Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet
GEOFIZIKAI KÖZLEMÉNYEK
XVI. kötet. 1–2. szám

А. АДАМ, Й. ВЕРЁ

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ НАЛОЖЕНИИ ВАРИАЦИЙ С РАЗЛИЧНЫМИ ПЕРИОДАМИ

В работе установлено, что при наличии двух или некоторых периодов в оформлении суммы наибольую роль играет компонент, частичная сумма которого доминирует в данный период. Если частичная сумма одного из компонентов представляет собой половину от частичной суммы другого, то она оказывает влияние на результирующую сумму, равное всего ок. 10%, таким образом такие участки могут приниматься за единственный период.

A. ÁDÁM, J. VERŐ

INVESTIGATION OF THE METHODS OF PROCESSING TELLURIC SURVEY DATA IN THE CASE OF SUPERPOSITION OF VARIATIONS WITH VARIOUS PERIODS

It is stated in the paper, that in the presence of two or more periods the component with the highest partial total within the given space of time dominates in the formation of the total. If one of the components has a partial total running to the half of that of the other, then it influences the resulting total only to an extent of abt. 10%, thus sections like this can be taken for a single period.

A TELLURIKUS MÉRÉSEK FELDOLGOZÁSI MÓDSZEREINEK VIZSGÁLATA KÜLÖNBÖZŐ PERIÓDUSÚ VÁLTOZÁSOK SZUPERPOZÍCIÓJÁNÁL

ÁDÁM ANTAL és VERŐ JÓZSEF

I. rész

Totális módszer

A magnetotellurikus szondázási görbék meghatározásához ismernünk kell az elektromos és mágneses tér amplitúdóját különböző periódusú változásoknál. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az egyes periódusokat tisztán, más zavaró periódusok nélkül kell előállítanunk. Ez a probléma azonban nemcsak a magnetotellurikus méréseknél jelentkezhetik, hanem a tellurikában is. Egyes vidékeken olyan nagy lehet a (bázishoz képest számított) frekvenciafüggőség, hogy elhanyagolása a területarány-értékek hibáját okozhatja. Előfordulhat az is, hogy éppen a területarányt kívánjuk a periódus függvényében vizsgálni (relatív tellurikus frekvenciaszondázás). Felmerül tehát az a kérdés, hogy

A kézirat 1966. II. 2-án érkezett.

mennyire érzékenyek a tellurikus mérések feldolgozási módszerei különböző periódusok keveredésére, milyen mértékű idegen periódus jelenléte engedhető meg egy regisztrátumon, hogy azt még egyetlen periódusúnak tulajdonítsuk?

A továbbiakban ezeknek a szempontoknak alapján akarjuk elemezni az egyes feldolgozási módszereket (totális, relatív-ellipszis, abszolút-ellipszis). Jelen I. résznek nevezett tanulmányunkban a totális módszerrel foglalkozunk.

„Totális változás" alatt – KUNETZ (1957) nyomán – egyértelmű időfüggvényeknél, mint amilyen az elektromos térerősség időbeli változásait leíró görbe is, a függvényt leíró görbe megvizsgálandó tartományának kezdő és végső pontja között az egymás után következő összes maximumok és minimumok ordinátái közötti különbségek abszolút értékének összegét értjük:

$$V_x = \sum_{t_1}^{t_2} |\Delta x| \tag{1}$$

Itt az egyes Δx-ek két-két szélsőérték ordinátája közötti különbséget jelentik. Az 1. képlet hasonló módon írható fel a tellurikus abszolút ellipszis meghatározásához szükséges többi komponens esetére is. Közvetlen regisztrálással többnyire az északi (x) és keleti (y) komponenst határozzák meg. A harmadik, általában 45°-os komponenst szerkesztéssel, vagy számítással állítják elő.

