

B. Zalokar

Institut za elektroniku - Ljubljana

ELEKTRONSKO-OPTIČNI DALJINOMER ZA POTREBE U GEODEZIJI

Na inicijativu stručnjaka iz geodezije, u Institutu za elektroniku i automatiku u Ljubljani pristupilo se zahtevanom zadatku razvoja prototipa modernog elektronskog uređjaja, koji može da meri daljine od 200 m do nekoliko km i to u ekstremnim granicama tolerancije.

UVOD

Kod merenja daljina, osobito tamo, gde je merna pruga dugačka, traži se u većini primera ekstremna tačnost. Dosadašnje klasične geodetske metode merenja dužina baziraju na čisto geometrijskim principima, kod čega se razlikuje direktna i indirektna merenja. Kod direktnih merenja polažu se duž merene linije, od jednog do drugog kraja, merne sprave u obliku letvi, lanaca, traka i žica, kod čega se iste u pogledu tačnosti razlikuju. Razumljivo je, da se kod merenja relativno većih daljina ubrzo nailazi na teškoće, osobito u primerima, kada merene linije nailaze na terenske prepreke /preko reka, uvala, močvara, kroz šume itd./ U takvim slučajevima obično se upotrebljava jedna od brojnih mogućih indirektnih metoda merenja, kod čega je tražena daljina uvek funkcija jedne dužinske baze i određenih uglova pomoćnog geometrijskog lika. Dužinska baza je obično kraća i vrlo tačno izmerena dužina, a geometrijski lik je obično trougao. Moguće je zamisliti, da su klasične direktne, a posebno još indirektno metode nezgodne i prilično dugotrajne, čim merena daljina prelazi vrednost nekoliko stotina metara, kod čega se traži centimetarska tačnost.

Na Institutu za elektroniku je nakon konsultacije sa stručnjacima iz područja geodezije doneta odluka za razvoj i izradu daljinomera, koji koristi pojavu širenja vidne svetlosti. Literatura iz te oblasti vrlo je oskudna i izradjena je vlastita studija, koja služi kao osnov za razvoj daljinomera.

OSNOVNI PRINCIPI FUNKCIONALNOSTI ELEKTRONSKO-OPTIČKOG DALJINOMERA

Osnovni princip metode merenja je u tome, da se od početne tačke merene daljine pošalje modulirani svetlosni snop prema konačnoj tački merene daljine, gde je refleksno ogledalo. Odbojeni svetlosni snop se vraća po skoro tačno istom putu prema početnoj tački u prijemni deo uređaja. Ugao između upadajućeg i odbijenog svetlosnog snopa tako je malen, da praktično ništa ne utiče na tačnost merenja, usled čega nije potrebno upotrebiti komplikovano refleksno ogledalo sa dvostrukim pravouglim lomom svetlosnog snopa.

Modulirani svetlosni snop predje dakle dvostruki put merene daljine. Ako uzmemo, da je merena daljina n - puta veća od polovine talasne dužine modulacione frekvencije, kod čega je n ceo broj, onda možemo pisati:

$$L = \frac{1}{2} n \frac{\lambda}{2} \quad /1/$$

Talasna dužina λ je poznata i može se izračunati iz izmerene modulacione frekvencije. Nije međutim poznat faktor n . Određuje se na taj način, što se potraži sledeći viši ili niži celobrojni faktor time, da se modulaciona frekvencija polako povećava ili smanjuje. Jednačina sada glasi:

$$L = \frac{1}{2} n \frac{\lambda_1}{2} = \frac{1}{2} (n \pm 1) \frac{\lambda_2}{2} \quad /2/$$

Ako se izrazi talasna dužina pomoću frekvencije i n eliminiše dobija se za daljinu

$$L = \frac{1}{4} \cdot \frac{C}{f_2 - f_1} \quad /3/$$

gde je c korigirana brzina svetlosti.

