

GEODETSKI ŽIROSKOPSKI INSTRUMENT WILD GAK 1

Zvonimir KALAFADŽIĆ dipl. inž. — Zagreb

Uvod.

Geodetska mjerenja nastojimo orijentirati, pa ih obično uklapamo u neki koordinatni sistem, čija je orijentacija prema stranama svijeta poznata. Određivanja pravca geografskog sjevera vršimo astronomskim mjerenjima. Ti su radovi opsežni, relativno skupi i obavljaju se na manjem broju Laplace-ovih tačaka. Manje tačnu orijentaciju, prema magnetskim polovima, možemo postići običnom busolom (kompas). Tim se načinom dosta služimo za izmjere u rudarstvu i šumarstvu.

Kompasi na zvrk (girokompas, žirokompas, Kreiselinstrument, Gyroattachment) omogućuju orijentaciju prema geografskom sjeveru pomoću specijalnog zvrka (čigre) s relativno velikom masom i velikom brzinom rotacije. Ti instrumenti upotrebljavaju se danas mnogo za nadzemne i podzemne geodetske radove.

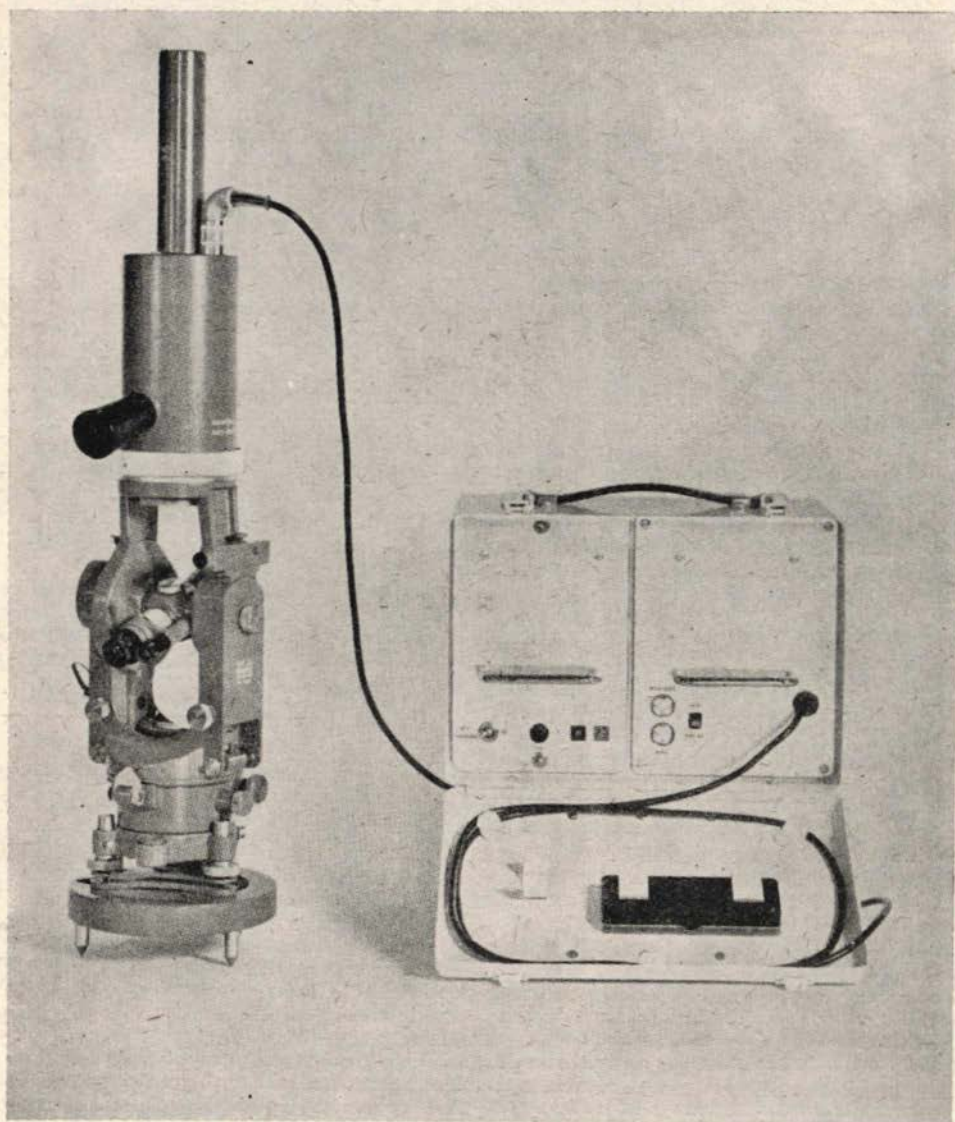
HISTORIJAT. Još je Foucault god. 1852. u svojim pokusima za dokazivanje okretanja zemlje pokazao svojstvo zvrka sa težištem u sjecištu osi (zvrk sa tri stepena slobode), da zadrži nepromijenjen pravac svoje osi u odnosu na svemirski prostor, dok god na njega ne djeluje neka sila ili moment, koji nastoji taj pravac izmijeniti. U to vrijeme mehanika i elektronika nisu bile tako razvijene da bi se to saznanje moglo praktički iskoristiti. Foucault je svoj uređaj sa zvrkom nazvao žiroskop, što prema grčkom znači pokazatelj vrtnje.

