

Potenciáltérképezés analóg modellezése

S Z A R K A L Á S Z L Ó

Szigetelő aljzatú kétréteges féltérben a tápelektrodák között elhelyezkedő nagyellenállású kiemelkedések hatását mértük meg. A modellmérési adatokból mélységszámítási eljárással hatófelületeket határoztunk meg, amelyeknek a tényleges szerkezetekkel való összehasonlítása hasznos információt szolgáltat a terepi mérési módszer, valamint az adatfeldolgozási eljárás alkalmazhatóságára nézve.

В Геодезическом и Геофизическом Институте Венгерской Академии Наук работает электромагнитный моделирующий инструмент. Эта установка может помогать при решении полевых разведочных проблем, где применяют несколько геоэлектрических методов.

Эта работа написана о моделировании потенциального картографирования.

При наличии двухслойной среды, где нижний слой имеет бесконечновысокое сопротивление, определили эффекты антиклиналей с бесконечновысоким сопротивлением находящиеся между электродами А и В, расположенными на поверхности нижнего слоя. Из измеренных величин определили поверхности геоэлектрического раздела сред. Сопоставление этих разделов с реальными разделами даёт полезные информации для применимости этого метода при полевых условиях и процесса обработки данных.

The electromagnetic modelling laboratory working at the Geodetic and Geophysical Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences helps to solve field exploration problems arising at some geoelectric methods.

The present paper deals with modelling of the potential mapping method.

Ininitely high resistivity anticlines have been put on the boundary surface of a two-layered half-space. (The bottom layer also has an infinitely high resistivity). Effects of these anticlines situated between the A and B electrodes have been measured. The surface of the geoelectric discontinuity has been determined from the measured data by a depth-calculating procedure. A comparison of these calculated surfaces to the real structures gives useful informations for the applicability of the field measuring- and calculating methods as well.

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetében elektromágneses modellező laboratórium működik, amely segítséget képes nyújtani néhány geoelektromos kutatási módszerrel végzett terepi kutatási feladat megoldásához.

Ez a dolgozat a potenciáltérképezés modellezéséről számol be.

1. Bevezetés

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézete, a Geofizikai Kutató Válat és az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet közös összefogásával Sopronban, az MTA GGKI székházában elektromágneses modellező laboratórium épült.

A modellező laboratórium létrehozásáról, rendeltetéséről, szakmai lehetőségeiről egy másik dolgozatban számolunk be. Az eredeti tervek szerint ez a berendezés elektromágneses frekvenciaszondázásra, szelvénymérésekre használható, a későbbiekben majd MT-mérésekre is alkalmas lesz, de kisebb-nagyobb átalakításokkal az eredeti funkcióján túlmenően már most többfajta geoelektromos kutatómódszer modellezését teszi lehetővé.

Ebben a dolgozatban a modellező berendezés egyik ilyen átalakításáról, az egyenáramú potenciáltérképezés (PM) modellezésének megoldásáról és néhány PM-modellezési eredményről számolunk be.

2. A modellezhetőség vizsgálata

A modelltörvény betartása mellett, a figyelembe veendő paraméterek az alábbiak:

– L lineáris méretek

A modellező berendezés része egy $4,0 \cdot 3,0 \cdot 0,5$ m méretű kád. A megvalósítható méretek így legfeljebb méter nagyságrendűek lehetnek.

– ρ fajlagos ellenállás

A kádat különböző koncentrációjú konyhasóoldattal vagy csapvízzel tölthetjük meg, így az oldat fajlagos ellenállása $0,06 \Omega\text{m}$ -tól $20 \Omega\text{m}$ -ig változhat. Ez az oldat jelenti az első (jól vezető) réteget, a kád műanyagból készült alja és az az alatti anyagok szigetelő aljszatot képviselnek.

– μ mágneses permeabilitás

Értéke a vákuumbeli μ_0 mágneses permeabilitással azonosnak vehető.

