

Az indukciós ellenállásszelvényezés egyes műszerezési és méréstechnikai problémái és a műszaki megoldási lehetőségek

DR. MÁRFÖLDI GÁBOR

Az indukciós ellenállás szelvényezés alaptípusának elvi ismertetése. — A fellépő káros iszap-hatás és korlátozásának főbb módjai. — A lyuktengegy menti szelektivitás biztosítása; többekercses rendszerek. — Az üzemi frekvencia megválasztásának problémája; a méréstechnikai és áramkörti konstrukciós követelmények kompromisszuma. — A Doll-féle indukciós rendszer fő hiányosságai; a frekvencia megválasztásának kényszerkövetelménye, az ε és μ paraméterek változása által okozott zavaró hatás, σ változásának fázisforgató hatása és zavaró következményei a fázisszelektív rendszernél, a közvetlen csatolás által okozott zavaró hatás. — Az indukciós ellenállás szelvényező rendszert jellemző főbb függvénykapcsolatok és az ezekből levonható alapvető következtetés; több összetevős függellen bemenetű rendszer, mint optimális megoldás. — Két és három összetevős, frekvencia szétválasztásos indukciós rendszer elve és megvalósíthatóságának rendszerteknikai feltételei. — Három összetevős indukciós vezetőképesség szelvényezés elvi módszere és műszerteknikai megoldása, figyelemmel a mérési karakterisztika stabilitásának kérdésére. — A mérési rendszer geofizikai értékelése, alkalmazási köre, főbb kapcsolódási vonatkozásai egyéb karottázs módszerekkel.

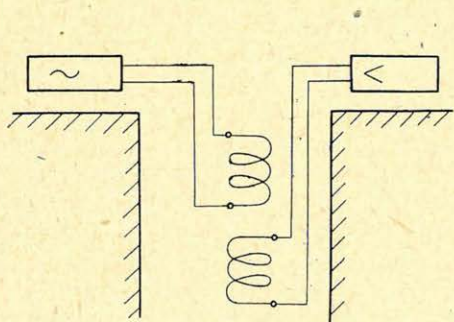
Принципиальное описание основных типов измерений индуктивных сопротивлений. Основные вопросы помех и ограничений, возникающих под влиянием глинистого раствора. Обеспечение измерений по оси скважины, многокатушечные системы. Проблема выбора рабочей частоты. Компромисс требований техники измерений и электрических конструкций. Основные недостатки индукционной системы Doll. Вынуждающее обстоятельство при выборе частоты; помехи, возникающие в результате изменений параметров ε и M явление поворота фазы при изменении σ и возникновение помех при системе селективных фаз; помехи, возникающие в результате прямого соединения. Основные зависимости, характерные для системы измерений индукционных сопротивлений и основные выводы, вытекающие из этих зависимостей. Система независимых входов с многими составляющими, как оптимальное разрешение вопроса. Принцип индукционной системы с 2 и 3 составляющими и разделением частот. Технические требования системы для возможности её осуществления. Принципиальный метод и приборно-техническое разрешение измерений способности индукционной проводимости с 3-мя составными, принимаемая во внимание стабильность характеристики измерений. Геофизическая оценка системы измерений, круг применения, основные связи в отношении прочих каротажных методов.

Möglichkeiten zur Einschränkung der schädlichen Wirkung der Bohrflüssigkeit, Sicherung der Selektivität längs der Bohrlochachse; Mehrspulensysteme. Wahl der Betriebsfrequenz. Unvollkommenheiten des Dollschen Induktionssystems. Die durch Aenderung der ε , μ Parameter verursachte Störung. Die durch Aenderung von σ verursachten Phasenverdrrehungen und störende Einflüsse bei einem phasenselektion System. Die durch die unmittelbare Kopplung verursachten Störungen. Die wichtigsten funktionellen Zusammenhänge, die die Induktions-widerstandsprofilierung kennzeichnen. Mehrkomponenten-system mit unabhängigem Eingang. Prinzip des Induktionssystems von zwei und drei Komponenten mit Frequenztrennung. Prinzipielle Methode der Induktions-Leitfähigkeits-Profilierung mit drei Komponenten.

