

A 6FV100 és 6FV40 típusú alacsonyfrekvenciás indukciós szondák karakterisztikáinak vizsgálata*

B A R Á T H I S T V Á N**

Az alacsonyfrekvenciás indukciós szondák tervezésénél igen fontos a gyakorlati igényeket kielégítő vertikális és radiális karakterisztikáknak a biztosítása. Ennek elemzését adja a tanulmány a

geometriai faktor-elmélet alapján, amely a $p = \frac{L}{\delta}$ igen kicsiny értéke miatt jól alkalmazható. A számítások elvégzésére és az eredmény grafikus ábrázolására MINSZK-32 gépre programcsomag készült. Az ideálisnak tekinthető vertikális és radiális karakterisztikák $f = 4$ kHz-en nem elfogadható megoldások, mert egyéb szondatervezési kritériumoknak nem felelnek meg. Az ideális esethez tartozó fókuszálás mértékének megfelelő csökkentése révén jó karakterisztikájú, a gyakorlati követelményeknek megfelelő rövid és mélybehatolású alacsonyfrekvenciás indukciós szondákat lehet létrehozni.

При проектировании низкочастотных индукционных зондов очень важно обеспечить вертикальные и радиальные характеристики, удовлетворяющие практическим требованиям. Настоящая работа дает их анализ на основании теории о геометрическом факторе, которая используется с успехом благодаря весьма низкому значению $p = \frac{L}{\delta}$. Для выполнения расчетов и графического изображения результата был составлен пакет программ для ЭВМ Минск-32. Вертикальные и радиальные характеристики, которые могут рассматриваться как идеальные, не являются приемлемым решением при $f = 4$ кГц, так как они не отвечают остальным критериям проектирования зондов. Соответствующим снижением величины фокусировки, принадлежащей идеальному случаю, можно создать короткие и длинные низкочастотные индукционные зонды с повышенной глубинностью измерения которые имеют хорошую характеристику и удовлетворяют практическим требованиям.

In projecting low frequency induction tools it is very important to ensure vertical and radial characteristics meeting practical requirements. The present study offers analysis of them on the basis of the geometric factor theory, which can be readily applied owing to the very low value of $p = \frac{L}{\delta}$.

To carry out calculations and to plot the result a program package has been compiled for computer MINSK-32. Vertical and radial characteristics that can be regarded as ideal are unacceptable solutions at 4 kHz, since they do not correspond to other criteria in tool projecting. By reducing the extent of focussing belonging to the ideal case it is possible to create short and long low frequency induction tools with deep penetration having a good characteristic and corresponding to practical demands.

Az alacsonyfrekvenciás indukciós szondák tervezésénél abból indultunk ki, hogy olyan szondageometriát és normált menetszám-értékeket kell kiválasztani, amelynél teljesül a $\sum E_s^{\text{reakt}} = 0$ feltétel [4], valamint a szonda gyakorlati igényeket kielégítő méréstartománnyal rendelkezzen [5].

Ilyen szondákkal mind a négy variánsban [4] találkozunk, számuk meg lehetően nagy.

Közülük azokat kell kiválasztanunk megvalósításra, amelyek a gyakorlati igényeknek megfelelő vertikális és radiális karakterisztikákkal rendelkeznek.

A vertikális karakterisztikát a geometriai faktorelmélet felhasználásával számoltuk ki [1].

* Elhangzott: 1975. dec. 18. (III. rész)

** Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet.

Ismeretes, hogy a $p = \frac{L}{\delta}$ igen kicsiny értékei esetén, ami az általunk alkalmazott 4 kHz-es munkafrekvencián gyakorlatilag mindig fennáll, az elemi réteg geometriai tényezője kétkerceses szondára:

$$G_z = \frac{L_{A,V}}{2} \int_0^{\infty} \frac{r^3 \cdot dr}{\left[r^2 + \left(\frac{L_{A,V}}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2} \left[r^2 + \left(\frac{L_{A,V}}{2} - z \right)^2 \right]^{3/2}}$$

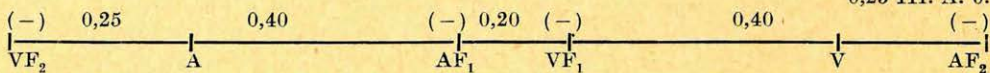
6FV100. III. A. 0, - B. 1. - B. 5.

1. táblázat - таблица - Tabelle

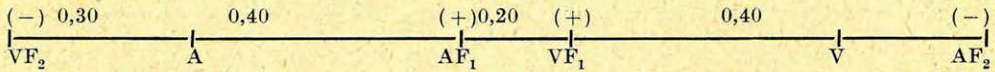
0,50 III. B. 5.

↑
0,30 III. B. 1.

0,25 III. A. 0.



Sor- szám	Tekercspár		A párok hossza	Hosszoefficiensek	Menetszám koefficiens	Az ind. fesz. előjele
	Adó	Vevő				
1	A	V	1	1	1	+
2	A	VF ₁	L _{A, VF₁} = 0,60	q ₁ = 0,60	C ₁	-
3	A	VF ₂	L _{A, VF₂} = 0,25 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50	q ₂ = 0,25 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50	C ₂	-
4	AF ₁	V	L _{AF₁, V} = 0,60	q ₁ = 0,60	C ₃	-
5	AF ₁	VF ₁	L _{AF₁, VF₁} = 0,20	2 q ₁ - 1 = 0,20	C ₁ · C ₃	+
6	AF ₁	VF ₂	L _{AF₁, VF₂} = 0,65 0,70 0,75 0,80 0,85 0,90	1 - q ₁ + q ₂ = 0,65 0,70 0,75 0,80 0,85 0,90	C ₂ · C ₃	+
7	AF ₂	V	L _{AF₂, V} = 0,25 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50	q ₂ = 0,25 0,30 0,35 0,40 0,45 0,50	C ₄	-
8	AF ₂	VF ₁	L _{AF₂, VF₁} = 0,65 0,70 0,75 0,80 0,85 0,90	1 - q ₁ + q ₂ = 0,65 0,70 0,75 0,80 0,85 0,90	C ₁ · C ₄	+
9	AF ₂	VF ₂	L _{AF₂, VF₂} = 1,50 1,60 1,70 1,80 1,90 2,00	1 + 2q ₂ = 1,50 1,60 1,70 1,80 1,90 2,00	C ₂ · C ₃	+