– ω körfrekvencia

Ez a legtágabb határok között változtatható paraméter. Az alkalmazott $\omega = \omega(L, \rho, \mu)$ frekvencia megfelelő értékének meghatározására számításokat végeztünk. Megnéztük, hogy a váltóáramú tér (amit a modellezés során előállítunk), valamint az egyenáramú tér (amit modellezünk) alapegyenleteiből leszármaztatott térjellemzők eltérése milyen modellezési paraméterek esetén lesz egy előre megadott hibakorlátnál kisebb.

A többféle módon végzett közelítő számítás eredményei:

a) a kádat csapvízzel ($\rho = 20 \Omega\text{m}$) feltöltve a PM-térképezés modellezése megvalósítható néhányszor 10 kHz frekvencián, tehát a berendezés eredeti generátorával is, azt a frekvenciatartomány alsó határán működtetve.

b) a kádban bennlevő és szokásosan használt $0,07 \Omega\text{m}$ fajlagos ellenállású közeget meghagyva, a modellezés a néhány száz Hz-es frekvenciatartományban is elképzelhető, amihez közönséges hangfrekvenciás generátor alkalmazható.

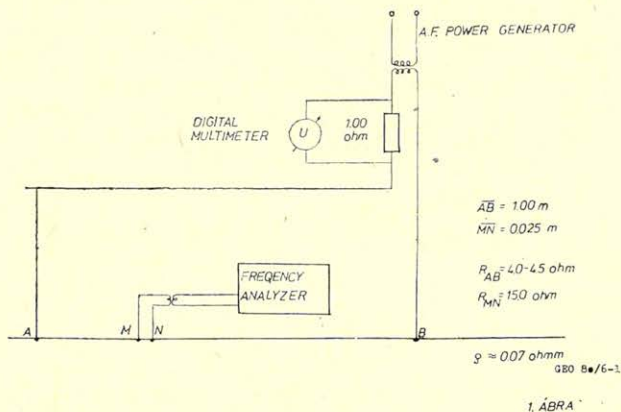
3. Technikai megoldás

Tekintve, hogy teljesítmény-hanggenerátor segítségével az eredeti modellező berendezés generátorával összevetve mintegy 20-szoros jel/zaj arány növekedést reméltünk, a mérősorozatot nem az eredeti modellező berendezés elektronikájával, hanem a GGKI saját műszerparkjából összeállított berendezéssel végeztük el.

A mérési blokkvázlatot és a legyártott elektródák adatait az 1. ábrán láthatjuk.

A tápelektrodákat az elektródatartó rúd segítségével engedjük bele az oldatba.

A kád mérésre használt területe homogén volt.



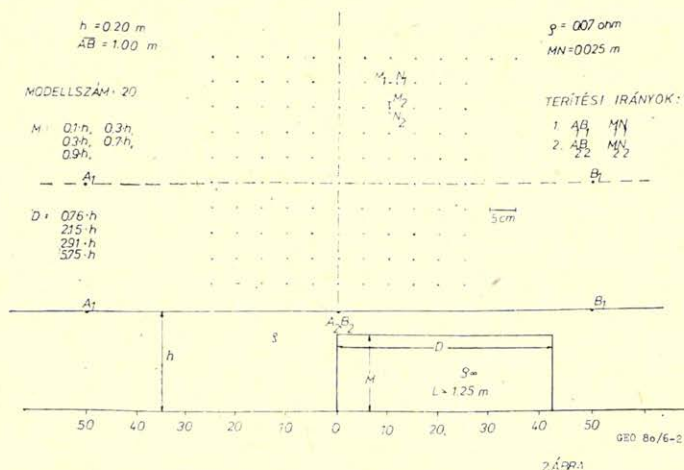
1. ábra. A mérés technikai elrendezése

Рис. 1. Техническое устройство измерения

Fig. 1. Technical arrangement of the measuring system

4. A kitűzött feladat

Az egyenáramú PM-térképező módszer modellezésére alkalmassá alakított geoelektromos modellező berendezéssel elsőként a 2. ábrán közölt mérési feladatot oldottuk meg.



