrađeni i drugi sanduci u koje se stavlja ostali potreban pribor. Inače svaka stanica se stavlja u masivan drveni sanduk koji je snabdeven svim potrebnim priborom od stativa do viska.

Za napajanje daljinomera energijom koriste se akumulatori od 6 V. Pretvarač energije, koji napaja električna kola daljinomera, radi sa poluprovodnicima i nalazi se u unutrašnjosti samog daljinomera.

Dalje su navedene najvažnije tehničke karakteristike daljinomera tipa GET—B1.

Odstojanja koja se uspešno mogu meriti	200 m — 50 km
Greška merenja pri normalnim meteorološkim uslovima	$\pm (0,05 + 3 \cdot 10^{-6} D)$ m
Granična temperatura okoline	od -40°C do $+40^{\circ}\text{C}$
Jačina predajnika	min 100 milivati
Napon akumulatora	6 V \pm 0,5 V
Jačina struje	max 10 A
Područje frekvencije	2750 — 3150 MHz
Međufrekvencija prijemnika	33 \pm 0,5 MHz
Osetljivost međufrekvencije	max 6 mikrovolti
Težina stanice	oko 18 kg
Težina stativa	oko 5 kg
Dimenzije upakovane stanice	30 \times 48 \times 65 cm

IZBOR TERENA ZA MERENJE — U cilju povećanja tačnosti merenja sa daljinomerom tipa GET—B1, treba voditi računa o izboru terena odnosno mesta gde će se vršiti merenja.

Mikrotalasni snop emituje se od antene pod uglom konusa koji je nešto manji od 20° , tako da se često dešava da on naiđe na delove terena ili predmete koji vrše odbijanje talasa u pravcu antene prateće stanice. Ako dođe do takvog odbijanja, antena prateće stanice vršiće prijem kako direktnih tako i odbijenih talasa. Naravno da je put koga prelaze odbijeni talasi duži od puta koga prelaze direktni talasi usled čega dolazi do nepoželjnog povećanja razlike faza. Rezultat toga je greška u merenju.

Da bi se otklonile mogućnosti za nastajanje odbijanja, pre svega treba težiti da se stanice postavljaju iznad zemlje tako da ugao nagiba terena u pravcu merenja u krajnjem iznosi 10° .

Visina prave koja spaja krajnje tačke odstojanja treba da bude iznad terena najmanje 15 m dok je poželjno da ta veličina na sredini bude i veća, čak i 50 do 100 m.

Isto tako u granicama emitovanog iz antene snopa konusnog oblika sa horizontalnom osovinom i uglom konusa približno od 20°, a takođe u predelu od 100 m od krajnjih tačaka, ne treba da se nalaze nikakvi pokretni ili ma kakvi veći predmeti. Manji pokretni predmeti, koji se nalaze na odstojanjima većim od 100 m ne ometaju merenje dok veći nepokretni predmeti izazivaju smanjenje napona polja.

Prepreke ma koje vrste, na sredini putanje, neće prouzrokovati teškoće, sem ako nisu toliko velike da čine prepreku najvećem delu talasa.

Pored toga poželjno je da teren između krajnjih tačaka odstojanja ima rđavu moć odbijanja, odnosno treba da bude pokriven drvećem ili vegetacijom uopšte. I ako dođe do izvesnog odbijanja, kod daljinomera tipa GET—B1 ova greška se smanjuje na taj način što se poslednje cefre najnižeg reda vremena prostiranja određuju iz više vrednosti jer se obično vrše 12 merenja na različitim sukcesivnim mikrotalasnim nosećim frekvencijama.

Obično se pri malim visinama krajnjih tačaka ili malim razlikama direktnih i odbijenih talasa, koristi celo područje noseće frekvencije — pomeranje skale rezonatora se vrši za po 1,5 podeok.

Međutim, pri većoj razlici putova, celishodno je, umesto korišćenja celog područja noseće frekvencije, vršiti podešavanje manjim korakom, odnosno vršiti pomeranje skale rezonatora korakom od 0,5—1 podeok. Na taj način faza odbijenog talasa biće druga, jer posle uzimanja srednje vrednosti, zaostala greška biće samo mali deo greške jednog merenja. Pored toga na terenu, prilikom samog merenja, sračunate cifre najnižeg reda vremena prostiranja treba naneti na grafikon.

