

UDK 528.5:65.011.56  
Pregledni rad

## AUTOMATIZACIJA GEODETSKIH MJERENJA (RAZVOJ I DOSTIGNUĆA)

Dušan BENCIC, Zlatko LASIC — Zagreb\*

Znanstvenotehnoška revolucija ovog stoljeća uzrokovala je značajne promjene u razvoju i djelatnosti čovjeka i društva. Međutim, svaki razvoj zahtijeva ne samo adekvatne promjene, već i brzu adaptaciju, ali i studiozan pristup u primjeni novog. Ovladavanje suvremenom tehnologijom i nije tako jednostavno kao što se to na prvi pogled čini. Novo postepeno urasta u staro i na tom ugrađivanju temelji se istinski razvitak.

Ovih nekoliko uvodnih misli neka budu ona nit koja neka nas vodi u razmatranjima u ovom kratkom prikazu suvremenog razvoja i dostignuća automatizacije geodetskih mjerenja. Često, poneseni informacijama o novim tehnologijama dolazimo do uvjerenja, kako su klasični mjerni instrumenti već prošlost, a ne zamjenjujemo ih novim uglavnom zbog pomanjkanja sredstava za investicije, te je već sasvim blizu čas kada će mjerenja obavljati »inteligentni« automatizirani mjerni sistemi, a uloga čovjeka će se uglavnom svesti na pritisak o dugme.

Čovječanstvo ulazi doduše u tzv. postindustrijsku informatičku eru u kojoj čovjek nije neposredno u samom procesu proizvodnog rada, već izvan njega kao organizator, kreator i kontrolor, a sam je proizvodni proces automatiziran i do svog najsavršenijeg oblika, kada samousklađivi automati mogu zapamtiti i ispitati posljedice svog djelovanja i u promjenljivim uvjetima rada, te prilagoditi svoje djelovanje putem povratnih veza. No procesi koje se želi automatizirati mogu biti jednostavni i vrlo složeni s velikim brojem potrebnih informacija s nužnošću njihove analize i brze odluke o daljnjoj akciji. U takove složene procese svakako spadaju i mjerni procesi u geodeziji.

*Automatizacija* općenito zamjenjuje čovjeka, njegov ručni i umni rad, zamjenjuje njegove funkcije opažanja, pamćenja i odlučivanja. U koliko mjeri i u kojim funkcijama, to ovisi o stupnju automatizacije, te govorimo o djelomičnoj, odnosno potpunoj automatizaciji.

U anglosaksonskim zemljama upotrebljava se izraz *automacija* koji obuhvaća sve mjere i procese kojima se smanjuje udio čovjeka u proizvodnji.

\* Adresa autora: prof. dr Dušan Benčić i mr. Zlatko Lasić, Geodetski fakultet Zagreb, Kačićeva 26.

U zapadnoj Evropi, a i u nas tendencija je, da se izraz »automatizacija« zadržati u užem doslovnom smislu, a riječi automacija u širem značenju.

U proizvodnim procesima razlikuje se automatsko upravljanje od automatske regulacije. Pod *automatskim upravljanjem* podrazumijeva se vođenje procesa prema kojem uređaj za vođenje na osnovi programa automatski usmjeruje djelovanje procesa, a da pri tom ne dobiva informacije o posljedici svog djelovanja. Ako se u procesu mijenja akcija u zavisnosti od odstupanja na osnovi usporedbe s rezultatima — riječ je o *regulaciji*. No to su već viši stupnjevi automatizacije, odnosno automacije, kojima se teži u svakom procesu. Međutim, svaka djelomična zamjena aktivnosti čovjeka u procesu ili dijelu procesa znači i njegovu djelomičnu automatizaciju.

Prof. V. Muljević kaže da se automatskim može učiniti samo proces koji se nalazi na visokom stupnju prethodne mehanizacije. Potpuna automatizacija predstavljala bi posljednji stupanj u procesu mehanizacije pojedinačnih procesa.