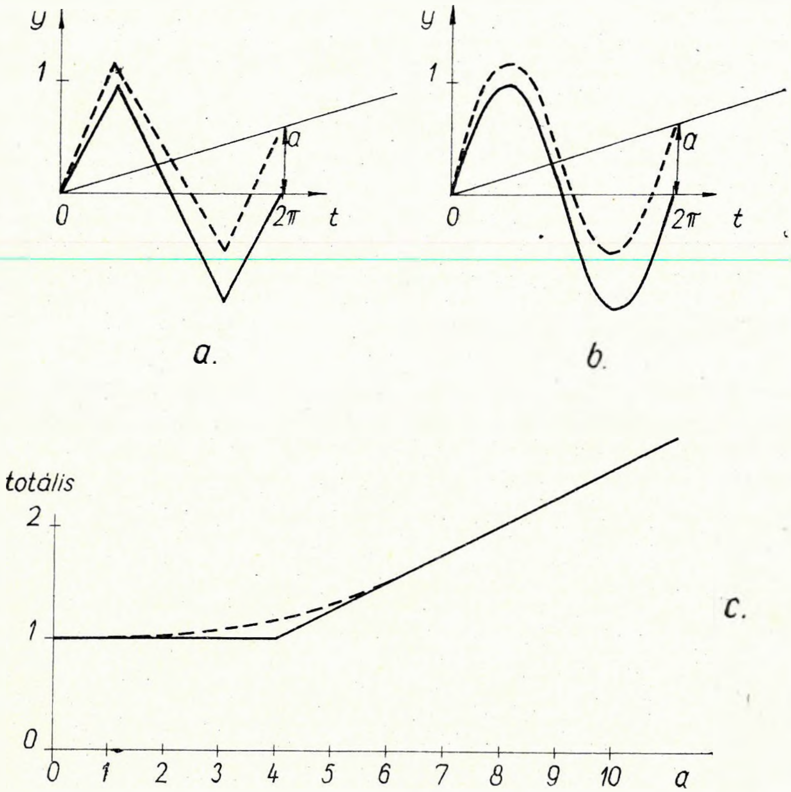
A tanulmányunkban tárgyalt probléma már eddig is érdeklődést keltett (ÁDÁM, 1958., THIEME, 1963). Ők azt tételezték fel, hogy a totális módszer a kisebb periódusokat emeli ki. Emiatt ajánlotta ÁDÁM (1958) a totális módszer fenti kifejezése helyett a

$$V'_x = \int_{t_1}^{t_2} x dt \tag{2}$$

integrál alkalmazását, hogy mérsékelje a kisperiódusok szerepét a totálisban. THIEME (1963) azt vizsgálta meg, hogy 6 : 1 periódusarányú változásoknál a nagyperiódus mennyire érezteti hatását. (Amplitúdója a kisperiódus amplitúdójának 2,5-szerese volt.) Megállapította, hogy a nagyperiódus egy teljes periódusa alatt nem lehet kimutatni a totális változását. Ha a nagyperiódusnak nem teljes periódusát vizsgáljuk, akkor a totális – THIEME által hibának tekintett – változása 7%-ot is elérhet.

Vizsgálatainkat[1] azzal a legegyszerűbb esettel kezdtük, amikor tetszés szerinti periódusú, egységnyi amplitúdójú háromszöghullámra egyirányú lineáris változás szuperponálódik. Ez a lineáris változás a tellurikában a polarizáció lehet. Az 1. ábrán bemutatjuk a totális változását a kisperiódus egy teljes periódusa alatt a lineáris változás mértékének függvényében. Ha nem háromszög-, hanem szinusz-hullámról van szó, akkor az 1/c. ábrán szaggatott vonallal jelölt mértékben változik meg a totális. Kismértékű polarizációnál ez a növekedés $1+a^2/8\pi^2$ arányú, ahol a az egy periódusra jutó polarizáció a kisperiódus amplitúdójának egységében, a következő meggondolás alapján.

[1] Tanulmányunkban azzal kívánunk foglalkozni, hogy egy komponens totálisát milyen mértékben módosítja adott mértékű polarizáció, vagy két különböző periódus interferenciája. A számított harmadik komponensre fejtegetéseink értelemszerűleg szintén vonatkoznak. Az időszakos állomásellipszis területének adott komponenshiba esetén való változására ebben a részben nem térünk ki.



1. ábra. Egyirányú lineáris változás hatása háromszög- és sín-hullám totálisára, a lineáris változás mértékének függvényében *(a* a hullám amplitúdójának egységében kifejezve)

Фиг. 1. Влияние одностороннего линейного изменения на сумму треугольной и синусоидальной волны в зависимости от величины линейного изменения *(a* выражено единицами амплитуды волны)

Fig. 1. The influence of unidirectional linear variation on the total of triangular and sinusoid waves as a function of the extent of linear variation *(a* is given in units of the wave amplitude)

Feladatunk meghatározni az

$$y = \sin x + \frac{ax}{2\pi} \tag{3}$$

függvény totálisát 0 és 2π között. A szélső értékek helye

$$y' = \cos x + \frac{a}{2\pi} \tag{4}$$

alapján: $\cos x = -a/2\pi$.