Konačni oblik jednačine jeste:

$$L = \frac{1}{4} \cdot \frac{C}{f_2 - f_1} + K \quad /4/$$

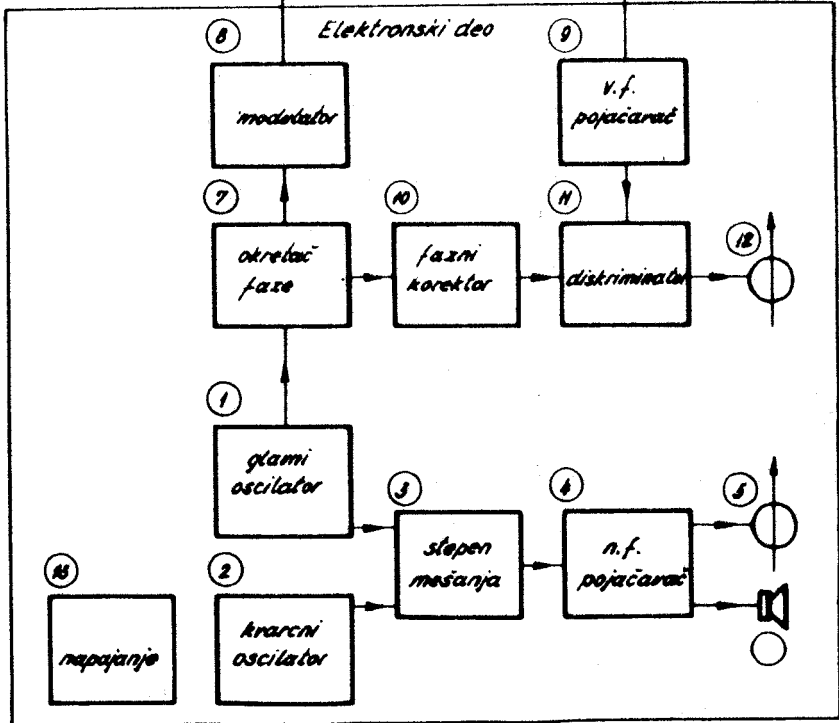
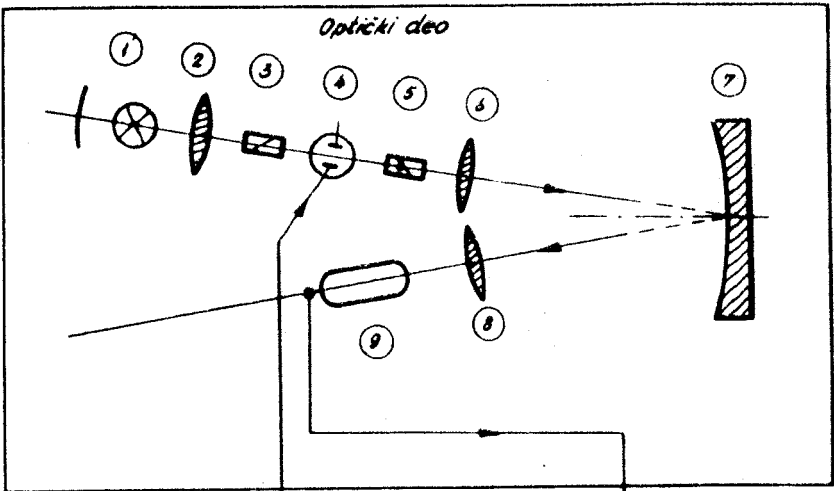
gde je K konstanta uređaja u kojoj su obuhvaćeni geometriske osobine optike, uticaj vremena zakašnjenja fotomultiplikatora i ostalih električnih elemenata uređaja.

mereno područje za elektronsko optički daljinomer je od 200 do 5000 m sa tačnošću ± 4 cm preko čitavog mernog područja. Sastavljen je od dva osnovna dela: iz elektronskog i optičkog.