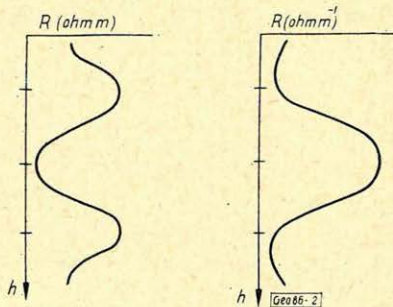
I. Az indukciós ellenállás-szelvényezés elvét H. G. Doll 1949-ben ismertette (2). A módszer olajbázisú iszappal fűrt lyukak szelvényezésére, illetve nagy ellenállású elárasztott zónákkal jellemzett területekre szolgáltat új karottázs mérési megoldást.

A módszer lényege Doll publikációjának 1. ábrája alapján belátható (2). A gerjesztő és vevő tekercs között a környező formációban keringő örvényáram hoz létre csatolást; a mérőtekercs indikációja a környezet vezetőképességével arányos.

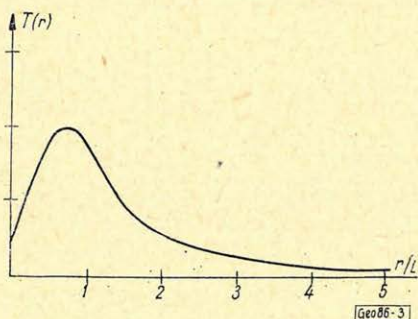
Az így nyerhető vezetőképességszelvényt – a megfelelő ellenállás és PS szelvényvel összehasonlításban – a 2. ábra szemlélteti (2).



1. ábra. Az indukciós szelvényezés kapcsolási elve



2. ábra. Indukciós és elektromos ellenállásszelvény



3. ábra. A kútsugárirányú differenciális térparaméter függvény

Az indukciós kétkerceses csatolt rendszer elméleti geofizikai és matematikai vizsgálatát *Dachnov* professzor tette közzé (1). Kimutatta, hogy a vezetőtekercsben indukált elektromos erő értéke az alábbi egyenlet szerint:

$$e_m = K\sigma \int_Q Tdq \quad (1)$$

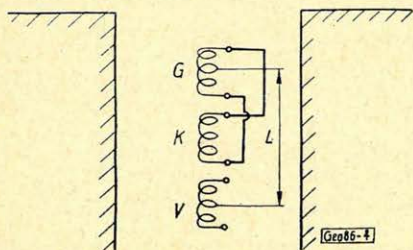
ahol: K – a szondaállandó,
 T – differenciális térparaméter,
 σ – vezetőképesség.

A kútsugárirányú (r) differenciális térparaméter (Tr) alakulását a 3. ábra szemlélteti (1). Az r tengely egysége a tekercstávolság ($2D$). Mint az ábrából kitűnik $3D$ tengelytávolság felett a környezet már nem gyakorol számottevő

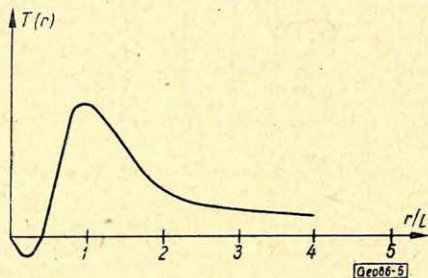
befolyást az indikációra. A maximumpontja a T_r görbének $0,45 D$ értéknél van. Az elárasztás vizsgálatához szükséges D tekercestáv ($D = 70$ cm) mellett a tekercsrendszer környezetének (fűróiszap) vezetőképessége emiatt számottevően hat az indikációra.

2. A fellépő káros iszaphatás és korlátozásának főbb mozzanatai

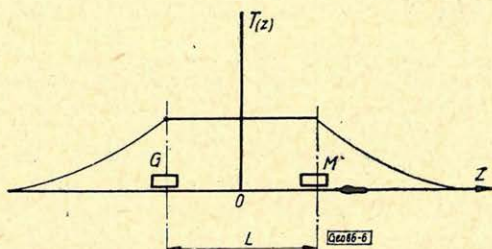
Az iszaphatás által okozott káros hatásnak kiküszöbölése érdekében javaslatként (amerikai részről) szerepelt az indukciós szondatest gumielválasztó-uszonyos kialakítása. Ez ugyan korlátozni képes az örvényáramcsatornák záródását a fűrólyukban és ezáltal csökkenti a zavaró indikációt, azonban mint mechanikai megoldás igen nehézkes; lassítja, veszélyessé teszi a szelvényezést (bennszakadás).



