

2.4 SZEIZMIKUS MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS

2.4.1 Magnetofonos szeizmikus berendezés továbbfejlesztése Kovács Béla

1965-ben az ELGI Szeizmikus Műszerkutató Laboratóriumában elkészült az SZM 24+6 típusu berendezés kísérleti példánya. Az 1966-os év feladatai a berendezés gazdasági hasznosításával kapcsolatosak. Egyrészt bizonyítani kellett a műszer rutinszerű terepi mérésekben való alkalmazhatóságát, és kijavítani az esetleg felmerülő hibákat, amelyek akár a működés célszerűségét, akár biztonságát rontják; másrészt e munkával párhuzamosan az ELGI és a GOM közötti szerződések értelmében a berendezés jelentős részének prototípusdokumentációját el kellett készíteni.

A berendezés terepi üzemeltetése közben előforduló valamennyi alkatrészhibát megjavítottuk, ill. kiküszöböltük. A műszeregységek egymásrahatásából származó 50 és 100 Hz-es szórást a műszeregységek átrendezésével csökkentettük. A szórás teljes megszüntetése csak áramköri módosításokkal lehetséges. A prototípusdokumentáció tartalmazza ezeket a módosításokat.

A GOM szerződés értelmében átadtuk a berendezés kísérleti példányának gépkönyvét, megadtuk a teljes berendezés várható anyagjegyzékét /az alkatrészek típusára és darabszámára kiterjedő részletességgel/, átadtuk a felvevő műszeregységek jelentős ré-

szének prototípus dokumentációját és figyelemmel kísértük /esetenként személyes közreműködéssel segítettük/ a gyártás megindítását.

2.4.2 Készülék szerkesztése szeizmikus jelek bináris kódolására

Koch György

1966-ban átalakítottuk az AD konvertert több periódus mérésére, elkészítettük a nyolcsatornás digitális magnetofont, továbbá a statikus és dinamikus korrekciók elvégzésére alkalmas digitális korrekciós egység deszkamodelljét és a KFKI-vel együttműködve megkezdtuk egy terepi digitális szeizmikus berendezés építését.

Az analóg-digitál átalakító /konverter/

A számítógépes kísérletek kiértékelésénél kiderült, hogy a 2 ms-onkénti periódusmérés, jelen formájában, különösen magasabb frekvencián, igen nagy hibát okoz. A hiba oka, hogy a periódusmérésnél a periódus állandóan változik és a mért érték a 2 msec időtartam egy pontjára vonatkozik, amelynek helye nem rögzített. Ezt a hibát számítógépes feldolgozásnál figyelembe lehet venni úgy, hogy a számítógép a mért értékből kiszámítja a 2 msec mintavételi időhöz tartozó tényleges értéket. Számítógép nélkül viszont a hiba nem vehető figyelembe. Ez a hiba nagyobb frekvenciáknál és nagy kivezérléseknél 15-20%-ot is elér. Közepes kivezérlésnél és kisebb /cca 60-80 Hz-ig terjedő/ frekvenciáknál 1-2%. Ennek a hibának a kiküszöbölésére sikerült olyan eljárást kidolgozni, amely e nehézségeket teljesen megszünteti, a berendezést

egyszerűsíti és kiküszöböli a többperiódusmérés és digitális osztás szükségességét.

E módszernél impulzusszélességmodulációt alkalmazunk. A digitálándó jelből 2 msec-onként egész keskeny mintát veszünk, ezt megnyújtjuk 2 msec időtartamra. Ezt a jelet lineáris monostabil multivibrátorra visszük, amely a jelamplitudóval arányos impulzusszélességet ad. Ez a kapujel egy csengőoszillátort indít, amely az impulzusidőtartamnak megfelelő számú impulzust ad. Ezt az eddigiekhez hasonló számlálóval számoljuk és tároljuk. A modulátor stabilitása 0,7%, nonlinearitása 1% /de ez még javítható/, a mért érték többszörös mérésnél 0,5%-on belül visszaáll /a tömbvázlat az 1. ábrán látható/.

Ennek a rendszernek az előnyei:

a/ 14 bit helyett, 11 bit elegendő,

b/ elmarad a többperiódusmérés,

c/ elmarad a digitális osztás /ezzel kb. 4 rack-fiók megtakarítható/,

d/ a mérési pontosság növekszik,

e/ az eddigi 10 Mc mérőfrekvencia 2,5 Mc-re csökkenthető,

f/ a kiegészítő egység 2 db logikai kártyával megépíthető

és a már meglévő AD konverterhez csatlakoztatható.

