

# A 7 és 9 elektródás laterolog szabályzási viszonyai

KUBINA ISTVÁN

A szerző tárgyalja a 7 és 9 elektródás laterolog stabilitási és szabályzási viszonyait. Összehasonlítja a 7, 9 és 3 elektródás laterolog szabályozását.

Vizsgálja a jelenleg használatos hazai gyártmányú laterolog berendezés használhatósági körülményeit.

В работе рассматриваются вопросы о стабильности и регулировании 7- и 9-электродной аппаратуры бокового каротажа. Дается сопоставление условий регулирования 7-, 9- и 3-электродной аппаратуры.

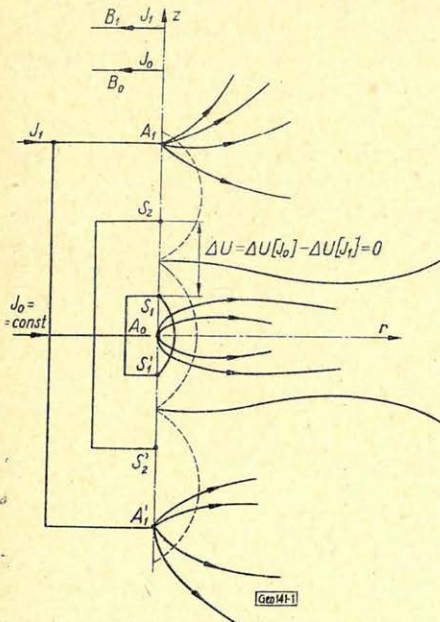
Обсуждается применимость используемой в настоящее время аппаратуры бокового каротажа венгерского производства.

Es werden die Stabilitäts- und Einregelungs-Verhältnisse des Laterologen mit 7. und 9. Elektroden mitgeteilt, und mit den Verhältnissen verglichen, die sich bei dem Laterologen mit drei Elektroden einstellen.

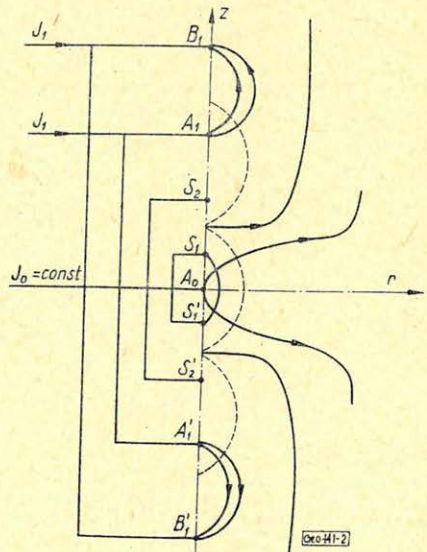
Darüber hinaus werden die Brauchbarkeitscharakteristiken der momentan im Gebrauch stehenden Laterologen-Einrichtung ungarischer Fabrikation untersucht.

Előljáróban néhány – a sokelektrodás laterolog rendszerekre jellemző – fogalmat definiálunk. Ezek az irodalomból általában jól ismertek és itt csak az egységes fogalomhasználat miatt foglalkozunk velük röviden.

A 7 elektródás laterolog szonda elrendezése az 1. ábrán látható. Az általában konstans intenzitású  $I_0$  mérőáram az  $A_0$  elektródán, míg ezen áram irányítását szolgáló  $I_{1/2}$ ;  $I'_{1/2}$  terelőáram az  $A_1$ , illet  $A'_1$  elektródán lép be a kőzettérbe



1. ábra



2. ábra

A visszatérő  $B_0$ , illetve  $B_1$  elektródák elméletileg végtelenben vannak.  $I_1$  áram értékét egy automatikus szabályzó segítségével úgy szabályozzuk, hogy az  $S_1-S_2$  elektródapár között keletkező különbségi potenciál  $-\Delta U = 0$  legyen. A köztér fajlagos ellenállására jellemző potenciált, pl. az  $S_1$  elektródára illeszkedő equipotenciál felület és a végtelenben levő zérus equipotenciál felület között mérjük.

A 9 elektródás laterolog – a „pseudó” laterolog abban különbözik a 7 elektródástól, hogy a 2. ábrán látható módon a  $B_1$  elektródát az  $A_1; A'_1$ ; kívül szimmetrikusan helyezzük el rövidrezárt  $B_2; B'_1$  elektródaként. Ez a változtatás csupán a szonda radiális érzékenységét módosítja, ezen túlmenően működése megegyező a 7 elektródás laterologgal.

\*

Az elmúlt években a különböző fúrólukviszonyok között végzett nagyobb számú terepi mérés felvetett néhány érdekes problémát. Ilyen probléma a laterolog mérés, a szabályzás pontossága a gyakorlatban előforduló térgeometriai és ellenálláseloszlás mellett. Ez a kérdés fontos az utóbbi időben kidolgozott, laterolog szondakombinációkra alapozott mennyiségi kiértékelési módszerek szempontjából, mivel a kiértékelési eredmény jóságát csak a mért adatok valószínű hibájának ismeretében lehet megítélni.

