

Barta István hozzájárulásai a műszaki akusztikához*

ETO 061.75 Barta István: 621.39 (061.75) Barta István

Barta István első nagyobb méretű kutatómunkája akusztikai témájú volt, a mikrofonok tranziens folyamatainak a vizsgálata. Ezt a kutatást egykori nagynevű professzora H. Backhaus meghívására a karlsruhei műszaki egyetem elméleti elektrotechnika és gyengeáramú technika tanszékén végezte doktori munkaként, 1933–34-ben.

Figyelemre méltó már a feladat kitűzése és indoklása is. „Csak a legutóbbi időkben jutott érvényre az a felismerés, hogy az akusztikában különös fontossága van a tranziens folyamatoknak”. — írja doktori értekezése első mondatában. És alább: „Korábban ezeket a tényeket teljesen elhanyagolták. Mindig csupán a mikrofonok frekvenciakarakterisztikáját igyekeztek javítani azzal, hogy mind szélesebb frekvenciatartomány átvitelére tegyék alkalmassá azokat.”

Backhaus vizsgálataira hivatkozva idézi a különféle hangok átmeneti folyamatainak időtartamát. Ezek szerint a hangszerek hangjának tranziensei nagyon jellemzőek, és ha ezeket nem jól adjuk vissza, akkor a hangszer hangját nem lehet világosan felismerni. A legrövidebb berezgési időket a trombitánál találta, kb. 20 ms-ot, a leghosszabbakat a fuvolánál és a hegedűnél, 120–200 ms-ot. Az emberi beszéd mássalhangzói eleve átmeneti jelenségek, ezek időtartama, 20–30 ms, tehát többnyire rövidebbek, mint a hangszereké. Ha ezeket nem adjuk elegendően hűen vissza, akkor a mássalhangzót nem lehet felismerni. A magánhangzók viszonylag tartósan periodikus hangok. Ezek felismerhetősége tehát nem a kezdeti vagy befejező átmeneti jelenségen múlik. A magánhangzók berezgési ideje nagyon rövid: 6 ms körüli időtartam.

Ezen adatokból Barta István levonta a következtetést, hogy az említett átmeneti jelenségek jó átviteléhez nyilván szükséges, hogy a mikrofon saját berezgési ideje jóval rövidebb legyen a fent megadott időknél, tehát ne legyen nagyobb, mint 1–3 ms.

Minden mikrofon első közelítésben egy egyszabadságfokú rezgőrendszer. Érdekes tehát megvizsgálni, hogy a fenti előírás milyen megkötést jelent ezen rezgőrendszer veszteségi tényezőjére (a jósági tényező reciprokára) nézve. A veszteségi tényező a szabadrezgés relatív energiavesztése radiánonként. Nagyobb frekvencián több radián jut egy időegységre, tehát változatlan veszteségi tényező mellett is a lecsengési idő rövidebb. Így az előírt 1–3 ms teljesíthető az ún. magas hangolású mikrofonoknál (pl. a kondenzátor mikrofonnál), ha a veszteségi tényező nagyságrendileg 0,1 (azaz 10-es jósági tényezővel), míg a kis frekvenciákon a mély hangolású mikrofonoknál (pl. a szalagmikrofonnál) 0,7-es jósági tényező is túl sok, el kell érni az aperiodikus határesetet jelentő 0,5-es jósági tényező értéket. (Nyilván ugyanez

érvényes bármilyen átviteli eszközre, pl. dinamikus hangszóróra is, amelynek az alsó sávhatárát — vagy a fentebbi esetben a felsőt — egy-egy rezonanciafrekvencia szabja meg.)

