

Az analog-digitális átalakítás hibáinak hatása magnetotellurikus idősorokra*

VERŐ JÓZSEF

A tanulmány olyan A–D átalakítón készült adatsorokat vizsgál, melyben vízszintes irányban mozgatható csúcs alatt motor húzza el a regisztrátumot. A vizsgált analóg-digitális átalakítóval az időtengely irányában 0,6 mm, a függvényértékek irányában 2 mm-es pontosságot lehet elérni. Ha a digitalizálást nem ugyanaz a személy végzi, a függvényértékekben fellépő hiba többszörösre nőhet.

В работе рассматриваются ряд данных, полученных на преобразователе аналог-код, в котором под горизонтально движущимся пиком запись протягивается двигателем. Данный преобразователь позволяет достигать точности, равной 0,6 мм в направлении оси времени и 2 мм в направлении функциональных величин. Если кодирование выполняется не одним и тем же лицом, погрешность в функциональных величинах может увеличиваться в несколько раз.

Time series made by an analogue-digital transformer are dealt with, where the registration graph is moved forward by a motor under a tip movable in horizontal direction. By means of the transformer under consideration one can arrive at an accuracy of 0,6 mm along time axis and of 2 mm in the direction of the function values. If digitalization is not made by the same person, error in the function values may increase to its multiple.

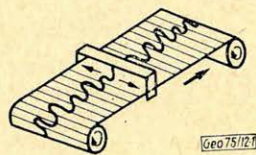
1. Megfelelő digitális regisztráló berendezés hiányában nálunk még sokszor analóg úton regisztrálják a magnetotellurikus szondázásokhoz szükséges méréseket, s utána a számítógépes adatfeldolgozáshoz analóg-digitális fél-automatikus átalakítóval készítik elő a szükséges adatsorokat.

Bár többféle ilyen A–D átalakító is használatban van, megítélésünk szerint túlságosan nagy eltérés pontosságuk között nincs. A jelen tanulmányban egy olyan A–D átalakítón készült adatsorokat vizsgálunk, amelyben vízszintes irányban mozgatható csúcs alatt motor húzza el a regisztrátumot (1. ábra). A berendezés külön hátránya, hogy azonos hosszúságú regisztrátumról nem mindig ugyanannyi digitális adatot ad ki, még ha a névleges digitalizálási köz ugyanaz is, mert a regisztrátum különbözőképpen nyúlik, vagy esetleg kissé megcsúszik.

1. ábra. Az A–D átalakító elvi rajza

Рис. 1. Схема преобразователя аналог-код

Fig. 1. Block diagram of an analogue-digital transformer



2. A vizsgálatra kiválasztott regisztrátum 34 mm/perc papírsebességgel készült, 7 perces szakasz teljes hossza 240 mm, a digitalizálás köze 1 mm. Az előző pontban említett hiba hatására a digitális adatok száma 240 ± 1 . A regisztrátumon mintegy 10–15 mm amplitúdójú, 20 mm (40 sec) körüli periódusú

* Elhangzott a Soproni Csoport 1974. októberi ülésén.

** Verő József; MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet, Sopron.

változások láthatók, végeredményben tehát a szakasz a digitalizálás céljára kedvezőnek mondható (nincsenek nagy iránytangensű változások, a periódusok elég hosszúak).

A regisztrátum egyik komponensének digitalizálását 2 személy 20–20 alkalommal végezte el. Az első sorozatot *A*, kevesebb gyakorlattal rendelkező kutató, a másodikat *B*, nagy gyakorlatú segéderő készítette. A második sorozatban ismert az egyes lyukszalagok elkészültének sorrendje is.

A két sorozatból 4–4 szakaszt vizsgáltunk meg, az elsőből véletlen kiválasztással, a másodikból időben az 1., 10., 15. és 20. (utolsó) szakaszt választva.

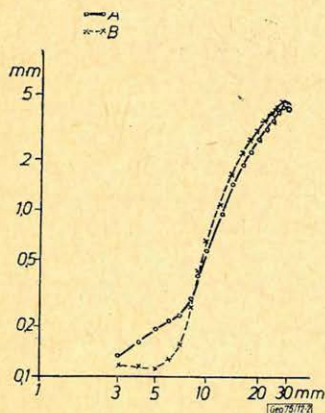
A számításokat az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetének HP 2100-as számítógépén végeztük el.