4. ábra. Háromtekercses indukciós szonda



5. ábra. Háromtekercses szonda kütsugár-irányú érzékenységi diagramja



6. ábra. Kétttekercses rendszer köttengelyirányú hatásdiagramja

Az iszaphatás kiküszöbölésére H. G. Doll a 4. ábra szerinti háromtekercses szondakialakítást javasolja (4). Amint az ábrából kitűnik, egy szembekapcsolt, a főtekercshez közel helyezett segédgerjesztő tekercs alkalmazásával a szonda közeli terében részleges kompenzálás van biztosítva. Az így biztosított kompenzáló hatás — az egyes kütsugár irányú érzékenységi komponensek bemutatásával — az 5. ábra szemlélteti.

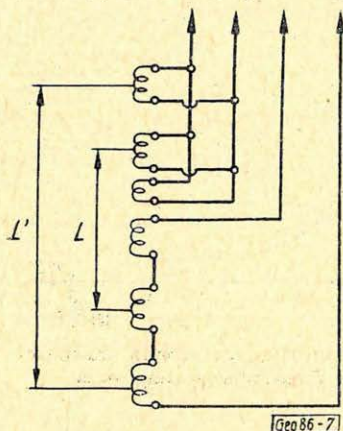
3. A lyuktengelymenti szelektivitás biztosítása; többtekercses rendszerek. Az indukciós szonda gyakorlati alkalmazhatóságának további fontos kritériuma a kívánt köttengelymenti (Z irányú) felbontóképeség biztosítása. Egy kétttekercses rendszer Z irányú érzékenységi hatásgörbéinek kvalitatív alakulását a 6. ábra mutatja (6).

Amint az ábrából kitűnik, a két tekercs alatt és felett levő térrész a távolsággal exponenciálisan csökkenő jelleggel, de egy tekercstávolságig még jelentékeny hatást gyakorol az indikációra.

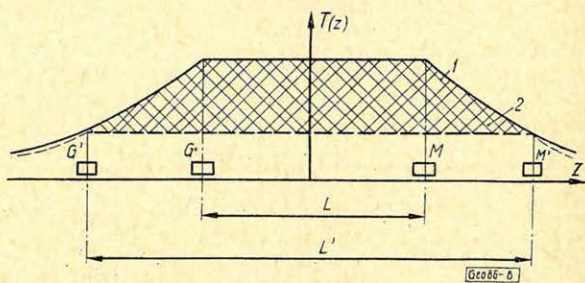
A tengelymenti felbontóképesség biztosítása érdekében több tekercspárból álló csatolt rendszer alkalmazását H. G. Doll javasolta (4). Három tekercspárból álló, Doll szerint kialakított szelektív rendszert mutat be a 7. ábra.

Az izzaphatás kiküszöbölésére a rendszer – Doll javaslatának megfelelően – egy hetedik, a két fő tekercs között elhelyezkedő tekercssel kerülhet kiegészítésre.

Az így kialakított csatolt rendszerrel a főtekercspárral ellenszatolt két segédtekercspár alkalmazásával a laterológhoz hasonló szelektív érzékelési karakterisztika alakítható ki, amint ezt a 8. ábra mutatja.