Sor- szám	Tekercspár		A párok hossza	Hosszoefficiensek	Menetszám koefficiens	Az ind. fesz. előjele
	Adó	Vevő				
1	A	V	$L_{A,V} = 1$	$= 1$	1	+
2	A	VF_1	$L_{A, VF_1} = 0,60$	$q_1 = 0,60$	C_1	+
3	A	VF_2	$L_{A, VF_2} = 0,25$	0,25	C_2	-
			0,30	0,30		
			0,35	0,35		
			0,40	0,40		
			0,45	0,45		
4	AF_1	V	$L_{AF_1, V} = 0,60$	$q_1 = 0,60$	C_3	+
5	AF_1	VF_1	$L_{AF_1, VF_1} = 0,20$	$2 q_1 - 1 = 0,20$	$C_1 \cdot C_3$	+
6	AF_1	VF_2	0,65	0,65	$C_2 \cdot C_3$	-
			0,70	0,70		
			0,75	0,75		
			0,80	0,80		
			0,85	0,85		
7	AF_2	V	$L_{AF_2, V} = 0,25$	0,25	C_4	-
0,30	0,30					
0,35	0,35					
0,40	0,40					
0,45	0,45					
8	AF_2	VF_1	$L_{AF_2, VF_1} = 0,65$	0,65	$C_1 \cdot C_4$	-
0,70	0,70					
0,75	0,75					
0,80	0,80					
0,85	0,85					
9	AF_2	VF_2	$L_{AF_2, VF_2} = 1,50$	1,50	$C_2 \cdot C_4$	+
1,60	1,60					
1,70	1,70					
1,80	1,80					
1,90	1,90					
			2,00	2,00		

A megoldás:

$$G_z = \frac{1}{2L_{A,V}} \quad \text{ha} \quad z < \left| \frac{L_{A,V}}{2} \right|$$

és

$$G_z = \frac{L_{A,V}}{8z^2} \quad \text{ha} \quad \frac{L_{A,V}}{2} < z < -\frac{L_{A,V}}{2}$$

A G_z értékeket mind a négy variáns valamennyi kététekerceses szondapárjára kiszámítottuk és összegeztük a [4]-ben közölt $c_1 = f(C_2)$ függvény jellegzetes szakaszaira a *MINSZK-32*-re írt programrendszer segítségével a *6FV100* és *6FV40* típusú alacsonyfrekvenciás szonda-variációkra.

A program és a számított diagramok közlésétől eltekintünk, de az utóbbiakból jellegzetes csoportokat az alábbiakban bemutatunk.

A számításhoz szükséges adatokat az *1-6 táblázatok* tartalmazzák.

3. táblázat – таблица – Tabelle

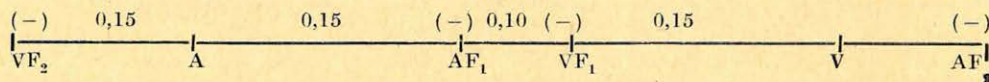
6FV40 III. A. 0; B. 1 – B. 4.

0,27 III. B. 4

↑

0,18 III. B. 1

0,15 III. A. 0



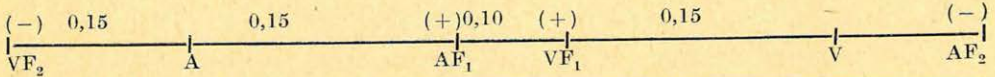
Sor-szám	Tekercspár		A párok hossza	Hosszoefficiensek	Menetszám koefficiens	Az ind. fesz. előjele
	Adó	Vevő				
1	A	V	$L_{A,V} = 0,4$	1	1	+
2	A	VF_1	$L_{A, VF_1} = 0,25$	$q_1 = 0,6250$	C_1	-
3	A	VF_2	$L_{A, VF_2} = 0,21$	$q_2 = 0,5250$	C_2	-
			0,15 0,18 0,24 0,27	0,3750 0,4500 0,6000 0,6750		
4	AF_1	V	$L_{AF_1, V} = 0,25$	$q_1 = 0,6250$	C_3	-
5	AF_1	VF_1	$L_{AF_1, VF_1} = 0,10$	$2 q_1 - 1 = 0,2500$	$C_1 \cdot C_3$	+
6	AF_1	VF_2	$L_{AF_1, VF_2} = 0,36$	$1 - q_1 + q_2 = 0,9000$	$C_2 \cdot C_3$	+
			0,30 0,33 0,39 0,42	0,7500 0,8250 0,9750 1,0000		
7	AF_2	V	$L_{AF_2, V} = 0,21$	$q_2 = 0,5250$	C_4	-
			0,15 0,18 0,24 0,27	0,3750 0,4500 0,6000 0,6750		
8	AF_2	VF_1	$L_{AF_2, VF_1} = 0,36$	$1 - q_1 + q_2 = 0,9000$	$C_1 \cdot C_4$	+
			0,30 0,33 0,39 0,42	0,7500 0,8250 0,9750 1,0500		
9	AF_2	VF_2	$L_{AF_2, VF_2} = 0,82$	$1 + 2 q_1 = 2,0500$	$C_2 \cdot C_4$	+
			0,70 0,76 0,88 0,94	1,7500 1,9000 2,2000 2,3500		

