

GEODIMETAR AGA MODEL 6 A

mjerneje dužina moduliranom zrakom svjetlosti

Uvod — Mjerenje udaljenosti oduvijek je predstavljalo ogromne napore i teškoće. Stari san mjeraca zemlje je da izmjere ravnu liniju između dvije tačke.

Za posljednjih dvadeset godina koristile su se standardne metode i to: 1) direktno mjerenje udaljenosti pomoću vrpce, 2) indirektno mjerenje udaljenosti, pri čemu se direktno mjeri jedna strana trokuta i najmanje dva kuta. Pomoću sinusovog teorema dobivaju se posrednim putem dvije nepoznate stranice trokuta.

Međutim, elektronska tehnika može se upotrebiti za mjerenje vremena prolaza signala koji idu napred — natrag između krajnjih tačaka mjerene strane.

Data su dva različita načina za rješavanje ovog problema, jedan pomoću upotrebe mikrovalova, a drugi pomoću upotrebe svjetlosnih valova. Veliki problem je dugo predstavljala brzina svjetlosti koju je trebalo odrediti krajnjom točnošću budući da je udaljenost data izrazom

$$D = \frac{c \cdot t}{2}$$

gdje je

D = nepoznata udaljenost

c = brzina svjetlosti

t = vrijeme koje treba mjeriti

Dr E. Bergstrand je već 1948. izradio metodu korištenja valova svjetlosti, kao nosioca signala i ona je kasnije usavršavana u laboratorijama AGA u Švedskoj.

Prvi geodimetar uveden je početkom 1950. i to je značilo revoluciju u određivanju udaljenosti.

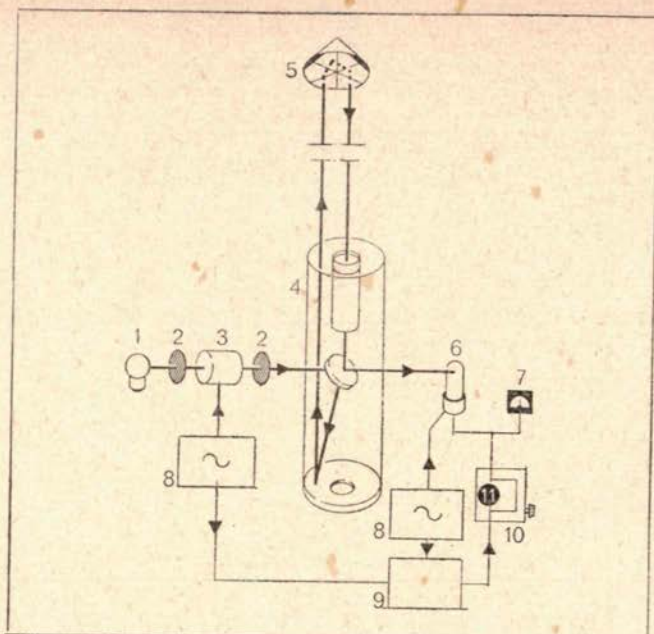
Otada su predstavljena četiri modela, ali u ovom članku razmatrat ćemo samo posljednji.

PRINCIP RADA (vidi sl. 1)

Geodimetar AGA, model 6A je elektro-optički instrument, koji mjeri udaljenost rasprostiranjem zraka svjetlosti, moduliranih pomoću Kerr ćelije i emitiranih ka reflektoru pomoću koaksijalne optike. Ova zraka svjetlosti je nosač signala između instrumenta i posebnog reflektora koji je postavljen na drugoj strani dužine koju treba mjeriti.

Reflektor vraća zraku svjetla ka geodimetru, gdje se ona pretvara u električne titraje pomoću foto-ćelije.

Tada se vrši komparacija faze između ulaznih i izlaznih titraja svjetla. Pre-nosni signal se zadržava u tzv. Resloveru i kad se dobije željena veza faze, nulti indikator pokazuje na »nulu«. Postavljanje resolovera je linearno u odnosu na udaljenost koja se mjeri, što znači da nije potrebna tabela kalibracije kod izračunavanja udaljenosti. Očitavanje resolovera je prikazano u brojkama na brojčaniku instrumenata i dužina se može izračunati iz dobivenih očitavanja



Slika 1 — Princip rada

1 — Lampa, 2 — Polaroidni filteri, 3 — Kerr ćelija, 4 — Koaksijalna optika, 5 — Reflektor, 6 — Fotoćelija, 7 — Pokazivač nule, 8 — Generator sa kvarc kristalom, 9 — Mikser, 10 — Resolver, 11 — Digitalno očitovanje (brojčanik).

