

Mérnökszeizmikus műszerfejlesztés¹

GILI LÁSZLÓ², HADNAGY MIHÁLY²

A cikk röviden összefoglalja a mérnökszeizmikus műszerfejlesztés történetét. Egy összehasonlító táblázat bemutatja a legismertebb műszerek paramétereit. Részletes ismertetésre kerül az ELGI legújabb mérnökszeizmikus műszere, az ESS 03-24. Ez a műszer PC vezérelt, széles frekvenciaátvitellel és beépített 48 csatornás stackingkapcsolóval rendelkezik. A hardver és a szoftver rendszer flexibilitása lehetővé teszi általános, és környezetvédelmi alkalmazását is.

L. GILI, M. HADNAGY: Development of Engineering Seismic Equipment

The paper shortly summarizes the history of the engineering seismic equipment development. A comparative table shows the parameters of all the best known equipments. This work shown in the paper gives a detailed introduction to the newest engineering seismic equipment of the ELGI, the ESS 03-24. This equipment is controlled by PC, has a broad-band (1-8000 Hz) frequency response and a built-in 48 channel roll-along switch. Because of the hardware and software system flexibility, the ESS 03-24 is qualified for general and environmental measurements.

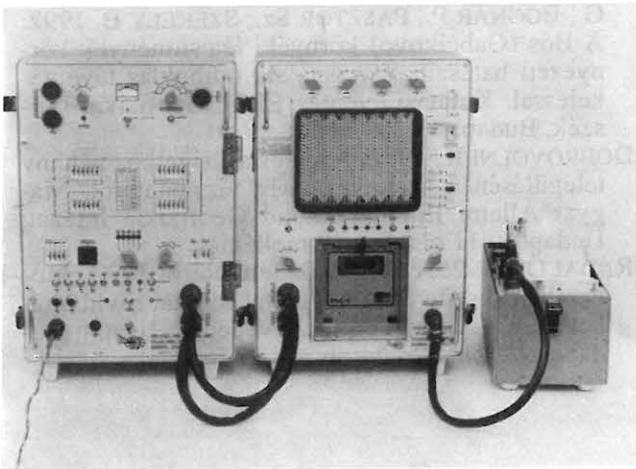
Bevezetés

A mérnökszeizmikus műszerfejlesztés az ELGI-ben komoly hagyományokkal rendelkezik. A Pionir típusú refrakciós műszerek után az első digitális szeizmikus összegező berendezés 1974-ben készült el, és a továbbiakban ez szolgált az ESS (Engineering Seismic Summing) műszercsalád alapjául. Az ELGI első teljesen digitális műszere még csak 12 csatornás volt, de már félvezetős memóriával rendelkezett. Ezt követte a kategóriájában eddigi legsikeresebb termékünk, az ESS 01-24 (1. ábra). Ebből 1980-tól 11 országban 132 db-ot értékesítettünk, ami ebben a

műszerkategóriában szép eredménynek számít. A műszer piaci sikerét és a felhasználók körében való népszerűségét megbízhatóságának, könnyű kezelhetőségének és mindenekelőtt geofizikai szempontból optimális paramétereinek köszönhető (24 csatorna, 10Hz - 2kHz-ig terjedő frekvenciatartomány, 60 dB-es dinamik tartomány, 64-szeres összegezési lehetőség, digitális adatrögzítés, hordozhatóság stb.). A számítástechnika akkori fejlettségi szintjének megfelelően az ESS 01-24-gyel készített és digitálisan rögzített felvételeket IBM vagy ESzR bázisú, úgynevezett nagyszámítógépekkel lehetett feldolgozni. Ezért kellett kifejleszteni az ESP-t (Engineer Seismic Processor), ami a feldolgozó számítógép inputjának megfelelő formátumba, 0,5"-os mágnesszalagra konvertálta az ESS 01-24, illetve az alább ismertetendő speciális változatai által rögzített felvételeket, de önmagában is biztosította néhány egyszerűbb kiértékelés elvégzését. ESP-ből 101 db készült. Fenti időszak alatt a felhasználók igényeinek megfelelően kifejlesztettük az ESS 01-24 speciális feladatorientált változatait: az SSS-1 bányaműszert, az ESS 03-3-24/R11 tengeri akusztikus adatgyűjtő rendszert és az ESS 01-08/VSP-t, VSP mérésekhez. Ezekből a berendezésekből 47 db került eladásra.