Ha feltételezzük, hogy a kicsi, vagyis arc cos $(-a/2\pi) = \frac{\pi}{2} + \frac{a}{2\pi}$, ill. $\frac{3\pi}{2} - \frac{a}{2\pi}$, akkor a függvény értéke a szélső értékek helyén a következő:

$$y_{max} = \sqrt{1-(a/2\pi)^2} + \frac{a}{2\pi}\left(\frac{\pi}{2} + \frac{a}{2\pi}\right) \tag{5}$$

$$y_{min} = -\sqrt{1-(a/2\pi)^2} + \frac{a}{2\pi}\left(\frac{3\pi}{2} - \frac{a}{2\pi}\right) \tag{6}$$

A totális $T = (y_{max} - y_0) + (y_{max} - y_{min}) + (y_{2\pi} - y_{min}) =$

$$= 4\sqrt{1-(a/2\pi)^2} + 4(a/2\pi)^2 \tag{7}$$

ahol y_0-lal, ill. $y_{2\pi}$-vel jelöltük a függvény értékét a 0, ill. a 2π helyen. Sorbafejtés után kapjuk ebből közelítőleg

$$T = 4 + \frac{a^2}{2\pi^2} \tag{8}$$

Az eredeti totális 4, így a növekedés aránya:

$$\frac{T}{T_0} = 1 + \frac{a^2}{8\pi^2} \tag{9}$$

Amint az eddigiekből megállapítható, a nagyobb periódus szerepe akkor kezd jelentőssé válni, amikor az azonos időszakra vonatkozó totális érték a kétféle variációra közel egyenlő (gyakorlatilag ez azt jelenti, hogy kisebb mértékű polarizációnál a tellurikus regisztrátumok a totális módszerrel még feldolgozhatók korrekció alkalmazása nélkül is). A továbbiakban ezért az egyes összetevőket nem amplitúdójukkal, hanem az azonos időre vonatkozó totálisukkal jellemezzük (amplitúdó szorozva frekvenciával).

A következő lépésben olyan változások szuperpozícióját vizsgáltuk meg, amelyeknek periódusa 2 : 1 arányban állt. Ha a kisebb periódus amplitúdóját (a_2) változtattuk, az I. táblázat szerinti totális értékeket kaptuk.

I. táblázat

a_1		a_2		Eredő totális	Növekedés a nagyobb totálisú összetevő %-ában
amplitúdója	totálisa	amplitúdója	totálisa		
1	4	2	16	16,08	0,5
1	4	1	8	8,48	6
1	4	0,5	4	5,20	30
1	4	0,25	2	4,40	10
1	4	0,125	1	4,10	2,5

Az I. táblázatban szereplő eredő totálisok a két komponens sin és cos helyezetében számított totálisok közül a nagyobbak (sin helyzetnek neveztük azt az esetet, amikor mindkét összetevő a 0 pontban sin függvény szerint indult, cos helyzetben pedig cos függvény szerint). Így a feltüntetett értékek a totális növekedésének felső határát jelentik.

5 : 6 arányú periódusok szuperpozíciójánál 1 : 1 arányú totálisnál 24%-os, 1 : 2 arányú totálisnál 4 – 5%-os növekedést kaptunk.

Ezekből a vizsgálatokból is arra a következtetésre jutunk, hogy a totális növekedése az uralkodó totálisú komponenshez képest csak akkor nagyobb, ha a két rész-totális közel egyenlő.

II. táblázat

A kisperiódusú összetevők (k) periódusa a nagyperiódus periódusának egységében	A totális növekedése sin helyzetben %	-sin helyzetben %	cos helyzetben %	-cos helyzetben %	Maximum %
5/6	24				
2/3	26	26	27	27	27
1/2	30	30	25	25	30
1/3	22	32	32	22	32
1/4	30	27	25	28	30
1/5	7	32	28	32	32
1/6	14	28	25	30	30
1/2 és 1/3	48		43		
1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6	65		74		
az előző sor 1/∞-ig	57		∞		

A továbbiakban a periódus változásának hatását vizsgáltuk egyenlő nagyságú totálisok esetére szorítkozva. A II. táblázatban feltüntetjük, milyen arányban álló periódusok szuperpozícióját vizsgáltuk (mindegyiket sin és cos helyzetben). Ez a két fázishelyzet természetesen nem meríti ki az összes lehetőségeket, de az effektus nagyságáról jó tájékoztatást nyújt. Megjegyezzük, hogy az adatokat szerkesztés útján kaptuk meg, mert a matematikai meghatározás nagyon hosszadalmas lett volna. Alább az 1 : 2 arányban álló periódusokra a számítást is bemutatjuk.

