

5. MERENJE UGLOVA

5.1. Instrumenti za merenje uglova

Teodolit je optičko-mehanički uređaj koji prvenstveno služi za merenje horizontalnih pravaca i vertikalnih uglova (zenitnih odstojanja). Glavni delovi teodolita su:

- postolje sa tri položajna zavrtnja
- gornji pokretni deo instrumenta – alhidada
- libele
- durbin
- horizontalni i vertikalni limb (uglomeri)
- sprave za očitavanje podele horizontalnog i vertikalnog limba



Slika 5.1 : *Teodolit*

Postolje sa tri položajna zavrtnja postavlja se na glavu stativa i za nju pričvršćuje centralnim zavrtnjem. Položajni zavrtnji služe za dovođenje instrumenta u željeni položaj (horizontiranje instrumenta).

Alhidada je gornji pokretni deo instrumenta na kome se nalaze svi ostali delovi, osim horizontalnog limba.

Libele se nalaze na alhidadi i služe za horizontiranje. Centrična libela služi za grubo, a cevasta za fino horizontiranje instrumenta.

Durbin je optička sprava namenjena za uveličavanje lika udaljenih predmeta, koji se posmatraju ili viziraju. Zajedno sa vertikalnim limbom, čvrsto je vezan za obrtnu osovinu durbina, koja se na krajevima oslanja na nosače durbina.

Horizontalni limb je uglomer sa fino izvedenom podelom, namenjen za precizno merenje horizontalnih uglova.

Vertikalni limb je uglomer sa fino izvedenom podelom, namenjen za precizno merenje vertikalnih uglova.

Sprave za očitavanje podele horizontalnog i vertikalnog limba nalaze se na alhidadi i služe za čitanje manjih od najmanjih podeoka na limbu.

5.2. Postavljanje teodolita u pložaj za merenje

Za merenje uglova teodolit se postavlja na stativ iznad geodetske tačke. U nekim slučajevima teodolit se direktno postavlja na geodetsku tačku, ako se ista nalazi na stabilizovanoj (fiksnoj) podlozi kao što je betonski stub.

Stativ se sastoji od tri noge i glave stativa. Noge stativa izrađuju se od drveta ili aluminijuma, a završavaju sa metalnim šiljcima, koji se zabadaju u podlogu (zemlju ili drugo). Noge stativa su u većini slučajeva promenjive dužine, a mogu biti i stalne dužine. Noge se spajaju sa ravnom pločom glave stativa, koja u sredini ima otvor prečnika 30 – 50 mm, a kroz čiju sredinu prolazi centralni zavrtnj za pritezanje teodolita na glavu stativa.

5.2.1. Horizontiranje teodolita

Horizontirati teodolit, znači da alhidadinu osu treba dovesti u smer vertikale (smer sile teže). Horizontiranje je važna operacija, jer svako odstupanje alhidadine ose od ispravnog položaja utiče na ispravno merenje uglova.

Postupak horizontiranja se izvodi na sledeći način: na približno horizontalno postavljenu glavu stativa stavimo teodolit koji lagano pritegnemo centralnim zavrtnjem.

Okrećemo alhidadu i libelu na alhidadi dovedemo u pravac dva položajna zavrtnja. Okretanjem položajnih zavrtnja u suprotnom smeru dovedemo libelu da vrhuni. Zatim okretanjem alhidade, dovodimo libelu u pravac trećeg položajnog zavrtnja i dovedemo je tim zavrtnjem da vrhuni. Postupak se ponavlja dok libela ne vrhuni u bilo kom pravcu.

Pre postupka horizontiranja teodolita, treba proveriti ispravnost libele tj., uslov da je osa cevaste libele na alhidadi upravna na alhidadinu osu. Postupak ispitivanja i rektifikacija navedenog uslova naziva se rektifikacija libele na alhidadi.

5.2.2. Centrisanje teodolita

Centrisanjem teodolita treba alhidadinu osu u prostoru postaviti tako da prolazi kroz centar tačke stanice instrumenta. Horizontiranje i centrisanje teodolita su radnje koje su međusobno povezane. Centrisanje se izvodi uz korišćenje viska, koji može biti: običan, kruti ili optički. Običan visak je metalni teg, često u obliku kupe, na kanapu, i okači se o kukicu centralnog zavrtnja na glavi stativa. Pomeranjem teodolita po glavi stativa dovodi se vrh viska iznad željenene tačke. Ovakav način centrisanja otežan je za vreme vetrovitog vremena. Kruti visak se sastoji od dveju metalnih cevi, od kojih se gornja može izvlačiti i pričvršćena je za centralni zavrtnj. Na donjoj cevi nalazi se centrična libela, koja se dovodi da vrhuni produžavanjem ili skraćivanjem nogu stativa. Kruti visak potrebno je ispitati, tj. osa centrične libele mora biti paralelna sa geometrijskom osom cevi viska. Ispitivanje se radi u dva položaja libele, a odstupanje se ispravlja tako da se pola odstupanja popravi sa korekcionim zavrtnjima libele, a pola pomeranjem teodolita po glavi stativa.