Az ESS 01-es műszercsalád talán utolsó tagja az ESS 01-24M, melyben jól ötvöződnek a régi műszer előnyei és a 80-as évek végének technikai lehetőségei (2. ábra).

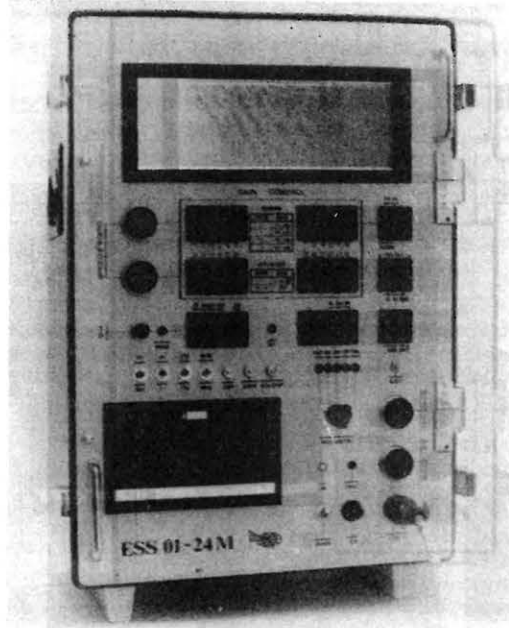
A korábbi típusokhoz képest az egyik legfontosabb újdonság az IFP (lebegőpontos erősítésszabályozás) alkalmazása volt, mellyel sikerült megkészszeretni a dinamik tartományt. Ebben a műszerkategóriában az IFP alkalmazásával az 1988-as hágai EAEG-n a BISON, a Geometrics és az ELGI elsőként és egyidejűleg jelent meg. Az ESS 01-24M méretei felére csökkentek az ESS 01-24-hez képest, míg a dinamik tartomány 114 dB-re, a felvételhossz pedig 2048 mintára nőtt. A CRT helyett alkalmazott LCD megjelenítő jelentősen hozzájárult a méretek és a fogyasztás csökkentéséhez. Alkalmazkodva a rohamosan elterjedő IBM PC-k inputjához, az adatrögzítés 3,5"-os floppy diszke történik. Így megfelelő



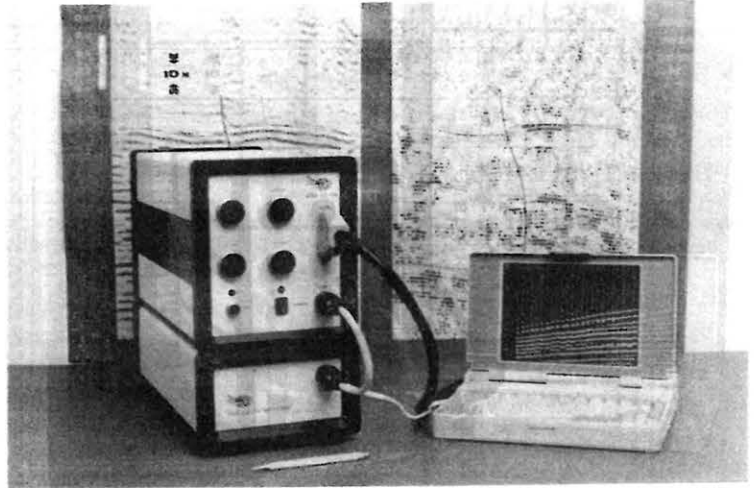
1. ábra. ESS 01-24 (1980)
Fig. 1. ESS 01-24 (1980)

¹ A 21. Geofizikai Vándorgyűlésen 1992. 09. 04-én elhangzott előadás

² Eötvös Loránd Geofizikai Intézet,
H-1145 Budapest, Kolumbusz u. 17-23.