A laterolog mérés pontosságát – a mérőkör hibáitól eltekintve – az  $I_0$  és az  $I_1$  áram pontossága befolyásolja, mivel e két áram által létrehozott potenciál szuperpozíciójából alakul ki a köztér ellenállására jellemző potenciálérték:

$$U_{S1} = U_{S1}(I_0) + U_{S1}(I_1). \quad (1)$$

Az  $I_0$  áram konstans intenzitású, erről történik a hitelesítés, így ez nem okoz mérési hibát, ha kellően stabil az áramgenerátor.

A mérés hibáját elsősorban az  $I_1$  pontatlansága miatt keletkező abszolút potenciál eltérés az  $U_{S1}(I_1)$  hibája okozza. Bizonyítás nélkül is belátható, hogy ilyen körülmények között a mérés hibája mindig kisebb, mint az  $I_1$  áram, vagyis az  $U_{S1}(I_1)$  hibája.\*

Így elegendő az  $I_1$  áram hibáját vizsgálni. Annak ismeretében megadható a mérés azon hibája, amely az  $I_1$  áram pontatlanságából adódik.

Az  $I_1$  áram hibáját a következő kifejezéssel definiáljuk:

$$h = \frac{I_1^* - I_1}{I_1^*}, \quad (2)$$

ahol az  $I_1^*$  a  $\Delta U = 0$  ideális feltételekhez tartozó terelőáram érték.

$I_1$  pedig a tényleges terelőáram érték.

Az  $I_1^*$  értékét a

$$\Delta U = \Delta U(I_0) - \Delta U(I_1) \quad (3)$$

kifejezésből a

$$\Delta U = \Delta U(I_0) - \Delta U(I_1^*) = 0 \quad (4)$$

\*  $U_{S1}(I_1) = I_1 R_1$ ; ahol az  $R_1$  a szonda- és térgeometriától, valamint a tér ellenálláseloszlásától függő transzfer ellenállás.

feltételből határozhatjuk meg, ahol a

$\Delta U(I_0)$ ; az  $I_0$  áram által az  $S_1 - S_2$  elektródák között létesített különbségi potenciál,

$\Delta U(I_1^*)$ ; az  $I_1^*$  áram által az  $S_1 - S_2$  elektródák között létesített különbségi potenciál.

A (3) kifejezés felírható a következő alakban

$$\Delta U = I_0 R_{m0} - n_0 I_0 R_m = 0, \quad (5)$$

ahol

$$n_0 I_0 = I_1^*, \quad (6)$$

$$R_{m0} = \frac{\Delta U(I_0)}{I_0}, \quad (7)$$

és

$$R_m = \frac{\Delta U(I_1^*)}{I_1^*}. \quad (8)$$

A (3)-ból a  $n_0$ -t kifejezve, kapjuk

$$n_0 = \frac{R_{m0}}{R_m}. \quad (9)$$

Tehát ez az az  $\frac{I_1^*}{I_0}$  érték, aminél a  $\Delta U = 0$  feltétel teljesül.

Az  $R_{m0}$ , illetve  $R_m$  értéke homogén térben egyszerűen a szondageometriától függő mennyiség. A gyakorlati esetekben azonban ezen értékek meghatározása nem ilyen egyszerű, mivel a szondageometria mellett még az ellenállás eloszlástól és annak geometriájától is függ. Lehetséges lenne a (7), illetve (8) kifejezés alapján a gradiens- vagy potenciálszondákra rendelkezésre álló eltérési görbeseregekből meghatározni, azonban ennek elvi és gyakorlati akadályai vannak. A gradiens görbeseregek „pontoszerű” MN elektródapárra (térvektorra) készültek, így elvileg nem használhatók, a potenciál görbeseregekből pedig a különbségképzésnél ( $\Delta U = U_{S1} - U_{S2}$  alapon) a leolvasási pontatlanság és a két leolvasott érték közel azonos nagysága miatt nem lehet ezen függvény értékeket kielégítő pontossággal meghatározni.

Szerencsére a laterolog kiértékelési görbeseregek leszármaztatásánál éppen az  $n_0$  értékének meghatározásához szükségesek az  $R_{m0}$ ;  $R_m$  mennyiségek, így a görbeseregek leszármaztatásánál mellékesen megkapjuk ezeket.

A hibapotenenciál és az  $I_1$  áram hibája közötti összefüggést következőképpen határozhatjuk meg.

Az

$$I_1^* = n_0 I_0 \quad \text{és} \quad I_1 = n I_0$$

összefüggéseket felhasználva, az  $I_1$  áram hibája:

$$h = \frac{n^0 - n}{n_0}. \quad (10)$$

Ebből az  $n$  értéke

$$n = n_0(1 - h). \quad (11)$$

Ezt az (5)-be helyettesítve

$$\Delta U = I_0 R_{m0} - n_0(1 - h)I_0 R_m = I_0 n_0 h R_m. \quad (12)$$

Továbbá a (9)-et a (12)-be helyettesítve

$$\Delta U = I_0 h R_{m0}. \quad (13)$$

A (12) és (13) kifejezésekből látható, hogy milyen egyszerű közvetlen lineáris kapcsolat van a hibapotenciál és az  $I_1$  áram hibája között.

Vizsgáljuk meg a laterolog szabályzóhurok felépítését és azt, hogy a hurok erősítése milyen kapcsolatban van az  $R_{m0}$ , illetve  $R_m$  összefüggésekkel. A szabályzóhurok hatásvázlata a 3. ábrán látható.