7. ábra. Hattekerceses szelektív indukciós szondakomplexum



8. ábra. Hattekerceses szelektív rendszer kúttengelyirányú hatásdiagramja

4. Az üzemi frekvencia megválasztásának problémája; a mérés-technikai és áramköri konstrukciós követelmények kompromisszuma. A fentiekben ismertetett módon kialakított rendszer – bár elvileg teljes mértékben alkalmas a kijelölt feladat megoldására – a gyakorlati megvalósításnál olyan súlyos problémákat vet fel, melyek csak részlegesen, kompromisszumosan oldhatók meg s ezáltal a rendszer alkalmazásának hatékonysága nagymértékben korlátozódik. A Doll-féle rendszer gyakorlati megvalósulásánál felmerülő technikai hiányosságok az alábbiakban összegezhetők:

A berendezés – a módszerhez igényelt viszonylag magas frekvenciatartomány miatt szükségszerűen – lyukműszeres kialakítású. Ezért gerjesztőegységének teljesítménye viszonylag alacsony értékre korlátozott. Ismeretes, hogy a mérőerősítő bemenetre redukált zajszintje – gondos konstrukció mellett is – $1-10 \mu\text{V}$ lehet. A stabil működéshez szükséges 20 dB nagyságrendű jel/zaj szint biztosítása tehát $100 \mu\text{V}$ nagyságrendű minimális bemenőszintet kíván s az erősítő ez esetben mintegy $60-80 \text{ dB}$ erősítésű kell legyen.

Nyilvánvaló, hogy a soktekerceses csatolt rendszereknél – minthogy a főtekercspár hatásdiagramjából levonásra kerülő segédtekercspár hatások által van biztosítva a kívánt érzékelési karakterisztika – adott kimenő gerjesztő jelszintnél a mérőerősítő bemenetén fellépő hasznos jelszint lényegesen – mintegy nagyságrenddel – csökken. Minthogy a gerjesztő jelszint korlátozott, ez

az effektus a mérőrendszer stabilitásának rovására megy, illetve a rendszer méréshatárait, mérési pontosságát korlátozza, a mérési karakterisztika labilitását idézi elő.

A fenti módszerbeli korlátok a műszerkonstrukciót arra kényszerítették, hogy a működési frekvencia optimális fölé növelésével szolgáltatassák a szükséges bemenő jelszintet (minthogy a becsatolt jelszint a frekvencia négyzetével nő). Dachnov szerint a maximálisan megengedhető felső frekvencia határ 20 KHz. A soktekerces csatolt rendszereknél a méretezési követelmények azonban általában csak 35–40 KHz felett választott üzemi frekvencia mellett elégtethők ki.

5. A rendszertechnikai kialakítás kompromisszumából adódó főbb működési hiányosságok

Az üzemi frekvenciának az optimális felett történő megválasztása a gyakorlati alkalmazásban súlyos mérés-technikai problémákat vetett fel, s az indukciós rendszerek elterjedését mindeddig nagyban korlátozta, főként az alábbi két okra visszavezethetően:

a) A magas üzemi frekvencia mellett – az I. Maxwell-egyenlet értelmében – már az eltolási áramok hatása is jelentkezik, a tér nem tekinthető kvazistacionáriusnak. Így az ε dielektromos állandó értéke és annak változása is jelentkezik a mérési indikációban. Az elektromos vezetőképesség változását így ezen nem kívánt hatás érvényesülése elhomályosítja. Minthogy a víz, olaj ε -ja jelentősen eltérő s az ε változásának hatása az indikációról nem választható le, a módszer egy felső frekvencia határ felett teljesen használhatatlanná válik.

b) A soktekerces rendszer tekercsei között – a gyakorlati megvalósításban – mindig fellép közvetlen csatolás is. Annak érdekében, hogy a közvetlen csatolás változásai téves indikációt ne okozzanak, a mérőerősítő fázisszelektív kialakítású kell legyen. Az optimális felett megválasztott üzemi frekvencián a környezet vezetőképességének változása a becsatolt jel fázis helyzetének változását vonja maga után. Ez a nem kívánt effektus – fázisszelektív rendszer szükségszerű alkalmazása folytán – szuperponálódik az indikáció amplitúdójára és ki sem küszöbölhető indikációs torzítást okoz.

A fentiekben kifejtett elvi megfontolások a vonatkozó alapösszefüggések bemutatásával és mennyiségileg is igazozhatók.

6. Az indukciós ellenállásszelvényező rendszert jellemző főbb függvénykapcsolatok

Az indukciós rendszer vizsgálatánál a Maxwell-egyenletrendszer két alap-egyenlete szolgáltat kiindulást.

$$\text{I. } \operatorname{rot} H = i + \frac{\partial D}{\partial t} \quad \text{II. } \operatorname{rot} E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (2)$$

ahol: i – az elektromos áramsűrűség vektor,

H – a mágneses térerősség vektor,

E – az elektromos térerősség vektor,

D – az elektromos eltolás vektora.