Svrha automatizacije nije samo djelomično ili potpuno isključenje aktivnosti čovjeka u samom procesu, što je posebno korisno u teškim ili opasnim uvjetima rada, već naročito u povećanju proizvodnosti, odnosno ekonomičnosti rada. U geodetskim mjerenjima automatizacija znači isključenje funkcije čovjeka — opažača u dobivanju mjernih informacija u čemu često bitnu ulogu ima racionalizacija i skraćivanje trajanja mjernog procesa, što uslijed nepovoljnog djelovanja vremenskog faktora znači i povećanje točnosti mjerenja. U drugom planu je zamjena osjetila čovjeka ograničenih mogućnosti, a posebno i psihološkog faktora, te umora pri većem broju mjerenja. Primjenom moderne tehnike automatizacije želi se mjerni proces učiniti neovisnim o tim ograničenjima ljudskih mogućnosti, tj. ukloniti subjektivni utjecaj opažača na mjerni proces.

Interesantne i značajne su misli prof. V. Muljevića koji kaže, da je pri ostvarivanju automatizirane proizvodnje (pri mjerenjima je to mjerni proces) potrebno osloboditi se predstava i navika koje potječu od nadmašenih ograničenja ljudskih mogućnosti i stalno imati u vidu više svrhu nego način pa i oblik uz koji se do sada ostvarivao proces.

Djelomična automatizacija različitih stupnjeva u geodeziji postiže se primjenom mehaničkih, optičkih i elektroničkih dijelova i sistema, odnosno njihovim kombinacijama.

Primjer mehaničke automatizacije mjerenja je npr. konstrukcija prvog dijagramtahimetra po prof. Hammeru (1896) primjenom dvije koso položene vodilice između kojih su vođene saonice s pločicom dijagrama, ili optički tahimetar KERN K1—RA gdje se staklena pločica sa daljinomjernom niti pomiče pomoću specijalnog redukcionog mehanizma. U optičkom tahimetru WILD RDS optički prenos slike dijagrama kombiniran je sa mehaničkim prenosom okreta staklenog kruga s dijagramom pomoću zupčanika. Analogno se i u optičkog tahimetra WILD RDH ili ZEISS REDTA Boškovićeve klinovi za redukciju duljine zakreću prenosom putem zupčanika.

Optički kompenzatori imali su izuzetno značenje u djelomičnoj automatizaciji mjernog procesa, a danas se uklapaju proširenom funkcijom u elektroničke instrumente i tu se već pojavljuje optičko-elektronička automatizacija, gdje često funkcija optičkih sistema ima sekundarnu ulogu, a osnovnu funkciju preuzimaju elektronički sistemi i mikroročunala.



Prve automatizacije geodetskih mjerenja sižu u davnu prošlost. Iako u najjednostavnijim oblicima i ne onom svrhom kako to zamišljamo danas, ipak su to bile konstrukcije ljudskog duha, koje su sadržavale elemente automatiziranog postupka. Već »dioptra« opisana po Heronu Aleksandrincu sadrži elemente automatskog horizontiranja, budući se vizurna marka na letvi vizira primjenom cijevi u obliku slova U, ispunjene djelomično vodom, tako da djeluje kao spojena posuda. Njihalo s vizerom, kasnije Picardov durbin s njihalom (1670) omogućavali su, također, automatsko horizontiranje vizurnog pravca. Od tada sve do pojave prvog kompenzatora (1950) pojavljivale su se različite konstrukcije za automatsko horizontiranje sve do interesantnih konstrukcija H. Wilda primjenom živinog horizonta (1920), te preslikavanja mjehura libele u vidno polje durbina (npr. nivelir NTS-46, SSSR). Djelomičnom automatizacijom možemo smatrati i pojavu vrlo različitih tipova autoredukcionih daljinomjera od kraja XIX stoljeća do naših dana, a što je predstavljalo značajan napredak u razvoju geodetskih instrumenata. Velika prekretnica u ovom razvoju nastaje polovinom ovog stoljeća pojavom elektroničkog mjerenja duljina i pojavom malog optičkog elementa-kompenzatora na njihalu (nivelir Ni 2 iz Oberkochena, 1950) uz znatno skraćenje mjernog procesa. Kako H. Draheim kaže, to je bio spektakularan uspjeh, iako se radilo samo o djelomičnoj automatizaciji, no uspješna praktična primjena ovog nivelira, nije samo prisilila proizvođače na nove konstrukcije, već je dala i impulse za razvoj automatizacije uz primjenu njihala i kod suvremenih instrumenata najviših točnosti. Tako se već 1956. pojavljuje automatska stabilizacija indeksa vertikalnog kruga teodolita (ASKANIA, Berlin), a njihalo koristi i digitalni teodolit VECTORN iz SAD, te konstrukcije sa senzorima za mjerenje vertikalnog kuta (AGA 120).