2. ábra. A mérési feladat paramétereit

Рис. 2. Параметры моделированной проблемы

Fig. 2. The parameters of the modelling problem

A mérésorozat megkezdése előtt (és közben is) horizontálisan homogén kétréteges féltér fölött hitelesítő potenciáltérképezést végeztünk. (Erre az esetre a mérési pontokra kapható potenciálkülönbségek zárt képletekkel számíthatók). A mért és a számított, térképekből előállított hányadosotérkép mutatja a 3. ábra. Látható, hogy a maximális relatív hiba 5%. Ha figyelembe vesszük, hogy az eltérések eloszlása a térképen nem véletlenszerű, hanem — feltehetően — különböző geometriai beállítási hibák felhalmozódásának következménye, akkor a kapott értékek egy korrekcióval még tovább pontosíthatók.



3. ábra. A mért és számított potenciálkülönbségek hányadosai kétréteges féltér felszínén

Рис. 3. Частные измеренных и вычисленных разниц потенциалов на поверхности двухслойной среды

Fig. 3. Ratios of measured and calculated potential differencies on the surface of a two-layered half-space

Miután a mérési sorozat várható pontosságáról meggyőződünk, térjünk vissza a modellparaméterekre!

Hosszú (kétdimenziósnaak tekinthető), különböző szélességű és magasságú nagyellenállású medencealjzat-kiemelkedés anomáliáját határoztuk meg. (A szerkezetek szigetelő voltát az alkalmazott modelltest anyagi tulajdonságai garantálják; a kétdimenziósság meglétét kísérletileg vizsgáltuk. Esetünkben a kétdimenziósság feltételét mindig biztosítottuk, amennyiben a modelltest hossza a terítés hosszát meghaladta.)

A szerkezeteket két, egymásra merőleges terítés esetén mértük be:

- az AB -vonal a kiemelkedésre dőlésirányú,
- az AB -vonal a szerkezet széle fölött (csapásirányban) halad keresztül.

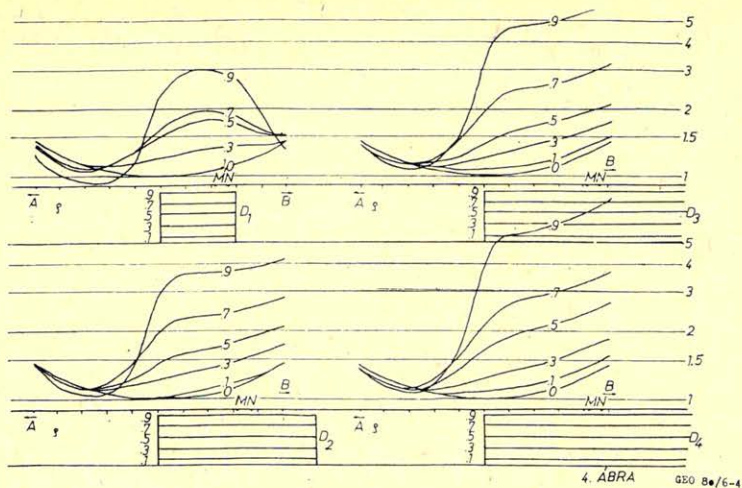
Mindenkor az AB -irányú (E_x) elektromos komponenst mértük.

A mért térerősségeket a szelvény középpontjában, kétréteges esetben kapható értékekre vonatkoztattuk. A dőlésirányú terítés ezen szelvényei a 4., a csapásirányú terítés szelvényei az 5. ábrán láthatók.

5. A mérési anyag feldolgozása

A potenciáltérképeket az [1]-ben ajánlott algoritmus alapján számítógéppel dolgoztuk fel.

