

MAGNETOTELLURIKUS IMPEDANCIATENZOR MEGHATÁROZÁSA

dr. Verő József – dr. Varga Gyula

Az MTA Geodéziai és Geofizikai Intézetében kutatások folynak a magnetotellurikus impedanciatenzor numerikus meghatározására. A módszert, amely részben a szakirodalomban már meglévő eljárások figyelembe vételével lett kidolgozva, az alábbiakban ismertetjük, vázlatosan, csupán a feladatát és koncepcióját fejtve ki.

Az eljárás a következő részekre bontható:

- 1/ A különböző frekvenciájú jelek szétválasztása
- 2/ A tenzor meghatározására felhasználható információk kiválasztása
- 3/ Az impedancia-tenzor elemeinek kiszámítása
- 4/ Az impedancia és a látszólagos fajlagos ellenállás értékeinek különböző irányokba való megadása.

Ezeknek a lépéseknek a feladata röviden a következő:

1/ A terepen készült mágneses és tellurikus regisztrátumokban nagyon nagy frekvenciatartományban találhatók variációk. Elvileg több ezer HZ-től az évszázados változás 10^{-10} HZ körüli frekvenciájú komponenséig diszkrét (pl. nap-napi és holdnapi hullám) és bizonyos sávra szétosztott energiájú összetevők egyaránt előfordulnak. A regisztrátumon azonban az észlelési idő és a digitalizálási köz által megszabott határok között ennek a tartománynak csak egy kisebb része értékesíthető. Az értékesíthető tartomány maximálisan a digitalizálás kétszeres hosszának megfelelő Nyquist-periódustól a regisztrátum hosszának megfelelő periódusig tart, gyakorlatilag azonban ennél csak kisebb tartományt tudunk hasznosítani. Az egyes periódusok szétválasztását a jelen esetben szűrők segítségével végezzük el. Az eljárás programja a megadott periodushatárok között elkészíti a szűrőt, majd a megadott adatsorral elvégzi a szűrés műveletét is.

2/ A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy általában nem minden időszak használható fel az impedanciatenzor meghatározására. Feltehetőleg a mikropulzációk (vagy más variációk) forrásának helyzetétől függően bizonyos időszakokban az impedanciatenzor által megszabott összefüggés a mágneses és az elektromos komponensek között elveszti szigorú érvényét [1]. Ezen kívül esetleg időszakosan fellépő kóboráramok, a digitalizálás hibái vagy egyszerűen bizonyos periódusok időnkénti hiánya is okozhatja azt, hogy a korreláció mértéke csökken. Az ilyen szakaszokat a feldolgozásból ki kell zárni.

3/ Az impedanciatenzor elemeinek kiszámítására a legszemléletesebb képleteket Swift [2] adta meg, de hasonló képletek más szerzőknél is megtalálhatók. A képletek a tenzor elemeit az egyes komponensek átlagamplitúdója és a közöttük lévő koherencia segítségével fejezik ki.

Az impedanciatenzor elemeit a mágneses és elektromos komponensek 2-2, összesen tehát 4 különböző variációjában lehet kiszámítani; ezek közül a közvetlenül és az admittanciatenzor elemeiből kiszámított tenzorelemek a legstabilisabbak. (A legkevésbé érzékenyek a véletlen hibákra.) Azonban ezek sem adják a helyes értéket, hanem a kiegyenlítő számítás nyelvén kifejezve pl. az impedanciatenzor elemeinek közvetlen kiszámításakor csak a H komponens értékeit látják el javítással. Ez arra vezet, hogy a meghatározott Z tenzorelemek a helyes értéknél kisebbek lesznek. Szigorú eljárás csak az volna, ha az E komponens értékeit is ellátnánk javítással. Tekintettel arra, hogy ez a módszer sokkal bonyolultabb, ettől eltekintettünk, viszont helyette ugyanezzel a módszerrel meghatároztuk az A admittanciatenzor elemeit is, vagyis ekkor csak az E komponenseket látjuk el javítással:

$$H = A \cdot E$$

A Z tenzor elemeihez hasonlóan az A tenzor elemei is kisebb abszolút értékűek a helyes értéknél. Ez a megfelelő matematikai összefüggésekből látható be. Ennek következtében az $A \cdot Z$ szorzat nem lesz egyenlő az egységtenzorral. Iterációs úton a helyes nagyság elérése, illetve a szisztematikus hiba elkerülése céljából az A és a Z tenzort úgy változtatjuk, hogy szorzatuk az egységtenzort megközelítse. Ez a következőképpen történhetik:

Tekintsük az

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= A \\ Z_1 &= Z \end{aligned} \right\} \begin{aligned} A_{i+1} &= \frac{1}{2} (A_i + Z_i^{-1}) \\ Z_{i+1} &= \frac{1}{2} (Z_i + A_i^{-1}) \end{aligned} \quad (i = 1, 2, \dots)$$

mátrixsorozatpárt. Legyen $A_i \cdot Z_i = E + \Delta_i$, ahol a Δ_i az egységmátrixtól való eltérés mátrixa. Mármint, ha a Δ_i mátrix normája 1-nél kisebb (amit feltételezünk), akkor

$$A_{i+1} \cdot Z_{i+1} = E + \frac{1}{4} \Delta_i^2 \cdot (E + \Delta_i)^{-1}$$

Ebben az esetben tehát

$$\frac{\|A_{i+1} \cdot Z_{i+1} - E\|}{\|A_i \cdot Z_i - E\|^2} \longrightarrow C \quad (C \neq 0)$$

vagyis $A_i \longrightarrow A^*$

és $Z_i \longrightarrow Z^*$ amelyekre $A^* \cdot Z^* = E$.

A konvergencia másodrendű. Ez az eljárás az eddig ismertek közül egyike a leghatékonyabbaknak a zajok kiküszöbölésére.

Ez a közelítés azt jelenti, hogy a zajokat teljesen inkoherensnek tekintjük, s ennek megfelelően kiszűrjük ki. Koherens zajok számításos kiküszöbölésére ez az út nem alkalmas.

Az elmondottakkal kapcsolatban azt jegyezzük meg, hogy az elsőként említett közelítés körülbelül a megszabott koherenciahatár négyzetének megfelelően csökkenti a tenzorelemeket, pl. az általunk gyakorlati tapasztalatok alapján gyakran alkalmazott 0,95-ös koherenciahatár esetében a főimpedanciákban kb. $(1-0,95^2)$. $100\% \approx 10\%$ -os csökkenések adódnak maximálisan; a mellékimpedanciaelemek változásainak abszolút értéke is legfeljebb ekkora.

4/ Az impedanciatenzor különböző irányokban vett értékeit a Berdicsevszkij [3] által közölt képletekkel számoltuk, a főimpedancia értékeiből pedig meghatároztuk a látszólagos ellenállást is.

Az eljárás programja az MTA CDC 3300-as gépére készült ALGOL-ban. A regisztrátumok digitalizátoron kapott papírszalagjait a PTCONVRT FORTRAN szubrutin segítségével olvastuk be a gépbe és alakítottuk át, hogy azokat az ALGOL program felhasználhassa.

Irodalom

- [1] Зилахи-Шебеш, Л. – Вере, Й.: Дигитальная частотная фильтрация и ее применение при обработке магнитотеллурических измерений.
Acta Geod. Geoph. Mont. Hung. 4. (1969) 321.
- [2] Swift, C.M., A Magnetotelluric Investigation of an Electrical Conductivity Anomaly in the Southwestern United States: Ph.D. thesis, M.I.T (1967)
- [3] Методика магнитотеллурического профилирования,
Москва, 1965.

Beérkezett: 1972 nov. 1.

Summary

NUMERICAL EVALUATION OF THE MAGNETOTELLURIC IMPEDANCE TENSOR

The paper describes a numerical procedure to determine from magnetic and telluric registrations, got on the field, the magnetotelluric impedance tensor. Further, from the principal impedance values the programme calculates the virtual specific resistance too.

Р е з ю м е

Определение магнитотеллурического тензора импеданции.

Статья дает описание вычислительного метода, с помощью которого на основании магнитотеллурических измерений, произведенных на открытом месте, определяется магнитотеллурический тензор импеданции, а также, исходя из значений главных импеданций, определяется кажущееся специфическое сопротивление.