2. ábra. ESS 01-24M (1988)
Fig. 2. ESS 01-24M (1988)



3. ábra. ESS 03-24 (1992)
Fig. 3. ESS 03-24 (1992)

programcsomagok alkalmazásával lehetővé vált az ESS 01-24M által rögzített felvételek IBM PC-ken való feldolgozása.

Ilyen hagyományok, felhasználói és fejlesztői tapasztalatok után kezdtük el 1991-ben kifejleszteni legújabb mérnökszeizmikus berendezésünket, az ESS 03-24-et, mely alapjaiban és rendszerében is különbözik az előzőektől (3. ábra). A cikkünkben részletesen ismertetésre kerülő ESS 03-24-et először a párizsi EAEG-n mutattuk be, 1992-ben.

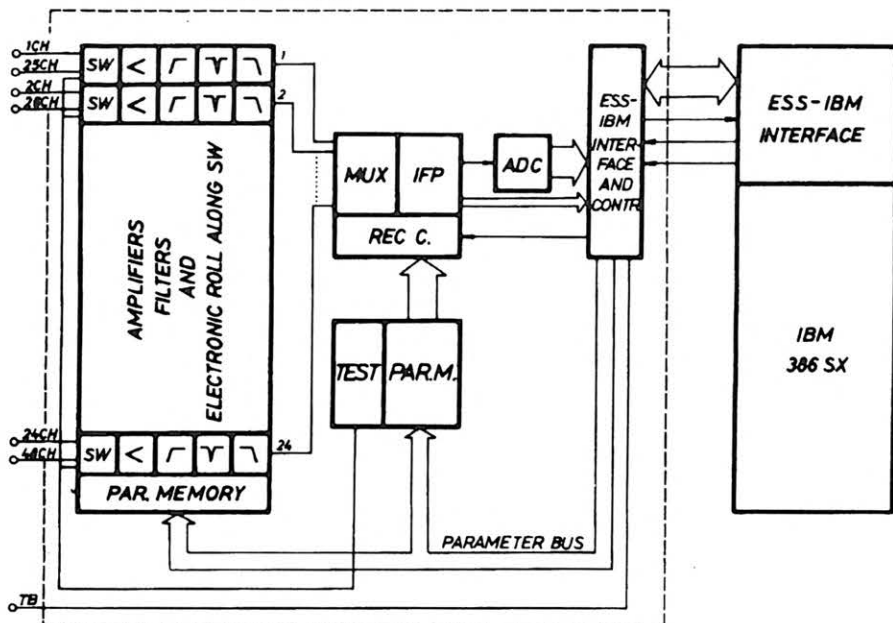
Mérnökszeizmikus műszerek

Ha világviszonylatban vizsgáljuk a mérnökszeizmikus műszerek fejlődését, két lényeges dolgot látunk. Először is a témában dolgozó fejlesztők a legtöbb energiát a dinamikartomány növelésére fordí-

tották. Így 10 év alatt sikerült ezt megkétszerezni, a kezdeti idők 60 dB körüli dinamikáját 114–138 dB-re növelni. A másik szembevetendő dolog, hogy a mérnökszeizmikus műszerek vezérlését már szinte kizárólag IBM PC-vel, de legalábbis Intell processzossal végzik. A 24 csatornás kiépítés optimálisnak bizonyult ebben a kategóriában, bár vannak nagyobb csatornaszámú műszerek is. Szinte korlátlan lehetőségek vannak viszont a felvételhossz növelésében és a feldolgozási, kiértékelési, tesztelési szoftver szolgáltatások tekintetében. Érdekes fejlesztési irány, hogy a BISON elsőként alkalmazott IFP-t, most viszont elsőként hagyja el, és helyette Delta-Sigma típusú 24-bites analóg-digitál kovertert alkalmaz. A jövő útja valószínűleg ez, bár ma még IFP alkalmazásával olcsóbban elérhető ez a dinamikartomány. Egy összehasonlító táblázat segítségével szeretnénk áttekintést adni a legismertebb műszerek fontosabb paramétereiről (4. ábra.).

