KÉP és HANG TECHNIKA

OPTIKA · FOTO
FILMTECHNIKA
AKUSZTIKA
TELEVÍZIÓ
SZÍNHÁZTECHNIKA

5

ELEKTROAKUSZTIKAI
SZÁM
HUSZTY DÉNES EMLÉKÉRE

KÉP- ÉS HANGTECHNIKA * 1979. OKTÓBER * 129–160. OLD. XXV. ÉVF.

Huszty Dénes (1927—1979)

1979 február 15-én meghalt *Huszty Dénes*, a magyar elektroakusztika elmúlt 30 évének legjelentősebb egyénisége. Egyesületünknek 1952 óta tagja, 1955 óta vezetőségi tagja, majd 1965—75-ig az akusztikai szakosztály titkára. Közel 20 éven át volt a szakosztály elektroakusztikai szabványosítási munkabizottságának elnöke. 1964-ben kapott Petzval József emlékérmet, 1978 decemberében, röviddel halála előtt, az elektroakusztika területén végzett kimagasló tudományos és ipari tevékenységének elismeréseként a Békésy-díjat. Az Audio Engineering Society tagja 1974 óta volt. Hazai tudományos tevékenységének elismeréseként 1970-től a MTA Akusztikai Albizottságának tagja. Az OMFB tevékenységét rendszeres társadalmi munkával segítette. A BME Híradástechnikai Tanszékének, később a HEI-nek és a Kandó Kálmán Híradástechnikai Főiskolának állandó vizsgabizottsági tagja volt.

Huszty Dénes munkásságának objektív értékelésére itt, most nem vállalkozhatunk, az alábbiakban csupán megkíséreljük felvázolni szakmai életrajzát, felsorolni ipari és tudományos munkásságának főbb állomásait. Ez a rövid összefoglalás is rávilágít azonban majd *Huszty* kivételes egyéniségének két fontos vonására: ismereteinek rendkívül széles spektrumára és szinte korlátlannak tűnő energiájára, munkabírására. Akik közelebbről ismerték, tapasztalták, hogy e két fontos vonás egy harmadikkal párosult: a megismerés, az alkotás 20 éveseket megszégyenítő szenvedélyével. Hagyatékának egyik legértékesebb része az a továbbélő hatás, amelyet egyéniségével munkatársaira, szakmai környezetére gyakorolt. Eltávolodnánk az igazságtól, ha azt állítanánk, hogy minden munkatársa lelkesedett érte. Igényes vezető volt, sokat követelt. Természetesnek vette, hogy mások energiája éppolyan kimeríthetetlen, mint a sajátja. Mégis, mindazok, akik együtt dolgozhattak vele kaptak valamit, ami maradandó. Számosan vannak, akik büszkék arra, hogy tőle tanulhattak.

Rövid, 30 éves tevékenysége alatt legtöbbször rendkívül nehéz körülmények között dolgozott. Számos alkalommal kellett mindent elölről kezdenie, látszólag áthághatatlan akadályokat legyőznie. Eredményei tanúsítják: erőivel sohasem takarékoskodott, mindig teljes lánggal égett. Nem csoda hát, bármilyen tragikus is, hogy amikor támaszát elvesztette, e láng is kialudt.

Huszty Dénes szakmai tevékenysége mindvégig elválaszthatatlanul összefonódott a magyar elektroakusztikai iparral, közelebbről annak három legjelentősebb gyárával, az ORION Rádió és Villamossági Vállalattal, a Vadásztölténygyárral (a mai VIDEOTON elődjével), végül az Elektroakusztikai Gyárral.

1949-ben lépett be az ORION gyárba. 1950-ben a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Karának „B" (villamos) tagozatán szerzett oklevelet. Az ORION-ban először egy évig több hangszóró típus egyidejű fejlesztésén a Laboratóriumban dolgozott. Közben 1951—53 között a BME Híradástechnikai Tanszékének Akusztikai csoportjánál mellékállásban ipari szakértőként foglalkoztatták. A tanszéki kutató munkában széles körű szakirodalmi tájékozottsága még gyakorlati ismereteinél is nagyobb segítséget jelentett. Az ORION-ban 1951—54 között a hangszóró üzemben dolgozott. Előbb üzemmérnök, majd az üzem vezetője volt. Feladata a vezetésével kifejlesztett hangszóró típusok gyártásbevezetése, és a sorozatgyártás megszervezése volt. A gyártott hangszórók mennyisége ebben az időszakban megnégyszereződött. Az ORION *Huszty* irányításával létrehozta, majd sorozatgyártásba állította a membrángyártás nagy teljesítményű berendezéseit is. 1954-ben visszahelyezték a gyártmányfejlesztésre, ahol megszervezte az akusztikai laboratóriumot, amelynek Ő lett a vezetője. Munkatársaival további 10 új, szabadalommal védett megoldást tartalmazó hangszórótípust dolgozott ki, és vezetett be a sorozatgyártásba. Ezek közül néhányat az ORION még ma is gyárt. *Huszty* szinte a semmiből teremtette meg a laboratórium munkaeszközeit. Mikrofontól hanggenerátoron keresztül szintíróig, 100 dB-es erősítőt, fázisszögmérőt, logaritmikus és lineáris szintírópotenciométert, porozitásmérőt, áramlási ellenállás-mérőt, 2 m és 10 m hosszú Kundt-csövet mind Ő és munkatársai tervezték és a kivitelezését is jórészt maguk végezték el. Megkezdték a süketszoba kivitelezésének előkészítését is. Ennek a hihetetlen termelékenységű, magasszínvonalú munkának *Huszty* volt a motorja és szakmai irányítója. Gyakorlati eredményeit, tapasztalatait, elméleti tevékenységét ebből az időszakból származó 8 közlemény [1—8] és 1 találmány [SZ1] foglalja össze.

1957 júliusában a székesfehérvári Vadásztölténygyárban kezdetét veszi pályafutásának második alkotó szakasza, mely 1961 végéig tartott. Munkája itt is az akusztikai laboratórium megteremtésével kezdődött, majd ismét új szélessávú hangszóró típusokban megtestesülő találmányokat dolgoz ki, melyekre szabadalmi oltalmat szerez [SZ2, SZ3]. Ezek a hangszórók új szemléletet képviseltek. A sugárzási kérdésekben és a membránpapír gyártási technológiában való jártasságára támaszkodva, a papíranyag sávonként más más kialakításával, egyetlen membránnál megoldotta mechanikai eszközökkel a keresztezés kérdését [SZ5], minimálisra szorítva így a *Doppler* torzítás előfordulásának lehetőségét. Munkatársaival szabadalommal védett eljárást dolgoz ki a bariumferrit mágnesek előállítására is [SZ4], majd itt is létrehozta a membrán- és hangszórógyártást. 1960-ban a Gyártmányfejlesztés Főosztály vezetésével bízták meg. Ettől kezdve nemcsak a hangszórófejlesztés, hanem a rádió- és televízió készülékek fejlesztésének irányítása is a feladatkörébe tartozott. Eközben Ő és munkatársai munkáját számos műszer, berendezés, gyártóeszköz tervezése és megvalósítása fémjelzi: rugóállandó- és légrésindukció eloszlásmérő, koerciméter, mágnesmérő iga, mágneses terű sajtolószerszámok anizotróp Ba-Fe mágnesek gyártásához, üzemi mágnesmérő berendezés [SZ7], impulzus mágnesező, akusztikai impedanciamérő, hangszóró mérőtorony [SZ6], mágnesmérő és osztályozó automata stb. Ebben az időszakban 11 közleményt jelentetett meg hazai és külföldi szakfolyóiratokban [9—19] és 6 találmánynak [SZ2—SZ7] volt szerzője, ill. társszerzője.

Huszty Dénes
1927—1979.

Élete harmadik és leghosszabb alkotóperiódusának színhelye az Elektroakusztikai Gyár. Ez a szakasz ipari eredmények szempontjából nem marad el az előző kettőtől, tudományos szempontból pedig az előzőeket messze túlhaladja mind termékenység, mind pedig tudományos értéke tekintetében.

Az Elektroakusztikai Gyár már 1962. előtt is foglalkoztatta szakértőként, ekkor az SH 922 típusú stúdióellenőrző hangsugárzó fejlesztésében vett részt. 1962 januárjában lépett be az Elektroakusztikai Gyárba. 2 évig kutatómérnökként dolgozott az akkori Gyártmányfejlesztési Főosztályon. Ezzel egyidejűleg az MTA Akusztikai Kutatócsoportjának is munkatársa volt.

A gyár már 1962-ben elhatározta egy akusztikai kutatólaboratórium létrehozását. Ennek megszervezését, majd irányítását *Husztyra* kívánta bízni. Az ipari alkalmazott kutatással foglalkozó laboratórium megteremtésének elvi alapjait, a hazai elektroakusztikai ipar fejlődésének irányait kijelölő „Professzionális elektroakusztika" OMFB tanulmány fektette le, amelyet az 1963—64 között működő OMFB szakbizottság dolgozott ki. A bizottságnak *Huszty* is tagja volt. Az OMFB tanulmány szakmai vitája után elkészített előterjesztést a kohó- és gépipari miniszter elfogadta és 1964 őszén elrendelte az Elektroakusztikai Kutatólaboratórium létrehozását. Ennek első feladata a kísérleti membrángyártás megvalósítása volt és mint már korábban is, most is a technikai feltételek megteremtésével kellett kezdenie, mivel a szükséges berendezéseket — sajátos jellegüknél fogva — megvásárolni nem lehetett. *Huszty* két gépész munkatársával megtervezte a membrángyártósor összes berendezését, köztük kúpos őrlőt, anyagfeloldó-, merítő-, víztelenítő- és szárító berendezéseket, valamint a speciális mérőeszközöket. *Huszty* irányításával történt az erre a célra kijelölt helyiségek épületgépészeti kialakítása, a membrán kísérletek speciális igényeinek megfelelően. A membrán kísérleti üzem 1968-ban létrejött és kezdetüket vették az ún. anyagelőkészítéssel, majd a membránelőállítással kapcsolatos kutatások és technológiai kísérletek. Ezeknek végső célja az akusztikai követelményeket kielégítő és az ipari sorozatgyártás szempontjából leggazdaságosabb gyártástechnológiai módszerek kidolgozása volt. A kutatási-kísérleti célra létrehozott membrángyártósor termelékenységére és korszerűségére jellemző, hogy a gyár ezzel a berendezés-komplexummal saját hangszórógyártása számára ma is évi mintegy 60—80 000 db membránt állít elő.