Az I. Maxwell-egyenlet alapján felírható gerjesztési törvény:

$$\oint = H ds \int \left(i + \frac{\partial D}{\partial t} \right) dF \quad (3)$$

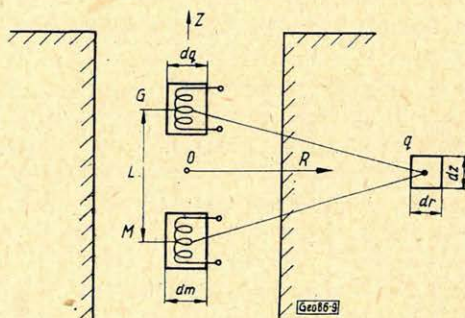
A II. Maxwell-egyenletből levezethető indukció törvény:

$$\oint E ds = - \frac{\partial}{\partial t} \int B dA \quad (4)$$

Amint az egyenletekből kitűnik, a gerjesztő áram változása által létrehozott mágneses térerősség függ az elektromos permeabilitástól ($D = \epsilon E$) és a mágneses indukció ($B = \mu H$) változása által létrehozott elektromos térerősség függ a μ mágneses permeabilitástól. Szopora változás, tehát nagy frekvencia esetén ezek a tényezők elhomályosítják a kívánt, σ vezetőképességtől függő indikációt.

Alacsony frekvencia és gyakorlatilag állandó mágneses permeabilitás esetén a két Maxwell alapegyenlet a következő formát ölti:

$$\text{I. rot } H = i \quad \text{II. rot } E = - \mu \frac{\partial H}{\partial t} \quad (5)$$



9. ábra. Kétkerces indukciós szelvényező rendszer

Ilyen feltételek mellett a fenti egyenletek alapján egy gerjesztő és egy mérő tekercsből álló tekercspár tere – a 9. ábra szerinti elrendezés mellett – az alábbiak szerint írható le:

A tekercspár a 9. ábra szerint helyezkedik el a fúrólukban. A d_g átmérőjű (G) gerjesztőtekercs és a d_m átmérőjű (M) mérőtekercs egymástól L távolságban, koaxiálisan helyezkedik el a fúróluk tengelyében. Az n_g menetszámú (G) gerjesztőtekercsben f hangfrekvenciás, szinuszos, I_g intenzitású áramot kelt az (1) áramgenerátor. Az (G) gerjesztőtekercs tere által a fúrólukban és környezetében keltett örvényáram az (M) mérőtekercsben U_M feszültséget indukál s ezt a (2) erősítő kimenetén mérőműszer jelzi.

Az így kialakított hengersizmetrikus potenciáltér az O, R, Z, \emptyset koordináta rendszerben írható le. Az O kezdőpont a tekercstávolság felező pontjában

van. A teret az ábrán feltüntetett d_q négyzetes keresztmetszetű elemi áramcsatornákra bontva a mágneses térerő egy elemi csatornában:

$$H_e = k_1 \frac{n_g A_g I_g \sin \omega t}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z^2 \right)^{3/2} \right]} \quad (6)$$

ahol: A_g – a gerjesztőtekeres keresztmetszet,
 $I_g \sin \omega t$ – a gerjesztőáram,
 k_1 – konstans.

A H_e intenzitású mágneses tér időbeli változása által indukált elemi elektromotoros erő:

$$E_e = -\frac{d\Phi}{dt} = -r^2 \frac{dH}{dt} = k_2 \frac{f n_g A_g r^2 I_g \cos \omega t}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2}} \quad (7)$$

Az E_e elektromotoros erő hatására keltett áram az elemi áramcsatornában:

$$dI_e = \frac{E_e}{\frac{2\pi r}{\sigma dA}} = k_3 \frac{\sigma f r n_g A_g I_g \cos \omega t}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2}} dA \quad (8)$$