A konstans intenzitású  $I_0$  mérőáramból az  $S_1 - S_2$  elektróda között keletkező  $\Delta U(I_0)$  feszültség, illetve  $\Delta U(I_1)$  feszültség különbségképzése az  $S_1 - S_2$  elektródákon történik. Az 1. szabályzó feladata, hogy a  $\Delta U$  hatására az  $I_1$  értékét úgy változtassa, hogy az elhanyagolható hibával megközelítse  $I_1^*$  értékét.

A szabályzás hibáját a következőképpen határozhatjuk meg a 3. ábra alapján.

A zárt szabályzó hurokra felírhatók a következő összefüggések:

$$I_0 R_{m0} - I_1 R_m = \Delta U, \quad (14)$$

és

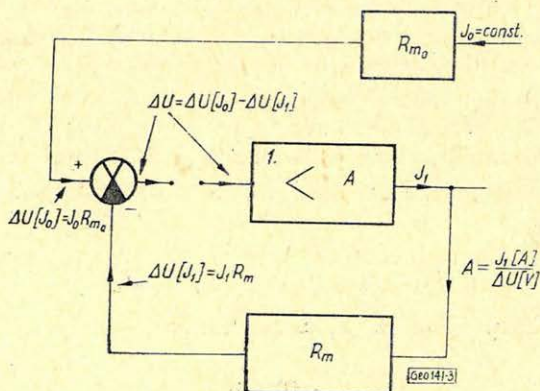
$$I_1 = \Delta U \cdot A, \quad (15)$$

ha a szabályzó átviteli függvényét úgy definiáljuk, hogy

$$A = \frac{I_1}{\Delta U} \left[ \frac{\text{Amp}}{\text{V}} \right], \quad (16)$$

tehát vezetés típusú mennyiség.

A (15)-öt helyettesítve (14)-be és rendezve



3. ábra

$$\Delta U = I_0 R_{m0} \frac{1}{1 + A R_m}. \quad (17)$$

Most összehasonlítva a (13) és (17) jobb oldalait kapjuk, hogy az  $I_1$  áram hibája:

$$h = \frac{1}{1 + A R_m}. \quad (18)$$

Ez alapvető összefüggés a laterolog típusú irányított áramterű mérőberendezések szabályzási viszonyainak tanulmányozásához, hasonlóan más visszacsatolt szabályzókhöz. A lényeges esetünkben, hogy az  $A \cdot R_m$  kifejezés megfelelő tényezőit a műszer, illetve a tér definiált jellemzőivel azonosítottuk és így ebből a kifejezésből lehet előírni a laterolog szabályzó specifikációs adatait.

Elsősorban az  $R_m$  függvény értékét vizsgáljuk meg. A (8) kifejezés szerint végtelen vastag kétréteges hengeres térben (4. ábra) valamilyen

$$R_m = \frac{\Delta U(I_1)}{I_1} = f \quad [\text{szonda geom; } \varrho_n; \varrho_c; d] \quad (19)$$

függvény. Ezen függvény viselkedése látható az 5. ábrán az optimális ( $S = 2,5$ ) laterolog szonda esetére. A görbét a  $\varrho_n/\varrho_c$  függvényében ábrázoltuk különböző (az olajipari gyakorlatban előforduló értéktartományba eső)  $\varrho_c$  és  $d$  paraméterek mellett. Az  $R_m$  görbékből látható, hogy az olajipari karotázs esetében az  $R_m$  értéke széles értéktartományban (több, mint öt nagyságrend) változhat. Ez igen szigorú követelményeket jelent elsősorban az automatikus szabályzóberendezés számára.

Közismert, hogy minden 3-nál több differenciáló típusú csatolóelemes fokozatból álló analóg szabályzó berendezés véges stabilitással rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy a szabályzó ún. stabilitás tulajdonságaitól függően bizonyos  $A \cdot R_m$  érték felett beleng (így a szabályzás hibája csak egy adott értékig csökkenthető). Azt, hogy mekkora ez az érték, a szabályzó amplitúdó-fázis karakterisztikája határozza meg (*Bode-v. Niquist diagram*). A 6. ábrán látható amplitúdó-fázis karakterisztikában ez azt jelenti, hogy amennyiben az  $A \cdot R_m$  érték eléri az  $A_{krit}$  értéket, amely

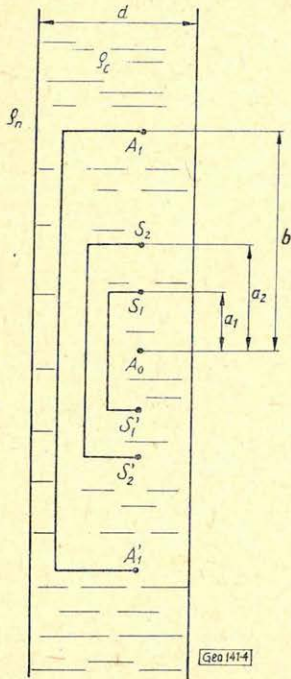
$$A_{krit} = \frac{A(\omega_0)}{A(\omega_{krit})} \quad (20)$$

értékként adódik, ahol

$A(\omega_0)$  a szabályzó amplitúdó-karakterisztikájának értéke az  $\omega_0$  üzemi frekvencián.

