

A térváltozások szélső értékei közti különbségeknek abszolút értékét összegező műszer (ún. totális számláló) tellurikus és magnetotellurikus kutatásokhoz

ADÁM ANTAL – BENCZE PÁL

A tellurikus abszolút ellipszis fogalmának, valamint a meghatározására szolgáló ún. totális változások módszerének ismertetése után a tanulmány leír egy műszert, amely alkalmas a totális változások közvetlen mérésére.

A tellurikus módszer teljesíthetősége ezzel a berendezéssel jelentősen megnövelhető, minthogy a feldolgozási munka minimálisra csökken.

Как это общеизвестно, в методе теллурических токов, для получения эллипса станции в пункте измерения необходимо определить тотальное изменение трех составляющих. Так называемый метод тотальных изменений является быстрым и простым, и пригоден для автоматизации длительных отсчетных работ. В докладе рассматривается принцип и исполнение устройства, служащего для непосредственного измерения тотальных вариаций поля.

Световой сигнал, отражающийся от зеркала гальванометра, проходит че ез решетку и падает на цилиндрическое зеркало, которое — в свою очередь — отражает его в фокусную линию. Расположенное здесь фотосопротивление получают световые импульсы, количество которых соответствует величине показания гальванометра в мм/ счет количества импульсов осуществляется электронной системой.

Nach der Zusammenfassung des Begriffes der absoluten Ellipse, sowie der ihrer Berechnung dienenden Methode der Totalvariationen beschreibt die Abhandlung ein Instrument, das für die direkte Messung der Totalvariationen geeignet ist. Die Leistungsfähigkeit der tellurischen Methode kann man mit diesem Instrument bedeutend erhöhen, weil die Bearbeitung der Messdaten zu Minima abnimmt.

G. Kunetz alapvető munkáiban (pl. (1)-ben) kimutatta, hogy a tellurikus áramok változásainak megfelelő vektorok végpontjai közéértékben egy ellipszis kerületén fekszenek. Ezen ún. belső ellipszis nagytengelyének iránya, valamint excentricitása az altalaj felépítésétől is függ. Mint azóta több tanulmány megállapította (pl. (2)), egy az időben változó tényező megnehezíti, hogy az ellipszisek paramétereiből közvetlen összefüggéseket vonjunk le a geológiai szerkezetekre. Ugyanis a „Belső ellipszist”, amelyet abszolút, vagy állomás ellipszisnek is neveznek, egy tenzorszorzat definíciójából származtathatjuk (2) (3):

$$\{E\} = \{T_i\} \{T_o\}$$

ahol $\{T_i\}$ homogén izotróp altalaj esetében jelentkező torzítás tenzora,

$\{T_o\}$ az ellenállástenzor

$\{T_i\}$ tenzor időfüggvény és így az abszolút ellipszis paramétere az időben változnak aszerint, hogy mikor és mennyi ideig végezzük a megfigyeléseket. Ugyanazon idő alatt azonban (T_i) egy bizonyos területen belül állandónak vehető. Így két abszolút ellipsziszből szerkesztett, vagy számított ún. relatív ellipszisben (T_i) hatása nem jelentkezik, ezért annak paramétereit felhasználhat-

juk a két mérési pont (bázis és mozgóállomás) ellenállásviszonyainak jellemzésére. Ennek megfelelően a tellurikában egyik leggyakrabban használt adat – mint ismeretes – a relatív ellipszis területe, azaz a két abszolút ellipszis területének hányadosa. A MTA Geofizikai Kutató Laboratóriuma kutatói több tanulmányban (2), (3), (4) foglalkoztak azzal a kérdéssel, hogyan lehet az abszolút ellipsziszből az egy-egy mérési pontra jellemző ellenállástenzort meghatározni részben tisztán tellurikus adatok alapján, részben pedig magnetotellurikus úton.

Az abszolút ellipszist a tellurikus áramok változásainak megfelelő vektorok végpontjainak eloszlása alapján határozhatjuk meg (pl. (3) szerint). Kunetz névéhez fűződik a legegyszerűbb eljárás kidolgozása a totális változások alapján.

Mint ismeretes, egy függvény totális változásai alatt a függvény görbéjének két pontja között az egymás után következő összes maximumok és minimumok ordinátái közötti különbségek abszolút értékeinek összegét értjük.

A tellurikus változásvektor valamelyik komponensének totális változása arányos az abszolút ellipszisnek a komponens irányába eső vetületével, azaz ugyanazon irányban mért érintési távolságával. Három komponens totális változása (V_x és V_y , valamint V_x) megadja a mérési pontban a központi fekvésű abszolút ellipszis három érintőjét és így meghatározza az ellipszist.