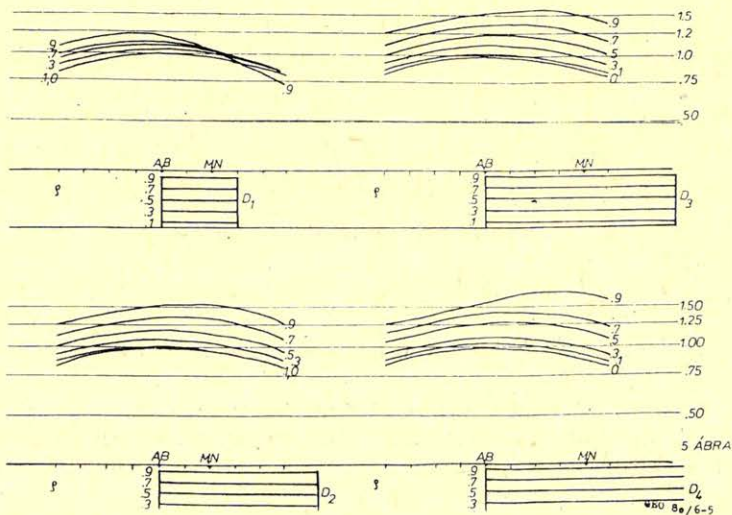
A módszer korlátainak, a kihasznált elméleti feltevéseknek a tudatosítása céljából érdemes röviden áttekinteni a feldolgozás lépéseit.



4. ábra. Nagyellenállású kiemelkedések fölött csapásirányban mért szelvények

Рис. 4. Измеренные профили над антиклиналями, имеющими высокое сопротивление при профилировании по простиранию

Fig. 4. Measured profiles above high resistivity structures along strike direction



5. ábra. Nagyellenállású kiemelkedések fölött dőlésirányban mért szelvények

Рис. 5. Измеренные профили над антиклиналями, имеющими высокое сопротивление при профилировании по наклону

Fig. 5. Measured profiles above high resistivity structures along dip direction

Szigetelő aljzatú kétréteges feltér fölött egy elektróda potenciálja a tőle R távolságban levő felszíni pontban, a szokásos jelölések alkalmazásával:

$$U(R) = \frac{I \varrho}{2 \pi} \left[\frac{1}{R} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{R^2 + (2nh)^2}} \right] \quad (1)$$

A koordinátarendszer 2. ábra szerinti felvételével az A , B tápelektrodák terében az (x, y) pontban mérhető $E_x(x, y)$ térerősség:

$$E_x(x, y) = \frac{\partial U_A(R_A)}{\partial x} + \frac{\partial U_B(R_B)}{\partial x} \quad (2)$$

Figyelembe véve, hogy $r = AB/2$ és ha élünk az

$$R_A = \sqrt{(r+x)^2 + y^2} \quad \text{és} \quad R_B = \sqrt{(r-x)^2 + y^2}$$

összefüggésekkel, akkor E_x -en elvégezhetjük az x szerinti parciális differenciálást és a kapott kifejezést végül az alábbi alakra hozhatjuk:

$$E_x(x, y) = \frac{I \varrho}{2 \pi} \left\{ \frac{r+x}{[(r+x)^2 + y^2]^{3/2}} \left[2 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{(r+x)^2 + y^2}{(r+x)^2 + y^2 + (2nh)^2} \right)^{3/2} + 1 \right] \right\} + \\ + \frac{I \varrho}{2 \pi} \left\{ \frac{r-x}{[(r-x)^2 + y^2]^{3/2}} \left[2 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{(r-x)^2 + y^2}{(r-x)^2 + y^2 + (2nh)^2} \right)^{3/2} + 1 \right] \right\} \quad (3)$$

Felismerhetők a $p = \sqrt{(r \pm x)^2 + y^2}$ -hez tartozó ún. kétréteges normálgörbék:

$$G(p) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{p^2}{p^2 + (2nh)^2} \right]^{3/2} + 1 \quad (4)$$

Bebizonyítható, hogy amikor $p/h_1 > 2$, a $G(p) \approx p/h_1$. Ekkor beszélünk az S-tartományról.

Ilyenkor

$$E_x(x, y) = \frac{I \varrho}{2 \pi} \left[\frac{r+x}{(r+x)^2 + y^2} + \frac{r-x}{(r-x)^2 + y^2} \right] \quad (5)$$

Látható, hogy az alábbi feltételek együttes teljesülésekor:

- horizontálisan homogén kétréteges esetben,
- az S-tartományban

az $E_x(x, y)$ függvényből a réteghatár h mélysége az (5) segítségével valóban meghatározható.