A dI_e áram által keltett mágneses térerő a mérőtekeres elhelyezési pontjában:

$$dH_m = k_n \frac{r^2 dI_e}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} - z \right)^2 \right]^{3/2}} = k^5 \frac{\sigma f r^2 n_g A_g I_g \cos \omega t dA}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2} \cdot \left[r^2 + \left(\frac{L}{2} - z \right)^2 \right]^{3/2}} \quad (9)$$

A mérőtekeresben a mágneses tér időbeli változása mérőfeszültséget kelt. Az indukált elektromotoros erő középértéke:

$$d e_m = k^6 \frac{\sigma f^2 r^2 n_g A_g n_m A_m I_g dA}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2} \cdot \left[r^2 + \left(\frac{L}{2} - z \right)^2 \right]^{3/2}} = K \cdot T \cdot \sigma dA \quad (10)$$

és így:

$$e_m = K \int \sigma \int T d_r dz \quad (11)$$

ahol: K – a szondaállandó,

T – a térparaméter.

A szondaállandó tehát:

$$K = k^7 \frac{f^2 n_g A_g n_m A_m I_g}{L} \quad (12)$$

A T differenciális térparaméter értéke az egyes áramcsatornák viszonylagos helyzetének megfelelően:

$$T = \frac{L}{2} \frac{r^3}{\left[r^2 + \left(\frac{L}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2} \cdot \left[r^2 + \left(\frac{L}{2} - z \right)^2 \right]^{3/2}} \quad (13)$$

Egynemű közeg esetén a mérőtekeresben indukált elektromotoros erő:

$$e_m = K\sigma \int_Q T d_q = K\sigma \quad (14)$$

Tehát a térparaméter integrálértéke – Dachnov idézett művében részletesen is igazolva – egységgel egyenlő.

7. A bemutatott összefüggésekből levonható alapvető következtetések

A bemutatott összefüggéseket áttekintve megállapítható, hogy az indukciós rendszer tényleges méretezésénél, minthogy az A_g , A_m tekereskeresztmetszetek a lyukátmérő miatt, a tekereshossz és n_g , n_m menetszám a pontszerűség közelítésének biztosítása miatt az I_g gerjesztőáram a lyukműszer lehetséges méretei miatt szigorúan lehatárolt maximális értékekkel bírhat és csupán a jel-frekvencia magasra történő megválasztásával növelhető a bemeneti jel-szint, a szükséges jel/zaj viszony biztosítása érdekében. Ez a megoldás azonban, mint az alapegyséletek mutatták, azzal a káros következménnyel jár, hogy a rendszer további paraméterek függvényében jelentkező zavaróindukációt produkál, a mérési anyag értelmezése korlátozottá, szélső esetben lehetlenné válik.

A bemutatott probléma megoldásaként olyan rendszertani kialakítású mérőműszer kidolgozása szükséges, mellyel a kívánt irányított érzékelési hatásdiagram nem mindjárt a bemeneti kapcsolónál jön létre. Így a soktekeres csatolt rendszerek elvét elvetve olyan több független tekerespárból álló komplex rendszer alkalmazása szükséges, melynél a kívánt eredő hatásdiagram csak az egyes komponensek erősítése, elektromos feldolgozása után jön létre, az egyes részhatások elektromos szuperpozíciója útján. Az indukciós mérőeszköz ilyen rendszertani kialakítása elvileg akár időszétválasztásos, akár frekvencia szétválasztásos módszerrel biztosítható. Minthogy a feladat a lényegesen egyszerűbb áramköri felépítésű, kisebb kapcsolási elemszámot igénylő frekvenciaszétválasztásos módszerrel is megoldható, ez a megoldás tekinthető optimálisnak. Így megfelelő rendszertani felépítésű, a mérés technikai követelményeket jól kielégítő, frekvenciaszétválasztásos módszerrel működő többszétvételű, függetlenített bemenetű indukciós mérőeszköz kialakításával oldható meg optimálisan a feladat.