A totális változások meghatározása kezdetben az ordinátakülönbségek egyszerű kimérésével és összegezésével történt. A kutatók igyekeztek azonban ezt az aprólékos, szemrontó munkát különböző technikai segédeszközökkel megkönnyíteni. Az elsők között kell megemlíteni Takács Ernő totális kiolvasóját (5). Ez, mint Takács tanulmányából ismeretes, a regisztrátum felett mozgatott két, megfelelő indexekkel ellátott szánkó segítségével egy osztott lécen végzi az összegezést. Lényegében hasonló Porstendorfer eszköze is (6), amely rajzgép és planiméter kombinációjából áll. Az összegezést ennél a planiméter számláló kereke végzi. Különösen szellemes Takács konstrukciójában a harmadik (rendszerint ÉK-i (x'), azaz 45° -os) komponens meghatározása az északi (x) és keleti komponensből (y), amelyeket a tellurikus mérések során rendszerint regisztrálnak. A harmadik komponens szélső értékeinek kijelölése az

$$X' = 0,707(X + Y)$$

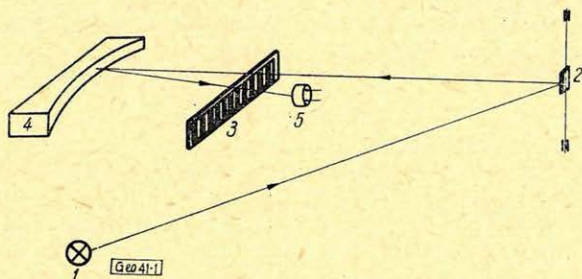
$$dX = -dY$$

egyenletek alapján az X és Y komponens közös érintőjével történik.

A fenti eszközök célszerűsége és hasznossága vitathatatlan, mégsem jelentheti a mai „mindent” automatizáló korban, a tellurikus és újabban a magnetotellurikus kutatás számára sem a végleges megoldást. Felmerül a kérdés, hogy a tellurikus (magnetotellurikus) mérés bizonyos fázisai, pl. a regisztrálás, a filmelőhívás, a változások kiolvasása, összegezése stb. nem küszöbölhető-e ki. Ez mind munkaerőben, mind anyagban jelentős megtakarítást eredményezne és ugyanakkor a mérést meggyorsítaná. Összefoglalva olyan műszeres eljárást kell keresni, amely növeli a mérések gazdaságosságát, a módszer által nyújtott geofizikai adatok tökéletes, vagy legalább az eddiginél tökéletesebb kiaknázásával. Éppen az adatoknak totális változások módszerével történő kiértékelése lehetőségét ad ilyen műszer megszerkesztésére.

A térváltozások szélső értékei közti különbségek abszolút értékét összegező műszer.

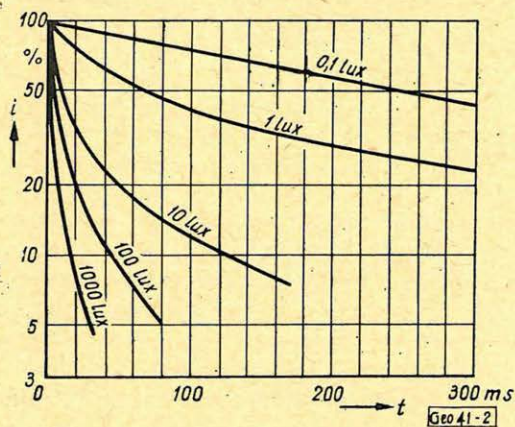
Ha a tellurikus tér változásait érzékelő tükrös galvanométer hosszú vékony jelét egy 0,5 mm, vagy – a pontosság növelése végett – ennél kisebb beosztású rácsra bocsájtjuk, amelynek két-két szomszédos eleme közül az egyik átengedi a jelet, a másik felfogja, a galvanométer jelének a mozgását a rács mögött megszághathatjuk. Helyezzünk a rács mögé egy hengeres tükröfelületet az 1. ábrának megfelelően. A tükrő a rács jeleket a gyújtóvonalába vetíti. Ha a gyújtóvonalba egy fényérzékeny elemet, pl. egy fotoellenállást (fototranzisztort) helyezünk, a galvanométer jelének megjelenése és eltűnése a fényérzékeny elem áramkörében áramváltozásokat kelt. Az áramingadozásokat feszültségváltozássá alakítva felerősíthetjük és egy mechanikus számlálóval megszámlálhatjuk az áramváltozások számát. Így a tellurikus térerősség változásait, előjelüktől függetlenül, a rács réstávolságának egységében kifejezve összegezhethetjük.