Nekih pedeset godina kasnije realizirao je Hermann Anschütz-Kaempfe prvi praktički uređaj za pokazivanje smjera geografskog sjevera pomoću žiroskopa. On je tražio neko orijentaciono sredstvo za svoj planirani put do sjevernog pola ispod leda, jer mu je obična busola u zatvorenom željeznom trupu podmornice bila beskorisna. Iz tog izuma razvila se je konstrukcija brodskih navigacionih žiroskopa, koji su ubrzo našli primjenu u mornarici.

Nije bila daleko ni ideja, da se konstruiraju slični instrumenti koji bi služili za orijentaciju geodetskih mjerenja na čvrstoj zemlji, ali se je u prvo vrijeme kod toga naišlo na poteškoće. Prvi konstruirani instrumenti bili su srazmjerno veliki i teški, te za praktičnu upotrebu pri geodetskim mjerenjima na terenu premalo portativni. Radi velikih tijela zvrkova i motora instrumenti su težili i do 150 kg, dakle za terensku upotrebu golema težina. Osim toga prvi uređaji nisu mogli zadovoljiti tačnost, koju su geodetska mjerenja zahtijevala. Dok je u navigaciji dovoljna kompasna ruža sa jednom kazaljkom, kod upotrebe pri geodetskim mjerenjima mora se postav žiroskopa prenijeti na fino podijeljeni limbusni krug ili na vizuran pravac teodolita. Prva praktična upotreba dolazi koncem god. 1940. u rudarskim revirima Ruhr-a, sa instrumentom »Meridianweiser« (meridijanski pokazivač), gdje žiroskopska sekcija Westfalskog rudarskog društva Bochum ima velikih zasluga za razvoj instrumenata i upotrebnih metoda. Uspjeh se je pokazao, jer praksa je tražila manje, lakše instrumente. Kod toga pomaže razvoj navigacionih instrumenata u zrakoplovstvu, gdje se također zahtijevaju manji, djelotvorniji uređaji. Tako prema nacrtima prof. dr. O. Rellensmann-a sa Bergakademie Clausthal-Zellerfeld proizvodi tvornica Fennel (Kassel) žiroskopski teodolit koji je već lakši, ukupna težina terenske opreme je oko 55 kg.

Žiroskopski instrumenti sastoje se zapravo od dva dijela, dijela koji proizvodi smjer (sam žiroskop) i dijela, koji preuzima smjer (teodolit). Kod Fennel-ovog žiroteodolita ta dva dijela čine zajedničku cjelinu i obično se teodolitni dio

ne upotrebljava odvojeno od žiroskopa. Daljnjim usavršavanjem god 1959.—60. prof. Rellensmann konstruirao žiroskop, koji se može montirati na običan teodolit. Taj instrument proizvodi tvornica Wild, Heerbrugg pod imenom GAK 1. Žiroskop teži samo 1,8 kg, sa prenosnom kutijom 3,8 kg, a pogonski uređaj 9,5 kg. Ako se



Slika 1

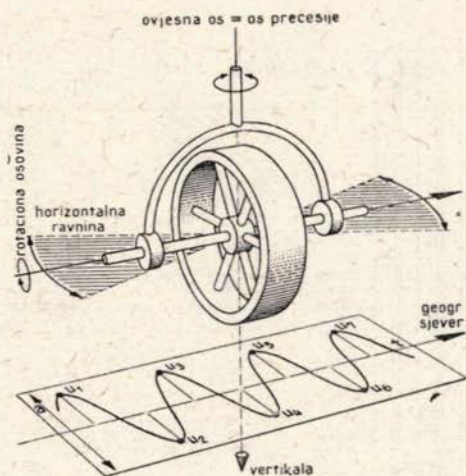
montira na teodolit Wild T16, koji se preporuča, tada težina cijele terenske opreme iznosi cca 26 kg (sl. 1). Sličan instrument po konstrukciji Rellensmann-a proizvodi i tvornica Fennel, Kassel, pod imenom Theodolitkreisel TK3. Prema prospektu žiroskop teži 2,3 kg, kutija 1,0 kg, dok se pogonski uređaj isporučuje u dvije varijante, težine 14,0 kg (10 Ah), odnosno 28,0 kg (24 Ah). Težina terenske opreme iznosi cca 32 kg odnosno cca 46 kg.