Viši stupanj automatizacije, koji vodi do mjernih sistema sa znatno smanjenim učešćem čovjeka u mjerenju, inicira se primjenom fotografske registracije podataka na filmove (WILD T3, 1950, ASKANIA Tpr, prema konstrukciji E. Gigas-a, 1942) sa vremenskim pomakom očitavanja krugova.

Primjena fotografske registracije skratila je dragocjeno vrijeme opažanja na terenu (npr. u triangulaciji I. reda), ali ne i ulogu čovjeka u ukupnom mjernom procesu. Međutim, bila je preteča fotografskoj registraciji krugova s kodiranom podjelom. Tako se 1963. pojavljuje teodolit FENNEL FTL-2, gdje se kodirani krugovi snimaju na 35-mm film koji se nakon razvijanja obrađuje pomoću ZUSE Z 84 u svrhu očitavanja kodiranih podjela i prevođenja na petkanalne perforirane vrpce u binarnom kodu pomoću kojih se podaci unose u elektroničko računalo za daljnje računanje.

U to vrijeme je razvijen i tahimetar s fotografskom registracijom podataka KERN, kombinacijom teodolita DKM-3 i tahimetra DK-RT s time što se primjenjuje horizontalna letva s konstantnom bazom, a pomoću Boškovićevih klinova koincidencijom crta mjeri paralaktički kut, ali tako da se zakret klinova evidentira odgovarajućim okretom posebnog staklenog kruga s kodiranom podjelom. Svi krugovi snimaju se na 35-mm film, tako da svaka snimka obuhvata tri slike: horizontalnog, vertikalnog i daljinomjernog kruga. Na 10 m filma moguće je bilo registrirati snimanje oko 200 točaka.

Daljna obrada podataka je analogna kao i u opisanom teodolitu. Iako je neposredni razvoj eliminirao ove konstrukcije iz daljnje praktične primjene, one zauzimaju istaknuto pionirsko mjesto u razvoju suvremenih instrume-



nata i automatizacije, budući su u tadašnjim uvjetima i stanju elektronike bile izuzetne i predstavljale su prvu realizaciju višeg stupnja automatizacije uz neprekinuti lanac toka podataka od automatske registracije, prenosa i računanja podataka, do ispisa ili memoriranja podataka, odnosno grafičkog prikaza, što nas je vodilo do današnje primjene modularnih sistema.

Kodiranje je zapravo omogućilo zamjenu optičkih očitavanja krugova, koje nije moguće automatizirati. Ono je uz primjenu krugova s kružnom podjelom omogućilo digitalno vrednovanje svake crtice, no princip mjerenja i čitanja kuta ostao je nepromijenjen. No, kako je prof. V. Muljević istaknuo automatizacija procesa zahtijeva oslobođenje predstava i navika koje potječu od nadmašenih ograničenja ljudskih mogućnosti. Značajan korak u tom smislu je uvođenje inkrementalnih krugova prema ideji i konstrukciji H. Zetsche-a, a realizacijom u izvedbi teodolita DIGIGON (Breithaupt, Kassel, 1965). Prvi put su primijenjeni krugovi bez crtica podjela a sa rasterom tamnih i svjetlih polja istih dimenzija za prolaz svjetlosnih impulsa. Po tome i naziv impulsnih krugovi. Daljnjom elektroničkom obradom dobivamo digitalno očitavanje na pokazivaču. To je, dakle, bio prvi digitalni teodolit.