3. Az adatsorok feldolgozása során először az adatsorokat interpoláció útján egyenlő hosszúságúra változtattuk, majd meghatároztuk az egyes adatsorok spektrumát. Két-két adatsor között kiszámítottuk a koherenciafüggvényt, az egyes adatok közötti eltérések négyzetes átlagát, a maximális és az (előjeles) átlagos eltérést. A következőkben ezek alapján ismertetjük eredményeinket. Összesen 12 párt képeztünk, 6–6 párt az *A* és a *B* csoporton belül, 2 párt pedig az egyes csoportok között.

4. Az egyes adatsorok közötti eltérések négyzetes átlaga $\pm 0,7$ mm mind a két sorozatban. A két sorozat között az eltérések nagyobbak, $\pm 1,2$ mm a négyzetes középérték. A maximális eltérések nagysága a sorozatokon belül 2–5 mm között van, a sorozatok között 5–8 mm-t ér el.

Ezeknek az adatoknak az alapján a függvényértékben legalább 2, de esetleg 5 mm-es hibával kell számolnunk, még ha a szubjektív hibáktól el is tekintünk.

5. A spektrum külön az *A* és külön a *B* személy adatsora alapján a 2. ábrán látható. A periódusok mm-ben vannak feltüntetve. Jól látható, hogy a *zaj* (a 8 mm-nél rövidebb periódusok) szintje a *B* személynél alacsonyabb (10–40%-kal), viszont a spektrum csúcsán *B* kapott nagyobb amplitúdókat, feltehetően a pontosabb követés miatt (a csúcson 7–9, az emelkedő szakaszon 14%-kal is). Egy-egy sorozaton belül az eltérések lényegesen kisebbek: a csúcson maximálisan 2%, az emelkedő szakaszon az *A* sorozatban 20, a *B* sorozatban 9%-ot érnek el.



2. ábra. Az első kísérleti szakasz spektruma az *A* és *B* személy által végzett digitalizálások átlagában

Рис. 2. Спектр первого экспериментального отрезка в среднем от кодирования, проведенного лицами *A* и *B*

Fig. 2. Spectrum of the first experimental section as averaged for the digitalization made by persons *A* and *B*

A spektrum csúcsán (28 mm-es periódus) a talált legnagyobb és legkisebb érték különbsége 11%.

A *B* sorozatban megvizsgáltuk azt is, hogyan változott a zajszint a munkaidő alatt. Lényeges változás az 1., 10., 15. szalag között nem volt, de az utolsó, 20. szalagon mintegy 60%-kal nőtt a zaj, talán elfáradás vagy sietség eredményeként.

6. Néhány számított koherenciafüggvényt a 3. ábrán mutatunk be. Itt a koherenciák abszolút értékét ábrázoltuk a *mm*-ben megadott periódus függvényében, külön-külön az *A* és a *B* sorozatból kialakított párok, valamint az *A* és *B* csoport közötti 2 pár átlagában. Érdekes, hogy a nagyobb zaj ellenére az *A* csoportból számított koherenciák nem rosszabbak a *B* csoportból számítottaknál. Mintegy 10 mm-es periódustól a koherencia abszolút értéke 0,9-nél, 15 mm-es periódustól 0,99-nél is nagyobb. A két sorozat között a koherenciák valamivel kisebbek, de 18 mm-es periódustól ott is elérik a 0,99-et. Egyébként 20 mm-es periódusnál már valamennyi koherencia eléri a 0,99-et. Eszerint tehát a spektrum csúcsán a jelek gyakorlatilag teljesen reprodukálhatók.

7. Megváltozik azonban a helyzet, ha nemcsak a koherencia abszolút értékét, hanem fázishelyzetét is vizsgáljuk. Ugyanis részben a kezdőpont beállítása, másrészt a regisztrátum elcsúszása miatt az egyes digitalizálások között az időtengely irányában elcsúszás van. Ennek következtében a koherenciák fázishelyzete szisztematikusan eltér a 0-tól. A fáziskülönbségek szisztematikusan részben az egyes adatsorok közötti elcsúszás valószínű értéke is meghatározható (a periódus ismeretében). Ilyen módon tehát az időtengely-irányú viszonylagos pontosság határozható meg. Két-két adatsor között ez az elcsúszás átlagosan $\pm 0,25$ mm, maximálisan 0,6 mm volt.