Upotreba četiriju posebnih modulacionih frekvencija uključuje proceduru zapisivanja koja omogućuju direktno provjeravanje tačnosti koje se vrši ovim mjerenjem.

U ovom sistemu mjerenja kosa dužina D dobiva se iz izraza

$$D = nU + L + K_1 + K_2 + K_3$$

n = cijeli broj

U = stvarna jedinična dužina (2,500 metara)

L = mjerena udaljenost preko jednog cijelog broja jedinica D

K_1 = konstanta instrumenata

K_2 = konstanta reflektora

K_3 = meteorološka korekcija

Treba primijeniti i ostale geometrijske korekcije za kosu dužnu, ali one nisu bitno vezane za sistem mjerenja geodimetrom.

Kod uobičajenih metoda mjerenja može se očekivati tačnost od 6 mm + 1 mm/km (srednja greška). Još bolja tačnost može se dobiti upotrebom specijalnih mjernih metoda.

Daljnje mogućnosti mjerenja su određivanja deformacija u nasipima i mostovima. Pomicanje konstrukcije može se mjeriti sa tačnošću od + 1 mm na udaljenosti od nekoliko kilometara.

Mjerena dužina
Standardnom lampom
Živinom lampom
Minimalna dužina

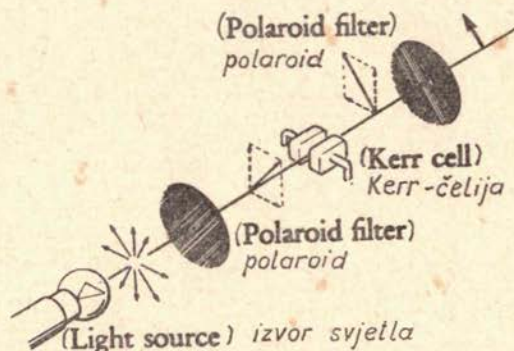
Danju
maks. 5 km
maks. 10 km
15 metara

Noću
maks. 15 km
maks. 30 km

Sistem modulacije

Zraka svjetla koju šalje geodimetar modulira se pomoću visoko frekventnog signala (30 MHz) primijenjenog na Kerr ćeliju koja djeluje kao jedan ekstremno brzi elektronski zatvarač.

Princip rada može se ukratko objasniti na slijedeći način. Kerr ćelija je staklena cijev u kojoj se nalazi par uzajamno paralelnih metalnih elektroda u tekućini specijalnih svojstava.



Slika 2 — Sistem modulacije

Izvesne tekućine na pr. nitrobenzol, uvedene u električno polje, dobiju svojstva dvoloma ili Kerrovog efekta.

Ovo svojstvo omogućava brzinu širenja oscilacije svjetla u ravnini okomitoj na smjer električnog polja, kao i jednu drugu brzinu širenja oscilacija svjetla u ravnini paralelnoj na smjer električnog polja. Ovo dvosruko lomljenje svjetla koristi se postavljanjem polarizatora između izvora svjetla i Kerr ćelije.

Polaroidni filter je orjentiran sa svojom ravninom polarizacije pod 45° na smjer polja. Ako se uvede drugi polaroidni filter sa smjerom polarizacije okrenutim za 90° u odnosu na prvi polaroidni filter, svjetlo će moći proći kroz drugi filter samo kad je napon, primijenjen na Kerr ćeliju, dovoljno visok. Ovaj napon je oko 1000 V viši od visokofrekventnog moduliranog signala. Tada će proizvesti visiko-frekventne svjetlosne signale.

Tranzistoriziranjem elektronskih krugova bilo je moguće reducirati potrošnju energije na 1,5 — 3,0 ampera. Ova promjena ovisi o broju upaljenih lampa, da li je kristalna peč zagrijana ili ne, itd.