Ovo je vremensko razdoblje burnog tehnološkog razvoja. 1960. godine pojavljuje se laser, konstruirana je GaAs-dioda s infracrvenim zračenjem koja omogućuje snažan razvoj prikladnih elektroničkih svjetlosnih daljinomjera kratkog doseg. To je razdoblje razvoja integracione tehnike, što dovodi i do pojave mikroprocesora sa mogućnošću primjene već više od 5000 tranzistora na silicijskoj pločici dimenzije  $5 \times 5$  mm (1972). 1968. godine pojavljuju se prvi elektronički tahimetri serijske proizvodnje. To je daljinomjer WILD DI-10 kao modul teodolita, te prvi integrirani elektronički tahimetar Reg Elta 14 iz Oberkochena sa direktnom automatskom registracijom podataka na perforirane vrpce i AGA Geodimeter 700 (1970), što je omogućilo znatno jednostavniji prenos podataka do elektroničkog računala. Na kongresu FIG-e u Stockholmu 1977. pojavljuju se četiri nova instrumenta sa automatskom registracijom podataka uz primjenu modula za memoriju i mikroprocesora, to su: Tachymat WILD, Vectron Keuffel a. Esser, Total Station Hewlett-Packard 3820 A i elektronički teodolit KERN.

Tu je već u potpunosti primijenjen i afirmiran novi elektronički način očitavanja krugova sa digitalnim pokazom. Uz instrumente se pojavljuje i mikroručunalo sa tastaturom za upis podataka bilo kao sastavni dio, bilo kao modul. Međutim, digitalan pokaz postaje sporedni efekt, budući da svi podaci mogu automatski registrirati.

Primjena računala znatno proširuje mogućnosti primjene, budući omogućava račun i korekciju instrumentalnih pogrešaka.

Različite funkcije »vlastite dijagnoze« omogućavaju direktnu kontrolu ispravnosti rada instrumenta. Moguća je djelomična obrada i kontrola rezultata već na samom terenu, što je danas već postao zahtjev za racionalno mjerenje. Software za sređivanje podataka postaje dio sistema za registraciju. Na taj način moguće je kalibracijom odrediti pogreške instrumenta (npr. pogreške horizontalne osi, vizurne osi, indeksa vertikalnog kruga) i unijeti ih u memoriju mikroprocesora u svrhu automatske eliminacije.

U novije vrijeme takav trend razvoja doveo je tako daleko, da već proizvođači računaju na mogućnost izrade instrumenta sa većim, ali i odredivim mehaničkim pogreškama. Veličine sistematskih pogrešaka bi se ispitala



u laboratoriju i odredile korekcijske funkcije. Takove specifične korekcije mjerenja unijele bi se u memoriju mikroracunala u svrhu računске ispravke izvršenog mjerenja, a što bi naravno pojeftinilo proizvodnju, budući bi primijenjeni software nadomjestio izvedbene nedostatke instrumenta. U tom slučaju i sama mjerenja kuta bi se vršila u jednom položaju durbina, što bi ubrzalo i sama mjerenja i povećalo ekonomičnost. No to naravno ima svoja ograničenja.

I funkcija kompenzatora na osnovi ugrađenih računala postaje kompleksnija, budući kompenzator ne treba biti uključen u tok preslikavanja, kao što je slučaj primjenom optičke kompenzacije. Mjerenje otklona preuzima računalo. Na taj način moguće je mjeriti nagib vertikalne osi u dva karakteristična smjera. Budući je sistem odvojen od optičkog preslikavanja kruga moguće je izmjerene nagibe prikazati digitalno na pokazivače u svrhu digitalnog horizontiranja, odnosno uključiti računalo za automatsku korekciju utjecaja nagiba vertikalne osi, kako za vertikalne, tako i horizontalne kuteve. Rješenja mjerenja nagiba vertikalne osi mogu biti različita. Tako npr. VECTOR ima u nosaču durbina ugrađeno njihalo sa zračnim prigušivačem uz elektroničku detekciju nagiba unutar 2°. HP 3820 A ima ugrađen živin horizont sa silikonskim uljem (slično staroj konstrukciji H. Wilda 1920), koji djeluje kao horizontalno zrcalo. U elektroničkog teodolita KERN E 2 otklanja se snop zraka svjetlosti sa točkastog izvora luminiscentne diode putem kompenzatora s tekućinom na osnovi totalne refleksije, a optički sistem stvara sliku točke na aktivnoj plohi diode — pozicionog detektora sa četiri elektrode. Na osnovi razlike jakosti fotostruja dobiva se pozicija preslikane točke kao ekvivalent nagiba vertikalne osi, a njene komponente se koriste pomoću programiranog proračuna za automatsku korekciju mjernog pravca.

