

Program a magnetotellurikus impedancia-tenzor meghatározására, és a vele elért eredmények

V E R Ő J Ó Z S E F

Az előadás ismerteti azt a programot, amelyet az MTA Geofizikai Kutató Intézetében a magnetotellurikus anizotrópia-tenzor meghatározására alakítottak ki. Foglalkozik az alkalmazott szűrőkel, majd ismerteti az adatkiválasztás alkalmazott elvét a koherenciák alapján. Az előzetesen kapott tenzorkomponensekből iterációs eljárással határozzák meg a végleges értékeket, feltételezve, hogy a mérésekben csak olyan zaj jelentkezik, amely tetszőleges komponenspárban inkoherens. Ismerteti azokat az eredményeket, amelyekkel ezzel a módszerrel el lehetett érni (pontossági adatok). Erősen anizotróp állomások esetében a mellékimpedanciák figyelembevételével második válogatás is történik. Végezetül javaslatot tesz az anizotróp és az attól eltérő, pl. háromdimenziós szerkezetek felett mért impedancia-adatok leírására felhasználható mérőszámra, s ezt példákkal szemlélteti.

В докладе излагается программа, разработанная в Геофизическом исследовательском институте АН ВНР для определения магнитотеллурического тензора анизотропии. Рассматриваются определяемые фильтры и анализируется принцип выбора данных по когеренции. По предварительным получаемым составяющим тензора окончательные величины определяются с использованием итерационного метода, причем предполагается, что в результатах измерения имеются только шумы, некогерентные в любых парах составляющих. Описываются результаты, достигаемые при помощи предлагаемого метода (данные о точности). В пунктах с сильной анизотропией проводится и второй выбор данных с учетом дополнительных импедансов. В заключение дается предложение вводить показатель, описывающий импедансы, измеренные над анизотропными структурами и над отклоняющимися от таковых, напр. трехмерными структурами и приводятся практические примеры.

Es wird das Programm erörtert, welches im Geophysikalischen Forschungsinstitut der Ungarischen Akademie der Wissenschaften für die Bestimmung des magnetotellurischen Impedanzensors zusammengestellt wurde. Die angewandten Filter werden behandelt, dann wird das benutzte Datenauswahlprinzip auf Grund der Kohärenzen erörtert. Die endgültigen Werte werden aus den vorher gegebenen Tensorcomponenten durch ein Iterationsverfahren bestimmt, vorausgesetzt dass in den Messungen nur ein Geräusch vorkommt, das in einem beliebigen Komponentenpaar inkoherent ist. Dann werden die Resultate bekanntgegeben, die mit der Anwendung der Methode zu erreichen sind (Genauigkeitsdaten). Im Falle stark anisotroper Stationen wird mit Berücksichtigung der Nebenimpedanzen auch eine zweite Auswahl getroffen.

Zum Schluss werden Vorschläge mitgeteilt für eine Masszahl, die bei der Beschreibung der anisotropen, sowie von diesen abweichenden, z. B. über dreidimensionalen Strukturen gemessenen Impedanz-Daten brauchbar ist und einige Beispiele der Anwendung werden gegeben.

A magnetotellurikus impedancia-tenzor meghatározására szolgáló programnak a következő műveleteket kell elvégeznie:

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 irányokban való megadása.

Ezeknek a lépéseknek a feladata röviden a következő:

1. A terepen készült mágneses és tellurikus regisztrátumokban nagyon nagy frekvenciatartományban található variációk. Elvileg több ezer Herz-től az évszázados változás 10^{-10} Herz körüli frekvenciájú komponenséig diszkrét

(pl. nap-napi és hold-napi 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 Nyqvist-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. A program a megadott periódushatárok 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 impedancia-tenzor meghatározására. Feltehetőleg a mikropulzációk (vagy más variációk) forrásának helyzetétől függően bizonyos időszakokban az impedancia-tenzor 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 arra vezethet, hogy a korreláció mértéke csökken. Az ilyen szakaszokat a feldolgozásból ki kell zárni.