1963-ban a KGM megbízásából 2 hónapot Bulgáriában töltött, ahol tanácsadóként a bolgár hangszóró- és elektroakusztikai ipar rekonstrukciójában nyújtott segítséget. 1964-ben újabb meghívást kapott Bulgáriába, hogy az előző évben megkezdett kutatómunkát ottani munkatársaival befejezze. A kutatások a hangszóró nemlineáris torzításának mérésére irányultak, és azzal a következtetéssel zárultak, hogy a nemlineáris torzításnak a *Küpfmüller* által kidolgozott és az elektronikában bevált mérési módszere és mérőszáma a hangszórók és hangsugárzók esetén, a frekvencia függvényében erős irregularitást mutató irányjelleggörbe miatt elvileg hibás és félrevezető. *Huszty* és munkatársai, *G. Penkov* és *I. Waltschev*, ezekről az eredményekről hét közleményben számoltak be [25—31].

1965-ben az Elektroakusztikai Gyár és a Magyar Rádió közötti megállapodás alapján *Huszty* a Magyar Rádióban is vállalt párhuzamos feladatokat. 1968-ig részfoglalkozásban a Műszaki Fejlesztési Osztályt vezette, de megtartotta az Elektroakusztikai Gyárban betöltött munkakörét is.

1968-ban a vállalat és azon belül az akusztikai ágazat a rendkívül gyors fejlődés folytán elérte azt a szintet, amikor a működésbeli korszerűsítés elodázhatatlanná vált. A vállalat akkor a szakosított elvű működési módszert vezette be. Ezzel összefüggésben Husztyra — szakmai felkészültsége és adottságai következtében — óriási feladatok hárultak. Az ekkor létrehozott önálló gyártmányfejlesztési főosztály élén, az Elektroakusztikai Kutatólaboratórium beolvadása után irányítania kellett a töretlenül folytatódó kutatómunkát és a gyártmányfejlesztést. Ezzel időlegesen megszűnt a kutatólaboratórium önálló léte. *Husztynak* és a mind létszámbelileg, mind pedig szakmailag lényegesen megerősödött munkatársi kollektívájának fő feladatát az akusztikai gyártmányok kifejlesztése és gyártásbevezetése alkotta. A szakosított vállalati működési rendszer 1972-től az akusztikai ágazat technológiai osztályát is *Huszty* vezetése alá rendelte. Ezenkívül a vállalat kereskedelmi tevékenységi körében is rendszeresen igénybevette *Huszty* nagy szakmai tájékozottságát, ösztönös kereskedelmi érzékét és előrelátását.

A gyár termelési feladatainak és gyártmányszerkezetének helyzetéből következően a gyártmányfejlesztés sokrétű volt és az alábbi gyártmánycsoportokat foglalta magába:

— mikrofonok
— fej- és fülhallgatók
— hangszórók
— hangsugárzók és azok mechanikai szerelvényei
— passzív akusztikai elemek
— akusztikai gyártmányokat hordozó bútor jellegű berendezések.

Huszty sokoldalú szakmai felkészültsége, ipari tapasztalata, helyes akusztikai szemlélete, akadályt nem ismerő vezető egyénisége alapozta meg azokat az eredményeket, amelyeket munkatársaival és az Elektroakusztikai Gyár dolgozóinak segítségével 1968—74 között ért el. Ebben az időben öt találmány kidolgozásában [SZ8—SZ12] vett részt. Ugyancsak ennek az időszaknak a jellemző eredménye, hogy az akusztikai ágazat szinte valamennyi terméke új fejlesztésből került a gyártásba. Gyors ipari hasznosításuk a vállalati nyereséget és a külföldi vevők érdeklődését az elektroakusztikai gyári termékek iránt jelentősen megnövelte. Néhány részlet: a *Huszty* vezetése alatt álló főosztály kifejlesztette az ∅125 mm-es szélessávú hangszórókat, az ∅300 és ∅400 milliméter mélysugárzó hangszórókat, a nyomókamrás hangsugárzót, a hangoszlopok harmadik generációját, a lakáshangosító hangsugárzó családot, a stúdióellenőrző- és professzionális hangsugárzó családot, a stúdióellenőrző- és professzionális hangsugárzók családját, a 200 W terhelhetőségű, védőáramkörrel ellátott hangsugárzót és az erre épülő hangsugárzó csoportokat, az ∅22 mm-es egységes átalakítóbetétre épülő fejhallgatók és közszükségleti mikrofonok családjait, valamint a passzív akusztikai elemek családját. Ezeknek a gyártmányoknak nemcsak a fejlesztése, de a gyártásbevezetésük és sorozatgyártásuk is számottevő műszaki és gazdasági eredménye volt a BEAG-nak.

Minden bizonnyal az egyedülálló ipari eredmények közé sorolható, hogy az 1971-ben kifejlesztett HEC 11 és HEC 12 stúdióellenőrző hangsugárzókból az 1972—1978. években a BEAG mintegy 3800 db-ot gyártott és értékesített. A HEC 12 típust 1972-ben az OIRT lehallgató csoportja a legjobbnak ítélte az OIRT tagállamok stúdiójában alkalmazott ellenőrző hangsugárzó típusok között.

E széles kiterjedésű és intenzív fejlesztő munka mellett sokoldalú és elmélyült tudományos munkát végzett és erre serkentette mérnök munkatársait is, akiket kutató és tudományos előadói, ill. szakírói tevékenységükben ötletekkel, tanácsokkal, észrevételekkel támogatott. Az Ő és munkatársai tudományos tevékenységének első kiemelkedő csúcspontját és reprezentatív megnyilatkozását a budapesten 1971-ben megrendezett VII. Nemzetközi akusztikai kongresszuson elhangzott és publikált 17 előadás jelentette. Ekkor *Huszty* egyike volt a Kongresszus 14 felkért előadójának és további 2 előadás társszerzője volt. A tudományos munka töretlenül folyt tovább, így az 1973. évi V. Budapesti akusztikai konferencián a vezetése alatt álló kollektíva újabb 10 tudományos előadást tartott kimagasló színvonalon. A kutatási eredmények a vállalati célkitűzések, a kereskedelmi igények és a technológiai lehetőségek szoros feltételei között a fejlesztési munkával párhuzamosan születtek. A fejlesztés egy-egy új gyártmányban meg-

testesülő eredményeinek elméleti alapokat szolgáltattak a főosztály mérnökeinek alkalmazott kutatásai, melyek részben új konstrukciós elveket, részben új technológiai eljárásokat és mérési módszereket eredményeztek.

A megfeszített munka észrevétlenül ásta alá egészségét és az 1974 szeptemberében bekövetkezett szívinfarktus 1 éves betegállományba kényszerítette. Megrendült egészsége miatt a továbbiakban nem vállalhatta a kutatás és gyártmányfejlesztés átfogó irányítását. Elhatározását tiszteletben tartva a gyár vezetői úgy döntöttek, hogy személyileg ismét különválasztják a gyártmányfejlesztési főosztálytól a kutatólaboratóriumot és ennek vezetését bízzák *Husztyra*. A kutatólaboratórium *Huszty* vezetésével a gyártmányfejlesztéssel összefüggő új mérési elv és eljárás megalapozására szolgáló két elméleti téma kidolgozásához kezdett hozzá, amelyek jelentős előrehaladás után eredményt ígérő szakaszukba értek akkor, amikor egészsége újra igen erősen megrendült. Gondolatait azonban még a súlyos betegséget áttörve is munkája és a befejezés előtt álló kandidátusi értekezése kötötte le mind addig, amíg a minden Őt közelebbről vagy távolabbról ismerőt megrendítő halál örökre megfosztotta a még igen értékesnek és termékenynek ígérkező alkotás lehetőségeitől.

Szabványosítási tevékenysége

Huszty Dénes szabványosítási tevékenysége is említésre méltó. Fő érdeme a szabványosítás helyes arányainak meglátása volt. Amilyen következetességgel dolgozott az eredményes fejlesztést és gazdaságos gyártást elősegítő szabványokért, ugyanolyan határozottan tiltakozott a felesleges és az ipari érdekekkel ellentétes szabványelőírások ellen. Felismerte azt is, milyen nagy hátrányok keletkeznek a szabványosítási tevékenység elhanyagolásából. A nemzetközi szabványosítási értekezleteken döbbent rá arra, hogy a konkurrens külföldi cégek milyen sok kárt okozhatnak iparunknak, sőt esetenként a többi szocialista országnak is, ha érdekeinket nem védjük szabványokkal is következetesen. Ettől a munkától sohasem sajnálta az időt és munkatársait is igyekezett minél nagyobb mértékben bevonni. Ő és vele együtt számos munkatársa is szakértőként rendszeresen és hosszú időn keresztül részt vettek a Magyar Szabványügyi Hivatal, valamint a Híradástechnikai és Elektronikai Szabványosítási Központ ágazati szabványosítási munkájában. E tekintetben különösen kiemelkedő a hangszórókkal, és hangsugárzókkal, mikrofonokkal és erősítőkkel kapcsolatos alapfogalmakra és vizsgálati eljárásokra vonatkozó szabványosítási tevékenysége. Minthogy az Elektroakusztikai Gyár termelési volumenének nagyobb részét a szocialista, illetve tőkés országokban értékesítette, *Huszty* nagy energiát fordított a nemzetközi szabványosítási tevékenységre is, különösen az IEC-ben folyó munkára. Vezetője volt az IEC TC 29 B magyar nemzeti bizottságnak, s 1965-től az IEC ülésein személyesen is részt vett.