6FV40. IV. A. 0; B. 1 - B. 4

0,27 IV. B. 4

0,18 IV. B. 1

0,15 IV. A. 0



Sor- szám	Tekercspár		A párok hossza	Hosszkoeficiensek	Menetszám koeficiens	Az ind. fesz. előjele
	Adó	Vevő				
1	A	V	$L_{A,V} = 0,4$	1	1	+
2	A	VF_1	$L_{A, VF_1} = 0,25$	$q_1 = 0,6250$	C_1	+
3	A	VF_2	$L_{A, VF_2} = 0,21$	$q_2 = 0,5250$	C_2	-
			0,15 0,18 0,24 0,27	0,3750 0,4500 0,6000 0,6750		
4	AF_1	V	$L_{AF_1, V} = 0,25$	$q_1 = 0,6250$	C_3	+
5	AF_1	VF_1	$L_{AF_1, VF_1} = 0,10$	$2 q_1 - 1 = 0,2500$	$C_1 \cdot C_3$	+
6	AF_1	VF_2	$L_{AF_1, VF_2} = 0,36$	$1 - q_1 + q_2 = 0,9000$	$C_2 \cdot C_3$	-
			0,30 0,33 0,39 0,42	0,7500 0,8250 0,9750 1,0000		
7	AF_2	V	$L_{AF_2, V} = 0,21$	$q_2 = 0,5250$	C_4	-
			0,15 0,18 0,24 0,27	0,3750 0,4500 0,6000 0,6750		
8	AF_2	VF_1	$L_{AF_2, VF_1} = 0,36$	$1 - q_1 + q_2 = 0,9000$	$C_1 \cdot C_4$	-
			0,30 0,33 0,39 0,42	0,7500 0,8250 0,9750 1,0500		
9	AF_2	VF_2	$L_{AF_2, VF_2} = 0,82$	$1 + 2 q_1 = 2,0500$	$C_2 \cdot C_4$	+
			0,70 0,76 0,88 0,94	1,7500 1,9000 2,0500 2,3500		

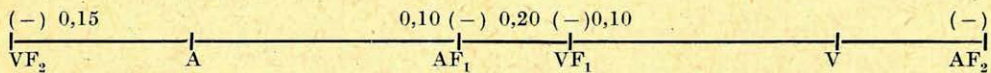
Az ábrákon szaggatott vonallal a főtkeercspárhoz tartozó vertikális karakterisztikát, majd folytonos vonallal a különböző mértékben fókuszált hattekerces rendszerekhez tartozó karakterisztikákat rajzoltuk ki, illetve ez utóbbiak integrális értékeit.

A jelenlegi technológiai és technikai adottságokat figyelembe véve az 1. ábrán bemutatott 6FV100 III. B. 2. vertikális karakterisztikából olyat kell kiválasztani, amelynél $C_1 < 0,20$, hiszen az így kapott szondáknál még megfelelő mérési tartományt kapunk [5]. Mivel a vertikális karakterisztikával nem érjük el a kívánt hatást, azért kompromisszumos megoldást kell elfogadnunk.

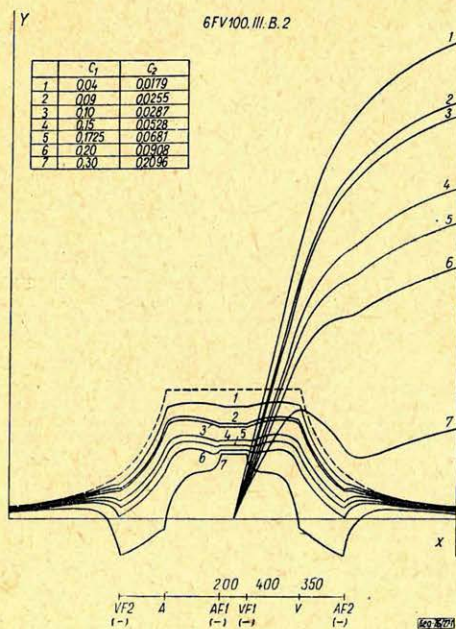
6FV40. I. B. 01; A. 0; B. 1 – B. 1.