Blok šemu uređaja prikazuje slika 1.

Princip funkcionisanja uređaja je sledeći:

Svetlosni izvor /1/ je sijalica relativno male snage. Ispred nje smešteno je sferno ogledalo, koje vraća sliku izvora natrag u izvor, čime obuhvaćamo i deo inače izgubljene svetlosne energije. Svetlosnom izvoru sledi kondenzor /2/, koji se sa-



Sl. 1

stoji iz

- prvog trostepenog kondenzatora ulaznim površinskim uglom $2\varphi = 90^\circ$,
- kivate sa vodom, koja odseca glavni deo infracrvenog spektra, i
- cilindričkog kolimatora, koji svu svetlost, koja se dobije kroz kondenzor prevodi u svetlosni snop pravouglog preseka dimenzije $1 \times 4 \text{ mm}$ /dimenzije Kerrove ćelije/.

Svetlosni snop pravouglog preseka ide dalje kroz modulacioni deo optičkog uređaja, koga sačinjavaju

- polarizator I /3/
- Kerrova ćelija, koja je napajana iz modulatora /8 - elektronski deo/ frekvencijom oko 10 MHz, i
- polarizator II /5/.

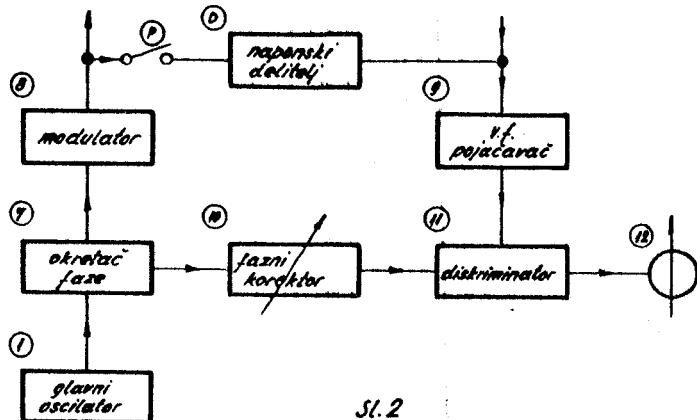
Polarizatori su zakrenuti jedan prema drugom za 90° . U trenutku, kada je na Kerrovoj ćeliji napon nula, modulacioni sistem ne propušta svetlost; a u trenutku, kada je na Kerrovoj ćeliji propisani napon, propušta najviše svetlosti i na taj način prevodi električnu energiju u svetlosnu. Obično je za Kerrove ćelije potrebna velika visokofrekventna snaga i do 100 W, stoga smo pristupili vlastitom razvoju Kerrove ćelije. Specialnost te ćelije je vanredno mali razmak između elektroda i vrlo čist nitrobenzol.

Modulacionom delu sledi glavni objektiv /6/, ispred koga je za što bolje iskorišćenje sada već modulisane svetlosti, predviđen šestosochivni akromatični i aplanatični kolimator te objektiv za prilagodjavanje.

Iz predajnog objektiva je modulisani svetlosni snop usmeren prema refleksnom ogledalu /7/, koji je smešten na drugom kraju merene linije. Na njemu se svetlosni snop odbija i usmerava prema prijemnom objektivu /8/, koji je potpuno jednak predajnom. Povratni svetlosni snop registrira fotomultiplikatorska cev /9/. Usled visoke modulacione frekvencije ovde nastupaju dva problema: uticaj vremena preleta elektrona kroz fotomultiplikator i uticaj njegovih interelektodnih i spojnih kapaciteta. Vreme leta elektrona smeta merenju tako, kao da bi merili nešto veću daljinu i tu smetnju nije moguće proizvoljno smanjiti. Može se jedino pobrinuti za to, da taj uticaj bude konstantan kod svih radnih uslova i za duži period, a vremensko zakašnjenje uzima se u obzir u konstanti čitavog uređaja. Uslov za konstantnost vremena preleta je visoka stabilnost napona napajanja dinoda i stalno mesto upadajućeg svetlosnog snopa na fotokatodi.