Prva značajna primjena servomotora u mjernom procesu polovinom ovog stoljeća je u gyroteodolita u svrhu mjerenja astronomskog azimuta. Pred nekoliko godina tvornica WILD na tržište daje elektronički teodolit Theomat T 2000 gdje se servomotor primjenjuje za okretanje inkrementalnog kruga. Time se mjerenje kuta svodi na mjerenje vremena koje je potrebno za prelaz između dva detektora (od kojih je jedan čvrst, a drugi pomičan zajedno s alhidadom). Za jednog okreta kruga ukupno se mjeri na 512 mjesta kruga — 512 elementarnih mjerenja. Mikroprocesor upravlja ovim složenim procesom mjerenja. Srednja vrijednost očitavanja horizontalnog i vertikalnog kruga (iz 512 mjerenja) dobiva se sa srednjom pogreškom od  $\pm 0.''16$  [7]. Očitavanje horizontalnog i vertikalnog kruga traje oko jedne sekunde, a srednja pogreška mjerenog pravca u dva položaja instrumenta iznosi približno  $\pm 0.''5$ .

Primjena servomotora u mjernom procesu otvara daljnje nove puteve u razvoju viših stupnjeva automatizacije mjerenja.

Moduli za memoriranje podataka primijenjeni u novim instrumentima 1977. godine već su omogućili na jednostavan način automatski, ili ručni upis podataka mjerenja, uz upis podataka o instrumentu, ciljnoj točki i ostalih administrativnih podataka pomoću tastature u obliku menutehnike, tj. uz vođenje alfanumeričkim kodom na pokazivaču. Upisani podaci mogu se uz određeni nalog putem tastature ponovo digitalno očitavati na pokazivaču. Time je uklonjen nepregledan prenos podataka putem perforirane vrpce, a istovremeno povećana sigurnost prenosa mjerenih podataka od instrumenta



do računala. Stručnjaku preostaje viziranje točke durbinom, da bi se čitav daljnji proces odvijao u neprekinutom slijedu. Na taj način ostvaren je kontinuirani tok prenosa podataka od mjerenja do digitalnog ispisa, memoriranja na perifernim modulima, odnosno automatskog grafičkog prikaza.

Danas imamo vrlo prikladne i funkcionalne geo-sisteme koncipirane na modularnoj građi. Oni sadrže HARDWARE-komponente — od mjernog instrumenta i jedinice za pamćenje, stolnog računala, do jedinice za ispis odnosno automatskog crtača, te SOFTWARE-komponente — programske podrške — od programa za sređivanje, pa prenosa i računanja podataka, do programa za kartiranje. Treba istaknuti princip *modularne građe* koji se u sve većoj mjeri provodi tako, da stručnjak može postupno izgraditi čitav sistem. To se posebno odnosi na instrumentalni dio, gdje je, zbog znatnih financijskih sredstava, ekonomičnije postupno izgraditi sistem dopunom modula. Npr. elektronički daljinomjer kombiniran s optičkim teodolitom omogućava primjenu elektroničke tahimetrije no s ručnim upisom podataka u registrator, dakle, kontinuirani tok prenosa podataka kreće od tog časa, za razliku od kombinacije s elektroničkim teodolitom u kom slučaju je moguća automatska registracija. Zbog toga prednost imaju kombinirani elektronički tahimetri (npr. KERN DM 503, elektronički teodolit E1 ili E2) u odnosu na integrirane univerzalne instrumente (npr. Elta 2, Oberkochen), radi postupne dopune sistema, odnosno izmjene sa poboljšanim modulom.