Elmélyült elméleti tudása, nyelvismerete, jó előadó- és vitakészsége lehetővé tette, hogy a magyar elektroakusztikai ipart eredményesen képviselje a TC 29 „Electroacoustics" és TC 29 B „Audio Engineering" munkabizottságokban, valamint a WG 1 „Sound system loudspeakers", WG 9 „Listening Test" és WG 19 „Scales and sizes for plotting of frequency charakteristics" munkacsoportokban. Ezt a szerteágazó feladatkört szinte haláláig ellátta.

A szocialista országok hatékony szabvány érdekképviseletéért 1976-ban a Szovjetunió Állami Szabvány Bizottságától írásbeli elismerést és köszönetet kapott.

Tudományos munkássága

Huszty Dénes tudományos tevékenysége elválaszthatatlan mérnöki munkásságától. Abból meríti feladatait, oda táplálja vissza eredményeit. Ez nem jelenti azt, hogy megmaradt volna a közvetlen, napi mérnöki feladatok színvonalán, éppen ellenkezőleg, a mérnöki feladatból kiragadta az általános elméleti problémát és azt a legtöbb esetben nagy matematikai apparátussal, a teljesség igényével igyekezett megoldani. A feladat elméleti oldalának tisztázása után a technológia, az elektronikus szabályozás és a méréstechnika nyelvére lefordítva igyekezett megvalósítani a célkitűzést. A „megvalósítani" volt az a jelige, amely kereső-kutató figyelmét mindvégig vezérelte. Ennek rendelte alá tudományos tevékenységét és ez termékenyítette meg gazdag szabadalmi munkásságát. A mérleg: 50 tudományos dolgozat, 18 összefoglaló jellegű munka és 12 tudományos igényességű találmányi bejelentésből mintegy 100, túlnyomórészben külföldön, a vezető ipari államokban is elfogadott szabadalom.

Tudományos pályájának sajátos belső logikája van. Az első időszakban a hangsugárzás problémái, ezt követően az átvinni kívánt jel statisztikai tulajdonságai, majd a hallott jel szubjektív jellemzői és végül a teljes átviteli rendszer leírása foglalkoztatták. Publikációi amelyek — feltehetően nem teljes — listáját közöljük, eredményeinek, gondolatainak csak egy részét, minden bizonnyal a kisebbik részét tartalmazzák; néhány nagyobb lélegzetű munkájáról, amelyek szerencsétlen körülmények folytán befejezésre, közlésre nem kerültek, biztos tudomásunk van. Nem kapott nyilvánosságot egy-két olyan színvonalú munkahelyi jelentése sem, amelyek ezt feltétlenül megérdemelték volna. Korai halálával munkássága torzó maradt, befejezetlenül és befejezhetetlenül.

Tudományos munkásságának első témaköre a sugárzók elmélete. Először — egy egyesületi vitától indíttatva — a végtelen falban sugárzó merev körgyűrű sugárzási jellemzőinek matematikai leírását dolgozta ki, meghatározva a sugárzási impedanciát és közelítőleg az irányítási tényezőt [7, 10, 11]. Ezeket a jellemzőket ezt megelőzően csak egyszerűsített modell alapján tudták számolni. *Huszty* ebben a témakörben azt a matematikai eljárást követte, amelyet *Stenzel* a dugattyúmembrán sugárzására kidolgozott. Munkája a *Stenzel*-féle elméletet a körgyűrűre kiegészítette és azzal egybevág.

A hangsugárzás elméletében a gyakorlati alkalmazási lehetőségek foglalkoztatták. A hangszórók átviteli jelleggörbéje és a membrán felület sebességfüggvénye közötti kapcsolat kimutatását nagyon fontosnak tatotta, mivel így, mint feltételezte, a távoltérben mért térjellemzőkből a mozgó membránfelület sebességeloszlását lehetne meghatározni [12, 14, 18]. Vizsgálatainak eredményei bár nem feleltek meg a várakozásnak, elméletileg jelentősek; a térjellemzők és a sebességeloszlás között a kapcsolat nem egyértelmű. Ehhez a munkához készült az automatikus hangtér letapogató készüléke is, újszerű szabadalmazott formában [SZ6].

Tudományos tevékenységének fontos szakasza volt a vonalsugárzók megvalósíthatóságát elemző elméleti munkássága [21, 22, 23, 44, 45]. Elsőként mutatta ki többek között, hogy ha a vonal és körkontúrú sugárzó irányítási függvénye a valós tengelyen négyzetesen integrálható, exponenciális típusú, transzcendens egész függvény, akkor az irányítási függvény valós és képzetes része között a Hilbert transzformáció létesít kapcsolatot. A sugárzó kontúrjának és az irányítási függvény kapcsolatának vizsgálata alapján általánosságban igazolta azt a korábban csak esetileg, pl. a hangoszlopokra igazolt állítást, hogy a sugárzó kontúrja döntő befolyással van az irányítási függvényre. Ebből arra a korlátozó, de a sugárzók fejlesztésénél fontos megállapításra jutott, hogy adott sugárzó kontúr esetén nem valósítható meg tetszőleges irányítási függvény.

Ezt a munkát akárcsak a viszkoelasztikus rúdban terjedő hullámokkal foglalkozó dolgozatát a MTA Akusztikai Kutatócsoportnál kezdte el és lényegi részeit is itt dolgozta ki.

A viszkoelasztikus rúdban terjedő hullámok elméletének kibővítésére gyakorlati okokból, a membrán célra készülő papíranyagok vizsgálóberendezéseinek tervezése, valamint egy hanggátlófal közbenső csillapító rétegének méretezése érdekében volt szükség [SZ8]. E feladatok megoldása éppúgy, mint a légrésindukció

mérésére szolgáló automatikus eljárás kidolgozása [35, 42], valamint az áramlási ellenállást hét nagyságrendben mérő berendezés kialakítása [48, 49, 56] az Elektroakusztikai Gyárban szervezése alatt álló ipari akusztikai kutatólaboratórium felszerelését szolgálta. A könnyű kettősfalú hanggátlófal egy sokcélú hordozható akusztikai mérőhelyiség faleleme volt. Megoldása — 50 kpm^{-2} fajlagos súly és 48 dB átlagos hanggátlás — elméletileg is újdonságnak számított [64], [SZ8].

Huszty 1965—68-ig a Magyar Rádió Műszaki Fejlesztési Osztályának is vezetője volt. A rádiós tapasztalatok, valamint az a felismerés, hogy a ténylegesen átvinni kívánt jel tulajdonságainak ismerete nélkül az átalakítók továbbfejlesztése nem kellően megalapozott, voltak az ebben az időszakban elkezdett jelstatisztikai vizsgálatainak kiindulópontjai [51, 66]. A részletes tanulmányt („A rövid időre átlagolt műsorjel néhány statisztikai tulajdonsága, I., II.". Előzetes kutatási jelentés, BEAG, 1970. jún. és dec.) nem publikálta, részben terjedelmi okokból, részben azért, mert a témán tovább dolgozott; nagyobb lélegzetű munkát tervezett. E vizsgálatai során új eredményekre jutott a gyengén stacioner stochasztikus folyamatok elméletében is, és módszert dolgozott ki termeknek és hangosító rendszereknek a jelstatisztikán alapuló, közönség jelenlétében történő akusztikai vizsgálatára. Az eljárás lényege a direkt, és a terem vizsgált pontján észlelt műsorjel rögzítése és statisztikai jellemzőinek összehasonlítása [61]. A mérést a közönség nem észleli. A jelstatisztikai vizsgálatoknak kiegészítése és ellenpólusaként *Huszty* intenzíven foglalkozott az átviteli rendszerek objektív jellemzői és a szubjektív érzet közötti kapcsolatok felderítésével is. Exakt módon kimutatta, hogy ideális, a szó általános értelmében vett torzításmentes átvitel elvileg nem lehetséges [52]. Kimutatta továbbá, hogy ha az átviteli függvény abszolút értékének változása két kritikus sáv között 2,2 dB-nél kisebb, akkor ez a frekvenciamenetben jelentkező irregularitás szubjektíve nem észlelhető [43, 59, 61].

Huszty ipari tevékenységénél egyedülálló ipari eredményként bemutatott HEC 11 és HEC 12 stúdióellenőrző hangsugárzók kifejlesztése [54, 59, 60, 62] és a vonatkozó szabadalmak [SZ9—12] *Huszty* és munkatársai tudományos eredményein alapultak.

Az új stúdióellenőrző hangsugárzók irányjelleggörbéi a frekvenciától függetlenek maradtak abban a frekvenciasávban is, ahol a szokásos hangsugárzók irányítottsága a frekvencia növekedésével fokozódik [53]. Az elvet összetett sugárzókra is sikerült kiterjeszteni [SZ10]. A hangsugárzók szubjektív értékelése a várakozásnak megfelelően kedvező volt. A hangsugárzókba beépített húlvezérlésvédő áramkör [63], SZ12] a jelstatisztikai vizsgálatokból kapott eredmények alapján született, a tangsugárzó a pillanatnyi 12—20 dB-es csúcsokat átviszi, de a tartós túlvezérlés ellen védett.

Huszty tudományos pályájának legnagyobb és legmerészebb, sajnos utolsó vállalkozása egy új rendszerelmélet alapjainak kidolgozása volt. A közel 400 oldalas munkában, amelyet kandidátusi disszertációnak szánt, azt a célt tűzte maga elé, hogy a fizikai realizálhatóság feltételeire, tehát olyan alapvető feltételekre, mint az energia-megmaradás, az okság, a fizikai mennyiségek végessége stb. alapozott rendszerelméletet hoz létre. A BME Híradástechnikai és Elektronikai Intézetében 1978. áprilisában tartott vita elismerte, hogy az értekezés reális és célszerű fizikai modellből indult ki, mely az elektroakusztika területén gyümölcsözően hasznosítható elméletet eredményez.