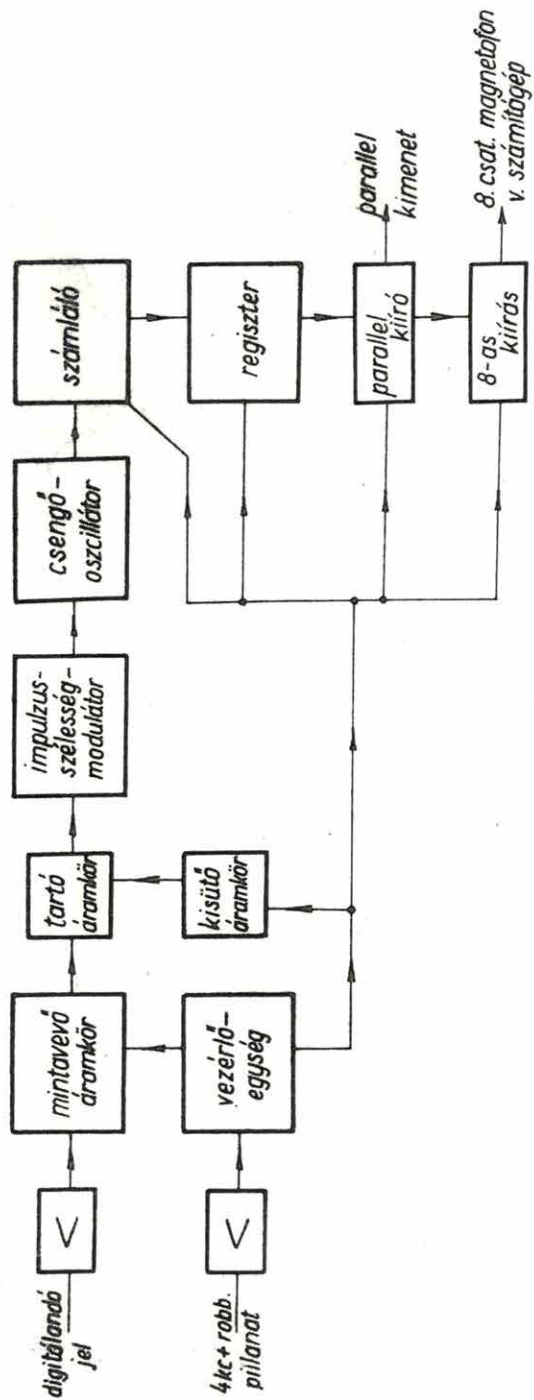
Hátránya /bár ez egyben előny is/, hogy demodulált jel kell hozzá. A kártyák elkészítése és a rendszer végleges bemérése folyamatban van. A digitális osztó kapcsolási rajzát elkészítettük, de megépítését az ismerttetett módszer kidolgozása szükségeltette.

A visszairást a számítógépből a DA konverterrel egy csatornán kísérletképpen elvégeztük. Szeizmogram visszairásához a számítógép mágnesszalagos tárolóegységére van szükség.

1. ábra. Az impulzusszélesség-digitál átalakító tömbvázlata

Fig. 1. Block diagram of the pulse-width-digital converter

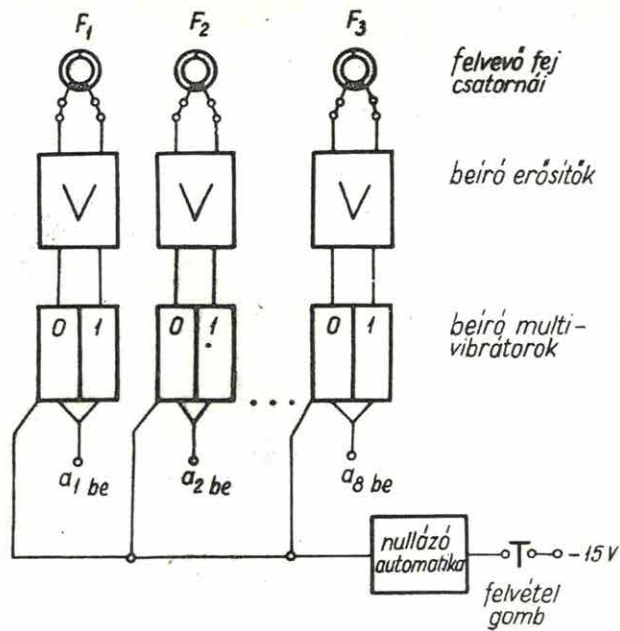
Фиг. 1. Схема устройства для цифрового преобразования ширины импульсов



