

Széntelepes összlet tektonikai zavarainak kimutatása bányavágatból geoelektromos mérésekkel*

CSÓKÁS JÁNOS**

Széntelepek gépesített művelésének tervezéséhez ismerni kell a telepben levő tektonikai zavarokat, vetőket, kiékelődéseket. Ha a gépesített front előre nem látott tektonikai zavarhoz érkezik, akkor baleset, vízbetörés, elmeddülés következhet be és a fejtőgép kiépítése, valamint a termelés kiesése nagy veszteséget okoz.

Széntelepes összletben tektonikai zavarok kimutatása bányavágatban végzett geoelektromos mérésekkel az összletbe vezetett áram potenciálterének matematikai leírásán alapul a telep és az ágyazó összlet fajlagos ellenállása és a telepvastagság ismeretében az elektródok közötti távolság függvényében, ha a homogén fajlagos ellenállású telepet párhuzamos felületek határolják.

Выявление тектонических нарушений электроразведочными работами в угольных шахтах основывается на математическом описании потенциального поля, создаваемого током, подаваемым на серию угольных пластов. Отклонения расчетных величин сопротивления от наблюдаемых обусловлены наличием тектонических нарушений. В настоящем докладе излагается потенциальная зависимость, характерная для гранич разделов угольных залежей, а также программа для обработки данных на ЭВМ и приводятся примеры.

The detection of tectonic disturbances by means of geoelectrical measurements in coal drifts is based upon the mathematical description of the potential field due to current conducted into the series. If the computed resistance data differ from the measured ones, this originates in tectonic disturbances. This paper presents the potential function existing at the boundaries of the coal-bed and the computer program of the master curves and case histories.

Bevezetés:

Széntelepek gépesített művelésének tervezéséhez ismerni kell a telepben levő tektonikai zavarokat, vetőket, kiékelődéseket, ugyanis, ha a gépesített front előre nem látott tektonikai zavarhoz érkezik, akkor baleset, vízbetörés, elmeddülés következhet be és a fejtőgép kiépítése, valamint a termelés kiesése nagy veszteséget okoz.

Tektonikai zavarok kimutatása vágatban végzett geoelektromos mérésekkel szénbányában tudomásunk szerint eddig nem történt, csak szeizmikus csatornahullámokkal végeztek hasonló célból kísérleteket [1]. Széntelepes összlet tektonikai zavarának kimutatása bányavágatban végzett geoelektromos mérésekkel az összletbe vezetett áram potenciálterének matematikai leírásán alapul a telep és az ágyazó összlet fajlagos ellenállása és a telepvastagság ismeretében az elektródok közötti távolság függvényében, ha a homogén fajlagos ellenállású telepet párhuzamos felületek határolják.

A széntelep és ágyazó összleteinek fajlagos ellenállása előfúrásban végzett bányakarottázzsal, közeli fúrások felszíni karottázás-szelvényeiből és vertikális geoelektromos szondázással (VESZ) meghatározható. A telepvastagság és az elektródok közötti távolság megmérhető. Az említett adatok ismeretében ki lehet számítani azt a potenciálkülönbséget, amelyet egy vágatban a telepbe vezetett áram a szóban forgó vagy a szomszédos vágatokban két pont között zavartalan település esetén létrehoz, és amely megmérhető. A potenciálkülönb-

* Elhangzott 1974. szeptemberben a XIX. Szimpóziumon, Torunban.

** Csókás János; Nehézipari Műszaki Egyetem, Geofizikai Tanszék Miskolc

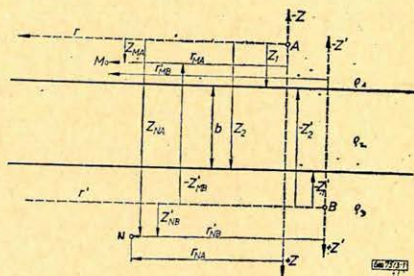
ség és az áramerősség hányadosa az áramkörbe kapcsolt telepes összetétel ellenállásával egyenlő. Ha a számított ellenállás-értékektől a mért adatok eltérnek, azt tektonikai zavarok okozzák.