Četiri frekvencije modulacije dobivaju se iz kristala koji su zatvoreni u dvije peći kontrolirane termostatom. Promjene temperature u granicama $\pm 1^\circ\text{C}$ omogućavaju stabilnost frekvencije od ± 1 ppm.

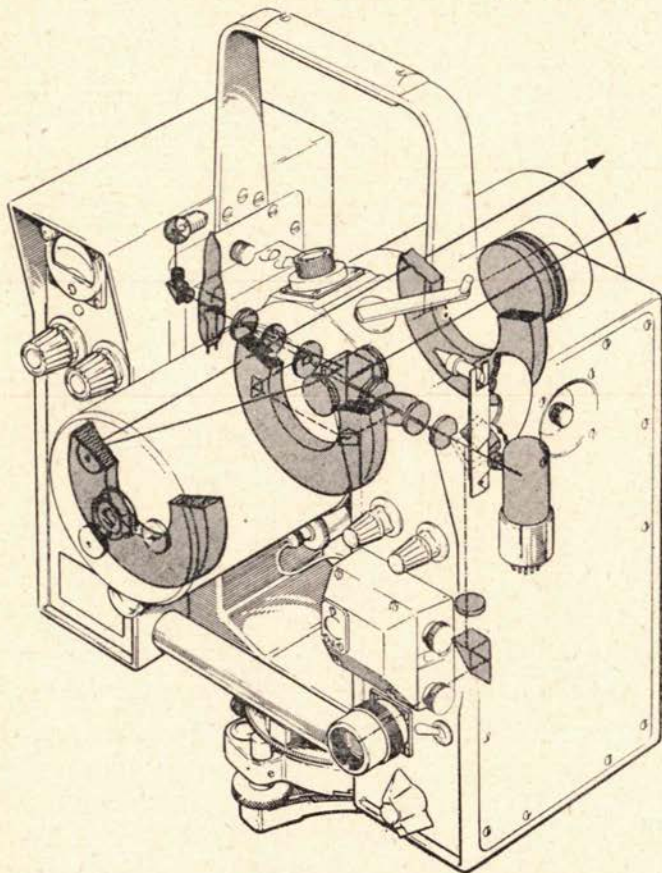
Signali napona dvaju odašiljača su napojeni do Kerr ćelije odnosno foto ćelije. Osim toga oba signala su pomiješana u etapi mješanja i nakon toga oba su vođena do reslovera da bi se tamo izjednačili sa signalom foto ćelije, koji se dobija od reflektiranog svjetla.

Podešavanje reslovera sa njegovim digitalnim očitovanjem u tri reda, je li nearno u odnosu na udaljenost koju treba mjeriti, što znači da tabela kalibriranja nije potrebna kod mjerenja udaljenosti.

Optički sistem

Sistem odašiljača i sistem prijemnika su postavljeni na suprotne strane kose leće cilindra. Na presjeku između obrtne osi i osi simetrije cijevi, smješteno je ravno ogledalo pod kutom od 45° prema ovim osima. Tako, neovisno o kutnoj visini cijevi, optičke osi obaju sistema će koincidirati. Ostali glavni elementi su, na sistemu odašiljača, sferno ogledalo, a u prijemniku objektiv s tri elementa sa velikom mogućnošću korekacije.

Modulirana zraka svjetla napuštajući Kerr ćeliju ide kroz unutarnji fokusni sistem (koji se može podesiti s istom kontrolom kao fokusni sistem prijemnika) na centralno ogledalo i dalje na sferno ogledalo sa kojega svjetlo ide kao paralelna zraka. Reflektirano svjetlo dolazi u centralno smještenu optiku prijemnika gdje je promjenjivi otvor smješten u točki fokusa. On se otvara u momentu kada pravac ide kroz astigmatski sistem leća na foto katodu. Time se greška, prouzrokovana promjenama u vremenu prolaza elektrona koji izbijaju iz različitih strana foto katode, održava u određenim granicama.