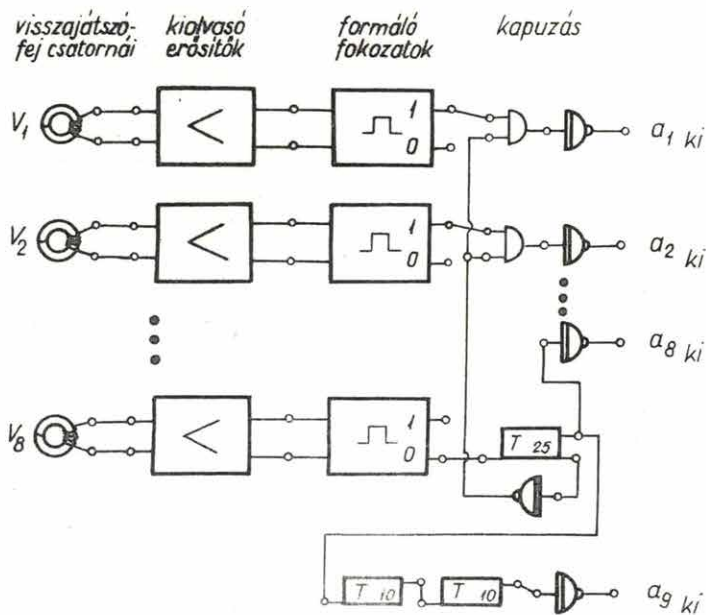
2. ábra. A digitális magnetofon felvevő- és visszajátszó rendszerének tömbvázlata

Fig. 2. Block diagram of the recording and playback system of the digital tape recorder

Fig. 3. Схема приемной системы и системы воспроизведения цифрового регистратора с магнитной записью



a



b

2. A digitális magnetofon

1966-ban elkészítettünk egy digitális jelek tárolására alkalmas nyolccsatornás magnetofont. A magnetofon elkészítésénél célunk az volt, hogy a már korábban elkészült FM digitál átalakító jeleit rögzíteni tudjuk és a magnetofonról a jeleket számítógépbe tudjuk adni. A felvétel NRZ eljárással történik, az irodalom szerint jelenleg ez a legmeghízhatóbb digitális felvételi mód /a felvevő rendszer tömbvázlatát a 2a. ábra mutatja/. Az NRZ eljárás lényege: minden beérkező 1-es információ a mágnesszalagot ellentétes irányban mágnesezi át, ha valamelyik 1-es információ nem érkezik, akkor a csatorna előtt a szalag mágnesezettsége eredeti irányu marad. Az egyik csatornán állandóan van beírás, 1-es információ /marker-jel/.

Kiolvasáskor /visszajátszás/ a marker-jel/ nyolcas csatorna jele/ kapuzza a többi csatornáról jövő jeleket; ha a marker-jellel egyidejűleg valamelyik csatornáról nem jön jel, akkor azon a csatornán az információ "0" /ez a beírási rendszerből következik/.

A kapuzárás azért szükséges, hogy megszüntesse a jelek egymásközi eltolódását.

A visszajátszó rendszer /2b. ábra/ előállítja egyrészt a szalagról visszajátszott a_1, a_2, \dots, a_8 -as információs jeleket /1-es információnál -3 V-ról zérus V-ra billenő 25 μ sec időtartamu impulzusokat/, másrészt az a_{9ki} jelű a_1, a_2, \dots, a_8 -as jelhez képest 10 μ sec késleltetésű és 10 μ sec széles kiolvasó impulzust a számítógép számára.

A felvétel indításakor a beíró áramkörök /beépített automatika segítségével/ automatikusan nullázódnak.

A berendezés három motorral működik. A szalagtárcsa átmérője a nemzetközi szabványnak megfelelően 350 mm. A szalagtárcsák a felső- és alsó csévéelő motor tengelyére helyezhetők. A harmadik

motor változtatható fordulatszámu /1500, 750/ hiszterézis-szinkron motor, amely a lendkereket /hangtengelyt/ állandó sebességgel hajtja meg.

Felvételkor és visszajátszáskor a szalagot gumigörgő nyomja a hangtengelyhez. Gyors tekeréskor a szalag a mágnesfejektől automatikusan eltávolodik, hogy a fejek ezalatt ne kopjanak. A berendezés megállításkor a csévéző motorokat mechanikus fék szorítja le, így a szalag nem szalad meg.