A széntelepleben levő tektonikai zavarokat, vetőket általában az ágyazó összetétel hasonló jellegű tektonikai zavarai kísérik, ami szintén a számított ellenállás-eloszlás torzulását okozza.

1. Elektromos potenciáltér széntelepes összetételben

Véges vastagságú, párhuzamos síkokkal határolt rétegből és azt ágyazó két végtelen vastagságú rétegből álló feltérbe ágyazott áramforrás potenciál-függvénye ismert [2].

Ha a fedő, a telep és a fekü fajlagos ellenállása ρ_1 , ρ_2 és ρ_3 , az ágyazó rétegek végtelen vastagok, a telepvastagság: b , akkor az 1. ábra szerinti elrendezésben az A és B elektródokon bevezetett I áram az M és N potenciál-elektrodok között a következő potenciálkülönbséget hozza létre [2]:



1. ábra. A potenciálfüggvény felírásához
Рис. 1. Запись потенциальной функции
Fig. 1. The electrode array for the description of the potential field

$$\Delta U = (U_M^A - U_N^A) - (U_M^B - U_N^B), \quad (1)$$

ahol U_M^A az A áramelektrod potenciálja az M potenciál-elektrodnál és így tovább értelemszerűen. A [2] alapján felírva kapjuk, hogy:

$$\begin{aligned} \Delta U = & \frac{I \rho_1}{4\pi} \left[\frac{1}{R_{MA}} + k_{21} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + 2z_1 + z_{MA})^2 + r_{MA}^2}} - \right. \\ & \left. - k_{23} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + 2z_2 - z_{MA})^2 + r_{MA}^2}} \dots \right] \\ & - \frac{I \rho_1}{4\pi} (1 + k_{21})(1 - k_{21}) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + z_{NA})^2 + r_{NA}^2}} - \\ & - \frac{I \rho_3}{4\pi} (1 - k_{21})(1 + k_{23}) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb - z'_{MB})^2 + r'_{MB}^2}} + \\ & + \frac{I \rho_3}{4\pi} \left[\frac{1}{R_{NB}} + k_{23} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb - 2z'_1 + z'_{NB})^2 + r'_{NB}^2}} - k_{21} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb - 2z'_2 + z'_{NB})^2 + r'_{NB}^2}} \right], \end{aligned} \quad (2)$$

melyben $R_{MA}^2 = z_{MA}^2 + r_{MA}^2$, továbbá z_1 a ρ_1 fajlagos ellenállású közegben levő A elektród távolsága a teleptől, z_2 pedig a ρ_3 fajlagos ellenállású közegtől, $(z_{MA}; r_{MA})$ és $(z_{NA}; r_{NA})$ az M , illetve az N potenciál-elektrodok hengerkoordinátái a $(z; r)$ rendszerben, melynek origója az A pontban van. Hasonlóan $R_{NB}^2 = z'_{NB}^2 + r'_{NB}^2$, z , a ρ_3 fajlagos ellenállású közegben levő B elektród

távolsága a teleptől, z'_2 pedig a ϱ_1 fajlagos ellenállású közegtől. (z'_{MB} ; r'_{MB}) és (z'_{NB} ; r'_{NB}) az M , illetve N elektródok hengerkoordinátái a (z' ; r') rendszerben, melynek origója a B pontban van. A fajlagos ellenállás-kontrasztok: $k_{ij} = (\varrho_i - \varrho_j)/(\varrho_i + \varrho_j)$, ahol $i, j = 1, 2, 3$.

A potenciál-eloszlás kiszámítása és a bányatérsgben elvégezhető mérések szempontjából legegyszerűbb elektród-elrendezésnél mind az A és B áramelektrodok, mind az M és N potenciál-elektrodok a telepet az ágyazó összetettől elválasztó két határfelületen helyezkednek el equatoriális dipól-elrendezésben a 2. ábra szerint.