Értékelésként *dr. Tarnóczy Tamás* opponensi véleményéből idézünk. „A dolgozat monográfia éspedig csaknem teljes egészében eredeti vizsgálódási anyag. Még a rendszerelméletek kritikája is egyéni szellemi termék benne. Az elért eredmények részben matematikai természetűek. Amit azonban a megvalósítható rendszerek területén megfogalmaz, az már át van itatva fizikai problémák vonzataival. Végül, amit a „Megvalósítható rendszerek néhány tulajdonsága", az „Összekapcsolt rendszerek néhány tulajdonsága", valamint a „Fizikailag megvalósítható rendszerek" fejezetben foglal össze, az már fizika, sőt technikai valóság. Ilyen nagy terjedelem mellett nyilván fordulnak elő tévesen megfogalmazott határfeltételek, vagy helytelen kiterjesztések. Mindez azonban nem érinti az időszerű alapgondolatot és a vaskövetkezetességű metodikai egységet. Ebben a tekintetben a dolgozat még a tudományok doktora címért benyújtott értekezések között is példamutató." Élete utolsó hónapjaiban — újabb súlyos betegséggel megterhelve — az értekezésnek a kritikai észrevételek alapján történő felülvizsgálatával és átdolgozásával foglalkozott. Közben néhány munkatársának segítségével már féltő gonddal ápolta az új elmélet gyakorlati alkalmazásainak első zsenge hajtásait. Már nem sok hiányzott ahhoz, hogy az új méréstechnikai és számítástechnikai lehetőségek felhasználásával a gyakorlatban is új eredményeket mutasson fel az elektroakusztikai tervezésben és méréstechnikában.

Akik *Huszty Dénest* ismerték, tisztelték, elismerték, szerették, tudják, hogy személyét semmilyen visszaemlékezés sem pótolhatja. Amikor mégis arra vállalkoztunk, hogy pályájának fontosabb szakaszait megörökítsük, azért tettük, mert rendezni kívántuk azokat az emlékeket, amelyek a hazai és a nemzetközi szakmai kört személyéhez fűzték.

Mi akik személyétől még sokat vártunk, tárgyilagos értékelésére nyilván nem vállalkozhattunk. Ez az utókor feladata lesz. Azt azonban már most rögzíthetjük, hogy Ő volt az, aki az elektroakusztika sokak által lenézett, sőt fejlődésre alkalmatlannak tartott szakterületét a magyar gyárak számára iparilag és tudományos lehetőségek tekintetében is alaposan kiaknázhatónak ítélte. Ő volt az, aki ennek a szakterületnek a felvirágoztatására képes volt életét szánni, és a felismert lehetőségek megvalósításáért sokszor a nehezen legyűrhető objektív és szubjektív nehézségekkel is szembeszállva a végsőkig küzdeni.

Személyében ritka szerencsével találkozott a kiváló mérnök, az elmélyült tudós és az ipari haladásért felelős értelmiségi.

PUBLIKÁCIÓK:

[1] Indukciós melegítő a hangszórógyártásban, Magyar Híradástechnika. II. évf. (1961) 24.
[2] Dinamikus hangszórók tömeggyártása, Rádiótechnika, 1953. ápr.
[3] Korszerű kemény mágneses anyagok, mágneskörök méretezése, Magyar Híradástechnika, VI. évf. (1955) 53—60.
[4] A közvetlen sugárzó dinamikus hangszóró elmélete és tervezése, Magyar Híradástechnika, VI. évf. (1955) 124—128, 137—143.
[5] Új hazai dinamikus hangszórók, Kép- és Hangtechnika, I. évf. (1955) 97—102.
[6] Az élethű hangátvitel műszaki kérdései, Rádiótechnika, 1955. okt.—no., 1956. jan.
[7] A végtelen falban sugárzó merev körgyűrű, Magyar Fizikai Folyóirat, 4. évf. (1956) 309—327.
[8] A hangszórók minősítési adatairól, Kép- és Hangtechnika, III. évf. (1957) 131—133.
[9] Hangszórók, Kép- és Hangtechnika, IV. évf. (1958) 89—92, 125—128, 152—153.
[10] Über den in einer unendlichen Wand strahlenden starren Kreisring. Acta Technica Hung. Tom. 25. (1959) 119—157.
[11] A végtelen falban sugárzó merev körgyűrű, Magyar Híradástechnika, X. évf. (1959) 130—137.
[12] Adalék a hangsugárzás elméletéhez, Magyar Híradástechnika, XI. évf. (1960) 6—9.
[13] Az alkalmazott akusztika egy megoldatlan problémájáról, Kép- és Hangtechnika, V. évf. (1960) 17—19.
[14] Ein Beitrag zur Theorie der Schallstrahlung, Proc. III. d. Int. Congress on Acoustics, Elsevier, Amsterdam (1961) 693—696.
[15] Mérőberendezés kemény ferritek mágneses tulajdonságainak meghatározására, Magyar Híradástechnika, XII. évf. (1961) 94—101.

[16] Újabb hazai dinamikus hangszórók, Kép- és Hangtechnika, VIII. évf. (1962) 40—43, 84—85.
[17] Korszerű, közvetlensugárzó dinamikus hangszórók tervezésének és kivitelezésének néhány szempontja, Magyar Híradástechnika, XIII. évf. (1962) 90—100.
[18] Neuere Beiträge zur Theorie der Schallstrahlung. IVth Int. Congress on Acoustics, Copenhagen, (1962) 051.
[19] Az elektroakusztika alapjai c. könyvben (Valkó I. P., Akadémiai Kiadó, 1963. Budapest) a 214—247 oldalig terjedő rész.
[20] A bolgár elektroakusztikai ipar fejlődése, Kép- és Hangtechnika, IX. évf. (1963) 89—90.
[21] Die physikalische Realisierkeit des Linienstrahlers. III. Akustische Konferenz, Budapest. (1964) 136—141.
[22] Die Ermittlung der Geschwindigkeitsfunktion des physikalisch realisierbaren Linienstrahlers. III. Akustische Konferenz, Budapest. (1964) 142—147.
[23] Die technische Realisierbarkeit des Linienstrahlers. III. Akustische Konferenz, Budapest. (1964) 148—153.
[24] Az OIRT Technikai Bizottságának prágai Konferenciája, Híradástechnika, XV. évf. (1964) 314—317.
[25] Megjegyzések a nemlineáris torzítás kérdéséhez, Kép- és Hangtechnika, X. évf. (1964) 43—44.
[26] A hangszórók nemlineáris torzításának irányjelleggörbéje. Társszerzők: Penkov, G., Waltschew, I., Kép- és Hangtechnika, X. évf. (1964) 103—109, 118.
[27] A hangszórók nemlineáris torzítását eredményező felharmonikusok irányjelleggörbéjéről. Társszerzők: Penkov, G., Waltschew, I., Kép- és Hangtechnika, X. évf. (1964) 128—134.
[28] Die nichtlineare Verzerrungsrichtcharakteristik der Lautschprechers. Társszerzők: Penkov, G., Waltschew, I., III. Akustische Konferenz, Budapest, 1964. 154—159.
[29] Über die Richtcharakteristik der die nichtlineare Verzerrung bewirkenden Oberwellen des Lautsprechers. Társszerzők: Penkov, G., Waltschew, I., III. Akustische Konferenz, Budapest (1964) 160—165.
[30] Die nichtlineare Verzerrungsrichtcharakteristik des Lautsprechers. Társszerzők: Penkov, G., Waltschew I. Acustica, Vol. 15 (1965) 151—156.
[31] Über die Richtcharakteristik der die nichtlineare Verzerrung bewirkenden Oberwellen des Lautsprechers. Társszerzők: Penkov, G., Waltschew, I. Acustica, Vol 15. (1965) 157—163.
[32] Elektroakusztikai Konferencia Berlinben. Híradástechnika, XVI. évf. (1965) 92—93.
[33] Über das Minimum der Güte und des Supergewinns eines Linienstrachlers. 5° Congress International d'Acoustique, Liége, (1965) 12—22.
[34] V. Nemzetközi Akusztikai Kongresszus, Híradástechnika, XVI. évf. (1965) 366—367.
[35] Elektrodinamikus hangátalakítók légrésindukció- és elektromechanikai erőfüggvények mérése, Kép- és Hangtechnika, XI. évf. (1965) 1—11.
[36] Beszámoló a varsói Akusztikai Konferenciáról, Kép- és Hangtechnika, XI. évf. (1965) 26—27.
[37] A hangsugárzók és a hangszórók várható fejlődési irányairól, Kép- és Hangtechnika, XI. évf. (1965) 33—38.
[38] Látogatás két keletnémet kutatóintézetben, Kép- és Hangtechnika, XI. évf. (1965) 52—54.
[39] Hullámterjedés viszkoelasztikus rúdban, Kép- és Hangtechnika, XI. évf. (1965) 65—72.
[40] Über die Wellenfortpflanzung in viscoelastichen Stäben. Proc. of the Conference on Acoustics of Solid Media, Nadbitka, Pantstwowe Wydawnictwo Neukowe. Warsaw, (1966) 57—66.
[41] Über die Wellenfortpflanzung in viskoelastischen Stäben. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik Bd. 75 (1966) 124—128.
[42] Eine Methode zur Messung der Luftspaltinduktionsfunktion und der Kraftfunktion von elektrodynamischen Schallwandlern. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik Bd. 76 (1967) 37—42.
[43] Die zulässige Ungleichmässigkeit des Frequenzganges einer Übertragungskette. 4th Conference Acoustics, Budapest (1967) 18 A. 11.
[44] On the physical realizability of a line radiator with an a.e. positive excitation function. The 6th International Congress on Acoustics, Tokyo, Japan, 1968.
Az előadás a kongresszusi kiadványban nem jelent meg.
[45] Über die physikalische Realisierbarkeit eines Linienstrahlers von fast überall positiver Erregungsfunktion. 7. Akustická Konferencia Elektroakustické Menicse A Ich Meracia Metody. Dom Techniky SVTS Bratislava, (1968) 44—48.
[46] Beszámoló a VI. Nemzetközi Akusztikai Kongresszusról. Kép- és Hangtechnika, XV. évf. (1969) 75—78.
[47] Látogatás a Svéd Rádióban. Kép- és Hangtechnika, XV. évf. (1969) 127—128.
[48] Einrichtung zur Strömungswiederstandmessung von Schallabsorptionsmaterialien. La III-eme Conférence sur la lutte contre le bruit el les vibrations, Bucuresti (1969). Társszerzők: Illényi A., Vass J.
[49] Berendezés porózus és szálas anyagok áramlási ellenállásának mérésére. Társszerzők: Illényi A., Vass J. Kép- és Hangtechnika, XV. évf. (1969) 177—181.
[50] Diódás szabályozó áramkörök harmonikus torzítása. Híradástecihnika, XX. évf. (1969) 342—345.
[51] Interpretation, Signal Statistics and Freedom of Artistic Expression. 9th Acoustics Conference (Physiological Acoustics and Psychoacoustics) Dom Techniky SVTS Bratislava, (1971) 64—67.
[52] The Response of the Electroacoustical Chain and the Subjective Sensation. 7th Int. Congress on Acoustics, Budapest, (1971) 26 G2, 169—184.
[53] Ein Strahler mit Frequenzunabhängiger Richtcharakteristik. Társszerző: Illényi A. 7th Int. Congress on Acoustics, Budapest (1971) 21 E7. 405—408.
[54] Some Problems of the Studió Monitoring Loudspeakers. Társszerzők: Illényi A., Magos H., Szele T. 7th Int. Congress on Acoustics, Budapest, (1971) 23 E9. 445—448.
[55] Az EAG és a VII. Nemzetközi Akusztikai Kongresszus. Kép- és Hangtechnika, XVIII. évf. (1972) 43—48.
[56] Equipment for measuring the flow-resistance of porous and fibrous materials. Társszerzők: Illényi A., Vass J. Applied Acoustics, 5 (1972) 1, 1—14 p.
[57] Egy elektroakusztikai kiállítás tapasztalatai. Kép- és Hangtechnika, XVIII. évf. (1972) 69—72.
[58] Gondolatok a „Hi-Fi" fogalmáról. Kép- és Hangtechnika, XVIII. évf. (1972) 169—173.
[59] Monitoring and Listening as a System-Theoretical Problem. 5th Conference on Acoustics, April 10—14. (1973) Budapest.
[60] A New Equalizing Circuit. Társszerző: Szabados K. 5th Conference on Acoustics, April 10—14, (1973) Budapest.
[61] Sound Radiator Tests in a Room Under Working Conditions. Társszerzők: Illényi A., Seszták E. 5th Conference on Acoustics, April 10—14, (1973) Budapest.
[62] On the Realisation of Practical Requirements of Stúdio Monitoring Loudspeakers. Társszerzők: Magos H., Illényi A., Szabados K. 5th Conference on Acoustics, April 10—14, (1973) Budapest.
[63] Overload-Protection Circuit for High Power Sound Radiators. Társszerző: Seszták E. 5th Conference on Acoustics, April 10—14 (1973) Budapest.
[64] Leichte schalldämmende Doppelwand. Társszerző: Illényi A. No. 5. 3. 2nd Conference on Noise Abatement, Mai 6—10, 1974, Budapest.