3. Az impedancia-tenzor 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 levő koherencia segítségével fejezik ki.

Az impedancia-tenzor elemeit 4 különböző variációban lehet kiszámítani; ezek közül a közvetlenül és az admittancia-tenzor elemeiből kiszámított tenzorelemek a legstabilisabbak. Azonban ezek sem adják a teljes értéket, hanem a kiegyenlítő számítás nyelvén kifejezve, pl. az impedancia-tenzor elemeinek közvetlen kiszámításakor csak a H komponens értékeit látják el javítással. Ez arra vezet, hogy a meghatározott Z tenzorelemek túlságosan kicsik lesznek. Szigorú eljárás csak az volna, ha az E komponens értékeit is ellátnánk javítással. Tekintettel arra, hogy ez a módszer sokkal bonyolultabb, ettől eltekintetünk, viszont helyette ugyanezzel a módszerrel meghatároztuk az A admittancia-tenzor elemeit is:

$$H = A \cdot E \quad (1)$$

A Z tenzor elemeihez hasonlóan az A tenzor elemei is kisebb abszolút értékek a helyes értékeknél.

Ennek következtében az $A \cdot Z$ szorzat nem adja az egységmatrixot. 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 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 kb. a megszabott koherencia-határ négyzetének megfelelően csökkenti a tenzor-elemeket. (Pl. 0,95-ös koherencia-határ esetében a főimpedanciákban kb. $1 - 0,95^2$). $100 \approx 10\%$ -os változások adódnak maximálisan; a mellékimpedancia-elemek változásainak abszolút értéke is legfeljebb ekkora.

4. Az impedancia-tenzor különböző irányokban vett értékeit a Berdicsevskij [3] által közölt képletekkel számoltuk, a főimpedancia értékeiből pedig meghatároztuk a látszólagos ellenállást is.

A program megvalósításával kapcsolatban annyit, hogy az az MTA Számítástechnikai Központjának CDC 3300-as gépére készült el, és a munkálatot Varga Gyula végezte.

Az egyes lépések előzetes kipróbálása az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének HP 2114B típusú gépén történt, s a számszerű eredmények egy részét éppen ezekből a kísérletekből idéztük.

Végezetül egy javaslatot szeretnék tenni a leírt úton nyert impedancia-diagramok értelmezésének elősegítésére. Ugyanis a mellékimpedancia változásait elég nehéz tekintetbe venni, értelmezni. Erre – esetleg – az elektromos tér áramfonalainak megrajzolása útján lehetne kísérletet venni. Első, áttekintő vizsgálat céljából azonban kínálkozik egy egyszerű lehetőség.

Ha az impedancia-diagramon kiválasztjuk a maximális impedancia helyét és nagyságát, valamint a rá merőleges irányban vett impedancia értékét (csak a főimpedanciákat véve figyelembe), akkor lényegében olyan modellt számolhatunk, amely pl. anizotróp rétegsor felett jön létre úgy, hogy ezt a két kiválasztott impedancia-értéket forgatjuk a Berdicsevszkij-féle képletekkel körbe. Ha az így kapott impedancia-diagramot „*anizotróp-elvi*”, *AIT* modellnek nevezzük, akkor ennek az *AIT* modellnek és a ténylegesen számított impedancia-diagramnak az eltéréseit (az előjelre való tekintet nélkül) összegezhethetjük, és a különbségeket az *AIT* modell főimpedancia-diagramjának területéhez viszonyítva kifejezhetjük. A két diagram közti terület bizonyos mértékszámot fog adni a kérdéses pontban az *AIT* modellhez viszonyított eltérések mértékéről.

IRODALOM

- [1] Зилахи-Шебеш, Л. – Верѣ, Й.: Дигитальная частотная фильтрация и её 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.