0,27 I. B. 4
0,15 I. B. 1
0,15 I. A. 0
0,10 I. B. 01

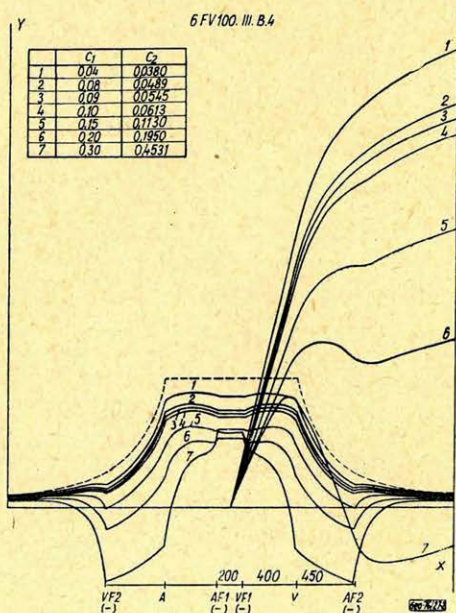
(-) 0,10		0,15		(-) 0,10		(-) 0,15		(-)	
AF ₂		A		VF ₁		AF ₁		V	
Sor- szám	Tekercspár		A párok hossza	Hosszkoeficiensek	Menetszám koefficiens	Az ind. fesz. előjele			
	Adó	Vevő							
1	A	V	1	1	1	+			
2	A	VF ₁	L _{A, VF₁} = 0,15	q ₁ = 0,3750	C ₁	-			
3	A	VF ₂	L _{A, VF₂} = 0,50 0,55 0,58 0,61 0,64 0,67	q ₂ = 1,2500 1,3750 1,4500 1,5250 1,6000 1,6750	C ₂	-			
4	AF ₁	V	L _{AF₁, V} = 0,15	q ₁ = 0,3750	C ₃	-			
5	AF ₁	VF ₁	L _{AF₁, VF₁} = 0,10	1 - 2 q ₁ = 0,2500	C ₁ · C ₃	+			
6	AF ₁	VF ₂	L _{AF₁, VF₂} = 0,25 0,30 0,33 0,36 0,39 0,42	q ₁ + q ₂ - 1 = 0,6250 0,7500 0,8250 0,9000 0,9750 1,0500	C ₂ · C ₃	+			
7	AF ₂	V	L _{AF₂, V} = 0,50 0,55 0,58 0,61 0,64 0,67	q ₂ = 1,2500 1,3750 1,4500 1,5250 1,6000 1,6750	C ₄	-			
8	AF ₂	VF ₁	L _{AF₂, VF₁} = 0,25 0,30 0,33 0,36 0,39 0,42	q ₁ + q ₂ - 1 = 0,6250 0,7500 0,8250 0,9000 0,9750 1,0500	C ₁ · C ₄	+			
9	AF ₂	VF ₂	L _{AF₂, VF₂} = 0,60 0,70 0,76 0,82 0,88 0,94	2 q ₂ - 1 = 1,5000 1,7500 1,9000 2,0500 2,2000 2,3500	C ₂ · C ₄	+			



Sor- szám	Tekercspár		A párok hossza	Hosszkoeficiensek	Menetszám koeficiens	Az ind. fesz. előjele
	Adó	Vevő				
1	A	V	$L_{A,V} = 0,40$	1	1	+
2	A	VF_1	$L_{A, VF_1} = 0,30$	$q_1 = 0,7500$	C_1	-
3	A	VF_2	$L_{A, VF_2} = \begin{matrix} 0,15 \\ 0,27 \end{matrix}$	$q_2 = \begin{matrix} 0,3750 \\ 0,6750 \end{matrix}$	C_2	-
4	AF_1	V	$L_{AF_1, V} = 0,30$	$q_1 = 0,7500$	C_3	-
5	AF_1	VF_1	$L_{AF_1, VF_1} = 0,20$	$2q_1 - 1 = 0,5000$	$C_1 \cdot C_3$	+
6	AF_1	VF_2	$L_{AF_1, VF_2} = \begin{matrix} 0,25 \\ 0,37 \end{matrix}$	$1 - q_1 + q_2 = \begin{matrix} 0,6250 \\ 0,9250 \end{matrix}$	$C_2 \cdot C_3$	+
7	AF_2	V	$L_{AF_2, V} = \begin{matrix} 0,15 \\ 0,27 \end{matrix}$	$q_2 = \begin{matrix} 0,3750 \\ 0,6750 \end{matrix}$	C_4	-
8	AF_2	VF_1	$L_{AF_2, VF_1} = \begin{matrix} 0,25 \\ 0,37 \end{matrix}$	$1 - q_1 + q_2 = \begin{matrix} 0,6250 \\ 0,9250 \end{matrix}$	$C_1 \cdot C_4$	+
9	AF_2	VF_2	$L_{AF_2, VF_2} = \begin{matrix} 0,70 \\ 0,94 \end{matrix}$	$1 + 2q_2 = \begin{matrix} 1,7500 \\ 2,3500 \end{matrix}$	$C_2 \cdot C_4$	+



1. ábra – Puc. – Fig.



2. ábra – Puc. – Fig.

A 2. ábrán már $c_1 = 0,15$ esetén igen jó vertikális karakterisztikájú szondát választhatunk ki, amellyel az ágyazó közeg hatását minimálisra lehet csökkenteni, ami a főtekerespáron kívüli hatás (terület) jelentős részének a fókuszálás segítségével történő „eltakarításához” vezet. (Lásd a főtekerespárhoz tartozó terület és a megfelelő fókuszálóhoz tartozó terület $L_{A,V}$ -n kívül eső részek különbségét).

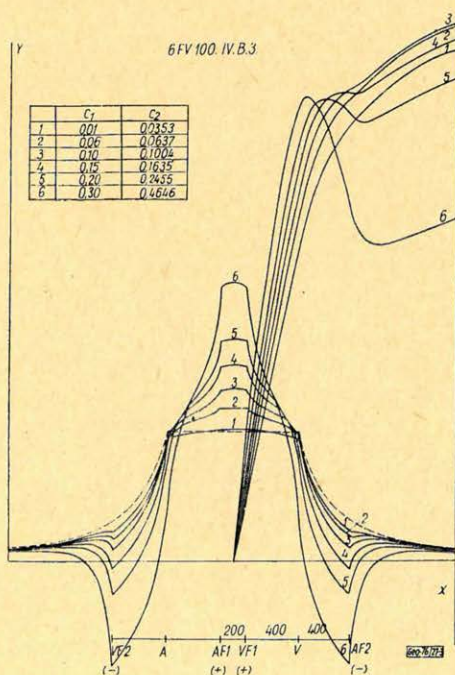
A 3. ábrán látható 6FV100 IV. B.3. típusú szondák vertikális karakterisztikái csak $c_2 \sim 0,06$ értékekig fogadhatók el, mivel az \overline{AV} tartományban meglévő nem kívánatos növekedéstől ebben az esetben még eltekinthetünk, bár még jelentős oldalhatással (ágyazó kőzetek hatása) kell számolnunk. A fókuszálás mértékének további növelésével olyan torzulás megy végbe a vertikális karakterisztika összetételében, ami gyakorlati alkalmazása esetén erősen kifogásolható.