Najčešće se centrisanje izvodi pomoću optičkog viska. On se sastoji od objektiva, končanice (često u obliku kružića), prizme za prelamanje zraka (vizure) za 90° i okulara. Optički visak mora zadovoljiti uslov da deo vizurne ose viska bude identična sa alhidadinom osom. Ispitivanje se vrši u dva položaja alhidade. Projekcija končanice optičkog viska mora pogađati istu tačku. Ako se pojavi odstupanje, na sredinu linije dveju projekcija končanice (kružića), treba sa korekcionim zavrtnjima končanice dovesti presek niti končanice.

U praksi se postupak horizontiranja i centrisanja izvodi brzo na sledeći način: glava stativa se postavi približno horizontalno u prostoru i iznad željenene tačke. Teodolit se centralnim zavrtnjem pričvrsti za glavu stativa. Posmatramo kroz okular optičkog viska i delovanjem na položajne zavrtnje teodolita dovedemo da presek konaca končanice optičkog viska pogodi željenu tačku. Odstupanje centrične libele popravimo dizanjem ili

spuštanjem nogara stativa. Slika tačke iznad koje vršimo centrisanje će se pritom verovatno malo pomaknuti. Sada je potrebno izvršiti horizontiranje teodolita (glava 5.2.1) i precizno centrisati pomeranjem teodolita po glavi stativa. Ako je potrebno, horizontiranje se ponavlja. Umesto optičkog viska u novije vreme se koristi laserski visak kod koga je vizura materijalizovana sa laserskim snopom svetlosti. Postupak centrisanja i horizontiranja je isti kao sa optičkim viskom.

Kod merenja najviših tačnosti potrebno je izvesti precizno centrisanje. Teodolit se postavlja na betonski stub u kojem se nalazi fiksno postavljen centralni zavrtnj, ili se koristi specijalni uređaj za centrisanje.

Kako bi se izbegla greška centrisanja, koja utiče na merenja, upotrebljava se prisilno centrisanje. Postolje instrumenta (drajfus) koje je prethodno postavljeno horizontalno i centrisano na željenu tačku (uz korišćenje optičkog viska), ostaje na glavi stativa. Umesto teodolita, na drajfus se postavlja značka, prizma ili drugi instrument i njihove vertikalne ose zauzimaju isti položaj u dozvoljenim granicama odstupanja.

5.3. Ispitivanje i rektifikacija instrumenata za merenje horizontalnih uglova

Svi geodetski instrumenti koji se koriste za određena merenja moraju pre same terenske upotrebe proći detaljnu kontrolu kvaliteta i ispravnosti. Sve je to veoma važno uraditi, jer mora postojati određena sigurnost u kvalitet dobijenih podataka. Stoga geodetski pribor mora biti pregledan i ispitan tako da zadovoljava deklarisanu tačnost kao i da ispunjava definisane uslove.

Pri merenju horizontalnih uglova, kod teodolita, totalnih stanica i drugih mernih instrumenata, određeni delovi moraju biti u propisanim odnosima.

Rektifikacija, odnosno provera samog merila predstavlja postupak dovođenja istog u stanje funkcionisanja pogodnog za njegovu upotrebu. Pregled geodetskih instrumenata vrši se u ovlašćenim metrološkim laboratorijama, dok ispitivanje i rektifikaciju sprovodi sam korisnik [7].

Najpre treba pomenuti glavne ose kod instrumenta za merenje horizontalnih uglova:

- alhidadina osa,
- osa cevaste libele na alhidadi,
- vizura,

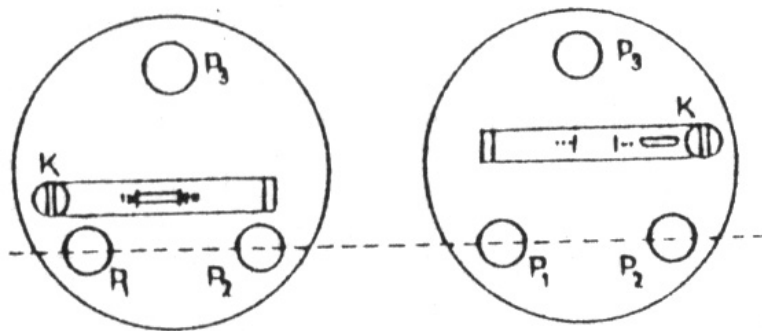
- obrtna osa durbina.

Teodolit je optičko-mehanički uređaj koji prvenstveno služi za merenje horizontalnih pravaca i vertikalnih uglova (zenitnih odstojanja). Totalna stanica je elektronski teodolit sa ugrađenim elektro-optičkim daljinomerom i uređajima za prikaz i skladištenje merenih podataka. Kako teodolit, tako i totalna stanica treba da ispunjava sledeće uslove:

I uslov:

Osa libele na alhidadi mora biti upravna na alhidadinu osu.