és

$A(\omega_{krit})$  a szabályzó amplitúdó karakterisztikájának értéke azon az  $\omega_{krit}$  kritikus frekvencián, mint pólus frekvencián, ahol a szabályzó fáziskarakterisztikája az üzemi frekvencián levő fáziskarakterisztika értékhez viszonyítva  $\pm\pi$  értéket vesz fel – azaz pozitív visszacsatolás lép fel.



1. ábra

Ez a tulajdonság nemcsak lineáris szabályozók, hanem a nemlineáris szabályozott erősítő áramkörök sajátossága is, csak ott ez a kapcsolat matematikailag lényegesen nehezebben kezelhető.

Figyelembe véve, hogy az  $R_m$  függvény értéke öt nagyságrendet változhat, valamint azt, hogy a legkisebb  $R_m$  értéknél a pontosság legalább 10% – vagyis a hiba  $h = 0,1$ -nél kisebb legyen, a (18)-ből

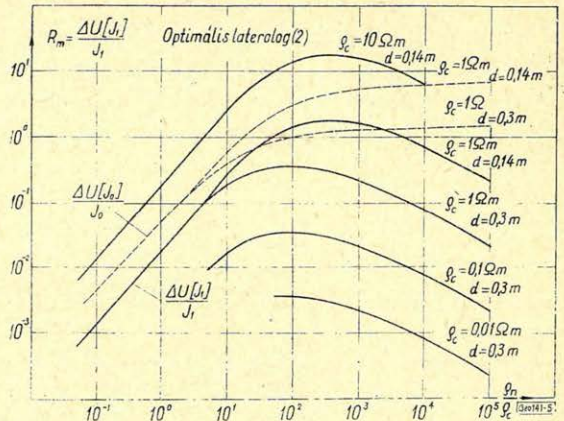
$$(A \cdot R_m)_{\min} = \frac{1-h}{h} = \frac{1-0,1}{0,1} = 9 \approx 10$$

adódik. Ugyanakkor az  $R_m$  értékének változását figyelembe véve

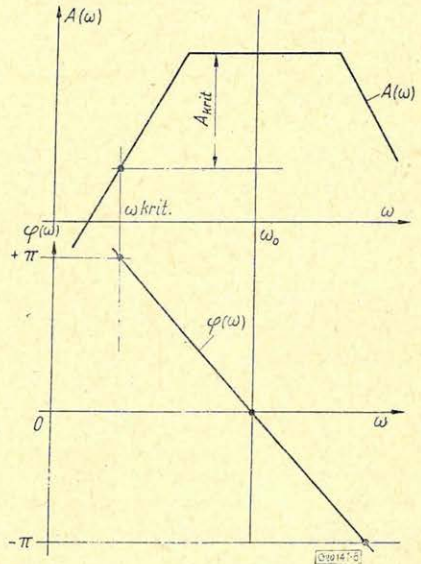
$$(A \cdot R_m)_{\max} \approx 10^6 - \text{lehet}$$

Tehát ilyen  $A \cdot R_m$  tartományban kell működnie a szabályozónak.

Következőekben nézzük meg, hogy milyen viszonyok lépnek fel az ún. 3 elektródás laterolog esetében. A szonda elvi elrendezése a 7. ábrán látható. Működési feltételei egyik változatnál, amikor  $I_0 = \text{const.}$  megegyeznek a



5. ábra

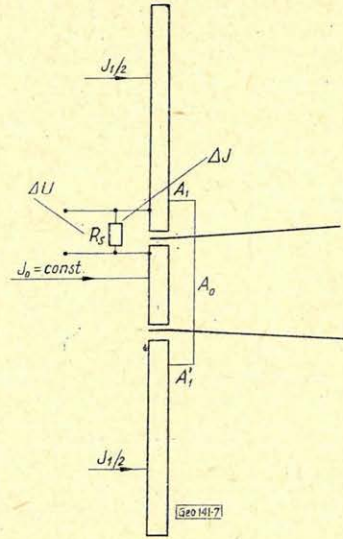


6. ábra

laterologéval. Az  $I_0 = \text{const.}$  az  $I_1$  értékét úgy szabályozzuk, hogy  $\Delta U \cong 0$ ; [ $\Delta I R_S = 0$ ] feltétel teljesüljön és mérjük pl. az  $A_0$  elektród potenciálját.

A másik változat esetén nagy intenzitású  $I_1$  áramot küldenek át az  $A_1$  elektródán. Az  $A_1$  és  $A_0$  elektróda közé kapcsolt ellenálláson is folyik áram, az  $I_1$  elektróda földelési ellenállásán az  $I_1$  áram által keltett  $U_{A1}$  potenciál hatására. Ez az áram az  $I_0$  mérőáram, ami természetesen nem konstans értékű. Az  $R_S$  ellenállás árammérő sönt szerepét tölti be. A mérést a

$$\varrho = \frac{U_M \cdot K}{I_0} \quad (21)$$



7. ábra

alapján végzik. Méri az  $U_M$  potenciál és  $I_0$  áram értékeket. Egy hányadosképző áramkörrel ezen két mennyiség hányadosának megfelelő feszültséget állítanak elő, amelyet a  $K = \text{const.}$  szondaállandónak és az ellenállásléptéknek megfelelően erősítenek és ezt az értéket regisztrálják. Automatikus szabályozást ebben az esetben nem alkalmaznak, mivel itt a működési elv szerint az  $U_{A1} = U_{A0}$  megfelel az előző esetben feltételezett  $\Delta U \cong 0$  feltételnek. Ezzel a változattal nem foglalkozunk részletesen a továbbiakban, mivel célunk a szabályzási viszonyok vizsgálata.