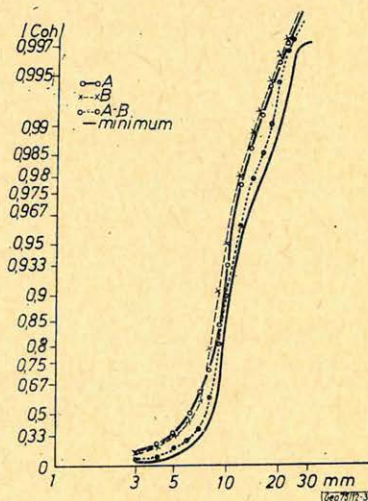
A szisztematikus fáziskülönbségeken kívül természetesen vannak szabálytalan jellegű eltérések is, ezek értéke a spektrum csúcsán 0,1–0,2 mm körül van.

8. Egy további kísérlet során egy, a magnetotellurikus impedanciatorozó meghatározására kiválasztott szakasz mind a 4 komponensét 2 alkalommal digitalizáltuk. Az adatok összehasonlítása itt az előző kísérlethez hasonlóan

3. ábra. A kísérleti szakasz kétszeri digitalizálása útján előállított adatsorok közötti koherencia függvény (abszolút érték) az *A* és *B* személy sorozataiból, valamint a vegyes párok átlagában, és az abszolút minimumok

Рис. 3. Функция когерентности между рядами данных, полученными в результате двойного кодирования экспериментального отрезка (абсолютная величина) из рядов, полученных лицами А и Б, а также в среднем по смешанным парам, с абсолютными минимумами

Fig. 3. Coherence-function between time series obtained by repeated (two times) digitalization of the experimental section (absolut value) from the series of the persons *A* and *B*, as well as averaged for the pairs, and the absolut values



történt, csakhogy nem az azonos komponens többszöri digitalizálása útján nyert párok koherenciáit hasonlítottuk össze, hanem két-két különböző komponensből kétszer meghatározott koherenciák fázishelyzetét. Ugyanígy az amplitúdók helyett az arányukból számított magnetotellurikus főimpedanciák értékét hasonlítottuk össze.

Az impedanciák közötti különbségek maximálisan 15%-ot, átlagosan $\pm 7\%$ -ot tettek ki. Az utóbbi alapján $\pm 5\%$ -os amplitúdó-eltérésekre lehet következtetni, elég jó egyezésben az első vizsgálat eredményével.

A koherenciák összehasonlításánál figyelembe kell vennünk azt a tényt, hogy a vizsgált esetben a mágneses és a tellurikus regisztrátumok külön papíron voltak, ennek megfelelően azok sebessége kismértékben eltért. Ezt az eltérést is interpolációval kellett eltüntetni. Így a két elektromos és a két mágneses komponens közelítőleg azonos fázishelyzetűnek lehetett feltételezni. Az egyik pár alapján az elcsúszás 0,9 a másik alapján 1,1 *sec* volt, valóban közel egymáshoz. Az átlagos 1 *sec*-es eltolódás 0,5 *mm*-nek felel meg a regisztrátumon, s ez ismét elég jól egyezik az első vizsgálat eredményével.

9. Az elmondottakat a következőkben lehet összefoglalni: A vizsgált analóg-digitális átalakítóval a következő pontosságot lehet elérni:

az időtengely irányában 0,6 *mm*, a függvényérték irányában 2 *mm*. Ha a digitalizálást nem ugyanaz a személy végzi, a függvényértékben fellépő hiba többszörösére nőhet.

Ezeknek a hibáknak a magnetotellurikus impedanciára gyakorolt várható hatása:

az impedancia fázishelyzetét teljes mértékben terheli az időtengely irányában fellépő hiba. Pl. 10 *mm*-es periódusnál ez már $\pm 20^\circ$ -ot jelent, vagyis a fázishelyzet meghatározása nagyon bizonytalan. Az impedanciában az amplitúdók meghatározása folytán átlagosan $\pm 5-6\%$ -os hibával számolhatunk a spektrum csúcsán, az emelkedő szakaszon ennél lényegesen nagyobb, akár 50%-ot is elérő hibával.

A digitalizálás hibáinak csökkentésére két út jelölhető meg:

a digitalizálásokat ugyanannak a személynek kell elvégeznie a szubjektív hibák csökkentése miatt,

lehetőleg csak a spektrum csúcsa közelében levő értékeket szabad felhasználni.

Lapszemle

Bányászati és Kohászati Lapok, Kőolaj és Földgáz 7 (107) évf., 12. sz. 1974. december

Csath Béla: 50 évvel ezelőtt indult meg a szénhidrogén-kutatás Hajdúszoboszlón (részlet a Magyar Olajipari Múzeum OMBKE-OKGT pályázatára beadott pályaműből).

A számos érdekes adatot tartalmazó cikk megemlékezik az előzmények között a terepen végzett gravitációs (Eötvös-inga) mérésekről is.

T. G