Spajanjem nanetih vrednosti treba da se dobiju sinusoidalne oscilacije u zavisnosti od noseće frekvencije, čime se ujedno i kontroliše kako kvalitet merenja tako i računanje srednje vrednosti. Tako smo u mogućnosti da eventualno i prekinemo merenje ako se pokažu potpuna sinusna osciliranja ili produžimo sa merenjem ukoliko se pokaže nenormalno odbijanje od terena.

UTICAJ METEOROLOŠKIH FAKTORA — Prema jednačini (9) za sračunavanje merenog odstojanja potrebno je poznavanje i koeficijenta prelamanja mikrotalasa u vazduhu. Kao koeficijent prelamanja zavisi od temperature, pritiska i vlažnosti vazduha, to se pri merenju mora izvršiti i određivanje ovih meteoroloških faktora. U tome cilju se koristi precizni aspiracioni psihrometar Asmanna i barometar Paullinya, koji pripadaju svakoj stanici kao pomoćni pribor. Za samo računanje koeficijenta prelamanja primenjuje se formula predložena od strane Essena i Froomea koja ima oblik

$$(n - 1) 10^6 = \frac{103,51}{t + 473,16} p + \left[\frac{495\,820}{(t + 473,16)^2} - \frac{17,23}{t + 473,16} \right] p'$$

gde su t — temperatura suvog barometra u °C,

p — barometarski pritisak u mm živinog stuba,

p' — parcijalni pritisak vodene pare u vazduhu pri temperaturi t °C u mm živinog stuba.

Radi lakšeg računanja navedenih formula se može napisati i u obliku

$$(n-1)10^6 = Ap + Bp'$$

gde su A i B koeficijenti zavisni od temperature a koji se mogu odrediti koristeći tablice.

Primena navedene formule pretpostavlja da sadržaj ugljen dioksida u vazduhu iznosi 0,03%.

Ako se pri merenju sadržaja vlažnosti primenjuje aspiracioni psihrometar Asmanna, tada se računanje p' vrši pomoću formule Sprunga koja glasi

$$p' = e' - \frac{p}{a} (t - t')$$

gde su e' — pritisak zasićene pare u mm živinog stuba koji se odnosi na očitane temperaturu vlažnog termometra psihometra,

t — temperatura u °C očitana na suvom termometru,

t' — temperatura u °C očitana na vlažnom termometru, i

a — konstanta, čija je veličina

1510 ako je vlažni termometar pokriven vodom, i

1756 ako je vlažni termometar pokriven ledom.

Za izračunavanje pritiska zasićene pare e' postoje sračunate tablice koje ubrzavaju postupak računanja koeficijenta prelamanja.

Nažalost, uticaj meteoroloških faktora ne može se u potpunosti eliminisati računanjem koeficijenta prelamanja. Najveći uticaj na tačnost merenja ima ta okolnost meteoroloških podataka vrši samo na krajnjim tačkama merenog odstojanja pretpostavljajući da se veličina dobijena kao sredina, odnosi na celo mereno odstojanje.

Ovakav način merenja meteoroloških podataka dovodi do greške u merenju koja se može zanemariti ako se merenja ponavljaju pri različitim meteorološkim uslovima odnosno u razna doba dana. Ali ako možemo birati vreme merenja, tada je poželjno izabrati sunčano i suvo vreme jer se tada greške usled meteoroloških podataka osetno smanjuju. Poželjno je još ako duž pravca merenja duva slab vetar jer se pri tim uslovima ne mogu formirati vazdušni slojevi različitih temperatura odnosno ne može doći do vertikalnih temperaturnih anomalija.

U ovom pogledu noćna merenja su možda nepoželjna za radove gde je potrebna visoka tačnost. Pritisak vodene pare treba da bude što niži da bi se smanjio njegov uticaj na tačnost. U tom pogledu, na terenima sa vlažnom klimom, poželjno je nešto hladnije vreme, kada pritisak vodene pare ne može da bude veliki.

Pritisak vodene pare obično je konstantniji nad širim otvorenim područjima nego temperatura, ma da u izvesnim obalskim predelima raspored kopna i mora može da prouzrokuje anomalije. Temperatura u vazдушnim masama može brzo da poraste ili opadne ali je zato porast ili opadanje vodene pare sporiji proces. Čak i pri lepom vremenu nekad dolazi do naglih promena temperature vazduha pošto se nove mase vazduha kreću nad terenom gde se vrši merenje, ali pritisak vodene pare teži da ostane konstantan i često je skoro identičan na krajnjim tačkama odstojanja koje se meri.

