

MTA Központi Fizikai Kutató Intézet

Számítástechnikai és mérés technikai vizsgálatok
szívhanginformáció processzálására

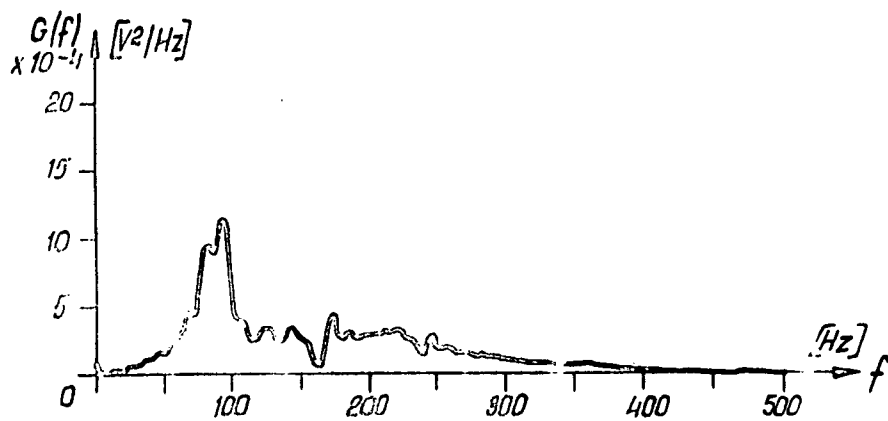
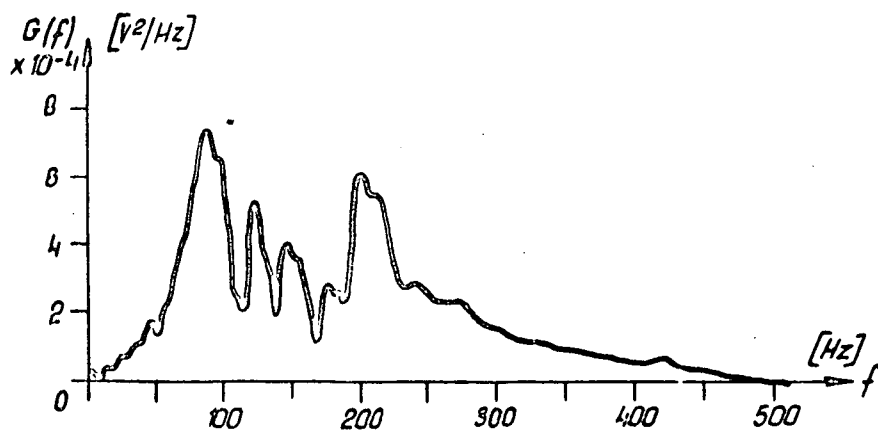
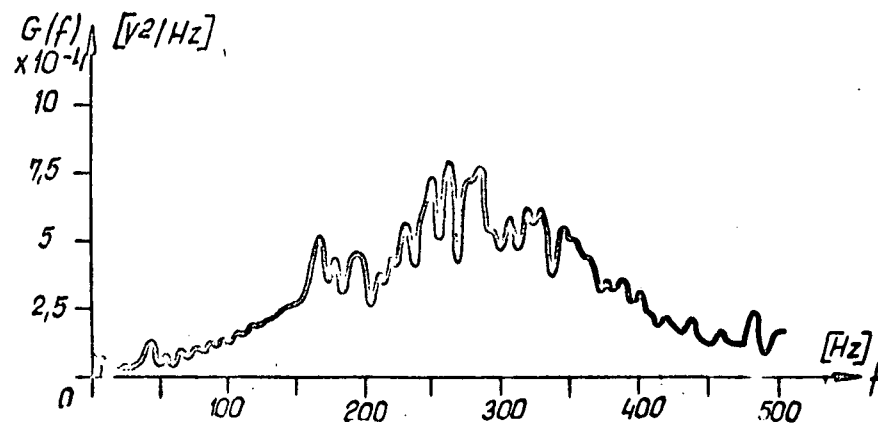
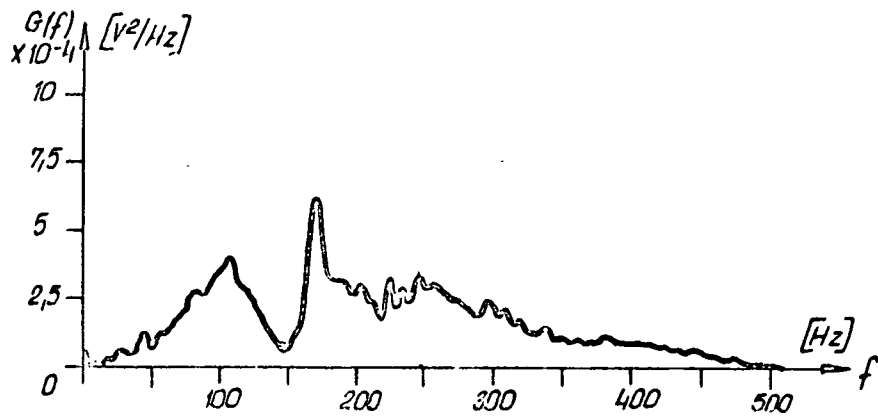
Kozmann György, Szlávik Ferenc