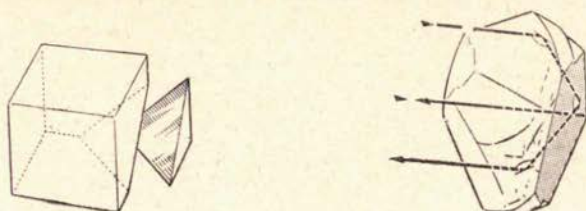


Slika 3 — Optički sistem

Radi olakšanja traženja cilja instrument je opremljen durbinom sa 4-strukim povećanjem, a za fino viziranje koristi se zraka svjetla koja dolazi na okular. Povećanje je tada 28 puta uz dobru kvalitetu slike, a vidno polje ima promjer od oko $1,5^\circ$.

REFLEKTORSKA STANICA

Na jednom kraju udaljenosti koju treba mjeriti smješten je reflektor, koji vraća emitirano svjetlo na geodimeter. Svaki reflektor je retrodirektivna prizma izrađena od 3 uzajamno okomite reflektivne površine. Iz razloga sigurnosti prizma je izrađena rezanjem kuta iz čvrste staklene kocke.



Slika 4 — Prizma

Retrodirektivna prizma ima svojstvo da reflektira zraku svjetla paralelno sa upadajućom zrakom i simetrično orijentiranu u odnosu na imaginarni pravac povučen kroz tačku centra prizme. Orijentacija reflektora u smjeru geodimetra može se izvršiti približno u granicama 20° dok se prijemnikom elektronskim putem ne izvrši fino usmjeravanje. Za upotrebu na duljim udaljenostima mogu se konstruirati veći reflektorski sistemi od dvije ili više reflektorskih prizmenih jedinica.

ZAKLJUČAK — Upotreba svjetla umjesto mikrovalova kao »mjerne vrpce« ima niz važnih prednosti.

Tačnost 1 — Meteorološke korekcije su od manje važnosti kod upotrebe kraćih valova. Dva primjera su prikazana na tabeli.

2 — Nema velikih cikličkih grešaka, koje se često sreću kod mikrovalnih instrumenata u mjerenju kratkih udaljenosti.

3 — Nema greške zbog terenskih uvjeta koji nepovoljno utiču na mikrovalne instrumente.

Tačnost mjerenja 10^{-6}

Uvjeti	+25°C	760mm Hg, RH 65%	+34°C	760mm Hg, RH 90%
Sistem	SVIJETLO	MIKRO	SVIJETLO	MIKRO
Met. podaci				
Temperatura	~1°C	~1°C	~2,8 mm	~1°C
Pritisak	~2,8 mm	~2,8 mm	~1°C	~2,8 mm
Vlažnost	RH treba odrediti sa tačnošću od $\pm 80\%$	RH treba odrediti sa tačnošću od $\pm 1\%$	RH treba odrediti sa tačnošću od $\pm 50\%$	RH treba odrediti sa tačnošću od $\pm 0,7\%$
Određivanje razlike temperature za vlažnu i suhu temperaturu mora biti manje od		0,14°C		0,078°C

Opaska! Navedena tačnost, uz upotrebu mikrovalova, u određivanju razlike temperature, zahtijeva da vlažna i suha temperatura moraju biti točne od 0°. 1. C, odnosno 0°,05 C.

Ekonomičnost: Instrumentom upravlja samo jedan stručnjak, budući da je reflektorska stanica pasivna i može je se ostaviti samu. To će smanjiti potrebu za visoko-obrazovanim personalom.

Mikrovalni sistem koristi dva identična instrumenta, po jednog na svakom kraju pravca koji se mjeri. Iz toga slijedi da upotreba elektro-optičkih sistema zahtijeva samo jedan instrument i dva pasivna reflektora koji daju isti efekat kao tri mikrovalna instrumenta. Stoga, korištenjem elektro optičkih daljinomjera ušteduje se 50% izdataka.

Geodimetri AGA upotrebljavaju se u cijelom svijetu za mjerenje osnovnih mreža svih vrsta, projekata za izradu karata, nasipa i hidrocentrala, rudnika i planova glavnih puteva, konstrukcija tunela i mostova, i gdje god treba vršiti precizna i ekonomična mjerenja udaljenosti.

Surađujte i pretplaćujte se na

»Geodetski list«

Glasilu geodetskih inženjera i geometara Jugoslavije