PRINCIP DJELOVANJA. Kad zvrk rotira nekom kutnom brzinom, tada os rotacije zvrka nastoji zadržati svoj položaj, u prostoru. Upravo zbog toga će se razloga zvrk odupirati djelovanju momenta (sile), koji djeluje okomito na os zvrka, zakretanjem svoje osi vrtnje. Tu pojavu nazivamo precesijom, a možemo ju koristiti pri konstrukciji instrumenata za određivanje pravca sjever—jug.

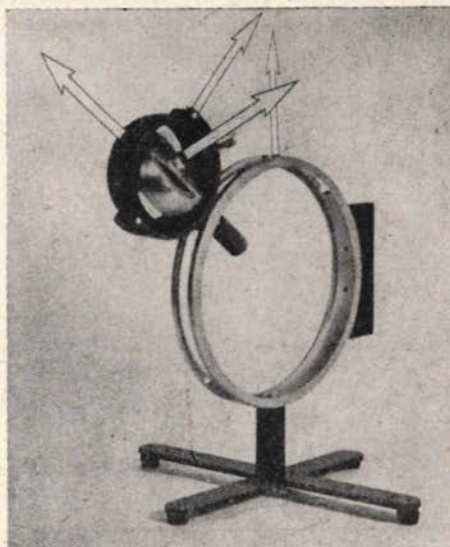
Kod konstrukcije po Rellensmann-u visi zvrk na niti kao visak i to tako da je njegova rotaciona osovina pod djelovanjem sile teže uvijek horizontalna (sl. 2). Rotirajući s kutnom brzinom ω , koja iznosi 24.000 okretaja u minuti, rotor zvrka podržao bi uslijed tromosti svoju slučajno zauzetu ravninu rotacije u svemirskom prostoru. No kako se on zajedno sa teodolitom i stativom nalazi na Zemlji (sl. 3), biva radi rotacije Zemlje (kutne brzine ω_z) izbačen iz svoje prvotne ravnine rotacije, jer se pojavljuje žiroskopski moment

$$M = I \cdot \omega \cdot \omega_z \cdot \cos\varphi \cdot \sin A \quad (1)$$

gdje je I moment inercije zvrka, A kut između pravca sjevera i osi zvrka, φ geografska širina (sl. 4). Uslijed tog žiroskopskog momenta zvrk, koji visi pod utje-

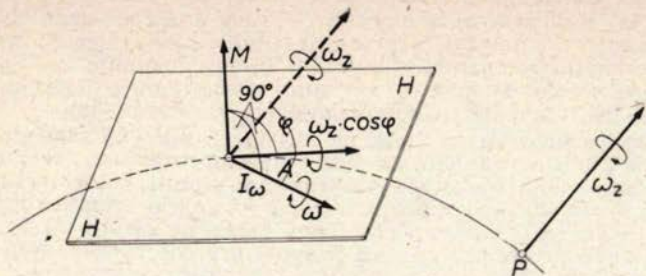


Slika 2



Slika 3

čajem sile teže, zakretat će se oko pravca viska (vertikale), tako dugo dok se rotaciona osovina ne zakrene u pravac meridijana. Kao što se vidi iz formule (1) žiroskopski moment će se mijenjati samo uslijed promjene kuta A , jer su ostale veličine, dakako za jedno određeno stajalište, konstantne. Iz toga slijedi da će žiroskopski moment biti jednak nuli kad osovina zvrka dođe u pravac meridijana. U formuli (1) ulazi funkcija $\cos\varphi$, odnosno horizontalna komponenta kutne brzine Zemlje ($\omega_z \cos\varphi$), jer samo ona djeluje, pa iz toga slijedi da zvrk radi najbolje na ekvatoru, jer je ovdje moment, koji izvodi precesiju, najveći. Idući prema polovima on je sve manji, u krajevima blizu pola naglo opada, dok na polovima iščezava. Zvrk će na polovima rotirati nesmetano u svakoj proizvoljnoj ravnini. Pojava je slična orijentaciji magnetske igle u magnetskom polju Zemlje, no žiroskop pokazuje pravi (geografski) sjever, jer nema pojave magnetske deklinacije. Djelovanjem procesije neće se os zvrka odmah postaviti oštro u pravac sjever—jug, nego će radi sile ustrajnosti titrati u formi prigušenog titranja oko pravca sjevera, sa manjom ili većom početnom amplitudom ovisnom o početnom kutu A . To titranje bi trajalo jako drugo, radi malog trenja i danima, dok se nebi smirilo u meridijanu, da se na pogodan način umjetno ne prigušuje.