A 4., 5. és 6. ábrákon bemutatott vertikális karakterisztikák a 40 cm-es főtekerestávolságú szondákhoz tartoznak különböző mértékű fókuszálás esetén. Itt is csak a III. variánshoz tartozó vertikális karakterisztikák adnak jó szondát. Igen kedvező vertikális tulajdonsággal rendelkezik a 6FV40 III.B4/2 szonda (5. ábra).

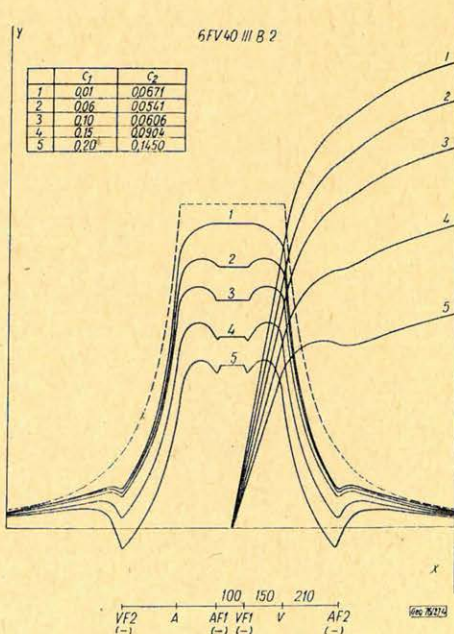
A 6. ábrán fokozottan jelentkezik az IV. variáns hiányosságai.

A 7. ábrán rendkívül kedvező vertikális karakterisztikákat mutatunk be. Az ágyazókőzet hatása jobban mérsékelhető, mint bármelyik más variánsban. Megvalósításuktól a [4]-ben említett miatt mégis el kell tekinteni.

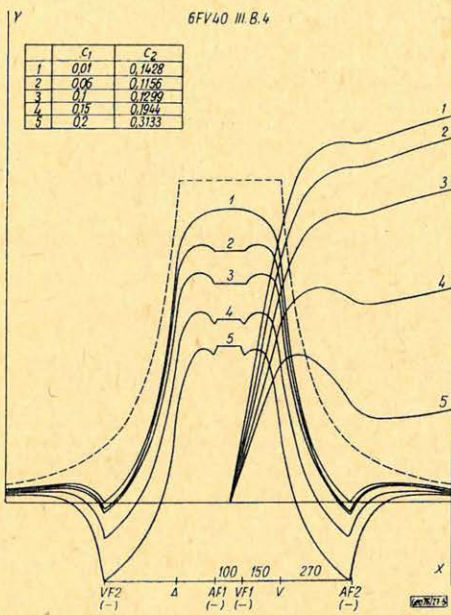
A 8. ábra jól érzékelteti a belső fókuszálók főtekereshöz való közelítésének és külső fókuszálók a főtekerestől való eltávolításának hatását. A 6FV40. III. C. 4. kódú szonda igen kedvező vertikális tulajdonságokkal rendelkezik.



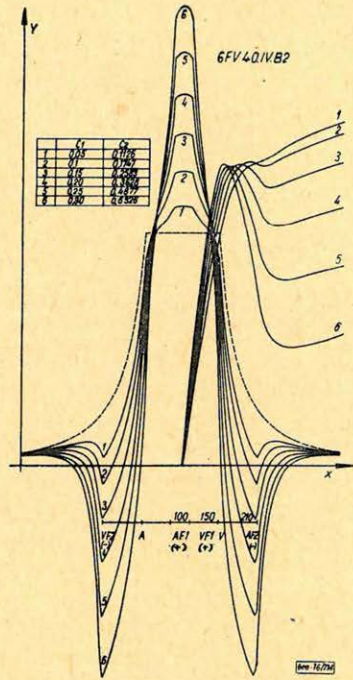
3. ábra - Puc. - Fig.



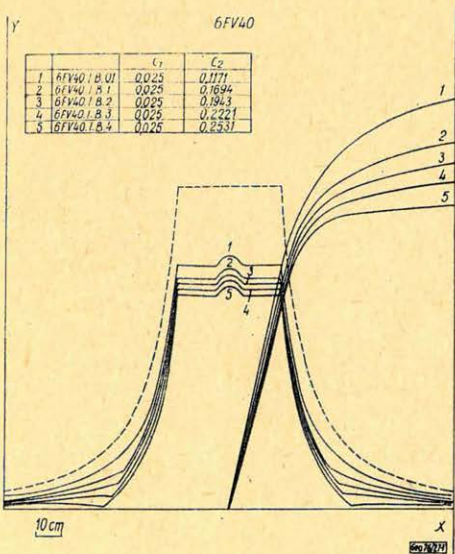
4. ábra - Puc. - Fig.



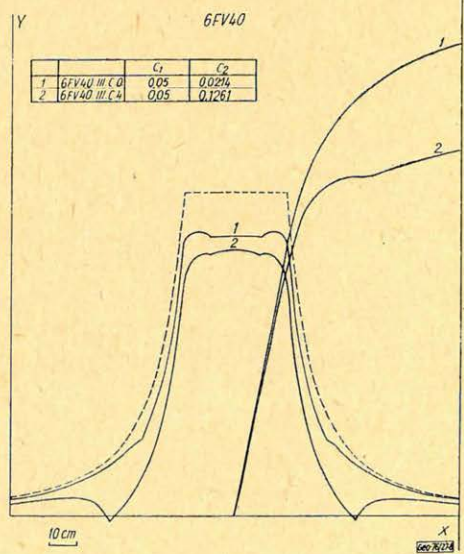
5. ábra - Puc. - Fig.