Pošto se postavi teodolit i fiksira za stativ, delujući na položajne zavrtnje približno se horizontira instrument, tj. centrična libela dovede da vrhuni. Posle toga se prelazi na ispitivanje prvog uslova.



Slika 5.2 : *Pravac ose cevaste libele*

Cevasta libela na alhidadi dovede se približno paralelno zamišljenom pravcu između dva položajna zavrtnja, a zatim se pomoću ista dva položajna zavrtnja mehur libele dovede da vrhuni. (slika 5.2). Zatim se alhidada okrene za oko 180° tako da libela zauzima približno paralelan položaj prethodnom položaju. Ako mehur libele i u tom položaju vrhuni uslov je zadovoljen. Ukoliko mehur libele odstupa, onda je to dvostruko odstupanje. Jedna polovina odstupanja nastaje zato što alhidadina osa nije vertikalna, a druga polovina zbog neupravnosti ose libele na alhidadinu osu. Polovina odstupanja se poništava pomoću korekcionog zavrtnja na libeli, a druga polovina pomoću položajnog zavrtnja.

Opisani postupak treba ponoviti više puta, sve dok odstupanje mehura libele iz dva položaja ne bude manje od polovine jednog parsu. Da bi se alhidadina osa dovela u vertikalni položaj, treba alhidadu okrenuti za 90° tj. u pravac trećeg položajnog zavrtnja i pomoću njega mehur libele dovesti da vrhuni.

Posle toga u svim položajima mehur cevaste libele na alhidadi treba da vrhuni. Ako to nije slučaj treba pažljivo ponoviti ceo postupak rektifikacije, kao da prvi uslov nije zadovoljen.

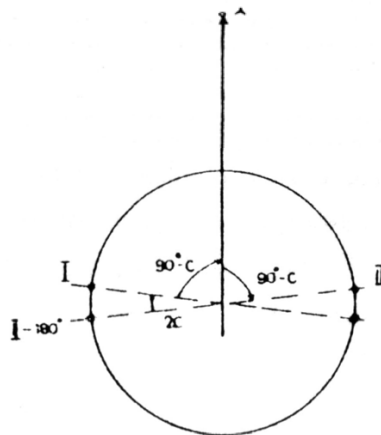
Napomena:

Prilikom merenja horizontalnih uglova izuzetno je važno da limb bude horizontalan, odnosno alhidadina osa vertikalna. Ukoliko alhidadina osa sa vertikalom zaklapa neki ugao δ , tada će vrednosti merenih uglova biti opterećene greškama koje zavise od ugla δ . Ova greška se ne može otkloniti metodom rada.

II uslov:

Vizura mora biti upravna na obrtnu osu durbina.

Ispitivanje upravnosti vizure i obrtne ose durbina se može izvršiti pomoću dvostruke kolimacione greške. U prvom položaju durbina navizira se jedna tačka, koja je na približno istoj visini sa instrumentom na odstojanju od 200 i više metara i izvrši čitanje podele na horizontalnom limbu. Zatim istu tačku treba navizirati u drugom položaju durbina i ponovo izvršiti čitanje na horizontalnom limbu (slika 5.3). Uslov je zadovoljen ako se čitanje u prvom i drugom položaju razlikuje za 180° . Ako je razlika čitanja veća ili manja od 180° , postoji kolimaciona greška C.



Slika 5.3 : Upravnost vizure i obrtne ose durbina

Dvostruka kolimaciona greška se određuje po formuli:

$$2C = (II - 180^{\circ}) - I$$

gde su:

- 2C – dvostruka kolimaciona greška
- I – čitanje na limbu u prvom položaju durbina
- II – čitanje na limbu u drugom položaju durbina

Čitanja oslobođena uticaja kolimacione greške dobiće se ako se vrednost kolimacione greške algebarski sabere sa čitanjem podele limba iz prvog položaja durbina ili oduzme od vrednosti čitanja podele limba iz drugog položaja durbina, promenjenog za 180° .

Rektifikacija ovog uslova vrši se na sledeći način:

- Izračuna se vrednost čitanja popravljena za uticaj kolimacione greške.
- Delujući mikrometarskim zavrtnjem alhidade namesti se čitanje popravljeno za uticaj kolimacione greške zbog čega će vizura skrenuti sa prethodno navizirane tačke.
- Pomerajući končanični prsten pomoću korekcionih zavrtnjeva dovede se vizura da ponovo pogađa naviziranu tačku, čime je izvršena rektifikacija.

Napomena:

Kada se viziranje tačaka i čitanje podele limba vrši u dva položaja durbina, pa se kao konačna vrednost minuta i sekundi, usvoji srednja vrednost čitanja podele limba iz oba položaja durbina, dobiće se vrednost oslobođena uticaja kolimacione greške.

III uslov:

Vertikalna crta končanice treba da je zaista vertikalna.

Vertikalnom crtom končanice navizira se neka tačka pa se durbin okreće oko obrtne ose i prati da li vertikalna crta stalno prolazi kroz naviziranu tačku. Ako ne prolazi potrebno je rotirati končanični prsten. Končanični prsten se rotira sve dok se ne postigne da vertikalna crta končanice stalno prolazi kroz naviziranu tačku.