A műszer elkészítésekor főprobléma a szalag egyenletes járásának biztosítása volt /megfelelő erősségű hangtengely meghajtómotor, a lendkerék ill. hangtengely pontossága, a szalagcsévéző motorok húzásának és a gumigörgő nyomásának pontos beállítása/.

További nehézséget jelentett gyors tekerésnél a hirtelen megállás, amelyet a csévéző motorok "pillanatszerű" lefékezésével igyekeztünk elérni.

A magnetofon műszaki adatai:

szalagszélesség:	1 inch /25,4 mm/
szalagsebesség:	38 és 76 cm/sec
csatornaszám:	8
sebességigadozás:	2%
felvihető információmennyiség:	max. 400 bit/inch
tárcsaméret:	350 mm
tárolható max. szalagmennyiség:	2200 m
max. felvételi időtartam:	1 1/2 óra /2200 m szalagmennyiségénél, 38 cm/sec sebesség mellett/
felvételi mód:	NRZ

3. A korrekciós egység

Korszerű szeizmikus berendezés ma már nem képzelhető el

3. ábra. A korrekciós egység tömbvázlata

Fig. 3. Block diagram of the correction unit

Фиг. 3. Схема устройства для введения поправок

statikus és dinamikus korrekció nélkül. A korrekciók analóg uton való elvégzéséhez nagy finommechanikai pontosságú berendezés szükséges. Digitális uton a korrekciók elvégzése egyszerűbb, ezért tervbe vettük olyan tárológység készítését, amellyel a statikus és dinamikus korrekciók digitálisan végezhetőek el.

Az első kísérletnél tárolóként katódsugárcsővet használtunk. A tárolás elve az, hogy a sugár a cső ernyőjén szekundér emissziót vált ki, ez helyi töltésfelhalmozódást jelent. A töltés előjele attól függ, hogy a sugár mennyi ideig /rövid idő: pont, hosszabb idő: vonal/ söpört végig az ernyőn. A töltés hasznosítására az ernyőt kondenzátornak képeztük ki /a katódsugárcső ernyőjének külső részére vékony fémréteget gőzöltettünk/. Erről az un. jel-lemezről a töltésnek megfelelő jel vehető le. Ha ezt a jelet felerősítjük és bizonyos formálás után visszavezetjük a cső wehnelt hengerére, a felírt pont, ill. vonal regenerálható, a jelek tárolhatók. Az információ tárolásánál a vonal 1-et, a pont 0-át jelent. A tároló csőhöz tartozik egy vezérlő elektronika, amely a be- és kiírást, valamint a regenerálást vezérli. A vezérlő elektronikához csatlakozik a statikus és dinamikus korrekciót beállító egység.

A kórrrekciós egység deszkamodellje a statikus korrekciók mélységéig elkészült. A berendezés tervezésénél arra törekedtünk, hogy a tárolót a korrekciós feladatok ellátásán kívül, univerzális tárolóként is fel lehessen használni, ezért vezérlőrendszerét úgy képezzük ki, hogy illeszkedjék a szokásos tárolórendszerekhez. A készülék tömbvázlatát a 3. ábra mutatja. A berendezés jelenlegi formájában egyenként 24 bit információt tárol, de lehet a csövet két részre osztott információtároló rendszerként, tehát 2 x 12 bit tárolására alkalmas kivitelben is üzemeltetni. Ez a 12 bit csatlakozik az FM analóg konverter kimenetéhez. Az eddigi kísérleteknél a maximális információmennyiség 48 sor, azaz 1152 bit volt, de az üzembiztonság növelése és az egyszerűbb beállítás

miatt, jelenleg csak 34 sorral /816 bittel/ folytatjuk a kísérleteket. A berendezés már tartalmazza egy másik cső vezérléséhez szükséges elemeket is, amely lényegtelen bővítéssel több csőre is kiterjeszhető. A készülék a beírt jeleket állandóan regenerálja. A 2 msec-os mintavételi impulzus beérkezésekor a legközelebbi sorvégnél a regenerálás leáll és a beíró counter által meghatározott sorban történik az - AD konverterből érkező, s a beíró-tárolóban elhelyezett - információ beírása a csőre.

Közvetlen ezután kiolvasó folyamat játszódik le, a kiolvasó counter által meghatározott sorban levő információ a kiolvasó-tárolóba kerül. A kiolvasó-tároló törlését /amelyet a teljes rendszer összeállításakor majd a tárolót követő egység vezérel/ jelenleg a kiolvasást megelőző impulzus végzi, tehát a kiolvasó-tárolóból az információt kb. 2 msec elatt lehet kivinni.