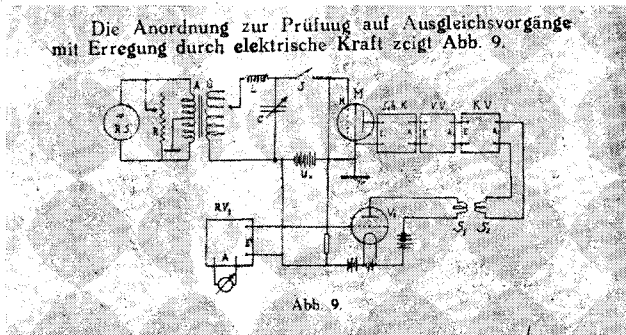
A jósági tényező egyben megadja az átviteli görbe alakját az adott rezonanciafrekvencia környezetében. Így csupán a berezgési követelmények alapján tekintve az átviteli sáv felső határán elég jelentős kiemelést is megengedhetünk, míg az alsó sávhatáron a max. laposságú átviteli görbénél (0,7-es jósági tényező) is jobban csillapított átvitel szükséges. Gondoljuk meg, hogy a szokásos szemlélettel — pusztán az átvitel abszolútértékét a frekvencia függvényében vizsgálva — nem lenne mód a fenti következtetések levonására. Hajlamosak lennénk (vagy vagyunk) pl. egyformán 2–2 dB helyi kiemelést megengedni az alsó és a felső frekvenciahatáron, pedig ez — mint láttuk — az alsó sávhatáron túlzottan sok, a felsőn pedig valamennyivel több is megengedhető.

Barta István az amplitúdó átvitel és a tranziens átvitel az átviteli lánc legnehezebben vizsgálható, elemén, a mikrofonokon vizsgálta. Főleg a kísérleti eredményei jelentették az indítást arra, hogy kidolgozza és megadja az amplitúdó és a tranziens átvitel közötti kapcsolatot az egyszabadságfokú rendszeren túlmenően a többszabadságfokú (csatolt) rezgőrendszerekre is. Az így kapott eredményeket egybevetette a különféle mikrofonokon végzett méréseivel.

Mindezek olyan korban történtek, amikor a mikrofonok tranzienseinek kísérleti vizsgálatához rendkívüli méréseszközök szükségesek voltak, és a különböző hálózatfüggvények közötti kapcsolatokról ismeret alig volt (pl. Bode jól ismert könyve csak tíz évvel később jelent meg).

A mikrofonok tranziensei mérésének egyik alapneheztsége az, hogy a hangforrás (a hangszóró) tranziens átvétele csaknem törvényszerűen lényegesen rosszabb, mint a mérendő mikrofoné. Ezért Barta István egy speciális gerjesztett mágneskörű óriás Blatthaller hangszórót alkalmazott a mérésekhez, három részre osztott alumíniummembránnal, összesen $56 \times 56 \text{ cm}^2$ membrán felülettel. Az ellenőrzéshez speciális rövid tranziensű mérőmikrofonra volt szükség. A laboratóriumban készült az e célra szolgáló kondenzátormikrofon is, $15 \mu\text{m}$ -es légréssel, négy különböző kísérleti ellenelektrodából kiválasztva a legalkalmasabbat. Továbbá Barta István tervezte és készítette a szükséges elektronikus áramköröket, beleértve a hanggenerátort és a különböző csóvoltmérőket is. (Alighanem ez volt az első iskola a későbbi nagy sikerű műszerprogramokhoz az Ericssonnál, az Egyesült Izzóban és az Orionban.) Külön feladat volt a műszerek hitelesítése. Pl. a hanggenerátor a frekvencia kalibrálásához hangvilla sorozat szolgáltatva a frekvencia normáliát. A jelalak felrajzolására gyári készítésű hurkos oszcillográf állott rendelkezésre, ezért ellenőrizni kellett ennek a tranziens-átvitelét is.

* Elhangzott 1979. június 11-én a HTE Barta István — emlékülésén.



Részlet Barta István disszertációjából

Gyakorlatilag az egyetlen elektronikai alkatrész a telepes, közvetlenfűtésű trióda volt, amint azt a disszertáció 9. ábráján láthatjuk.