6. ábra - Puc. - Fig.



7. ábra - Puc. - Fig.



8. ábra - Puc. - Fig.

Összefoglalva:

1. A geofizikai célokat kielégítő vertikális karakterisztikákat az jellemzi, hogy
 - a főtekerespárhoz tartozó vertikális karakterisztika-értékek $L_{A,V}$ -n kívüli része a soktekerces rendszerek esetén a lehető legkisebbre csökken;
 - az $L_{A,V}$ -n belüli szakasz magassága a hattekerces szondáknál nagyobb, mint „ $\frac{1}{4L_{A,V}}$ ”
2. A vertikális karakterisztika (geometriai faktor) formája egyszerű lefutású legyen.
3. A vertikális karakterisztikák kiválasztásakor az alacsony-frekvenciás indukciós karotázásban – első sorban technológiai okok miatt – ma még kompromisszumos megoldást fogadtunk el.
4. A vertikális karakterisztika segítségével a fókuszálás mértékétől függően megadhatjuk a rendszer felbontóképességét.
5. A gyakorlati megvalósításra elfogadott III. variánsban van lehetőség jó vertikális karakterisztikájú alacsonyfrekvenciás indukciós rendszer kiválasztására.

A hattekerces indukciós rendszerek radiális karakterisztikái

Az alacsonyfrekvenciás indukciós rendszerek radiális karakterisztikáinak jellemzésére $p = \frac{L}{\delta}$ igen kicsiny értéke miatt a differenciális és integrális geometriai tényezőt használjuk. A tényleges radiális karakterisztikát a mindenkor, radiális értelemben változó vezetőképesség és geometriai tényező szorzata adja.

A radiális geometriai tényező számításához felhasznált összefüggés:

$$G_r = \frac{L_{A,V}}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{r^3 dz}{\left[r^2 + \left(\frac{L_{A,V}}{2} + z \right)^2 \right]^{3/2} \left[r^2 + \left(\frac{L_{A,V}}{2} - z \right)^2 \right]^{3/2}}$$

Az integrál megoldása [3] szerint:

$$G_r = \frac{\left(\frac{2r}{L_{A,V}} \right)^3}{2 \left[\left(\frac{2r}{L_{A,V}} \right)^2 + 1 \right]^{3/2}} \cdot \left[K(\sin \alpha) - \frac{\left(\frac{2r}{L_{A,V}} \right)^2 - 1}{\left(\frac{2r}{L_{A,V}} \right)^2} \cdot E(\sin \alpha) \right],$$

ahol

$$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2r}{L_{A,V}} \right)^2 + 1}}$$

$K(\sin \alpha)$ és $E(\sin \alpha)$ – első – és másodfokú teljes elliptikus integrálok

$$K(\sin \alpha) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2 \alpha}},$$

ahol $0 \leq k < 1$,

$$E(\sin \alpha) = \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - k^2 \cdot \sin^2 \alpha} d\alpha,$$

ahol $0 \leq k < 1$.

A fenti összefüggések felhasználásával *MINSZK* - 32-es számítógépre programcsomag készült a radiális geometriai tényező számítására.

A programok közlésétől eltekintünk, de megemlítjük, hogy a számításokor alkalmazott másodfokú közelítés igen jó eredményt adott:

$$K(\sin \alpha) = (a_0 + a_1 \eta + a_2 \eta^2) + (b_0 + b_1 \eta + b_2 \eta^2) \cdot \ln \frac{1}{\eta},$$

$$\eta = 1 - k^2,$$

$$a_0 = 1,3862944, \quad b_0 = 0,5$$

$$a_1 = 0,1119723, \quad b_1 = 0,1213478,$$

$$a_2 = 0,0725296, \quad b_2 = 0,0288729.$$

$$E(\sin \alpha) = (1 + a_1 \eta + a_2 \eta^2) + (b_1 \eta + b_2 \eta^2) \ln \frac{1}{\eta},$$

ahol

$$\eta = 1 - k^2,$$

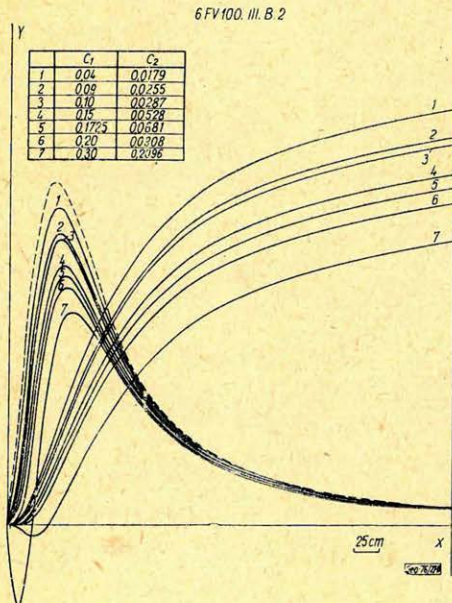
$$a_1 = 0,4630151, \quad b_1 = 0,2452727,$$

$$a_2 = 0,1077812, \quad b_2 = 0,0412496.$$

A számolást mind a négy variáns $c_1 = f(c_2)$ függvényeinek jellegzetes szakaszaira elvégeztük. A tanulmányban közölt néhány ábra számításához az 1., 3. és 4. táblázatok adatait használtuk fel. Az ábrákon (9-13) feltüntettük a főtekerescsár (szaggatott vonal) differenciális, a hettekerceses szondák differenciális és integrális geometriai tényezőjét az ábrán látható normált menetszámértékeknek megfelelően.