Za svoje mjerne sisteme danas tvornice geodetskih instrumenata daju i razrađene software (npr. KERN SICORD Software and instrumentation for Coordinate Registration and Determination), a i svaki opažatelj danas može ugraditi svoj program u sistem putem novih modula za registraciju npr. KERN ALPHACORD, WILD GRE-3.

Prof. dr N. Solarić razradio je metodu i program za automatsko određivanje smjernog kuta neke strane elektroničkim teodolitom Kern E2 pomoću nebeskih tijela (odmah za vrijeme rada na terenu). O tome je podnio referate na kongresu FIG-e u Sofiji 1983. godine [6] i na simpoziju »Geodätische und kartographische Tage« u Dresdenu 1983. godine.

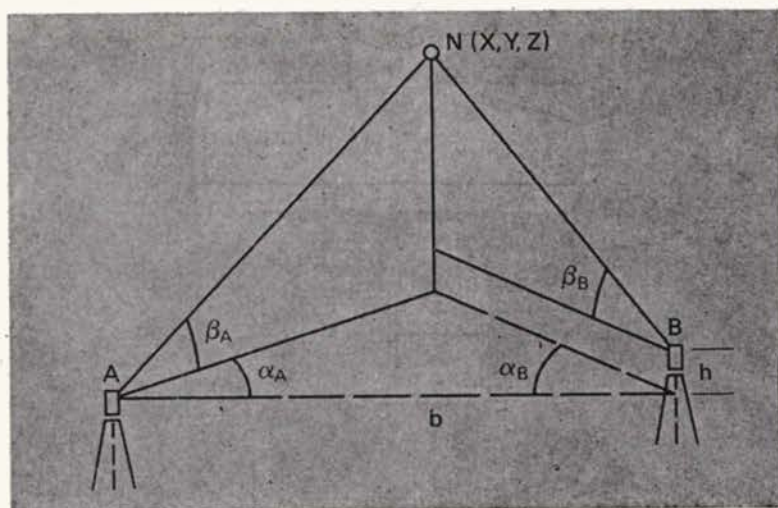
Tvornica KERN upravo je proizvela novi elektronički daljinomjer DM 150 s dinamičkim senzorom i mikroprocesorom, a dodaje se kao modul teodolitu. Nagib durbina s modulom automatski se mjeri pomoću plivajućeg senzora, te se na pokazivaču DM 150 može očitavati kosa i reducirana duljina te visinska razlika, što ponovo proširuje mogućnosti primjene *optičkih teodolita*. Uz poznatu horizontalnu duljinu, nagibom durbina automatski se računaju visinske razlike, što omogućava mjerenje visinskih razlika i do nepristupačnih točaka.

Kao primjer primjene suvremenog sistema navedimo mogućnosti komunikacije primjenom ASB — sistema KERN. To je Interface-Bus — sistem koji omogućava komunikaciju između HARDWARE — komponenata. Moguće je priključiti 2-12 instrumentalnih modula uz internu identifikaciju sa različitom funkcijom, a na duljini voda do 150 m. Elektronički teodolit reagira na naloge date iz jedinice za upravljanje. Pomoću ASB — sistema mogu se mjerene vrijednosti ili drugi podaci teodolita pozvati i prenijeti u računalo, ili se mogu podaci prenositi u memoriju teodolita, npr. polazne vrijednosti za mjerenja ili računanja. Analogno reagira i elektronički daljinomjer. Mjerne vrijednosti mogu se pozvati sa daljinomjera, ili od teodolita preko daljino-