A kardiológiai vizsgálatok szempontjából nagyjelentőségű fonokardiográfiai mérési eljárásoknak a modern műszer-és számítástechnikai módszerek adaptálása révén történő alapvető továbbfejlesztésére a KFKI-ban "az élő szervezet mint zajos rendszer mérés technikájának kutatása" téma részeként, az Országos Testnevelési és Sportegészségügyi Intézettel közösen végzett munka keretében került sor.

A vizsgálatok célja az, hogy a szív ciklikus működését kísérő szívhangok illetve zörejek által hordozott, a cardiovascularis rendszer mechanikai állapotára utaló információnak az eddiginél teljesebb és tömörebb rögzítési módját alakítsuk ki, azzal az igénnyel, hogy az eljárás a későbbiekben számítógépes diagnózis végzésére is alkalmas legyen. A jelen dolgozat ennek a munkának néhány instrumentációs és számítástechnikai vonatkozását ismerteti, az orvosi aspektusokról és prespektívákról más helyen számolunk be (1).

1. Adattömörítés a frekvenciatartományban

A szívhang-jel /PKG-jel/ jellemzésére - azon jelet értjük ezen a néven, amelyik a szenzorból adott esetben és tipikusan a szív megfelelő közelségében általában kívülről elhelyezett mikrofonból származik - a frekvenciatartománybeli megjelenítés útját választottuk, ezen belül a telje-