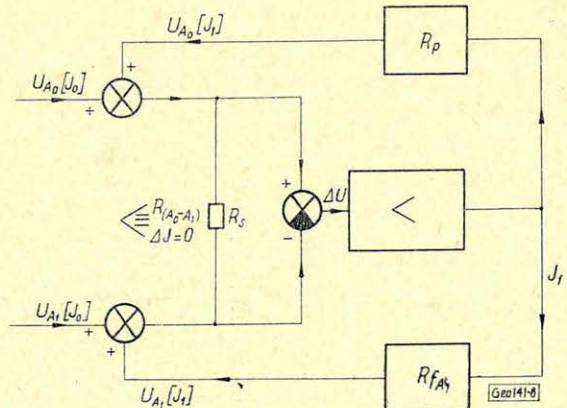
Az első esetnek megfelelő szabályzási hatásvázlat a 8. ábrán látható. Itt igen fontos a szabályzás szempontjából az  $R_S$  kisértékű ellenállás, amely az  $A_0$  és  $A_1 A_1'$  elektródák közé van kapcsolva. Tulajdonképpen a szabályzóknak az a feladata, hogy úgy állítsa be  $I_1$  értékét, hogy ezen az ellenálláson átfolyó

$\Delta I$  áram hatására fellépő  $\Delta U = \Delta I \cdot R_S$  különbségi feszültség legyen zérus. Az  $R_S$  ellenállás szerepe igen jelentős a szabályzólánc hurok erősítése szempontjából.

Ugyanis ez az ellenállás parallel kapcsolódik a kózetértől (és az elektród impedanciájától) függő  $R_m =$

$= \frac{\Delta U(I_1)}{I_1}$  fiktív ellenállás-

sal – ami a szabályzó hurok erősítésének változását adja – söntöli azt és mivel úgy



8. ábra

választják meg, hogy értéke  $R_S < R_{m \min}$  ezért megszünteti a szabályzóhurok erősítésének szélsőséges ingadozását!

Így stabilitás szempontjából sokkal kisebb követelményt jelent a szabályzó számára. Annak oka, hogy miért nem ezt a rendszert alkalmazzák, kizárólag a következő:

A 7 elektródás laterolog esetében az „S” megválasztásával

$$S = \frac{\overline{A_1 A_1'}}{00'} \quad (22)$$

befolyásolható a szonda radiális érzékenysége, így a karotázis-értékelésnél fontos  $\varrho_n$ ;  $\varrho_A$ ;  $D$

( $\varrho_n$  = az érintetlen közet fajlagos ellenállása,

$\varrho_A$  = az elárasztott zóna fajlagos ellenállása,

$D$  = az elárasztott zóna átmérője.)

különböző laterolog szondákkal (mélybehatolású, optimális, pseudo) készített szelvényekből – megfelelő kiértékelési görbeseregekkel – jól meghatározható.

A 3 elektródás laterolognál a radiális érzékenység csak az  $A_1$  elektróda nagymérvű nyújtásával lenne növelhető. Ez olyan  $I_1$  áramértékeket kívánna meg, amelyet technikailag nem tudunk előállítani. További hátránya ennek a rendszernek (különösen a második változat esetében), hogy az elektródák felületi ellenállása erősen befolyásolja a mérés megbízhatóságát. Csak igen stabil elektródfelületek esetén működhet kielégítően. Ezért a jövő továbbra is a sokelektrodás laterolog rendszereké, mivel ezekkel oldható meg a mennyiségi kiértékelés problémája, annak ellenére, hogy a szabályzóval szemben igen nagy követelményeket kell támasztani.

Ezután megnézzük, hogy a jelenlegi laterolog berendezés milyen tulajdonságokkal rendelkezik. Először tisztázzuk a berendezés specifikációs adataiból az erősítésjellemzőt.

A  $\Delta U_{\max} \cong 300 \mu\text{V}$ ;  $I_{1\max}(\Delta U_{\max}) = 200 \text{ mA}$  adatot felhasználva

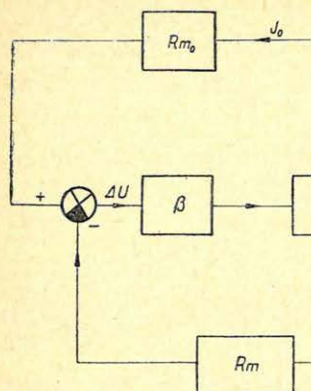
$$A = \frac{I_{1\max}}{\Delta U_{\max}} = \frac{200 \cdot 10^{-3}}{300 \cdot 10^{-6}} = \frac{2}{3} \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{A}}{\text{V}} \right].$$