	1988				1992		
	ELGI ESS 01-24M	GEOMETRICS ES - 2401	BISON 7024	BISON 24024	ELGI ESS 03-24	OYO Mc SEIS-170f	ABEM MARK6
Number of channel	24	24	24-48	24-120	24	24	24
Frequency response	10-2000Hz	3-4000Hz	4-1020Hz	1-1650Hz	1-8000Hz		3-3000Hz
Preamplifier gain	24-60dB 12dB steps	36dB fix		12-60dB 12dB steps	24-60dB 6dB steps	34dB	
IFP	42dB 6dB steps	24dB	48dB		42dB 6dB steps	48dB 12dB steps	18dB 6dB steps
Dynamic Range	114dB	114dB	120dB	138dB	114dB	120dB	126dB
Record Length /max samples/	2048	4096	2000	16.000	16.384	2048	16.384
Processor	-	80386	MC68000	80.486SX 20MHz	80.386SX 20MHz	no data	80.386SX 16MHz
Display	LCD 640X200 dots	LCD 640X400 dots	-	-	LCD 640X480 dots	CRT 5,5"	LCD 9"
Internal roll-along switch	-	-	-	-	Built - in	-	-
Power	~72VA	~80VA	40VA	~50VA	54VA	48VA	40VA
Weight	26 kg	23 kg	14 kg	18 kg	12 kg	18 kg	14 kg

4. ábra. Összehasonlító táblázat
Fig. 4. Comparative table



5. ábra. Az ESS 03-24 felépítése
Fig. 5. Architecture of ESS 03-24

Az ESS 03-24 ismertetése

Legújabb műszerünk, az ESS 03-24 (5. ábra) kifejlesztését a következő szempontok szerint végeztük:

1. Rendszer szinten
 - 1.1. az adatrögzítési és feldolgozási feladatok elvégzését teljes mértékben számítógép végezze,
 - 1.2. az adatgyűjtő és a számítógép legyenek fizikailag is jól elkülöníthetők,
 - 1.3. a vezérlést és paraméterezést is számítógéppel végezzük programvezérelt menüből (6. ábra),
 - 1.4. az adatgyűjtőn olyan 16-bites interface legyen kialakítva, amely lehetővé teszi, hogy az ismert feladatokat IBM 386SX vagy azzal felülről kompatibilis számítógép elvégezhesse, (a

Motorola/Intell bázis választásakor a lényegesen kedvezőbb árfekvés, a nagyobb elterjedtség és a jobb szoftver ellátottság alapján döntöttünk az Intell bázis mellett)

- 1.5. a vezérlő számítógép és a rendszerszoftver 386SX-től és DOS 4.0-tól felfelé haladva cserélhető legyen a rendszerben, követe az IBM fejlesztési eredményeit.
2. Az adatgyűjtő paramétereit tegyék alkalmassá a mérőrendszert arra, hogy ne csak szokványos refrakciós és reflexiós feladatok elvégzésére legyen alkalmas, hanem flexibilisen alkalmazkodva a feladathoz általános célú adatgyűjtőként, környezetvédelmi műszerként is alkalmazható legyen.

Az előbbieken meghatározott követelmények szerint kezdtük el fejleszteni 1991-ben új berendezésünket, amely jól láthatóan két részre különül:
— adatgyűjtő egység,

Setting	Checking	Recording	Transport	Analysis	Quit
Main Parameters					
Instrument Parameters Number of Channels 24 Record Length (sample) 2048 Sample Rate (msec) 0.5 IFP on IFP Data Format integer4 Low Cut Filter (Hz) 0. High Cut Filter (Hz) 500 Notch Filter on Delay (msec) 0 Polarity add Time Break external File Format simple Record Mode record			Identifiers Line Name elgi/91 Directory Observer observer		
Gain 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 00 36 36 36 36 36 36 36 36 36 10 36 36 36 36 36 36 36 36 36 20 36 36 36 36			Spread geometry Geophone Distance (m) 10 Shot Point (m) 0 #1 Geoph. Point (m) 0 Direction normal		
			Files Work File noname10 Last Load File Last Save File		
			Stacking Filename Step 0 Number of Summing 0 Stacking Switch 0		

6. ábra. Az ESS 03-24 menü rendszere
Fig. 6. Menu of ESS 03-24

- vezérlő és feldolgozó egység (IBM kompatibilis PC).

