

# UTJECAJ AKTIVNE I PASIVNE TERESTRIČKE REFLEKSIJE ZA MJERENJE ELEKTROMAGNETSKIM DALJINOMETROM

Veljko PETKOVIC — Zagreb

1 — Elektromagnetski daljinomjeri koji se danas koriste za mjerenje dužina u geodetske svrhe osnivaju svoju konstrukciju na elektromagnetskim valovima — nosačima signala.

Zrake elektromagnetskih valova šire se u obliku stošca čiji je vrh izvor emitirajuće energije (svjetlosne ili električne).

O veličini usnopljenja zrake zavisi stepen disperzije, gustine zraka, intenzitet, mogući gubitci energije na putu do reflektora i natrag, doticaj sa površinom zemlje i ustupnim objektima. Ove osobine su jedni od bitnih elemenata o kojima zavisi tačnost mjerenja dužina. O veličini kuta usnopljenja zavisi praktična primjena zrake različite valne dužine  $\lambda$ .

Meteorološki uvjeti i terestrička refleksija ne utječu jednako na svjetlosne, električne i laserske zrake. Stoga ovi utjecaji ne čine podjednako primjenjivim u svim uvjetima različite metode elektromagnetskih daljinomjera. Utjecaj na mikrovalove E je najveći. Manje utječe na svjetlosne S, a najmanje na laserske zrake L.

$$Eu < Su < Lu \approx 1' - 20''$$

Kut usnopljenja može se gotovo po volji mijenjati promjenom dužine vala  $\lambda$  (do neke minimalne granice) i radiusa  $r$  reflektora (za mikrovalove) prema jednadžbi

$$2\alpha = K \cdot \frac{\lambda}{r}$$

gdje je  $K$  = kontanta (za parabolične reflektore  $70^\circ$ ,  $a$  za pravokutne  $50^\circ$ ) ili optičkog sistema leća (za svjetlosne valove).

Na putu od odašiljača tj. jednog kraja mjerene dužine do reflektora (aktivnog za mikrovalove, pasivnog za svjetlosne valove) tj. drugog kraja mjerene dužine valovi prolazeći slobodnim prostorom u određenim atmosferskim uvjetima dolaze u dodir sa zemaljskom površinom i drugim okolnim objektima.

Dio snopa zrake se presjeca, valovi se nepravilno reflektiraju, nastaje interferencija, mješanje valova i kao posljedica slabljenje signala na prijem-

niku i smanjenju tačnosti čitanja faznog pomaka. U nekim ekstremnim uvjetima je čak nemoguće mjerenje.

2 — Stupanj terestričke električne i svjetlosne refleksije zavisi o provodljivosti površina i atmosfere. Modul refleksije zavisiće o kutu upada linearno polariziranih valova. Svjetlosne ili mikrovalove ne odašilju izvori energije istim načinom.

Svjetlosne valove na izlazu iz modulatora (Keer-čelije: modeli geodimetra ili ultrazvučnog modulatora: EOS, i sl.) usmjeravaju prema reflektoru posebni optički sistemi leća.

Mikrovalove od izvora emitira antena reflektora direktno prema prijemuniku pomoćne stanice.

Dometa pri mjerenju dužina elektromagnetskim valovima označava udaljenost na koju signal djeluje na indikator prijemnika dovoljnim intenzitetom da omogući lako određivanje faznog pomaka (na ekranu katodne cijevi ili na indikatoru). Dužina dometa zavisi o konstruktivnim karakteristikama daljinomjera, dužini valova i kutu usnopljenja  $2\alpha$ , o uvjetima koji se mogu apriori postaviti i određuju dometa u optimalnim ili srednjim atmosferskim prilikama i izboru najpovoljnijih uvjeta terestričke refleksije.

#### TAČNOST MJERENJA OGRANIČENA JE:

- 1 — Stupnjem poznavanja tačnosti brzine rasprostiranja elektromagnetskih valova u vakuumu,
- 2 — Tačnošću određivanja dužine jedinice normalne mjere daljinomjera,
- 3 — Konstruktivnim osobinama daljinomjera (pogreška nul-točke),
- 4 — Metodom mjerenja,
- 5 — Pogreškom određivanja mjerne frekvencije,
- 6 — Čitanjem skale ili položaja igle indikatora,
- 7 — Tačnošću poznavanja koeficijenta refrakcije tj. atmosferskih uvjeta prilikom mjerenja,
- 8 — Utjecajem terestričke električne i svjetlosne refleksije,

Utjecaj ovih faktora osim u posljednja dva mogu se više manje unaprijed odrediti.

Koeficijent refrakcije  $n$  zavisi o promjeni temperature, vlage i pritiska. Tačnost određivanja koeficijenta refrakcije zavisi o tačnosti određivanja njegovih parametara (formule Berrella i Saers-a, Froome-a, i Essen-a, Edlen-a, Kohlrausch-a i dr.).

Utjecaj promjena u određivanju dužine kreće se u granicama  $10^{-4}D$  do  $10^{-5}D$ .

Utjecaj terestričke refleksije na tačnost mjerenja dužina određivali su Poder, Rayleigh, Fejer i dr. Pokazalo se da je usljed mnogih promjenjivih faktora teško odrediti koeficijent refleksije koji bi vrijedio za duži period.

3 — Uslijed terestričke refleksije direktnu zraku presreću indirektno nastali valovi. Dolazi do promjene prevaljenog puta a time i do pogrešno određene dužine od odašiljača do reflektora. To je promjenjiva pojava, a moguće je njeno smanjenje izborom terena pažljivim rekognosciranjem.

Pošto postoji zavisnost između intenziteta terestričke refleksije i atmosferskih uvjeta koji utječu na električnu i magnetsku provodljivost terena može se izborom vremena opažanja smanjiti utjecaj terestričke refleksije.

4 — Za elektromagnetske valove vrijede isti zakoni rasprostiranja, interferencije, polarizacije itd. Međutim, na sve elektromagnetske valove ne utječu jednakim intenzitetom i na isti način vanjski uvjeti (sredstva u kome se šire, karakteristike terena i okolnih objekata). Pa obzirom na osnovne karakteristike valova koji se koriste u konstrukciji elektromagnetskih daljinomjera efekat terestričke refleksije može biti:

a — aktivni

b — pasivni

4a — *Aktivna refleksija* zavisi o karakteristikama odašiljača o geometrijskim oblicima, fizikalnim, električnim i svjetlosnim sposobnostima refleksije površine i okolnih objekata koje na svom putu do reflektora pokrivaju zrake elektromagnetskih valova.

4b — *Pasivna refleksija* nastaje kao rezultat isijavanja energije drugih izvora neovisno od odašiljača daljinomjera. U ovom slučaju izvori mogu biti prirodni i umjetni. Djeluje intenzitetom srazmjerno jačini samog izvora, udaljenosti izvora od prijemnika i o smjeru rasprostiranja valova s obzirom na pravac mjerene dužine.

5 — Utjecaj aktivne refleksije karakterističan je i mnogo jači kod mikrovalova dok pasivna refleksija utječe intenzivnije na svjetlosne valove.

Pasivna refleksija djeluje i smanjuje domet mjerenja bez obzira na kut usnopljenja, jer je manje uvjetovana refleksijom terena i okolnih objekata. Smetnje dolaze uglavnom iz atmosfere dnevnim i sunčanim svjetlom. Zraka moduliranih valova zahvaćena pasivnom refleksijom vraća se u prijemnik odašiljača. Usljed mješanja valova slabi intenzitet pravog signala. Smanjuje se domet mjerenja elektrooptičkih daljinomjera danju u odnosu na noć kada pasivne refleksije gotovo nema u omjeru prosječno 1:3 do 1:4.

6 — Određivanje faktora terestričke refleksije moguće je eksperimentalnim putem na poznatim dužinama i to za date uvjete. Neki autori za određivanje koeficijenta terestričke refleksije ne uzimaju u obzir meteorološke uvjete. Međutim je očito da o promjeni ovih uvjeta zavisi i povodljivost terena (suh ili vlažan, topao ili hladan teren nema jednake karakteristike povodljivosti).

7 — Potpuno eliminiranje utjecaja na tačnost mjerenja dužina elektromagnetskim daljinomjerima (mikrovalnim i svjetlosnim) aktivne i pasivne (električne ili svjetlosne) refleksije nije moguće.

Postoje mogućnosti redukcije njenog utjecaja. Konstrukcijom koaksionalnih optičkih sistema odašiljača i prijemnika (noviji modeli geodimetra i drugih) smanjen je utjecaj pasivne refleksije i povećan domet mjerenja po danu. Daljnje smanjenje postiže se odgovarajućim metodama rada i izborom vremena opažanja (noću).

Električne valove reflektira više manje svaka prepreka na putu njihovog rasprostiranja bez obzira da li se mjerenja vrše danju ili noću. Novijim konstrukcijama mikrovalnih daljinomjera osiguran je miran i siguran prijem električnog signala. Smetnje koje nastaju usljed terestričke električne aktivne i pasivne refleksije moguće je smanjiti jedino metodom mjerenja i izborom terena i vremena opažanja.

Opetovanja finih čitanja (12—24) puta na različitim frekvencijama dobija se niz podataka koji naneseni grafički predstavljaju krivulju (SWING) čija će srednja vrijednost biti slobodna (u nekim granicama tačnosti) utjecaja te-

restričke refleksije. Faktori ovih utjecaja na mikrovalove su mnogobrojniji pa je izbor mnogo složeniji (vrijeme suho, sunčano, lagani vjetar uzduž pravca mjerenja, teren pokriven vegetacijom čije se lišće polako miče i sl.) Mjerenje za vrijeme velikih i naglih promjena treba izbjegavati.

Problem dijagrama refleksije (SWING) još se ispituje u raznim uvjetima konfiguracije i atmosferskih promjena.

Možemo kazati s obzirom na sigurnost mjerenja da je najbolje pri povećanom utjecaju terestričke refleksije prekinuti mjerenje. Odnosno ne vršiti mjerenja dok signal nije potpuno jasan i igla indikatora nije potpuno mirna. U koliko su sve pripreme za mjerenje savjesno izvršene a nesigurnost signala i dalje postoji onda je potrebno mijenjati vrijeme opažanja (za svjetlosne daljinomjere noću, a za mikrovalne druge vremenske i terenske uvjete) ili potrebnu stranu mjeriti u nekoliko djelova u pravcu ili indikretnim stranama (poligonim vlaknom) ukoliko pojačanje signala ne bi imalo povoljnog utjecaja.

*SADRŽAJ:* — Terestrička refleksija koja se pojavljuje kod mjerenja elektromagnetskim daljinomjerima u znatnoj mjeri smanjuje tačnost mjerenja dužina. Zavisí o fizikalnim i geometrijskim svojstvima terena i sredstava u kojima se šire zrake elektromagnetskih valova.

S obzirom na osnovne karakteristike elektromagnetskih valova koji se danas koriste u konstrukciji elektromagnetskih daljinomjera efekt ove pojave može biti aktivni i pasivni.

Aktivni zavisi o usnopljenju zrake, karakteristikama odašiljača i fizikalnim i geometrijskim svojstvima terena. Karakterističan je za električne valove.

Pasivni efekat nastaje kao rezultat isijavanja energije drugih izvora (prirodnih i umjetnih) neovisno od odašiljača daljinomjera. Karakterističan je za svjetlosne valove.

## INHALTSANGABE:

Die terrestrische Reflexion, welche bei der Messung mit elektrischen Entfernungsmessern auftritt, vermindert in beträchtlichem Masse die Genauigkeit der Längenmessung. Sie hängt ab von physikalischen und geometrischen Eigenschaften des Terrains und des Mediums, in welchem sich die Strahlen der elektromagnetischen Wellen ausbreiten.

Mit Rücksicht auf die grundlegenden Charakteristiken der elektromagnetischen Wellen, welche heute in der Konstruktion von elektromagnetischen Entfernungsmessern verwendet werden, kann der Effekt dieser Erscheinung aktiv oder passiv sein.

Der aktive hängt ab von der Strahlenbündelung, den Charakteristiken des Senders, und den physikalischen und geometrischen Eigenschaften des Terrains. Er ist charakteristisch für elektrische Wellen.

Der passive Effekt entsteht als Resultat von Energieausstrahlungen anderer Quellen (natürlicher und künstlicher), unabhängig von Sender des Entfernungsmessers. Er ist charakteristisch für Lichtwellen.

## L I T E R A T U R A :

- 1 — J. IVANOV: Über eine möglichkeit zur lösung des problems der Bodereflektion bei Radioentfernungsmessungen. I. C. Budapest II 1966.
- 2 — K. NOTTARP: Bemerkungen zur Wellenausbreitung bei Tellurometermessungen. A. V. N. 1962/5.
- 3 — H. J. HAGGER: Wellenlängenwahl für elektronische Distanzmessgeräte. Schw. z. f. V. Ph. Kt. 1968/7.
- 4 — F. BENZ: Einfluss der Bodenreflexion auf die genauigkeit Elektronischer Entfernungsmessgeräte. D. G. K. R. B. H. 95/II/1963.
- 5 — R. SIGL: u. G. ZULSDORF: Versuchsbeobachtungen mit dem tellurometer MRA-1 im dem Jahre 1960-1963. DGK. R. B. H. 122/1965.
- 6 — H. P. KUPFER: Bodenreflexion und Messtechnik bei der mikrowellen Distanzmessung. Schw. z. f. V. Ph. Kt. 1968/9.
- 7 — W. HÖPCKE: Zur Berechnung des Brechungsindex für Mikrowellen A. V. N. 1962/5.
- 8 — V. NOTTARP: Über Antennensysteme für elektronische Entfernungsmessgeräte. A. V. N. 1964/8.
- 9 — J. MITTER: Der mittlere Luftdruck längs eines Mikrowellenstrahles. A. V. N. 1965/8.
- 10 — H. MECKENSTOCK: Untersuchung über die Fehlereinflüsse und Reduktionen bei der elektrischen Entfernungsmessung für geodätische zwecke. V. d. G. I. T. H. Aachen No. 6/1963.
- 11 — BUGAEV-GRICUK: K voprosu učeta vlažnosti vazduha pri izmenii rasstojanii svetlodaljnomeranii. G. K. 1969/6.
- 12 — K. RINNER: Über Schranken für die geodätische Anwendung der elektronischen Entfernungsmessung. DGK. R. B. H. 95/II/1963.

---

*Jeste li podmirili pretplatu?  
Ako niste-učinite to odmah!*



*Samo redovitom pretplatom,  
osiguravate i redovito izlaženje  
Geodetskog lista!*

---