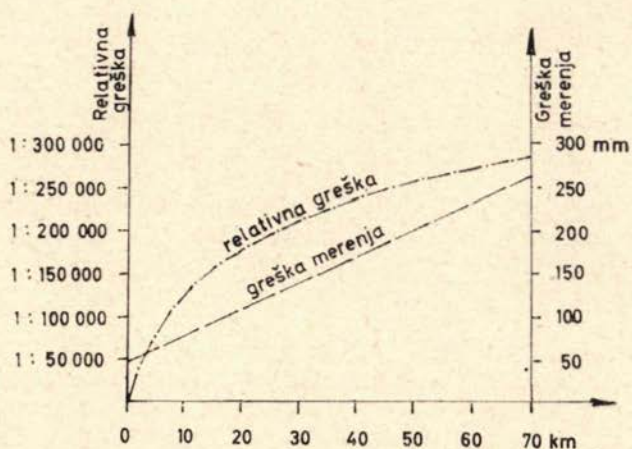
Ako se zadovoljavamo manjom tačnošću — naročito pri merenjima manjih odstojanja — merenja se mogu vršiti i onda kada pada kiša ili sneg. Naravno da bi se pri takvim uslovima povremeno mora vršiti brisanje antenskog uređaja odnosno dipola.

IZVOĐENJE MERENJA — Pošto se stanice postave na određeno mesto treba ih spojiti sa akumulatorom čime počinje grejanje termostata. Na taj način temperatura kvarcnih kristala, koji daju potrebnu mernu frekvenciju, podiže se na 50°C. Pri ovome se koriste dva grejača: jedan omogućuje brzo grejanje a drugi obezbeđuje održavanje date temperature. Uključenje ovih grejača registruje si-

gjalna limpica. Pošto je termostat zagrejan, vrši se uzajamna orijentacija stanica tj. oba operatora usmeravaju snopove mikrotalasa u granicama 5 ili 10° od stvarnog pravca.

Ovim je obezbeđeno emitovanje vodeće i prateće stanice što se potvrđuje prisustvom toplotnog šuma u telefonskim slušalicama. Posle toga smo u stanju da uspostavimo i telefonsku vezu između stanica tako da se mogu preneti uputstva za rad odnosno za tačno usmeravanje stanica putem posmatranja jačine signala na skalama mernih uređaja koji se nalaze i na vodećoj i na pratećoj stanici. U isto vreme na vodećoj stanici operator na ekranu elektronske katodne cevi kontroliše oblik, centrisanje, fokus i jačinu sjaja svetlog kružnog traga.

Pošto se u zapisnik unesu potrebni podaci, počinje tzv. grubo merenje koje se sastoji iz merenja na frekvencijama + A, B, C, D i - A. Sva ta merenja se upisuju u odgovarajuće rubrike zapisnika za merenje. Po završenim grubim čitanjima operator na vodećoj stanici upućuje operatora na pratećoj stanici da uzme meteorološke podatke tj. vlažnost, temperaturu i pritisak dok on istovremeno vrši ova posmatranja kod vodeće stanice. Tada se pristupa tačnim merenjima koje se vrše po unapred utvrđenom programu bez daljih uputstava a uključivanje se vrši po prijemu prekida u talasima na kojima se meri, kojim se obaveštava operator na pratećoj stanici o namerama operatora vodeće stanice, odnosno da je potrebno izvršiti promenu frekvencije.



Slika 3. — Vrednosti grešaka odstojanja

Tačna merenja obično se vrše na 12 vrednosti mikrotalasnih nosećih frekvencija koje se biraju u približno istim intervalima koji su ranije utvrđeni. Na kraju izvršene serije merenja operator na vodećoj stanici opet će tražiti podatke o meteorološkim uslovima koje takođe upisuje u zapisnik gde odmah sračunava srednje vrednosti ovih podataka.

Za kontrolu, merenje se završava uzimajući još jedno grubo merenje posle čega se preklopnici za izbor frekvencije vraćaju na početnu vrednost. Kao kontrola za merenja i kao mera predostrožnosti da nema grubih grešaka i da je izvršeno merenje zadovoljavajuće, na ternu, odmah posle merenja treba sračunati približno vreme prostiranja a isto tako naneti na grafikon sračunate vrednosti tačnih merenja.

Ako se ne računa vreme neophodno za postavljanje stanica i za grejanje termostata, tada jedno kompletno merenje, kod uvežbanih operatera, ne traje više od 10—15 minuta. Što se tiče računanja približnog vremena prostiranja ono je vrlo prosto koristeći tablice i traje odprilike koliko i merenje. Poželjno je za računanje, pored tablica, koristiti i logaritama od 25 cm.