8. Két- és háromszétvételű frekvenciaszétválasztásos rendszer elve

Kimutatható, hogy a 6. ábra szerinti kúttengelyirányú hatásdiagram ordinátametszetei a két tekeres között:

$$T_{z_b} = \frac{1}{2L} \quad (15)$$

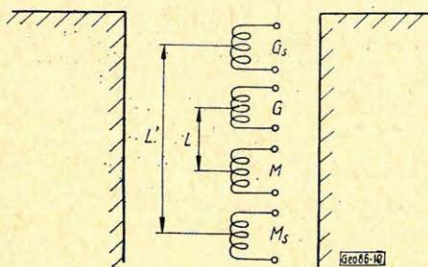
a két tekercsen kívül pedig:

$$Tz_k = \frac{1}{8z^2} \quad (16)$$

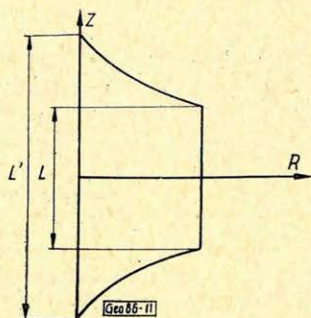
összefüggésekkel jellemezhetők.

Helyezzünk el a tekercspár tengelyének vonalában, $L' > L$ tekercstávolsággal egy további, gerjesztő és mérőtekercsből álló tekercspárt a 10. ábra szerint.

Az L' tekercstávolságú kompenzáló tekercspárra írjuk elő, hogy z tengelymenti térparaméterének eső szakaszától származó hatás egyenlő legyen a főtekercs hatásdiagramjának vonatkozó részével, amint ezt a 11. ábra szemlélteti.



10. ábra. Két összetevős indukciós tekercrendszer



11. ábra. Két összetevős tekercsren dszer eredő hatásdiagramja

Ekkor az alábbi egyenlőség írható fel, a hatásdiagramok vonatkozó részei alapján:

$$K \int_{\frac{1}{2}L'}^{\infty} \sigma \frac{L}{8z^2} dz + K \int_{-\frac{1}{2}L'}^{\infty} \sigma \frac{L}{8z^2} dz = K' \int_{\frac{1}{2}L'}^{\infty} \sigma \frac{L'}{8z^2} dz + K' \int_{-\frac{1}{2}L'}^{\infty} \sigma \frac{L'}{8z^2} dz \quad (17a)$$

Az egyenlőség megoldásaként nyerjük:

$$f^2 n_g A_g n_m A_m I_g = f'^2 n'_g A'_g n'_m A'_m I'_g \quad (17b)$$

És a fentiek teljes analógiájaként, több (n) tekercspárt tartalmazó tekercsrendszer esetén:

$$\Sigma f_n^2 n_{g'n} A_{g'n} n_{m,n} A_{m,n} I = 0 \quad (18)$$

A fenti összefüggés alapján bármely többtekercses rendszer méretezhető úgy, hogy a külső tekercspáron kívüli z tengelymenti hatáskomponensek — egymásra szuperponálva — nulla eredőt adjanak. Ezáltal a vizsgálati tér z tengelymenti kiterjedése jól deffiniált és tökéletesen lehatárolható. Két tekercspárból álló összetett rendszer esetén a rendszer két összetevőjét két különböző, f_1 és f_2 frekvencián gerjesztve — a (18) egyenlet kielégítése mellett — a tengelymenti szelektivitás jól biztosítható, és mindkét erősítő csatorna számára bizto-

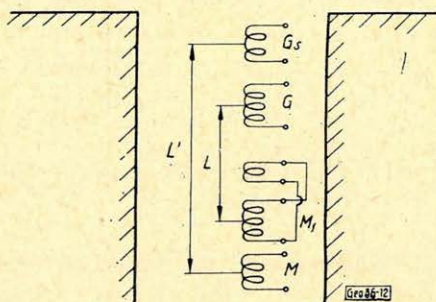
sítható a szükséges kielégítő jel/zaj viszony. A két összetevő szuperpozíciója a jel elektromos feldolgozása – erősítés, esetleg diszkriminálás – után következik.

Az iszaphatás kiküszöbölése érdekében egy harmadik rendszer összetevő alkalmazása szükséges. Így egy háromösszetevős rendszer képes arra, hogy mind a z tengelymenti szelektivitás, mind pedig az iszaphatás kiküszöbölésének követelményét kielégítse.