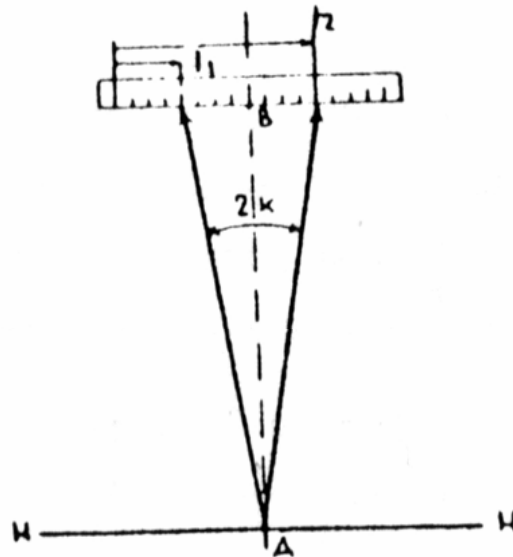
IV uslov:

Obrtna osa durbina mora biti upravna na alhidadnu osu.

Na nekom visokom objektu navizirati tačku tako da vizura bude što strmija, a zatim ne dirajući alhidadu, spustiti durbin i očitati podelu na letvi, koja je prethodno postavljena horizontalno i upravno na vizuru, koja je ispod tačke koja je navizirana (slika 5.4). Pod

pretpostavkom da navedeni uslov nije ispunjen, vizurna ravan neće biti vertikalna, pa čitanje l_1 neće biti u vertikalnoj ravni.

Zatim se u drugom položaju durbina navizira ista tačka, rotira durbin i pročita vrednost na letvi l_2 . Čitanje l_2 , ako uslov nije ispunjen, biće simetrično sa l_1 u odnosu na vertikalnu ravan. Razlika čitanja $l_2 - l_1$ ukazuje da obrtna osa durbina nije upravna na alhidadnu osu. Ako bi uslov bio ispunjen, u oba položaja durbina dobilo bi se isto čitanje.



Slika 5.4 : Upravnost obrtne ose durbina i alhidadine ose

Rektifikacija se izvodi sledećim redosledom:

- Izračuna se sredina iz čitanja l_1 i l_2 ; $l = \frac{(l_1 + l_2)}{2}$
- Navede se vizura na sračunato srednje čitanje pomerajući alhidadu mikrometarskim zavrtnjem.
- Okrene se durbin oko obrtne ose ka vizurnoj tački, pri čemu će se zapaziti da vizura sada ne pogađa vizurnu tačku.
- Menjajući visinu jednog kraja obrtne ose, pomoću odgovarajućih korekcionih zavrtnjeva, dovede se da vizura pogađa vizurnu tačku, čime je rektifikacija završena.

Napomena:

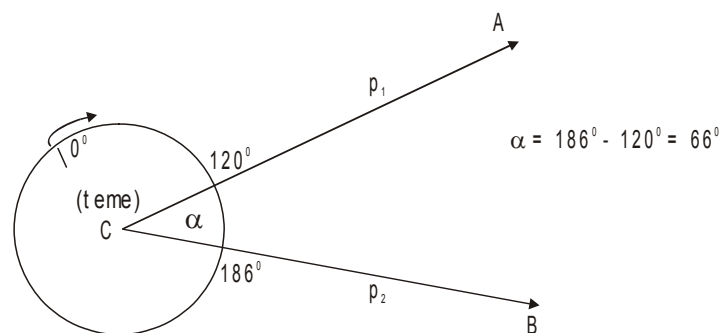
Ako se uglovi mere u dva položaja durbina, ova neupravnost se neće odraziti na tačnost konačnih rezultata merenih uglova [7].

5.4. Horizontalni uglovi

Masovni deo geodetskih radova ima za zadatak predstavljanje delova terena na nekoj horizontalnoj ravni, odnosno planu ili karti. Da bi se ovo ostvarilo neophodno je, na terenu, izmeriti dužine i uglove između karakterističnih tačaka i naći njihove projekcije na horizontalnu ravan. Zato je u geodeziji neophodno imati horizontalne dužine i horizontalne uglove.

Postoji više definicija uglova.

- Ugao je deo ravni ograničen dvema polupravama koje se seku u jednoj tački.
- Ugao je nagib dva zraka koji se seku u jednoj tački.
- U mehanici se ugao odnosi na obrtanje zraka oko jedne tačke.
- U geodeziji se ugao dobija kao razlika pravaca.



Slika 5.5a : Horizontalni ugao

Deo ravni između polupravih se zove oblast ugla, poluprave su kraci, a presečna tačka je teme ugla.

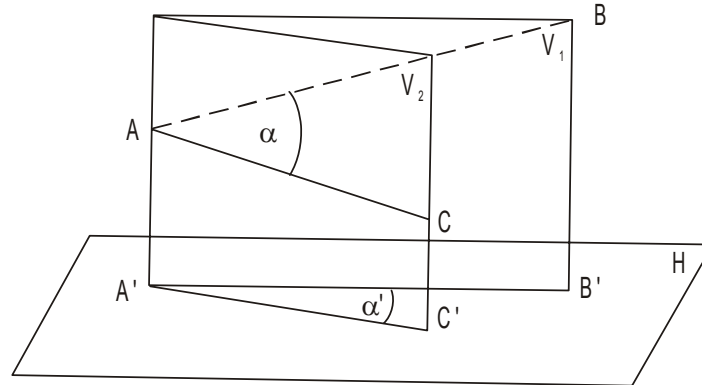
Kao što je merenje skup postupaka kojima je za cilj određivanje vrednosti neke veličine, tako je i merenje uglova skup aktivnosti koje imaju za cilj određivanje vrednosti ugla. Merna jedinica (u praksi najčešće stepen, i njegovi delovi minuta i sekundi) se upoređuje sa veličinom ugla koji se meri i dobija se kvantitativni odnos - merni broj.

U geodeziji je značajna veličina ugla, njegova vrednost, a to je mera obrtanja - za koliko treba rotirati levi kraj ugla u smeru kretanja kazaljke na časovniku da poklopi desni krak ugla. Vrednost ugla se dobija kada se od čitanja na desnom kraku oduzme čitanje na levom kraku ugla.

U slučaju da se nula uglomera nalazi u oblasti ugla čitanje na desnom kraku će biti manje nego na levom. U tom slučaju čitanje desnog kraka treba uvećati za vrednost

punog kruga (360°), pa tek onda izvršiti oduzimanje. Potpuno isti princip važi i za uglove merene na terenu.

Na terenu je ugao definisan sa tri geodetske tačke A, B i C koje su stabilizovane trajnim ili privremenim belegama sa označenim centrima (slika 5.5b).



Slika 5.5b : *Horizontalni ugao*

U geodeziji nije bitan ugao α u kosoj ravni ABC, već njegove projekcije na horizontalnu i vertikalne ravni. Kroz tačke B i C su postavljene vertikalne ravni V_1 i V_2 , a kroz tačku A horizontalna ravan N koja je, zbog preglednosti, izmeštena do projekcije A' . Horizontalni ugao α' predstavlja presek vertikalnih ravni V_1 i V_2 sa horizontalnom ravni.

U skladu sa slikom 5.5b konstruisan je instrument za merenje horizontalnih uglova - TEODOLIT.

Unutar teodolita se nalazi prsten sa uglovnom podelom koji se naziva HORIZONTALNI LIMB. Teodolit takođe mora imati DURBIN koji će se oko obrtne osovine kretati gore-dole i time formirati vizurnu (kolimacionu) ravan.

Presečna linija vertikalnih vizurnih ravni V_1 i V_2 se naziva ALHIDADNA OSA instrumenta i ona mora prolaziti kroz centar limba.

Poseban problem čine vertikalni uglovi (zenitna odstojanja) koji predstavljaju projekcije ugla α na vertikalne ravni. Njihovim određivanjem (kao i merenjem odgovarajućih dužina) se mogu dobiti visinske razlike između tačaka (trigonometrijski nivelman).

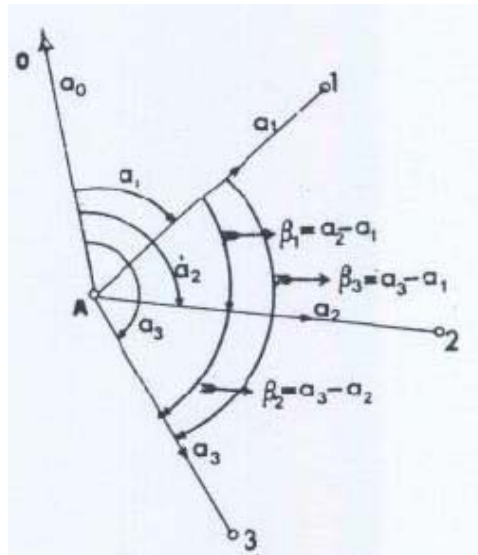
5.4.1. Merenje horizontalnih uglova

Merenje horizontalnih uglova može se izvršiti prostom i girusnom metodom.

5.4.1.1. Prosta metoda

Podrazumeva merenje horizontalnih pravaca samo u prvom ili drugom položaju durbina.

Vrednosti horizontalnih pravaca (slika 5.6) prema tačkama 1, 2 i 3, su označene sa a_1 , a_2 i a_3 , dok je a_0 pravac koji odgovara nuli limba. Vrednosti horizontalnih uglova su označene sa β_1 , β_2 i β_3 .