TAČNOST I PRIMENA — Preduzeće za preciznu mehaniku iz Budimpešte, u prospektu daljinomera tipa GET—B1 navodi izraz

$$m = \pm (0,050 \pm 3 \cdot 10^{-6} D)$$

koji u metarskoj jedinici daje najveću moguću grešku merenja za odnosno odstojanje.

Na osnovu date formule sračunave su vrednosti grešaka za više odstojanja kao i njihovih odnosnih relativnih grešaka. Na sl. 3, gde su ove vrednosti grafički prikazane, dobro se vidi za koja odstojanja vredi koristiti daljinomer tipa GET—B1 a u odnosu na maksimalnu grešku. Tako npr. za odstojanja od 25 km mereno odstojanje se može dobiti sa dovoljnom sigurnošću (1 : 200 000). Pri merenjima odstojanja do 7,5 km moguće je postići relativnu grešku od 1 : 100 000 dok manja odstojanja od 7,5 km vredi meriti samo onda, ako naše želje za tačnošću, ne prelaze vrednost od 1 : 50 000 — 1 : 100 000.

Navedena tačnost daljinomera tipa GET—B1 potvrđena je i pri terenskim radovima koji su izvršeni u Mađarskoj od strane Državne geodetske i kartografske uprave (AFTH) kao i pri demonstraciji daljinomera izvršenoj na osnovici trigonometrijske mreže grada Beograda u Zemunu (Trig. — 135 — Trig. 43).

Kada je već reč o tačnosti, treba reći da u tome i netreba preterivati, jer, jedan stoti milimikrosekunde ($1 \text{ sec} \times 10^{-8}$), pri merenju vremena prostiranja talasa, odgovara odstojanju od 1,5 mm odnosno 3 mm s obzirom da talasi prelaze dvostruko odstojanje. Isto tako da elektronski daljinomeri uopšte, koriste kao merilo brzinu svetlosti, čija je vrednost opterećena nesigurnošću od ± 400 m/sec. Tome treba dodati i nepouzdanost određivanja koeficijenta prelamanja čiji red veličine iznosi 10^{-6} .

Sve nas to upozorava da granica tačnosti kod daljinomera ne zavisi samo od daljinomera već i od prirodnih fizičkih uslova kojima još nismo uspeli da ovladamo. Da bi smo dobili neko odstojanje sa tačnošću od 2×10^{-5} mora nam biti poznata temperatura sa tačnošću do oko $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$ i to kao srednja vrednost koja se odnosi na celo odstojanje koje se meri. Međutim, pošto se temperatura može meriti samo na dve krajnje tačke, ne može se očekivati dobijanje takve tačnosti pri svim uslovima.

Prema tome da bi se dobilo merenje visoke tačnosti, ono se mora izvršiti više puta i to u razna doba dana ili još bolje u toku nekoliko dana. Ako redukovani rezultati pokazuju dobro slaganje, možemo biti sigurni da smo pri merenjima obuhvatili reprezentativne meteorološke vrednosti. Dakle, kao što se iz izloženog može zaključiti, pored konstruktivnih osobina samog daljinomera na tačnost će znatno uticati i racionalna metodika merenja čijom se povoljnom formom može suštinski povećati tačnost merenja.

Na kraju dodaćemo još nekoliko reči o mogućnostima primene elektromagnetskog visokofrekventnog mikrotalasnog radiodaljinomera tipa GET—B1 a samim ti mi elektronskih daljinomera uopšte.

Ako bacimo pogled na neku kartu sveta, u koju su unete postojeće trigonometrijske mreže, ustanovićemo da još uvek postoje prostrana područja koja njome nisu pokrivena. Ako se pri tome još setimo da je to trebalo nekih sto go-

dina da se te mreže stvore, i da one uz to leže u vrlo pristupačnim oblastima, možemo sebi predstaviti koliko bi trajalo da dosadašnjim klasičnim metodama obavimo taj posao do kraja.

Tu nam može pomoći samo »elektronsko poligoniranje« kako to pokazuje primer Australije. U pojedinim slučajevima može doći u obzir ponekad i čista trilateraciona mreža, kao npr. dijagonalna mreža, kakva je pre nekoliko godina postavljena u unutrašnjosti Grenlanda. U svakom slučaju elektronski poligonski vlaci zamenice u najskorije vreme triangulaciju nižih redova. Svaki geodetski stručnjak zna sa koliko teškoća je povezano uspešno razvijanje kako poligonske tako i trigonometrijske mreže, pronalaženje mesta za stanice sa kojih se bez građenja skupih signala ili piramida, mogu dobro sagledati okolne tačke.