Ha az áram- és a potenciáldipól elektródjai a széntelep határain azokra merőleges egyenes mentén ugyanabban, vagy két különböző vágatban helyezkednek el a dipólok közötti távolság r , akkor $R_{MA} = R_{NB} = r_{MA} = r_{NA} = r'_{MB} = r'_{NB} = r$, továbbá $z_{MA} = z_{NB} = z_1 = z'_1 = 0$, és $z_2 = z_{NA} = b$, valamint $z'_2 = z'_{MB} = -b$.

Tehát

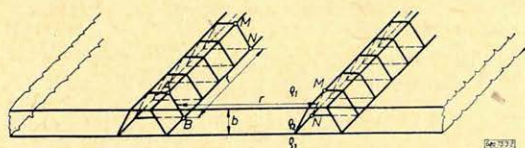
$$\begin{aligned} \Delta U = & \frac{I \varrho_1}{4\pi} \left[\frac{1}{r} + k_{21} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb)^2 + r^2}} - k_{23} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + 2b)^2 + r^2}} \right] - \\ & - \frac{I \varrho_1}{4\pi} (1 + k_{21}) (1 - k_{23}) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + b)^2 + r^2}} - \\ & - \frac{I \varrho_3}{4\pi} (1 - k_{21}) (1 + k_{23}) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + b)^2 + r^2}} + \\ & + \frac{I \varrho_3}{4\pi} \left[\frac{1}{r} + k_{23} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb)^2 + r^2}} - k_{21} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n}{\sqrt{(2nb + 2b)^2 + r^2}} \right]. \end{aligned}$$

Az egyenletben levő tagok megfelelő csoportosítása és átrendezése után írható, hogy:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta U}{I} = & \frac{\varrho_1 + \varrho_3}{4\pi r} \left\{ 1 + \frac{\varrho_1 k_{21} + \varrho_3 k_{23}}{\varrho_1 + \varrho_3} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n \frac{r}{b}}{\left[4n^2 + \frac{r^2}{b^2} \right]^{1/2}} - \right. \\ & - \frac{\varrho_1 k_{23} + \varrho_3 k_{21}}{\varrho_1 + \varrho_3} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n \frac{r}{b}}{\left[4(n+1)^2 + \frac{r^2}{b^2} \right]^{1/2}} - \\ & \left. - [(1 - k_{21} k_{23}) + k_{13} (k_{21} - k_{23})] \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(k_{21} k_{23})^n \frac{r}{b}}{\left[4 \left(n + \frac{1}{2} \right)^2 + \frac{r^2}{b^2} \right]^{1/2}} \right\}. \quad (4) \end{aligned}$$

A (4) egyenlet segítségével tehát kiszámítható a b vastagságú és ϱ_2 fajlagos ellenállású homogén széntelep és a ϱ_1 , ill. ϱ_3 fajlagos ellenállású ágyazó összeteteinek $\Delta U/I$ ohm ellenállása a telephatárokon elhelyezett equatoriális dipól-elrendezés esetére az r dipóltávolság függvényében. Ugyanez az összefüggés

bányavágatokban végzett geoelektromos mérésekkel is meghatározható. A számított és a mért értékek eltérése a telepben és az ágyazó összletben elhelyezkedő tektonikai vagy rétegtani eredetű, esetleg régi műveléssel létrehozott zavart jelent.