A  $h_{\max} = 0,1$ -hez tartozó  $R_m$  érték

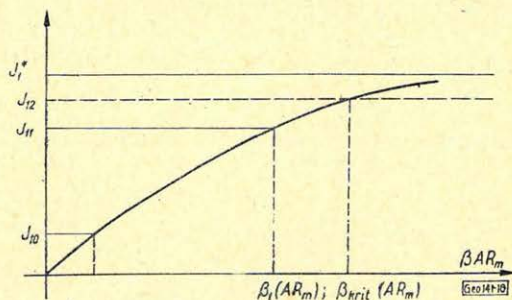
$$R_m = \frac{1}{A} \cdot \frac{1-h}{h} = \frac{3(1-0,1)}{2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-1}} = 1,35 \cdot 10^{-2} \Omega.$$

Tehát a szabályzó műszer 10%-os – vagy annál kisebb hibával csak  $R_m \cong 13,5 \cdot 10^{-2} \Omega$  értéktől alkalmazható! Ha szigorúbb hibaelőírást alkalmazunk, pl.  $h = 0,05$ , akkor

$$R_m = \frac{3 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \frac{0,95}{0,05} = 2,85 \cdot 10^{-2} \Omega.$$



9. ábra



10. ábra

Következő igen fontos jellemző az  $A_{krit}$  értékének meghatározása. Tekintve, hogy a szabályzó nem lineáris karakterisztikájú, ezért ezt csak az  $I_1$  értékéhez pontonként lehet meghatározni. Matematikai leírása zárt formában gyakorlatilag nem lehetséges, mert a szabályozott erősítő karakterisztikája nem ismert matematikai formában. Méréssel célszerű meghatározni a szabályzó ezen tulajdonságát.

A 9. ábrán látható méréselrendezéssel következő módon mérhető az  $A_{krit}$  érték (egyetlen feltétel, hogy  $R_m$  olyan nagy legyen, hogy  $A_{max}$ -nál a belengés bekövetkezzék):

Először meghatározzuk a  $\Delta U = 0$  -hoz tartozó  $I_1^*$  értéket az  $I_{10}$  nyugalmi terelőáram változtatásával úgy, hogy  $I_{10} = I_1^*$  értéket állítunk be megszakított szabályzólanál és ekkor a szabályzó nem módosítja az  $I_1$  értékét [természetesen stabil működési tartományban a „ $\beta$ ” jelű dekádcsillapító nélküli esetben ( $\beta = 1$ )].

Majd pl.  $I_{10} \ll I_1^*$  értékre állítva az  $I_{10}$  - értéket, és a 10. ábrán látható módon egy  $\beta_1 < \beta_{krit}$  érték mellett leolvassuk az  $I_{11}$  értéket (zárt szabályzóhurokban), ekkor igaz a (18) összefüggésnek megfelelően

$$h_1 = \frac{I_1^* - I_{11}}{I_1^*} = \frac{1}{1 + \beta_1 A R_m}, \quad (23)$$

majd  $\beta$  értékét növelve a kritikus belengési értékig igaz a (23)-hoz hasonlóan

$$h_{krit} = \frac{I_1^* - I_{1krit}}{I_1^*} = \frac{1}{1 + \beta_{krit} A R_m}. \quad (24)$$

A  $\beta_1$  értékét úgy választjuk meg, hogy  $I_{11}$  jól leolvasható legyen, azaz elterjen  $I_1^*$ -tól, de csak annyira, hogy  $A R_m$  lineárisnak legyen tekinthető. Ekkor a (23)-ból

$$A R_m = \frac{1 - h_1}{h_1 \cdot \beta_1}. \quad (25)$$

Növelve  $\beta$  értékét a kritikus belengési értékig (mivel itt rendszerint  $h_{krit}$  nem olvasható le), és  $A \cdot R_m$ -t konstansnak tekintjük, ekkor a  $h_{krit}$  értékét a (24)-ből határozhatjuk meg, mivel  $\beta_{krit}$  és  $A \cdot R_m$  ismert. Az  $(A \cdot R_m)_{krit}$  értékét – tehát a hurokstabilitást – a (18)-ból a (26) adja

$$(A R_m)_{krit} = \frac{1 - h_{krit}}{h_{krit}}. \quad (26)$$

Ebbe behelyettesítve (24)-et kapjuk

$$(A R_m)_{krit} = \beta_{krit} A R_m. \quad (27)$$

A jelenlegi laterolog berendezéseknél ez az érték kb. 100 – 150-re adódik. Tehát azt jelenti, hogy  $h_{min} \approx 0,01$  lehet.

Ez a szelvényezési gyakorlatban eddig a legtöbb esetben kielégítő érték volt, természetesen akkor, ha az  $A$  értékét az adott szelvényezésnél előforduló  $R_m$  értéktartománynak megfelelően állítottuk be. A normál nagylengyeli és homokkő területeken, ahol a  $\varrho_c > 0,5 \Omega m$  általában probléma nélkül használható, ha az  $A$  (és  $I_{10}$ ) értéke helyesen van beállítva.

A helyes beállítást igen egyszerű ellenőrizni terepi körülmények között is, amennyiben ismert az  $R_m$ -fv értéke és viselkedése, valamint egy ellenállás-szelvény. Az ellenőrzés a következő:  $I$ . az ellenállás-szelvény alapján kiválasztjuk a szelvényezendő szakaszból azt a helyet, ahol a  $\varrho_n/\varrho_c$  függvényében a legkisebb (vagy eléggé kicsi)  $R_m$  érték várható, és ez a réteg elég vastag ( $L > 3 \div 4 \overline{A_1 A_1'}$ ).