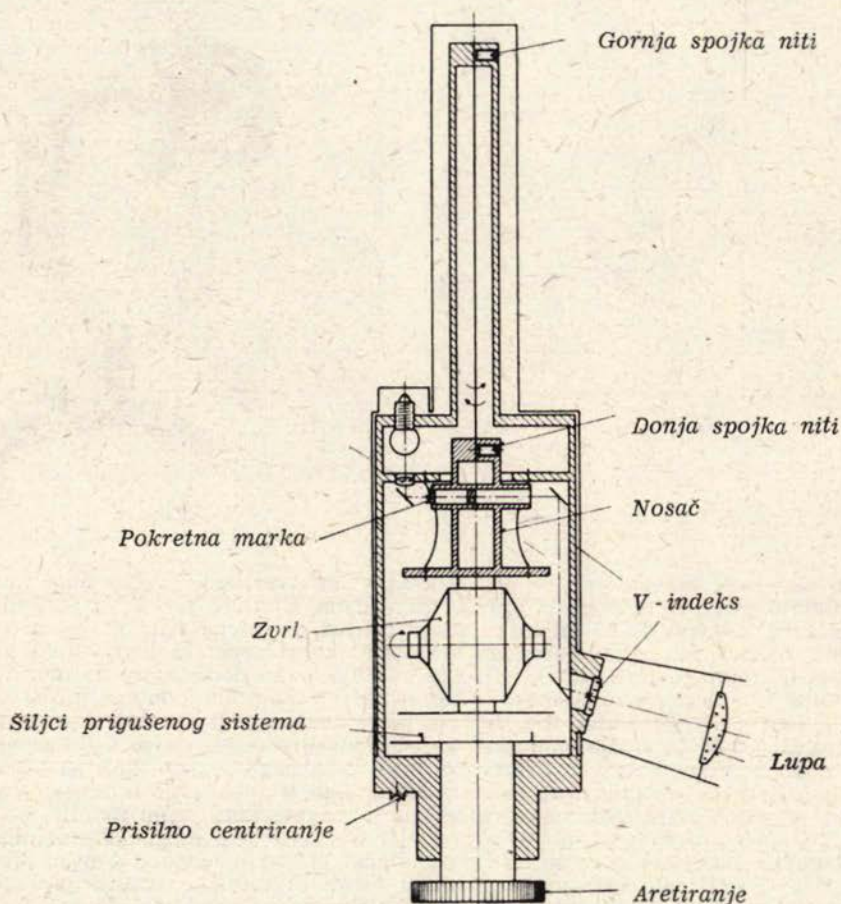


Slika 4



Slika 5

KONSTRUKCIJA. Žiroskop Wild GAK 1 montira se na most, koji leži na nosačima durbina. Pomoću tri kuglična zavornja (Bolzen) na mostu, koji ulaze u V-utore na donjem dijelu žiroskopa, on zadržava uvijek istu orijentaciju prema vizurnom pravcu durbina teodolita. Teodolit ostaje kompenzacioni (mjerenje u



Slika 6: Skica konstrukcije WILD GAK 1

dva položaja durbina). Most se može montirati na sve konvencionalne modele Wildovih teodolita, kad nije potreban može se demontirati i tada se teodolit dalje normalno upotrebljava. Kod upotrebe sa teodolitom WILD T2 žiroskop ostaje stalno montiran na mostu i postavlja se na instrument slično jahačoj libeli.

Instrument se sastoji od nosećeg i oscilirajućeg sistema, a oklopljen je kućištem sa dvostrukom antimagnetičnom prevlakom (sl. 6). Noseći sistem čine tri stupa sa cjevastim produženjem. Na vrhu produženja pričvršćena je nit na kojoj visi oscilirajući sistem, kojemu su osnovni dijelovi nosač, zvrk i prigušna ploča. Prigušna ploča zajedno sa tri šiljka, koji se nalaze na uređaju za aretiranje na nosećem sistemu, a koji djeluju vertikalno i postrano, prigušuje titranje oscilatornog sistema. Uređaj za prigušivanje aktivira se automatski kad se otpušta uređaj za aretiranje. Kod toga treba žiroskop grubo predorijentirati (busolom ili pomoću vremena titraja), jer je povoljna početna amplituda oscilacije $\pm 1^{\circ} - 3^{\circ}$.

Pravac geografskog sjevera određen je srednjim položajem titranja osovine zvrka. On se određuje na više načina. Da bi se titranje moglo pratiti i prenijeti na limbusni krug, u oscilatornom sistemu nalazi se jedna optička marka u obliku crte, koja titra zajedno sa zvrkom i proicira se pomoću sistema od tri prizme bez paralakse, na indeks oblika V, koji je čvrsto povezan sa kućištem, dakle i sa alhidadom i promatra se pomoću jedne lupe (sl. 5). Da bi marka bila u vidnom polju lupe mora se pomicati alhidada i to grubo, kod velikih amplituda ili sa vijkom za fino kretanje (kojemu je u tu svrhu opseg povećan na 10° i providen glavom na oba kraja) kod amplituda od $\pm 1^{\circ} - 3^{\circ}$, kad je instrument približno orijentiran prema sjeveru. Kada je pokretna marka u sredini V-indeksa, tada su okretna os zvrka i vizuran pravac teodolita u istoj ravnini. Taj uvjet daje se rektificirati, bez da se kućište instrumenta mora dignuti.

