

Gamma-spektrométer szonda

K. P A L K A

Az előadásban olyan berendezés kerül ismertetésre, mely a gamma sugárzás spektrometriai mérésére alkalmas 1500 m mély fúrólukokban.

A berendezés a következő egységekből áll:

- szonda szcintillációs számlálóval (NaI(Tl) , $2'' \times 2''$) és analog-digitális átalakítóval;
- AI-128-2 típusú 128 csatornás impulzus analízátor szabványos külső berendezésekkel (számjegyes nyomtatókészülék, tollró);
- tápegység és energetikai léptékű stabilizátor.

A spektrométer háromeres kábellel működik.

Az dolgozatban bemutatják a spektrométer blokk-vázlatát, a berendezés mérési és üzemi paramétereit, modellmérések eredményeit.

Описано устройство для спектрометрического измерения гамма-излучения в скважинах глубиной 1500 м.

Установка включает:

- глубинный зонд со сцинтилляционным счетчиком (NaI(Tl) , $2'' \times 2''$) и аналогово-цифровым преобразователем;
- 128-канальный анализатор импульсов AI-128-2 со стандартными внешними устройствами (цифропечатающее устройство, самописец);
- блок питания и стабилизатор энергетического масштаба.

Спектрометр работает с трехжильным кабелем.

Приведена блок-схема спектрометра, измерительные и эксплуатационные параметры устройства, результаты модельных измерений.

In the paper is discussed an equipment suitable to measure the spectra of gamma-radiation in wells to 1500 m depth.

The equipment consists of the following units:

- downhole tool including a scintillation counter (NaI(Tl) , $2'' \times 2''$) and an analog to digital converter;
- a 128-channel pulse-height analyser type AI-128-2 with standardized external devices (digital printing mechanism, pen-recorder);
- supply source and stabilizer with energetic scale.

The spectrometer is operated on a cable having three conductors.

The paper presents the block-scheme of the spectrometer, its measuring and operational parameters, the results of model tests.

A gamma-spektrometriai módszerek bevezetését a fúrólukak radiometriai vizsgálati módszereinek körébe megbízható és stabil mélyfúrési gamma-spektrométerek alkalmazása tette lehetővé. Mélyfúrásokban alkalmazható többszörös spektrométer megépítése komoly nehézségekkel jár.

A szonda rendkívül nehéz üzemeltetési viszonyain kívül (nagy zavarsszint, a környező közeg hőmérsékletének ingadozásai, rendkívül korlátozott méretek) jelentős nehézségeket okoz a szcintillációs számláló jeleinek hosszú kábelen való továbbítása. A mélyfúrési geofizikában az 500 m-nél mélyebb fúrások szelvényezésére használatos szabványos erősített karottázs kábelek gyenge frekvencia-tulajdonságokkal rendelkeznek, hullámmellenállásuk pedig 10%-kal változik letekerés és a fúrólukban való tartás után. A korlátozott átbocsátó képességű fluktuáló csatornán fenntartott összeköttetés nem megbízható

és a továbbítandó jel amplitúdójának jelentékeny veszteségeire vezet. Ezenkívül számos destabilizáló tényező (elsősorban a környező közeg hőmérsékletének változása), melyek hatást gyakorolnak a spektrométer detektorára és a szonda elektronikus rendszerére, a spektrométer energetikai skálájának vándorlását idézi elő.

Az alábbiakban egy max. 1500 m mély fúrólukak vizsgálatára alkalmas gamma-spektrométert ismertetünk, melynek kidolgozásánál alapvető követelmény volt a detektorimpluszok amplitúdóspektrumának torzítás nélküli átvitele a felszíni műszerhez, valamint az egész jelátviteli csatornát átfogó auto-stabilizációs rendszer alkalmazása.

A hatékonyság és a megbízhatóság fokozása céljából a detektáló blokk amplitúdóspektrumát analog-digitális átalakító kvantálja és a kábelen továbbított információ lineáris digitális kód formájú. A szonda kimenetén 250 kHz frekvenciájú jelet kapnak, mely a kód-szimbólumoknak a mérendő impulzus amplitúdó-értékével arányos számát tartalmazza.