[65] Studió ellenőrző hangsugárzók gyakorlati követelményeinek megvalósítása. Társzerzők: Balogh G.-né, Illényi A., Szabados K. Kép- és Hangtechnika 22 (1976) 39—43.
[66] Long-Time Spectra of the Radio Broadcast Programme Signal. 53rd Audio Engineering Society, Inc. Convetion, 1976 Zürich. Az előadás nyomtatásban nem jelent meg.
[67] On the Decision of the Minimum-Phase Property in the Time-Domain. Csehszlovák Akusztikai Konferencia, 1978. Az előadás a konferencia kiadványában nem jelent meg.
[68] A rendszerek minimum fázisú tulajdonságairól az idő tartományban. Kép- és Hangtechnika 25 (1979)

SZABADALMAK

[SZ1] Eljárás mágneskör kengyelének kialakítására (1955) 1555 sz. szerz. tanusítvány. Társszerzők: *Blum T., Lun K., Pajer L.*
[SZ2] Széles hangsávú hangszóró (1958) Szab. sz. 147.243
[SZ3] Mágneses hangszóró (1958). Szabsz. 146.885. Szabadalmat nyert 14 országban.
[SZ4] Eljárás oxid alapanyagú anizotróp BaFe permanens mágnesek előállítására (1958). Szab. sz. 148.045 Társszerzők: *Papp I., Kerpely K., Kerkay A.-né* Szabadalmat nyert 11 országban.
[SZ5] Mechanikai keresztezésű széles hangsávú hangszóró (1959). Szab. sz. 149.274. Szabadalmat nyert 12 országban.
[SZ6] Eljárás és mérőberendezés stacioner és kvázistacioner terek, különösen hangterek önműködő regisztrálására (1961). Szab. sz. 151. 139.
[SZ7] Eljárás és berendezés kemény mágnesanyagok, (különösen BaFe minőségű) üzemszerű, automatikus mérésére, valamint csomagolására (1961). Szab. sz. 152.367. Társszerzők: *Antal L., Bödő Z. Gaál D., Pesti I.*
[SZ8] Kettősfalú könnyű hanggátló fal (1968). Szab. sz. 165.514. Társszerzők: *Illényi A., Varga A.* Szabadalmat nyert 10 országban.
[SZ9] Hangsugárzó (1969). Szab. sz. 159.124. Társszerző: *Illényi A.* Szabadalmat nyert 18 országban.
[SZ10] Hangsugárzó rendszer (1971). Szab. sz. 163.253. Társszerzők: *Illényi A., Magos G.-né, Szabados K.* Szabadalmat nyert 11 országban.
[SZ11] Hangszínszabályozó áramkör (1972). Szab. sz. 341.581. Társszerző: *Szabados K.* Szabadalmat nyert 8 országban.
[SZ12] Túlterhelés-védő és kijelző áramkör (1972). Szab.sz. 164.736. Társszerző: *Seszták E.* Szabadalmat nyert 8 országban.

A Kép- és Hangtechnika jelen célszámát az év elején elhunyt *Huszty Dénes* emlékének szenteljük. Közös megemlékezéssel megpróbáljuk *Huszty Dénest* úgy visszaidézni, ahogy emlékünkben él. Fölsoroljuk szakmai, tudományos, társadalmi tevékenységének főbb állomásait és ezzel tulajdonképpen a magyar elektroakusztika utolsó 30 évének egyik fontos része is nyilvánosságot kap.

Éppen ennek a szoros kapcsolatnak a jegyében született az akusztikai szakosztály tagjaiban ennek a célszámnak a gondolata. Nevezetesen a 7. budapesti akusztikai kollokvium elektroakusztikai témakörében előadott magyar dolgozatok egy részét *Huszty Dénesre* emlékezve magyar nyelven is megjelentetik. Ezek az előadások valóban sok tekintetben *Huszty Dénes* úttörő munkásságát, ötleteit, megkezdett munkáit és szemléletet formáló tevékenységét tükrözik. Munkássága nélkül a tavaszi akusztikai kollokvium elektroakusztikai szekciója nem lett volna olyan gazdag magyar előadásokban, mint amilyen volt. Sajnos ezt a sikert sem érhette meg, és az űrt, amit maga után hagyott mindenki érezte.

Huszty Dénes életének utolsó három évében a lineáris rendszerek elméletével foglalkozott, elsősorban az akusztikai rendszereknél fölmerült és a nem megnyugtatóan rendezhető kérdések miatt. Munkájának egyik érdekes részletét 1978. október 5-én a csehszlovák akusztikai konferencián adta elő. A hallgatóság sajnálkozására az előadás írásban nem jelent meg. A rendelkezésre álló vázlatok alapján a rekonstruált anyagot jelen célszámunkban cikk formájában közöljük. Olvasóink elnézését kérjük, hogy az nem lehet olyan mintha a szerző maga rendezte volna sajtó alá.

A rendszerek minimum-fázisú tulajdonságának időtartománybeli eldöntéséről*

HUSZTY DÉNES

ELEKTROAKUSZTIKAI GYÁR

Huszty Dénes poszthumusz dolgozata annak a rendszerelméleti kérdéscsoportnak a kiindulási elveit foglalja össze, amelyek a szerzőt az utóbbi négy évben foglalkoztatták. Ennek során az elektroakusztikai átviteli lánc alapvető tulajdonságaira építve, olyan rendszerelmélet létrehozására törekedett, amely a rendszerek minden körülmények között létező valóságos jellemzőire épül. Az új elmélet magába foglalja mind a koncentrált elemes, mind az elosztott paraméterű rendszereket, és képet ad a végtelen nagy frekvencián mutatkozó viselkedésről. Jellemzője, hogy a valóságnak megfelelően olyan rendszerek leírásával foglalkozik, melyek a korlátos amplitúdójú, véges energiájú, valamint a véges teljesítményű bemeneti jeleket a kimeneten korlátos amplitúdójú, véges energiájú, és véges teljesítményű kimeneti jelekbe viszik át.

Az elmélet hatékonyságáról a minimum, illetve a nem minimumfázisú tulajdonság eldöntési kritériumainak bemutatásával és ezeknek egy gyakorlati példán való alkalmazásával nyerünk képet.

Előszó

Néhány évvel ezelőtt megkíséreltem az elektroakusztikai átvitel alapjainak matematikai leírását [1]. A munka során arra a következtetésre jutottam, hogy a jelenleg ismert rendszerelméletek bizonyos értelemben túl szűk, más értelemben túl tág kereteket jelentenek ahhoz, hogy az elektroakusztikai lánc alapvető tulajdonságait leíró elmélethez jussunk. Ezért egy olyan új rendszerelmélet létrehozására törekedtem, mely a rendszerek minden körülmények között létező, valóságos tulajdonságain alapul [2].

Annak érdekében, hogy ezen rendszerelmélet hatékonyságát jellemezzük, itt most csak egyetlen eredményt kívánok bemutatni. Azt fogjuk megvizsgálni, hogy mi módon lehet eldönteni egy rendszerről annak minimum vagy nem minimumfázisú tulajdonságát.