U instrumente je ugrađen zvrk Perkin-Elmer, tip 831, koji se pokreće preko konvertera WILD GEL 1, sa izlazom $115V \sim /400 \text{ Hz}$ (sl. 1). Energiju daje baterija sa 10 nikl-kadmij ćelija izlaza 12V. Cijeli pogonski uređaj nalazi se u spretnoj nosećoj kutiji i vezan je sa instrumentom 3 m dugim kablom. Baterija omogućava oko 6 sati mjerenja. Na instrumentu i pogonskom uređaju nalaze se signalne lampice (crveno, zeleno), koje pokazuju da li je instrument u pogonu i dali je rotor dobio dovoljno ubrzanje da se može početi s opažanjem.

METODE MJERENJA. Pravac srednjeg položaja titranja osi zvrka odgovara vizurnom pravcu durbina u pravcu geografskog sjevera i svrha opažanja je odrediti taj pravac na limbusnom krugu. Postoje razne metode mjerenja manje ili više tačne.

Metoda opažanja povratne tačke (sl. 7). Instrument se približno orijentira. Titranje osovine zvrka prati se okretanjem mikrovijka alhidade tako, da se pokretna marka drži stalno što oštrije u sredini V-indeksa. Time se drži i ovjesna nit bez torzije, njen utjecaj je dakle time eliminiran. Forma oscilacije je sinusoidalna. U sredini titranja brzina marke je najveća, prema povratnim tačkama ona opada, a na njima za dijelici sekunde izgleda kao da stane. U tom položaju očita se limbusni krug. Smanjenje amplitude može se smatrati linearnom, pa se pravac sredine titranja dobije po Schuler-u kao:

$$a_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{u_1 + u_3}{2} + u_2 \right); \quad a_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{u_2 + u_4}{2} + u_3 \right); \quad N = \frac{\sum a}{n} \quad (2)$$

Pomoću instrumenta GAK 1 može se odrediti položaj povratne tačke sa tačnošću $\pm 10''$, zato je dovoljna upotreba minutnih teodolita sa procjenom $0,1'$, da se postigne moguća tačnost pribora.

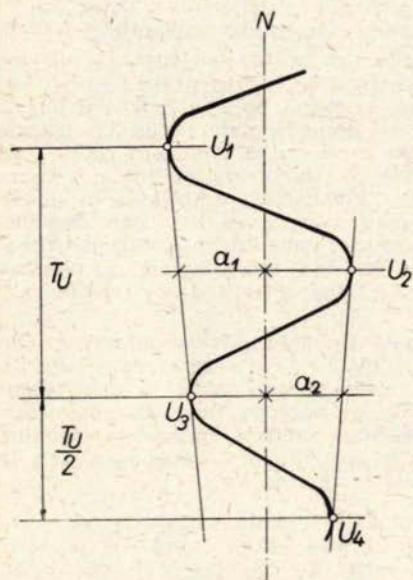
Vrijeme titraja T_{U_0} neovisio je o amplitudi, za pojedini komplet (instrument, konverter) ono ovisi samo o horizontalnoj komponenti zemljine rotacije (o $\cos \varphi$).

Ako je na ekvatoru T_{U_0} , tada je na proizvoljnoj geografskoj širini φ $T_{U_0} \equiv \frac{T_{U_0}}{\sqrt{\cos \varphi}}$

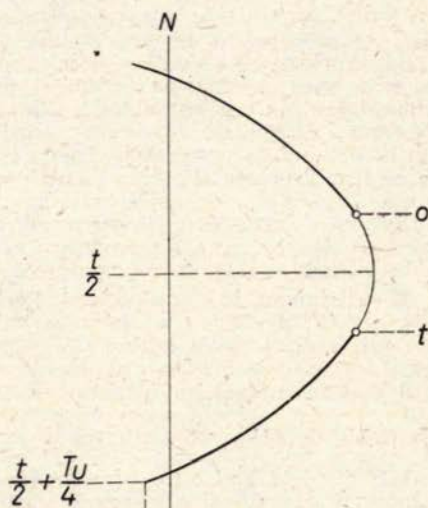
Znamo li T_{U_0} za određeni φ , vremena titraja na drugim geografskim širinama mogu se izračunati. Pomoću žiroskopskog pribora Wild i zaporne ure mogu se odrediti vremena titraja sa tačnošću od $\pm 0,2$ sek, a to omogućuje na širinama od

60° do 75° određivanje stvarne geografske širine sa tačnosti bolje od jedne minute. Opaža se tako, da u isto vrijeme jedan opservator prati marku, a drugi sa zapornom urom opaža limb i određuje prolaz marke kroz određeno čitanje blizu već prije određenog pravca sjevera.

Na srednjim širinama vrijeme polutitraja iznosi cca 4 min, a jedno opažanje (tri povratne tačke) se izvrši za oko 10 min. Firma navodi u prospektu da se ovom metodom može postići nutarnja tačnost određivanja pravca geografskog sjevera od $\pm 18''$ i bolje, a apsolutna od $\pm 30''$, uz utrošak vremena od najviše 20 min.



Slika 7



Slika 8

Brza metoda (sl. 8). Za dosta široke pojase geografske širine vrijeme titraja T_U je relativno konstantno i može se izračunati pomoću logaritmara. To omogućuje približnu predorijentaciju. Marka se prati od povratne tačke do četvrtine vremena titraja i zakoči. Taj položaj alhidada je približan pravac geografskog sjevera N' . Kako je brzina titranja na povratnim tačkama mala, to se tačan položaj povratne tačke ne može odrediti dovoljno tačno. Zato se praćenje marke prestaje na 20 do 40 sek prije povratne tačke. Taj položaj se uzima kao vrijeme nula na zapornoj uri. Odredi se vrijeme t , koje je potrebno da marka opet dođe u sredinu V-indeksa, od tog momenta opet se počne pratiti za vrijeme od $1/2t + 1/4T_U$. Za vrijeme t tordirana žica uvjetuje malu redukciju poznatog vremena titraja T_U . ta redukcija ovisi o samom vremenu t i iznosi oko 1–2 sek za vrijednost t od 40–80 sek.

Tačnost ovisi o brzini titranja u meridijanu, a to opet o veličini početne amplitude. Sa malom vježbom može se odrediti vrijeme prolaza kroz meridijan sa tačnosti od ± 1 sek. Veličina promjene pravca u meridijanu kroz tu sekundu je mjera za tačnost, koja se može postići. Na srednjim širinama uz amplitudu 3° tačnost iznosi $\pm 2'$, a za amplitudu 40° tačnost je $\pm 30'$. Firma navodi u prospektu da se postizava prosječno tačnost od $\pm 3'$, a potrebno vrijeme za tu »sirovu« orijentaciju iznosi cca 7 min. Obično će doseg mikrovijka alhidada biti premalen, pa će se marku morati pratiti otkočenom alhidadom, no to neće bitno utjecati na tačnost, jer je ona već i onako ograničena kod te metode.

Metoda prolaza (sl. 9). Izvrši se približna orijentacija brzo metodom i zakoči alhidada. Da se dobije pravac M (sredina titranja) potrebno je N' korigirati za $\Delta\alpha$. Zapornom urom odrede se vremena prolaza marke kroz V - indeks. Ako su vremena t_w (zapad) i t_E (istok) jednaka, tada su vizuran pravac i pravac M paralelni. Obično postoji razlika $\Delta t = t_w - t_E$, koja je proporcionalna sa $\Delta\alpha$. Razlika $\Delta\alpha$ se može uzeti linearno, bez utjecaja na tačnost, koja se postiže priborom, ako iznosi do 20% od amplitude. Korekcija se računa po formuli:

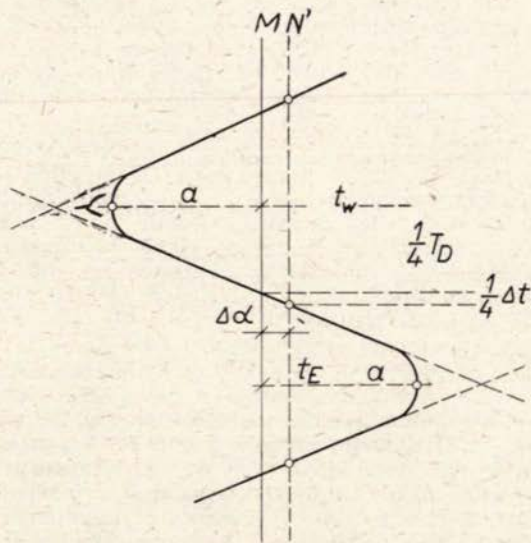
$$\Delta\alpha = \frac{1}{T_D} \cdot \frac{\Pi}{2} a \cdot \Delta t \quad (3)$$

U formuli T_D je vrijeme titraja sa zakočenim instrumentom, a je amplituda, koju određujemo čitanjem na pomoćnoj skali iznad V -indeksa (sl. 5), po formuli $a = a' \cdot m$, gdje a' znači broj podjeljenja očitanih na pomoćnoj skali, a m je vrijednost jedne podjele u kutnoj mjeri. Vrijednost za N' treba osim za $\Delta\alpha$ korigirati za kut v , za utjecaj torzije žice, jer su opažanja vršena sa zakočenom alhidadom. Ukupna korekcija ΔN može se izračunati po formuli (4). Faktor proporcionalnosti c određujemo računski po formuli (5) ili empirički iz više mjerenja pravca geografskog sjevera po formuli (6).

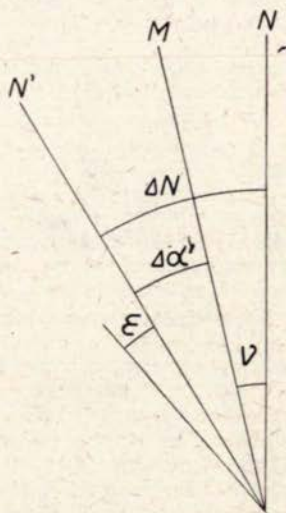
$$\Delta N = C \cdot a' \cdot \Delta t \quad (4); \quad C = m \cdot \frac{\Pi T_U^2}{2 T_D^3} \quad (5); \quad C = \frac{N'_2 - N'_1}{a'_1 \Delta t_1 - a'_2 \Delta t_2} \quad (6)$$

(T_U je vrijeme titraja određeno praćenjem marke).

Ova metoda je brža od metode opažanja povratne tačke, jer je $T_D < T_U$. Faktor c nije osjetljiv na promjene geografske širine, tako da je dovoljno odrediti srednji c za veća područja, a da nutarnja tačnost ostane $\pm 0,2'$, ako se uređaj predorijentira na $10'$ tačno. Granica za upotrebu pribora leži na oko 75° geografske širine, jer je ondje djelovanje torzije i zemljine rotacije skoro jednako. Firma navodi da se ovim metodom može postići ista tačnost kao i metodom opažanja povratne tačke, tj. $\pm 30''$.



Slika 9



Slika 10

Do sada smo pretpostavljali da nema torzije kad se pokretna marka nalazi u sredini V-indeksa. Taj uvjet se može rektificirati. Ako preostane neka pogreška nule instrumenta, koju možemo konstatirati opažanjem titranja slobodno visećeg, nerotirajućeg zvrka, potrebo je korigirati ΔN za utjecaj te pogreške, za kut ϵ (sl. 10). Obično tu pogrešku neće biti potrebno uzeti u obzir, jer kod pažljivog rukovanja sa instrumentom varijacije nule su tako male, da leže unutar moguće tačnosti. Ova pogreška ima isto djelovanje kao neka konstanta instrumenta, uz uvjet da isti ne upotrebljavamo u preširokom širinskom pojasu i na visokim geografskim širinama.

Ako uporedimo metodu opažanja povratne tačke i metodu prolaza, za prvu možemo reći da praćenje marke za neko vrijeme postane naporno, a loše praćenje marke smeta ritmu titranja. Mikrovijak alhidate mora za tu metodu biti modificiran. Povoljno je da nije potrebna zaporna ura, a ako predorijentiranje izvršimo na $\pm 1^\circ$ tačno opservacija može odmah početi. Kod dobrog praćenja marke postiže se ista tačnost kao kod metode prolaza, uz napomenu da su mogućnosti pogrešnog čitanja timba na povratnim tačkama velike, jer opservator mora u isto vrijeme očitati limb i nastaviti praćenje marke. Kod metode prolaza obavezna je zaporna ura, no nije potrebna modifikacija mikrovijka. Predorijentacija treba biti na $10'$ tačna što se postiže brzom metodom za cca 7 min, ako početna amplituda nije veća od 10° . Mjerenja ne umaraju opservatora, jer on čita samo vrijeme prolaza i amplitude u razmaku od 3 do 5 min. Kako se instrument ne pokreće ne može se pokvariti ritam titranja.

PODRUČJA PRIMJENE. Žiroskop omogućuje orijentiranje pravaca, opserviranih teodolitom, prema pravom sjeveru. To je naročito pogodno za mjerenja za koja magnetska orijentacija nije dovoljno tačna ili je lokalne anomalije magnetskog polja zemlje uopće onemogućuju. Primjenjuje se i ondje, gdje astronomsko mjerenje azimuta traje predugo ili zbog oblačnosti, odnosno pomanjkanja vizure otpada. Orijetaciju pomoću žiroskopa izvodimo bez potrebe poznavanja tačnog vremena (kronometar), bez velikih računanja sa upotrebom efemerida. Žiroskopi su velika pomoć kod azimutalne kontrole dugačkih poligonih vlakova, koji su još uvijek najekonomičnija metoda za pokrivanje područja bez geodetskih podloga, kakve su danas na pr. zemlje u razvoju. Postignuta tačnost kod toga odgovara uobičajenim azimutima dobivenim opažanjem Sunca, uz prednost da se žiroskop može upotrijebiti uvijek i u svim vremenskim prilikama. Sa kolikim poteškoćama se katkad mora računati kod astronomske orijentacije, dobro pokazuje prikaz jednog australskog geodeta o radovima na Sjevernom Borneu. Da bi mogao izmjeriti jedan azimut on je sa 6 radnika krčio džunglu 2 dana da bi dobio pogled u nebo, a onda je morao još čekati na dan bez oblaka. Sa žiroskopom bi bio gotov sa orijentacijom za pola sata.