A digitális távközlés módszere a működési gyorsaság csökkenésére vezet az amplitúdó-impulzusos megoldáshoz képest, azonban előnye a nagy zavarállóság és a mérési eredmények továbbításának sokkal kisebb hibával történő megvalósítása mint amelyet a jelátviteli rendszer vinne be. A karottázs-kábel öncsillapodásának értéke a nagyfrekvenciák tartományában arra vezet, hogy a jelet elfedi a csörlő kollektorától, a gépkocsi motorjától és egyéb ipari forrásoktól származó zavar, de a jelet a kábel vevő végén alkalmazott keskenysávú erősítővel vissza lehet állítani.

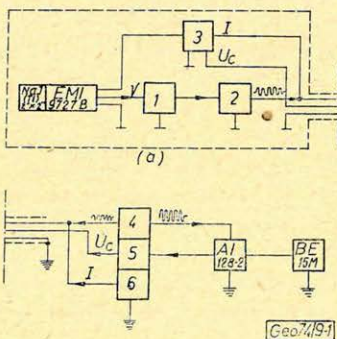
A műszer energetikai skálájának szükséges stabilitását a spektrométer mérőkörét átfogó visszacsatolással biztosították. Ez lehetővé teszi a szonda egyszerűbb és megbízhatóbb áramköri kialakítását olyan műszerhez képest, melynek nagy stabilitását a spektrométeres csatorna minden egyes elemének stabilizálásával biztosítják.

Stabilizálásra a fotoszorzó automatikus erősítésszabályozását használták fel, melynek tápforrását az energetikai skála vándorlásának (drift) detektora vezérli.

A vándorlás detektora kapcsolja be a differenciális rate-métert, melynek bemenetére a referencia-gamma-forrás fotocsúcsának két oldalán elhelyezett csatornákból származó impulzusok jutnak. Izotópos referencia-gamma-források alkalmazása komplikáltabbá teszi az egyik energetikai skáláról a

másikra való átmenetet, a műszeres spektrum meghatározott szakaszának torzulásához vezet, és a spektrométer töltési karakterisztikájának korlátozásával jár olyan rendszerhez viszonyítva, mely fény-referencia alkalmazásán alapul. Azonban egy ilyen rendszer nem foglal magában detektor kristályt, ami a spektrométer energetikai skálájának elmozdulását idézi elő a hőmérséklet változásának következtében.

A spektrométeres gamma-karottázs berendezés blokk-vázlata az 1. ábrán látható. A spektrométer a szondából (A) és a felszíni regisztráló műszerből (B) áll. A szonda állományába tartozik:



1. ábra - puc. - Fig.

- a szcintillációs detektor $2'' \times 2''$ méretű $NaJ(Tl)$ kristállyal és EMI 9727B típusú hőálló fotoszokszorozóval;
- 128-csatornás analog-digitális átalakító bemenetet blokkoló áramkörrel és differenciális diszkriminátorral a mérendő amplitúdók tartományának lehatárolása céljából (1);
- kis bemenő ellenállású erősítő (2);
- az elektronikus kör tápforrása, mely nagyfeszültségű feszültségátalakítót foglal magában (3).

A rendszert $0-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ működési hőmérsékletre méretezték, max. 5 km hosszú tetszőleges típusú háromeres karottázs-kábelrel. A műszer lehetővé teszi 150 keV – 10 meV energiájú gamma-sugárzás analizálását. Az egyidejűleg vizsgált energiák dinamika tartománya 10. A műszer energetikai felbontása $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten 12% nagyságrendű, Cs^{137} izotóp használata esetén, a skála stabilitásának hibája többórás mérésnél nem több, mint 2% (a szonda hőmérsékletét 10 és $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ között változtatták, a referencia-gamma-sugár fotocsúcsa az 50. csatornán).

Az amplitúdó-kód átalakítás csatornánként 4 μsec sebességgel történik. A teljes nem-linearitás nem több 1%-nál az egész skálán, az első 10 csatorna kivételével. Az átalakítási karakterisztika kezdőpontja a nulla csatornától 15 csatorna távolságra van. A pont elmozdulása a környező közeg hőmérsékletének 0 -ról $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ -re való változása esetén nem több, mint 1 csatorna.

Az áramkör teljesítményfelvétele kb. 4,5 W.

A szonda elektronikus rendszerének 360 mA egyenárammal történő táplálása ugyanazon a kábeléren történik, melyen az információt a felszínre továbbítják. Az egyik kábelér a spektrométer visszacsatolási körébe van bekötve. A szonda átmérője 85 mm, hossza 1300 mm, súlya kb. 35 kg.

A felszíni műszer részei a következők:

- keskenysávú erősítő (4);
- energetikai léptékű stabilizátor (5);
- tápegység (6);
- AI-128-2 típusú amplitúdó analízátor és B3-15M típusú számonyomtató készülék (szovjet gyártmány).

A rezonanciaerősítő 100 ohm nagyságrendű bementi ellenállású és szabályozható erősítési koefficiensű ($0-3 \cdot 10^3\text{ V/V}$). Mivel az erősítő kimenő jele határozza meg annak a csatornának címét, melyben a mérendő impulzust regisztrálni kell, az analízátor rendeltetése csak az, hogy összegezze az egyes csatornák impulzusegységeire vonatkozó adatokat és mérés után kiadja az információt. Ennek következtében az analízátor bemenő erősítő borkja felhasználatlan volt és helyére illesztették be a cím regiszterébe kerülő jel alakító áramkörét és a vezérlő egységet, mely meghatározza a műszer működési rendjét időtartam szempontjából fluktuáló bemenő jellel.

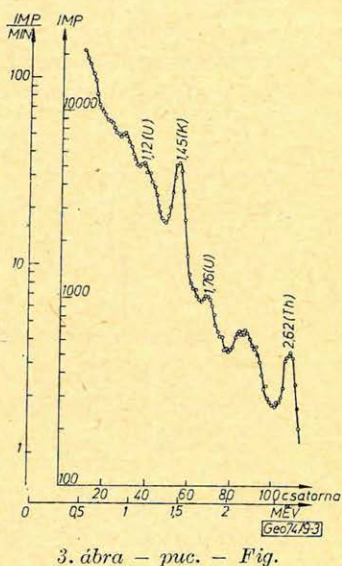
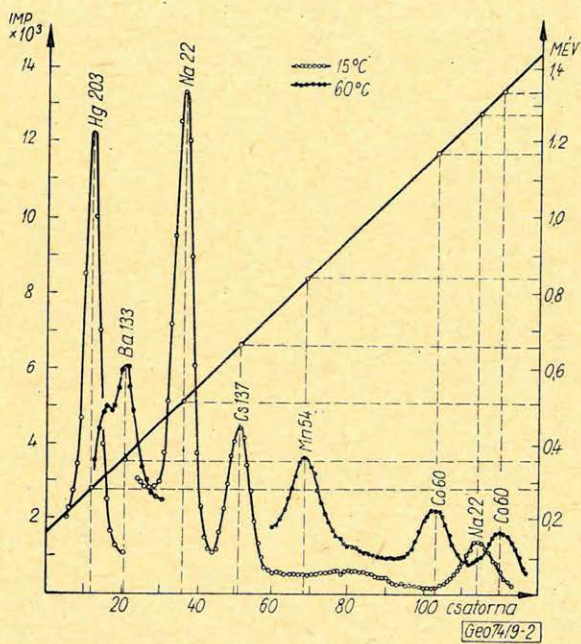
Az analízátor címéhez 4 változtatható helyzetű „ablak”-ból álló mintavevőkört illesztettek. Az első kettőt – külső készülékek segítségével – a gamma-sugárzás intenzitásának regisztrálására használják adott energia tartományokban. Szélességük 8-32 csatorna lehet (8-as lépésekben). A mintavevő kör többi kimenetéhez (1 vagy 2 csatorna szélességű ablakok) a spektrométer-skála stabilizátorának differenciál-integrátorát kapcsolják. Az AI-128-2 analízátor biztosítja az információ felhalmozását mind összeadási, mind kivo-

nás rendszerben, valamint a folyó vagy „élő” idő mérését. A fő csatornák kapacitása $2^{16} - 1$, a „holt idő” (a szonda felbontási idejének figyelembevételével) nem több $1,4 \mu\text{sec}$ -nál. Az összegezett információt ki lehet adni a belső oszcillográf ernyőjére, direktíróra és a számjegyes nyomtató készülékre.