mjera poslati do prijemnika na cilju RD 10. Pod jedinicom za upravljanje podrazumijevamo one module koji mogu prenositi naredbe na druge priključene module. Ta je jedinica elektroničko računalo i kombinirani registrator, računalo ALPHACORD, ili drugi periferni moduli sa mogućnosti naredbe. Naredbe se daju putem tastature, ili su aktivirane u okviru programa. Svaki modul ima svoju adresu na osnovi koje će primiti naloge od jedinice za upravljanje, a svaki podatak koji se prenosi ima svoj kôd. Na taj način je moguće, npr. prenositi na pokazivače i u memoriju podatke kao što su: broj stajališta točke, temperatura, koordinate itd., zatim uz istovremenu primjenu dvaju teodolita i ALPHACOD-a izvršiti presijecanje naprijed uz račun koordinata, od računala davati naloge u određenim vremenskim intervalima za mjerenje i registraciju, izvršiti daljinski prenos podataka putem MODEM-a, upis datih podataka za iskolčenje točaka itd.

Automatizirani elektronički mjerni sistem za primjenu u industrijskim mjerenjima za ispitivanje i kontrolu dimenzija i oblika razvijen je u tvornici KERN pod nazivom ECDS 1. Na osnovi presijecanja naprijed određuju se prostorne koordinate vizirane točke mjernog objekta N sa dva elektronička teodolita postavljenih na čvrstim krajnjim točkama baze kojima se mora odrediti razmak (duljina baze  $b$ ) i visinska razlika  $h$ . Teodolitima se istovremeno automatski mjere horizontalni i vertikalni kutevi označeni na sl. 1. Oba teodolita su on-line povezani s računalom gdje automatski prenose mjerene podatke. Na osnovi glavnog programa računalo odmah računa prostorne koordinate točaka i prikazuje ih na ekranu. Uz odgovarajući komentar i broj točke pritiskom dugmeta koordinate se mogu ispisati putem pisača.

Duljina baze i visinska razlika točaka baze određuje se analognim mjerenjem kuteva na točke dužinskog etalona, a računaju se primjenom posebnog programa. Etalon se postavlja u jednoj, ili više pozicija u prostornom području mjernog objekta. Prostorne koordinate mjernih točaka objekta odnose se na lokalni koordinatni sistem.



Sl. 1.



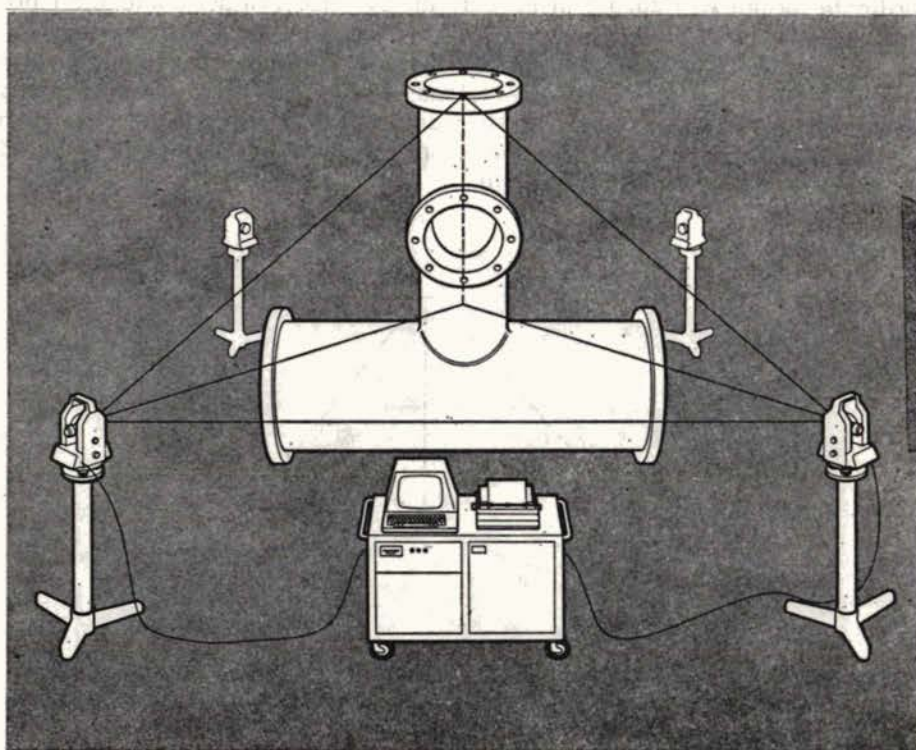
U drugom postupku, koji se koristi kad se mjerenja periodički ponavljaju, odnosno mjerenja na objektu vrše s različitih pozicija, izabire se niz čvrstih vizurnih točaka u neposrednoj okolini objekta (npr. na zidovima velikih hala u industriji) kojima se prethodno određuju koordinate u lokalnom sistemu. Koordinate tačaka baze odredit će se presijecanjem natrag. Dva posebna programa omogućavaju transformaciju lokalnih koordinata u koordinate sistema mjernog objekta, te se na taj način mogu uspoređivati iz koordinata dobivene duljine sa onima iz radioničkog crteža, tj. projekta. Uz primjenu različitih potprograma moguće je izračunati putem računala i ispitivati:

- međusobni položaj dvaju pravaca objekata, odnosno ravnina,
- projicirane duljine u koordinatne ravnine, ili osi,
- odstupanja od pravocrtosti, odnosno neravnoće plohe,
- položaj točaka u odnosu na sferu ili paraboličku plohu itd.

Mjerenja se obavljaju bez kontakta s objektom, što u mjerenjima u strojarstvu ima posebno značenje.

Na sl. 2 prikazana je izmjena objekta s analogno koncipiranim sistemom WILD — LEITZ RMS 2000 uz primjenu elektroničkih teodolita WILD T 2000.

Uz duljinu baze 5 m, te udaljenosti mjerenih točaka do 10 m moguće je postići točnosti 1:100 000 do 1:200 000, tj. mjernu nesigurnost 0,02 do 0,05 mm.



Sl. 2.



Automatizacija geodetskih mjerenja u značajnoj je mjeri olakšala rad stručnjaka u različitim fazama njenog razvoja — od manjih konstruktivnih zahvata u instrumentu (ako ih tako možemo nazvati) do primjene modularnih sistema.

U mislima geodeta postavlja se pitanje o daljnjem razvoju k najvišim stupnjevima automatizacije geodetskih mjerenja uz primjenu automatskih mjernih sistema, koji bi bili u mogućnosti izvoditi i osnovnu operaciju — viziranje, čime bi se uklonila i posljednja subjektivna mjerna operacija pri mjerenju univerzalnim instrumentima. Da li je moguće potpuno ukloniti čovjeka iz mjernog procesa i ostvariti potpunu automatizaciju? O ovim mogućnostima, ali i problemima automatizacije biti će riječi u slijedećem prikazu.

#### LITERATURA:

- [1] Benčić, D.: Geodetski instrumenti, II dio, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1973.
- [2] Benčić, D.: Geodetski instrumenti i uređaji, Tehnička enciklopedija, sv. 6, str. 31—58, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb 1979.
- [3] Deumlich, F.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, Berlin 1980.
- [4] Draheim, H.: Die elektronische Tachymetrie, Karlsruhe 1970.
- [5] Katowski, O., Salzmann, W.: Das Kreisabgriffsystem im THEOMAT WILD T—2000, Wild Heerbrugg 1983.
- [6] Solarić, N.: Die automatische Bestimmung des Richtungswinkel mit dem elektronischen Theodolit Kern E 1 mittels Zenitdistanzen der Sonne, XVII Internationales Kongres FIG, Sofia 19—28. Juni 1983, Vol. 10, 503. 6/1—9.
- [7] Zetsche, H.: Elektronische Entfernungsmessung, Stuttgart 1979.

#### SAŽETAK

U ovom radu prikazan je razvoj automatizacije geodetskih mjerenja sa posebnim osvrtom na njeno značenje i dostignuća.

#### ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Absatz ist die Entwicklung der Automation der geodätischen Messungen mit besonderem Hinweis auf die Bedeutung und Ereignisse dargestellt.

Primljeno: 1986—07—09