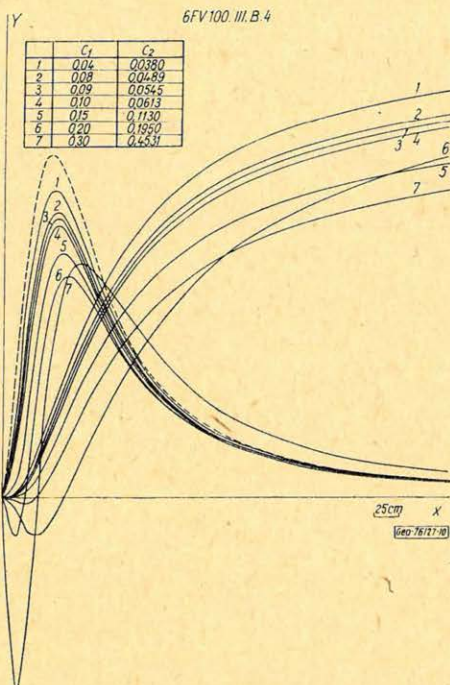
Az ábráknál az y tengelyen a G_r értékek, az x tengelyen pedig a fúrólyuk tengelyétől radiálisan mért távolságok vannak felhordva.

A 9. ábrán 6FV100. III. B. 2 kódú szondák (azonos tekercestávolságok mellett a $c_1 = f(c_2)$ függvénykapcsolat [4]) vizsgálatra érdemes szakaszát számítottuk ki. A 6. sz. hettekerces differenciális radiális geometriai faktor ($c_1 = 0,20$; $c_2 =$

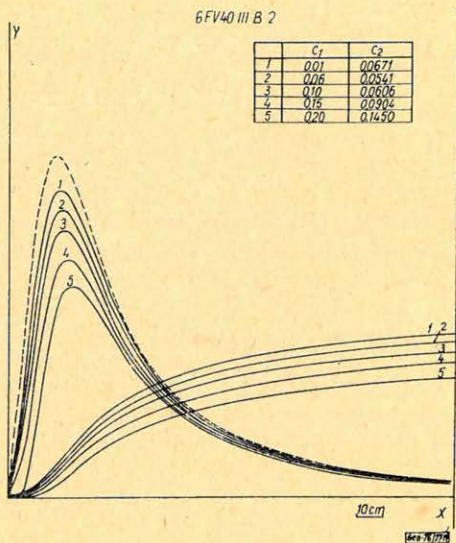


9. ábra - Puc. - Fig.

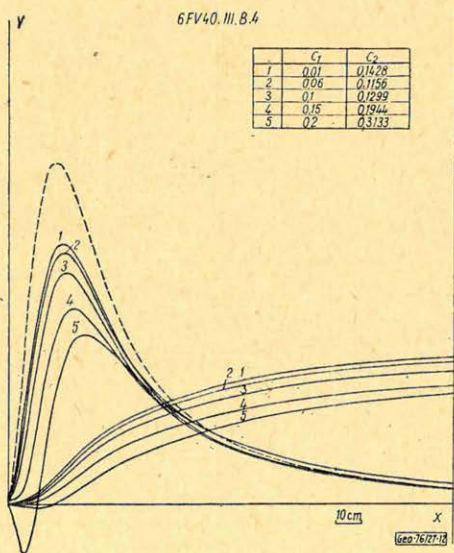
= 0,0908) igen kedvező képet mutat, mivel az x tengely körül oszcillál, r irányban integrális értéke jelentős szakaszon O körüli értéket ad, s így a kiktatott zóna nagy, a behatolási mélység úgyszintén. Gyakorlati megvalósítását



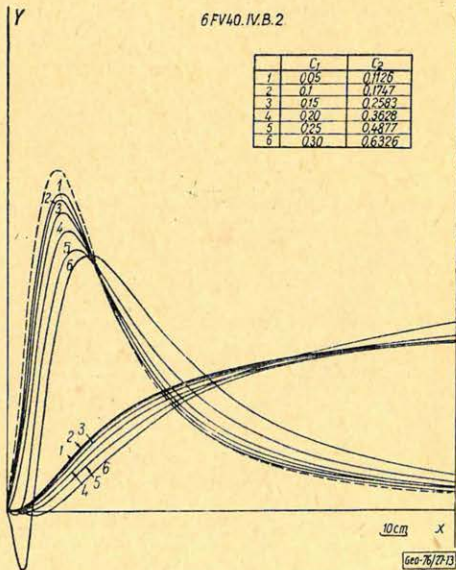
10. ábra – Puc. – Fig.



11. ábra – Puc. – Fig.



12. ábra – Puc. – Fig.



13. ábra – Puc. – Fig.

az alacsony-frekvenciás indukciós karotázásban mégsem lehet javasolni, mivel egy ilyen szondának [5] szerint nincs elfogadható mérési tartománya. Ezért ennél kisebb c_1 , c_2 értékekkel kellett dolgozni.

A 10. ábrán már olyan szélső tekercestávolság van (200 cm), amely a hazánkban ma alkalmazható technológia mellett már nem jöhet számításba. Itt is kiválasztható az a szonda, amellyel a kiiktatott zóna kívánt mértékű, a behatolási mélység (a vezetőképességtől függően) nagy. A 11., 12. és 13. ábrákon a 40 cm-es főtekercestávolságú szondák radiális karakterisztikáit mutatjuk be. Itt is hasonló megállapításokat tehetünk, mint az 1 m-es főtekercestávolságúaknál tettünk. A 11. ábrán látható, hogy több olyan szonda választható ki, ahol a fúróiszap hatását kiiktattuk, vagy kellően mérsékeljük, s a behatolási mélység olyan, hogy a hazai gyakorlatban kialakult elárasztott zóna vezetőképességét (fajlagos ellenállását) meghatározhatjuk. Az 5. számú görbe ($c_1 = 0,20$; $c_2 = 0,1450$) szondájának ideális radiális karakterisztikája van, de [5] szerint gyakorlati realizálásától el kell tekinteni.