Mindezeket fel kell idézni ma, tiszteletteljes megemlékezésékként. De nemcsak ezért. Fel kell tennem a kérdést: vállalkozunk-e ma olyan mérnöki feladatok megoldására, amelyhez olyan kevés a rendelkezésünkre álló eszköz, és olyan sokat kell magunknak előteremteni? Levonjuk-e elméleti vizsgálatokból az új gyakorlati megoldásokra vezető következtetéseket? Meg van-e bennünk az a laboratóriumi elszántság, amivel hanggenerátort, csővoltmérőket, még mérőmikrofont is tervezünk, építünk; ahol lehet, egyszerű megoldásokat választunk, de ahol kell, normáliákkal, számításokkal, hitelesítések sorozatával bajlódunk, így együtt érve el a gyors kivitelezhetőséget és ugyanakkor a megkívánt pontosságot? És végül a laboratóriumi eredmények birtokában leülünk-e ismét az íróasztal mellé, és a korábbi elméleti és labormunka szintéziseként kimutatunk-e összefüggéseket, amelyek általánosítása még további tíz évig várat magára a szakirodalomban?

Nekünk ma másfélék a feladataink és más eszközeink vannak, de a helyes feladatkitűzés és az eredményes megvalósítás ugyanazon mérnöki készségek együttesét igényli mint akkor, sok évvel ezelőtt. Barta István említett kutatása egyben iskolapéldája a mérnöki munkamódszerek tudatos és összhangban levő alkalmazásának.

Milyen volt a szakmai visszhangja ennek a munkának? Skudrzyk a „Die Grundlagen der Akustik” c. ismert könyvében 1954-ben csaknem két évtized múltán is idézi Barta István művét. Látható, hogy ez a legkorábbi közlemény a mikrofonok transziensei vizsgálatában. A későbbi művek (amennyire a számomra elérhetőkből megállapítottam) szintén hivatkoznak erre az elsőre.

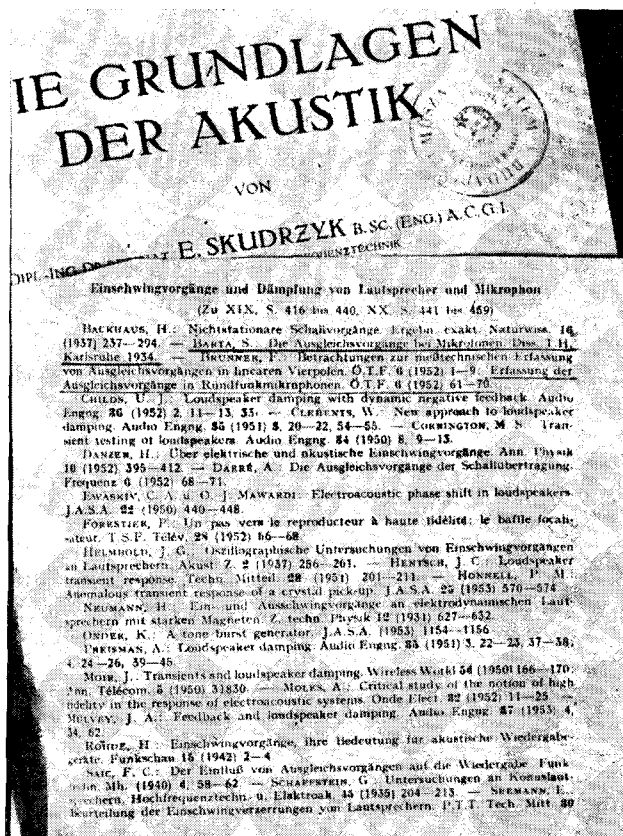
Hogy hogyan kapcsolódik mindez a legutóbbi idők szakmai fejlődéséhez, arra még visszatérünk.

Már említés történt Barta István egy másik akusztikai tárgyú munkájáról, az első magyarországi mérnöki munkahelyén az Ericsson cég akkori budapesti gyárában. A Philips márkajellel forgalmazott rádiókészülékek tervezési munkái részeként dinamikus hangszórót tervezett ezen készülékekhez. A hangszóró különlegessége az volt, hogy a membránszél (gyűrű, rím) nem a membrán anyagából kialakított hullámosított rész volt, hanem impregnált textilanyagból