A spektrométer energetikai skálájának stabilizációs blokkja állítja elő az U_c feszültséget, melyet az egyik kábeléren a szonda nagyfeszültségű áramforrásához vezetnek. A szonda elektronikus rendszerének megfelelő tápáramát a tápegységből kapják, melynek kimenő feszültsége szabályozható.

A gamma-spektrométer-szonda táplálása $220 V \pm 10\%$, $50 \pm 0,5 \text{ Hz}$ hálózatról történik, teljesítményfelhasználása kb. 200 W .

A 2. ábrán láthatóak a műszer hitelesítése és a skála hőmérsékleti vándorlásának értékelése céljából végzett laboratóriumi mérések eredményei. Az Na^{22} és Hg^{203} gamma-izotópok spektrumait 15°C hőmérsékleten, a Co^{60} , Mn^{54} , Ba^{133} izotópok spektrumait 60°C hőmérsékleten vették fel (autostabilizálás a Cs^{137} fotocúsa alapján).



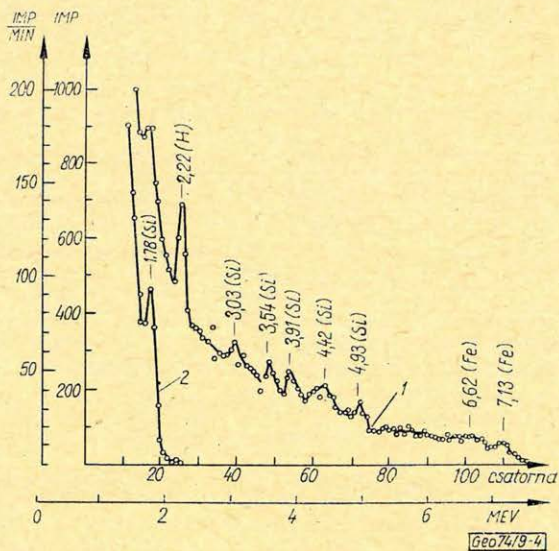
A 3. és 4. ábrán láthatóak a gránitból és homokkőből készített vízzel telt modelleken fúróluk-geometriával végzett terepi mérések eredményei. A modell átmérője 1 m , magassága $1,3 \text{ m}$, a fúróluk átmérője 145 mm . A modell-kísérleteknél a felszíni műszert $5,5 \text{ km}$ hosszú $KTB-6$ típusú kábel segítségével kötötték össze a szondával.

A 3. ábrán látható a gránitban kapott természetes gamma-sugárzási spektrum. Mivel a szonda hőmérséklete nem változott, a spektrométer kikapcsolt visszacsatolási áramkörrel működött.

A 4. ábrán láthatjuk a befogásos (1) és neutronaktivációs (2) gamma-sugárzás homokkőben kapott mérési eredményeit. $\text{Po} + \text{Be}$ neutronforrást hasz-

náltak $4,5$ curie teljesítménnyel. Az aktiválás ideje 7 perc, a mérési idő (rögtön az aktiválás megszüntetése után) 5 perc.

A befogásos gamma-sugárzás mérésénél bekapcsolták a stabilizációs kört a $2,22$ MeV hidrogéncsúcs felhasználásával. Az áramkör ellenőrzésére változtatták az U_c értékét – eltérítés után az áramkör visszatért kiindulási helyzetbe.



4. ábra – γ nc. – Fig.

A laboratóriumi- és modell-méréseknél kapott adatok azt mutatják, hogy a kidolgozott spektrométer alkalmazható a neutronaktivációs, befogásos és természetes gamma-sugárzás spetkrometriai módszereivel végzett kísérleti-módszertani- és rutin-méréseknél.