Az adatgyűjtő áramkörei 7 db dupla és 3 db szimpla Európa-kártyán helyezkednek el. A négy dupla Európa-kártyán elhelyezkedő modul rendszerű erősítők alapvetően meghatározzák a műszer tulajdonságait. Egy kártyán 6 erősítő csatorna található, amely előerősítóből, alulvágó, lyukszűrő és felülvágó szűrőkből áll. A modulokat felületszerelt technológiával (SMT) valósítottuk meg. Így sikerült viszonylag kis méretet és alacsony fogyasztást elérni.

Az előerősítő, melynek erősítése 24 dB kis zajú NE 5532 típusú műveleti erősítőtől és egy TLC 272 típusú közös fázisú erősítőtől tevődik össze. Ezt követi egy 6 dB-es lépésekben változtatható erősítésű fokozat, melynek lépéseit precíziós létrahálózat segítségével állítjuk be. A maximális erősítés 66 dB. Az előerősítő fokozat bemenetén három hasonló felépítésű JFET-tel megvalósított differenciál multiplexer található. Ez biztosítja egyrészt a teszt- és a szeizmikus jelek szétválasztását, másrészt a beépített szoftver vezérelt stackingkapcsoló szerepét látja el.

Az alulvágó szűrő a kikapcsolt álláson kívül 6 törésponti frekvenciával rendelkezik (31,25, 62,5, 125, 250, 500, 1000Hz), meredeksége 18 dB/oktáv.

Az 50 Hz-es lyukszűrő szintén kikapcsolható és 36 dB elnyomást biztosít.

Az antialiasing szűrő harmadfokú RC szűrőből és TLC-2654 típusú IC-vel megvalósított nyolcadfokú kapcsolt kapacitású szűrőkből épül fel. A szűrővel öt törésponti frekvenciát lehet realizálni. Ezek alapvetően meghatározzák a műszer felső határfrekvenciáját, ezért két változatot alakítottunk ki:

1. 125, 250, 500, 1000, 2000 Hz-es
2. 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz-es

törésponti frekvenciákkal. A szűrők csillapítása a kétszeres frekvencián nagyobb, mint 60 dB.

Az erősítő végén egy chopper stabilizált műveleti erősítő található. Az erősítőkről az analóg jel a multiplexert, az IFP-t és az AD konvertert tartalmazó kártyára kerül. A multiplexálás megtörténte után a 42 dB-es IFP (lebegőpontos erősítő) állítja be az AD578 típusú 12-bites analóg/digitál konverter számára optimális jel nagyságot, 6 dB-es lépésekben. Valamennyi mintavételezésnél az előbb ismertetett módon kialakított, 12 adat- és 3 erősítésbitből álló adatszó kerül továbbításra a meghajtó kártyán és az interface egységen keresztül a számítógép felé.

Az IFP és az AD konverter együttesen kevesebb, mint 5 s alatt tud feldolgozni egy mintát. Így a műszer 31,25 μ s-es mintavételnél 6 csatornával, 62,5 μ s-es mintavételnél 12 csatornával, míg ezeknél ritkább 0,125; 0,25; 0,5; 1; 2 ms-es mintavételnél 24 csatornás üzemmódban tud dolgozni. A felvételvezérléssel, kezdeti késleltetéssel, IFP, AD, MUX vezérléssel kapcsolatos vezérlési feladatokat Texas típusú berendezésorientált áramkörökkel oldjuk meg.

Az adatgyűjtő paramétereit egy 8x8 bites paraméter memóriában tároljuk.

A műszer tesztelésére beépítettünk egy programozható precíziós tesztgenerátort. Ennek frekvenciakészlete alkalmas az adatgyűjtő szűrőkészletének tesztelésére, amplitúdókészlete pedig 1 μ V -tól 0,5V-ig 20 lépésben állítható.

A beépített tesztgenerátor és a vezérlő teszt program segítségével bármikor dokumentálható információt kapunk az erősítők és az adatgyűjtő állapotáról (zaj, identitás, szűrő meredekség, erősítés érték stb.).