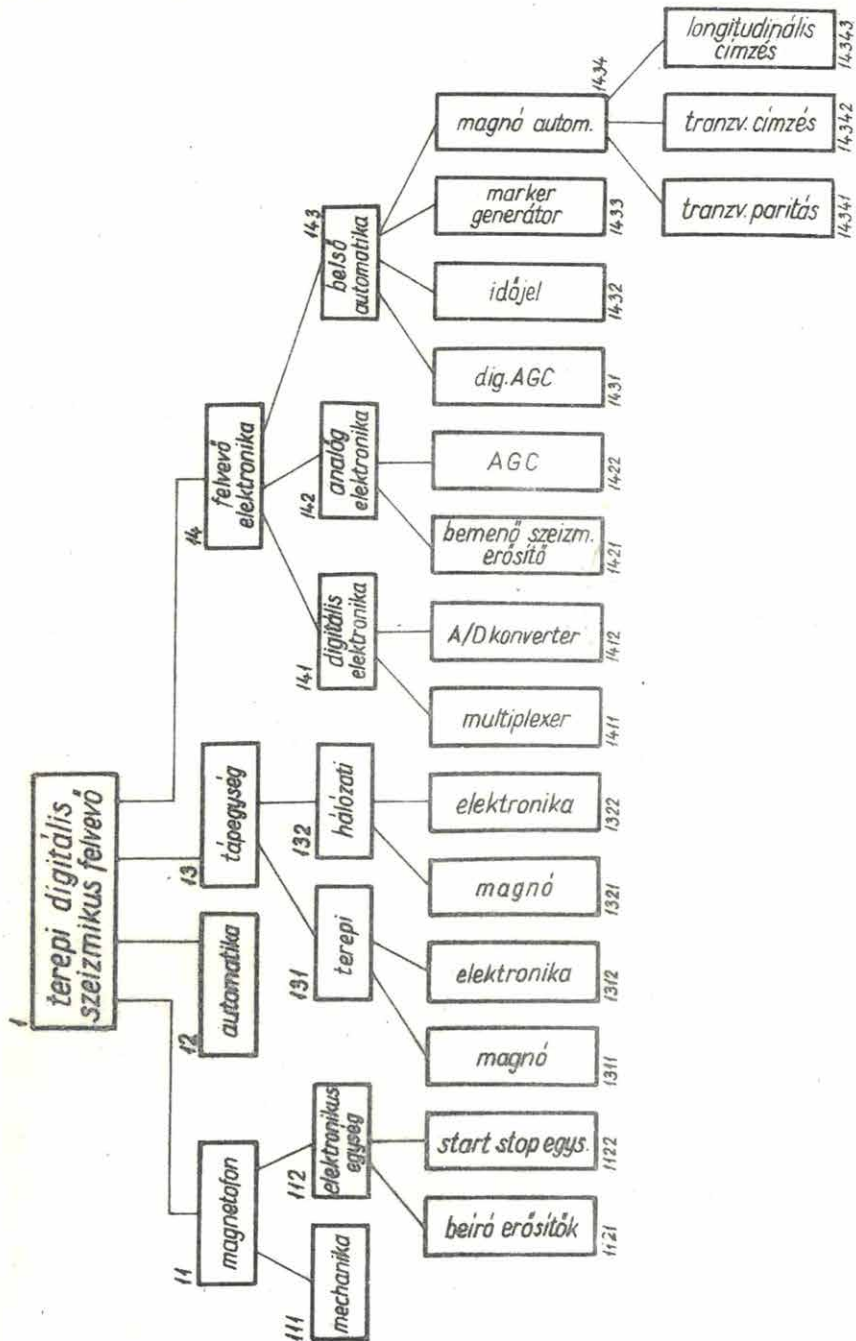
Az egész egységet 100 kHz-es kvarcgenerátor vezérli, egy sor letapogatása 280 mikrosec alatt történik. Az 1 mikrosec időtartam helyének kijelölését, az Y-eltérítő /soreltérítő/ fokozatok vezérlését, a 28-as counter és a lineáris dekóder végzi. Ezek a fokozatok gondoskodnak arról is, hogy a vonalak beírása ugyanitt kezdődjék. Recirkulációnál a jelerősítőtől kapott információ azonnal visszakerül a csőre, beírásnál pedig a beíró tároló információja kerül a kijelölt sorba. Felsőros beírásnál a másik felsőros jeleit a berendezés automatikusan regenerálja. Kiolvasáskor az információ csak az újabb információ - ugyanazon sorra való - beírásakor törlődik.