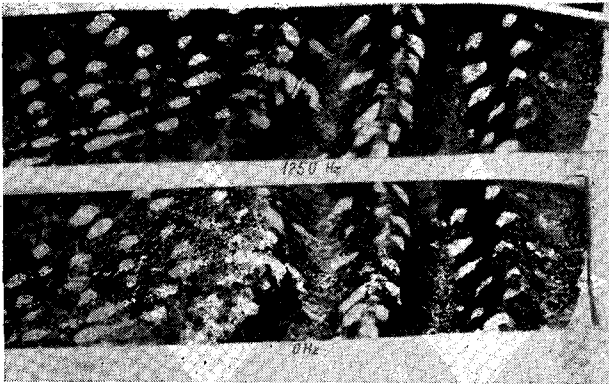
készített külön gyűrű. Ez a megoldás még hosszú ideig egyedülálló volt a hangszóró-sorozatgyártásban. Csak három évtizeddel később, a hatvanas évek közepétől vált általánosan elterjedté. Bebizonyosodott, hogy a membránszél-rezonancia által okozott átviteli egyenetlenség (és az ezzel járó transziens átviteli hiba) a hagyományos megoldásokkal nem szüntethető meg, különösen a nagylökétű hangszóróknál. Ma csaknem kizárólag ilyen külön membránszéllel gyártják a hangszórókat.

Az ezt követő években Barta Istvánt más — nem akusztikai — feladatok kötötték le. Az akusztikával való kapcsolata az egyetemi oktatói tevékenységével újult meg. Nagyon fontos volt, hogy az akkor még tervezett Stoczek utcai épületben a híradástechnikai tanszékek helyigényében Barta István gondoskodott egy *akusztikai visszhangmentes mérőszoba* megépítéséről is. Az akkori hihetetlenül szűk egyetemi műszerkeretek készítették arra, hogy a TKI-től először kölcsön, később könyvtárral megszerezzen az egyetem számára egy Radiometer gyártmányú akusztikai műszeregyüttest. Így elsőként akusztikai kutatómunka indulhatott meg az akkori Vezetéknélküli Híradástechnika Tanszéken 1951-ben.

A kutatást az Akadémia támogatta. Barta István vezetésével három belső, és egy külső ipari résztvevővel munkacsoport alakult, hangszórókutatási feladattal. A külső munkatárs az Orion hangszórógyártásának akkori vezetője (Husztly Dénes), aki alkatrészekkel, mintadarabokkal és különösen a hangszórógyártásban szerzett tapasztalataival nagymértékben hozzájárult a csoport munkájához, és egyben bizossá



A „Die Grundlagen der Akustik” idézi Barta István munkáját



Dinamikus hangszóró membránszél rezgésállapotainak fényképe. Lent: álló membrán. Fent: mozgási szélső helyzetek 1250 Hz-en

tette, hogy az eredmények (és még az apróbb kutatási tapasztalatok is) késelem nélkül hasznosíthatóak legyenek a gyártásban. Barta István irányította a munkát, de amellet teret adott és bátorított az egyéni kezdeményezésekre. Gyakran részt vett a csoport foglalkozásain, leginkább akkor, ha valamilyen váratlan nehézség adódott.

Figyelemmel kísérte és segítette a csoport munkáját Valkó Iván Péter, aki eleve is adott szellemi útmutatást azzal, hogy az akkori Elektroakusztika tárgy előadója és így a csoport egyetemi tagjainak akusztikatanára volt. Ez a több oldalú és nagyon odaadó segítség tette lehetővé, hogy a csoport a kevesebb mint két éves működése során többek között a következő eredményeket érte el.

- Kimutatta a közvetlenségű dinamikus hangszórók adott lengőcsévéhez tartozó membránméret-optimumát a maximális hatásfok eléréséhez.

- Kísérletileg bizonyította, hogy a dinamikus hangszóró átviteli karakterisztikájában sok esetben az 1 kHz környéken mutatkozó jellegzetes egyenlenség, nem a membrán, hanem a membránszél önzregéseitől ered. A membrán és a membránszél különböző fázisú rezgésállapotait fényképen tudta rögzíteni.

- Kimutatta, hogy a hangszórók átvitelének nagyfrekvenciás levágási határa döntő mértékben a lengőcsévényak hosszától és anyagától függ.