Az átviteli rendszernek minimum és nem minimumfázisú sajátságainak elméleti [3] és gyakorlati jelentősége közismert, ezért ennek részletezésétől itt most eltekintünk.

Az elmélet alapkövei

Jelen dolgozat alapjait részletesen [2] ismerteti. A jobb érthetőség érdekében azonban itt is szeretnénk az elmélet kiindulási alapjait fölsorolni, hogy világosabbá és érthetőbbé tegyük az itt felhasznált új rendszerelmélet létrehozásában követett gondolatmenetünket.

1. Az elektroakusztikai rendszereket nem tekinthetjük koncentrált elemekből felépített rendszereknek. Így a koncentrált elemekből felépített áramkörökre vonatkozó irodalomban publikált, számos kitűnő eredményt az elektroakusztikai lánc problémáinak mélyebb tisztázására csak korlátozottan alkalmazhatjuk, mivel ez a közelítés az elektroakusztikai gyakorlatban már viszonylag kis frekvencián csődöt mond. Azonos méretű akusztikai ill. elektromágneses hullámvezetőt feltételezve, az akusztikai hullámot vezető szilárd test az elektromágneses hullámot vezető rendszerhez képest kereken öt nagyságrenddel kisebb frekvencián lesz „összemérhető" a hullámhosszal; a gázokban terjedő hanghullámok esetében már kereken hat nagyságrendnyi eltérést találunk.

2. Az elektroakusztikai rendszerek nagy frekvenciasávot visznek át; az átfogás kereken kb. 10 oktáv. Így, ha az alsó határfrekvencián, mondjuk $f_A = 22{,}5$ Hz-en a tekintett, mondjuk $l = 1$ m legnagyobb kiterjedésű rendszer a hullámhosszhoz képest $l/\lambda_A = 1/15$ viszonylagos méretű, akkor ez a viszony $f_B = 22{,}5$ kHz-en már $l/\lambda_B = (1/15) \cdot 10^3$ lesz, tehát az átvitt sávban a rendszer a hullámhosszhoz képest értett méretviszonyai három nagyságrend arányában változnak. Ha egy elektromágneses hullámokat átvivő rendszer az f_B felső határfrekvenciáján ugyancsak $l/\lambda_B = (1/15) \cdot 10^3$ relatív méretű, akkor a levegőben terjedő hang- ill. elektromágneses terjedési sebességek között mutatkozó hat nagyságrendnyi eltérés következtében ez a relatív méretviszony $10r$-szor nagyobb frekvencián fog az elektromágneses hullámot vivő $f_{elB} = (C_{el}/C_{ak}) \cdot f_B \approx 20\,G_{Hz}$. Ezért azok a relatív méretekkel kapcsolatos nehézségek, amelyek az elektromágneses hullámokat feldolgozó rendszereknél csak nagyon nagy frekvencián mutatkoznak, az elektroakusztikai rendszereknél hat nagyságrenddel kisebb frekvenciánál is problémát okoznak.

3. Az elektromágneses rendszerek leírásánál a szerzők meghatározott elemkészletből indulnak ki. Az elektroakusztikai rendszereket nem tekinthetjük koncentrált elemekből felépítettnek; ugyanakkor pl. a 2. pontban mondottak alapján minden esetben figyelembe kell venni a rendszer három dimenziós kiterjedését, ellentétben az elektromágneses esettel, ahol az egydimenziós közelítés igen gyakran megengedett.

4. Az ismert, klasszikus jellegű rendszerelméleteknél a szerzők általában szoros kikötéseket alkalmaztak: feltették, hogy a rendszer átviteli függvénye, valamint a bemeneti pontra kapcsolt jel abszolút értéke négyzetével integrálható [4], [5]. Ez a rendszer és a vezérlőjel szempontjából nézve egyaránt indokolatlanul szigorú kikötés. Ugyanakkor szoros kikötés az is, ha csak azt kötjük meg, hogy a rendszer átviteli függvénye integrálható, míg a vezérlőjel korlátos [6], [7], [8]. Hasonlóképpen szigorú kikötés az, ha a rendszer súlyfüggvényéről feltesszük, hogy az az értelmezési tartományban majdnem mindenütt differenciálható [9]. Az újabb rendszerelméletek a disztribúció-elméleten alapulnak [10], [11]. Ez viszont — éppen rendkívüli általánossága miatt — olyan matematikai modelleket is megenged, amelynek

* A „17. csehszlovák akusztikai konferenciá"-n 1978. X. 4-én „On the Decision of the Minimum-Phase Property in the Time-Domain" címmel elhangzott előadás bővített szövege. A szerző jegyzetei alapján sajtó alá rendezte *Huszty Gábor* és *Illényi András*.

megfelelő viselkedésű rendszer — legalábbis az elektroakusztikában — nem képzelhető el.

5. A disztribúció-elmélet megengedi azt, hogy a rendszer válasza a vezérlőjel időben eltolt, arányos mása legyen; ez ellenkezik a tapasztalattal.

6.) Minden valóságos rendszer — mondjuk, ugrásfüggvénnyel vezérelve — bármely pillanatban véges energiát vesz fel, vagy ad le, s az energia pillanatértékének időegységre eső változása korlátos. Az ismert rendszerelméletek ezt nem veszik figyelembe.

7. Az ismert rendszerelméletek a passzivitásfogalmát szűken értelmezik: ha a rendszer átviteli függvényének valós része előjelet vált, a rendszert nem tekintik passzívnak [3], [4], [11], [12], [13]. Ilyen rendszer pl. a fül baziláris membránja [14], amit — a szokásos értelemben véve — aligha lehet aktívnak tekinteni.

Mindezek arra ösztönöztek, hogy megvizsgáljam miképpen lehetne egy olyan elméletet felvázolni, amely eleget tesz az alábbi követelményeknek:

a) Az elmélet fedje le mind a koncentrált elemes, mind az elosztott paraméterű rendszereket, alapvető tulajdonságaik szempontjából;
b) adjon helyes képet a rendszer végtelen nagy frekvencián mutatkozó viselkedéséről;
c) ne épüljön meghatározott alkatelem készletre;
d) a posztulátumok alapján kialakított elmélet eléggé tág legyen ahhoz, hogy a gyakorlatban ténylegesen kialakítható, valóságos rendszerek alapvető tulajdonságait visszatükrözze, ugyanakkor zárja ki a nyilvánvalóan megvalósíthatatlan eseteket;
e) a bemeneti pontra kapcsolt korlátos amplitúdójú jelet a kimeneti ponton korlátos amplitúdójúba, a véges energiájút véges energiájúba, a véges teljesítményűt pedig véges teljesítményűbe vigye át.

Definíciók, axiómák, tételek

Röviden bemutatjuk a rendszerelmélet néhány lényeges definícióját, axiómáját, majd néhány, a címben megjelölt tárgyhoz tartozó tételt.

1. *definíció*: A rendszer vezérlése (bemenőjele) megengedett vezérlés, ha az
1. korlátos amplitúdójú, vagy
2. korlátos energiájú, vagy
3. korlátos teljesítményű, vagy
4. sávkorlátos amplitúdó spektrumú.

2. *Definíció:* A rendszer válasza (kimenőjele) megengedett válasz, ha az a vezérlés legalább egy vonatkozásában korlátos.

A rendszerelmélet axiómái

Az S rendszert megvalósíthatónak nevezzük, ha eleget tesz a következő axiómáknak:

I. lineáris,
II. időben invariáns,
III. kauzális,
IV. korlátos,
V. egyértékű,
VI. szabályos,
VII. valós.

Az egyes axiómák az alábbiak szerint értelmezhetők:

I. A rendszer lineáris, ha abból, hogy a $\{c_k, k=1, 2\ldots\}$ valós vagy komplex állandókkal $z(t)=\sum_k c_k \cdot z_k(t)$ következik, hogy $Z(t)=\sum_k c_k \cdot Z_k(t)$, ahol $Z_k(t)$ a $z_k(t)$, a t időtől függő vezérlés hatására keletkező idő függő válasz.

II. A rendszer időben invariáns, ha abból, hogy valamely $t_0 \in (-\infty, \infty)$ esetén $z(t')=z(t+t_0)$ következik, hogy $Z\cdot(t')=Z(t+t_0)$.

III. A rendszer kauzális, ha abból, hogy bármely $t \leq T$-re majdnem mindenütt (m. m.) $z_1(t)-z_2(t)=0$ következik, hogy bármely $t \leq T$-re $m.m. Z_1(t)-Z_2(t)=0$.

IV. A rendszer korlátos, ha abból, hogy $z(t)$ megengedett vezérlés, következik, hogy $Z(t)$ megengedett válasz.

V. A rendszer egyértékű, ha bármely $z(t)$ megengedett vezérléshez egyetlen $Z(t)$ megengedett válasz tartozik.

VI. A rendszer akkor szabályos, ha $z(t)$ megengedett vezérlés esetén a $Z(t)=A\cdot z(t-a)$ nem megengedett válasz, ahol $|A| \in (0, \infty)$ és $a \in (0, \infty)$.

VII. A rendszer valós, ha a $z(t)$ megengedett valós vezérlésre adott $Z(t)$ megengedett válasz is valós.

A következő 1. és 2. tétel a rendszerelmélet két igen lényeges alaptétele. Segítségükkel lehet vizsgált rendszereink osztályait a megvalósíthatóság szempontjából meghatározni. Bizonyításukra itt nem térünk ki.

1. tétel (időtartomány): „Az S rendszer akkor és csak akkor megvalósítható, ha létezik egy olyan $h(t)$ valós függvény (súlyfüggvény), melyre $h(t) \in C_t^0(0, \infty) \cap L_t(0, \infty)$, ahol C_t^0 a korlátos és folytonos, L_t pedig a LEBESGUE integrálható függvények osztályát jelöli. A $h(t)$ segítségével a $z(t)$ megengedett vezérlésre adott $Z(t)$ válasz a következők szerint fejezhető ki:

$$Z(t)=\int_{-\infty}^{t} h(t-\tau)\cdot z(\tau)\,d\tau,$$

ahol $t \in (-\infty, T)$, $T \in (-\infty, \infty)$".