2. ábra. Equatoriális dipól-elrendezés vágatokban

Рис. 2. Экваториально-дипольная установка в горных выработках

Fig. 2. Dipole-array in the drifts

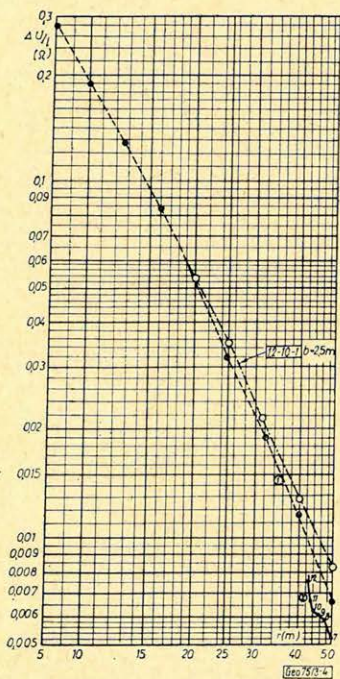
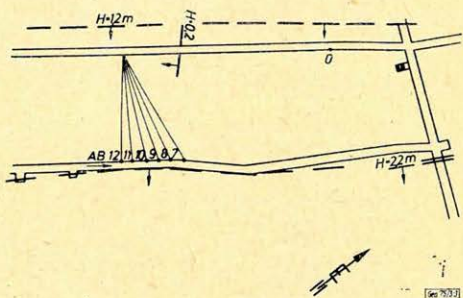
2. Gyakorlati példák.

A [4] egyenlettel leírt összefüggés gyakorlati ellenőrzése a Borsodi Szénbányák Rudolf-telep IV. akna, IV. telep 12. sz. front-alapvágatban és annak keleti légvágatában történt [3]. A két mérés elektród-elrendezését a 3. ábrán látható bányatérkép mutatja.

3. ábra. Bányatérkép a mérések elektród-elrendezésével

Рис. 3. Карта с установками электродов, применявшимися при исследованиях

Fig. 3. The electrode array in the drifts



4. ábra. A mért eredmények és az elméleti görbe illesztése

Рис. 4. Сопоставление полученных результатов с теоретической кривой

Fig. 4. The graphs showing the fitting of the measured resistance values to the master curve

Az egyik mérést a 12. sz. vágatban dipól-elrendezéssel végeztük úgy, hogy az MN potenciál-dipól a 0 pontban volt, az AB áramdipól attól a szokásos Schlumberger-terítésnek megfelelő lépésben távolodott a 9. sz. vágattól ellentétes irányban $r = 3$ m-től 50 m-ig. A dipólok a vágat keleti oldalán helyezkedtek el. A széntelepek vastagsága a 0 pontban 2,43 m.

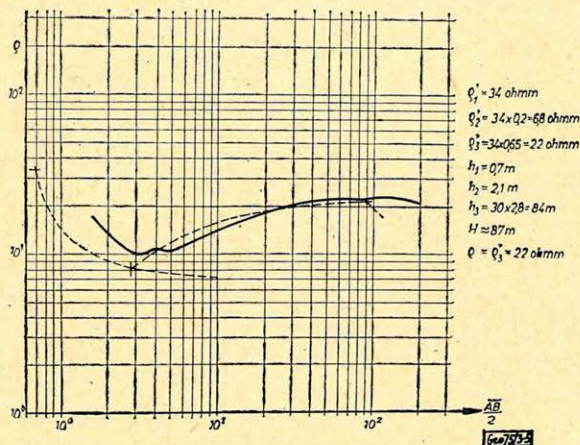
A mérési adatokból nyert $\Delta U/I = f(r)$ összefüggés (1. görbe) a 4. ábrán látható az 1,2-10-1; b 2,5 m paraméterű elméleti görbéhez illesztve. A két görbe nagy része, $r = 8-20$ m között, jól illeszkedik egymásra, ami az elméletileg felállított (4) egyenlet által leírt összefüggést kísérletileg igazolja.

A mért görbe végső szakaszánál, $r = 20-50$ m között jelentkező elválást a vágattal párhuzamosan a Ny-i oldalon, tőle kb. 10 m-re húzódó vezetőzóna ellenállás-csökkentő hatása okozza.