H. G. Doll és Poupon vonatkozó publikációja alapján (4), (7) az iszaphatás gyakorlati kiküszöbölését az alábbi egyenlőség kielégítésével lehet biztosítani:

$$\Sigma \frac{A_{gn}n_{gn}A_{mn}n_{mn}I_n f_n^2}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} = 0 \quad (19)$$

Az összefüggés szintén jól lehetővé teszi a frekvenciaszétválasztásos rendszer alkalmazását. Így az iszaphatás kiküszöbölésére egy harmadik, f_3 frekvenciával táplált tekercsrendszer összetevő kerül alkalmazásra. Az így kialakított háromösszetevős rendszer elvi elrendezését a 12. ábra szemlélteti.



12. ábra. Háromösszetevős tekercsrendszer elvi elrendezése

9. A háromösszetevős rendszer megvalósíthatóságának rendszertechnikai és műszertechnikai feltételei

Az így kialakított háromösszetevős, frekvenciaszétválasztásos rendszer elvileg kifogástalan megoldást nyújt a kielégítő bemenő jelszint biztosításával és a felső határfrekvencia betartásával kapcsolatban felmerült problémák tekintetében.

Praktikus megvalósításának értékét azonban nagyban korlátozzák a rendszer frekvenciastabilitásával és amplitúdóstabilitásával kapcsolatban támasztott szigorú követelmények. A lyukhőmérséklet hatására a lyukműszer gerjesztő egységeinek frekvenciastabilitása és a gerjesztő-áramingadozás feltétlenül túllépi a megengedhető értéket. A többösszetevős rendszernél a frekvenciák és gerjesztő áramok értékének relatív változásai ugyanis – a (18) és (19) egyenletek értelmében – közvetlenül befolyásolják az érzékelési karakterisztikát.

A többfrekvenciás rendszerek alkalmazhatósága – az eddig ismert rendszertechnikai megoldások mellett – a fentiek alapján gyakorlati okok miatt nem lehetséges. Nyilvánvaló, hogy két vagy több független jelforrás frekvencia-

stabilitás és kimenő szinuszjelének színtingadozása a kívánt korlátokon belül nem tartható, a lyukműszerek konstrukciós feltételei mellett.

A minden egyéb szempontból optimális eredményt kínáló háromösszetevős rendszer alkalmazása érdekében ezért olyan rendszertechnikai megoldás kialakítása szükséges, melynél az üzemi frekvenciák viszonylagos helyzetét kényszerkapcsolat biztosítja és a kimenő jelszintek szigorúan determináltak.

Ilyen műszaki feltételeket kielégítő, találmányi jellegű indukciós vezetőképesség szelvényező rendszer, illetőleg mérőeszköz kidolgozása folyamatban van (az ELGI-nél), mely a kritikus frekvenciahatár alatt megválasztott működési frekvenciatartományban kijelölt érzékelési karakterisztika stabilitással működtethető. A rendszer, valamint tényleges és végleges áramköri kialakítása, mérési eredményei az eredményes kísérletek lefolytatását követően kerülnek majd ismertetésre.

10. A rendszer alkalmazási köre

A mérési rendszer különösen ajánlott alkalmazási területeként főleg az olajbázisú iszappal fúrt lyukak, valamint a viszonylag nagy ellenállású elárasztott zónával rendelkező területek minősülnek. Szelektív jellegénél fogva a rendszer különösen alkalmas valamely irányított áramterű mérési módszerrel történt kombinált alkalmazásra. Kutatófúrások komplex értelmezéséhez laterológ és radioaktív típusú szelvényekkel együtt igen sok oldalú információs anyagot szolgáltat.

IRODALOM

1. V. N. Dachnov: Mélyfúrási geofizika IX. fejezet.
2. H. G. Doll: Introduction to the induction logging (Oil and Gas Journ. Febr. 24. 1949).
3. Dumanoir-Tixier: Interpretation of the induction-electrical log in fresh mud (Petroleum Transactions AIME).
4. H. G. Doll: 898.642. ny. n. szabadalom.
5. Zimmermann: 1028.707. ny. n. szabadalom.
6. Schuster: 1057.253. ny. n. szabadalom.