A 12. ábra a 2. sz. görbék (differenciális és integrális hatások) szondájával már elérjük a kívánt geofizikai eredményt, azaz egy legalább 216 mm-es átmérőjű fúrás hatását minimálisra csökkentjük, s D/d 8–12 értékeig az elárasztott zóna fajlagos ellenállását megbízhatóan meghatározhatjuk.

A 13. ábra azt mutatja, hogy rövid szondánál igen jó radiális karakterisztikákat kapunk, s a gyakorlati követelményeknek már az 1.a) görbe megfelel. Mindezek ellenére a [4]-ben indokoltak miatt a IV. variánst gyakorlati megvalósításra nem javasoljuk.

Következtetések:

1. A fókuszálás mértékének megfelelő megvalósításával meghatározhatjuk az adott szondakonfigurációhoz tartozó jó alacsony-frekvenciás indukciós szondákat, amelyek megfelelnek a gyakorlat követelményeinek, s alkalmasak a réteg, ill. az elárasztott zóna fajlagos ellenállásainak meghatározására.
2. Az integrális radiális karakterisztika alkalmas
 - a) a kiiktatott zóna nagyságának becslésére,
 - b) behatolási mélység meghatározására,
 - c) az a, és b. változásának követésére a mérési tartományban.

Összefoglalva:

A vertikális és radiális karakterisztikák tanulmányozása lehetőséget ad olyan szondák tervezésére, amelyek az előre meghatározott geofizikai követelményeknek eleget tesznek.

Az alacsonyfrekvenciás indukciós rendszerek tervezésénél különösen fontos szerepet kap az a négyes ciklus, amelyet a [4], [5]-ben és jelen tanulmányban foglaltunk össze, azaz

- a stabilitás vizsgálata $\sum E_s^{\text{reakt}} = 0$ feltétellel,
- a vertikális karakterisztika tanulmányozása,
- a radiális karakterisztika tanulmányozása,
- a szonda viselkedése homogén közegben, azaz a kívánt mérési tartomány kiválasztása, meghatározása.

A négyes követelménynek eleget tevő egyméteres és 40 cm-es szondák $M = 1:1$ léptékű modellezésre kerülnek, amely után a paraméterek pontosíthatók.

Szeretnénk hangsúlyozni, hogy ebben és a Magyar Geofizikában megjelent két korábbi [4], [5] tanulmányban vázolt módszertani tervezés alapja és meghatározója lehet a jó indukciós szonda létrehozásának. Nem mentesít azonban a technológiai és műszertехnikai problémák részletes elemzésétől.

IRODALOM

- [1] *H. G. Doll*: Introduction to induction logging and application to logging of wells drilled with oil base mud. J. of Petroleum Technology, Vol. 1. No. 6, June, 1949.
- [2] *M. I. Plusznyin*: Indukcionnűj karotazs Izd. Nyedra, 1968
- [3] *V. N. Dachnov*: Elektricseszkije i magnyitnűje metodű izsledovanyija szkvazsin. Izd. Nyedra, 1967.
- [4] *Baráth István*: Az alacsony-frekvenciás indukciós karotázis módszertani kérdései. Magyar Geofizika 1976. XVII. évf. 2. sz.
- [5] *Baráth István*: A 6FV100 és 6FV40 típusú alacsonyfrekvenciás indukciós szondák homogén közegben. Magyar Geofizika 1976. XVII. évf. 3. sz.
- [6] *Byrd – Friedman*: Handbook of Elliptic Integrals for Engineers an Physicists.
- [7] *J. T. Hayward – J. P. Wong*: Approximations for Digital Computers By Cecil Hastings, JR. Princeton University Press, 1955 (Princeton, New Jersey).

A szerző köszönetét fejezi ki kollégáinak, Bihari Lászlóné és Békássy Csaba tudományos munkatársaknak a vertikális és radiális karakterisztikák számításának MINSZK – 32-es számítógépre vitelében nyújtott segítségükért.

Könyvszemle

Egyed László: Bevezetés a szeizmológiába, ELTE TTK előadási jegyzet, 118 old., Tankönyvkiadó, 1976., ára 8, – Ft.

A könyvecskét Egyed László hátrahagyott előadási jegyzetei alapján az ELTE Geofizikai Tanszékén Meskó Attila állította össze. A szeizmológiát és annak néhány alapvető fogalmát röviden definiáló bevezetés után a mű három részre oszlik.

Az első részben: „A földrengések és földrengéshullámok leírása” címmel rövid, de beható elméleti tárgyalás során megismerkedünk a földrengéshullámok természetével, fajtáival, terjedésével és az ezekkel kapcsolatban szereplő fogalmakkal.

A második rész a földrengésvizsgálatok alapján a földszerkezetre kapható ismereteket tartalmazza.

Végül a harmadik részben a földrengésvizsgálatoknál használt műszerek elméletének alapjait kapjuk anélkül, hogy a műszerek, műszertípusok részletesebb leírására sor kerülhetne. Ezt az olvasó a könyv végén ajánlott irodalomból pótolhatja.

A szöveget 56 szövegműködési ábra egészíti ki.

A mű a címében megjelölt célnak kiválóan megfelel és igen ajánlható első olvasmányul olyanoknak, akik bizonyos tájékozottságot akarnak nyerni a tárgykörben, de csak akkor, ha némi matematikai ismerettel rendelkeznek.

T. G.