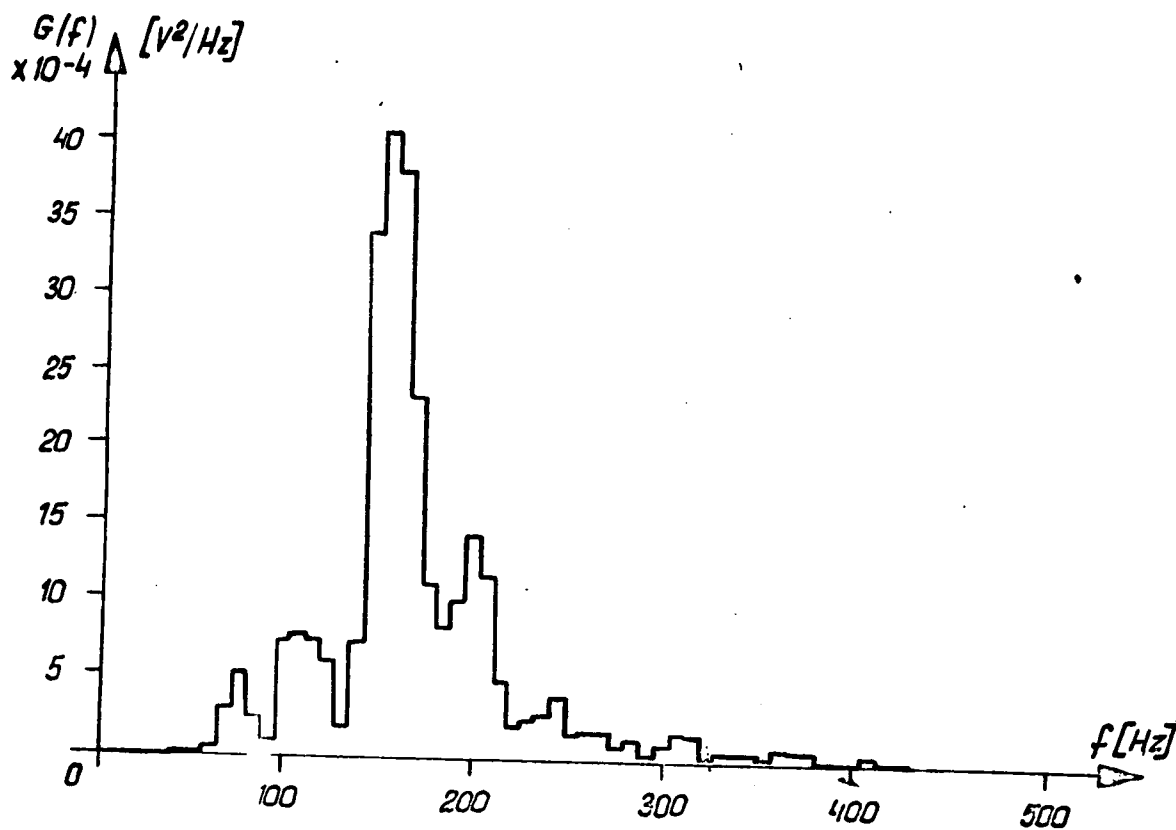
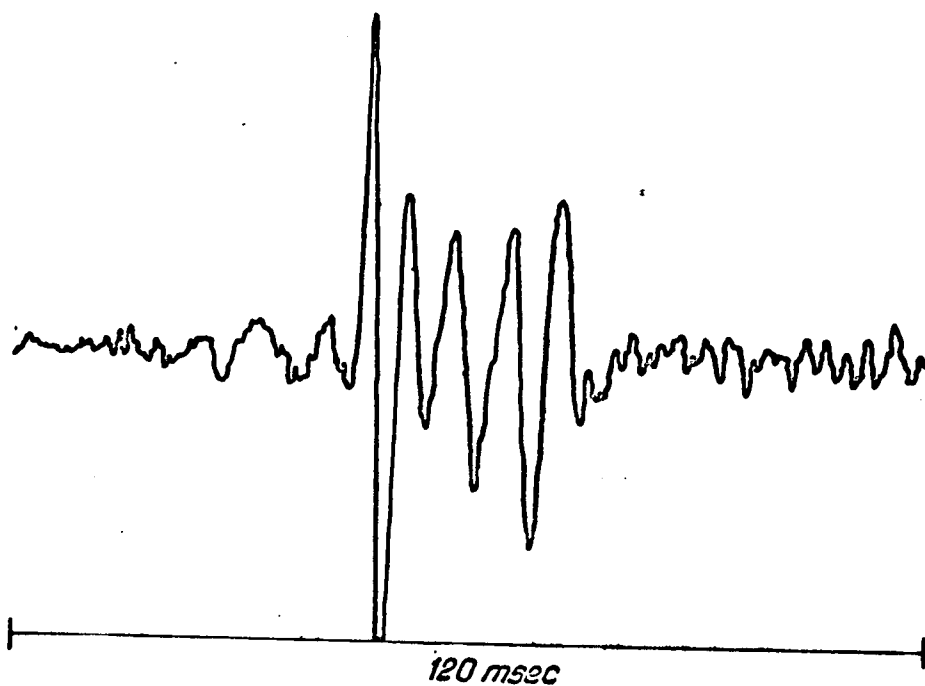


1. ábra. Néhány jellegzetes szívhang-jel teljesítménysűrűség-spektruma.

sítménysűrűség-spektrumot kerestük, és ábrázoltuk minden esetben. Ezen választás létjogosultságának illusztrálására, anélkül, hogy ezeknek a teljesítménysűrűség-spektrumoknak az orvosi interpretálásába most belemennénk, bemutatjuk az 1. ábrát. Ezen az ábrán különböző - egyéb módszerrel jól diagnosztizált szív állapotú - egyénekről készült időfüggvényfelvételekből képzett spektrumok láthatók. Első látásra is nyilvánvaló, hogy a teljesítménysűrűség-spektrumban, ami egy tömör kvantitatív, jól skálázható, gyorsan kiértékelhető ábrát ad, s amelyen egyes kisebb relatív energiájú effektusok is jól szembetűnnek, markáns eltérések láthatók és rendelhetőek diagnosztikai egyértelműséggel az egyes kázusokhoz.