Žiroskop služi također i kod tehničkih mjerenja, na pr. za orijentaciju radio predajnika, antena, za baždarenje avionskih kompasu. Kod istraživanja rudnih ležišta mogu se pronaći magnetske anomalije brzo i tačno. U područjima sa jakim magnetskim anomalijama mogu se vući umjesto busolnih žiroskopski vlakovi. Moguća je upotreba i u vojsci, naročito u artiljeriji. Kada određujemo položaj tačaka samo lučnom presjekom ili trilateracijom, mjerenjem dužina elektro-optičkim ili elektro-magnetskim daljinomjerima žiroskopom jedino možemo orijentirati svoja mjerenja, bez trigonometrijskog priključka.

Klasični poligoni vlakovi s prelomnim kutevima mjerenim teodolitom imaju kako je poznato vrlo nepovoljan zakon gomilanja pogrešaka. Ako i pretpostavimo prisilno centriranje instrumenata i vizurnih značaka, ostaje još izvjesna kutna pogreška izazvana netačnošću viziranja i horizontiranja instrumenata, ali i radi pogrešaka izvedbe prisilnog centriranja. Djelovanje srednje pogreške u izmjeri kuteva m na transversalno odstupanje teodolitnog vlaka q možemo prikazati približnom formulom (7) gdje je c_T konstantna uglavnom ovisna o načinu izjednačenja vlaka, D ukupna dužina, a n broj poligonih strana. Vidi se da m_T naročito nepovoljno djeluje kod dugih vlakova, jer je kod njih i D i n velik. Za busolne vlakove taj je zakon, uz napomenu da je $m_T \neq m_B$, mnogo povoljniji, a dan je formulom (8). Za duge vlakove veći broj stranica djeluje bolje. I nivelacioni vlakovi uz

$$q_T = C_T \cdot m_T \cdot D \cdot \sqrt{n} \quad (7); \quad q_B = C_B \cdot m_B \cdot D \sqrt{\frac{1}{n}} \quad (8);$$

busolne imaju razmjerno povoljan zakon porasta pogrešaka. To bi mogli protumačiti time, što se kod potonjih vrsta mjerenja na svakom stajalištu, moglo bi se reći, nezavisno od ranijih stajališta, uspostavlja apsolutni smjer (horizontala, magnetski meridijan) i od njega ponovo mjeri.

Busolni vlakovi ne mogu dati neku veću tačnost, radi ograničene tačnosti busolnih azimuta, promjena deklinacije i raznih magnetskih anomalija. Principijelno bi bio velik napredak da se na svakom stajalištu poligonog vlaka može odrediti tačan smjer geografskog sjevera (smjernjak), jer bi tada zakon gomilanja pogrešaka bio sličan kao i za busolne vlakove. Moglo bi se reći da konstrukcije i istraživanja žiroskopskih geodetskih instrumenata o tome i vode računa. Vlakovi bi tada mogli biti dugački, stranice bi mjerili elektronski, a smjernjake žiroskopskim teodolitima.

U naše vrijeme elektronika i automacija doživljavaju revoluciju u upotrebi, pa tako i u geodeziji. Kombinacije upotrebe kode-teodolita, elektronskih daljinomjera, kompjutera, automatskih koordinatografa omogućuju dobivanje podataka i izradu planova gotovo potpuno automatizirano, kao na nekoj tekućoj vrpici u tvornici. Može se zamisliti uređaj, kombinacija žiro-teodolita i elektronskog daljinomjera, koji bi imao automatiziranu registraciju podataka u vidu pogodnom za daljnu obradu s elektronskim računskim strojevima.

Žiroskop možemo nazvati novom pomoći za geodetu, jer instrument ima najšire područje primjene: u vojsci, u geodetskim i inženjerskim radovima, osobito u područjima sa rijetkom ili nikakvom mrežom stalnih tačaka i gdje je vidljivost neba ograničena. Kod današnjeg stalnog tehničkog napretka možemo očekivati i daljnja poboljšanja u konstrukciji i upotrebi tih instrumenata. Sjetimo se samo da su im dimenzije u kratkom roku spale sa 150 na svega 26 kg.

LITERATURA

1. Strasser: Zwei neue geodätische Instrumente und ihr Einsatz, 1963.
2. Strasser and Schwendener: A North-Seeking Gyro Attachment for the Theodolite, as a New Aid to the Surveyor, 1964.
3. Cimerman: Atlas geodetskih instrumenata, Zagreb 1960.
4. Prospekt firme Wild za GAK 1
5. Tehnička enciklopedija, 2. svezak/Brod, Instrumenti i specijalni uređaji/Zagreb 1966.
6. Andrejev: Mehanika, III dio Dinamika, skripta, Zagreb 1953.
7. Timošenko i Joung: Viša dinamika, Beograd 1962.
8. Neidhardt: Osnovi geodezije III, Zagreb 1950.
9. Zvickert: Code-theodolit FLT 3 und Theodolitkreisel TK, Geodesia No5/1966., Nizozemska