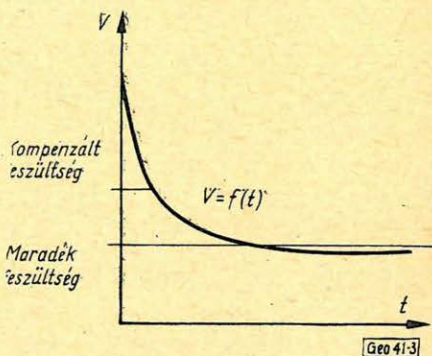
1. ábra. A műszer felépítésének elvi vázlata

A tellurikus változások változásebbesége igen széles határok között változik. A rács által a fotoellenállás érzékelő felületén létrehozott megvilágítás-változások azonban a maximális változásebbesség esetében sem tekinthetők impulzusszerűnek. Így számlálásukra a nukleáris műszertechnikában az impulzusszámlálásra alkalmazott megoldások nem jöhetnek számításba. A megvilágítás-változásoknak a fotoellenállás áramkörében megfelelő áramerősség-változások erősítése az említett változásebbesség-tartományban csak egyenáramú erősítővel lehetséges.

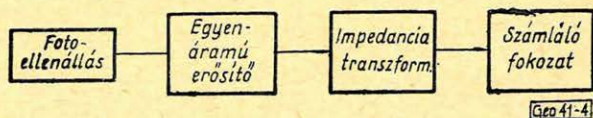
Az egyenáramú erősítő alkalmazása azonban további nehézségeket támaszt, amennyiben a fotoellenállás sötétárama és az elkerülhetetlen szórt fénytől származó megvilágítás által az erősítő bemenetén létesített feszültséget is erősíti a berendezés. Így az erősítő kimenetén nem csupán a fotoellenállás megvilágítás-változásával arányos feszültségváltozást kapunk, hanem ez a fotoellenállás sötétáramával és a szórt fényvel arányos állandó feszültségre szuperponálódik. Az állandó feszültség kb. a szuperponálódó feszültségváltozás értékének a felével egyenlő. Mivel a mechanikus számláló elengedési feszültsége jóval kisebb, mint a meghúzási feszültsége, a számlálófokozat működtetéséhez szükséges erősítés esetén az erősítő kimenetén jelenlevő állandó feszültség megakadályozza a relé elengedését és így a számlálást, ha az erősítő bemenetén nem gondoskodunk a fotoellenállás sötétáramával és a szórt fényvel arányos feszültség kompenzációjáról. További nehézséget jelent az a körülmény, hogy a fotoellenállás áramkörében fellépő áramváltozás csökkenő szakasza egy meredek és egy lassabban változó részből tevődik össze, amint az a CdS ellenállások te-



2. ábra. A fotoellenálláson átfolyó áram időbeli változása a megvilágítás megszűnte után



3. ábra. A fotoellenálláson eső feszültség időbeli változása a megvilágítás megszűnte után, valamint a kompenzált és maradék feszültség értéke



4. ábra. A műszer blokkdiagramja

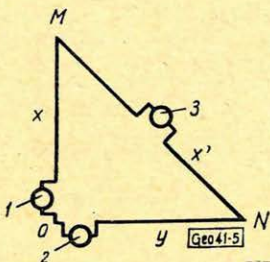
hetetlenségét bemutató ábrán (2. ábra) látható. Ez a fotoellenállás áramának (i) változását mutatja a megvilágítás kikapcsolása után az idő (t) függvényben (9). A lassan változó rész a relé elengedését késleltetve jelentősen növeli a számlálófokozat tehetetlenségét. Ezen úgy segítünk, hogy a sötétáram és a szórt fény által létesített feszültség kompenzációján túlmenően az említett, lassabban változó résznek megfelelő feszültséget is kompenzáltuk (1. 3. ábrán). Ennek következtében az erősítő kimenetén csak a meredek feszültségváltozás működteti a számlálófokozatot. Ez az erősítő erősítésének változatlanul hagyása mellett is elérhető, ha a mechanikus számláló impedanciáját úgy állítjuk be, hogy a fennmaradt feszültségváltozás elegendő legyen a relé működtetéséhez.

Mivel a terepműszereknél főkövetelmény a kis súly és a kis méret, a mérőberendezés tranzisztorokkal készült. A műszer blokk diagramja a 4. ábrán látható. A kétfokozatú egyenáramú erősítő a nagyobb stabilitás céljából ellenütemű kapcsolásban működik (7). Az egyenáramú erősítő és a számlálófokozat között impedanciáttranszformálásra egy kollektorkapcsolású fokozat szolgál. A műszer működtetéséhez szükséges feszültséget 4,5 V-os zseblámpaelemek biztosítják.

