

FREKVENCIJSKI NIVELMAN

Abdulah MUMINAGIĆ — Sarajevo*

Ovaj način određivanja visinskih razlika ostvaruje se mjerenjem pomaka frekvencije fotona pri prelasku iz tačke A sa potencijalom W_A na tačku B — sa potencijalom W_B [4]. Neka foton sa frekvencijom f pređe iz tačke A u tačku B na Zemlji koja se jednolično okreće. U početku je njegova energija

$$E = h \cdot f, \quad (1)$$

gdje je $h = 6,6256 \cdot 10^{-34}$ J. s — Plankova konstanta.

Po Ajnštajnovom principu o ekvivalentnosti mase i energije masa fotona je $m = h \cdot f \cdot c^{-2}$, gdje je c — brzina svetlosti [2]. Premiještanjem jednog fotona na tačku B energija će mu se izmijeniti za veličinu

$$\Delta E = (W_A - W_B) h \cdot f \cdot c^{-2}. \quad (2)$$

Iz (1) je $f = E \cdot h^{-1}$, pa je $\Delta f : f = \Delta E : E$. Kada ovdje uvrstimo (1) i (2) dobije se da je relativni pomak frekvencije u tome slučaju

$$\Delta f : f = (W_A - W_B) c^{-2}, \quad (3)$$

što — za razliku potencijala od $1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$, ili visinsku razliku od 0,1 m — iznosi 10^{-17} .

Prema tome, ako na tačkama A i B postavimo uređaje sa visoko stabilnom frekvencijom i utvrdimo razliku frekvencije na njima tada se iz (3) dobije

$$W_A - W_B = c^2 \cdot \Delta f : f. \quad (4)$$

Iz teorije potencijala znamo formulu:

$$\Delta H = - \frac{\Delta W}{g}. \quad (5)$$

Veličine c i g znamo vrlo tačno, pa se ovim načinom može dosta dobro odrediti visinska razlika između A i B.

Udaljenost između tačaka A i B ne ulazi u formulu. Znači, može biti vrlo velika — čak hiljade kilometara, a tačnost ostaje ista. Pa, ako se raspolaze uređajem koji održava frekvenciju i sa tačnošću od 10^{-16} , visinska razlika će se dobiti sa srednjom kvadratnom greškom od ± 1 m. Na takvim daljinama

* Adresa autora: Prof. dr. Abdulah Muminagić, Građevinski fakultet, Sarajevo, Hasana Brkića 24

se ne bi mogao postići bolji rezultat ni sa najpreciznijim nivelmanom. Time se znači, omogućava povezivanje nivelmana kontinenata razdvojenih okeanima.

Prvi je 1974. godine ovu ideju teorijski obradio švedski naučnik, geodeta prof. dr Arne Bjerhammar [1]. U to vrijeme se nije mogla postići zadovoljavajuća stabilnost frekvencije, pa je ideja — kako to često biva — skoro zaboravljena. Oživila je kada su izumljeni hidrogenski maserski satovi sa stabilnošću frekvencije od 10^{-16} . Ona se, doduše, zasada održava u relativno malom intervalu vremena (10^3 s), što ograničava korišćenje metode na velikim razdaljinama. Radi se na poboljšanju, tako da se ona održava čitav dan (10^5 s). Zbog upotrebe satova metoda se zove i hronometarski nivelman.

Takvi satovi vrlo visoke tačnosti se postave na tačke A i B. Povezivanje vremena se može postići pomoću uređaja na pogodnom geostacionarnom satelitu, ili — još bolje i operativnije — na GPS NAVSAT, koji se može koristiti na skoro svim mjestima na Zemlji. Radi komparisanja stvarnih frekvencija časovnici bi morali biti jedan uz drugi. Kako oni opet moraju biti na tačkama A i B — razdvojenim čak hiljade kilometara — za uspoređivanje frekvencija koristi se treći — isti takav sat, koji se avionima prenosi sa A na B i obrnuto. (Zbog toga se i zahtijeva održavanje stabilnosti frekvencije u periodu od 10^5 sekundi).

Postupak je u eksperimentalnoj fazi. Sigurno će se stabilnost frekvencije u narednim godinama podići za čitav red, čime će se postizati i veća tačnost nivelmana. S druge strane je isto tako sigurno da će se tokom primjene otkriti niz štetnih uticaja, koji će kvariti rezultate, pa će se unositi popravke. Normalno je, uostalom, da od iznošenja principa do praktične primjene prođe period mukotrpnog naučnog rada na matematičkom modeliranju postupaka, koji omogućuje praktičnu primjenu.

Iz formula (3) i (4) ne proizlazi da se određeni foton mora premiještati baš iz A u B. One praktično znače da uređaj istog sistema na A ima jednu, a na B — drugu frekvenciju. Prema tome se veći broj takvih uređaja može razmjestiti na pogodnim mjestima raznih kontinenata — kao stacionarni, ili prenosni. To će omogućiti formiranje svjetske nivelmanske mreže, koja bi se kontrolisala bazama — nivelmanskim vlakovima između repera na kontinentima. Takva mreža, koja bi obuhvatila sve kontinente i mnoga ostrva u okeanima, biće novo moćno sredstvo za izučavanje geometrije i fizike Zemlje. Uvjeren sam da će se operativnost metode stalno povećavati, posebno korišćenjem neiscrpljenih mogućnosti satelita.

Napomena 1

Potencijal sile privlačenja na nekoj tački je funkcija vremena, pa je i zbog toga potrebno vremensko povezivanje uređaja na A i B.

Napomena 2

Povezivanje nivelmanskih mreža može se u principu postići i prostornim određivanjem odabranih repera doplerskim načinom. Ova metoda je već oprobana u praksi.

LITERATURA:

- [1] Bjerhammar, A.: Discrete approaches to the solution of the boundary value problem in physical geodesy. (1974)
- [2] * * *: Relativnost, Enciklopedija leksikografskog zavoda, Tom 6, Zagreb 1976.
- [3] Sears, F. W. Optika, prevod, Minerva 1964.
- [4] Vermeer, M. Chronometric levelling. Rep. of Fin. Geod. Inst. 83:2, 1983.

SAŽETAK

Izloženi su principi frekvencijskog nivelmana: Razlika potencijala sile teže na dvije tačke — bez obzira na njihovu udaljenost — određuje se mjerenjem relativnog pomaka frekvencije na njima. Iz razlika potencijala računava se visinska razlika. Metoda će posebno služiti za povezivanje nivelmanskih mreža rastavljenih i ogromnim vodnim prostorima.

ABSTRACT

Principals of frequency levelling are exposed: Gravity potential difference between two points — remote at any distance — is determined by measuring relative frequency shift. From potential difference — height difference may be calculated. Methode is useful for connection of levelling nets separated by oceans.

Priljeno: 1983-10-13