2. Itt beállítjuk a szabályozóberendezést a közismert módon, azaz  $I_{10} \approx I_1^*$ ; ami azt jelenti, hogy a beállított nyugalmi (szabályozás nélküli) terelőáram legyen közel egyenlő azzal a terelőáram értékkel, amelyet a szabályozó berendezés a vizsgált helyen automatikusan beállít.

3. Ezután a működő szabályzás mellett megszüntetjük (megszakítjuk) az  $I_0$  áramot és vizsgáljuk, hogy az  $I_1$  áram, vagy a mért  $\varrho_l$  látszólagos ellenállás értéke mennyire csökkent le a megszakítás nélküli  $I_0$  esetben mérthez viszonyítva. A szabályzás pontossága kielégítő, ha az

$$I_1 \leq 0,1 \cdot I_1^* \quad (28)$$

vagy

$$\varrho_l \leq 0,1 \varrho_l^*$$

egyenlőtlenség teljesül.

( $\varrho_l^*$  = a megszakítatlan  $I_0$  és működő szabályzás esetén mért ellenállás.)

Ez megfelel a  $h < 0,1$  esetnek.

4. Továbbá ellenőrizni kell még a szabályzás stabilitását olyan helyen, ahol az  $R_m$  maximális értéket vehet fel. (Természetesen itt is kellően vastag réteget kell kiválasztani!) Amennyiben a szabályzó – álló helyzetben – stabil, a mérés minden további nélkül elvégezhető. Ha a stabilitás nem megfelelő (leng a szabályzó), akkor a szabályzóhurok erősítését addig kell csökkenteni, amíg az stabil lesz. Ezután célszerű a pontosságot a minimális  $R_m$ -értékű helyen újból ellenőrizni és ezután szelvényezni. Abban az esetben, ha ez a két követelmény nem valósítható meg egyidőben, akkor a szelvényezést két különböző

hurokerősítésű beállításban kell elvégezni, hogy az igen kis  $R_m$ -értékű helyeken a szelvény elég pontos, a nagy  $R_m$ -értékű helyeken pedig kielégítően stabil legyen.

Az előbbieken ismertett vizsgálati eredmények alapján az OKGT-nél jelenlegi fejlesztési feladat a nagy hőfokállóság mellett a stabilitási és erősítési problémák megoldása, ami rendszertechnikai változtatásokat is szükségessé tesz.

Specifikációs követelmények

$$\varrho_c = 0,01 \div 10 \Omega m$$

$$\varrho_n = 0,1 \div 10^5 \Omega m$$

$$d = 0,14 \div 0,3 m$$

$$h_{\max} = 0,1(\varrho_{c\min}; \varrho_{n\max}; d_{\max}\text{-nál})$$

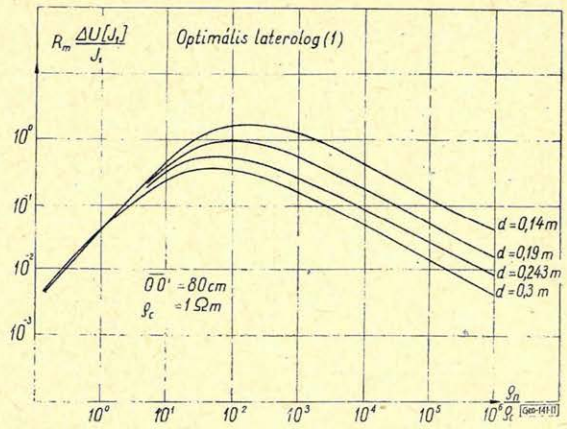
vagy ennél kisebb!

Néhány további használatos laterolog szonda  $R_m$ -függvényét is közreadjuk. A 11., 12., 13. és 14. ábrákon található  $\varrho_c$ -re normálva. Bármely más  $\varrho_c$  értéknél az  $R'_m$

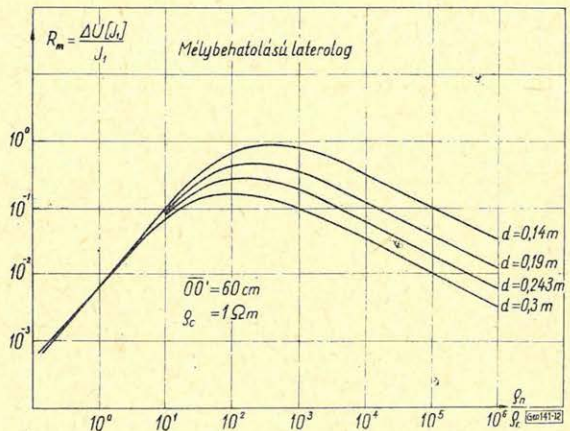
$$R'_m = \varrho_c \cdot R_m \quad (30)$$

alapján számítható.