A teljes terepműszer 3 csatornából áll, minthogy az abszolút ellipszis meghatározásához 3 komponens totális változásainak meghatározása szükséges. A szokásos tellurikus műszerekhez viszonyítva a regisztráló berendezés egységeit felváltották a totális számláló elektronikus (tranzisztorizált, tehát kisméretű) és optikai elemei. Ezek egyébként kiképezhetők a regisztráló műszerek adaptereként is! A 3 csatornás totális számláló kialakítása a geofizikai foto-

regisztrálónkhoz (8) viszonyítva sem térfogat, sem súlynövekedéssel nem jár, tehát az új műszer terepi szállítása, mozgatása nem igényel több munkaerőt.

Mint említettük 3 komponensre kell mérnünk, ha csak nem elégszünk meg az ortoptikus kör meghatározásával kutatásainkban. Ez gyakorlatilag nem jelent sem a kitérés, sem a kábelfektetés szempontjából munkatöbbletet a normál kétkomponenses tellurikához viszonyítva. Ha az északi (X) és keleti (Y) irányban nem egy, hanem kétféle kábelt húzunk ki és két-két külső elektródát kötünk be a műszerhez, lehetőségünk van a jól ismert 5. ábra szerinti a 45° -os komponens változásainak összegezésére is. Minthogy így a 45° -os komponens elektródátávolsága $\sqrt{2}$ -szer nagyobb a két másik komponensénél, a galvanométer feszültségérzékenységét $\sqrt{2}$ -ed részére kell csökkenteni az adatok egyszerű feldolgozása végett.



5. ábra A tellurikus mérések terítési rendszere 3 komponensre

A totális számláló lehetőséget ad, hogy a mérési adataink megbízhatóságát fokozzuk a mérési idő (rendszerint 20–30 perc) alatti többszöri leolvasással és az adatok kombinálásával. Célszerűnek látszik 5 percenként leolvasni a számlálók állását. A leolvasásokat természetesen szigorúan összehangolt órák alapján, egyidejűleg kell elvégezni a bázis és a mozgó állomáson. A három totális számadatból a jól ismert összefüggésekkel (1) számíthatjuk az abszolút ellipszis paramétereit. Sokkal célszerűbb azonban — és ez a követendő út — nomogramokkal meghatározni akár már a következő mérés előkészítésének szüneteiben a fenti értékeket. Ilyen nomogramokat, diagramokat részben már ismerünk az irodalomból (5). Ezek után a belső kiértékelés a relatív ellipszis meghatározására szorítkozhat, amelynek elektronikus számítógépekre való programozásával Laboratóriumunk kutatói foglalkoznak. Leggyakoribb esetben azonban csak a relatív ellipszis területét hasznosítjuk — mint a bevezetőben kifejtettük —, ez pedig a két egyidejű abszolút ellipszis hányadosával egyenlő és logarléccel azonnal számítható.

Mint a fentiekből látható a tellurikus kutatás a vázolt műszerrel jelentősen növelheti teljesítményét és így helyzetét a geofizika különböző reconnaissance-módszerei között megszilárdíthatja.

1. *G. Kunetz*: Anwendung statistischer Eigenschaften der Erdströme in der praktischen Geophysik. (Freiberger Forschungshefte C 32. 1957.)
2. *Ádám Antal – Verő József*: Előzetes beszámoló a MTA Geofizikai Kutató Laboratóriumának országos földiáramméréseiről. (Geofizikai Közlemények, X. kötet 1–4. szám.)
3. *J. Verő*: Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen (Gerlands Beiträge zur Geophysik 69. kötet, 5. füzet, 1960).
4. *A. Ádám*: Über die Berechnung der magnetotellurischen (MT) Anisotropie. (Freiberger Forschungshefte-ben megjelentében).
5. *Такач Эрно*: Обработка надюдений геофизической разведки произведенной методом теллурических токов на основании тотальных вариаций теллурограмм. (Nehézipari Műszaki Egyetem Közleményei XXII. 1962.)
6. *G. Porstendorfer*: Tellurische und magnetotellurische Messungen mit neuentwickelten Apparaturen bei der Erkundung tiefliegender Erdölstrukturen in Mecklenburg (Bergakademie 2. füzet, 1962.).
7. Siemens Halbleiter, Schaltbeispiele (Ausgabe April 1959.)
8. *A. Ádám – A. Erkel – L. Szabadvári*: Neue ungarische geoelektrische Instrumente (Geofisica pura e applicata, 52. kötet, 1962. II.).
9. *N. A. de Gier – W. van Gool – I. G. van Santen*: Photowiderstände aus gepresstem und gesintertem Kadmiumsulfid (Philips Technische Rundschau, 20. évfolyam 11. szám 1958–1959).