3. *definíció:* A $H(\sigma)$, $(\sigma=\gamma+j\omega)$ függvényekből álló F^0 halmaz az alábbi tulajdonságokkal rendelkezik:

a) A $H(\sigma)$ analitikus, ha $\gamma \cap (0, \infty)$;

b) $H(j\omega) \in C_\omega^0(-\infty, \infty) \cap L_\omega^2(-\infty, \infty)$;

c) $Re\, H(j\omega) \in L_\omega(-\infty, \infty)$;

d) $H(\gamma+jO)$ valós.

Az eddig említetteken túl L_ω^2 az $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ tartományban a négyzetesen LEBESGUE-integrálható függvények osztályát jelöli.

2. tétel (frekvencia tartomány): „Az S rendszer akkor és csak akkor megvalósítható, ha létezik egy olyan $H(\delta)$ függvény (komplex átviteli függvény) melyre:

$$H(\sigma) \in F_\gamma^0.$$

Az F_γ^0 halmaz minden $H(\sigma)$, $\sigma = \gamma + j\omega$ függvénye az alábbiak szerint fejezhető ki:

$$H(\sigma) = \int_0^\infty e^{-\sigma t} \cdot h(t)\, dt,$$

ahol $h(t) \in C_t^0\,(0, \infty) \cap L_t(0, \infty)$.

Jelen transzformáció inverze is érvényes."

4. definíció: Az S rendszert akkor nevezzük minimumfázisúnak, ha $\gamma \in (0, \infty)$ esetén $|H(\sigma)| > 0$.

3. tétel: „Az S megvalósítható rendszer akkor és csak akkor minimumfázisú, ha

$$|H(\gamma + jo)| > 0,\ \gamma \in (0, \infty) \text{ esetén."}$$

Ha a megvalósítható S rendszer nem minimumfázisú, akkor a komplex jobb félsíkon, legfeljebb a γ tengelyt kivéve nincsenek zérusok.

5. definíció: Az ún. iterált súlyfüggvényt az alábbi egyenletekkel definiáljuk:

$$(0)h(t) = h(t),$$

$$(n)h(t) =$$

$$= \int_0^{t_n} dt_{n-1} \cdot \int_0^{t_{n-1}} dt_{n-2} \cdots \int_0^{t_2} dt_1 \cdot \int_0^{t_1} h(\tau)\, d\tau,$$

ahol $n \in (1, \infty)$, egész.

Az iterált súlyfüggvényekre érvényes a következő

4. tétel: „Ha $H(\sigma) \in F_\gamma^0$ akkor minden $\gamma \in (0, \infty)$ és minden $n \in [0, \infty)$ egész esetén

$$H(\sigma) = \sigma^n \cdot \int_0^\infty e^{-\sigma t} \cdot {}_{(n)}h(t)\, dt."$$

A rendszerek minimumfázisú tulajdonságainak időtartománybeli eldöntésére alkalmas a következő

5. Tétel: „Ahhoz, hogy valamely megvalósítható S rendszer minimumfázisú legyen, szükséges és elégséges, hogy létezzék egy olyan $n \in (0, \infty)$ egész szám, melyre minden $t \in (0, \infty)$ esetén $|{}_{(n)}h(t)| > 0$."

Az 5. Tétellel kapcsolatban megjegyezzük, hogy minden $n \in (1, \infty)$ egész szám esetén

$${}_{(0)}h(t) = h(t) \ldots {}_{(n)}h(t) =$$

$$= \frac{t^{n-1}}{(n-1)!} \cdot \int_0^t \left(1 - \frac{\tau}{t}\right)^{n-1} \cdot h(\tau)\, d\tau.$$

A fenti tételek bizonyítását más részletekkel együtt [2] tartalmazza.

A minimumfázisú tulajdonság eldöntése

A fent vázolt tételek segítségével a minimumfázisú tulajdonság időtartománybeli eldöntését két példán kívánjuk bemutatni.

1. példa: egy *megvalósítható minimumfázisú rendszer.* Legyen súlyfüggvényünk az alábbi:

$$h(t) = \begin{cases} 0, & \text{ha } t \in (-\infty, 0) \\ e^{-\alpha t} \cdot \cos(\beta t + \Theta), & \text{egyébként} \end{cases}$$

ahol $\alpha \in (0, \infty)$, $\beta \in (-\infty, \infty)$ és $\Theta = \operatorname{arctg} \dfrac{\alpha}{\beta}$.

Belátható, hogy ez esetben (2. tétel)

$$H(\sigma) = \beta \cdot \sigma \cdot [(\sigma + \alpha)^2 + \beta^2]^{-1}.$$

Láthatjuk, hogy $H(\sigma) = 0$ akkor és csak akkor, ha $\sigma = 0$. Ezért $|H(\gamma + j0)| > 0$, ha $\gamma \in (0, \infty)$, tehát a rendszer minimum-fázisú.

Használjuk most az időtartománybeli kritériumot megadó 5. tételt. Fentiekből következik, hogy

$${}_{(0)}h(t) = h(t) = 0, \text{ ha } t = [(2k+1) \cdot (\pi/2 - \Theta)] \cdot \beta^{-1},$$

ahol $k \in [0, \infty)$, egész. Esetünkben ez azt jelenti, hogy a gyökök száma megszámlálhatóan végtelen. Vizsgáljuk most az ${}_{(1)}h(t)$ függvényt:

$${}_{(1)}h(t) = \int_0^t h(\tau)\, d\tau = \begin{cases} 0, & \text{ha } t \in (-\infty, 0) \\ e^{-\alpha t} \cdot \sin(\beta t), & \text{ha } t > 0 \end{cases},$$

és ${}_{(1)}h(t) = 0$, ha $t = k \cdot \pi \cdot \beta^{-1}$, ahol $k = [0, \infty)$.

Láthatóan $t \in (0, \infty)$ esetén

$$|{}_{(1)}h(t)| > 0.$$

Nézzük ezután a második iterált súlyfüggvényt:

$${}_{(2)}h(t) = \int_0^t {}_{(1)}h(\tau)\, d\tau =$$

$$= (\alpha^2 + \beta^2)^{-1} \cdot [\beta - e^{-\alpha t} \cdot \cos(\beta t - \Theta)].$$

Ha $|\beta| \in (1, \infty)$, akkor a $t \in (0, \infty)$ intervallumban nincsenek gyökök.

A $|\beta| \leq 1$ esetében a

$$\beta = e^{-t\alpha} \cdot \cos(\beta t - \Theta)$$

egyenletet kell megoldanunk. Az itt felmerülő nehézségeket egy másik iteráció felhasználásával kerülhetjük el.

Használjuk ugyanis ${}_{(2)}h(t)$-re az integrálszámítás első középértéktételét.

Ha $\mu = \mu(t) \in (0, t)$ akkor azt írhatjuk, hogy

$${}_{(2)}h(t) = \int_0^t e^{-\alpha\tau} \cdot \sin(\beta\tau)\, d\tau =$$

$$= e^{-\alpha\mu(t)} \cdot \int_0^t \sin(\beta\tau)\, d\tau =$$

$$= 2 \cdot \beta^{-1} \cdot e^{-\alpha\mu(t)} \cdot \sin^2\left(\frac{\beta t}{2}\right).$$

Vizsgáljuk most a harmadik iterált súlyfüggvényt. Ha integrálszámítás első középérték tételét alkalmazzuk, akkor az alábbi összefüggést írhatjuk ${}_{(3)}h(t)$-re:

$$ {}_{(3)}h(t) = \int_0^t {}_{(2)}h(\tau)\,\mathrm{d}\tau = $$

$$ = \frac{2}{\beta}\int_0^t e^{-\alpha\mu(\tau)}\cdot\sin^2\left(\frac{\beta\tau}{2}\right)\mathrm{d}\tau > $$

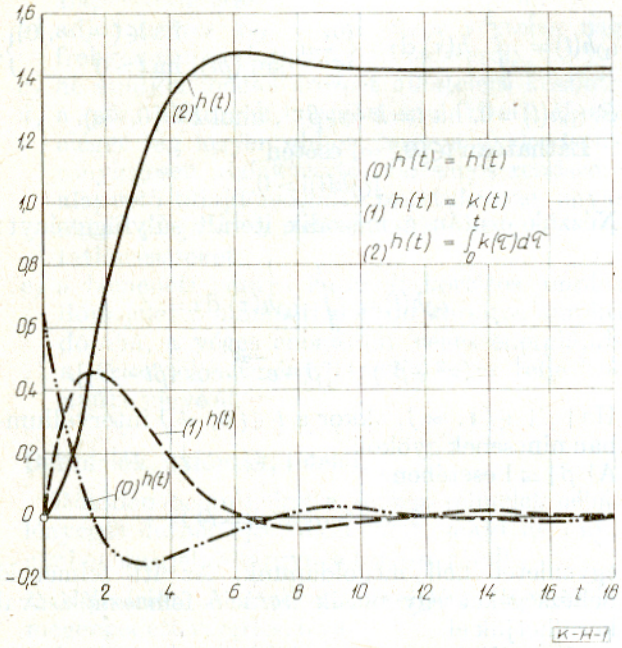
$$ > \frac{2}{\beta}\inf_{\tau\in(0,\,t)} e^{-\alpha\mu(\tau)}\int_0^t \sin^2\left(\frac{\beta\tau}{2}\right)\mathrm{d}\tau \geq $$

$$ \geq \frac{e^{-\alpha t}}{\beta}\cdot t\cdot\left[1-\frac{\sin\beta t}{\beta t}\right], $$

amiből már következik, hogy

$$ |{}_{(3)}h(t)| > 0, \quad \text{ha} \quad t\in(0,\,\infty), $$

vagyis az S rendszer minimumfázisú, mivel $n=3$ esetben találtunk olyan ${}_{(n)}h(t)$ iterált súlyfüggvényt, melynek abszolútértéke nullánál nagyobb.