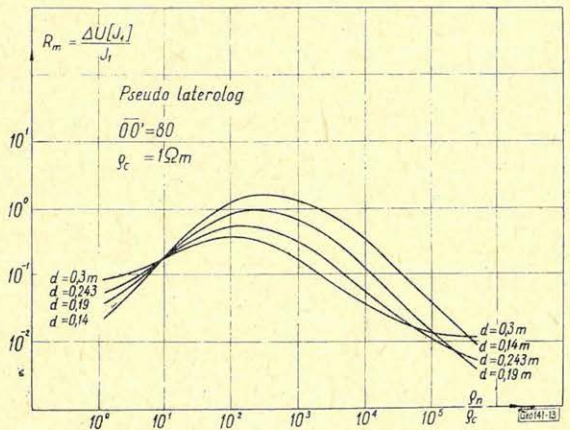
Minden új területen célszerű ellenőrizni a berendezés működési viszonyait, illetve a használhatóság feltételeit az 5. ábrával kapcsolatban bemutatott példa szerint, a használni kívánt szondák esetére. Az ellenőrzés az egyes szondákra a 11., 12., 13., 14. ábrák és a (28) kifejezés segítségével végezhető el.



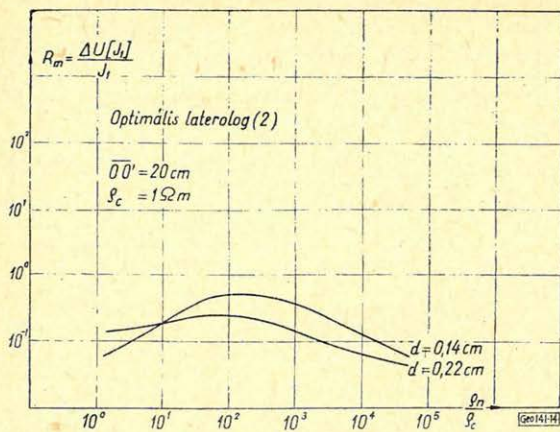
11. ábra



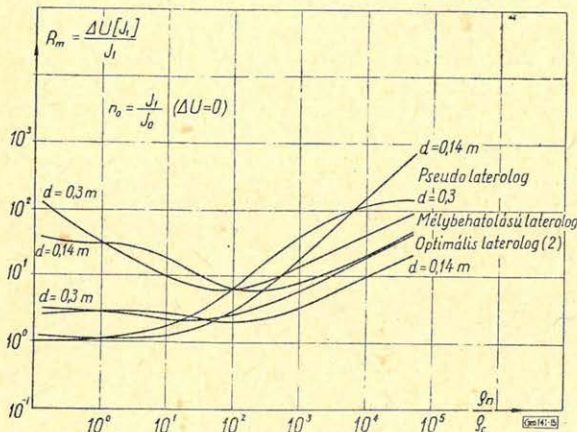
12. ábra



13. ábra



14. ábra



15. ábra

Ugyancsak ezekből a görbeseregekből határozhatók meg a tervezendő szabályzóberendezés specifikációs adatai a különböző szondatípusok és a szóba jövő felhasználási területek jellemzőinek ismeretében.

A szabályzóberendezés működésének ellenőrzésére és tervezéséhez használható fel a 15. ábrán látható tere löáram szükséglet görbék a  $\rho_n/\rho_c$  függvényében, különböző lyukátmérőkre és szondák esetére.

A laterolog módszer hazai bevezetésénél a következő fejlődési szakaszok voltak megfigyelhetők:

Az 1956–1960-as években létrehoztunk egy terepi gyakorlatban nagylengyelű körülmények ( $\rho_n > 1000 \Omega m$   $\rho_c > 1 \Omega m$ ) esetén jól használható, szabadalmilag is védhető berendezést és azzal megkezdtük a terepi méréseket. Az eredmények qualitative és quantitative nagymértékű fejlődést mutattak a korábbi ellenállásszelvényező módszerekhez viszonyítva. Azonban nem rendelkeztünk megfelelő kiértékelési görbeseregekkel, így az ipari jellegű felhasználás nehézkes volt. Leszámaztatásukra megfelelő modellező, illetve számítástechnikai hiányában lehetőség sem volt.

Azonban a qualitative jó minőségű szelvények egyre inkább sürgették a mennyiségi kiértékelés bevezetését és ehhez a görbeseregek leszámaztatására.

Az 1962-ben a NIM által beszerzett Elliott-803-as számítógépen – az egyre sürgetőbb igények hatására – lehetőség nyílt a kiértékelési módszerek tanulmányozására, illetve a szükséges eltérési görbeseregek leszámaztatására.

Ezzel egyidőben megkezdődtek a laterolog mérések a kis ellenállású, sűrűn tagolt rétegsorú területeken is, egyre biztatóbb eredményekkel.

A számítógépes vizsgálatok eredményeként 1965-re rendelkezésre álltak mindazok az adatok, amelyek birtokában megíthettük a jelenlegi berendezés használhatóságát, illetve meghatározhattuk azokat a területi jellemzőket, ahol még a berendezés kielégítő pontossággal használható.

Ugyanakkor a mérési pontossági követelményeket is megismertük mindazon a területen, ahol a laterolog mérés szóba jöhet. Ennek következtében vált szükségessé újabb nagyobb pontossági – és dinamikai – követelményeket teljesítő újabb berendezés kialakítása. (A módszer és műszer-problémák megoldása a következő években várható.)

Összefoglalva látható, hogy a mérési módszer elterjedését adott körülmények között jó eredményeket adó műszer segítette elő. Majd a szelvényezési eredmények alapján szükségessé vált a számítógépes módszervizsgálat, illetve a szükséges kiértékelési görbeseregek leszámaztatása. Ugyanakkor ez a számítógépes munka feltárta a még megoldatlan műszer-problémák egy igen fontos részét, amelyek megoldhatók.