A második mérésnél a potenciál-dipól a 12. sz. vágatban, az áramdipól a keleti légvágatban helyezkedett el a 3. ábrán látható pontokban. A mért görbe pontjai (2. görbe) alacsonyabb értékűek, mint az elméleti görbe megfelelő szakasza. Az ellenállás-csökkenés oka a légvágat keleti oldalához igen közel húzódó vezetőzóna, ugyanis egyrészt a nagy ellenállású széntelep szakadása a vezetőzónában, másrészt az agyagos kis ellenállású fedő és fekü összlet közvetlen érintkezése lecsökkenti a dipóláramkör ellenállást. A mért 2. görbe legnagyobb csökkenése a 10. pontnál látható, ugyanis a légvágat és a vezetőzóna közötti távolság itt a legkisebb, továbbá ezen terítés áramterének foglalja el a legnagyobb részét a vezetőzóna.

A fentiek alapján megállapítható, hogy széntelepessé összlet tektonikai zavarai bányavágatban végzett geoelektromos mérésekkel kimutathatók.

A fedőösszlet fajlagos ellenállása vertikális elektromos szondázással (5. ábra) meghatározva: ($\rho_{fedő} = \rho_1 = 22,0$ ohmm-nek vehető. A 4. ábrán látható elméleti görbe paraméterei és a mért görbével való illesztés szerint $\rho_1 = 22,8$ ohmm. A széntelep fajlagos ellenállása tehát $\rho_2 = 190,0$ ohmm, a feküösszleté pedig $\rho_3 = 19,0$ ohmm.



5. ábra. Vertikális elektromos szondázási görbe

Рис. 5. Кривая вертикального электрического зондирования

Fig. 5. Interpretation of vertical electrical sounding

Függelék

I.

A (3) egyenlet szummás tagjai közül az azonos nevezővel rendelkezőket összevonva a (4) egyenlet harmadik szummás tagja előtti tényező a következő átalakítással nyerhető:

$$\begin{aligned}
 & [\rho_1(1+k_{21})(1-k_{23}) + \rho_3(1-k_{21})(1+k_{23})] = \\
 & = \rho_1 - \rho_1 k_{23} + \rho_1 k_{21} - \rho_1 k_{21} k_{23} + \rho_3 + \rho_3 k_{23} - \rho_3 k_{21} - \rho_3 k_{21} k_{23} = \\
 & = \rho_1 + \rho_3 - (\rho_1 + \rho_3) k_{21} k_{23} + (\rho_1 - \rho_3) (k_{21} - k_{23}) =
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= (\varrho_1 + \varrho_3) (1 - k_{21} k_{23}) + (\varrho_1 - \varrho_3) \frac{\varrho_1 + \varrho_3}{\varrho_1 + \varrho_3} (k_{21} - k_{23}) = \\
 &= (\varrho_1 + \varrho_3) [(1 - k_{21} k_{23}) + k_{13}(k_{21} - k_{23})]
 \end{aligned}$$

II.

A 4. ábrán látható elméleti görbe számítása a (4) egyenlet alapján számítógéppel Fortran IV. nyelven az alábbi program szerint történt. A szummák alatti tagok számlálója és nevezője r/b -vel osztva.

Program

```

MASTER DIPOL
REAL K21, K23, K13, K
DIMENSION RO (3,10), A (22), RI (22)
READ (1,1) RO
1  FORMAT (30FO.0)
   DO 10 N = 1,10
   K21 = (RO(2,N) - RO(1,N))/(RO(2,N) + RO(1,N))
   K23 = (RO(2,N) - RO(3,N))/(RO(3,N) + RO(2,N))
   K13 = (RO(1,N) - RO(3,N))/(RO(1,N) + RO(3,N))
   K = K21*K23
   SZ1 = (K21*RO(1,N) + K23*RO(3,N))/(RO(1,N) + RO(3,N))
   SZ2 = (K21*RO(3,N) + K23*RO(1,N))/(RO(1,N) + RO(3,N))
   SZ3 = K13*(K21 - K23) + 1.0 - K
   B = 0.7
   DO 11 L = 1,11
   R = 1.0
   DO 13 M = 1,22
   T,S1,S2,S3 = 0.0
   DO 12 I = 1,50
   J = I - 1
   S1 = S1 + K**J/SQRT((2.0*FLOAT(J)/R*B)**2 + 1.0)
   S2 = S2 + K**J/SQRT((2.0*B/R*(FLOAT(J) + 1.0))**2 + 1.0)
   S3 = S3 + K**J/SQRT((B/R*(2.0*FLOAT(J) + 1.0))**2 + 1.0)
12  CONTINUE
   T = T + 1.0 + S1*SZ1 - S2*SZ2 - S3*SZ3
   T = T*(RO(1, N) + RO(3,N))/(4.0*3.14159265*R)
   A(M) = T
   R = R*1,25895
13  CONTINUE
   WRITE (2,8) (KI,KI = 1,3), (RO(KI,N),KI = 1,3),B,A
   8  FORMAT (10X,3(2HRO,I1,2H = ,10X)/1H+,17X,
   XF5.2,2(10X,F5.2)/10X,3HB = ,F5.2//5(5X,E14.7))
   B = B + 0.2
   WRITE (2,9)
   9  FORMAT (///)
11  CONTINUE
10  CONTINUE
12