1.1. A teljesítménysűrűség-spektrum képzésének néhány lehetősége

Az időtartományból a frekvenciatartományba pontosabban a teljesítménysűrűség-spektrum tartományába való áttérést alternative két módon valósítottuk meg. Mindkét módszer a méréstechnikában régóta ismert és használt eljárás. Az egyik eljárás, kiszámítógép /pl. TPA/ segítségével, közvetlenül az időfüggvényből állítja elő a teljesítménysűrűség-spektrumot, alapvetően a Cooley és Tukey által kidolgozott ún. gyors Fourier transzformációs algoritmusra /FFT/ támaszkodva (2). Ennek a módszernek kétségkívüli előnye, hogy közvetlen eljárás, de nem mindig alkalmazható, ha csak kiszámítógép áll rendelkezésre, mivel relative nagy háttérmemóriát igényelhet pl. abban az esetben, ha több egymást követő revolúciós szakaszt átlagolva akarunk feldolgozni, illetve megjeleníteni. Egy revolúciós, vagy ennél is rövidebb egyedi szakaszok spektrumának képzésekor



2. ábra. Második szívhangot tartalmazó jel-szakasz
FFT-vel nyert teljesítménysűrűség-spektruma

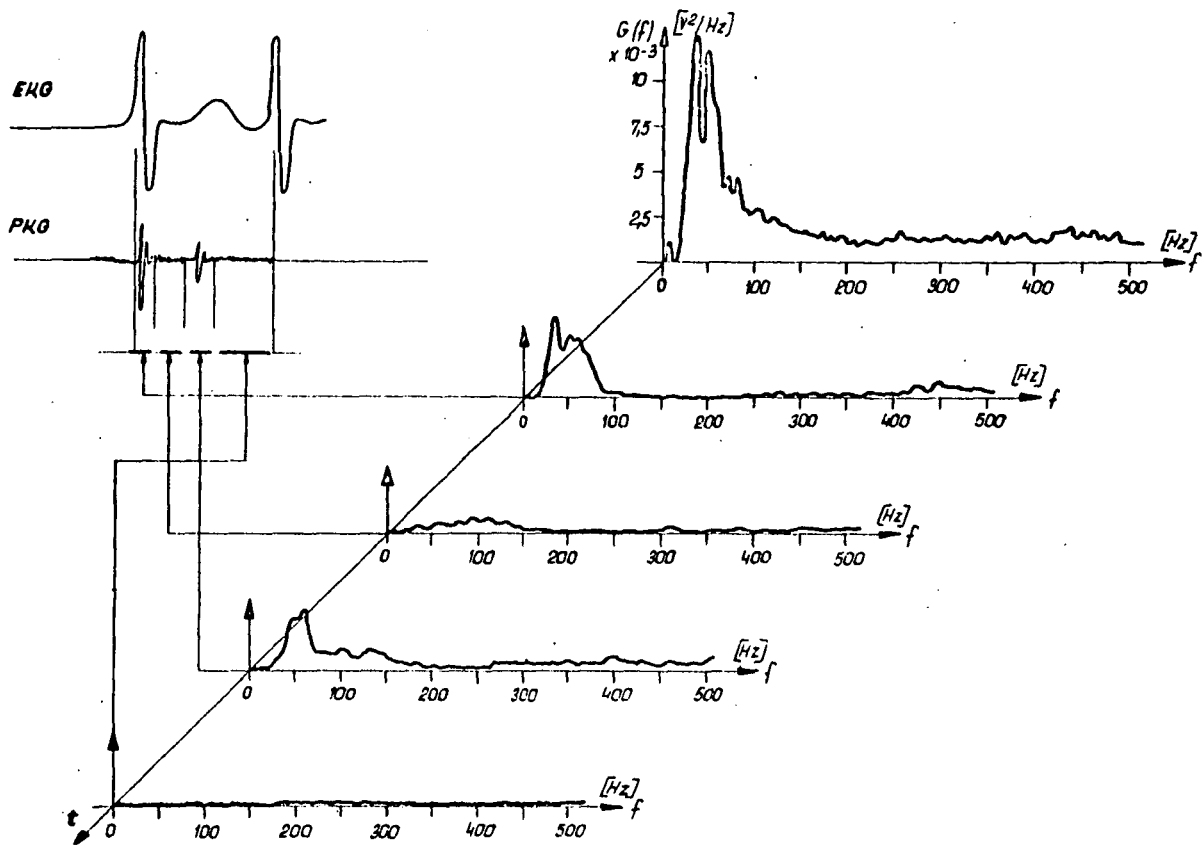
(lásd. 2. ábra) viszont előnyei nyilvánvalóak.