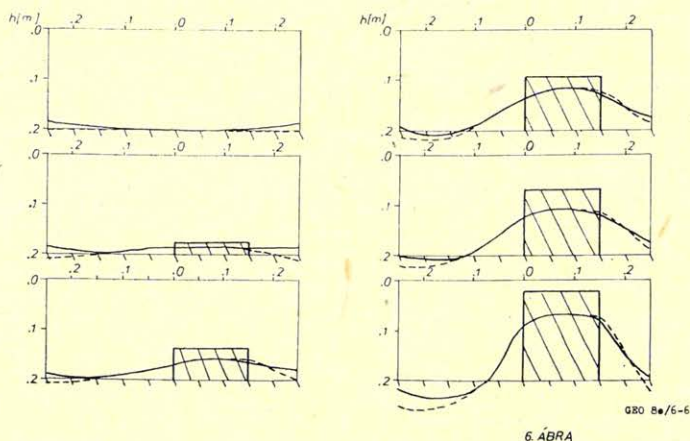
Nyilvánvaló, hogy horizontális inhomogenitás esetén az első feltétel nem teljesül, és a terepen előre nem lehetünk tökéletesen biztosak a második feltétel teljesülésében sem, az általánosan használt mélységszámítási eljárásokban mégis mindkét kikötéssel élünk.

6. Értelmezés

Szembesítsük egymással az anomáliát okozó horizontális inhomogenitásokat és a modellek fölött mért E_x értékekből a mélységszámítási eljárással nyert hatófelületeket!

A 6. ábrán hat, dőlésirányú AB-vonal mentén számított mélységszelvényt mutatunk be. A kétréteges feltér fölött kapott szelvényen kívül a D_1 szélességű sasbérc-sorozat esetére mutatunk be mélységszelvényeket.

A folytonos vonallal kihúzott görbe az (5) alapján számított mélységszelvényt ábrázolja, míg a szaggatott vonallal berajzolt szelvényszakaszoknál figyelembe vettük azt, hogy a kétréteges normálgörbének nem az S-tartománybeli, hanem egy közbülső szakaszát kell érvényesnek venni. Ennek értelmében a szaggatott vonalakat az általánosabb, (3) összefüggésnek az adott esetre alkalmazható közelítésével számítottuk. A 6. ábra szerint is így visszanyerhető a kétréteges feltér h mélységű határfelülete.



6. ábra. A modellmérési adatokból számított, valamint a tényleges szerkezetek sorozata

Рис. 6. Серия высчитанных структур, полученных из измеренных данных и реальных структур

Fig. 6. Series of structures, calculated from modell-measurements and real structures

Látható, hogy a sasbércek magasságának növekedésével mindkét mélységszelvény egyre hamisabb értékeket szolgáltat függetlenül attól, hogy éltünk-e az S-tartomány feltételezéssel (második feltétel) vagy nem.

A növekvő torzulások oka az, hogy a mélységszámítási eljárásban a kétréteges feltér kikötést (az első feltételt) egyre durvábban sértjük meg.

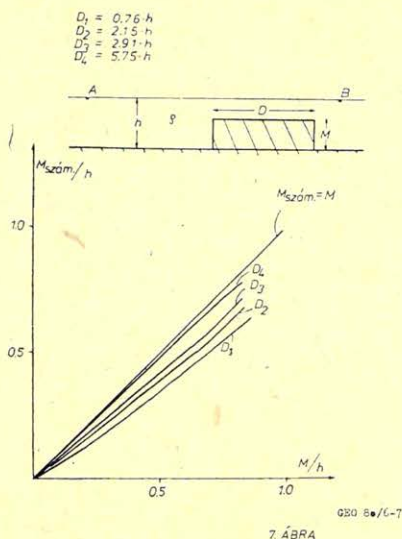
Ennek ellenére a meghatározható mélységek követik a valódi hatófelületet.