Elektronski deo uređaja obuhvaća glavni oscilator /1/ sa promenljivom frekvencijom od 9,05 do 10,5 MHz, što odgovara daljinama od 200 do 5000 m. Frekventna stabilnost mora biti za vreme merenja barem $8 \cdot 10^{-6}$, zato su sastavni delovi smešteni u termostatu. Izvedba promenljivog kondenzatora mora biti krajnje precizna i zato, jer se kod 180° stepenastog zaokreta rotora zahteva podela na skali na 10.000 delova. Pre svakog merenja baždari se glavni oscilator sa kvarcnom normalom od 200 kHz /2/, koja ima stabilnost od približno 10^{-7} . Za baždarenje koristi se više harmoničke frekvencije i to od 46 do 52. Oba signala iz glavnog oscilatora i kvarčne normale vode se na stepen za mešanje /3/, koji nakon multiplikacije daje interferentni ton. Preko niskofrekventnog pojačavača /4/ inferentni ton se pojačava, a multi treptaj se utvrđuje akustički zvučnikom /6/ do frekvencije oko 20 Hz, a optički instrumentom /5/ praktično do frekvencije 0.

Iz glavnog oscilatora napaja se i okretač faze /7/, koji daje na izlaznim priključnicama dva napona, koji su međusobno pomaknuti za 90° . Izbor elemenata faznog okretača te njegova izvedba vrlo je delikatna, jer se 5-promilna promena 90° -stepenskog faznog ugla oba napona oseća kao greška u merenju daljina više od ± 4 cm.



Sl. 2

Jedan napon faznog okretača vodi se na aperiodički visokofrekventni stepen /8/, koji ima ulogu modulatora za Kerrovu ćeliju. Taj stepen mora davati dovoljno snage kod dovoljnog napona za puno upravljanje Kerrove ćelije i ne sme uzrokovati u frekventnom području glavnog oscilatora apsolutno nikakvog faznog izobličenja.

Drugi napon faznog okretača vodi se preko faznog korektora /10/ na diskriminator /11/. U diskriminator se dovodi i izlazni napon fotomultiplikatora, pojačan aperiodičkim visokofrekventnim trostepenim pojačivačem /9/.

Zadatak faznog korektora je sinhrono izjednačenje faznih razlika, koje nastaju kod menjanja frekvencije glavnog oscilatora na izlazu fotomultiplikatora te u visokofrekventnom pojačivaču. Tako ostaju ustvari samo fazne razlike usled vremena putovanja svetlosnog snopa od Kerrove ćelije kroz predajni objektiv do refleksnog ogledala i natrag kroz prijemni objektiv do katode fotomultiplikatora.

Galvanometar /12/ meri diferentni napon diskriminatora. Kada skazaljka galvanometra pokazuje nulu, ulazni naponi diskriminatora pomaknuti su u fazi tačno za 90° . Tada je merena daljina, kao što je spomenuto, ceo broj puta veća od polovine talasne dužine. Kod svake polutalasne dužine, koja odgovara određenoj frekvenciji glavnog oscilatora, pokazuje galvanometar skretanje nula, a u svakom drugom slučaju skazaljka galvanometra skreće u pozitivnom ili negativnom pravcu.

BAŽDARENJE I KONTROLA DALJINOMERA

Usled vanredno visoke tražene tačnosti daljinomera, predviđjena su neposredno pre svakog merenja daljine po dva kontrolna merenja elektronskog dela uređjaja. Prvim kontrolnim merenjem utvrđujemo pomoću kvarcnog oscilatora frekventno odstupanje glavnog oscilatora, a drugim kontrolnim merenjem utvrđujemo fazne prilike kritičnih detalja uređjaja, kao što to prikazuje slika 2.