A sorkijelölést a berendezés három számláló közül választja. Recirkulációnál a recirkulációs számláló az egyes sorokat egymás után jelöli ki. Beíróparancs /a mintavételezési impulzus/ beérkezésekor a recirkulációs counter léptetése leáll és a beíró számláló vezérli a sorkijelölést. A beíró számláló indulásakor a 0-ra áll, így a konverter jelét a berendezés előbb az egyik félcső, majd a másik félcső soraiba írja be. A beíró számláló lépte-

4. ábra. A terepi digitális szeizmikus felvevő tömbvázlata

Fig. 4. Block diagram of the seismic digital field recorder

Фиг. 4. Схема сейсмической цифровой приемной аппаратуры



tése minden beírási folyamat végén történik. A kiolvasó számlálót nullázáskor a kívánt statikus korrekció értékével előre be kell állítani. Ez a megfelelő flipp-floppok átbillenésével történhet. Minden beírás után közvetlenül és minden kiolvasó folyamat végén a kiolvasó counter léptetése is megtörténik. A beíró és kiolvasó számláló sorkijelölő információja közötti különbség állandó, mivel a jelen megoldásnál a berendezés még csak a statikus korrekciót végzi el. A dinamikus korrekció elvégzésére több eljárást dolgoztunk ki.

Az eddig szerzett tapasztalatok szerint azonban magát a digitális tárolórészt ferritmemóriával helyettesítjük, amely ugyan drágább, mint a katódsugárcsöves tároló, de segítségével további feladataink könnyebben oldhatók meg. A dinamikus korrekció értékeit csatornánként lyukszalagról adjuk be digitális úton, a korrekciónövekmények ábrázolása formájában. A ferritmemóriás tárolót úgy tervezzük, hogy összegezésre /stacking célra/ és konvolúcióra továbbfejleszhető legyen.

4. A terepi digitális szeizmikus berendezés

A terepi digitális szeizmikus berendezés két alapvető egységből áll. A felvevő berendezés felépítését a 4. ábra mutatja. A magnetofon /ll/ a jelenlegi kísérleti stádiumban a MINSZK mechanikából /lll/ és az Intézetben készülő elektronikából /ll2/ áll. Ebből 1966-ban a beíró erősítők készültek el /ll2l/. A beíró erősítőket az összes vizsgálatok - még a hőmérséklet, alkatrész-csereszabotossági és nedvességállósági vizsgálatok is - a terepi követelményeknek megfelelőnek minősítették. Az áramkörök alkatrészválogatást nem igényelnek, $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ között helyesen működnek, egyórás vízbenáztatás után sem mutatnak változást. Elkészült az erősítők részletes gyártási dokumentációja is /panel-

rajzok, csatlakozók, rack méretek, nyomtatott áramkörök rajzai, bekötési rajzok, MEO adatok, stb./. A kártyákat a MIKI gyártja, az erősítőket a GMG szereli.

A berendezés a kísérletek jelenlegi stádiumában kézi indítással /1122/ működik.

Külső automatikán /12/ az automatikus lövést biztosító egység, a terepi ellenőrző egység, a geofonvizsgáló, stb. értendő. A fejlesztés első fázisában a külső automatika nem készül el.

Kétféle tápegységet /13/ terveztünk. A terepi tápegységek /131/ közül a magnetofon meghajtására szolgálóval /1311/ még nem foglalkozunk. Az elektronikus egységeket tápláló stabilizátorok /1312/ az elektronikus egységekkel együtt készülnek. Ezek egy részét jelenleg tervezzük és a GMG kivitelezzi. Az Intézet készíti az AD konvertert /1412/ és a multiplexer /1411/ terepi tápegységet.

A hálózati tápegységek /132/ közül a magnót ellátó tápegység /1321/ jelenleg ideiglenes megoldású, végleges megoldásra csak később kerül sor. Az elektronikákat ellátó hálózati tápegységek /1322/ egy részének tervezése folyamatban van, a multiplexert /1411/ és az AD konvertert /1412/ ellátó tápegységek a KFKI-ben készülnek.

A felvevő elektronikából /14/ a digitális elektronikát /141/ a KFKI-vel kötött - tudományos kutatási együttműködési szerződés keretében - közösen készítjük.

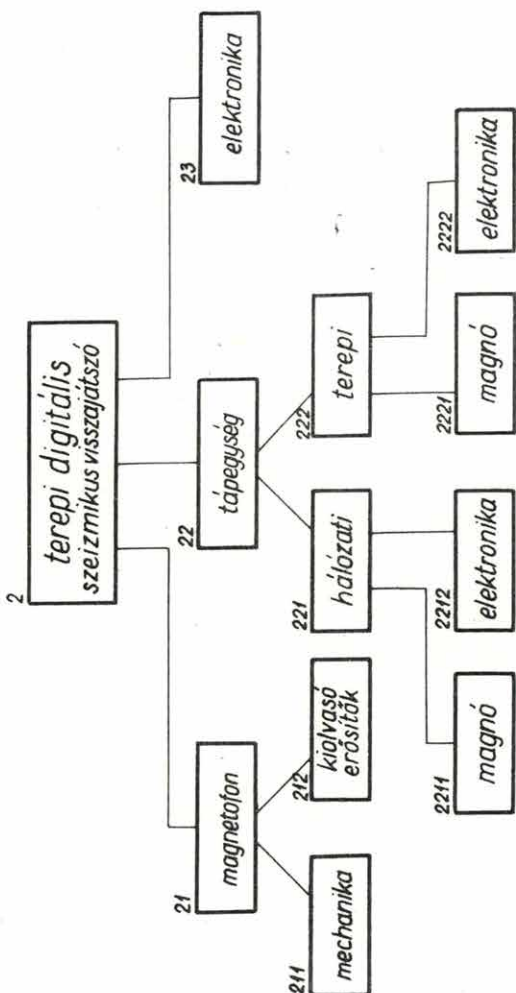
A KFKI-ben készülő digitális elektronika összesen 20 panelből áll.

Az analóg részekhez tartozó bemenő szeizmikus erősítők /1421/ első változatban az 1967-ben gyártandó SzM 24+6 típusu magnetofonos berendezés bemenő erősítőiből készülnek, bizonyos átalakítással /a GOM-nál megrendeltünk egy komplett erősítőszerényt és a tartalék erősítőket/.

5. ábra. A terepi digitális szeizmikus visszajátszó
tömbvázlata

Fig. 5. Block diagram of the seismic digital field
playback unit

Фиг. 5. Схема полевого цифрового устройства для вос-
произведения сейсмических записей



Az Intézetben készülő többletáramkörök, amelyek az átalakítás egy részének tekinthetők, szintén elkészültek. Hőmérsékletingadozás, nedvesség szempontjából az alkatrészek szórását megvizsgáltuk és megállapítottuk, hogy terepi üzemre és gyártásra egyaránt alkalmasak. Az erősítőket az eltérő üzemmód miatt, az eredeti specifikáción túlmenően, tranziens időkre is specifikálni kellett. A megfelelő változtatások után, a szükséges 40 mikrosec tranziens idő helyett, jelenleg kb. 20 mikrosec tranziens idő tartható /az eredeti tranziens idő kb. 3 msec volt/.

Az erősítők végfokának /amely a régi erősítők kiegészítése/ állandó bemenő jel mellett, 0,5 mA-es terhelés bekapcsolásakor 200 mikrosec tranziensen belül 10 ohm-nál kisebb kimenő impedanciát kell mutatnia. Ennek statikus bemérése jó eredményt adott, dinamikus bemérés csak a kész berendezésen lehetséges. A bemenő erősítőbe kapcsolódik a digitálisan vezérelt AGC áramkör /1422/. Az AGC áramkörből első változatban a 42 dB-es tartomány automatikus szabályozására alkalmas egység készül el. Ez a teljes automatikus dinamikát 102 dB-ben határozza meg, amely természetesen a kézi erősítésszabályozással bővül. Az áramkör kivitele olyan, hogy a fejlesztés későbbi stádiumában további 42 dB AGC-vel bővíthető /a teljes AGC dinamika akkor 84 dB, ill. a teljes automatikus dinamika 144 dB lesz; ezenkívül van a kézi szabályozás/.

Az AGC áramkörök, a hőmérsékleti vizsgálat szerint $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ között megfelelően működtek. Az alkatrészcsere szabotosságának vizsgálati eredménye szintén kedvező. Ezek után készült el a teljes gyártási dokumentáció, nyomtatott áramköri rajzok, kártyaméretetek, bemérési adatok, stb. A kártyákat a MIKI gyártja, a paneleket a GMG szereli.

A belső automatikát /143/ az Intézetben dolgozzuk ki az EMG mikrocart rendszerének felhasználásával. A belső automatika rendszertechnikai tervezése kész.

A visszajátszó berendezés rendszertechnikai tervezése még

nincs befejezve; a felépítést ábrázoló 5. ábra még nem teljes. A magnetofon /21/ kísérleti stádiumban, a MINSZK mechanikából /211/ és a kiolvasó erősítőkből /212/ áll. A kiolvasó erősítők fejlesztése befejeződött. Megtörtént a hőmérsékleti vizsgálat $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ között, az alkatrészcsere szabatosági vizsgálat és a nedvességvizsgálat is. Elkészült a gyártási dokumentáció, amely szerint a MIKI elkészítette a nyomtatott paneleket, a szerelést a GMG végzi. A kiolvasó erősítőkből 20 db készül /4 db tartalék/.

A tápegységek /22/, hálózati /221/ és terepi /222/ változatainak magnetápegységei /2211 és 2221/ azonosak az 1311 és 1321 egységekkel.

Az elektronikákat ellátó /2212 és 2222/ tápegységek az el látott egységekkel együtt készülnek. Jelenleg a kiolvasó erősítők tápegységeit tervezzük. Az elektronika /23/ ugyancsak microcart rendszerben épül.

2.4.3 Digitális szeizmikus kiértékelés

Sz.Kilényi Éva - Zilahi Sebess László

A modern szeizmika egyértelműen a digitális technika felé halad. A nagyteljesítményű digitális számítógépek használatát nemcsak a gyorsaság indokolja, hanem ezek segítségével többfajta művelet végezhető el, mint analóg uton.

Nyugaton - a magnetofonos regisztrálás általános elterjedésével együtt - 1956 és 1962 között rohamosan fejlődött az analóg gépi feldolgozás. Nagyteljesítményű un. centrumokban végezték - csak a legfontosabbakat említve - a statikus és dinamikus korrekciót, a szűrések igen sok változatát /ezek közül legfejlettebb a mágneses késleltetővonalas szűrés/, a kiválasztott csatornák összegezését stb.

A fejlődés során újabb igények merültek fel. Az optimum

szűrők elméletének adaptálása szeizmikus célokra, a tengeri szeizmikában elengedhetetlenül szükséges dekonvolúció, az inverz szűrés, stb., olyan feladatokat jelentettek, amelyeket már csak digitális számítógépekkel lehet megvalósítani.

A magyarországi szeizmikus műszer- és módszerkutatók a leírt fejlődéshez képest megkésett. Csak 1962-ben készült el az első magnetofonos regisztrálású felvevő berendezés, amellyel 1963-ban végeztünk terepi kísérleti méréseket. Tehát mire elkezdhetjük volna az analóg feldolgozás első lépéseit, az irodalomból világosan látszott, hogy a digitális utó a jövő. Így - a közbülső lépéseket kihagyva - a digitális kiértékelés megvalósításával kezdünk foglalkozni, párhuzamosan a megindított digitális műszerkutatással.

A témakörben foglalt feladat kettős: részben meg kell oldani a műszerkutatás matematikai problémáit, részben pedig - főleg irodalmi tanulmányok alapján - a digitális szeizmikus kiértékelés egymást követő lépéseit. Célunk, hogy mire a műszerkutatás eljut a rendszeres digitális adatszolgáltatásig, a kiértékelés fel tudja dolgozni az adatokat. A munkák előrehaladását sokáig hátráltatta a rendelkezésre álló számítógépek gyakori cseréje, átalakítása, meghibásodása. Még 1966-ban is több gépen dolgoztunk és csak 1967-re sikerült, kísérleti célokra megfelelő sebességű és tárolókapacitású gép /MINSzK-2/ állandó és rendszeres használatát biztosítani.

1966-ban megoldottuk az AD konverterből a MINSzK-2 számítógépbe való adatbevitel problémáit. A konverter két változatához /FM, PWM/ kétféle karakterértelmező program készült. A korrekciós egység /2.4.2 fejezet/ tervezésével kapcsolatban a kiolvasás helykijelölő görbéjének matematikai problémáit is megoldottuk.

A kiértékelési témakörben a következő - egymástól elszigetelt - problémákkal foglalkoztunk: normálkorrekció, frekvenciasávszűrés éles alul- és felülvágással, jelalakszámítás, inverz

konvolúciós szűrés, kétdimenziós szűrés. A programok részben kézi-digitálású adatrendszerre, részben felvett elméleti modellekre ALGOL nyelven, ill. MINSzK gépi kódban készültek.

Irodalom

- Robinson, E.A., 1957, Predictiv decomposition of seismic traces. Geophysics XXVII.4.
- Rice, R.B., 1962, Inverse convolution filters. Geophysics XXVII,1.
- Embree, P.-Burg,
J.P.-Backus, M.M., 1963, Wide-band velocity filtering - the pie-slice process. Geophysics XXVIII, 6.