A mérési adatok alapján összeállítható egy kiértékelő görbe, ami – a két tápelektroda vonalára merőlegesen elhelyezkedő – kétdimenziósnak tekinthető, nagyellenállású inhomogenitásnak a valódi és a mélységszámítási eljárással kapott magassága közötti összefüggést adja meg a sasbérc szélességének a függvényében.

A 45° -os egyenes jelentené a számított és a valódi magasság azonosságát. Ez csak $D \gg AB$ esetben következne be. A D szélesség csökkenésével a hagyományos kiértékelési eljárással a valódihoz képest egyre kisebb magasságok határozhatók meg.

A tényleges és a számított magasságok összefüggését megadó görbesorozat segítséget nyújthat a szigetelő aljzat realisabb mélységének meghatározásában.

Az egyenáramú PM-modellezés következő programja többek között olyan háromdimenziós hatók (bauxittöbrök) modellezése lesz, amelyek – bizonyos megkötésekkel – numerikusan is modellezhetők.



7. ábra. Az A, B elektródák között elhelyezkedő nagyellenállású kiemelkedések tényleges, valamint a mélységszámítási eljárással meghatározható magasságainak összefüggése

Рис. 7. Связь между реальными толщинами антиклиналей расположенных между электродами А и В и толщинами, полученными по глубино-определяющему методу

Fig. 7. Relation between altitudes of high resistivity structures situated between the A and B electrodes and those determined by a depth-calculating procedure.

A frekvenciaszondázáson túlmenően továbbra is célunk, hogy másfajta – elsősorban egyenáramú – elektromos módszerek modellezésével is kísérletezzünk, mint például a fúróluk-elektroda módszerrel, vagy olyan elrendezésekkel, ahol az összes táp- és mérőelektrodát az oldatba süllyesztjük.

Végezetül köszönetet mondok az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet Szilárd Ásványtelepek Kutatási Főosztályán dolgozó kollégáknak, akik a mérés elvégzésére megbízást adtak és a munkámat konzultációkkal segítették.

IRODALOM

1. Simon A.: A potenciáltérképezések elmélete, néhány feldolgozási módszer. MÁELGI belső jelentés, 1974.
2. Szarka L.: 3. sz. EML-jelentés a MÁELGI részére.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>И. Барат—Л. Морваи Л. Сендрэ:</i> Система интерпретации геофизических данных глубинного бурения на вычислительной машине	161
<i>И. Балог:</i> Модель для определения содержания алюминия в бокситах на основании нейтрон-активационных каротажных измерений	170
<i>Ж. Комлоши:</i> Применение методов математической статистики при геофизической интерпретации данных глубинного бурения	179
<i>П. Егерсегги:</i> Влияние положения электродов и применения двух цепей питания при геоэлектрическом зондировании	185
<i>Л. Сарка:</i> Аналоговое моделирование потенциального картографирования	193

CONTENTS

<i>I. Baráth—L. Morvai—D. Szendrő:</i> Interpretation system of well log geophysical data using a computer of type R—35	161
<i>I. Balogh:</i> Model for alumina content determination of bauxites on the basis of neutron activation well loggings	170
<i>Zs. Komlósi:</i> Application of mathematical statistics with the geophysical interpretation of well logs	179
<i>P. Egerszegi:</i> Effect of the location of electrodes and of the use of two feeding circuits with geoelectric soundings	185
<i>L. Szarka:</i> Analogue modelling of potential mapping	193

MAGYAR GEOFIZIKA

A szerkesztésért felelős: Dr. Sebestyén Károly

A szerkesztőség címe: 1368 Budapest VI., Anker köz 1. Telefon: 429-754

Kiadja a Lapkiadó Vállalat, 1073 Budapest, Lenin körút 9—11. Telefon: 429-350, Levélcím: 1906 Budapest, Pf. 223

Felelős kiadó: Siklósi Norbert igazgató

80.616. Állami Nyomda, Budapest. Felelős vezető: Bresztovszky Péter igazgató

Terjeszti a MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

Egyesületi tagoknak tagdíj ellenében

Megjelenik évente hatszor

Index: 26 507

Global