- A csoport kísérleti hangszóró megépítésével is bizonyította, hogy csupán 16 cm átmérőjű hangszóróval is jó átvitelt lehet 40 Hz-től kezdődően megvalósítani megfelelően módosított membránfelfüggesztéssel. Az új felfüggesztés lényeges eleme volt a Barta-féle külön membránszél. Ez még mindig egy évtizeddel megelőzte a ma is használatos különmembránszélű hangszórókat. A tömeggyártáshoz szükséges anyag hiánya és az akkori műszaki és árkövetelmények okozták, hogy ez az eredmény akkor megmaradt kutatási eredménynek.

Később is Barta István különös gondot fordított a tanszék akusztikai oktató- és kutatómunkáira. Már az 50-es évek elején felismerte az elektromechanikai szűrők növekvő jelentőségét és az alkalmazásukban rejlő nagy lehetőségeket. Több ma is emlékeznek arra, hogy milyen sokat latba vető érveléssel vette rá aspiránsát, Szentirmai Györgyöt, hogy ezzel a témával foglalkozzék. Az elektromechanikai szűrők

mai fejlettsége és térnyerése minden várakozáson túlmenően bizonyítja Barta István éleslátását, kiváló kutatásirányítói erényeit.

Az akadémiai kutatócsoport megszűnte után is folytatták az akusztikai tárgyú kutatómunkát külön szervezeti forma nélkül is, és később szervezetten a megalakuló Intézet Akusztika és Alkatrészek Osztályán. Az elért eredményekből megemlítem a következőket:

- Az elektromechanikai átalakítók nem lineáris elméletének a kidolgozása.

- Ipari munkaként a CB 666 távbeszélő hallgató tervezése. Ez a hallgató több mint 13 éve gyártásban van, 2/3 részben exportra. A gyártott darabszám jóval túlhaladja az egymilliót, a termelési érték közelítően 100 millió Ft.

- A sztereo hangátvitel iránylokalizációjának a részletes elméleti és kísérleti feltárása.

- Optimális membránalak megadása távbeszélő hallgatókhoz.

- Evolvenshullámú tölcser, azaz tölcserprofil, amelynél a hullámfrontok merőlegese a tölcser felületére.

- Tölcséres hangszóró szintézis oldalról közelítő méretezése.

- Felületi hullámú elektromechanikai szűrők kis memóriakapacitást igénylő méretezési eljárása.

Úgy véljük, részben sikerült megfelelő folytatás adni a Barta István vezetésével elkezdett munkáknak. Itt nemcsak az egyetemi kutatásokra gondolunk, hanem folytatásnak érezzük az iparban dolgozó volt tanítványok munkáit és az elért jónéhány szép eredményt is.

Mindazonáltal az elektroakusztikai hangátvitel fejlődésében nagy mulasztásra is rá lehet mutatni, éppen Barta István korai munkáival kapcsolatban. A többutas (többhangszórós) átvitelekkel mind szélesebb és szélesebb átviteli sávot tudtak megvalósítani. Meglepő, hogy ezeknek sokszor nincs is olyan jó hangjuk, amelyet az amplitúdó átviteli karakterisztika alapján várnánk.

Kiderült, hogy a hibát a futási idő egyenlenségek okozzák. Az is bebizonyosodott, hogy az amplitúdó és a futási idő átvitel együttesen megítélhető transziens átviteli vizsgálattal. A legutóbbi években meghallgatásos minősítő kísérletekkel igazolták, hogy a jobb transziens átvitel egyértelműen jobb hangminőséget is jelent, ami az amplitúdóátvitelre korántsem bizonyult igaznak.

Más szavakkal: az elektroakusztikai hangátvitel tervezői sok év eltelte után eljutnak (és részben még most sem jutnak el) arra a felismerésre, hogy az átviteli hanghűség minősítésére a transziensvizsgálat eredménye mértékadó, tehát megkülönböztetett fontosságú, amint arra Barta István sok évvel ezelőtt olyan átfogó munkával rámutatott.

Most, amikor mély tisztelettel emlékezünk Barta Istvánra, az ő mérnöki feladatra összpontosító alkotó-kutató és mindig segítő egyéniségéhez illően ezt azzal tehetjük, hogy felidézzük előremutató meglátásait, eredményeit és munkamódszereit. Ezzel gondolatokat és ösztönzést közvetítünk Barta Istvántól a ma kutatóinak, és segítséget új eredményekhez és új sikerekhez.