A másik eljárás az időfüggvényből első lépésben autokorreláció függvényt állít elő, és az autokorreláció függvény Fourier transzformálása révén nyújtja a teljesítménysűrűség-spektrumot. Az autokorreláció függvény, amely ennél a módszernél mint közbülső eredmény jelenik meg, tartalmazza mindazon információt, amelyet a teljesítménysűrűség-spektrum - más formában - reprezentál. Az autokorreláció függvényt mint esetleges "vég-eredményt" általában kevésbé szemléletesnek tartják, hiszen jobban megszoktuk a valós időtartománybeli ill. a frekvencia tartománybeli ábrázolást, de meg kell jegyezni, hogy ez a fajta megjelenítés is kidomborít néhány olyan jellemvonást, amit egyébként nehezebben, közvetve lehetne deriválni más megjelenítésekből.

Ez utóbbi módszer alkalmazása során tipikusan 20-50 közötti számú szivrevolúció során keletkező szivhangjel információ tartalmát "komprimáltuk", e hosszabb szakasz autokorreláció függvényét képezve kiszámítottuk a teljesítménysűrűség-spektrumot.

1.2. "Ablakolással" kiválasztott szivhangjel-szakaszok teljesítménysűrűség-spektrumának képzése

A korábbi gondolatok illusztrálására bemutatott 1. ábra oly módon készült, hogy a teljes szivrevolúciók alatti összes hanginformációt dolgoztuk fel, azaz u.n. "globálspektrum" jött létre, ahol a klasszikus tapasztalatok alapján bizonyos esetekben valószínűsíteni, sok esetben azonosítani lehetett, hogy egyes spektrum-csúcsok mely szivhangokból, vagy éppen a szivhangok közötti mely intervallumokból származnak.