Slika 5.6 : Merenje uglova – osnovne oznake

POSTUPAK MERENJA:

- Centriše se teodolit iznad stanice.
- Pre početka merenja, u Trigonometrijski obrazac broj 1 (T.O. 1.) treba upisati brojeve i oznake tačaka (stanice i vizurnih tačaka), kao i ostale podatke (datum i vreme merenja, tip i broj instrumenta, ime operatora, ime zapisničara...).
- Vizira se signal na tački koja je izabrana za početnu tačku (početna vizura) i očitana vrednost podele horizontalnog limba upiše u odgovarajuću rubriku zapisnika T.O.1.
- Potom se viziraju ostale tačke idući u smeru kretanja kazaljke na časovniku i rezultati čitanja podele horizontalnog limba se unose u odgovarajuću rubriku zapisnika T.O.1.
- Na kraju se ponovo vizira početna tačka - tzv. završna vizura i njena vrednost treba da bude bliska početnoj. Završna vizura, čija se vrednost upisuje u

zagradi, je pokazatelj da li je limb za vreme merenja bio nepomičan, odnosno da li je instrument bio stabilan.

Najšira primena proste metode merenja uglova je kod snimanja detalja polarnom metodom.

5.4.1.2. Girusna metoda

Podrazumeva merenje horizontalnih pravaca u oba položaja durbina (prvom i drugom).

POSTUPAK MERENJA U JEDNOM GIRUSU:

- Centriše se teodolit iznad stanice.
- Pre početka merenja, u Trigonometrijski obrazac broj 1 (T.O. 1.) treba upisati brojeve i oznake tačaka (stanice i vizurnih tačaka), kao i ostale podatke (datum i vreme merenja, broj girusa, tip i broj instrumenta, ime operatora, ime zapisničara...).
- Najpre se vizira početna vizura u prvom položaju durbina i vrši čitanje podele horizontalnog limba i upisivanje u zapisnik T.O.1 (kolona broj 3 zapisnika).
- Potom se viziraju ostale tačke idući u smeru kretanja kazaljke na časovniku i rezultati čitanja se unose u odgovarajuću rubriku zapisnika T.O.1. (kolona broj 3 zapisnika).
- Ako je potrebno uzima se i završna vizura i upisuje čitanje u odgovarajući red u zagradi (kao kontrola nepomičnosti limba i stabilnosti instrumenta).
- Durbin se okrene u drugi položaj i počinje merenje pravaca, počev od poslednjeg pravca merenog u prvom položaju durbina ka početnom pravcu, u smeru suprotnom kretanju kazaljke na časovniku (kolona broj 4 zapisnika).
- Za svaki mereni pravac u prvom (I) i drugom (II) položaju durbina, sračuna se kolimacija:
 $2C = (II \pm 180^\circ) - I$ (kolona broj 7 zapisnika)
- UKOLIKO 2C PRELAZI DOZVOLJENO ODSTUPANJE MERENJA SE TREBAJU PONOVI.
- Ukoliko je 2C u dozvoljenim granicama računa se srednja vrednost opažanog pravca (oslobođena uticaja kolimacione greške):
 - na vrednost čitanja podele limba u prvom položaju durbina algebarski se doda vrednost kolimacione greške C.

Pri računanju srednje vrednosti opažanog pravca, za definitivnu vrednost čitanja podele horizontalnog limba zadržavaju se stepeni očitani u prvom položaju durbina, a sredina se određuje samo za minute i sekunde opažane u I i II položaju durbina (kolona broj 5 zapisnika).

- Kontrola računanja srednjih vrednosti opažanih pravaca

Prva kontrola računanja:

suma kolone I položaja durbina (kolona br. 3 zapisnika)

+

suma kolone II položaja durbina (kolona br. 4 zapisnika)

(suma I + suma II) / 2 = suma sredina (kolona br. 5 zapisnika)

- Računanje vrednosti redukovanih pravaca (a_i)

$$(a_{0R}) = a_0 - a_0$$

$$(a_{1R}) = a_1 - a_0$$

$$(a_{2R}) = a_2 - a_0$$

$$(a_{nR}) = a_n - a_0 \text{ te sumirajući dobijamo:}$$

.....

$$[(a_R)] = [a] - n \cdot a_0$$

- Kontrola računanja redukovanih sredina

Druga kontrola računanja

$$[a] = [(a_R)] + n \cdot a_0$$

Ukoliko se merenje vrši u više girusa, između pojedinih girusa limb se pomera za vrednost $180^\circ/n$, gde je n - broj girusa, a zatim postupak ponavlja.

Međusobna razlika između redukovanih pravaca u pojedinim girusima ne sme preći dozvoljenu granicu propisanu projektom.

Granice dozvoljenih odstupanja određene su u zavisnosti od vrste radova, tačnosti čitanja podele limba i vrste signala koji su korišćeni pri merenju uglova

5.5. Vertikalni uglovi

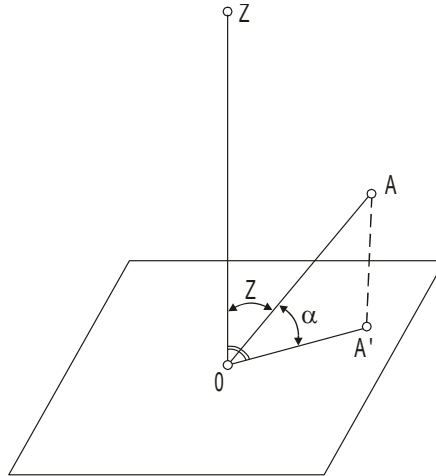
5.5.1. Vertikalni ugao - zenitno odstojanje (opšti pojmovi)

Vertikala, koja je upravna na geoid, prodire nebesku sferu iznad horizonta u tački koja se zove zenit, a ispod horizonta u tački koji se zove nadir.

Sve ravni koje sadrže vertikalnu nazivaju se vertikalne ravni, a ravan upravna na pravac vertikale se naziva horizontalna ravan.

Vertikalni ugao je ugao koji pravac vizure zaklapa sa horizontalnom ravni, i meri se u vertikalnoj ravni koja sadrži vizuru (slika 5.7).

Ukoliko je vizurna tačka iznad horizonta, vertikalni ugao je pozitivan, naziva se elevacioni ugao i može imati vrednosti od 0° do 90° . Ako je vizurna tačka ispod horizonta vrednost ugla se kreće od 0° do -90° i takav ugao se naziva depresioni.



Slika 5.7 : Vertikalni ugao i zenitno odstojanje

Umesto vertikalnih uglova, više se koristi vrednost zenitnih odstojanja Z (zenitnih daljina).

Zenitno odstojanje je vrednost ugla koja se dobija rotacijom pravca vertikale od pravca zenita do pravca određene vizurne tačke u smeru kretanja kazaljke na časovniku. Zenitno odstojanje može imati vrednosti od 0° do 180° .

5.5.2. Instrumenti za merenje vertikalnih uglova. Vrste limbova

Teodoliti koji su namenjeni za merenje vertikalnih uglova, odnosno zenitnih odstojanja, moraju da imaju vertikalni limb. Vertikalni limb (vertikalni krug) je povezan sa obrtnom osovinom durbina, i sa njom zajedno rotira oko obrtne ose durbina.

Centar podele vertikalnog limba se mora poklapati sa obrtnom osom durbina, a ukoliko to nije slučaj, tada postoji ekscentričnost vertikalnog limba. Otklanjanje uticaja ekscentričnosti vertikalnog limba na rezultate merenja se postiže čitanjem podele na dva dijametralno suprotna mesta, tj. uzimanjem srednje vrednosti.

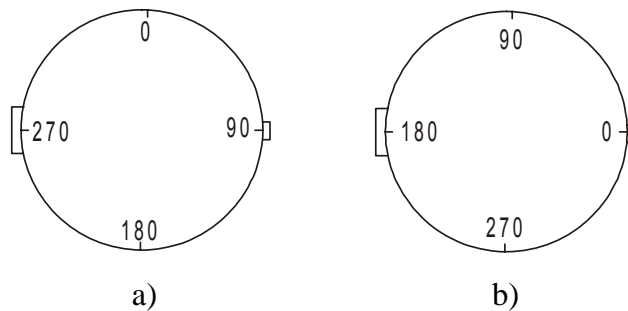
Vertikalni limb se kreće, pa indeksi za čitanje podele moraju stajati nepomično.

Nepomičnost indeksa za čitanje podele vertikalnog limba, odnosno održavanje indeksa za čitanje podele uvek na istom mestu se može postići:

- pomoću cevaste libele koja je postavljena na nosaču indeksa (starije konstrukcije);
- pomoću kompenzacionog uređaja - kompenzatora, koji automatski održava indekse u istom položaju, ukoliko je alhidadina osovina dovedena u približno vertikalni položaj (ako je u području kompenzacije od 3'-5').

Vrste vertikalnih limbova

Podela vertikalnog limba može biti izvedena u smeru kretanja kazaljke na satu, kada se pomoću njega mere zenitna odstojanja (slika 5.8), ili u suprotnom smeru od smera kretanja kazaljke na satu, ukoliko se pomoću njega mere vertikalni uglovi (slika 5.8).



Slika 5.8 : Vrste vertikalnih limbova

U prvom položaju durbina vertikalni limb se nalazi sa leve strane durbina, pa se takva čitanja nazivaju “čitanja pri krugu levo” i obeležavaju sa KL, a “čitanja pri krugu desno”, kada se vertikalni limb nalazi sa desne strane durbina, obeležavaju sa KD.

5.5.3. Metode merenja verikalnih uglova (zenitnih odstojanja)

5.5.3.1. Prosta metoda

Zenitna odstojanja (vertikalni uglovi) se mere u cilju određivanja visinskih razlika za različite potrebe, utvrđivanja apsolutnih visina tačaka, kao i promena koje se odnose na visine.

Na primer:

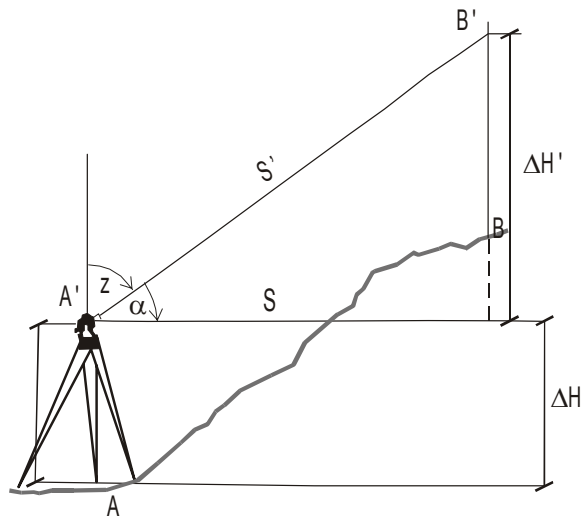
- određivanje visina (kota) detaljnih tačaka pri polarnom (tahimetrijskom) snimanju detalja;
- određivanje nadmorskih visina poligonskih tačaka;
- određivanje nadmorskih visina trigonometrijskih tačaka (trigonometrijski nivelman);
- praćenje sleganja objekata (oskultacije);
- određivanje visine objekata, itd.

Visinske razlike računaju se po sledećim obrascima

$$\Delta H = \Delta H' + i - l = S \cos z + i - l$$

ili

$$\Delta H = \Delta H' + i - l = S \sin \alpha + i - l$$



Slika 5.9 : Određivanje visinskih razlika i horizontalnih dužina

$$\Delta H' = S' \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta H' = S' \cdot \cos z$$

$$\Delta H' = S \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

$$\Delta H' = S \cdot \operatorname{ctg} \alpha$$

gde je:

$\Delta H'$ - visinska razlika od prekreta durbina (obrtne ose) do tačke koja je pri merenju vertikalnog ugla vizirana

S' - kosa dužina (od prekreta durbina do tačke koja je vizirana)

S - horizontalna dužina

Z - zenitno odstojanje

Da bi se dobila visinska razlika potrebno je da se pored veličine z ili α izmere i:

S - koso merena dužina (ukoliko raspolažemo sa horizontalnom dužinom uzima se druga trigonometrijska funkcija tg ili ctg),

i - visina instrumenta i

l - visina signala.

Tačnost određivanja visinskih razlika, zavisi od:

- tačnosti merenja zenitnih odstojanja (vertikalnih uglova);
- tačnosti merene dužine;
- tačnosti određivanja visine instrumenta i signala;
- tačnosti određivanja popravaka za refrakciju, zakrivljenost Zemlje, itd. (kod dužih vizura).

Prosta metoda merenja zenitnih odstojanja (vertikalnih uglova) podrazumeva merenje u jednom položaju durbina.

Ova metoda nalazi primenu pri polarnom (tahimetrijskom) snimanju detalja gde zadovoljava zahteve tačnosti.

Pre izvršenja radova, potrebno je utvrditi vrednost $KL+KD$, jer neispunjenje uslova da je čitanje pri horizontalnoj vizuri 0° ili 90° direktno utiče na tačnost merenja zenitnih odstojanja i određivanja visinskih razlika.

U slučaju da je ova vrednost različita od 360° ili 180° (više od dozvoljene vrednosti koja zavisi od tačnosti konkretne vrste merenja), potrebno je:

- izvršiti rektifikaciju (kod instrumenata sa libelom - podešavanje vrši operator, a kod instrumenata sa automatskim dovođenjem indeksa za čitanje podele - podešavanje se vrši u laboratoriji);
- sračuna se vrednost VV ili HV , i njom iskoriguju sva merena zenitna odstojanja (vertikalni uglovi).

5.5.3.2. Girusna metoda

Girusna metoda merenja vertikalnih uglova je merenje uglova u oba položaja durbina. Kontrola merenja se vrši preko vrednosti vertikalne kolimacije

$$2HV=KL+KD \quad (2VV=KL+KD)$$

Ove vrednosti moraju da budu iste za niz opažanja i ne smeju da pređu određenu granicu propisanu pravilnikom.

Merenje u tri girusa se vrši čitanjem vertikalnog limba, pri viziranju signala sa sve tri crte končanice ili, ako ih instrument nema, sa menjanjem visine instrumenta ili čitanjem na različitim visinama signala. Čitanja se upisuju u T.O.1V.

Postupak merenja u jednom girusu se sastoji u sledećem:

- kada se instrument centriše, izmeri se visina instrumenta (i), kao i visina signala (čitanja na letvi)
- navizira se signal pomoću srednje crte končanice u prvom položaju durbina
- dovede se mehur visinske libele da vrhuni i pročita KL (krug levo) ili, ako postoje dva mikroskopa, prvo se očita onaj bliže okularu, pa onaj bliže objektivu, i oba se upišu
- prevede se durbin u drugi položaj i navizira se pomoću srednje crte končanice ista tačka
- čitanje se vrši kao i u prvom položaju durbina, s tim da je ovo čitanje KD (krug desno)

Kod merenja visinskih uglova girusnom metodom meri se tačka po tačka, u oba položaja durbina, po slobodno izabranom redosledu.