Primenom elektronskih daljinomera pruža nam se mogućnost razvijanja poligonskih vlakova sa svakom željenom dužinom strana. Merenje dužina postalo je isto tako jednostavno kao i merenje uglova, pa čak i brže i jednostavnije od njega. Rekognosciranje neke tačke sa koje se obično zahteva preglednost samo na dve strane, ne zahteva veliki trud, jer se između drveća i u šumi uvek može pronaći neka čistina.

Ako se pri rekognosciranju malo potrudimo uvek se može postići i to da vlak ima povoljan linearni oblik sa gledišta teorije grešaka. Utoliko pre, što se dužine strana sada mogu proizvoljno menjati bez teškoća. U trigonometrijskim mrežama sada se strane trouglova mogu direktno meriti, čime se čine velike uštede kako u radnoj snazi tako i u vremenu u odnosu na klasična merenja osnovica.

U svakom slučaju preporučljivo je meriti ne samo jednu stranu već više ili čak i sve strane neke osnivačke figure. Pored toga istovremenim merenjem uglova i dužina u odgovarajućim delovima mreže moguće je izvršiti proučavanje uticaja refrakcije na rezultate. Uopšte uzevši treba kombinovati merenje uglova i strana u zavisnosti od topografije terena ili mesnih klimatskih uslova koji mogu da onemoguće ili otežaju primenu jedne ili druge metode. Pri tome veliko preimućstvo je što elektronski daljinomeri daju dobre rezultate i tamo gde su vizure teodolitom onemogućene usled uticaja bočne refrakcije.

Dalje, merenje odstojanja elektronskim daljinomerima sa uspehom se već primenjuju pri određivanju fotogrametrijskih veznih tačaka tako da je u SSSR-u već pokazana veća efikasnost za 30—50% u odnosu na klasične metode. Zatim u građevinske svrhe, gde se često moraju izmeriti dužine na većim odstojanjima, upotreba elektronskih daljinomera se pokazala naročito ekonomična. Tako npr. do sada vrlo nezgodna merenja radi postavljanja kablova žičanih železnica u planinama ili pri trasiranju dalekovoda, danas se izvode bez ikakvih teškoća.

U celom svetu se već više godina, pa i danas, vrše obimna istraživanja u vezi primene elektronskih daljinomera a posebno za ciljeve geodezije uopšte tako da se na ovom polju kao i na polju novih konstrukcija i daljih usavršavanja daljinomera očekuju dalja poboljšanja i rezultati. Najbolji dokaz za ovo je i obaveštenje Preduzeća za preciznu mehaniku iz Budimpešte o novo konstruisanom radiodaljnomeru koji nosi oznaku GET—A1.

Prema pomenutom obaveštenju novi radiodaljinomer je konstruisan u dve modifikacije: u području radiotalasa sa dužinom od 3 i 10 cm a za koje je indikatorski uređaj zajednički. Sam primopredajni blok je odvojen od indikatora tako da se isti može podići odnosno udaljiti od primopredajnog bloka i to bez gubitka emitovane energije. Šema pribora je tranzistorirana i stabilnost merne frekvencije treba da bude znatno veća nego kod prethodnog modela. Pored toga registrovanje pomeranja faze se vrši na brjočaniku a vodeća i prateća stanica su uzajamno zammjive. Tačnost radiodaljinomera GET—A1, prema pomenutom obaveštenju iznosi $\pm (3 + 2.10^{-6} D)$ cm.

NEW ELECTRONIC HIGH-FREQUENCY MICROWAVE RADIODISTANCER
MODEL GET—B1

The author considers the new electronic high-frequency microwave radiodistancer of Hungarian manufacture, model GET—B1 (Fig. 1). The instrument was displayed at the last Beograd fair and its operation demonstrated taking the base line of the Beograd trigonometric network in order to show its structural and technical features and operating principles. Fig. 2 presents a scheme of model GET—B1. On the basis of the given data the author analyses the optimum measuring conditions including the soil influence. The effect of atmospheric factors is treated separately as well as the best working procedure during measuring. The author also discusses the accuracy of the instrument as given by the manufacturer and presents graphically (Fig. 3) the theoretical values of both the measurement and relative errors against the measured distances. He emphasises the accuracy which can be expected with this model taking into consideration that the natural physical conditions during measuring are still rather unknown. At the end of the paper he sets forth the application and economy of the instrument in geodetic as well as in the related fields where linear measurements are required.