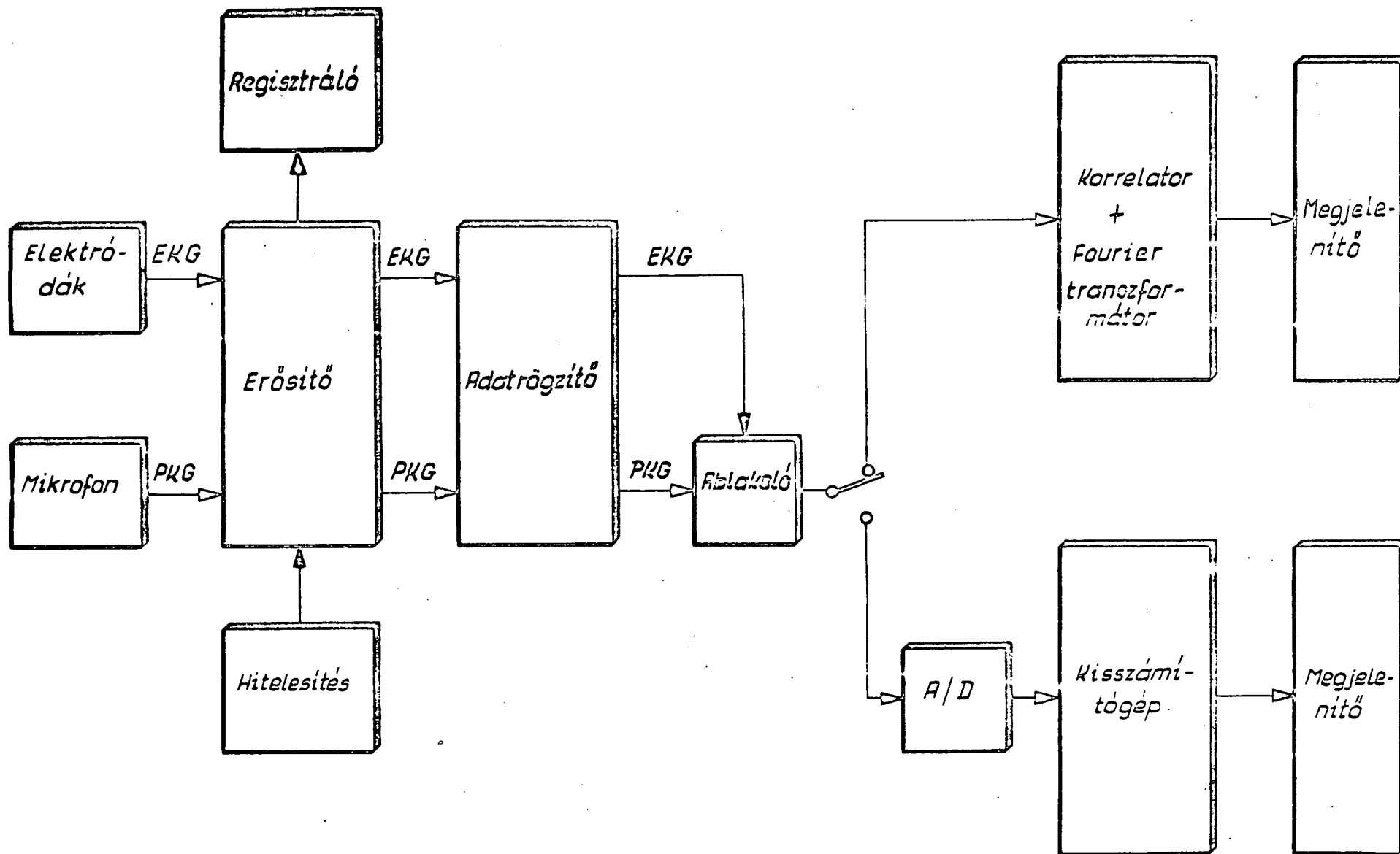


3. ábra. Jellegzetes szívhang jel-szakaszok
szeparált teljesítménsűrűség-spektrumaí.

Méréstechnikailag kézenfekvő, és diagnosztikailag alapvető volt egy olyan megoldás kidolgozása, amely az 1.1. pontban körvonalazott mindkét teljesítménysűrűség-spektrum mérési eljárás esetében lehetővé teszi, hogy szeparáljuk a szivhang jel jellemző szakaszait, tehát tetszőlegesen kiválaszthassuk azt az időkésleltetést, amellyel az "ablaknak" a kezdőpontját a referencia időponthoz - adott esetben az EKG "R" csúcshoz képest - eltoljuk és szabadon választhassuk az "ablak" szélességét, tehát azt az időtartamot is, amely alatt a szivhang-jelet az adatkezelő rendszerbe bebocsátjuk. A 3. ábrán bemutatott axonometrikus kép felvétele oly módon készült, hogy az első ablak az első szivhang, a második ablak az első és második szivhang közötti/szisztolés/szakasz egy része, a harmadik ablak a második szivhang, a negyedik ablak az első és a második szivhang közötti diasztolés szakasz egy rész-teljesítmény sűrűség spektrumának szeparálását biztosítja. Maga a processzálás a "globál-spektrum"-hoz az 1. pont második módszere, a közbülső lépésként korreláció függvény számító eljárás szerint történt. Az "ablakolási technika" kapcsán került kialakításra az ablakok megválasztásának a - későbbiekben automatizálható - módszere, a szivhang- illetve zörejszakaszok helyének előzetes meghatározása alapján az "ablakokat" a jellegzetes sziv-tevékenységi szakaszokra illesztjük.

2. A mérőrendszer ismertetése

Az 1.1. pont szerinti feladat mérésére létrehozott rendszer alapvetően a digitális jelkezelési módszereket alkalmazza. Ennek számos előnye van, egyebek között az, hogy széles frekvenciasávban biztosít szinte tetszőlegesen jó felbontó képességet. A digitális módszerek alkalmazását indokolja to-



4. ábra. A spektrális fonokardiográfiai vizsgálatok mérőrendszere

vábbá az is, hogy előirányoztuk az un. szivpulzushullámok - apex és carotid hullámoknak - a vizsgálatát, ami kifejezetten olyan alacsony frekvenciás technikát igényel, ami korrektül, megfelelő felbontással, az analóg szűrés módszerével már technikai ismereteink szerint nem valósítható meg.