1. ábra Az 1. példa interált súlyfüggvényei:

$$ h(t) = \begin{cases} 0 & ,\text{ha } t\in(-\infty,0) \\ e^{-\alpha t}\cos(\beta t+\Theta), & \text{egyébként} \end{cases}; $$

$$ \alpha=\beta=0{,}5;\ \Theta=\operatorname{arctg}\alpha/\beta; $$
$$ H(\sigma)=\beta\cdot\sigma\cdot[(\sigma+\alpha)^2+\beta^2]^{-1}. $$

Az 1. ábrán $\alpha=\beta=0{,}5$ esetére megrajzoltuk a ${}_{(0)}h(t)$, ${}_{(1)}h(t)$ és ${}_{(2)}h(t)$ iterált súlyfüggvényeket. Az iterált súlyfüggvények értékeit EMG-666 típusú kalkulátorral, numerikus integrálás (trapéz-szabály) segítségével számítottuk ki. Az ábrából kitűnik, hogy már ${}_{(2)}h(t)$-re is teljesül a minimumfázisú kritérium, ezt azonban numerikus integrálás nélkül, a ${}_{(2)}h(t)$ egyenletéből nem lehetett belátni.

2. példa: egy *megvalósítható nem minimumfázisú rendszer.*

$H(\sigma)\in F_\gamma^0$ függvényünk legyen az alábbi:

$$ H(\sigma)=(\beta\cdot\sigma-\mathrm{b})\cdot[(\sigma+\alpha)^2+\beta^2]^{-1}, $$

ahol $\{\alpha,|\beta|,|\mathrm{b}|\}\in(0,\infty)$.

Belátható, hogy $H(\sigma)=0$ akkor, és csak akkor, ha $\gamma=\dfrac{\mathrm{b}}{\beta}$ és $\omega=0$.

(Megjegyzés: $\sigma=\gamma+j\omega$.)

Ezért az S rendszer akkor és csak akkor minimumfázisú, ha sign $\mathrm{b}=-$sign β illetve akkor és csak akkor nem minimumfázisú, ha sign $\mathrm{b}=$sign β. Most vizsgált rendszerünk súlyfüggvényét az 1. példa súlyfüggvényének segítségével az alábbiak szerint fejezhetjük ki:

$$ h(t)=h_1(t)+h_2(t), $$

ahol

$$ h_1(t)={}_{(0)}h_1(t)=\begin{cases} 0, & \text{ha } t\in(-\infty,\,0) \\ e^{-\alpha t}\cdot\cos(\beta t-\Theta), & \text{ha } t\in(0,\,\infty) \end{cases}. $$

ahol $\{\alpha,|\beta|\}\in(0,\infty)$ és $\Theta=\operatorname{arctg}\dfrac{\alpha}{\beta}$,

illetve

$$ h_2(t)=-\lambda\cdot{}_{(1)}h_1(t)= $$
$$ =-\frac{\mathrm{b}}{\beta}\cdot\begin{cases} 0, & \text{ha } t\in(-\infty,\,0) \\ e^{-\alpha t}\cdot\sin(\beta t), & \text{ha } t\in(0,\,\infty) \end{cases}, $$

ahol $\{\alpha,|\beta|\}\in(0,\infty)$.

Tehát azt is írhatjuk, hogy

$$ h(t)={}_{(0)}h(t)={}_{(0)}h_1(t)-\lambda\cdot{}_{(1)}h_1(t). $$

Ebből viszont az következik, hogy az n-edik iterált súlyfüggvény kifejezhető az alábbi alakban:

$$ {}_{(n)}h(t)={}_{(n)}h_1(t)-\lambda\cdot{}_{(n+1)}h_1(t), $$

ahol $n\in[0,\infty)$, egész.

Legyen most sign $\mathrm{b}=$sign β. Akkor, ha $\{|\beta|,|\mathrm{b}|\}\in(0,\infty)$, úgy $\lambda=\dfrac{\mathrm{b}}{\beta}\in(0,\infty)$.

Ha λ rögzített, úgy minden $n\in[0,\infty)$, egész esetén létezik egy olyan $t\in(0,\infty)$, melyre

$$ \lambda={}_{(n)}h_1(t)\cdot{}_{(n+1)}h_1(t), $$

ami viszont azt jelenti, hogy

$$ {}_{(n)}h(t)=0. $$

Ezért, ha sign $\mathrm{b}=$sign β, akkor az S megvalósítható rendszer nem minimumfázisú.

Legyen most sign $b=-$signβ. Akkor, ha $\{|\beta|,|b|\}\in(0,\infty)$,

úgy $-\lambda=-\dfrac{\mathrm{b}}{\beta}\in(0,\infty)$.

Belátható (lásd az 1. példát), hogy $m\in(n,\infty)$, $n=3$ esetén $|{}_{(m)}h_1(t)|>0$.

Ekkor viszont azt is tudjuk, hogy

$$ |{}_{(m)}h(t)|=|{}_{(m)}h_1(t)-\lambda\cdot{}_{(m+1)}h_1(t)|>0, $$

(ugyanis $\lambda<0$), ami azt jelenti, hogy ha

$$\text{sign } b = -\text{sign } \beta,$$

akkor az S megvalósítható rendszer minimumfázisú.

A súlyfüggvény, mint a valóságban létező rendszerek rendszerjellemzője általában különösebb nehézségek nélkül mérhető. A minimumfázisú tulajdonság vizsgálatának ismertetett módszere különösen előnyös abból a szempontból, hogy segítségével a súlyfüggvény alapján, tehát az időtartománybeli sajátság alapján egyszerűen számítógépesíthető matematikai művelettel, integrálással lehet a kérdést eldönteni. A bemutatott két példa igazolja a módszer hatékonyságát.

IRODALOM

[1] *D. Huszty:* The Response of the Electroacoustical Chain and the Subjective Sensation. Proc. of the VII-th Int. Congr. on Acoust. Budapest, 1971. General Paper. 26-G2.
[2] *Huszty D.:* Fizikailag megvalósítható rendszerek elméletének néhány problémája. Értekezés. Budapest, 1978. Kézirat.
[3] *Géher K.:* Lineáris hálózatok. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1972.
[4] *G. Raisbeck:* A Definition of Passive Linear Networks in Therms of Time and Energy. Journ. Appl. Phys. Vol. 25 (1954). pp. 1510—1514.
[5] *D. C. Youla, L. J. Castriota, H. J. Carlin:* Bounded Real Scattering Matrices and the Foundations of Linear Passive Theory. IRE Trans. on Circuit Theory CT-6 (1959). pp. 102—124.
[6] *Fodor Gy.:* Lineáris rendszerek analízise. Műszaki Könyvkiadó. Budapest, 1967.
[7] *G. Wunsch:* Moderne Systemtheorie. Akad. Verl. Leipzig, 1962.
[8] *D. Youla:* On the Stability of Linear Systems. IEEE Trans. on Circuit Theory. Vol. CT-10 (1963) pp. 276—279.
[9] *H. König, J. Meixner:* Lineare System und lineare Transformationen. Math. Nachrichten, Vol. 13 (1958). pp. 265—322.
[10] *V. Dolezal:* Dynamics of Linear Systems. Publishing House of the Czehoslovak Academy of Science. Prague, 1964.
[11] *Csurgai Á.:* A lineáris elosztott paraméterű hálózatok elméletének néhány problémája. Modellek—Analízis—Realizálhatóság. Értekezés. Budapest, 1971. Kézirat.
[12] *W. Cauer:* Theorie der linearen Wechelstromschaltungen. 2. Aufl. Akad. Verl. Berlin, 1954.
[13] *E. S. Kuch, R. A. Rohrer:* Theory of Linear Active Networks. Holden—Day Inc. San Francisco, 1967.
[14] *J. L. Flanagan:* Models for Approximating Basilar Membrane Displacement. Bell System Techn. Journ. Vol. 39 (1960). pp. 1163—1191.

Egyesületi élet

Az Optikai, Akusztikai és Filmtechnikai Egyesület zajcsökkentési szakosztálya, akusztikai szakosztálya, a Magyar Tudományos Akadémia akusztikai albizottsága — az International Institute of Noise Control Engineers (I/INCE) szervezet együttműködésével —

1980. április 21—25. között

Székesfehérvárott rendezi meg a Technikai Házában a

3. ZAJCSÖKKENTÉSI SZEMINÁRIUMOT

A szemináriumot támogatja az Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal. A rendezésben közreműködik az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület, a Gépipari Tudományos Egyesület és a Közlekedéstudományi Egyesület.

A szeminárium témakörei:

— a zajcsökkentés elmélete és gyakorlata
— zaj a környezetben és a munkahelyen
— zajmérés és értékelés
— épületek zajproblémái
— a zaj egészségügyi kérdései
— a zaj elleni védelem jogi és gazdasági vonatkozásai.

A szemináriumra új kísérleti és fejlesztési eredményeket tartalmazó, eddig még nem publikált előadást lehet benyújtani. A plenáris előadások időtartama 45 perc, a bejelentett előadásoké 15 perc.

Előadások tarthatók angol, magyar, német és orosz nyelven.

A szeminárium részvételi díja: egyesületi és jogitag vállalatok képviselőinek 2300,— Ft, egyéb jelentkezőknek 2400,— Ft.

A szemináriummal egyidejűleg a zajcsökkentés célját szolgáló anyagok, berendezések és műszerek bemutatására — kellő kiállítói érdeklődés esetén — szakmai bemutatót szervez a rendező bizottság.

A szemináriummal és a kiállítással kapcsolatban felvilágosítást ad az Optikai, Akusztikai és Filmtechnikai Egyesület titkársága Budapest VI., Anker köz 1. Tel.: 222-086.

Szerkesztő bizottság: Barna Tamás, Cech Vilmos, Dobrányi Géza, Heckenast Gábor, Hoffman Tamás, Illényi András, dr. Kalló Péter, Kiss István, Nemes Zoltán, dr. Pozsonyi Gábor, Sass Gábor, Szabó-Jilek Iván, Uzsoki Ferenc
A rajzokat készítette: Loósz Józsefné