```

RI(1) = 1.0
 DO 14 J = 2,22
 14 RI(J) = RI(J-1)*1.25895
 WRITE(2,15) RI
 15 FORMAT(10X,18HA TAVOLSÁGÉRTÉKEK:,//(10XF15.5))
 STOP
 END

IRODALOM

- [1] *Krey, Th. C.*: Channel Waves as a Tool of Applied Geophysics in Coal Mining. Geophysics, XXVIII. 5. pp. 701–714.
- [2] *Van Nostrand, R. G. and Cook, K. L.*: Interpretation of Resistivity Data. U. S. Government Printing Office, Washington, 1966. pp. 134–135.
- [3] *Csókás J.*: Feltáró és fejtéselőkészítő vágatokból tektonikai zavarok kimutatása geofizikai módszerekkel. I. Részjelentés. Borsodi Szénbányák. 1973. október, 5–17 o.

Lapszemle

Hidrológiai Közlöny 54. évf. 9. sz. 1974 szeptember

Vágás István: Egyesületi és műszaki hírek, 395. és 417. old. A hírek között beszámoló szerepel a Magyar Hidrológiai Társaság és a Magyar Geofizikusok Egyesülete Mélyfúrás Geofizikai Szakosztálya által 1974. május 24-én közösen rendezett ülészokról a „Műszeres kútvizsgálatok” köréből, amelyen a következő geofizikai érdekű előadások hangzottak el:

Lakatos Sándor: Réteggparaméterek meghatározásának korszerű lehetőségei és az ezzel kapcsolatban felmerült problémák.

Andrássy László – Hursán László – Kiss Emil – Papp Jenő – Viola Balázs: Kútdiagnosztikai vizsgálatok a vízkutatásban.

Hidrológiai Közlöny 54. évf. 10. sz. 1974 október

Aujeszky Géza – Karácsonyi Sándor – Scheuer Gyula: A DNY-i Bükk karsztvízföldtani viszonyai. 465–476. old.

Földtani Közlöny 104. köt., 2. sz. 1974

Dank Viktor: Elnöki megnyitó a Magyarhoni Földtani Társulat 125 éves fennállásának alkalmából rendezett ünnepi közgyűlésen 151–166. old.

Dank Viktor: A Magyarhoni Földtani Társulat és a Kőolajipar 190–199 old.

Földtani Kutatás XVII. évf., 3. sz. 1974

Szádeczky-Kardoss Elemér: A módszeres szubdukcióvizsgálat a hasznosítható telepek kutatásának szolgálatában, 1–10 old.

Horváth Ferenc – Stegena Lajos – Géczy Barnabás: Sziálikus és szimaikus ívközi medencék, 11–16 old.

Géczy Barnabás: Lemeztektonika és paleontológia. 17–21 old.

Szénás György: A lemeztektonika és bírálata. 35–38 old.

Balkay Bálint: A globális tektonika lokális problémái. 39–40 old.

Császár Géza – Haas János: Irodalmi áttekintés a lemeztektonikai elmélet mai helyzetéről. 41–56 old.

T. G.