A teljes berendezés instrumentációját blokkséma szerint a 4. ábra mutatja be. A mellkasfalán elhelyezett mikrofonból nyerjük a PKG jelet, az EKG elektródák az ablakolási technikánál nélkülözhetetlen referencia időpont determinálásához szükséges jelet adják. A referencia időnek az EKG-ből való származtatása az egyik lehetséges eljárás, egy másik lehetőség - erre is megtettük az előkészületeket -, hogy a korábban említett pulzushullámból, pl. a carotis fölé elhelyezett mikrofon jeléből képezzük a referencia időpontot. Az erősítőkről csupán azt említjük meg, hogy kellően szélessávúak, egyenáramtól min. 2000 Hz-ig lineáris a karakterisztikájuk. Adatrögzítőként analóg mérőmagnetofont /Telefunken MAS 54/ alkalmaztunk. A magnetofon nem alapvető része a rendszernek, hiszen pl. real-time feldolgozó rendszernél erre nincs szükség.

A blokkvázlatból kitűnik, hogy az elektronikus processzállással párhuzamosan az idő-függvények grafikus regisztrálását is megtettük, már csak azért is, mert a kutatások jelenlegi stádiumában a spektrumok és az időfüggvények egybevetése, tehát a klasszikus és az ujszerű ismeretek egymással való megfeleltetése szakmai - elsősorban orvosi - szempontból elsőrendű fontosságú feladat.

Nagyon fontos célkitűzés /ma még világszerte megoldatlan feladat/ a fonokardiográfiában, hogy az EKG-hoz hasonlóan bizonyos referencia szintet lehessen definiálni, hogy a különböző körülmények között, különböző helyeken, különböző alkalmakkor felvett regisztrátumokat kvantitati-

van össze lehessen hasonlítani. A 4. ábra egy blokkja az elektromos szektor hitelesítésére készített áramkört jelképezi, nyilvánvalóan a hitelesítés kiterjesztése a komplex akusztikai rendszerre bonyolultabb feladat, amelynek - legalább részleges - megoldásán ugyancsak dolgozunk. Az "ablakoló egység" segítségével a szivhang bizonyos jellegzetes fázisai szeparálhatók.

Az 1.1.pont szerinti adatfeldolgozás két variánsának megfelelően az egyik adatkezelő láncon az adatokat a jelzett A/D konverterblokkon keresztül, közvetlenül kiszámítógéphez /TPA 1001/ tápláltuk, a gyors Fourier transzformáció elvégzése céljából.

A másik eljáráshoz tartozó adatkezelő egységekkel - jelenleg főleg ezt alkalmazzuk - egy korrelátorra /HP 3721A/ vezettük a jelet, /amelynek bemenőegysége természetesen beépített A/D konverter/ és a korreláció függvény képzését követte a Fourier transzformáció - a teljesítménysűrűség spektrumnak a képzése, a HP 3720A spektrum display alkalmazásával.

"Megjelenítő egységek"-en hagyományos számítástechnikai output-perifériák /kirajzoló, szalaglyukasztó stb./ értendők.

Perspektívák

További célul tűztük ki egyrészt a mérőrendszer további tökéletesítését, az analóg rendszer továbbfejlesztését /pl. preemfázis alkalmazása előnyeinek megvizsgálását, a magasfrekvenciás zörejek megfelelő processzálhatósága céljából/ másrészt a hitelesítés technikájában kívánunk tovább lépni. Megkezdtünk - és nagyon fontosnak érezzük ezt - egy alapvető számítástechnikai vizsgálatso-

zatot az egyes revolúciók alatt fölvetett "egyedi" spektrumok egymáshoz képesti változásának tanulmányozására stacionaritás ill. konvergencia vizsgálatok végzését. A real-time rendszer kiépítését is meg akarjuk kezdeni.

I r o d a l o m

- (1) Kálmán, Vigyázó, Szilávik, Pártos, Kozmann:
"A spektrális fonokardiográfia néhány eredményének orvosi interpretálása". 4. Neumann Kollokvium, Szeged, 1973.
- (2) Cooley, J.W and Tukey, J.W.: An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series.
Math.Comput. vol. 19, pp.297-310. April 1965.

Ezaton mondunk köszönetet a Közuti Közlekedéstudományi Kutató Intézet vezetőinek és munkatársainak, akik ezen készülék - amellyel az ismertetett munka végzése során a KFKI még nem rendelkezett - használatát részünkre lehetővé tették.