Az adatgyűjtő és a vezérlő számítógép között egy speciális csatoló kártya található. 16-bites kétirányú DATABUS-on keresztül történik a paraméterek továbbítása a számítógépből az adatgyűjtő felé, valamint méréskor a mintavételi adatok továbbítása az adatgyűjtőből a számítógépbe. Tekintettel arra, hogy rövid idő alatt igen nagy mennyiségű adat átvitelét kell biztosítani, adatvesztés elkerülése érdekében a csatoló kártyán FIFO áramköröket alkalmaztunk.

A szoftver DOS 5-ös operációs rendszert feltételez és C programozási nyelven íródott. Az ESS3 program menüvezérelt, interaktív legördülő ablaktechnikát (Pull Down) alkalmaz. Az észlelő az adatgyűjtőt egy fekete doboznak tekintheti és a vele való „kommunikációt” (beállítást) a képernyőn és a tasterrel keresztül végezheti. A felvételek 3,5"-os floppylemezre vagy winchesterre menthetők el.

A hardver és szoftver együttes szolgáltatásaival a reflexiós mérések nagyon gyorsan és könnyen végezhetők. A műszer 48 csatornás stacking bemenettel rendelkezik. A stacking kapcsoló vezérlését, a felvételek elmentését a szoftver automatikusan végzi. Így az észlelő egyetlen feladata, hogy két felvétel között egy gombnyomással élesítse a rendszert.

Indításra indító geofon, vagy bármilyen impulzuszerű indítójel alkalmas.

Újabb fejlesztéseink irányait elsősorban három feladat megoldására összpontosítjuk, ezek a következők:

- a rendszer alkalmassá tétele hosszú idejű (több órás) adatgyűjtésre
- 48 csatornás rendszer kialakítása
- a rendszer felkészítése vibrációs mérések eredményeinek rögzítésére és feldolgozására.

ESS 03-24 specifikációja:

A csatornák száma	24
Frekvenciatartomány	1 - 8000 Hz
Mintavételi idő	2000 - 1000 - 500 - 250 - 125 - 62,5 - 31,25 μ s
Felvétel hossz	16384 - 8192 - 4096 - 2048 - 1024 - 512 minta
Állandó erősítés	24-től 66 dB-ig 6 dB-es lépésekben
Automatikus erősítés szabályozás	IFP, 42 dB
Dinamikatartomány	114 dB
Bemeneti impedancia	2000 Ohm
Zajszint	<0,5 μ V (1 - 250 Hz) <1,0 μ V (1 - 8000 Hz)
Maximális bemenő jel	0,2 V
Alulvágó szűrők	5,5 - 31,25 - 62,5 - 125 - 250 - 500 - 1000 Hz; 18 dB/okt

Felülvágó szűrők	125 - 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz vagy 500 - 1000 - 2000 - 4000 - 8000 Hz 60 dB/okt	Táplálás	12 V-os akkumulátor
Áthatás	-80 dB	Működési hőmérséklet	5 °C - 40 °C
Adatformátum	Integer 2 Integer 4 SEG 2	Tárolási hőmérséklet	-40 °C - 60 °C
Késleltetés	0 - 9,99 sec	Méreték, súly	
Az indítás módja	trigger 35 mV - 5V	—adatgyűjtő	200x240x460 mm, 12 kg
Mikroprocesszor	80386 SX - 20 MHz	—számítógép	280x215x50 mm, 3,8 kg
Adattárolás	1,44 MB floppy 80 MB Hard disc	—akkumulátor blokk	200x130x460 mm, 18 kg (12 V; 40 Ah)
Megjelenítés (display)	LCD 640x480 dot		
Regisztrálás	mátrix printer (opció)		
Teljesítmény	54 VA		

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk megemlékezni KOCH Györgyről, akinek nevéhez az ESS műszercsalád első tagjának a kifejlesztése fűződik, és megköszönni mindazon kollégák munkáját, akik a jelen írásunkban ismertetett ESS 03-24 kifejlesztésében részt vettek.