A II. táblázat utolsó értékeit az

$$y = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \ldots = \infty \tag{10}$$

végtelen sorból, ill. az

$$y = \pi - 2\left(\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3} + \ldots\right) \tag{11}$$

fűrészfog-rezgés alapján határoztuk meg. Az első sorozat ugyanis cos-helyzetben a 0-helyen adódik, s a függvénynek másutt negatív értéke is van.

A matematikai meghatározás módját a

$$y = \sin(x+x_0)+\frac{1}{2}\sin 2x \qquad (12)$$

függvényen mutatjuk be. x_0 jelenti a kezdőpontbeli fázistolást, amely $0-2\pi$ között bármi lehet. Ennek a függvénynek differenciálhányadosa: $y' = \cos(x+ +x_0)+\cos 2x$ (ismét egyenlő totálisok esetére szorítkozunk!). Keresnünk kell az

$$\cos(x+x_0) = \cos(2x+\pi) \qquad (13)$$

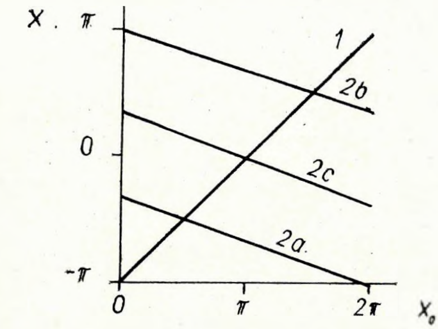
egyenlet megoldását. Két megoldás van: az egyik

$$x = x_0-\pi(2n+1) \qquad (14)$$

a másik

$$x = -\frac{x_0}{3}-\frac{(2n+1)}{3}\pi \qquad (15)$$

alakú. Az első esetben csak $n = 0$-nál (1. megoldás), a másodikban $n = 0, 1, 2$-nél (2/*a*., 2/*b*., 2/*c*. megoldás) kapunk független megoldásokat, vagyis lehetséges szélső-érték helyeket. A 2. ábrán x_0 függvényében mutatjuk be a szélsőértékek helyének változását. Ahol a két szélsőérték egybeesik, mint pl. $x_0=0$-nál az 1. és a 2/*b*. megoldás, ott nem szélsőérték, hanem inflexiós pont van. A 2. ábra alapján eldönthetjük a szélsőértékek sorrendjét tetszőleges x_0 fázishelyzetre, s ezután nagyságukat is meghatározhatjuk az alábbi formulákból:



2. ábra. Az $y = \sin(x+x_0)+1/2 \sin 2x$ függvény szélső-értékeinek helyzete az x_0 kezdeti fázistolás függvényében

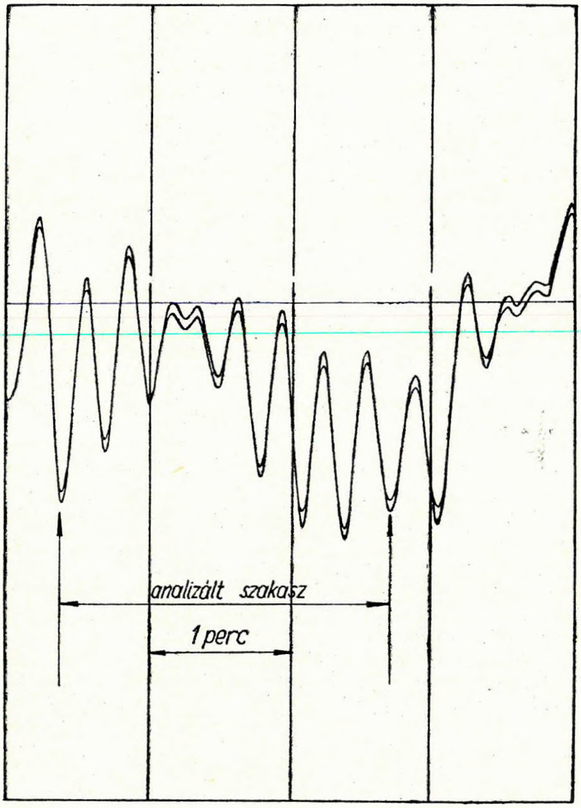
Фиг. 2. Положение экстремальных значений функции $y = \sin(x+x_0)+1/2 \sin 2x$ в зависимости от начального сдвига фазы x_0;

Fig. 2. Position of the extreme values of the function $y = \sin(x+x_0)+1/2 \sin 2x$ as plotted against the initial phase shift x_0

$$\left.\begin{array}{lll} 1 & y = & -1/2\sin 2x_0 \\ 2/\mathrm{a.} & y = & 3/2\sin(A-60°) \\ 2/\mathrm{b.} & y = & 3/2\sin(A-180°) \\ 2/\mathrm{c.} & y = & 3/2\sin(A-300°) \end{array}\quad A = 2x_0/3 \right\} \qquad (16)$$

A vázolt megoldás is mutatja, hogy a matematikai tárgyalás csak az egyenlő totálisoknál alkalmazható viszonylag egyszerűen, de akkor is az egyes szélsőérték helyek váltakozó jellege bonyolulttá teszi a számításokat.

II. táblázatunk szerint a periódusváltozás egyenlő totálisoknál hatástalan az eredő totálisra, vagyis bármilyen periódusok keveredése (egyenlő totálisnál) a kezdeti totális értéket kb. 30–32%-kal növeli.



3. ábra. Az analizált pc-pulzációk

Фиг. 3. Проанализированные пульсации pc

Fig. 3. Analysed pc-pulsations

Az elmondottakat egy gyakorlati példával is illusztráljuk. A 3. ábrán feltüntetett szakaszon meghatároztuk harmonikus analízissel az első 15 harmonikus amplitúdóját és totálisát. Az egyes komponenesek adatai a III. táblázatban találhatók.

III. táblázat

A harmonikus			A harmonikus		
sorszáma	amplitúdója	totálisa	sorszáma	amplitúdója	totálisa
1	8,6	34	9	1,9	68
2	0,8	6	10	0,8	32
3	0,8	10	11	0,5	22
4	2,9	46	12	0,55	26
5	1,1	22	13	0,2	10
6	1,7	41	14	0,25	14
7	7,1	198	15	0,25	15
8	5,2	166			

A totálisok összege a 15. harmonikusig 710, a kiolvasott totális viszont csak 282. Ennek 70%-át a 7. harmonikus teszi ki, a 8-kal együtt pedig már 90%-ánál is többet, bár a totálisok összegében csak 50% a részük.

Vizsgálatainkat összefoglalva azt állapíthatjuk meg, hogy két vagy több különböző periódus jelenléténél a totális kialakításában annak a komponensnek van a legnagyobb szerepe, amelynek résztotálisa az adott időszakban a legnagyobb. Ha az egyik összetevő résztotálisa a másikénak fele, akkor az már csak kb. 10%-os mértékben befolyásolja az eredő totálist, s így az ilyen szakaszok egyetlen periódusúaknak vehetőek. Gyakorlatilag legcélszerűbb az átlagamplitúdó periódus arányt képezni, mert ez arányos a totálissal, s ha ezek közül az egyik a többit legalább kétszeresen felülmúlja, úgy az egész szakaszra ez lesz az uralkodó periódus a totális szempontjából. Az egyes komponensek periódusának nincsen szerepe, illetve csak annyiban van, amennyiben a totális értéke változik egyenlő amplitúdó, de más periódusnál.

IRODALOM

Ádám, A. (1958): Über ein modifiziertes tellurisches Schurfgerät und dessen Verwendung zu tellurischen Untersuchungen grossen Ausmasses. Freiberger Forschungshefte, C 45, 52—61, Berlin.

Kunetz, G. (1957): Anwendung statistischer Eigenschaften der Erdströme in der praktischen Geophysik. Freiberger Forschungshefte, C 32, 5—19, Berlin.

Thieme, H. (1963): Probleme und Erfolge der Tellurik bei der Erkundung hochohmiger Antiklinalstrukturen in der DDR (VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig).