

HÍRADÁS- TECHNIKA

A HÍRADÁS-
TECHNIKAI
TUDOMÁNYOS
EGYESÜLET
LAPJA

10

HÍRADÁS- TECHNIKA

1979. október, XXX. évfolyam, 10. szám

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

REDL ENDRE—EGRI IMRE—VALKÓ IVÁN PÉTER: Barta István, a mérnök	289
DR. BARÁT ZOLTÁN: Barta István hozzájárulásai a műszaki akusztikához	294
DR. AMBRÓZY ANDRÁS—DR. TARNAY KÁLMÁN: Barta István szerepe a BME híradástechnikus mérnökök képzésének létrehozásában	297
Pályázati felhívás	298
DR. FERENCZY PÁL: Barta István úttörő munkája a hazai televíziózás megteremtésében	299
GAÁL JÓZSEF: Szóráscsökkentő mintavételi módszerek alkalmazása lineáris hálózatok Monte-Carlo analízisének gyorsítására	302
DR. GRAD JÁNOS: A mintavételező áramkör mint fázisdetektor	310
Siemens a MIPEL-en	316
Szemle	301, 309, 317, 318
Tartalmi összefoglalások	319
Обобщения	319
Zusammenfassungen	319
Summaries	320
Résumés	320

Operatív szerkesztő bizottság: BOGLÁR GYULA szerkesztő, BALOGH PÁL, DR. FLESCHE ISTVÁN, MAY PÉTER, MÉREY IMRÉNÉ, NAGYGYÖRGY GÁBOR.
Szerkesztőségi és kéziratokkal kapcsolatos ügyekben felvilágosítást ad: SZÖLLŐSI GYÖRGYNÉ. Telefon: 495-098

HÍRADÁSTECHNIKA

A szerkesztésért felelős: Boglár Gyula. Szerkesztőség címe: Budapest V., Kossuth Lajos tér 6—8. 1055. Telefon: 113-027. Kiadja: a Lapkiadó Vállalat, Budapest, Lenin krt. 9—11. 1073, telefon: 221-285. Levélcím: Budapest, Pf. 223. 1900. Felelős kiadó: Siklósi Norbert. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető bármely postahivatalnál, a kézbesítőknél, a Posta hírlapüzleteiben és a Posta Központi Hírlapirodánál (KHI, Budapest, József nádor tér 1. 1900) közvetlenül vagy postautalványon, valamint átutalással a KHI 215—96 162 pénzforgalmi jelzőszámra. Előfizetési díj: fél évre 72 Ft, egész évre 144 Ft. Egyes szám ára: 12 Ft. Megjelenik havonta. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTÚRA” Külkereskedelmi Vállalat, H—1389 Budapest, Postafiók 149



Egyetemi Nyomda — 79.4578 Budapest, 1979. Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

HU ISSN 0018—2028

Index: 25375

HÍRADÁS- TECHNIKA

REDL ENDRE — EGRI IMRE — VALKÓ IVÁN PÉTER

BARTA ISTVÁN, a mérnök*

ETO 061.75 Barta István; 621.39 (061.75) Barta István

Barta István mintegy 20 éven át volt egyesületünk köztisztelőben álló, mindenki által becsült és szeretett elnöke. Élete összefonódott a magyar rádió, a rádiózás és televízió történetével, különösképpen a vételtechnikával, melynek fejlesztésébe már egyetemi hallgató korában bekapcsolódott.

Pályafutását végigmérvé nemcsak kiemelkedő alkotásait vehetjük számba. Tudjuk, hogy századunkban a történelem eseményei irányították mindenkinek a sorsát, mégis úgy tűnik, mintha ő céltudatosan törekedett volna rá: kitapasztalni a mérnöki tevékenység mindenféle mozzanatát, hogy annál teljesebb, gazdagabb tudást adhasson át később neveltjeinek.

Budapesten 1910-ben született, diákkora azokra az évekre esik, amikor Európában az első világháborút követő rövid gazdasági fellendülés után gazdasági pangás lépett fel, ami később világgazdasági válsággá nőtte ki magát. Ez áterjedve hazánkra általános, de főképpen szellemi munkanélküliséget eredményezett; ezek voltak azok az emlékezetes évek, amikor a végzett mérnökök egy része kénytelen volt villamoskalauzi és egyéb kisegítő munkákat elvállalni.

A diplomás pályák egyáltalában nem voltak vonzóak. Barta tehetséges középiskolás diák volt, de engedve a kényszerítő körülményeknek 1924. szeptember 4.-től 1926. május 1.-ig tanoncként dolgozott a Ganz Villamossági Gyár Lövőház utca 39. sz. telepén és mint szerszámkészítő fel is szabadult. A kézi munka és ügyesség szeretete egész pályáján végigkísérte, még erősen elfoglalt egyetemi tanár és akadémikus korában is szívesen barkácsolt, amatőrködött. „Házi laboratóriuma” — hely hiányában — zongorája tetején volt, a be nem avatott szemlélő számára csak kibelezett készülékek huzalderjeje, ő azonban biztos kézzel nyúlt bele ebbe a dzsungelbe.

Egy ízben, már egyetemi tanár korában, mikor elhasználódott Moszkvicsát kiselejtezte és átmenetileg nem volt kocsija, tréfásan panaszkolta, hogy hiányzik neki a kocsijának karbantartásával járó bütykölés.

Tanoncideje alatt, mint magántanuló végezte el a középiskola V. és VI. osztályát. 1928-ban a Bolyai Főreáliskolában tette le az érettségi vizsgát.

Az 1928 és 1933 közötti években végezte egyetemi tanulmányait, előbb a bécsi és brünni műegyetemen, az utolsó négy szemesztert pedig a karlsruhei műegyetemen. Brünn ekkortájt valósággal központja volt a magyar értelmiségi ifjúság baloldali mozgalmának: ezekkel az eszmékkel és azok képviselőivel itt került kapcsolatba.

Az 1931. évi nyári szünetet díjtalan gyakornokként a Ganz Villamossági Gyár gombolyító műhelyében töltötte, egy másik nyári szünetet, ugyancsak mint díjtalan gyakornok az Ericsson Magyar Villamossági Rt. rádióosztályán. Akkori főnöke, Makó Zoltán szeretettel emlékezik vissza első találkozásukra, már a diák Bartában felismerte a következő évek tehetséges mérnökét. Valószínűleg ennek a nyári gyakorlatnak is szerepe volt abban, hogy Barta érdeklődése a rádióveteltechnika felé irányult.

1933-ban kitüntetéssel nyerte el a karlsruhei műegyetemen elektromérnöki oklevelét. Utána, professzorának, Dr. Backhausnak meghívására kutatómunkát végzett a karlsruhei műegyetemen. Ennek a kutatómunkának eredményeit később elméleti vizsgálataival kiegészítve nyújtotta be doktori értekezéséül és szerezte elektromérnöki doktori címét 1935-ben. Doktori értekezését, melynek tárgya a mikrofonok tranziens jelenségeinek elméleti és kísérleti vizsgálata volt, a szakirodalom sokszor idézte.

A nagyszerű képességű fiatalember tehát a szakmunkás gyakorlati ismeretei mellé az elméleti tudást és a kutatási praxist színvonalas műegyetemen, kiváló tudós irányítása mellett szerezte meg.

Meg kell jegyeznünk, hogy hazánkban híradástechnikai mérnökképzés a felszabadulás előtt egyáltalán nem volt, sőt a Budapesti Műszaki Egyetemen csak az 1930-as évek elején vált külön a „B” típusú gépészmérnökök képzése, akik az „A” és „C” típusúaknál valamivel több elektrotechnikát hallgattak. A híradástechnikai szakemberek utánpótlása más forrásokból történt.

Akkor már színvonalas híradástechnikai gyáraink szakembereiket maguk képezték, illetőleg többé-kevésbé rendszertelen továbbképzésben részesítették. A Magyar Postánál viszont már évek óta intézményes és kötelező postamérnök-képzés folyt és ennek keretében a postai üzemeltetési igényeknek megfelelő híradástechnikai oktatás is, főképp telegráfia, telefoniatárgykörben.

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

Nem elhanyagolható az 1920—1930 években a rádióamatőrismus szakembernevelő hatása. A Műegyetemi Rádióklubban az oktatás keretein túlmenő tanulmányi és eszközépítési tevékenység folyt, még Nipkow tárcsás képbontót is építettek. A rádióamatőrök számára volt már magyar nyelvű szakfolyóirat és voltak jó rádiós szakkönyvek, (pl. Molnár—Jovitz). Említésre érdemes, hogy az első magyar könyvet a rádióról még 1915-ben írta Peremartoni Nagy Lajos.

Közvetlenül az első világháborút követő években megkezdődött telefonhálózatunk automatizálása, ami Budapesten 1928—1932-ben már be is fejeződött. Lefektették a Wien—Budapest telefonkábelét, majd ennek folytatását Budapest—Szeged között, (ezeknek kábeleit, Pupin csévéit, erősítőit már magyar gyárak készítették). 1933-ban már állt a 120 kW-os lakihegyi műsorszórádó, és négy reléadó (Pécs, Miskolc, Mosonmagyaróvár, Nyíregyháza), a székesfehérvári rövidhullámú kommunikációs adó és a tárnoki vevőállomás pedig már tengerentúli telefonforgalmat bonyolított le. A Sándor utcai rádióstúdió akusztikai tökéletesítése olyan kiváló szakember bevonásával folyt, mint a későbbi Nobel-díjas dr. Békésy György, aki ebben az időben a Posta Kísérleti Állomás (mai nevén Posta Kísérleti Intézet) mérnöke volt. Ebben az intézetben készült korábban a második magyar rádióműsorszórádó, amit a német Telefunken-től importált adó előzött meg. Majd az előbb említett, 1933-ban befejeződött nagyadó építését már a magyar Standard Villamossági Rt. végezte, igaz ugyan, hogy külföldi dokumentációk alapján. Ugyancsak a Standard Villamossági Rt.-nél folyt intenzív fejlesztési munka, melynek célja a honvédség felszerelése volt korszerű rádió-adóvevőkkel. A műsorvevő készülékek gyártása két nagyüzemben (Standard és Ericsson), valamint számos kisebb üzemben történt.

Az ipar- tehát nem zárkozott el a külföldi egyetemen jól képzett fiatal szakemberektől. 1934-ben a fiatal mérnök doktor — ilyen még nagyon kevés volt akkor Magyarországon — egykori nyári gyakorlatának helyén, az Ericsson gyárban kapott állást; ennek rádiólaboratóriumában dolgozott fejlesztő mérnöki munkakörben. A magyar Ericsson gyár főprofilja telefonberendezések, kondenzátorok stb. gyártása volt, minthogy azonban saját profiljában nem tudta nemrég felépült modern gyártelepét kellőképpen foglalkoztatni, különféle, nem-telefon munkákat is vállalt, így pl. a Magyar Philips Művek számára rádió-műsorvevők fejlesztését és gyártását. Ebből a fejlesztési korszakból származik Barta István egyik legkorábbi és mind a mai napig modernnek tekinthető konstrukciós megoldása, egy dinamikus hangszórádó, melynek papírmembránját impregnált vászon perem rögzíti a hangszórákosárhoz. Különféle megoldásokkal ebben az időben több helyen próbálkoztak, de a Barta-féle hangszórádó volt az első ilyen szerű típus, amely tömeggyártásra került. A vászonperem csillapítása elsimította az éles sajátrezonanciát, ami a nem kellőképpen csillapított papír membránszél esetében a hangszórák frekvenciakarakterisztikáján megjelenne.

A Barta-féle hangszórádó még gerjesztett volt, hiszen a modern keménymágnes anyagok akkor még nem

álltak rendelkezésre, egyebekben a konstrukció nem lényegesen különbözött a mai hangszórádótól. A Postamúzeumban fennmaradt a 2+1 csöves Philips York vevőkészülék egy működőképes példánya, melybe a Barta-féle hangszórádó van beépítve, a hang minősége még a mai mértékkel is elég jó.

Az Ericsson-gyár átszervezésekor Barta István az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumába lépett be, belépésének időpontja 1938. január.

A mérnököt és kutatót most már a munka tapasztalatai formálták tovább. Az embert, már mint kiforrott jellemet ismertük meg mi, kollégái, későbbi munkatársai, barátai. Talán a legmeglepőbb, hogy soha nem szerzett magának személyes ellenségeket, irigyeket. Megvolt benne az a ritka képesség, hogy véleményét egyenesen meg tudta mondani, anélkül, hogy bárkit sértsen vele. Kitűnő humorérzéke olykor csipkelődésbe vitte bele. Erről nem egy személyes emlékünknél tanúskodhatna. De ez a csipkelődés soha nem volt bántó, talán azért, mert magát sem kímélte, jó érzéke volt az öniróniához, hiányzott belőle minden nagyképűség. A szakma mélységes szeretete nem csökkentette érdeklődését az élet humán területei iránt, lelkes zenebarát volt és mélyen kulturált könyvolvasó.

Az Egyesült Izzó akkor már fejlett rádiócsőgyártással rendelkezett, rádiócsöveit Európa legtöbb országába exportálta. Vezetősége már 1932 körül felfigyelt a televíziós műsorszórádó megjelenésére az USA-ban és attól az időponttól kezdve téma volt a várható nagy televíziós csőüzletbe való bekapcsolódás.

Az Egyesült Izzó vezetősége felhasználva az Izzó és RCA között fennállott — csak rádió-vevőcsövekre korlátozott — licenc és know-how szerződést, meghívta Zworykint (aki az RCA-nél működött), nyilvánvalóan a szándékkal, hogy a meglévő szerződést televíziós csövekre is sikerüljön fog kiterjeszteni.

Zworykin 1936-ban meg is látogatta az Izzót. Természetesen igen nagy tisztelettel fogadták a nagyhírű feltalálót. Bemutatták neki a Selényi-féle „elektrográfot”, az elektrosztatikus képrögzítőt, mely álló képeket nagyon szépen reprodukált. Selényi azt remélte, hogy eljárása továbbfejlesztve televíziós átvitelre is alkalmas lesz. Érdekes jelenet játszódott le ezen a bemutatón. Zworykin hallgatagon végignézte, azután a maga orosz-amerikai németiségével ennyit mondott: nagyon jó középiskolás kísérlet. (Sehr gut für Mittelschul-Experimente!). Ezzel akkor meg is pecsételte a találmány sorsát. Persze nem volt igaza; televízióra valóban nem volt használható az elektrográfia; de ennek az elvnek alapján fejlesztették ki később a milliárdokat hozó xerox eljárást; a xerox-feltalálók teljes mértékben elismerték, hogy az elv dr. Selényitől származik.

Ahhoz, hogy az Izzó majd részt vehessen a kibontakozó televíziós csőüzletben, meg kellett ismerni a televíziós vételtechnikát, és — minthogy olyan adás, amit Magyarországon venni lehetett volna, nem volt — a vevőkészülék-kísérletekhez valamilyen képadóra is szükség volt. Nyilvánvaló volt, hogy az Izzónak televíziós laboratóriumot kell létesítenie, amelyben az akkori szintnek megfelelő televíziós vevőkészülékek reprodukálásával kellett a munkát megkezdeni.

Ez a laboratórium a Pfeifer Ignác professzor vezetése alatt álló Izzó kutató szervezésében létesült Dr. Czukor Károly vezetésével, valószínűleg 1936 végén. Dr. Czukor nagytehetségű mérnök volt; kiváló szervező és vezető.

Sikerült néhány igen tehetséges munkatársat, Zakariás Imrét, dr. Terebesi Pált, Magó Kálmánt, Kincse Kálmánt maga köré gyűjteni. Természetesen egyiküknek sem voltak az olvasott szakirodalmon túlmenő televíziós ismeretei. Az új laboratórium 1937. márciusában kezdte meg a kísérleti munkát; helyiség hiányában a szolgáltatási osztály épületében a víztorony alatti néhány szobában.

A kísérleti munkát megelőző áramköri tervezésről Magó Kálmánnak, aki egyébként egy későbbi korszakban Egyesületünk főtitkára volt, sajátkezű feljegyzései tanúskodnak* mind a tv-adó, mind a vevő összes lényeges áramköre megtalálható Magó jegyzetfüzetében.

Szerencse, hogy ezek a technikatörténeti érdekességű dokumentumok Magó Kálmán hagyatékában fennmaradtak. Magó Kálmán a Rákóczi úti Sternberg hangszerkereskedő szervizműhelyéből kilépve került az Izzó kutatólaboratóriumába, széles körű készüléképítési és javítási tapasztalatai jól egészítették ki a kis létszámú együttes ismereteit.

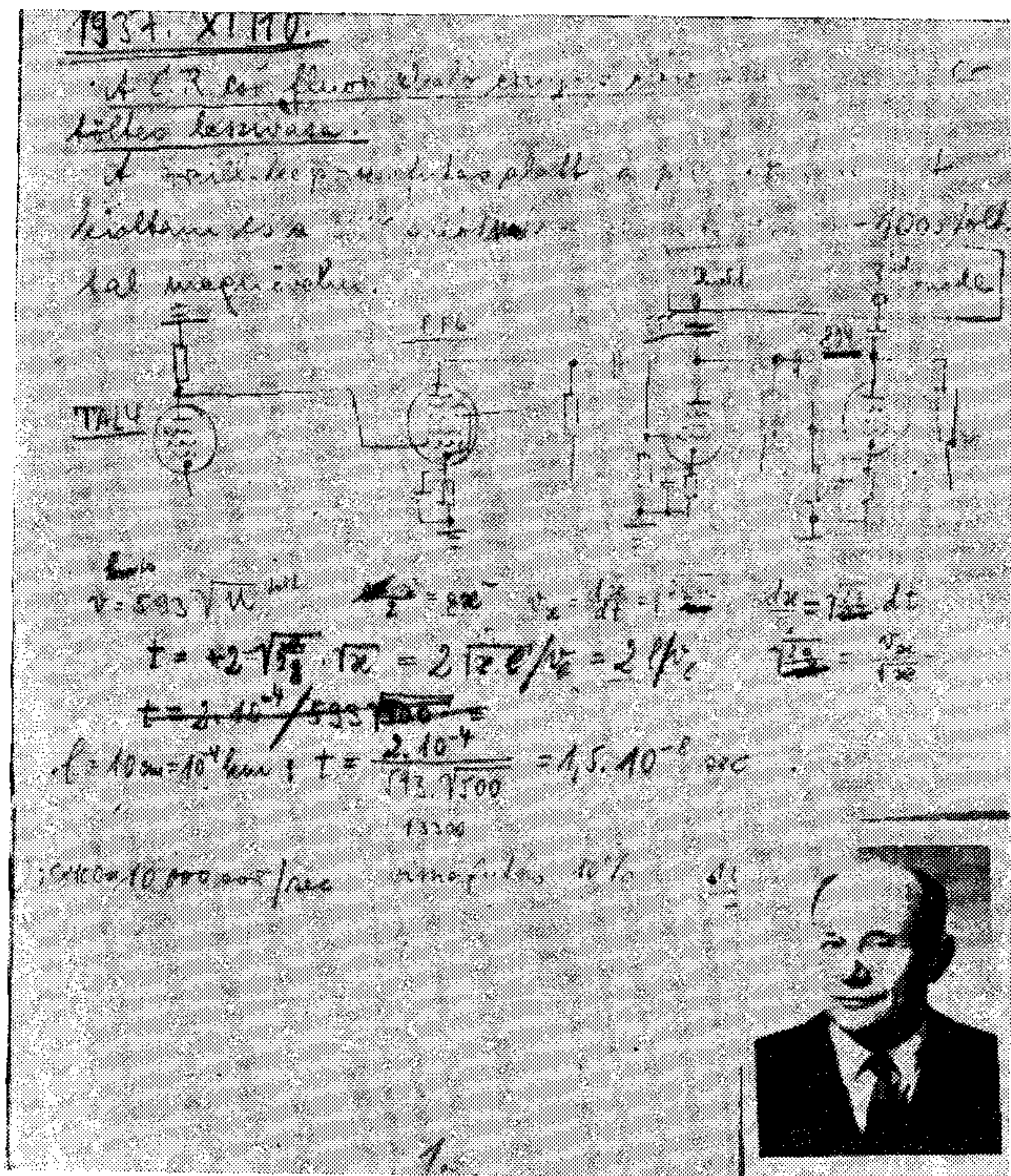
A Televíziós Laboratórium 1937. ápr. 30.-i jelentése már nemcsak munkaprogram, hanem beszámoló az addig végzett munkákról. Az új laboratórium első ízben ez év júniusában produkált igen kezdetleges, 50 soros átvitelt, egy Micky Mouse képet, erről egy 1937. június 21. keltezésű, Czukor aláírású jelentés tanúskodik. Ennek a munkának műszaki irányítói Zakariás Imre és Terebesi Pál voltak.

Barta Istvánt 1938. januári belépésekor mint már ismert szakembert fogadták az Izzó Kutatóban. Bekapcsolódott a már megkezdett televíziós kísérletek irányításába, az ő vezetésével megépült futópontos filmbontóval 1938-ban már 270 sorosan vitték át a már említett Miki-egér mozgóképet. Barta István és dr. Terebesi Pál munkatársai Magó Kálmán, Kincse Kálmán, Moskovits László voltak. Zakariás Imre ekkor már más munkakörben kapott beosztást.

Építettek egy ikonoszóp kamerát is, jelenetek közvetlen felvételére. Egyik kísérleti átvitelről készült és fennmaradt fényképen maga Barta István látható. Ez már élő közvetítés volt.

Hadd említsük meg, hogy magyar vonatkozásban Barta István televíziós átviteli kísérletei nem voltak az elsők. Ő maga elismeréssel emlékezik meg egy tanulmányában Mihály Dénes, Babits, Okolicsányi és Winkelhauser mechanikus képátviteli rendszereiről, Nemes Tihamérról, Magyar Endréről és Tihanyi Kálmánról, aki már igen korán — jóval Zworykin előtt — szabadalmaztatta az elektronikus képbontás elvét, de az akkori műszaki eszközökkel nem tudta megvalósítani. Barta István már az akkor korszerűvé vált, ma is használatos, tisztán elektronikus televíziórendszer elemeiből építette meg készülékeit, a jóval későbbi magyar tv-vevőgyártásnak ez volt a közvetlen elődje. A két időszak közötti kapcsolatot Barta István és

* Rendelkezésre bocsátásukért Magó Kálmánnak tartozunk köszönettel.



Egy lap Magó Kálmán egykori jegyzetfüzetéből — későbbi arcképével



A fiatal Barta István — kísérleti televíziós adásban

Magó Kálmán személye képezte. Az átvitel a laboratórium két helyisége között vezetékes, zárt láncú volt, az ajtóban állva a jelenetet és az átvitt képet egyszerre lehetett megsejmelni. Megépült ugyan egy kb. 250 mW-os, kb. 75 MHz-es adó deszkamodellje is, amellyel az Izzó telepén néhány magasabb pont között telefonmodulációval kísérleti átvitelt végeztek, de a fenyegető háborús események miatt televíziós képátvitelre evvel az adóval már nem került sor. Pedig az Egyesült Izzónak ekkor már nagyon határozott tervei voltak a várható televíziós üzletbe való bekapcsolódásra. A Barta-féle kísérleteket annyira biztatónak tartották, hogy a hazai televíziós műsor-szórás megindítását időszerűnek véelve, Aschner Lipót, az EIVRT vezérigazgatója felkereste a Magyar Postát és felajánlotta, hogy a Posta rendelkezésére bo-



Az egyik első képátvitel az EIVRT televíziós laboratóriumában

csát egy televíziós adó létesítéséhez szükséges összeget. 1940-ben a televíziós laboratórium megszűnt, ott dolgozó szakembereit a gyár termelőmunkájának fenntartása céljából más munkákra vették igénybe. Barta István tapasztalataira a rádiócsőgyártás tartott igényt. 1942-től 44-ig, a termelésnek a háborús események következtében megszűnéséig gyakorlatilag a rádiócsőmérés és végső ellenőrzés vezetőjeként működött.

Új lépcsőfok volt ez pályáján: az önálló fejlesztő munka után most kijárta az emberekkel, beosztottakkal, ügyfelekkel bánás magasiskolját. Ebben a beosztásában a csővizsgálatokhoz szükséges mérőberendezéseket is tervezte és kivitelezte. Ez a tevékenysége az Egyesült Izzó rádiócsőgyártása számára létfontosságú volt, hiszen a háború a műszerek külföldi beszerzését lehetetlenné tette, sőt a külföldi fejlesztésekről szóló információk is csak szórványosan szivárogtak be. Ebben a munkakörben szoros kapcsolatot kellett fenntartania az Izzó rádiócsőveinek felhasználóival; a legfőbb felhasználó az Orion gyár volt.

Bálint János, később a Haditechnikai Intézet főmérnöke, így emlékezik meg Bartáról:

„Barta István elvtársat 1945-ben ismertem meg, ekkor az Izzóban dolgozott. Én az Orion vevő laborban voltam Tábori elvtárs mellett. Vevőcsővekkel és kapcsolási problémákkal összefüggésben több alkalommal volt alkalmam Barta István elvtárral tárgyalni. Annak ellenére, hogy érthetően az Egyesült Izzó érdekeit nézte, mindig objektív maradt, a jelenségeket a maguk valóságában elemezte, szét tudta választani az Orion és az Izzó feladatait és nagyon sok hasznos tanácsot adott részemre. Emberi magatartása szerény, de határozott volt, érezni lehetett, hogy értékítéleteiben szilárd, megalapozott műszaki tudásra támaszkodott. Emellett nagyon jó emberi kapcsolatokat tartott fenn, tisztelte a partnereit, de félelmetesen tudott érvelni, vitatkozni és meggyőzni a másikat saját álláspontja helyességéről. Mentés volt a hiúságtól, demokratikus munkastílusú vezető volt”.

A felszabadulás után kezdődött meg Barta István közéleti szereplése. Mint kommunista mérnök részt vállalt a Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete Híradástechnikai Csoportjának munkájában, melyet Gerő István vezetett. Itt vetődött

fel az Állami Műszaki Főiskola terve. Barta Istvánnak jelentős szerepe volt a Főiskola Híradástechnikai Tagozatának előkészítésében, az 1947-es megalapítás után a Rádiótechnika tárgy előadója lett. Amikor évekkel később a Budapesti Műszaki Egyetemen is megszületett a várva várt reformmal a Villamosmérnöki Kar és ő egyetemi tanárként megszervezte a Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszéket, az oktatás kialakításában már gazdag tapasztalatokra és eredményekre támaszkodhatott.

A felszabadulás után az Izzó Kutató nagyfrekvenciás laboratóriumának vezetője lett. Ez a laboratórium még 1945 nyarán új feladatot kapott: elsősorban jóvátételi szállításokra — de az újra induló rádiókészülékfejlesztés és gyártás számára is — korszerű elektronikus műszerek egész családját kellett kifejleszteni.

Ami a jóvátétellel kapcsolatos munkát a korábbiaktól megkülönböztette, a fokozott felelősség volt, hiszen a vállalt kötelezettségek be nem tartása súlyosan befolyásolta volna az ország jövőjét is.

Az új feladat ellátására alakult együttes vezetője Barta István lett, számos munkatársa közül Ticzinsky Zsigmond, Almássy György, Tábori Róbert, Gauss József, Sárkány Tamás, Fülöp Ferenc, Márkus Endre Schmidt Miklós nevét említjük meg.

Egyik akkori munkatársa, Dr. Palócz István, aki jelenleg külföldön egyetemi tanár, így emlékezik vissza Bartára és a műszerfejlesztési korszakra: „Dr. Barta Istvánt első találkozásunktól kezdve tiszteltem és nagyon szerettem. Kevés ember volt rám olyan mély hatással, mint ő. 1945-ben, mikor mérnöki oklevelemet elnyertem, első főnököm lett és némi megszakítással több mint egy évtizedig főnököm maradt. Első megbízásom az Orion — Egyesült Izzó műszerprogramja keretében egy torzításmérő tervezése volt. Bár Barta István mindig engem szerepeltetett a műszer tervezőjeként, én valójában az ő asszisztense voltam: első találkozásunkkor egy órán belül az egész mérőműszer lényegét leírta és énreám csak a részletkérdések kiszámítása maradt. Erre az első technológiai beszélgetésünkre most is pontosan emlékszem, pedig azóta több, mint 30 év telt el.”

Ugyanebben az időben folytak Bay professzor vezetésével a külföldi irodalomban is méltatott holdreflexiós radarkísérletek. Az adó- és vevőberendezés



Az egykori Egyesült Izzó-beli kollégák között



Palócz István és Barta István



A magyar elektroncsőgyártás ötvenéves jubileumán Barta István emlékplakettet vesz át Dienes Béla vezérigazgatótól

speciális célra való adaptálását, valamint a vevő különleges sávszűkítő köreinek tervezését Barta István végezte.

Régi kollégái sokat emlegették az alábbi epizódot: a fiatal Barta István jómozgású, kimondottan izmos ember volt. Versenyszerűen nem sportolt, de kedvtelésből mindenféle sportban részt vett. Az Egyesült Izzó Sportköre tagjainak összes csónakja 1945-ben tönkrement, a visszavonuló német és magyar nyilas alakulatok felgyújtottak minden fellelhető, átkelésre alkalmas csónakot. — 1946-ban a gyár dolgozói közül 30-an összeálltak, hogy saját munkájukkal csónakokat építsenek. Barta örömmel vállalt részt ebben a munkában; bár ebben az időben erősen el volt foglalva a műszerfejlesztő csoport vezetésével, munkaidő után szorgalmasan lejárt a vállalat erre a célra rendelkezésre bocsátott műhelyébe és dolgozott csónakján. Élvezettel csinálta az iparosmunkát; ügyessége, amit bizonyára műszerész éveiben sajátított el, csakhamar megmutatkozott. A következő években gyakran lehetett őt csónakjában a Dunán látni.

A jóvátételi program után az Egyesült Izzó rádiócsőgyártásának újjáépítésében Dr. Bartának jelentős szerep jutott az elpusztult mérőberendezések helyett az akkori ismeretek szerinti legmodernebb berendezések megtervezésével és megépítésével. Néhány hónapig az exportosztály tanácsadó mérnökeként dolgozott, több ízben járt külföldön és nagy része volt a vállalat megszokott külföldi kapcsolatainak újra-

felvételében, új vevőkapcsolatok létesítésében. Belülről ismerhette meg a mérnöki munka gazdasági oldalát is.

1948. január 1.-én új megbízást kapott: kinevezték az Orion Rádióipari Rt. műszaki igazgatójává. Most már mint a magyar ipar egyik vezetője tekintette át a népgazdaság lehetőségeit és korlátait.

Ebben a mintegy másfél éves korszakában lényeges irányító szerepe volt az egyre újabb vevőkészülékek fejlesztésében, sőt személyesen is részt vett az áramkörök megtervezésében. Emlékeznek egykori munkatársai olyan esetre, hogy ő maga számította ki az áramköri elemek értékeit és írta be ezeket a készülék kapcsolási rajzába. Az akkor fejlesztett típusok közül említést érdemel az új „népszuper”. Nem volt könnyű feladat minimális költséggel lehetőleg jó vételminőségű vevőkészülék rövid idő alatti gyártásba-vétele. Sok százezer darab került legyártásra az ország elpusztult rádió-műsorvevőinek mielőbbi pótlására. Majd igényesebb készüléktípusok következtek, emlékezetes az Orion készülékek újbóli behatolása a svéd piacra. Svédországban igen szigorú approbációs követelmények voltak érvényben, (pl. az oszcillátor zavaró kisugárzása tekintetében.) Ezeknek a követelményeknek a vezető nyugat-európai gyárakkal versenyezve kellett eleget tenni.

Egy úti jelentésében, amely más, Orion-beli vezetőkkel közösen tett csehszlovákiai útjáról számol be, kiütökösen feltűnő az alaposság, amellyel a meglátogatott gyárak technológiai helyzetét részletekbe menően elemzi, a hazai viszonyokkal összehasonlítja. Pedig a rövid úton nagyon sok üzemet kellett végiglátogatniok.

Barta Istvánt 1949-ben nevezték ki a Budapesti Műszaki Egyetem újonnan alapított Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszékének tanszékvezető tanárává.

Pedagógiai tevékenységéről egy másik emlékelőadás emlékezik meg. Mérnöki működése azonban az új feladattal természetesen nem ért véget.

A Távközlési Kutató Intézet megalakításához több vállalattól tehetséges mérnököket és technikusokat emeltek ki, és ezekből külön csoportokat alakítottak. Az egyik ilyen csoport az Orion gyár újpesti részlegének műszerkutató laboratóriumából vált ki és az újpesti Szentgellért utcában működött Orion C telep néven.

Ennek vezetője volt Barta István, ekkor már kinevezett műegyetemi tanár, 1949. szeptembertől 1950. áprilisig, a TKI megalakulásáig. Ezután egy időre a TKI Vevőosztályának osztályvezetője lett. A TKI-ban ekkor kezdődött a lokátorprogram: ennek keretében a Vevőosztályon Barta irányításával mikrohullámú tápvonalműszereket, a lokátorok KF sávjában működő szignálgenerátorokat, továbbá a lokátorok vevőikhez keverő és KF-erősítő áramköröket fejlesztettek ki.

Ennek a fejlesztésnek eredményei jó alapot szolgáltatottak a későbbi rádiórelé munkákhoz.

Szakértői és kutatói tevékenységét később is rendszeresen igénybe vette a hazai híradástechnikai ipar, sokoldalú munkásságának tapasztalatait pedig előadásaiban adta tovább neveltjeinek a fiatal mérnökgenerációknak.

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 fuvalánál 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.)

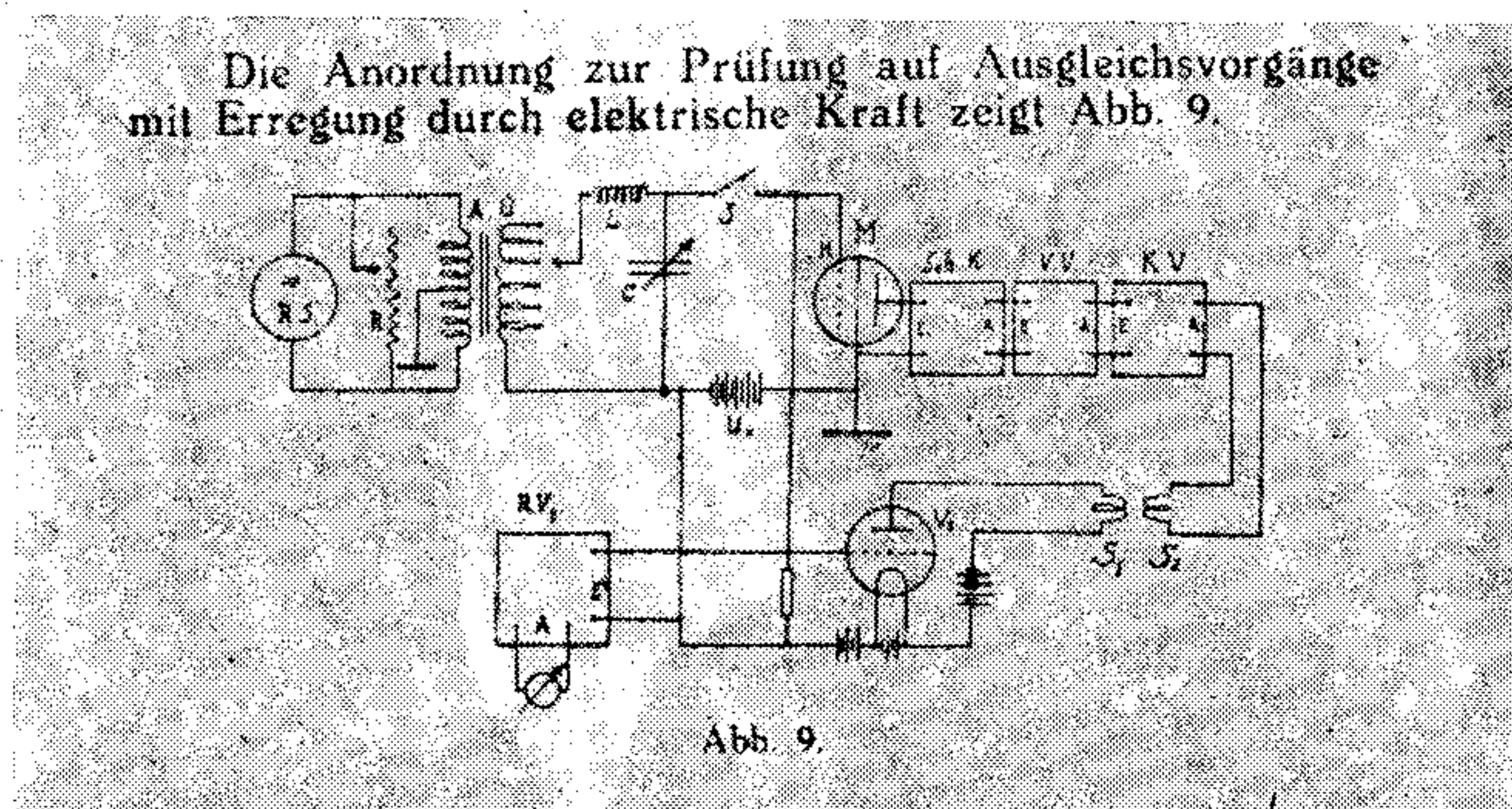
A jósági tényező egyben megadja az átviteli görbe alakját az adott rezonanciafrekvencia környezetében. Így csupán a berezgési követelmények alapján tekintve az átviteli sáv felső határán elég jelentős kiemelést is megengedhetünk, míg az alsó sávhatáron a max. laposságú átviteli görbénél (0,7-es jósági 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 átvitelt és a tranziens átvitelt 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 rendszereken 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 mérés technikai nehézségeket kellett leküzdeni, 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 alapnehézsége 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 csővoltmérőket 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 megemlékezéséért. 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 tranziensei vizsgálatában. A későbbi művek (amennyire a számomra elérhetőkből megállapítottam) szintén hivatkoznak erre az elsőre.

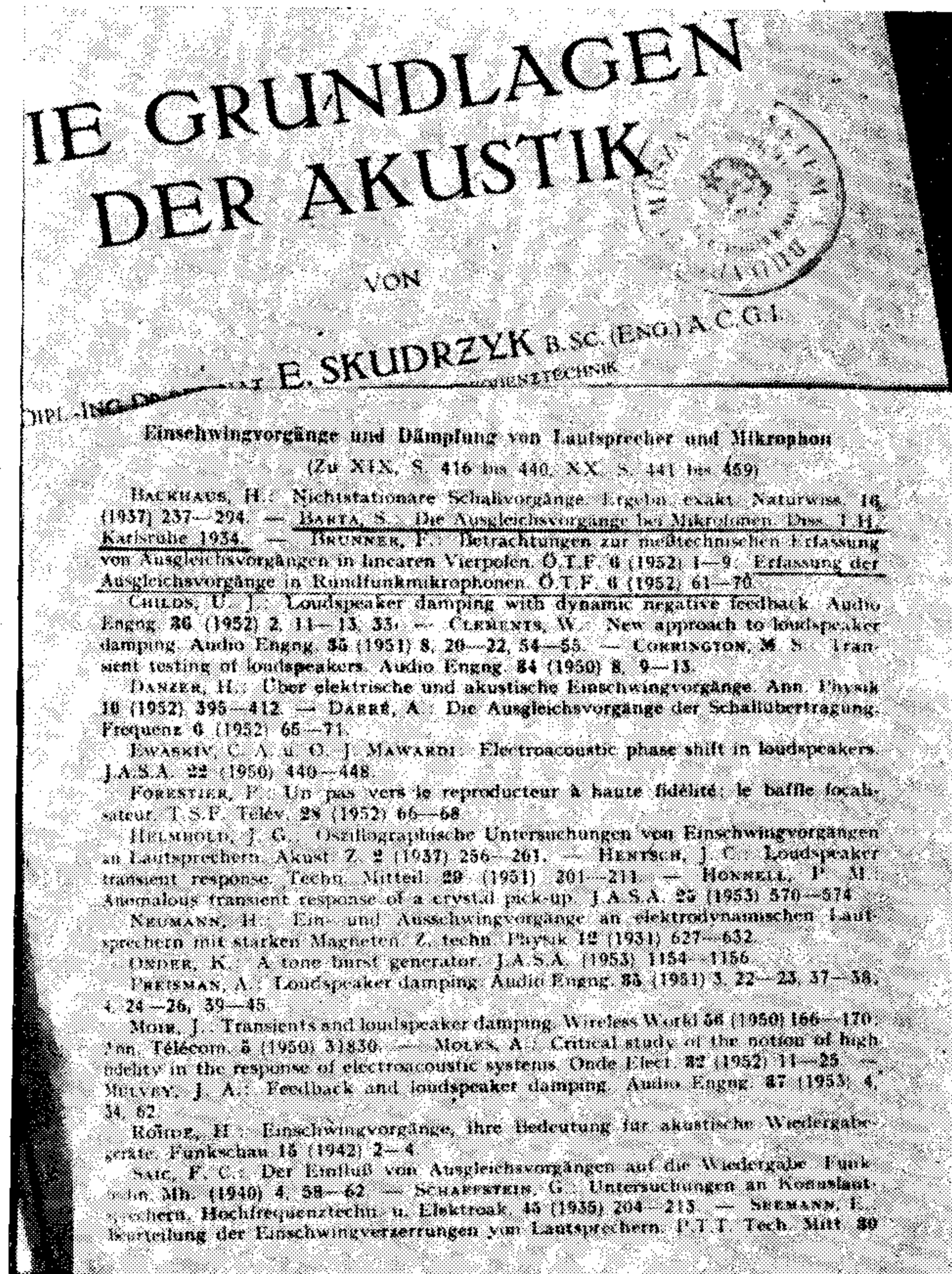
Hogy hogyan kapcsolódik mindez a legutóbbi idők szakmai fejlődéséhez, arra még visszatérünk.

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

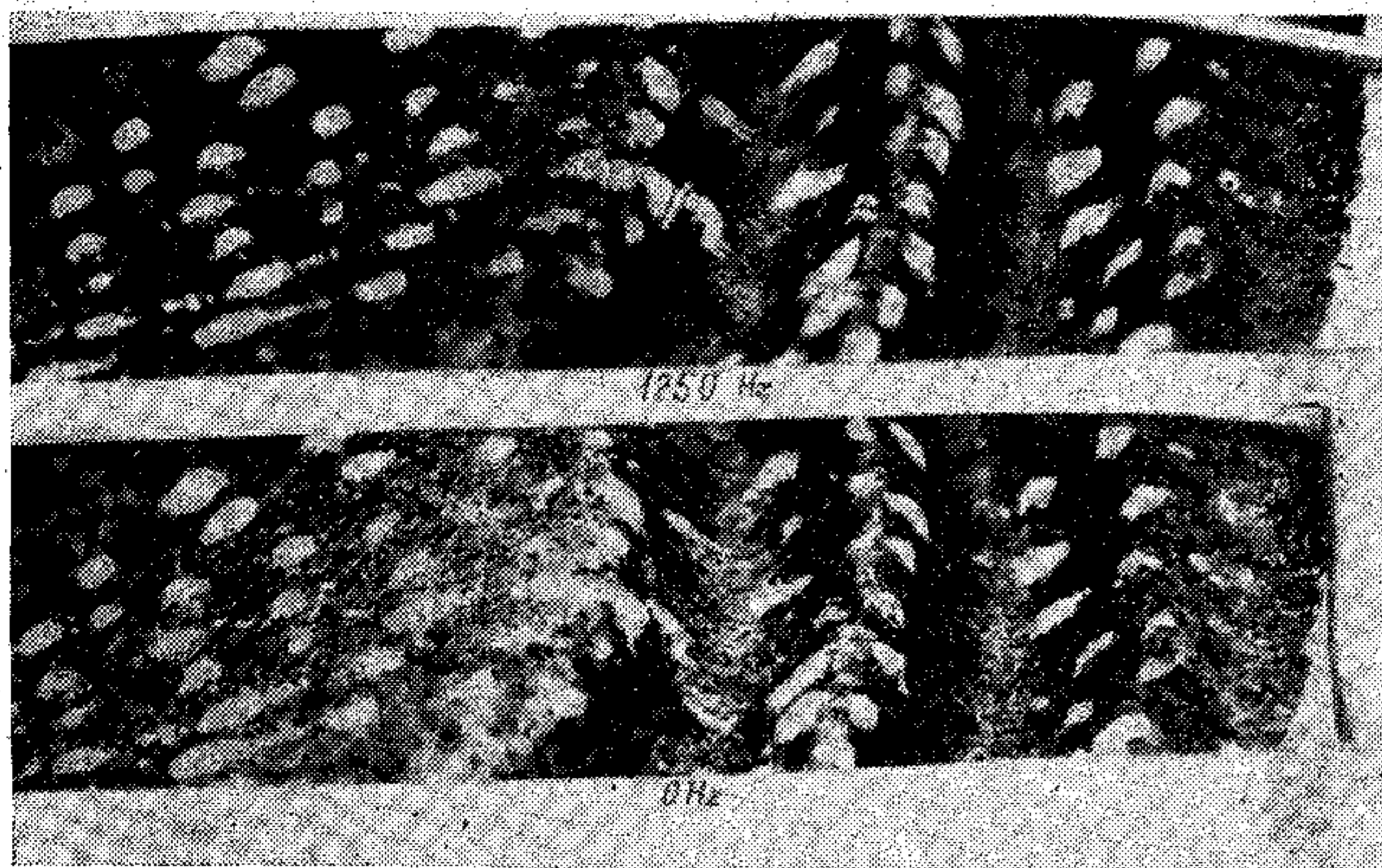
készített külön gyűrű. Ez a megoldás még hosszú ideig egyedülálló volt a hangszóró-sorozatgyártásban. Csak három évtizeddel később, a hatvanas évek közepétől vált általánosan elterjedté. Bebizonyosodott, hogy a membránszél-rezonancia által okozott átviteli egyenetlenség (és az ezzel járó tranziens átviteli 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 biztossá



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) késedelem 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 közvetlensugárzó dinamikus hangszórók adott lengőcsévéhez tartozó membránméret-optimimumát a maximális hatásfok eléréséhez.

— Kísérletileg bizonyította, hogy a dinamikus hangszóró átviteli karakterisztikájában sok esetben az 1 kHz környéken mutató jellegzetes egyenetlenség, 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 Bartaféle 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. Többen 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 szervezeten 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, amelyenél a hullámfrontok merőlegese a tölcser felületére.

— Tölcseres hangszóró szintézis oldalról közelítő méretezése.

— Felületi hullámú elektromechanikai szűrők kis memóriakapacitást igénylő méretezési eljárása.

Úgy véljük, részben sikerült megfelelő folytatását adni a Barta István vezetésével elkezdett munkának. 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 egyenetlenségek 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 eltelté 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.

DR. AMBRÓZY ANDRÁS
BME Elektronikai Technológia Tanszék

DR. TARNAY KÁLMÁN
BME Elektronikus Eszközök Tanszék

Barta István szerepe a BME híradástechnikus mérnök—képzésének létrehozásában*

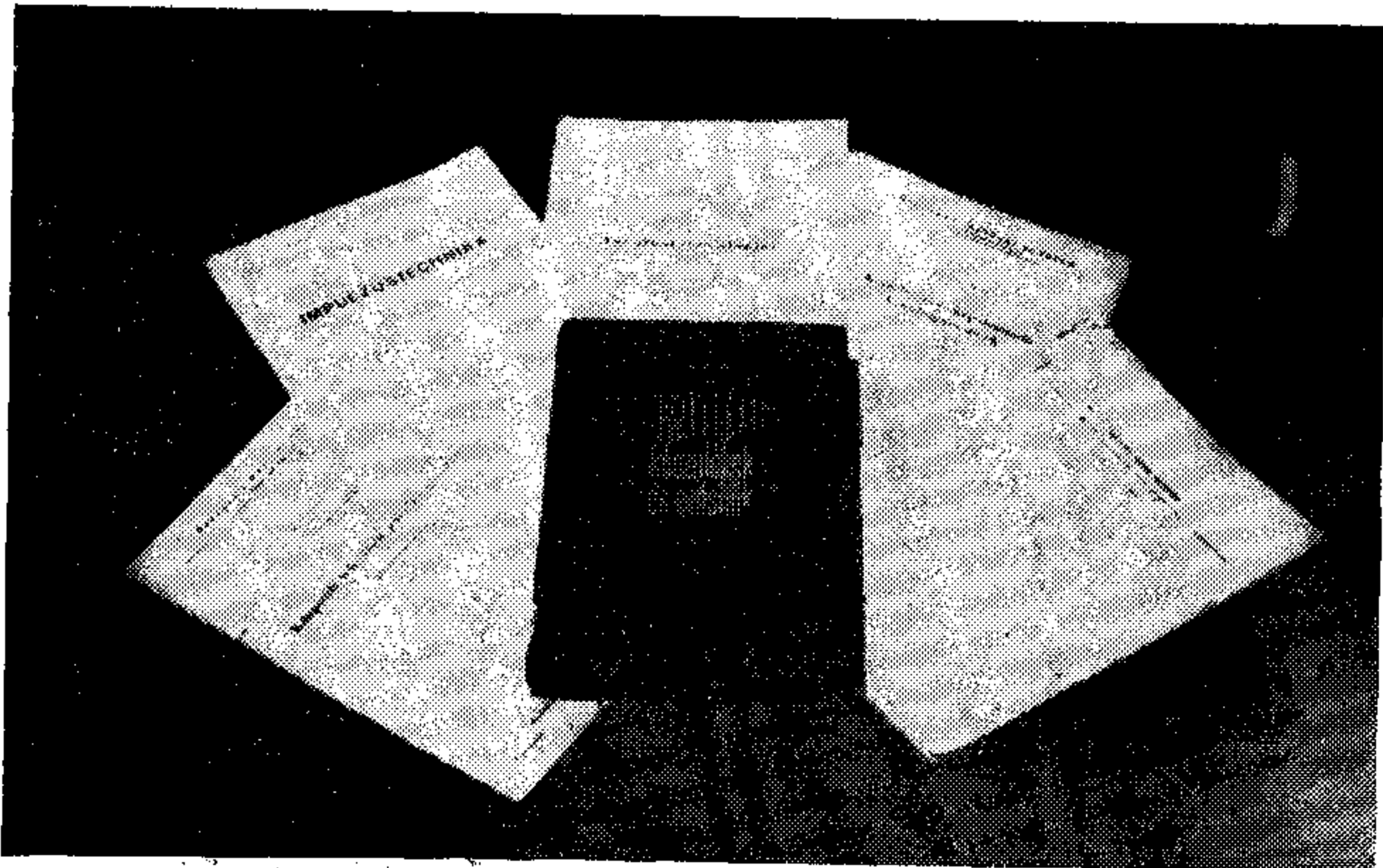
ETO 061.75 Barta István: 621.39 (061.75) Barta István

A Budapesti Műszaki Egyetem 1948-ban kezdett hozzá Barta István kezdeményezésére a gyengeáramú és híradástechnikai mérnökképzés megtervezéséhez. A következőkben néhány olyan szempontot szeretnénk kiemelni, amelyek Barta István tevékenységének fő irányvonalát képezték.

Alapvető célja volt olyan felsőoktatást szervezni, amely harmonikus mérnöki ismeretek elsajátítását biztosította: a végzett mérnökök ismerjék jól az — akkori terminológia szerint — gyengeáramú berendezések egyes alkatelemeinek fizikai működését, rendelkezzenek kellő mélységű áramköri ismeretekkel, alapos mérés-technikai tudással legyenek képesek az általuk készített berendezések működését vizsgálni. Röviden szólva, egyforma biztonsággal bánjanak a differenciálegyenletekkel, a forrasztópákával és a különféle mérőműszerekkel.

Mérnöki szemléletéből következett, hogy nagyon nagy súlyt helyezett a gyakorlati oktatás megvalósítására: már az 1950-es évek második harmadában bevezette az ún. „szakműhely” című tárgyat, melynek keretében — az akkori szűkös helyellátottságviszonyok mellett a Stoczek utcai épület melletti felvonulási épületekben — egy olyan hallgatói laboratóriumot létesített, melyben valamennyi gyengeáramú villamosmérnök hallgató egy általa megtervezett berendezést (erősítőt, oszcillátort, egyszerűbb csövoltmérőket stb.) megépített, működésbe helyezett, majd mérésekkel ellenőrizte a tervezett és megvalósított berendezés működésében tapasztalható egyezéseket és eltéréseket. Jelenlegi oktatásunk jó 20 évvel később ezt a módszert ismét felfedezte és napjainkban az egész villamosmérnöki karon ezt a tevékenységet „önálló laboratórium” címen folytatják hallgatóink.

Az új oktatás megszervezésekor igen korán képes volt felismerni a híradástechnika akkor legfontosabbnak tekinthető új irányzatait. Már az 1940-es évek végén, amikor még nemzetközi viszonylatban is az a vélemény volt elterjedve, hogy a televízió nem számíthat nagyon széles körű elterjedésre (napvilágot láttak olyan statisztikai becslések ebben az időszakban, amelyek szerint fejlett ipari országokban is legfeljebb a lakosság 3%-a juthat hozzá, a háborús romokból éppen újjáépülni kezdő hazánkban pedig még évtizedekig reménytelen a tv elterjedése), nagy energiával törekedett a televízió technikájának magasszintű és igen részletes oktatására, továbbá ezen a területen tanszéki kutatásokat is kezdeményezett.

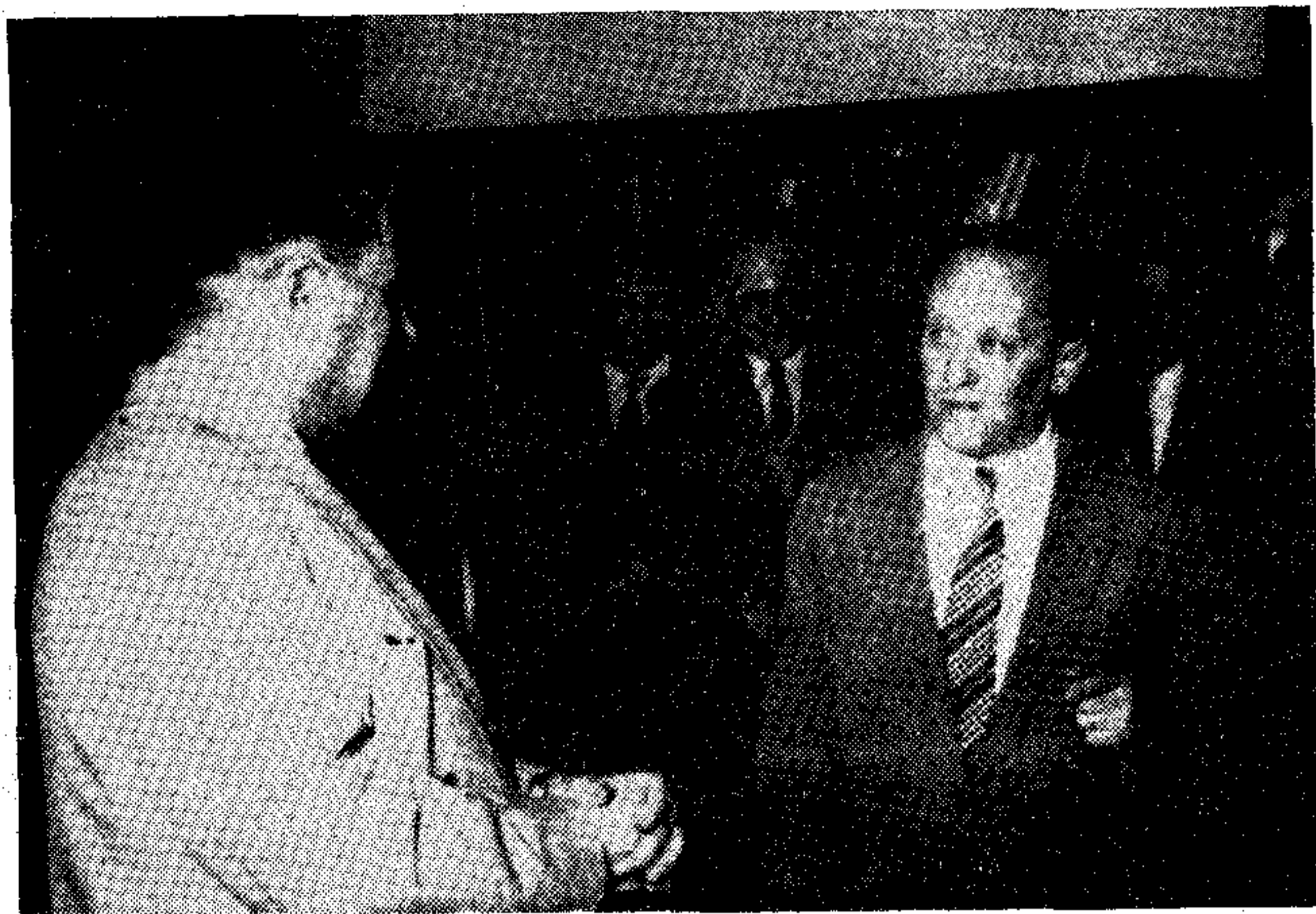


Barta István munkái között szerepel „Impulzustechnika” jegyzet is

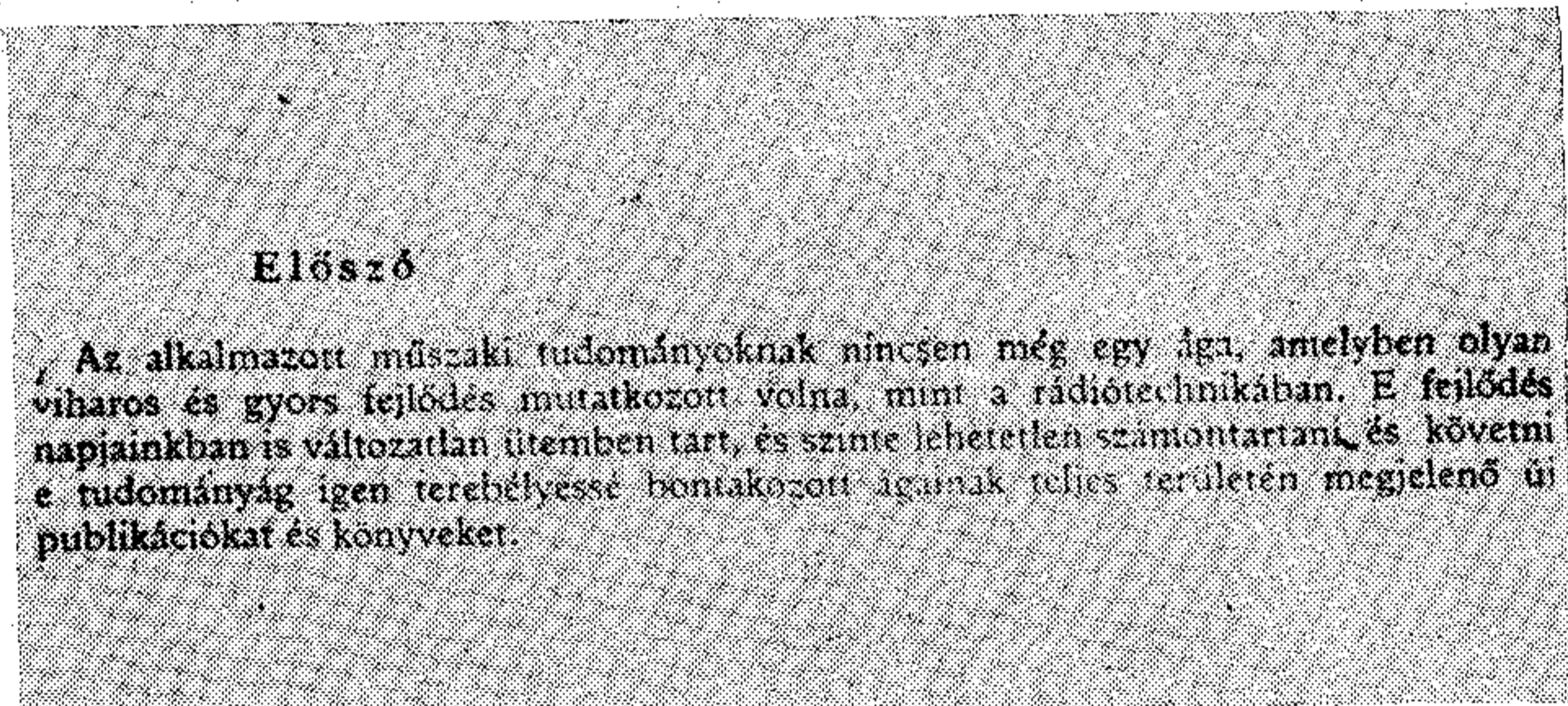
Hasonló módon igen nagy fontosságot tulajdonított az akkor még meglehetősen rövid, néhány éves múlt-ra visszatekintő impulzustechnikának is, mely meggyőződése szerint az addig általánosan elterjedt folytonos hullámú módszerekkel szemben elképzelhetlenül nagy üzembiztonságot és megbízhatóságot képes nyújtani. Mindkét említett területen az azóta eltelt idő messzemenően igazolta ezeknek az elképzeléseknek a helyességét, hiszen napjainkban Magyarországon is a műsorszórás legfontosabb eszköze a televízió, az impulzustechnika pedig megalapozta a napjainkban mindinkább egyeduralkodóvá váló digitális technikát.

Erőteljesen törekedett arra, hogy a tanszék és az ipar között sokrétű és mélyreható kapcsolatok jöjjenek létre. Ez vezette pl. abban, hogy az előzőekben említett híradástechnikai technológiákkal foglalkozó tárgy előadóit is a híradástechnikai ipar legfontosabb területeiről kérte fel. Az együttműködést egy olyan módszerrel is kívánta elősegíteni, amely tulajdonképpen csak a 70-es években vált általánossá. Egy, az 1950-es évek közepén a napi sajtóban is megjelent közleményből idézve „...a Vezetéknélküli Híradástechnika Tanszék szocialista szerződést kötött az Egyesült Izzóval, az ORION gyárral, a EMG-vel és a Kábelgyárral. Ezek a szocialista szerződések állandó és eleven kapcsolatot jelentenek mind az üzemek, mind a tanszéken folyó kutatómunka javára.” Az iparral való kapcsolat egy másik vonatkozását jelentette a mérnöktovábbképzés területén kifejtett tevékenysége: számos kiváló mérnöktovábbképző előadást szervezett, melynek előadóit az ipar akkor még igen kisszámú kiváló szakembere köréből toborozta. A továbbképzést, továbbá a különböző helyeken dolgozó szakemberek kapcsolatának erősítését

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



Barta István és Kozma László



Barta István „Rádiókészülékek és erősítők” c. tankönyvének előszava

tekintette fő feladatának az akkoriban létrejövő MTESZ egyesületekben végzett munkájában is.

Igen nagy fontosságot tulajdonított az egyetemi képzés technológiai problémáinak. Már 1950-től bevezette olyan tárgy oktatását — mint pl. a „Híradástechnikai tömeggyártás” —, amely a híradástechnikai ipar fontosabb technológiáit megfelelő színvonalon tartalmazta. Az 1950-es évek végén Kozma Lászlóval együtt erőteljesen harcolt azért, hogy a villamosmérnöki karon egy technológiával foglalkozó szak is létrejöjjön. Ez a későbbiekben meg is valósult.

A híradástechnikai oktatás megszervezésében Barta István nagy súlyt helyezett a megfelelő fiatal oktatógárda kinevelésére is. Általában a diploma megszerzése után belépő oktatókat a tanszékkel kapcsolatban lévő iparvállalatokhoz (Egyesült Izzó, ORION stb.) küldte legalább féléves szakmai gyakorlatra és többünknek már egyéves tanársegédi működés után saját előadást biztosított.

Az 50-es évek elején belépő tanársegédek közül ma számosan a Kar tanszékvezetői, osztályvezetői és munkájukban próbálják követni azokat a módszereket, amelyeket egykori professzoruktól tanultak. Ma is változatlanul érvényes az elektronikában az a megállapítás, amit Barta István „Rádiókészülékek és erősítők” c. tankönyvének előszavában írt: „Az alkalmazott műszaki tudományoknak nincsen még egy ága, amelyben olyan viharos és gyors fejlődés mutatkozott volna... e fejlődés napjainkban is változatlan ütemben tart.”

Lapunk példányonként megvásárolható:

az V., Váci utca 10. és

az V., Bajcsy-Zsilinszky út 76. szám alatti

hírlapboltokban

Barta István úttörő munkája a hazai televíziózás megteremtésében*

ETO 061.75 Barta István; 621.39 (061.75) Barta István

A Budapesti Műszaki Egyetemen a televíziótechnika oktatását Barta István szervezte meg még abban az időszakban, amikor még csak az első kezdeti lépések történtek meg a televízió magyarországi bevezetésének előkészítésére. Elképzelhető, hogy milyen problémákat kellett megoldani annakidején, ha tekintetbe vesszük, hogy kezdetben nem volt sem kamera, sem elektronikus ábra és szinkron generátor, de még csak egy tv-vevőkészülék sem az országban. Ennek ellenére a rendelkezésre álló külföldi szakirodalom alapján az akkori csöves technikának megfelelő legkorszerűbb rendszertechnikai és áramköri megoldások kerültek be mind a nappali, mind az esti-levelező oktatás tananyagába, sőt a Mérnök-továbbképző Intézet rendezésében igen nagy hallgatóság előtt Barta István személyesen is tartott nagy sikerű előadás-sorozatot az új technika válogatott fejezeteiből. Óriási volt az érdeklődés országszerte a szakemberek körében és a helyzetet talán az jellemzi a legjobban, hogy az ötvenes évek elején beszerzett szovjet gyártmányú, „Leningrád” típusú tv-vevőkészülék „megtekintésére” csoportbeosztást kellett csinálni, olyan nagy tömegben kívánták tanulmányozni az első televízió vevőkészüléket. Egymás után jelentek meg az egyetemi jegyzetek, amelyeket vagy közvetlenül Barta István írt, vagy az ő előadásai alapján egyik-másik tanszéki munkatársa.

Igazi hőskor volt ez, és a kezdeti nehézségek leküzdésében az akkori Vezetéknélküli Híradástechnika Tanszék Barta István vezetésével kivette a maga részét. A jelenlegi Híradástechnikai Elektronika Intézet Rádió, Televízió és Hírközlés Osztálya mind a mai napig ápolja a televízió kutatás-fejlesztés egykori hagyományait, amint erről a továbbiakban még szó fog esni. Előbb azonban visszaemlékezünk az elmúlt idők egyik-másik érdekesebb eseményére.

A műsorszórási magyar televíziózás egy érdekes eseménye zajlott le 1956 májusában, amelyben jelentős szerepet vállalt a Budapesti Műszaki Egyetem Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszéke és a Hadmérnöki Kar Híradó Tanszéke. Az alábbiakban ismertetjük ennek az eseménynek a történetét.

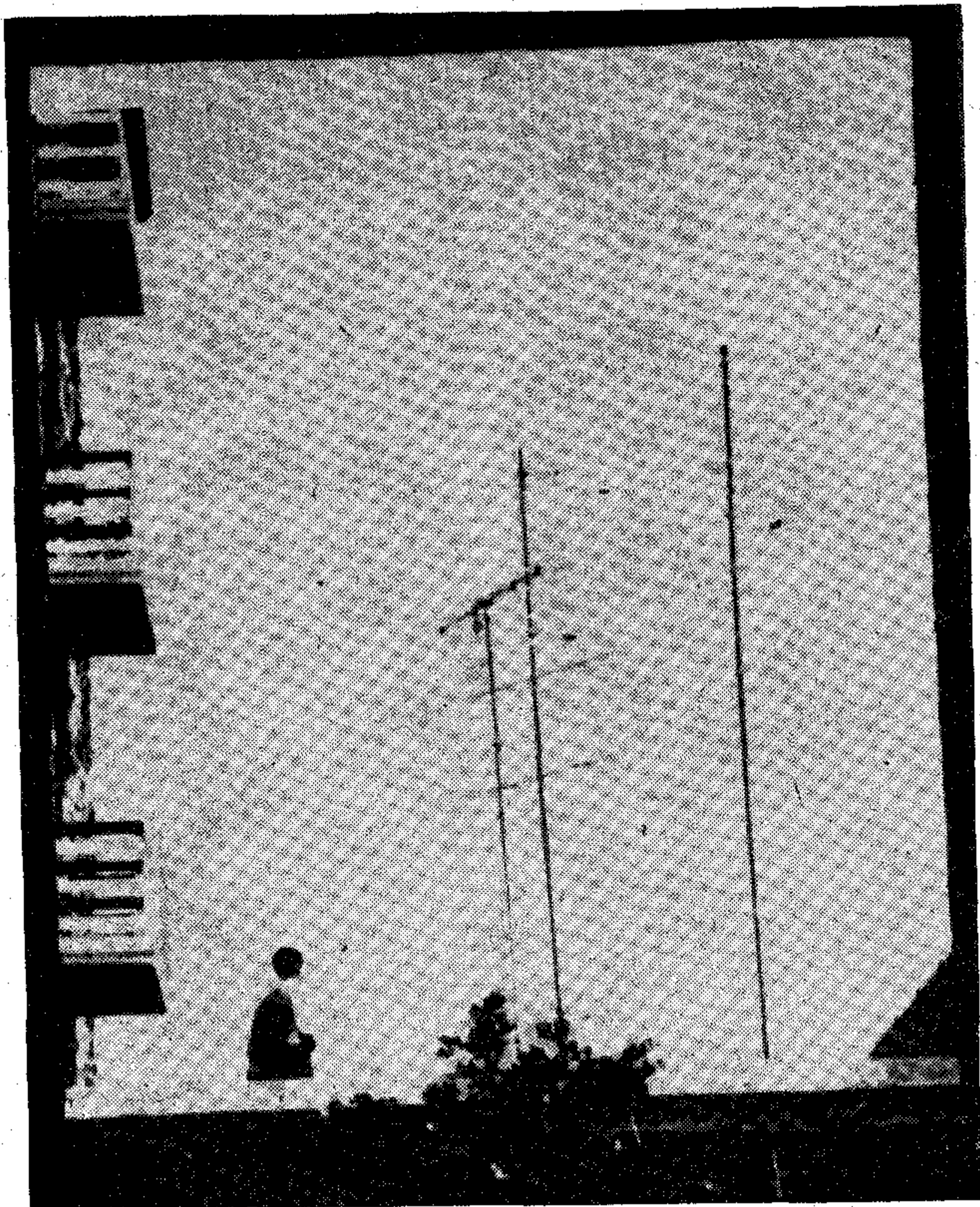
Abban az időben Magyarországon a televízió terjedése még éppen csak elkezdődött, az országnak még csak Budapesten és Pécsen volt tv-adója és a műsor is mozifilmek vetítéséből állt csupán. Egyetlen vevőkészülék típus létezett akkoriban, az ORION gyár AT 501 jelű készüléke, a vevőkészülék darabszáma is igen csekély — mindössze néhány ezer — volt. Nem volt sem kábeles, sem mikrohullámú láncal kiépített modulációs, vagy közvetítő vonal, a helyzetet talán az jellemzi a legjobban, ha elmondjuk, hogy akkoriban a pécsi tv-adó a „leve-

gőből” vette a budapesti adó műsorát és azt sugározta tovább Pécs körzetébe.

Mai szemmel nézve igen kezdetleges állapotok uralkodtak, amikor 1956 májusában sor került egy válogatott labdarúgó-mérkőzésre, az osztrák—magyar küzdelemre, ami a bécsi Práter Stadionban került lejátszásra. Az osztrák televízió a mienkénél lényegesen előrehaladottabb állapotban volt, nekik akkor már volt helyszíni közvetítő kocsijuk kamerákkal felszerelve, így módjukban állt élő közvetítést adni a sporteseményről. Erről kellő időben tudomást szerezvén elhatároztuk, hogy megkíséreljük — a magyar televíziózás történetében első ízben — a közvetítést átvenni és a budapesti tv-adón kisugározni. A munkálatokban — Barta István irányításával — a már említett két tanszék több munkatársa is részt vett. Elgondolásunk az volt, hogy egy jó tv-vevővel a Dobogókő egy adott pontján vesszük a Kahlenberg tetején levő osztrák tv-adó kisugárzott képét, majd az e célra kiképzett video kimenőponton a vevőkészülékről levéve az alapsávi videojelet, azt moduláló jelnek használjuk fel a „közvetítő” lánc bemenetén. Ez a közvetítő lánc lényegében egy rádiolokátorból kiserelt berendezés volt, amely kb 350 MHz frekvencián kétoldalsávú AM-mel volt hivatva továbbítani a bécsi képet a Széchenyi-hegyi tv-adóhoz. Ott egy ugyancsak katonai célra szolgáló vevő vette ezt a jelet, majd ismételt demoduláció után került — most már néhány méteres koaxiális kábelben — a video jel a budapesti tv-adó modulációs bemenetére. Az egész összeállítás főpróbáját még itt lent a városban elvégeztük: az egyetem St épületének tetejéről létesítettünk tv-összeköttetést a Hadmérnöki kar kinizsi utcai épületével, így az átviteli út átívelte a Dunát is. Az előzetes próba jól sikerült, ezután került sor a dobogókői telephely kiválasztására. Sikerült elintéznünk, hogy a Belügyminisztérium üdülőjében egy szobát kapjunk.

Ennek a szobának az erkélye déli fekvésű volt, így a 350 MHz-es sugárzó antennát közvetlenül az erkélyajtóba telepítettük, így aránylag rövid videokábelben lehetett a tv-vevő kimenetéről a videojelet az átjátszó adó modulátor bemenetére csatlakoztatni. A tv-vevő antennáját, ami egy többemeletes dipólfüggöny volt, a közeli lapos tetőn sikerült elhelyezni, ahogy ezt az egykori fényképfelvétel is mutatja. Innen a vevőig szalagkábel vezetett. Az üdülőbeli szoba használatának előfeltétele az volt, hogy gondoskodunk az üdülőben éppen ottlevő vendégek számára is a mérkőzés megtekinthetőségéről. Ezért a vevőantenna nem közvetlenül, hanem egy antennaerősítőn keresztül csatlakozott az átemelő láncban helyetfoglaló tv-vevőre, az erősítő egy másik kimenete adta a társalgóban elhelyezett nagyképernyős tv-vevő számára az osztrák adó jelét.

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



TV vevőantennák a dobogókői telephelyen

Ahhoz, hogy erre az átjátszásra sor kerülhessen, természetesen szükség volt az osztrák televízió engedélyére is. Ezt azonban általunk ismeretlen oknál fogva nem adták meg, így a közvetítésről már kezdtünk lemondani, amikor felmerült egy kiváló mentő ötlet. Megtutuk ugyanis, hogy kísérleti célból egyes műsor-részleteket szabad engedély nélkül is kisugározni. Ezért elhatároztuk, hogy 10–15 perces részleteket fogunk „átadni” a budapesti tv-adónak, a közbenső időben pedig majd a Hargita nevű épületben települt ideiglenes stúdióból filmet fognak bejátszani. Meg kell itt jegyezni azt, hogy az ideiglenesség nem e közvetítésnek volt tulajdonítható, ekkoriban a Magyar Televízió egyetlen stúdiója ez az ideiglenes, a Hargita épület legfelső emeletén kiképzett, néhány szobából álló emelet volt.

Minden előkészület megtörtént tehát, hogy a közvetítés végbe mehessen. Még R20-as katonai adóvevőkkel is felszereltük magunkat a Hadmérnöki Kar jóvoltából, amelyekkel közvetlen rádiós hangösszeköttetés volt a Dobogókő és a Széchenyi-hegy között. A bécsi kommentátor hangját nem adtuk tovább Pestre, hiszen a Magyar Rádió egyébként is közvetítette a sporteseményt, így a tévé hangja is ugyanezt adta.

Elérkezvén a mérkőzés ideje mindenki a megbeszélte feladatát látta el. Sajnos, a szabadtéri terjedés Béctől Dobogókőig — különösen tekintettel az akkori kicsiny, néhány kW-os adóteljesítményre — igen nagy hullámzásokat mutatott: voltak olyan több percig tartó időszakok, amikor a vetett kép szemre egészen kifogástalan volt fenn a Dobogókőn, de ugyancsak előfordultak tartós fadíngek, ilyenkor a jel-zaj viszony lecsökkent néhány dB-es értékre és

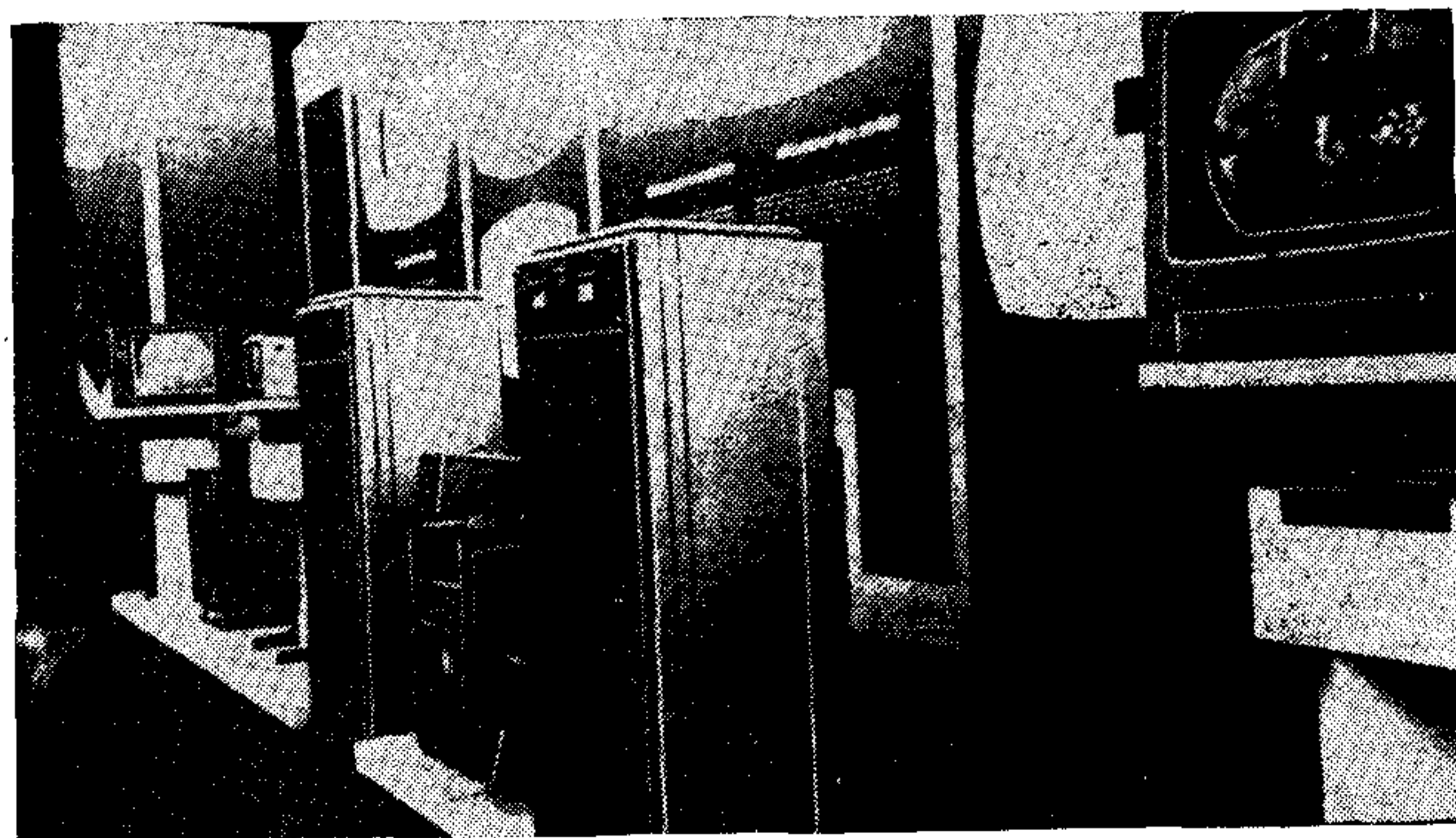
a kép teljesen élvezhetetlenné vált. Megbeszéltük már előre, hogy amikor ezek a jelkimaradások fellépnek, akkor fogják a pesti adóban a képet kicserélni a filmbontó képére és mi majd a rádiótelefonon bemondjuk, hogy mikor látunk javulást a visszakapcsolásra. Az elgondolás jó is volt, de egy váratlan körülmény megzavarta a kevés számú budapesti tv-nézőt: a közbe-közbe bejátszott film ugyanis ugyancsak labadarúgó-mérkőzés volt, egy korábbi filmhíradóból kivéve. Így a tv-nézők nem nagyon értették, hogy lehet hogy Szepesi György pl. meleg helyzetről tudósít a kapu előtt (a hang végig az eredeti közvetítés hangja volt), amikor a képen egészen másutt volt a labda. Idővel azonban rájöttek a megoldásra, különösen mivel az átjátszott kép minősége messze nem érte el a helyben levő filmbontó által szolgáltatott képminőséget, erről aztán jól lehetett tudni, mikor „élő” és mikor „archív” a látott kép.

Végül is a közvetítés lezajlott, sajnos a képernyőről készült fotók időközben elvesztek, így csak az emléke van meg ennek az eseménynek azokban, akik akár cselekvői, akár nézői voltak az egésznek.

Barta István vezetése mellett a további években egyre intenzívebben bontakozott ki az akkor még Vezetéknélküli Híradástechnika Tanszéken a televízió kutató-fejlesztő munkája, így többek között a kutatócsoport munkája nyomán került megépítésre és az 1964. évi Nemzetközi Vásáron bemutatásra az első magyar gyártmányú színes diabontó berendezés. Jelentősen hozzájárult e csoport a fekete-fehér és színes tv-méréstechnika kifejlesztéséhez, mind a hazai, mind a nemzetközi (IEC) téren azóta szabványosított mérési eljárások egy része innét származik.

E kutató-fejlesztő munkák keretében sikerült eredményt elérni a hazánkban is bevezetett SECAM rendszerű színes tv kódolási rendszer továbbfejlesztésében. A nemzetközi műsorcserek egyik előfeltétele az információvesztés nélküli átkódolási eljárás megoldása. A SECAM rendszerű kódolás egy kismértékű módosításával elérhető, hogy ez a jel ugyanúgy kezelhető az átkódolóban, mint a PAL rendszerű jel és ehhez a módosításhoz nem szükséges a már meglévő vevőkészülékek, vagy adóberendezések módosítása. Ennek az ún. TRANSECAM rendszernek a kidolgozása is e kutatócsoport érdeme, nemzetközi bevezetése sajnos, iparjogi problémák miatt mind ez ideig nem történt meg.

Ipari megbízás alapján került sorra az a több évig



Az első magyar gyártmányú színes diabontó berendezés az 1964. évi BNV-n

tartó kutató-fejlesztő munka, amelynek célja olyan új kódoló-dekódoló eljárások kidolgozása volt, amelyek mentesek a PAL szabadalmi védettségétől. Erre a magyar iparnak alapvetően azért volt szüksége, mert nem állt módjában sem PAL (vagy PAL-SECAM) tv-vevők, sem PAL kóderek előállítására a már említett (és mind ez ideig megvásárolhatatlan) szabadalmi védettségek miatt. E munka, amelynek induló fázisa még Barta István vezetése alatt indult a már Híradástechnikai Elektronika Intézet Rádió Televízió és Hírközlés Osztályán, teljes sikert hozott: több különböző eljárás is született, amelyek számos európai és tengerentúli országban szabadalmazásra kerültek és ezen eredmények ipari hasznosítása ez idő szerint folyamatban van a híradástechnikai iparban.

Az Intézet Rádió, Televízió és Hírközlés Osztálya jelenleg már egészen új témán dolgozik: egy új tele-

víziós szolgáltatás, a magyarul Képujságnak elkeresztelt idegen szóval Teletext rendszernek a hazai bevezetését készíti elő. Ezzel lényegében az első jelentős lépést teszi meg a televízió vételtechnika területén az analóg jelfeldolgozásnak a digitálisra való áttérése terén. Az eszközválaszték jelenlegi helyzete és fejlődésének perspektívája egyaránt azt sugallja, hogy a közeli jövőben számolni kell a digitális jelfeldolgozási eljárások tömeges elterjedésével és az a televízió vevőkészülékekben is alapvető változásokat fog magával hozni. Erre már most fel kell készülni. Ebben a munkában is segítségünkre van az a Barta István által ránhagyott örökség, amely megtanított bennünket arra, hogy mindig rajta tartsuk kezünket a fejlődés ütőerein és igyekezzünk kivenni a részünket egy újabb, egy jobb technikának a megteremtésében.

SZEMLE

Összeállította: BALOGH PÁL*

A 19. században Hollerith nevéhez fűződik a lyukkártya felhasználása adathordozóként. Az adatok mennyisége azonban rohamosan nőtt, s ez az 1. típusú technológia nehézkessé, munkaigényessé és lélekölővé válik. A 2. típusú technológia elsősorban a papíradathordozó hátrányait igyekezett megszüntetni, így jöttek létre az off-line adatrögzítő berendezések: a mágnesszalagra, mágneskazettára, diszkettére rögzítő berendezések. Ezek a berendezések azonban mind magukban hordozzák az eredeti lyukkártyás alapelv hátrányát: ahhoz, hogy az adatok helyességéről meggyőződhessünk, többszörös adatfelvételezés szükséges. A mai, modern mikroprocesszorral vezérelt ún. intelligens adatrögzítő terminálok elvégzik az adatmezők közötti logikai összefüggések ellenőrzését. Egy olyan miniszámítógéphez, amely 266 MByte-os háttér-lemezkapacitással rendelkezik, 128 k-s kiépítés esetén 48 helyi, vagy távadat-átvitel útján csatlakozó intelligens adatfelvételező terminál használható. (*Data Processing, 1978. nov. [609]*).

*

A Constans Communications Ltd. (Ontario, Can.) két évvel ezelőtt kezdett el dolgozni a fényvezető-iránycsatolók kifejlesztésén, valamint a beiktatási csillapítás meghatározásán. A Canstar kutatói eljutottak arra a szintre, hogy 40 db irányhatóságú iránycsatolókat tudnak készíteni 1 db beiktatási csillapítással. Az ára sem különbözik lényegesen a mikrohullámú iránycsatolók árától. Az iránycsatoló alapelve itt is olyan négypóluspár, amelynél az egyik póluspáron betáplált energia előírt módon osztódik két másik póluspárra. A Canstar iránycsatolójának elvi felépítése is hasonlít a mikrohullámú iránycsatolóra, a gyakorlati megvalósítást a fényvezetés szabta meg. A Canstar iránycsatolójának rendkívüli előnye, hogy mind műanyag, mind üvegbetétes, mind lépcsősen, mind folyamatosan változó törésmutatójú fényvezetőhöz használható. (*Electronics, 1978. okt. 26. [610]*).

*

A japán Matsushita Electric cég mindössze 7 W fogyasztású, 11,5 cm átlóméretű színes tv-vevőkészüléket fejlesztett ki, amelyben egy elektronágyus, egysugaras képcsövet alkalmaznak. Az új cső alkalmazásával nincs szükség árnyékoló maszkra.

Ehelyett az ernyőre felvitt lumineszcens anyag ultraibolya sugarakat bocsát ki, amelyet fotosokszorozó a sugarat vezérlő villamos jellé alakít.

A tv-készülék hat Ni-Cd elemről üzemeltethető. Az új készülékek exportját 1979 tavaszán kezdték meg. (*IEEE Spectüme, 1978. nov. [611]*).

A japán Tokyo Shibaura Electric Co. Ltd. EBM—10 típusú elektronsugaras maszkmegvilágító berendezést hozott kereskedelmi forgalomba 4 millió DM-nek megfelelő áron. A berendezés, amelyet állami támogatással fejlesztettek ki, olyan raszterletapogató módszerrel dolgozik, amelynél a beírási, illetve a megvilágítási folyamat úgy zajlik le, hogy az elektronsugarat az egyik irányba kis amplitudóval eltérítik, mialatt a szubsztrátumot erre merőlegesen mozgajták. A beírási sebesség független a maszkminta komplexitásától.

Egy 100 × 100 mm²-es lapka min. 2 μ-os vonalszélességgel 58 perc alatt írható le. A lapkaadagolás lehet automatikus (10-es blokkokban) vagy történhet egyenként. A rendszernek három beíró-üzemmódja van. Az elektronsugár átmérője 0,25; 0,5; vagy 1 μ-ra állítható aszerint, hogy a vonalszélesség 1, 2 vagy 4 μ-os.

A maszkminták dimenziói tetszés szerint kicsinyíthetők vagy nagyíthatók, s így a berendezés nemcsak kísérleti célokra, hanem tömeggyártásra is alkalmas. A sugárforrás speciális bór-lantan katód. (*Elektronik, 1978. nov. 2. [612]*).

*

A félvezetőlézereket széles körben alkalmazzák (pl. optikai üvegszálas távközlő rendszerek esetén). Az alkalmazás során nehézséget jelent az, hogy a félvezetőlézerek sugárkötege — természetes tulajdonságainak megfelelően — erősen divergens, ellentétben a szükséges szűk sugár-nyalábbal. A hagyományos lézerek gyakran 40°-nál nagyobb divergenciáját lencsékkel csökkentik.

A North American Philips Corporation (NAPD/USA) munkatársai olyan eljárást alakítottak ki, amelynek segítségével a félvezetőlézer lencsét alakít ki saját maga számára. Az eljárás a következő: a lézer felületére — a sugárnyaláb ki lépésének helyén — néhány mikrométer vastagságú negatív fotolakk (olyan lakk, amely megvilágítás hatására megkeményedik) réteget visznek fel. A következő fázisként alkalmazott ibolyántúli sugárzás hatására a lakk megkeményedik. A harmadik fázis egy újabb lakkréteg felvitele és a lézer bekapcsolása.

A lézerfényvel történő néhány órás megvilágítás hatására ennek a második rétegnek a lézerfényvel nem besugárzott részei eltávolodnak úgy, hogy ott, ahol a lézer fénye kilép, egy lencse marad vissza. Így a sugárnyaláb divergenciája a felére csökken, de az összteljesítmény változatlan marad. (*VDI Nachrichten, 1978. dec. 29. [613]*).

(Folytatás a 309. oldalon.)

Szóráscsökkentő mintavételi módszerek alkalmazása lineáris hálózatok Monte Carlo analízisének gyorsítására

ETO 519.245.621.3.011.71

Egy hatékony statisztikus áramköranalízis programrendszer kidolgozása érdekében rendkívül széles fronton indítható kutatás (direkt vagy szimulációs módszerek; statisztikus eszközmodellezés; statisztikus mintavételezés és becslés; ismételt hálózatanalízis; számítástechnikai vonatkozások stb.). A sokféle területen jelentkező lehetőségek közül jelen dolgozatban azokra a speciális statisztikus módszerekre hívom fel a figyelmet — és röviden beszámolok az elért eredményekről — melyekkel a statisztikus áramköranalízis szimulációs módszere (Monte Carlo módszer) csupán mintavételezési és becslési fogások alkalmazásával (apriori információ felhasználásával) gyorsabbá tehető.

A szóráscsökkentő mintavételi módszerek ötletei a matematikai statisztikai irodalmában viszonylag régen ismertek [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Az elektronikus áramkörök Monte Carlo típusú analízisében történő alkalmazásukra több javaslat és kísérlet történt már [7, 8, 9, 10], azonban ezek még vagy csak ötlet formájában ismertek, vagy nem elég hatásosak, vagy alkalmazhatósági területük nagyon szűk.

Jelölések

$E\{\eta\}$ az f_η sűrűségfüggvényű η valószínűségi változó várható értéke:

$$E\{\eta\} = \int_{-\infty}^{\infty} t \cdot f_\eta(t) dt,$$

$E\{\eta^i\}$ az η valószínűségi változó i -edik momentuma,

$\text{var}\{\eta\}$ az η valószínűségi változó szórásnégyzete: $\text{var}\{\eta\} = E\{\eta^2\} - E^2\{\eta\}$,

$\text{cov}\{\eta, \vartheta\}$ az η és ϑ valószínűségi változók kovariancia együtthatója:

$$\text{cov}\{\eta, \vartheta\} = E\{\eta \cdot \vartheta\} - E\{\eta\} \cdot E\{\vartheta\},$$

$\text{cor}\{\eta, \vartheta\}$ az η és ϑ valószínűségi változók korrelációs együtthatója:

$$\text{cor}\{\eta, \vartheta\} = \frac{\text{cov}\{\eta, \vartheta\}}{\sqrt{\text{var}\{\eta\} \cdot \text{var}\{\vartheta\}}},$$

$\bar{\eta}$ mintaelemek átlaga:

$$\bar{\eta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i,$$

a felülvonás mindig n darab azonos eloszlású, független valószínűségi változó számtani közepét jelenti,

\hat{a} a sapka az a statisztikus jellemzőire a mintaelemekből számított becslést jelenti.

Általános áttekintés

A statisztikus áramkör analízis feladata a következőképpen fogalmazható meg: Adott az áramkör topológiája, az áramköri elemek $x_0 = \{x_{10}, x_{20}, \dots, x_{k0}\}$ névleges értékei és a $\xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k\}$ áramköri paraméterek, mint valószínűségi változók együttes F_ξ eloszlása, ill. f_ξ sűrűség függvénye és ezek ismeretében meghatározandók a $\psi = h(\xi)$ hálózatjellemzőnek, mint valószínűségi változónak a statisztikus tulajdonságai. Általában a h hálózatfüggvény az áramköri paraméterek bonyolult nemlineáris függvénye.

A szokásos szimulációs eljárás (Szimpla Monte Carlo, SMC) során az áramköri paraméterekre az eredeti F_ξ eloszlásuknak megfelelően sorsolunk ki véletlen számokat, majd gyors analízissel meghatározzuk a ψ hálózatjellemző értékét. A ψ hálózatjellemzőre kapott n elemű mintától számítjuk a statisztikus jellemzők (várható érték, szórásnégyzet, selejtarány, sűrűségfüggvény, regressziós együtthatók stb.) becslésül szolgáló statisztikákat.

A mintaelemek és a belőlük számított statisztikák, azaz becslések valószínűségi változók. Egy a statisztikus jellemzőre adott \hat{a} becslés pontosságát a legegyszerűbben és a legpontosabban a becslés var $\{\hat{a}\}$ szórásnégyzetével jellemezhetjük. (Mivel az alkalmazott becslések általában közel normális eloszlásúak, így a becslések pontosságának szemléletes mértékül szolgáló konfidencia intervallumokat var $\{\hat{a}\}$ ismeretében könnyen számíthatjuk [10]). Az alkalmazott becslések szórásnégyzete aszimptotikusan ($n \rightarrow \infty$) mindig fordítva arányos az n mintanagysággal. Ezt figyelembe véve eredeti feladatunk, mely szerint az adott pontosság (var $\{\hat{a}\}$) eléréséhez szükséges n mintanagyságot akarjuk csökkenteni (ezzel gyorsítva a Monte Carlo analízist), ekvivalens azzal, hogy adott n mintanagyság esetén olyan becsléseket konstruáljunk, melyeknek szórásnégyzete lehetőleg minimális.

Három szóráscsökkentő mintavételi és becslési eljárás — módosított eloszlás szerinti mintavételezés MEM, kontrol változó alkalmazása KVA, összerendelt mintapárok alkalmazása ÖMA — elvét, lehetőségeit tekintjük át. Egy becslés HN hatásosságán azt

értjük, hogy hányszor kevesebb mintaelemből ad az SMC módszerrel azonos pontosságú becslést. A speciális módszerek hatékonyságának szisztematikus feltárásakor mind a négy eljárásra (SMC, MEM, KVA, ÖMA) az $m = E\{\psi\}$ várható értéket, a $\sigma^2 = \text{var}\{\psi\}$ szórásnégyzetet, a $\mu^2 = E\{(\psi - y_0)^2\}$ névleges értékre vonatkozó másodrendű momentumot és az $SA = 1 - P\{y_- \leq \psi \leq y_+\}$ (y_-, y_+ a hálózatjellemzőre adott toleranciahatárok) selejtarányt illetően a következő számításokat és statisztikák előállítását kell elvégezni ($a = m, \sigma^2, \mu^2, SA$):

a definiáljuk a becsülendő jellemzőt,
 \hat{a} becslésére egy olyan statisztikát állítunk elő, mely legalább
 $\lim_{n \rightarrow \infty} E\{\hat{a}\} = a$ aszimptotikusan torzítatlan,
 $\text{var}\{\hat{a}\} \rightarrow \min$ szórásnégyzete lehetőleg minimális,
 $\text{vár}\{\hat{a}\}$ a becslés szórásnégyzetének becslése aszimptotikusan torzítatlan legyen
 $HN = \frac{\text{var}\{\hat{a}_{SMC}\}}{\text{var}\{\hat{a}\}} \Big|_{n=n_{SMC}}$ az SMC-hez viszonyított hatékonyság növekedés kifejezése (elméleti értéke)
 \widehat{HN} és becslése, mely szintén aszimptotikusan torzítatlan legyen.

*Az \hat{a} , vár $\{\hat{a}\}$ és \widehat{HN} becsléseket az ún. momentumok módszerét alkalmazva [5] konstruálhatjuk meg.

Ha a becsülendő mennyiséget, pl. var $\{\hat{a}\}$ -t előállítjuk olyan valószínűségi változók momentumainak függvényeként, melyekre mintát gyűjtünk, a momentumokat pedig a mintából számított átlagokkal becsüljük, akkor olyan, pl. vár $\{\hat{a}\}$ becsléseket kapunk, melyek torzítatlanok és konzisztensek, azaz vár $\{\hat{a}\}$ sztochasztikusan konvergál var $\{\hat{a}\}$ elméleti értékhez.

A mintavételi módszerek elvének összefoglalása az 1. táblázatban található. A táblázat első oszlopában a módszert jelöltük meg. A második oszlopban a tolerált áramköri elemekre sorolt valószínűségi változót (ξ vagy ξ^*) és sűrűségfüggvényüket (f_ξ , ill. f_{ξ^*}) — mely szerint sorsolásuk történik — tüntettük fel. ξ -vel jelöltük az áramköri paramétereket, melyek az eredeti, az analízis elején megadott statisztikus tulajdonságokkal (általában f_ξ sűrűségfüggvénnyel) rendelkező valószínűségi változók. A módosított eloszlás szerinti mintavételezésnél és esetleg az össze-rendelt mintapárok alkalmazásánál is a szimuláció során nem (ill. nem csak) az eredetileg adott f_ξ eloszlás szerint sorsolunk, hanem egy, az alkalmazott módszer által adódó f_{ξ^*} sűrűségfüggvény szerint is.

A harmadik oszlopban azokat a valószínűségi változókat tüntettük fel (a sorsolt értékek valamilyen függvényeit), melyekre, ill. melyek vegyes és maga-

1. táblázat

Módszer	Sorsolás	Mintagyűjtés	Becslés
SMC	$\xi \quad f_\xi(x)$	$\psi = h(\xi)$	$\hat{E}\{\psi\} = \hat{m} = \bar{\psi}$ $\hat{E}\{(\psi - y_0)^2\} = \hat{\mu}^2 = \overline{(\psi - y_0)^2} = \bar{\psi}^2 - 2y_0\bar{\psi} + y_0^2$ $\text{vár}\{\psi\} = \hat{\sigma}^2 = \overline{(\psi - \bar{\psi})^2} = \bar{\psi}^2 - \bar{\psi}^2$ $\widehat{SA} = \overline{SI(\psi)}$
MEM	$\xi^* \quad f_{\xi^*}(x)$	$\psi^* = h(\xi^*)$ $w = \frac{f_\xi(\xi^*)}{f_{\xi^*}(\xi^*)}$	$\hat{E}\{\psi\} = \hat{m} = \overline{\psi^* w}$ $\hat{E}\{(\psi - y_0)^2\} = \hat{\mu}^2 = \overline{(\psi^* - y_0)^2 \cdot w} = \overline{\psi^{*2} \cdot w} - 2y_0\overline{\psi^* w} + y_0^2 \bar{w}$ $\text{vár}\{\psi\} = \hat{\sigma}^2 = \overline{(\psi^* - \overline{\psi^* w})^2 w} = \overline{\psi^{*2} \cdot w} - 2\overline{\psi^* w}^2 + \overline{\psi^* w}^2 \cdot \bar{w}$ $\widehat{SA} = \overline{SI\{\psi^*\} \cdot w}$
KVA	$\xi \quad f_\xi(x)$	$\psi = h(\xi)$ $\psi^* = h(\xi^*)$	$\hat{E}\{\psi\} = \hat{m} = \alpha \cdot E\{\psi^*\} + \bar{\psi} - \alpha \cdot \bar{\psi}^*$ $\hat{E}\{(\psi - y_0)^2\} = \hat{\mu}^2 = E\{\psi^{*2}\} - y_0^2 + \bar{\psi}^2 - \bar{\psi}^{*2} - 2y_0(\bar{\psi} - \bar{\psi}^*)$ $\text{vár}\{\psi\} = \hat{\sigma}^2 = \alpha_1 \cdot E\{\psi^{*2}\} - \alpha_2 y_0^2 + \bar{\psi}^2 - \bar{\psi}^2 - \alpha_1 \bar{\psi}^* + \alpha_2 \bar{\psi}^{*2}$ $\widehat{SA} = \alpha \cdot E\{SI(\psi^*)\} + \overline{SI(\psi)} - \alpha \cdot \overline{SI(\psi^*)}$
ÖMA	$\xi \quad f_\xi(x)$ $\xi^* \quad f_{\xi^*}(x)$ $\xi^* = P(\xi)$	$\psi = h(\xi)$ $\xi^* = h(\xi^*)$ $w = \frac{f_\xi(\xi^*)}{f_{\xi^*}(\xi^*)}$	$\hat{E}\{\psi\} = \hat{m} = 0,5 \cdot (\bar{\psi} + \bar{\psi}^*)$ $\hat{E}\{(\psi - y_0)^2\} = \hat{\mu}^2 = 0,5 \cdot (\bar{\psi}^2 + \bar{\psi}^{*2} - 2y_0(\bar{\psi} + \bar{\psi}^*) + 2 \cdot y_0^2)$ $\text{vár}\{\psi\} = \hat{\sigma}^2 = 0,5(\bar{\psi}^2 - \bar{\psi}^2 + \bar{\psi}^{*2} - \bar{\psi}^{*2})$ $\widehat{SA} = 0,5 \cdot (\overline{SI(\psi)} + \overline{SI(\psi^*)})$

sabbrendű momentumaira az adott módszernél mintát gyűjtünk. ψ -vel jelöltük az eredeti feltételekhez (f_{ξ} sűrűségfüggvényű áramköri paraméterekhez) tartozó hálózatjellelmezőt. Minden egyes módszernél végül is ennek a valószínűségi változónak a statisztikus jellemzőit akarjuk becsülni.

A táblázat negyedik oszlopában a módszerre jellemző, az esetek többségében az eddigi tapasztalatok szerint is hatásos becslést adó statisztikákat tüntettük fel. Ezen (és ehhez hasonló) becslések pontosságát jellemző szórásnégyzetek algebrai kifejezéseit — melyek kiszámítása tulajdonságaik analitikus és szimulációs (számszerű futtatási eredmények alapján való) vizsgálata [11] egyébként jelen munka alapvető célja — terjedelmi okok miatt nem soroljuk fel, csupán a következtetéseket ismertetjük és futtatási eredményeket értékelünk.

A továbbiakban az egyes szóráscsökkentő eljárások elvét tekintjük át. Az alapötletekből adódó technika illusztrálása céljából néhány egyszerűbb becslés konstruálásának lépéseit is megmutatjuk, természetesen a részletszámítások mellőzésével.

Módosított eloszlás szerinti mintavételezés MEM

Ennél a módszernél az áramköri paraméterekre az eredeti f_{ξ} sűrűségfüggvényük helyett egy másik, célszerűen megválasztott f_{ξ^*} sűrűség szerint sorsolunk ki értékeket. A $\psi=h(\xi)$ hálózatjellelmező statisztikus tulajdonságairól az így kapott mintából a szokásos statisztikákkal természetesen semmit sem mondhatunk, de a becslésekben használt megfelelő f_{ξ} és f_{ξ^*} -től függő w súlyokat alkalmazva, a sorsolásnál elkövetett adott esetben igen lényeges torzítás kompenzálható.

Az 1. táblázatban található statisztikák a sorsolásnál alkalmazott f_{ξ^*} sűrűségfüggvénytől függetlenül torzítatlan (ill. aszimptotikusan torzítatlan) becslések. Ezen becslések szórásnégyzete azonban az f_{ξ^*} többváltozós függvény megválasztásától már nagy mértékben függ. Ez ad lehetőséget torzítatlan, minimális (vagy legalább csökkentett) szórásnégyzetű becslések alkalmazására. A feladat tehát a becslések szórásnégyzetét minimalizáló f_{ξ^*} többdimenziós sűrűségfüggvény meghatározása, mely függ az áramköri paramétereknek az eredeti F_{ξ} eloszlásától, a $h(x)$ hálózat függvényétől, továbbá a hatásosabbá teendő statisztika szerkezetétől. Ez utóbbi tulajdonságban rejlik egyébként a módszer egyik hátránya: nem lehet szimultán csökkenteni a különböző becslések szórásnégyzetét.

Az áramköri paraméterek valamilyen $\mathcal{H}(h(\xi))$ függvényének, (mely függvény tartalmazza a h hálózatfüggvényt) $a=E\{\mathcal{H}(h(\xi))\}$ várható értékeként definiálható statisztikus jellemzők ($a=m, \mu^2, SA$) esetén könnyen belátható, hogy

$$E\{\mathcal{H}(h(\xi))\} = E\left\{\mathcal{H}(h(\xi^*)) \cdot \frac{f_{\xi}(\xi^*)}{f_{\xi^*}(\xi^*)}\right\} = E\{\mathcal{H}(h(\xi^*)) \cdot w(\xi^*)\}$$

amiből következik, hogy az egyszerű mintavételezésnél alkalmazott

$$\hat{a}_{SMC} = \overline{\mathcal{H}(h(\xi))}$$

becsléshez hasonlóan az

$$\hat{a}_{MEM} = \overline{\mathcal{H}(h(\xi^*)) \cdot w(\xi^*)}$$

becslés is torzítatlan, azonban a var $\{\hat{a}_{SMC}\}$ és a var $\{\hat{a}_{MEM}\}$ szórásnégyzetek már nagymértékben különbözhetnek. Kimutatható, hogy var $\{\hat{a}_{MEM}\}$ elméletileg elérhető minimumához az

$$f_{\xi^*}(x) = \frac{|\mathcal{H}(h(x))| \cdot f_{\xi}(x)}{\int_{-\infty}^{\infty} |\mathcal{H}(h(x))| \cdot f_{\xi}(x) \cdot dx}$$

sűrűség szerint kell sorsolni [11].

Mivel a h hálózatfüggvényt explicit formában nem ismerjük, így ez az elméleti optimumot biztosító f_{ξ^*} sűrűségfüggvény sem áll rendelkezésünkre. Viszont az y_0 névleges érték és az

$$S_i = \left. \frac{\partial h(x)}{\partial x_i} \right|_{x=x_0}$$

differenciális érzékenységek ismeretében a hálózatfüggvényre a

$$\tilde{h}(x) = y_0 + \sum_{i=1}^k S_i(x_i - x_{i0})$$

közelítést felhasználva, f_{ξ^*} kifejezésében $h(x)$ helyére helyettesítve, már explicite ismerjük azt az \tilde{f}_{ξ^*} sűrűségfüggvényt, melyet alkalmazva közel optimális becsléseket kaphatunk. További feladat ezek után az adott \tilde{f}_{ξ^*} együttes sűrűségfüggvényének megfelelő, jellemzően nem független (az együttes sűrűségfüggvény nem egyváltozós sűrűségek szorzata) véletlen számok előállítására algoritmust adni.

Egy $f_{\xi}(t_1, t_2, \dots, t_k)$ sűrűségfüggvénnyel rendelkező $\xi = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k\}$ vektor valószínűségi változóra véletlen számokat a következő elv szerint állíthatunk elő [11]:

Jelöljük $f_i(t_1, t_2, \dots, t_i)$ -vel az első i darab $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_i$ valószínűségi változó sűrűségfüggvényét. Ezt $f_{\xi}(t)$ -ből a következőképpen kapjuk:

$$f_i(t_1, t_2, \dots, t_i) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f_{\xi}(t_1, \dots, t_i, t_{i+1}, \dots, t_k) dt_{i+1}, \dots, dt_k$$

Az $f_i(t_1, t_2, \dots, t_i)$ függvények ismeretében előállíthatjuk a következő feltételes sűrűségfüggvényeket:

$$f_{i|\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{i-1}}(t_i) = \frac{f_i(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{i-1}, t_i)}{f_{i-1}(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{i-1})}$$

Ezek után az $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k$ független, (0,1)-ben egyenletes eloszlású valószínűségi változóknak megfelelő véletlen számok ismeretében, az alábbi

$$\int_{-\infty}^{\xi_1} f_1(t_1) dt_1 = \eta_1$$

$$\vdots$$

$$\int_{-\infty}^{\xi_1} f_i/\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{i-1}(t_i) dt_i = \eta_i$$

$$\vdots$$

$$\int_{-\infty}^{\xi_k} f_k/\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_{k-1}(t_k) dt_k = \eta_k$$

egyenletrendszer $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k$ -ra megoldva az $f_\xi(t)$ sűrűségfüggvényű ξ vektor valószínűségi változóra kapunk véletlen számokat.

A fontosság szerinti mintavételezés technikájának illusztrációjaként röviden tekintsük át a $\mu^2 =$

$$\text{var} \{\hat{\mu}_{\text{SMC}}^2\} = \frac{1}{n} \cdot (E\{\psi^4\} - E^2\{\psi^2\} + 4y_0^2(E\{\psi^2\} - E^2\{\psi\}) - 4y_0(E\{\psi^3\} - E\{\psi^2\} \cdot E\{\psi\}))$$

$$\text{var} \{\hat{\mu}_{\text{MEM}}^2\} = \frac{1}{n} \cdot (E\{\psi^{*4}w^2\} - E^2\{\psi^*w\} + 4y_0^2(E\{\psi^{*2}w^2\} - E^2\{\psi^*w\}) + y_0^4(E\{w^2\} - E^2\{w\}) - 4y_0(E\{\psi^{*3}w^2\} - E\{\psi^{*2}w\} \cdot E\{\psi^*w\}) + 2y_0^2(E\{\psi^{*2}w^2\} - E\{\psi^{*2}w\} \cdot E\{w\}) - 4y_0^3(E\{\psi^*w^2\} - E\{\psi^*w\} \cdot E\{w\}))$$

Ezen összefüggések alapján a momentumok módszerét használva kapjuk meg a $\hat{\mu}^2$ becslések var $\{\hat{\mu}^2\}$ szórásnégyzetének vár $\{\hat{\mu}^2\}$ becsléseit.

Tételezzük fel, hogy a ξ_i áramköri paraméterek eredetileg független, az $(x_{i0} - \delta_i, x_{i0} + \delta_i)$ intervallumon egyenletes eloszlásúak. Az áramköri paraméterek optimális f_{ξ^*} sűrűségfüggvényének — a sorsolásnál ezt a sűrűséget használva lesz var $\{\hat{\mu}_{\text{MEM}}^2\}$ minimális — az S_i differenciális érzékenységek felhasználásával approximált \tilde{f}_{ξ^*} alakja:

$$\tilde{f}_{\xi^*}(x) = \frac{(\tilde{h}(x) - y_0)^2 f_\xi(x)}{\int_{-\infty}^{\infty} (\tilde{h}(x) - y_0)^2 \cdot f_\xi(x) dx} =$$

$$= \frac{3 \cdot \left(\sum_{i=1}^k S_i (x_i - x_{i0}) \right)^2}{2^k \cdot \prod_{i=1}^k \delta_i \cdot \sum_{j=1}^k S_j \delta_j^2}$$

ha $|x_i - x_{i0}| \leq \delta_i$ minden i -re, különben nulla.

A véletlen szám generátor, mely az áramköri paraméterekre ezen $\tilde{f}_{\xi^*}(x)$ együttes sűrűségfüggvény szerint állít elő $\xi_1^*, \xi_2^*, \dots, \xi_k^*$ véletlen számokat a következő algoritmus szerint működik:

1. lépés:

$$A_1 = S_1^2$$

$$B_1 = 0$$

$$E_1 = \sum_{j=2}^k S_j \delta_j^2$$

$$D_1 = \delta_1 \cdot (E_1 + A_1 \cdot \delta_1^2) - 2 \cdot \eta_1 \cdot \delta_1 \cdot (E_1 + S_1^2 \cdot \delta_1^2)$$

$= E\{(\psi - y_0)^2\}$ névleges értékre vonatkozó másodrendű momentum becslésének az esetét.

Az egyszerű mintavételezésnél alkalmazott

$$\hat{\mu}_{\text{SMC}}^2 = \overline{(\psi - y_0)^2} = \overline{\psi^2} - 2y_0 \cdot \overline{\psi} + y_0^2$$

becslés és a módosított eloszlás szerinti mintavételezésnél alkalmazott

$$\hat{\mu}_{\text{MEM}}^2 = \overline{(\psi^* - y_0)^2 w} = \overline{\psi^{*2} \cdot w} - 2y_0 \overline{\psi^* w} + y_0^2 \overline{w}$$

ahol

$$w = \frac{f_\xi(\xi^*)}{f_{\xi^*}(\xi^*)}$$

becslés egyaránt torzítatlan, azaz

$$E\{\hat{\mu}_{\text{SMC}}^2\} = E\{\hat{\mu}_{\text{MEM}}^2\} = \mu^2$$

A becslések szórásnégyzete azonban már különbözik. A szórásnégyzeteket ψ ill. ψ^* és w momentumai-val kifejezve a következőket kapjuk:

$$\Delta \xi_1^* = \text{CARD}(A_1, B_1, E_1, D_1)$$

$$\xi_1^* = x_{10} + \Delta \xi_1^*$$

2. lépés,

$$i = 2, 3, \dots, k:$$

$$A_i = S_i^2$$

$$B_i = \left(\frac{B_{i-1}}{S_{i-1}} + 3 \cdot S_{i-1} \Delta \xi_{i-1}^* \right) \cdot S_i$$

$$E_i = E_{i-1} - S_i^2 \cdot \delta_i^2$$

$$C_i = E_i + \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{B_i}{S_i} \right)^2$$

$$D_i = \delta_i (C_i - \delta_i (B_i - \delta_i A_i) - 2 \eta_i (C_i + S_i^2 \delta_i^2))$$

$$\Delta \xi_i^* = \text{CARD}(A_i, B_i, C_i, D_i)$$

$$\xi_i^* = x_{i0} + \Delta \xi_i^*,$$

ahol $\text{CARD}(A, B, C, D)$ az $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$ egyenlet valós gyökét előállító függvényeljárás, továbbá $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k$ független, a $(0,1)$ intervallum egyenletes eloszlású véletlen szám.

Kontroll változó alkalmazása KVA

Ennél a módszernél a becslések szórásnégyzetének csökkentését végső soron a h hálózatfüggvényre vonatkozó a priori információ felhasználásával érjük el. Ezt az információt a $h(x)$ hálózatfüggvény $y_0 = h(x_0)$ névleges értéke és parciális deriváltjai (S_i differenciális érzékenységek) hordozzák.

Az eljárás során az áramköri paraméterekre az

eredeti eloszlás szerint sorsolunk értékeket. Az egzaktul számított $\psi = h(\xi)$ mellett mintát gyűjtünk a

$$\psi^* = y_0 + \sum_{i=1}^k S_i(\xi - x_{i0})$$

valószínűségi változóra is (kontroll változó), mely várhatóan erős korrelációban van ψ -vel, ha az elsőfokú Taylor sor elég jó közelítést ad a tolerancia tartományon belül. Ez a pozitív korreláció használható fel az SMC-hez viszonyított hatásosabb statisztikák készítéséhez.

A csökkentett szórásnégyzetű becslések konstruálásának szisztematikus módja: a keresett a mennyiség becslésére a ξ , ψ és ψ^* valószínűségi változókból a egyes és magasabb rendű momentumokat is felhasználó, egy vagy több α paramétert tartalmazó $\hat{a}(\alpha)$ statisztikát, készítünk, mely az α paraméter(ek) értékétől függetlenül legalább aszimptotikusan torzítatlan becslés lesz. Azonban $\text{var}\{\hat{a}(\alpha)\}$ már függ α -tól. Meghatározzuk azt az elméleti $\alpha = \alpha_0$ értéket, ahol $\text{var}\{\hat{a}(\alpha)\}$ minimális. Mivel ezt az értéket pontosan nem ismerjük — hiszen ez függ a hálózatjellemző keresett statisztikus tulajdonságaitól is — két lehetőségünk van. Az egyik, hogy α_0 becslésére további $\hat{\alpha}_0$ statisztikát készítünk, de az így kapott $\hat{a}(\hat{\alpha}_0)$ becslés már olyan bonyolulttá válik, hogy pontossága $\text{var}\{\hat{a}(\hat{\alpha}_0)\}$ kiértékelhetetlen. A másik (általunk előnyben részesített) lehetőség, hogy az α_0 -ra kapott elvi formális megoldás alapján plauzibilis feltevésekkel élve, apriori (azaz a szimuláció előtt, annak kimenetelétől függetlenül) választunk egy kedvezőnek látszó $\tilde{\alpha}_0$ értéket és az a becslésére az $\hat{a}(\tilde{\alpha}_0)$ statisztikát használjuk, ahol $\tilde{\alpha}_0$ nem statisztika, tehát nem valószínűségi változó, hanem előre rögzített, célszerűen választott állandó. Így $\text{var}\{\hat{a}(\tilde{\alpha}_0)\}$ még zárt alakban megadható, közben tartható mennyiség, az elért eredmény ellenőrizhető, de nagyobb, mint az elvileg elérhető minimum.

A módszer technikájának illusztrálásaképpen először nézzük meg a szórásnégyzet becslésének esetét.

Tekintsük a következő aszimptotikusan torzítatlan becslést:

$$\hat{\sigma}_{KVA}^2 = \alpha_1 E\{\psi^{*2}\} - \alpha_2 E\{\psi^*\} + \overline{\psi^2} - \bar{\psi}^2 - \alpha_1 \overline{\psi^{*2}} + \alpha_2 \overline{\psi^{*2}}.$$

A felhasznált apriori információk:

$E\{\psi^*\} = y_0$ továbbá az S_i érzékenységek felhasználásával:

$$E\{\psi^{*2}\} = y_0^2 + \sum_{i=1}^k S_i \sigma_{\xi_i}^2,$$

ahol: $\sigma_{\xi_i}^2$ az i -edik áramköri paraméter szórásnégyzete.

Becslésünk szórásnégyzete:

$$\text{var}\{\hat{\sigma}_{KVA}^2\} = A\alpha_1^2 + B\alpha_2^2 + C\alpha_1\alpha_2 + D\alpha_1 + E\alpha_2 + F,$$

ahol: $A = \text{var}\{\overline{\psi^{*2}}\}$

$$B = \text{var}\{\overline{\psi^2}\}$$

$$C = -2 \text{cov}\{\overline{\psi^{*2}}, \overline{\psi^2}\}$$

$$D = -2 \text{cov}\{\overline{\psi^2} - \bar{\psi}^2, \overline{\psi^{*2}}\}$$

$$E = 2 \text{cov}\{\overline{\psi^2} - \bar{\psi}^2, \overline{\psi^{*2}}\}$$

$$F = \text{var}\{\overline{\psi^2} - \bar{\psi}^2\}$$

$\text{var}\{\hat{\sigma}_{KVA}^2\}$ -nak ψ és ψ^* momentumai szerint kifejtett alakját (mely egyébként a vár $\{\hat{\sigma}_{KVA}^2\}$ becslés kulcsa) hely hiányában nem közöljük. Tájékoztatás céljából megemlítjük, hogy az eredmény két gépelt oldal hosszúságú, $\text{var}\{\hat{\sigma}_{KVA}^2\}$ α_1 és α_2 megfelelő megválasztásával minimalizálható. Az elméletileg elérhető minimumot biztosító α_{10} , α_{20} együtthatókra kapható analitikus formulák alapján nemigen olvasható ki útmutatás arra vonatkozóan, hogy hogyan érdemes $\hat{\sigma}_{KVA}^2$ becslés használatakor az adott esetben meglevő apriori információt a kedvező $\tilde{\alpha}_{10}$ és $\tilde{\alpha}_{20}$ paraméterek felvételére használni. Az eddigi tapasztalatok szerint az optimális becslést $\tilde{\alpha}_{10} = \tilde{\alpha}_{20} = \tilde{\alpha}_0$ közelében találjuk. Ha ψ és ψ^* elég erősen korrelál (pl. kis mértékű megváltozások esetén), akkor $\tilde{\alpha}_0 = 1$ egyébként pedig 1-nél valamivel kisebb értékre célszerű megválasztani $\tilde{\alpha}_{10}$, $\tilde{\alpha}_{20}$ paramétereket.

A szórásnégyzet becslése után nézzük meg a selejtarány esetét!

Az SA selejtarányt az $SI(\psi)$ selejtindikátor várható értékeként definiáljuk, ahol

$$SI(\psi) = \begin{cases} 1 & \text{ha } \psi < y_- \text{ vagy } \psi > y_+ \\ 0 & \text{ha } y_- \leq \psi \leq y_+ \end{cases}$$

y_- és y_+ a hálózatjellemzőre adott alsó és felső toleranciahatár. Tehát az $SA = E\{SI(\psi)\}$ selejtarányra az egyszerű mintavételezésnél használt torzítatlan,

konzisztens becslés $\widehat{SA}_{SMC} = \overline{SI(\psi)}$, melynek szórásnégyzete:

$$\text{var}\{\widehat{SA}_{SMC}\} = \frac{1}{n} \cdot \text{var}\{SI(\psi)\} = \frac{1}{n} \cdot SA(1 - SA)$$

A kontrol változó alkalmazása során az $E\{SI(\psi^*)\}$ — a kontroll változó selejtaránya — előzetes ismeretében lehetőségünk van az

$$\widehat{SA}_{KVA} = E\{SI(\psi^*)\} + \overline{SI(\psi)} - \overline{SI(\psi^*)}$$

becslésre, melynek szórásnégyzete

$$\text{var}\{\widehat{SA}_{KVA}\} = \frac{1}{n} \cdot (\text{var}\{SI(\psi)\} +$$

$$+ \text{var}\{SI(\psi^*)\} - 2 \text{cov}\{SI(\psi), SI(\psi^*)\})$$

ψ és ψ^* pozitív korrelációja esetén jóval kisebb lehet $\text{var}\{\widehat{SA}_{SMC}\}$ -nél

A fenti becslés akkor alkalmazható, ha direkt úton (a statisztikus szimuláció előtt, illetve annak eredményétől függetlenül) elég pontosan meg tudják határozni $E\{SI(\psi^*)\}$ értékét.

Ha az áramköri elemek értékei például egyenletes eloszlásúak, akkor $E\{SI(\psi^*)\}$ direkt meghatározása a következő feladattal ekvivalens:

Egy k dimenziós téglatest egy általános helyzetű $k-1$ dimenziós hipersíkkal elmetszve, mekkora a létrejött csonka téglatest térfogata? Ennek a problémának algoritmikus megoldása igen nehézkes.

$E\{SI(\psi^*)\}$ egzakt meghatározása helyett más lehetőséggel is élhetünk. Egy előzetes, a további vizsgálódásoktól független Monte Carlo ciklussal adhatunk egy, a majdani eredményeknél lényegesen pontosabb (pl. 100-szor kisebb szórásnégyzetű) $\hat{E}\{SI(\psi^*)\}$ becslést. (Ebben az esetben az egyszerű mintavételezéshez viszonyított hatásosság növekedésének az előzetes becslés pontossága felső határt szab, továbbá megnő a futási idő (pl. 100 n elemi előzetes Monte Carlo ciklus esetén kb. kétszeresére). Ennek ellenére még így is elérhető 10–50-szeres eredő hatásosság növekedés.

Összerendelt mintapárok alkalmazása (ÖMA)

Ennél a módszernél a mintavételi eljárást a következőképpen végezzük. Először az eredeti F_ξ eloszlás szerint sorsolt ξ áramköri paraméter értékeknél meghatározzuk a $\psi = h(\xi)$ hálózatjellemezőt, majd egy célszerűen megválasztott $\xi^* = P(\xi)$ transzformációval új értékeket adunk az áramköri paramétereknek és itt is elvégezzük a hálózatanalízist, azaz meghatározzuk a $\psi^* = h(\xi^*) = h(P(\xi))$ hálózatjellemezőt. Ha a ψ^* valószínűségi változó eloszlása eltér ψ eloszlásától, akkor ki kell számolnunk a $w(\xi^*)$ súlyozó tényezőt is. Ezt ez eljárást ismételjük meg n -szer. Ezek után a hálózat jellemzőjére kapott kétváltozós $\{\psi, \psi^*\}$ mintából számítjuk a becsléseket. A $\xi^* = P(\xi)$ transzformációt úgy választjuk meg, hogy a $\psi = h(\xi)$ és a $\psi^* = h(\xi^*)$ valószínűségi változók között olyan statisztikus függőség lépjen fel, amely a megfelelő — egyébként torzítatlan — statisztikák szórásnégyzetét csökkenti az SMC-nél alkalmazott statisztikákhoz képest.

Illusztrációként nézzük meg az $m = E\{\psi\}$ várható érték becslését. Az egyszerű mintavételezésnél (SMC) az $\hat{m}_{SMC} = \bar{\psi}$ becslést használjuk, melynek szórásnégyzete

$$\text{var}\{m_{SMC}\} = \frac{1}{n} \cdot (E\{\psi^2\} - E^2\{\psi\})$$

Az egyszerűség kedvéért a továbbiakban kössük ki az alábbi két feltételt, melyek azonban még nem zárják ki a gyakorlatban felmerülő esetek döntő többségét:

a) A ξ_i paraméterek f_{ξ_i} sűrűségfüggvénye legyen szimmetrikus az $E\{\xi_i\} = x_{i0}$ várható értékre, mely megegyezik a névleges értékkel.

b) A $\xi^* = P(\xi)$ transzformációra nézve az áramköri paraméterek sűrűségfüggvénye invariáns legyen, azaz $f_\xi = f_{\xi^*}$.

Ezen feltételek mellett az

$$\hat{m}_{\text{ÖMA}} = \alpha \cdot \bar{\psi} + (1 - \alpha) \bar{\psi}^*$$

becslés torzítatlan, szórásnégyzete pedig:

$$\text{var}\{\hat{m}_{\text{ÖMA}}\} = \frac{1}{n} (\alpha^2 \cdot \text{var}\{\psi\} + (1 - \alpha)^2 \cdot \text{var}\{\psi^*\} + 2\alpha \cdot (1 - \alpha) \text{cov}\{\psi, \psi^*\})$$

A kikötött feltételek mellett $\text{var}\{\hat{m}_{\text{ÖMA}}\}$ -nak $\alpha = \frac{1}{2}$ -nél van minimuma. Ekkor:

$$\text{var}\{\hat{m}_{\text{ÖMA}}\} = \frac{1}{4n} \cdot (E\{\psi^2\} - E^2\{\psi\} + E\{\psi^{*2}\} - E^2\{\psi^*\} + 2 \cdot E\{\psi \cdot \psi^*\} - 2 \cdot E\{\psi\} \cdot E\{\psi^*\})$$

Az elérhető hatásosság növekedés ebben az esetben:

$$HN = \frac{\text{var}\{\hat{m}_{SMC}\}}{\text{var}\{\hat{m}_{\text{ÖMA}}\}} \Big|_{n_{SMC}=2 \cdot n_{\text{ÖMA}}} = \frac{1}{1 + \text{cor}\{\psi, \psi^*\}}$$

Látható tehát, hogy a szórásnégyzet annál kisebb, ill. a HN annál nagyobb minél erősebb negatív korrelációban van $\psi = h(\xi)$ és $\psi^* = h(\xi^*)$. Ez a tény adhat eligazítást a célszerű $\xi^* = P(\xi)$ transzformáció megválasztásához.

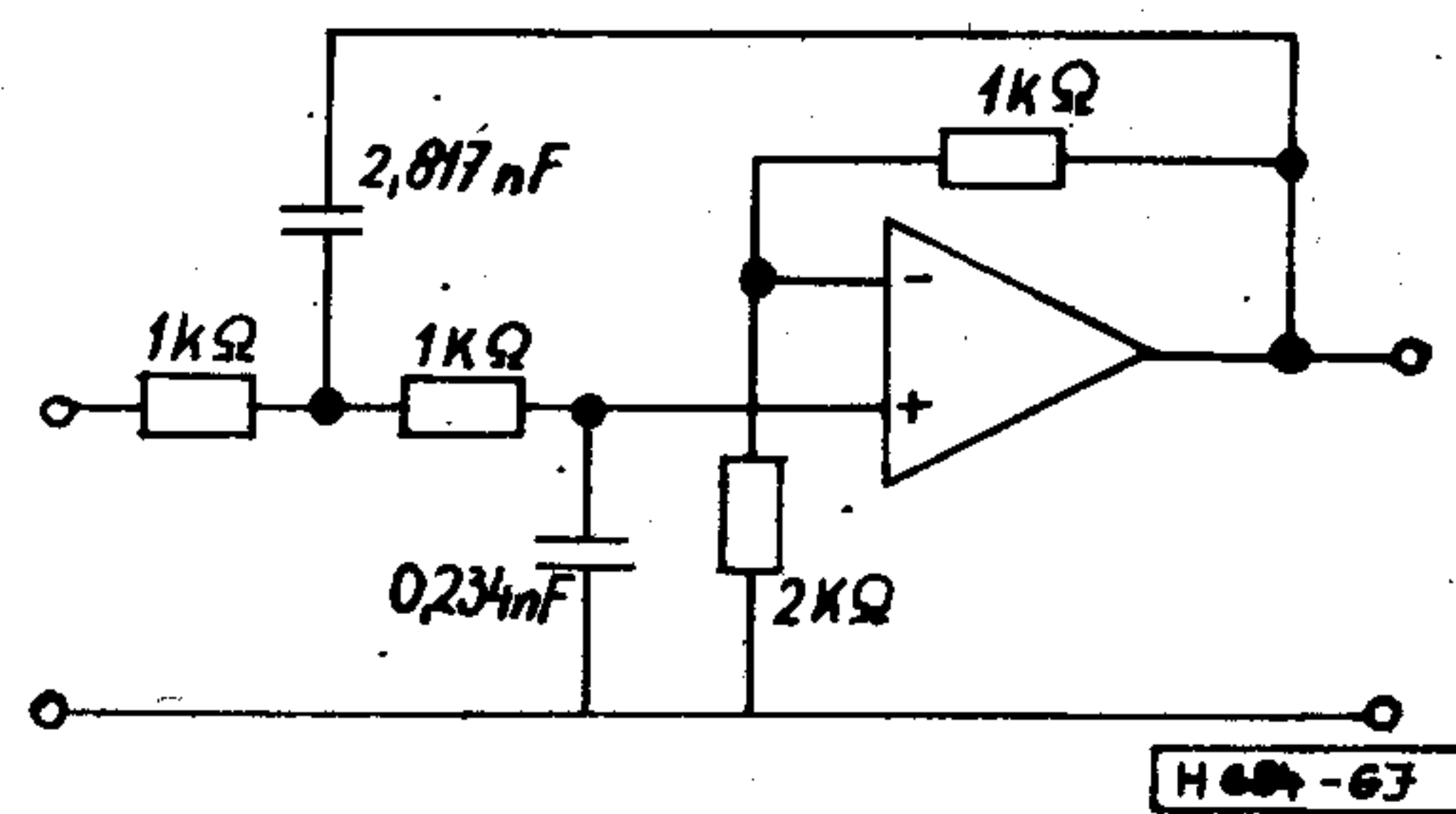
Mivel a minket érdeklő tartományban (tolerancia-tartomány) a hálózatjellemező gyakran monoton függvénye az áramköri paramétereknek, jó eredményt érhetünk el, ha a P transzformációt úgy választjuk meg, hogy $\xi^* = \xi$ -nek az $E(\xi) = x_0$ -ra vonatkozó tükörképe legyen, azaz

$$\xi^* = P(\xi) = x_0 - (\xi - x_0)$$

Az itt leírt módszert alkalmazva, az eddigi tapasztalatok alapján megállapíthatjuk, hogy SMC-hez képest 10–1000-szer kevesebb mintaelemről kaphatunk ugyanolyan pontos becsléseket.

Számszerű illusztráció és következtetések

A 2. táblázatban egy konkrét példa kapcsán számszerűen illusztrálják, hogy a speciális mintavételezési és becslési eljárásokat alkalmazva az egyszerű mintavételezéshez viszonyítva hány-szor kevesebb mintaelemre van szükség a különböző statisztikus jellemzők azonos pontosságú (azonos szórásnégyzetű) becsléséhez. A táblázatban található HN hatásosság növekedés értékek egy másodfokú aluláteresztő aktív RC szűrő alaptagnak (1. ábra) egy áteresztő és egy zárótartománybeli frekvencián végzett Monte Carlo analízisnél kaptuk. A szűrőt az áramköri elemek 2, 5 és 10%-os toleranciái mellett vizsgáltuk meg.



1. ábra

A futási eredményekből kapott számok alapján láthatjuk, hogy a speciális módszereket alkalmazva, előírt pontosság eléréséhez adott esetben akár több nagyságrenddel kevesebb mintaelemre van szükség, mint a konvencionális Monte Carlo analízis során. Ezen eredményhez képest elhanyagolható az a körülmény, hogy azonos mintanagyságra vonatkoztatott időigénye ezen bonyolultabb módszereknek 1,2–2-szerese az egyszerű mintavételezés futásidejének.

Az egyes módszereket összehasonlítva a következőket állapíthatjuk meg:

1. Az összerendelt mintapárok alkalmazásánál (ÖMA) a σ^2 szórásnégyzet és az SA selejtarány becslésének hatásosságát biztosító $\xi^* = P(\xi)$ transzformáció általánosan érvényes, vagyis algoritmikus előállítására még nem ismert.

2. A módosított eloszlás szerinti mintavételezésnél (MEM) a szórásnégyzet nem definiálható olyan függvény várható értékeként, mely nem tartalmaz más ismeretlen statisztikus jellemzőt (pl. várható érték). Éppen ezért kell σ^2 becslése helyett beérnünk a μ^2 névleges értékre vonatkozó másodrendű momentum hatásos becslésével. Ezen módszernél a selejtarány hatásos becslésének az az akadálya, hogy nem áll rendelkezésünkre a selejttartomány kielégítő pontosságú approximációja. (Selejttartomány a k dimenziós paraméterterben azon pontok halmaza, mely pontokban az áramkör nem teljesíti az előírást.)

3. A kontroll változó alkalmazása az a módszer (az eljárások jelenlegi fejlettségét tekintve), amely egyidejűleg ad a várható értékre, szórásnégyzetre, és a selejtarányra igen hatásos becslést.

A 2. táblázatban levő számokból jól láthatjuk, hogy az áramköri elemek toleranciájának növelésével elég radikálisan csökken a módszerek hatásossága. Ennek természetes oka, hogy a megváltozások növekedésével a rendelkezésünkre álló a priori információ (általában az érzékenységek) használhatósága csökken. Ez mutatja egyébként ezen módszerek alkalmazhatóságának korlátait is. Az eljárások addig alkalmazhatók, amíg az előzetes információk alapján várható, és a ténylegesen bekövetkező „események” között még elég erős a korreláció.

Elkészült Monte Carlo programok

Lineáris hálózatok frekvenciatartománybeli statisztikus analízisére öt program készült el [11]. A programok eredetileg ALGOL nyelven íródtak a RAZDAN-3 számítógépre. Jelenleg folyik FORTRAN nyelvű átírásuk IBM 370/115 gépre. A már elkészült programok közvetlen célja nem egy konkrét ipari tervezői gyakorlat segítése, hanem a Monte Carlo tolerancia analízis demonstrálása (oktatás), kutatása, a módszer gyorsítására kínálgató lehetőségek kipróbálása. Az egyes programok a következőképpen jellemezhetők:

SMC Lineáris hálózatok általános célú Monte Carlo analízisét végzi. Az áramköranalízis rész: LU dekompozícióval végzett csomóponti analízis. A statisztikai rész: egyszerű mintavételezés és becslés (Szimpla Monte Carlo). Ezen programmal kapott pontosság és időadatok szolgálnak referenciául a további hatékonyabb módszerek vizsgálatához, az összehasonlításhoz.

LCS Az ismételt analízis gyorsítása érdekében a hálózatfüggvényt (a hálózatjellemzőt, mint az áramköri paraméterek függvényét) szakaszonként lineáris, többváltozós függvényekkel közelíti meg differenciahányadosok

$$HN = \frac{\text{var} \{ \hat{a}_{SMC} \}}{\text{var} \{ \hat{a} \}} \Big|_{n = n_{SMC}} \cong \frac{n_{SMC}}{n} \Big|_{\text{var} \{ \hat{a} \} = \text{var} \{ \hat{a}_{SMC} \}}$$

	Módszer	A becslt jellemző (a)	Az áramköri elemek toleranciája		
			2%	5%	10%
Áteresztő tartomány	MEM	m	3 070	496	95
		μ^2	647	98	21
	KVA	m	3 685	584	140
		σ^2	482	75	18
		SA	100	100	95
	ÖMA	m	1 476	235	57
Záró tartomány	MEM	m	21 390	3 433	838
		μ^2	1 024	743	187
	KVA	m	29 970	4 790	1 170
		σ^2	508	420	101
		SA	100	100	98
	ÖMA	m	17 592	2 804	693

felhasználásával. Lényegesen gyorsabb az SMC-nél különösen a bonyolultabb áramkörök esetén, de természetesen pontatlanabb is. Egy tájékoztató jellegű statisztikus analízisnek lehet a gyors eszköze.

**MEM
KVA
ÖMA**

Ezen programok a speciális statisztikus mintavételi módszerek. módosított eloszlás szerinti mintavételezés, kontroll változó alkalmazása, összerendelt mintapárok alkalmazása) elvei szerint működnek. Elsősorban a szóráscsökkentő módszerekkel elérhető eredmények és a módszerek alkalmazhatósági feltételeinek kísérleti vizsgálatára alkalmasak.

A programoknak közös a „bemeneti nyelve” és hasonló formában adják az eredményeket is. A programok ellenállásból, induktivitásból, kapacitásból és feszültségvezérelt áramgenerátorból (komplex, frekvenciafüggő, egytöréspontos vezérlési tényezővel) álló áramkörök vizsgálatára alkalmasak. Az áramkör leírásakor tetszőleges számú áramköri paraméter deklarálható tolerált, valószínűségi változónak tekintett mennyiségként.

A programok tetszőleges kapupáron definiált feszültségtranszfer függvény vagy transzferimpedancia abszolút értékéről (dB-ben) fázisáról, valós vagy képzetes részéről adnak eredményeket: névleges érték, érzékenység, statisztikus jellemzők (várható érték, szórásnégyzet, névleges értékre vonatkoztatott másodrendű momentum, selejt arány, hisztogram, áramköri elemértékekre vonatkozó regressziós együtthatók), továbbá becslés a statisztikus jellemzők becslésének a szórásnégyzetére.

Összefoglalás

A cikk célja a Monte Carlo áramköranalízis statisztikus módszerekkel való gyorsítási lehetőségeinek a feltárása volt. A szórás csökkentő mintavételi és becslési eljárások elvét mutattuk be, alkalmazásuk technikáját a cikk korlátai miatt csupán néhány példával szemléltettük. A speciális módszerekkel elérhető hatásszárnövekedést futtatási eredményeken alapuló, számszerű mintapéldával is illusztráltuk. A matematikai modell keretein belül felmerült lehetőségek kipróbálására, ill. realizálására statisztikus áramköranalízis programrendszer készült el, mellyel a további empirikus kutatás is lehetővé válik.

A gyorsítási módszerekkel a Monte Carlo analízis ideje bizonyos esetekben akár nagyságrendekkel is csökkenthető. Azonban még kérdéses, hogy minden gyakorlati esetben felmerülő áramkör és becsülendő statisztikus jellemző esetében is ilyen haszonnal alkalmazhatók-e ezek a módszerek. Ha esetleg univerzális gyorsító módszer nem is létezik, az eddigi eredmények alapján mégis joggal remélhetjük, hogy konkrét esetekben a specialitásokat kihasználó célprogrammal a feladat a szokásosan kínálkozó megoldásnál sokkal gazdaságosabban, lényegesen kisebb gépidő felhasználásával oldható meg.

Végezetül köszönetemet fejezem ki tanáromnak, Dr. Géher Károly egyetemi tanárnak, hosszú időn át nyújtott értékes segítségével és Dr. Solymosi János

docensnek, jelen cikk kéziratának gondos átnézéséért, hasznos tanácsaiért.

IRODALOM

- [1] *Hammerstey, J. M.—Handscorn, D. C.*: Monte Carlo Methods, Wiley, New York, 1964.
- [2] *Kahn, M.*: Use of different Monte Carlo sampling techniques, Symposium on Monte Carlo Methods, Florida, 1954. Edited by H. Meyer, Wiley, New York, 1956.
- [3] *Marshall, A. W.*: The use of multi-stage sampling schemes in Monte Carlo computations, —
- [4] *Ewans, D. H.*: Statistical tolerancing: The state of the art, Part I. II. III. Journal of Quality Technology, vol. 6. No. 4. 1974. Oct. 1974.
- [5] *Korn, G. A.—Korn, T. M.*: Matematikai kézikönyv műszakiaknak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1975.
- [6] *Srejgyer, Ju. A.*: Monte Carlo módszerek. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
- [7] *Neill, T. B. M.*: Techniques for circuit analysis (Part 3.) Computer Aided Design, vol 2., No. 4., Summer 1970.
- [8] *Neill, T. B. M.*: Variance reduction in the Monte Carlo analysis, IEE International Conference on Computer Aided Design, april 1972.
- [9] *Scott, T. R.—Walker, T. P.*: Regionalistaion: A Method for Generating Joint Density Estimates, IEEE Trans. on Circuits and Systems, Vol CAS—23., No. 4., april 1976.
- [10] *Styblinski, M. A.*: Efficiency of Yield Estimation by the Monte Carlo Methods, IEE International Conference on computer Aided Design and Manufacture of Electronic Components, Circuits and Systems, july, 1979.
- [11] *Gaal József*: Szórás csökkentő mintavételi módszerek alkalmazása lineáris hálózatok statisztikus analizésére. Szakmérnöki Diplomatervezés BME—HEI, Budapest, 1978.

SZEMLE

(Folytatás a 301. oldalról.)

Bell volt az első, aki fényt hírközlésre akart felhasználni, de találmánya senkit sem érdekelt. A fény, mint rendkívül nagy vivőfrekvencia ($100 \text{ THz} = 10^{14} \text{ Hz}$), igen széles sáv átvitelét teszi lehetővé. Bár a fényvezető minden körülmények között felhasználható, mégsem valószínű, hogy a fémes vezetőket minden területről kiszorítja. Jelenleg a két vezetőfajta összehasonlítása ár szempontjából illuzorikus, mivel a fényvezetők árában még jelentős hányadot képviselnek a kutatási költségek. A kaliforniai 9 km-es fényvezető csillapítása 5 dB/km. A Hawaiiiban üzembe helyezett, számítógépet összekötő kábelben az átviteli sebesség 1,5 Mbit/s. Brüsszelben és Tokióban is használják telefonbeszélgetések átvitelére fényvezetőket. Ma már nemcsak üvegszálból, hanem műanyagból is készítenek fényvezetőt. Kísérleti vonalon már 140 Mbit/s átviteli sebességet is elértek. Az eddigi tapasztalatok szerint (60 000 óra üzemidő) a fényvezető megbízhatósága 99,999%. (*Nachrichtentechnische Zeitschrift, 1978. dec. [614]*).

*

Az Intermetall cég postai célra kifejlesztett olyan mikroszámítógépet, amely a távbeszélőkészülékkel kapcsolatos igényeket elégíti ki. Az SAA 602 jelű mikroszámítógép emlékszik a hívott számra, kiírja a beszélgetés tarifáját, megismétli az utolsó hívott számot stb. A tárolóegység tíz 22 számjegyű, négy 14 számjegyű szám tárolására képes, továbbá tárolva van benne két segélykérő telefonszám: a rendőrség és a tűzoltóság hívószáma. A megjelenítőegység 8-számjegyű; a mikroszámítógép csupán 50 μ A-t fogyaszt. (*Inter Electronique, 1978. dec. [615]*).

*

Szál-optikák híradástechnikai rendszerekben a fényt átviteli közegként használják, bármilyen jelfeldolgozás esetén vissza kell a jeleket elektronikus jellekké alakítani. Ez a tény az alkalmazhatóság behatárolását jelenti, s ma a világ sok labora-

tóriumában dolgoznak azon, hogy erre ne legyen szükség. A cél olyan berendezések kifejlesztése, amelyek fényjelekkel is el tudják végezni a standard elektronikus jelfeldolgozási funkciókat.

Ilyen berendezést fejlesztettek ki a Bell Telephone Laboratories-nál. Az ún. Fabry-Perot rezonátor nemlineáris rezonátor optikai változata. A fotoérzékeny kimenetű rezonátorban a nemlinearitást elektrooptikai elem behelyezésével érték el, amely a rezonátoron átmenő fényből mintát vesz.

Az új eszköz használható optikai memóriák logikai elemeként, pulzusformálóként, limiterként, mint optikai kapcsoló, mint „optikai trióda” és mint különbségi erősítő. (*Electronic Product Magazine, 1978. okt. [616]*).

*

A Nippon Telegraph and Telephone (NTT) japán cég az előfizetői számlálók működésének ellenőrzésére alkalmas berendezést fejlesztett ki. Ez az előfizető kérésére megfigyelés alatt tartja az előfizetői vonalat, ha úgy tűnik, hogy a beszélgetések számlálása hibás. Az ezt megelőző hasonló berendezés terjedelmes és drága volt. Az új berendezés 2000 előfizető kiszolgálására alkalmas, s egy főközpontban 5—10 ilyen berendezésre van szükség. Kis mérete nemcsak a kisebb alapterület (géptermigény szempontjából), hanem karbantartási és üzemservezési szempontból is előnyös. Az új készülék higanyérintkezéses jelfogókat alkalmaz a régi huzalrugós típusok helyett. Nyomatóberendezését igen kopásálló acél csapággal készítették, regisztrátum-feltekereselő mechanizmusát, nyomtatóját tökéletesítették.

Modul rendszerben készül, egy-egy régi egység helyére 3 új fér be.

Az induktív és kapacitív alkatrészeket és tranzisztorokat tartalmazó alkatrészeket hibrid integrált áramkörökkel helyettesítették. (*Japán Telecommunications Research 1978. okt. [617]*).

(Folytatás a 317. oldalon.)

A mintavételező áramkör mint fázisdetektor

ETO 621.376.56:621.376.4

A lineáris integrált áramkörök egyik érdekes és fontos típusa a mintavevő-tartó áramkör (sample and hold, S/H) [1], [2]. Az áramkör alapvető funkcionális tulajdonsága, hogy analóg jeltárolóként működik, a bemenetre adott jel meghatározott pillanatértékeit tárolja. Az áramkör kimenetén ez a tárolt jel-érték jelenik meg. Az 1. ábra vázlatá szerint a mintavevő áramkörnek két bemenete van: egy U_a analóg jel-bemenet és egy U_v mintavételező bemenet. Az U_v mintavételező bemenetre tüimpulzusok sorozatát kell adni. Az analóg jeltároló az $U_a(t)$ analóg jel azon pillanatértékeit tárolja, amelyek az analógjel-bemeneten a tüimpulzusok beérkezésének pillanataiban mérhetők. A tüimpulzusok beérkezésének pillanatait mintavételezési időpontoknak nevezzük. A mintavevő áramkör U_k kimenetén az analóg jelnek egy mintavételezési időpillanatban felvett értéke mérhető mint állandó feszültségérték. Ez a feszültség-szint meg is marad egészen a következő mintavételezési időpontig. Az újabb mintavétel alkalmával a kimenetre az analóg bemenő jel újabb pillanatértéke kerül. A mintavételezési-tárolási folyamat így halad tovább mintavételről mintavételre.

Mint az 1. ábra is mutatja, nem szükséges, hogy az analóg bemenetre adandó $U_a(t)$ időfüggvény, valamint az $U_v(t)$ mintavételező tüimpulzus-sorozat periodikus legyen. Az áramköri folyamat e periodicitás nélkül is zavartalan. A legtöbb gyakorlati alkalmazásban azonban legalább az egyik bemenő jel periodikus. Vizsgálataink során az $U_a(t)$ analóg bemenő jel — amiből a mintákat vesszük — mindig periodikus lesz. Az $U_v(t)$ mintavételező jel vizsgálataink első felében szintén legyen periodikus.

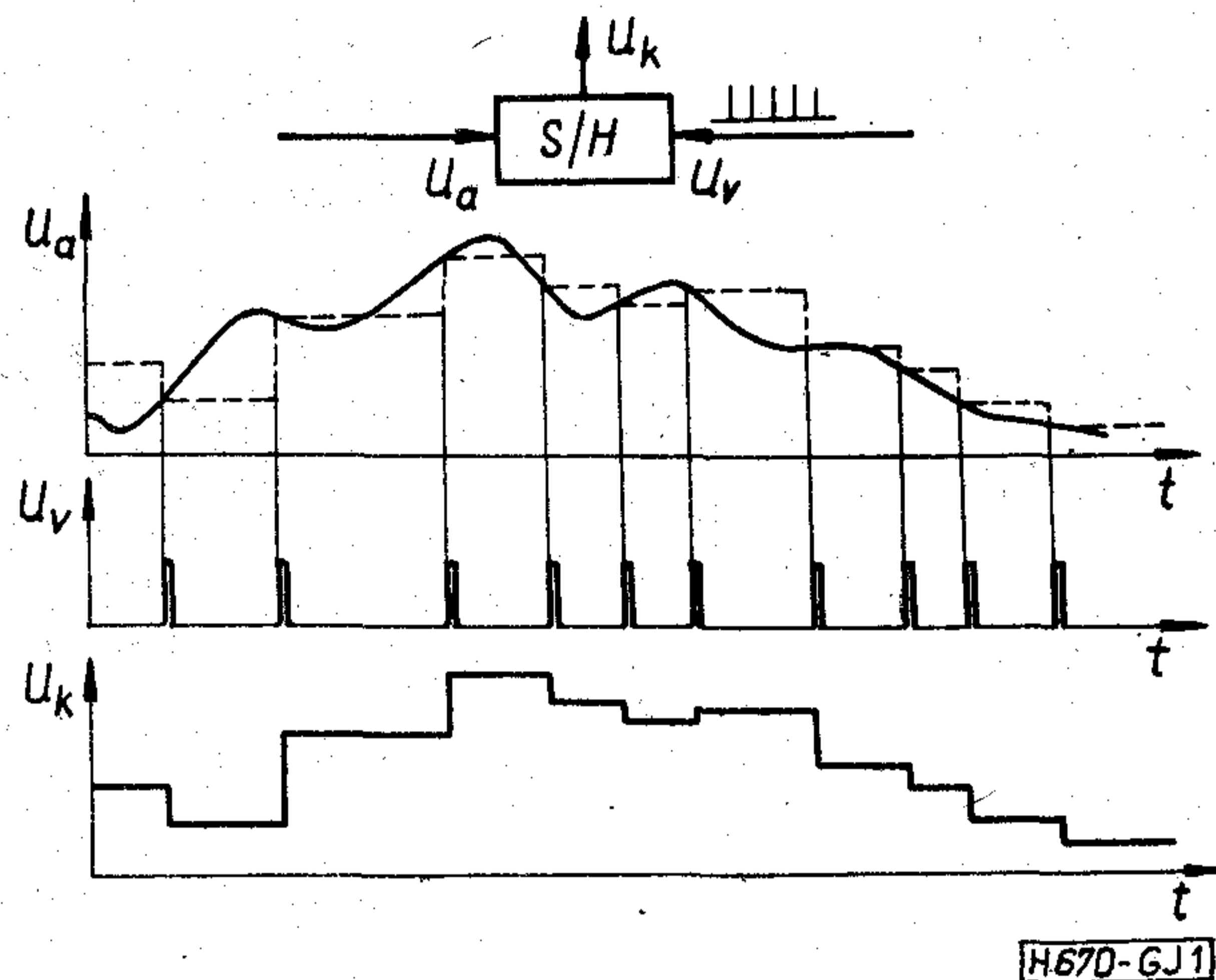
A mintavételezett jelek idő- és fázisviszonyai

Milyen lesz az $U_k(t)$ kimenő jel, ha az $U_a(t)$ analóg bemenő jel és az $U_v(t)$ mintavételező jel egyaránt periodikus, de frekvenciájuk — és periódusidejük — csak kevéssé tér el egymástól? A 2. ábra szerint az $U_a(t)$ analóg jel periódusideje legyen T_a , az $U_v(t)$ mintavételező jel periódusideje pedig T_v . A két jel periódusideje között a ΔT periódusidő-eltérés legyen csekély:

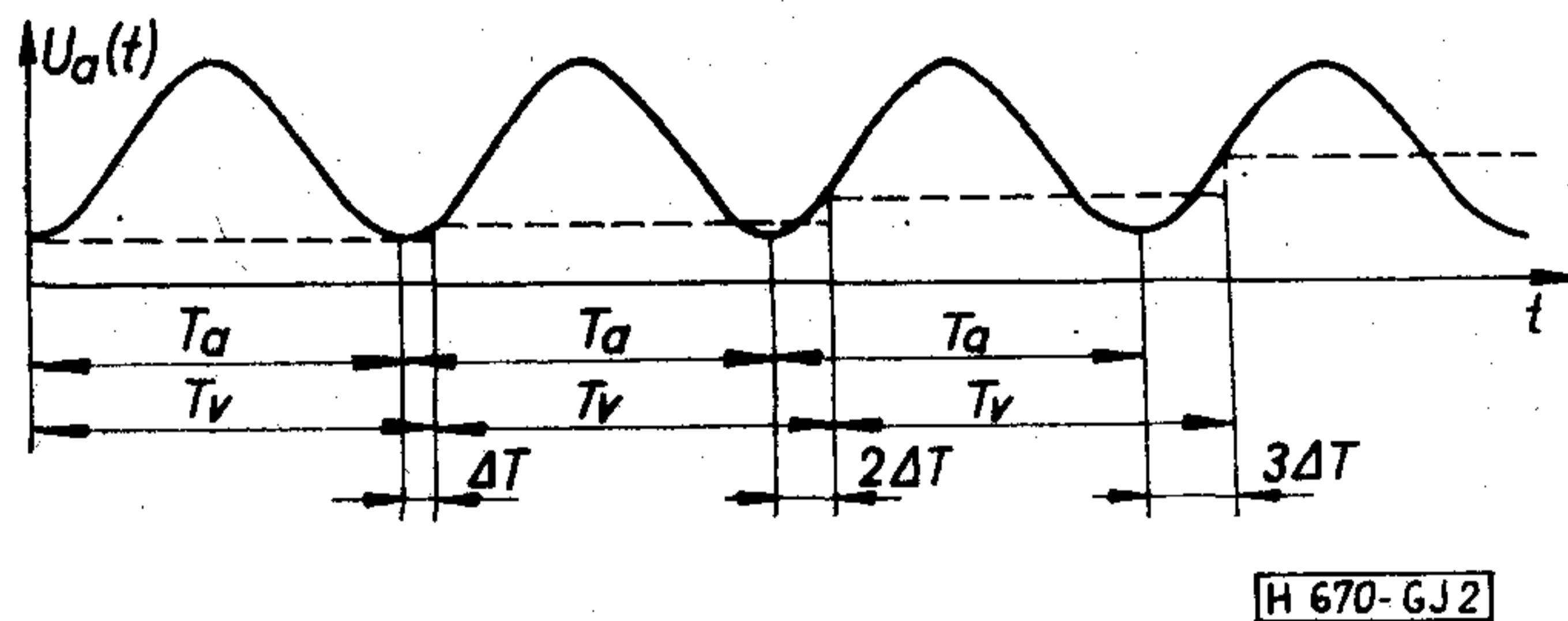
$$\Delta T = T_v - T_a = T_a \left(\frac{T_v}{T_a} - 1 \right) \quad (1)$$

$$\left| \frac{T_v}{T_a} - 1 \right| \ll 1.$$

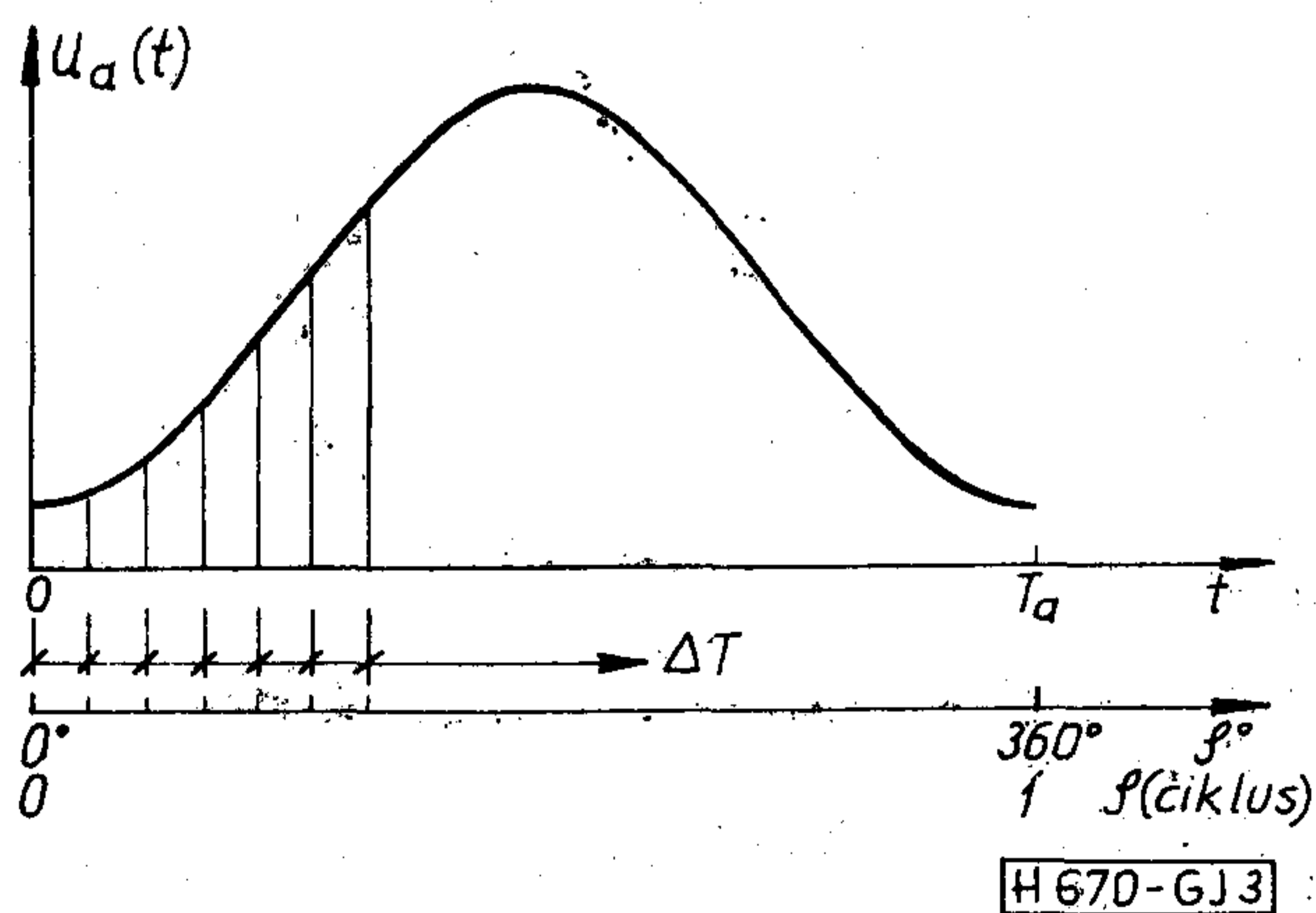
A 2. ábrából láthatóan a mintavétel helye ciklusról ciklusra tovább tolódik, mégpedig ΔT periódusidő-eltéréssel. Mivel az $U_a(t)$ jel periodikus, vizsgálhatjuk



1. ábra



2. ábra



3. ábra

$U_a(t)$ egyetlen ciklusát is (3. ábra). Azt tapasztaljuk, hogy a jelalokból periódusonként ΔT eltolódással veszünk mintákat, hiszen a T_v idejű mintavétel folyamatosan csúszik a T_a periódusidőhöz képest. Ilyen módon a mintavételezési folyamat során az $U_a(t)$ analóg jelből sorra mintákat veszünk és ezáltal a jel egyetlen lefutását (ciklusát) is végigtapo-

gatjuk. Egyetlen T_a tartamú cikluson belül egyetlen mintavétel történik, és a periodikus jelciklus jelalakját $n=|T_a/\Delta T|$ számú mintavétel tapogatja végig. A jelciklus letapogatásának ideje:

$$T_k = T_a n = |T_a^2/\Delta T|.$$

Az egymást követő mintavevő jelek az $U_a(t)$ jelből $\nabla\varphi$ sorozatos fázistolással vesznek mintát.

$$\nabla\varphi = \frac{\Delta T}{T_a} \quad (\text{ciklus szögegységben}).$$

(1) felhasználásával:

$$\nabla\varphi = \frac{\Delta T_v}{T_a} - 1. \quad (2)$$

Frekvenciákkal kifejezve:

$$f_a = \frac{1}{T_a}, \quad f_v = \frac{1}{T_v},$$

$$\nabla\varphi = \frac{f_a}{f_v} - 1, \quad (3)$$

(3) kis átalakításával érdekes és fontos összefüggésre jutunk. f_a és f_v között az eltérés legyen Δf_v :

$$\Delta f_v = f_a - f_v. \quad (4)$$

$\nabla\varphi$ mintavételi fázistolás Δf_v -vel kifejezve:

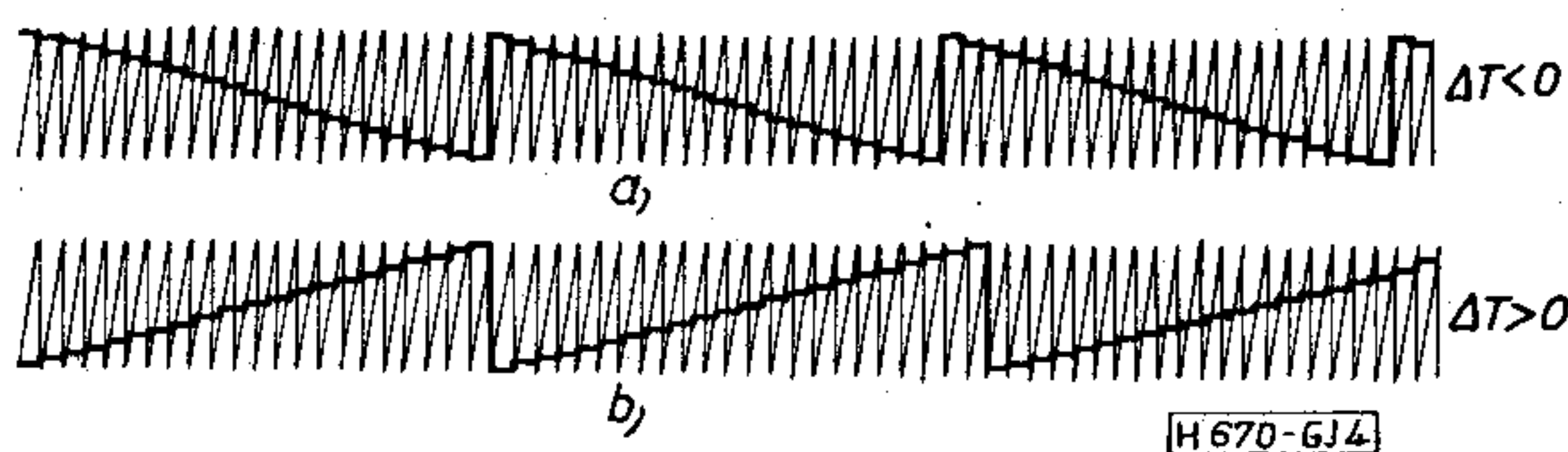
$$\nabla\varphi = -\frac{\Delta f_v}{f_v}. \quad (5)$$

A mintavételi fázistolás nagysága tehát attól függ, mennyivel tér el a mintavételi f_v frekvencia az egyensúlyi f_a értéktől. Ha az eltérés pozitív előjelű, vagyis $f_v > f_a$, akkor $\nabla\varphi < 0$ (4a ábra). Jelen esetben az egyensúlyi állapotnál sűrűbbek lesznek a mintavételek. Fordítva, ha a mintavételi frekvencia kisebb az egyensúlyi frekvenciánál, azaz $f_v < f_a$, úgy $\nabla\varphi > 0$. Ilyenkor ritkábban történnek mintavételek, mint egyensúly esetén (4b ábra).

A letapogatással nyert $U_k(t)$ mintavételezett jel alakja megfelel az $U_a(t)$ analóg jel alakjának, azonban a mintavételezési eljárás az $U_a(t)$ periodikus jelet egy n -szeresére megnövelt periódusidejű $U_k(t)$ jelbe viszi át (4b ábra). Ez az alapja a jól ismert mintavételes oszcilloszkópiának. Megjegyzendő, hogy amennyiben $T_a > T_v$, akkor az (1) összefüggés szerint $\Delta T < 0$, vagyis negatív. Ilyenkor a leképzés során az eredeti jel tükörképét, vagyis az $U_a(-t)$ jel időbeli széthúzását nyerjük (4a ábra).

A letapogatás során nyert $U_k(t)$ jel T_k periódusidejéből a frekvencia is kiszámítható:

$$f_k = \frac{1}{T_k} = \frac{1}{T_a n} = \frac{|\Delta T|}{T_a^2} = \frac{|T_v - T_a|}{T_a^2} = \frac{1}{T_a} \left| \frac{T_v}{T_a} - 1 \right|.$$



4. ábra

Frekvenciákkal felírva:

$$f_k = f_a \left| \frac{f_a}{f_v} - 1 \right| = \frac{f_a}{f_v} |f_a - f_v|. \quad (6)$$

A (6) összefüggés olyan alkalmazásainál, ahol $f_a \approx f_v$, az összefüggés második tagja domináns jelentőséget nyer:

$$f_k \approx |f_a - f_v|$$

Ez arra utal, hogy a mintavételező áramkör a keverő áramkörökhöz hasonlóan a bemenő jelek frekvenciáinak különbségét képezi. A keverőkkel szemben viszont azt a többletet is nyújtja, hogy a lekevert jel megőrzi az egyik bemeneti jelnek, $U_a(t)$ -nek a jelalakját. Ilyen módon a mintavételező áramkör gyakran alkalmazható optimális megoldásként olyan célokra, amelyekre egyszerű keverő is megfelel (pl. fázisdetektorként). A keverővel szemben a mintavevő áramkörnek van olyan szabad paramétere, ami az adott feladathoz optimalizálási lehetőséget kínál. Ez a szabad paraméter az $U_a(t)$ analóg bemenő jel jelalakja.

Keverő mint fázisdetektor

Jelen cikkben azt kívánjuk megvizsgálni, hogyan használható fel a mintavételező áramkör fázisdetektorként. A fázisdetektorok nagyon elterjedt hagyományos megoldási módjának alapeleme a keverő. A keverőnek fázisdetektorként lehetséges alkalmazása jól ismert.

A keverő mindig nemlineáris átviteli karakterisztikáját feltételezzük négyzetesnek. E nemlineáris elemre adjunk két szinuszos lefutású jelet, $U_a(t)-t$ és $U_v(t)-t$.

$$U_a(t) = U_a \sin \varphi_a(t), \quad \varphi_a(t) = \omega_a t + \varphi_{a0},$$

$$U_v(t) = U_v \sin \varphi_v(t), \quad \varphi_v(t) = \omega_v t + \varphi_{v0}.$$

A keverő kimenetén $U_x(t)$ jel képződik:

$$U_x(t) = k(U_a(t) + U_v(t))^2 \quad (7)$$

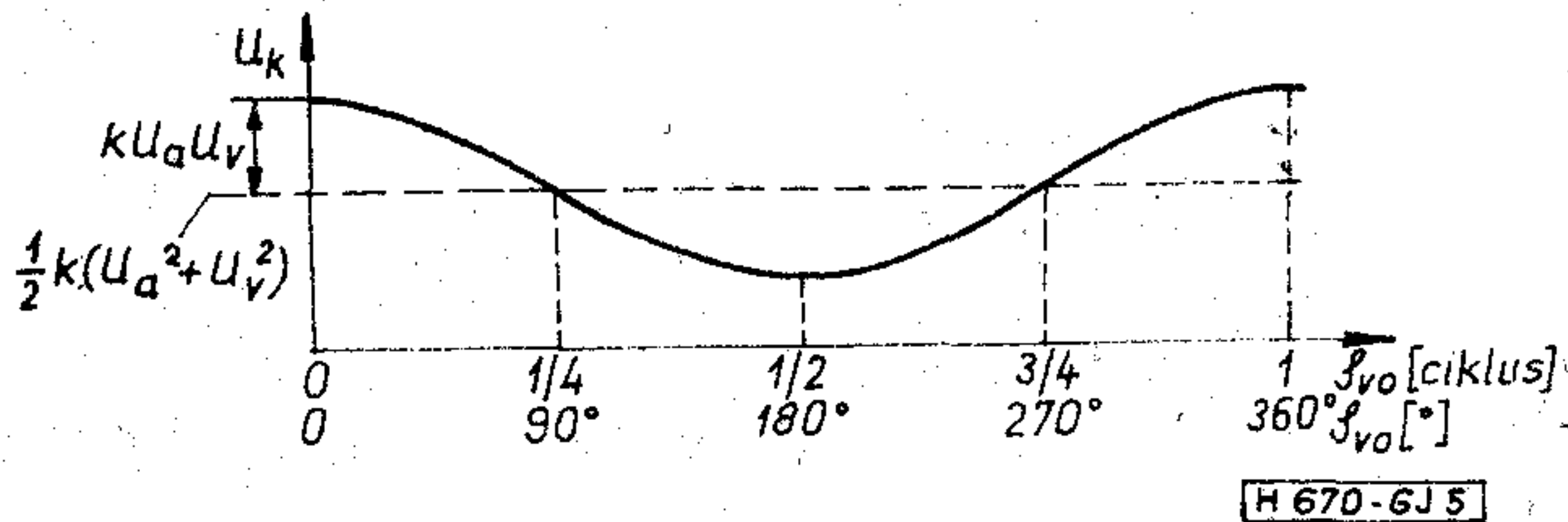
Amennyiben a keverőt aluláteresztő szűrő követi, ami az ω_v , ω_a és az ennél nagyobb összegfrekvenciás komponenseket kiszűri, úgy az aluláteresztő szűrőt követően csak a különbségi frekvenciás tagok és az egyenként komponens jelenik meg. Ezek alkotják az $U_k(t)$ eredő jelet:

$$U_k(t) = \frac{1}{2} k(U_a^2 + U_v^2) + U_a U_v k \cos [(\omega_a - \omega_v)t + \varphi_{a0} - \varphi_{v0}]. \quad (8)$$

Ha a keverőre jutó $U_a(t)$ és $U_v(t)$ jelek frekvenciája azonos, vagyis

$$\omega_a = \omega_v,$$

akkor a kimenő feszültség a bemenő jelek amplitúdóin kívül csakis e jelek fáziskülönbségétől függ. Ez esetben tehát a keverő és az azt követő aluláteresztő szűrő együttesen fázisdetektort alkotnak. Az általánosság megszorítása nélkül vegyük φ_{a0} fázishely-



5. ábra

zetet a referenciahelyzetnek, amelyhez képest az $U_v(t)$ jel φ_{v0} fázisát mérjük:

$$\varphi_{a0} = 0.$$

Ezzel eljutunk a keverős fázisdetektor leíró egyenletéhez:

$$U_k(t) = \frac{1}{2} k (U_a^2 + U_v^2) + U_a U_v k \cos \varphi_{v0}. \quad (9)$$

A (9) egyenlet alapján a fázis-jelszint viszonyokat az 5. ábra szemlélteti.

Az ábra szerint a fázisdetektor vagy 90° , vagy 270° (-90°) környezetében használható, mintegy $\pm 60^\circ$ átfogási tartományban, de ebben a viszonylag szűk fázis-tartományban is jelentős a karakterisztika nemlinearitása.

Mintavételező fázisdetektor

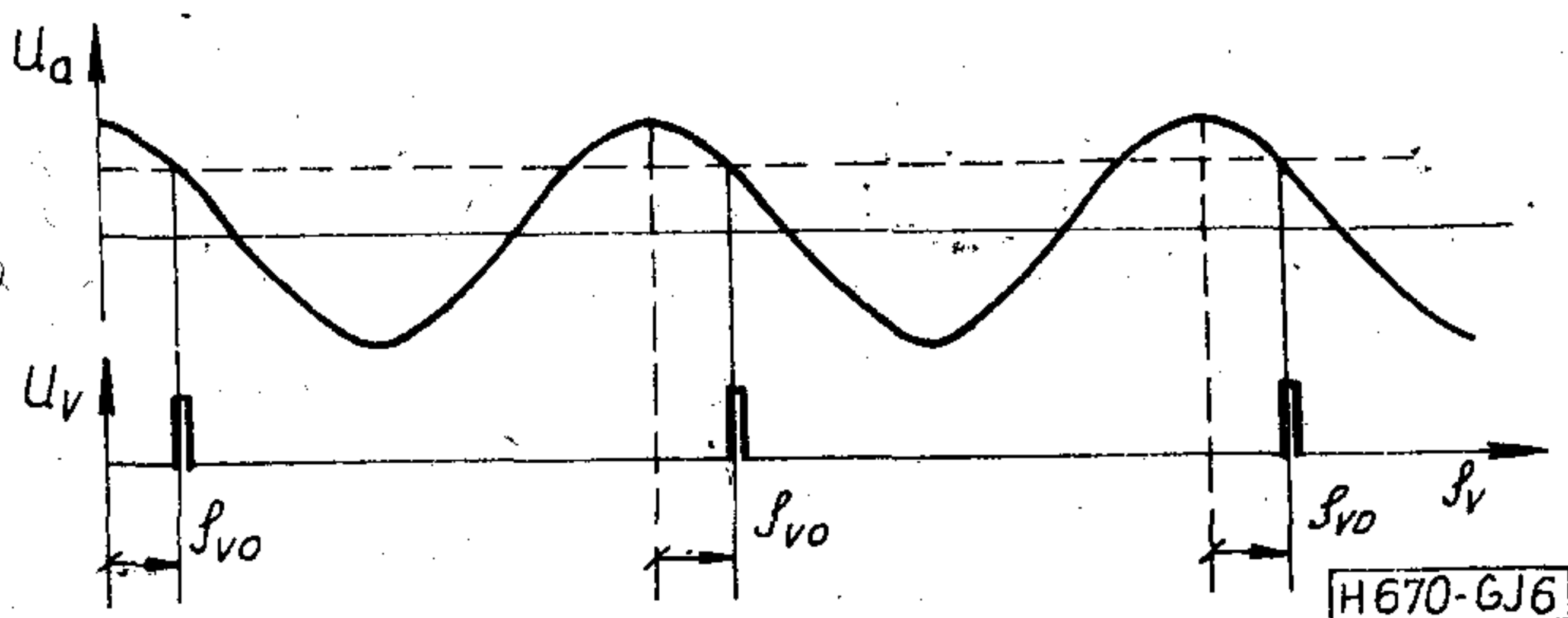
Az 5. ábrán látható fázisdetektor-karakterisztika nem csupán keverő és szűrő együttesével, hanem mintavételező-tartó áramkörrel is megvalósítható. Legyen az analóg bemenetre adott jel koszinusz alakú:

$$U_a(t) = U_a \cos \omega_a t.$$

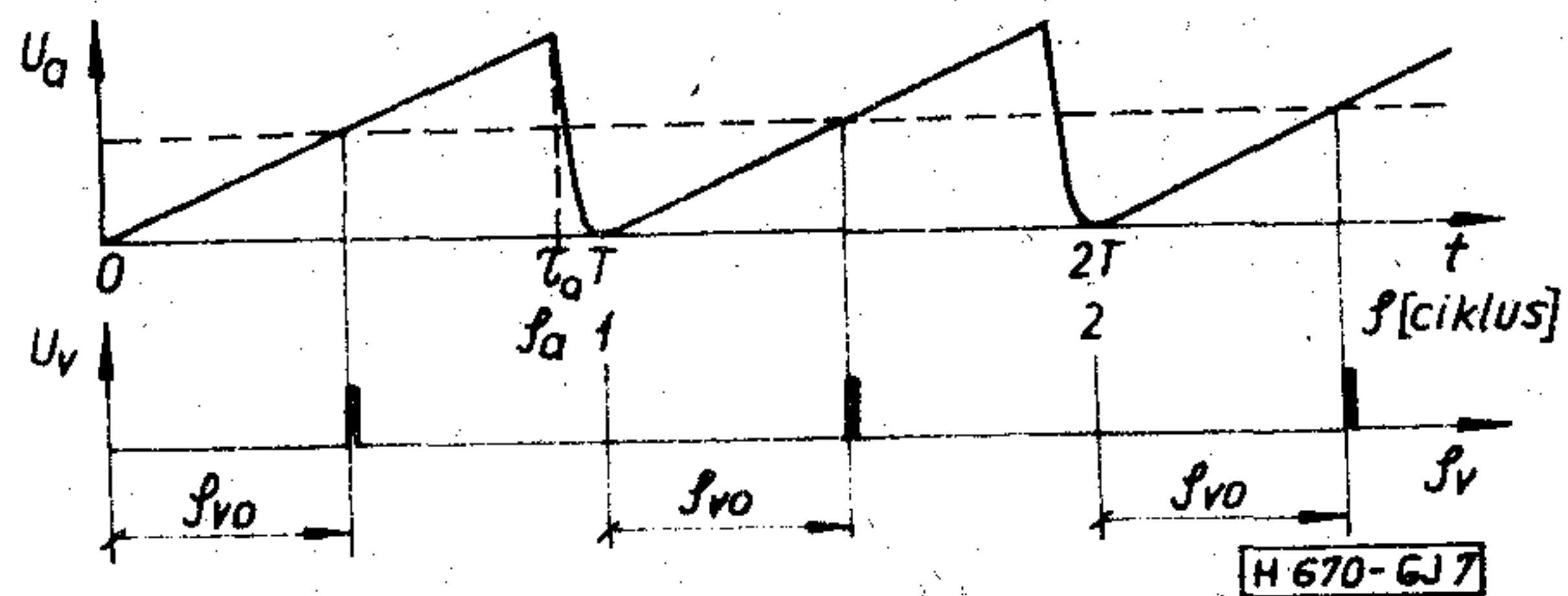
Amennyiben a mintavételező bemenetre adott impulzussorozat ω_v frekvenciája megegyezik az analóg jel frekvenciájával, vagyis $\omega_v = \omega_a$, akkor a mintavett U_k feszültség egyenjel lesz, hiszen az analóg jelnek mindig ugyanannál a fázishelyzeténél történik mintavétel. A mintavett egyenfeszültség értéke csakis az impulzussorozat és az a analóg jel kölcsönös viszonyától — tehát a fázisszögtől — függ (6. ábra):

$$U_k = U_a \cos \varphi_{v0}. \quad (10)$$

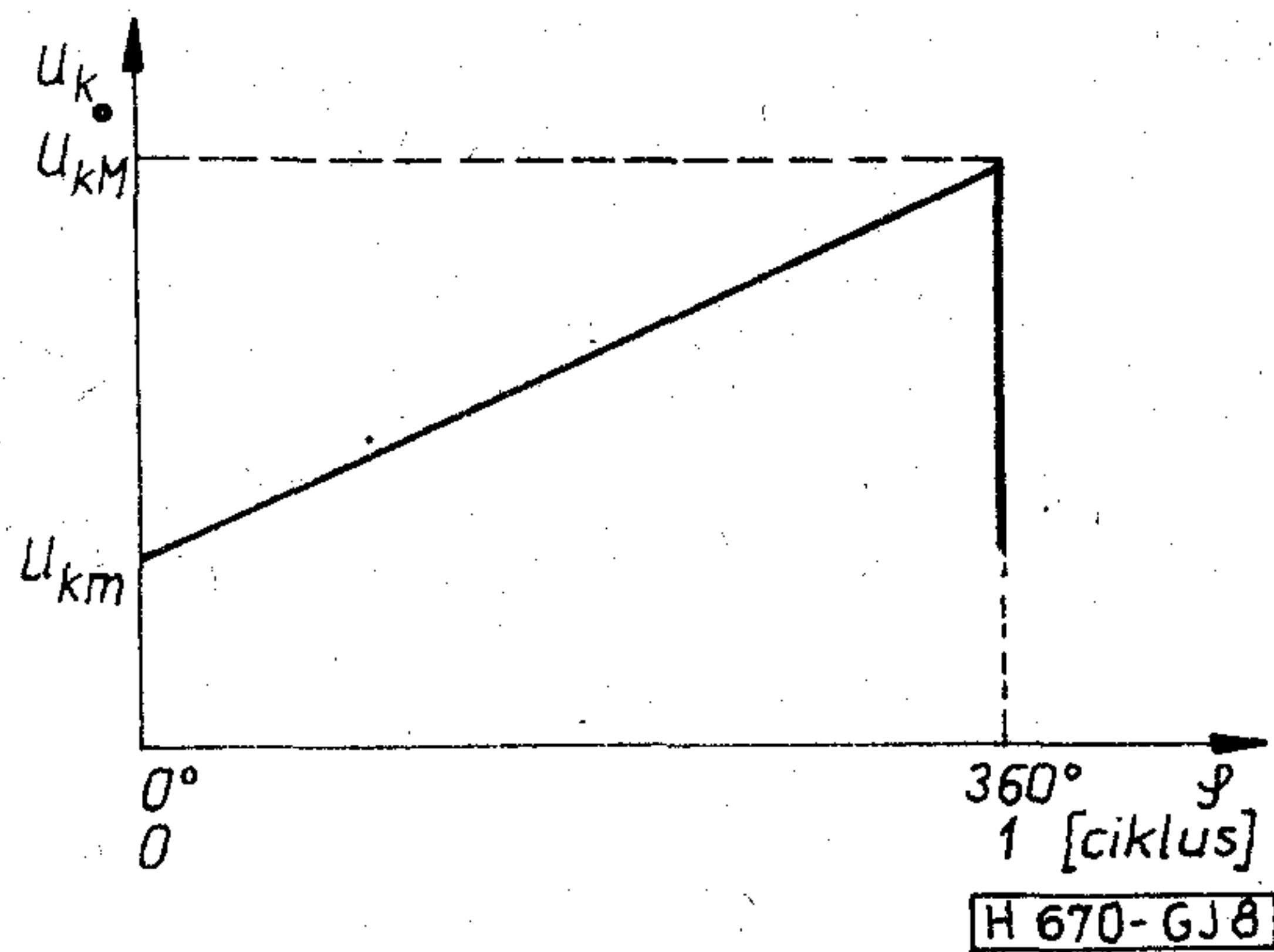
A mintavételező áramkör tehát fázisdetektorként működik. Tulajdonságai lényegében megegyeznek a keverős fázisdetektor tulajdonságaival, mégpedig olyan mértékben, amennyire a (10) összefüggés (9)-hez hasonlít. Szembetűnő eltérés: a mintavételezővel megvalósított fázisdetektornál a kimenő jel nem függ az U_v mintavételező feszültség amplitúdójától. A (10)



6. ábra



7. ábra



8. ábra

tehát kedvezőbb fázisdetektor-karakterisztikát ír le, mint a (9) összefüggés.

Ha mintavételező áramkört alkalmazunk fázisdetektorként, akkor az $U_a(t)$ analóg jelalak kedvező megválasztásával még a (10) összefüggés által leírtánál is lényegesen kedvezőbb fázisdetektor-karakterisztikát nyerhetünk. Legyen az $U_a(t)$ jelalak a 7. ábra szerinti. Legyen tehát az analóg jel a teljes periódus nagyobb részében monoton növekvő, lineáris, visszafutása pedig a teljes periódusidőnek csak csekély hányadát vegye igénybe. Ennek a jelnek a mintavételezése által lineáris fázisdetektort nyerünk $0 \dots \varphi_a$ linearitási tartományal. Amennyiben φ_a jól megközelíti a 360° -ot, vagyis a visszafutás ideje elhanyagolható, ideális lineáris fázisdetektorhoz jutunk (8. ábra). Ez az idealizálás kedvező számítási modellt ad fázisdetektort tartalmazó áramkörök értékeléséhez.

A 8. ábra szerint, miközben az U_v referenciaoldali jel fázisszöge 0° -tól 360° -ig (0 -tól 1 ciklus szögegységig) változik, a kimenő egyenfeszültség egy U_{km} minimális értéktől egy U_{kM} maximális értékig növekszik a (11) egyenlet szerint:

$$U_k(\varphi) = U_{km} + (U_{kM} - U_{km})\varphi. \quad (11)$$

A kimenő feszültség tehát a fázisszög lineáris függvénye. A φ fázisszög ciklus szögegységben mérendő a $\varphi = 0 \dots 1$ tartományban.

VCO vezérlése mintavételező fázisdetektorkal

A következőkben megvizsgáljuk annak a fázisszinkronizált körnek a működését, amely mintavételező fázisdetektort tartalmaz. A fázisdetektor karakterisztikája legyen lineáris, tehát működését írja le a (11) összefüggés!

Fázisszinkronizált körökben a fázisdetektor egy illesztő közvetítésével feszültségvezérelt oszcillátor-

hoz (VCO, voltage controlled oscillator) csatlakozik (9. ábra). Leíró modellünkben az illesztő erősítőt is foglalja magába a mintavevő áramkör. Legyen tehát a fázisdetektor és az illesztő erősítő együttesének leíró összefüggése a (11) egyenlet.

A VCO a bemenetére adott $U_k(t)$ feszültség hatására $f_k(t)$ frekvenciájú rezgést ad ki. A VCO karakterisztikája legyen lineáris:

$$f_k = \frac{f_{kM} - f_{km}}{U_{kM} - U_{km}} U_k - \frac{f_{kM} - f_{km}}{U_{kM} - U_{km}} U_{km} + f_{km}. \quad (12)$$

$$(12)\text{-ben } f_{kM} = f_k(U_{kM}) = f_k(\varphi = 1),$$

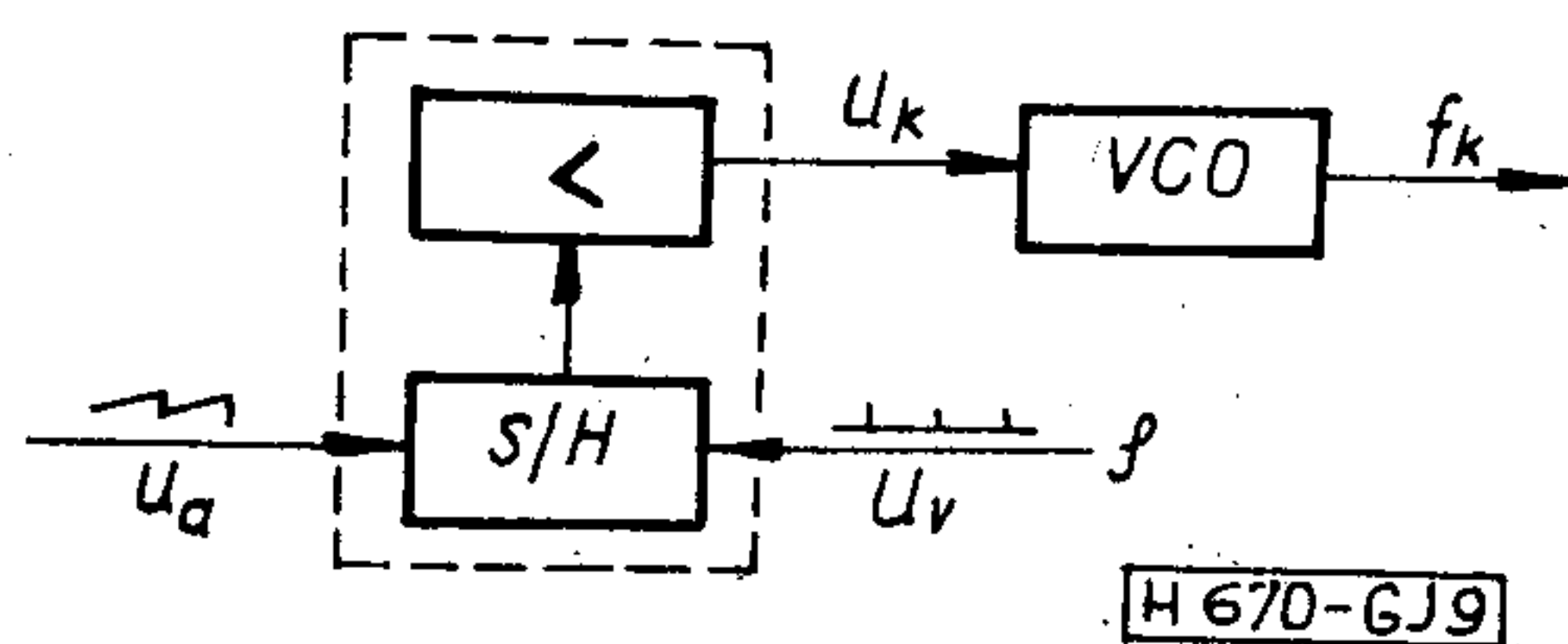
$$f_{km} = f_k(U_{km}) = f_k(\varphi = 0),$$

tehát f_{kM} a maximális, f_{km} pedig a minimális fázishelyzethez tartozó maximális, ill. minimális frekvencia.

A 9. ábra szerinti rész-rendszerben a kimeneti f_k frekvencia természetesen kifejezhető közvetlenül a bemenő φ fázisadtból, az U_k közbenső mennyiség kiküszöbölésével:

$$f_k = (f_{kM} - f_{km})\varphi + f_{km}. \quad (13)$$

A kimeneti frekvencia a bemenő jel fázisszögének lineáris függvénye.



9. ábra

A fáziszárt hurok F_k frekvenciaviszony-paramétere

Amennyiben a fázisdetektor és a VCO fázisszinkronizált körben vannak összekapcsolva, úgy lehetőség van hurokegyensúlyi helyzet kialakulására. Hurokegyensúly esetén az egyensúlyi fázisszöget jelöljük φ_0 -val, φ_0 egyensúlyi fázisszög hatására a VCO kimenetén létrejött egyensúlyi frekvenciát jelöljük f_{k0} -val. A nem egyensúlyi φ fázishelyzet az egyensúlytól való $\Delta\varphi$ -vel való eltérésként fogható fel. Hasonló módon Δf_k a VCO frekvencia eltérése az egyensúlyi állapottól.

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi, \quad (14)$$

$$f_k = f_{k0} + \Delta f_k. \quad (15)$$

Helyettesítsük (14)-et a fázis-frekvencia összefüggést leíró (13) egyenletbe:

$$f_k = (f_{kM} - f_{km})\varphi_0 + f_{km} + (f_{kM} - f_{km})\Delta\varphi.$$

Mivel egyensúlyi állapotban

$$f_{k0} = (f_{kM} - f_{km})\varphi_0 + f_{km},$$

azért (15) felhasználásával

$$\Delta f_k = (f_{kM} - f_{km})\Delta\varphi,$$

$$f_k = f_{k0} + \Delta f_k = f_{k0} + (f_{kM} - f_{km})\Delta\varphi.$$

f_{k0} kiemelésével:

$$f_k = f_{k0} \left[1 + \frac{f_{kM} - f_{km}}{f_{k0}} \Delta\varphi \right]. \quad (16)$$

Jelöljük a (16) kifejezésben $\Delta\varphi$ együtthatóját F_k -val:

$$F_k = \frac{f_{kM} - f_{km}}{f_{k0}}. \quad (17)$$

F_k a mintavételező fáziszárt hurok analízise során fellépő alapvető jelentőségű hurokjellemző. Fontossága miatt külön elnevezést is kapott: frekvenciaviszony, és a VCO frekvenciaátfogásának az egyensúlyi frekvenciához való viszonyát jelöli. (17) szerint F_k visszahelyettesíthető (16)-ba:

$$f_k = f_{k0}(1 + F_k \Delta\varphi). \quad (18)$$

Érdeemes figyelni arra, hogy egyensúly esetén

$$\Delta\varphi = 0 \quad \text{és} \quad f_k = f_{k0}.$$

Megjegyzendő még, hogy f_{k0} egyensúlyi frekvencia mindig az f_{km} minimális és f_{kM} maximális frekvencia között helyezkedik el, azaz

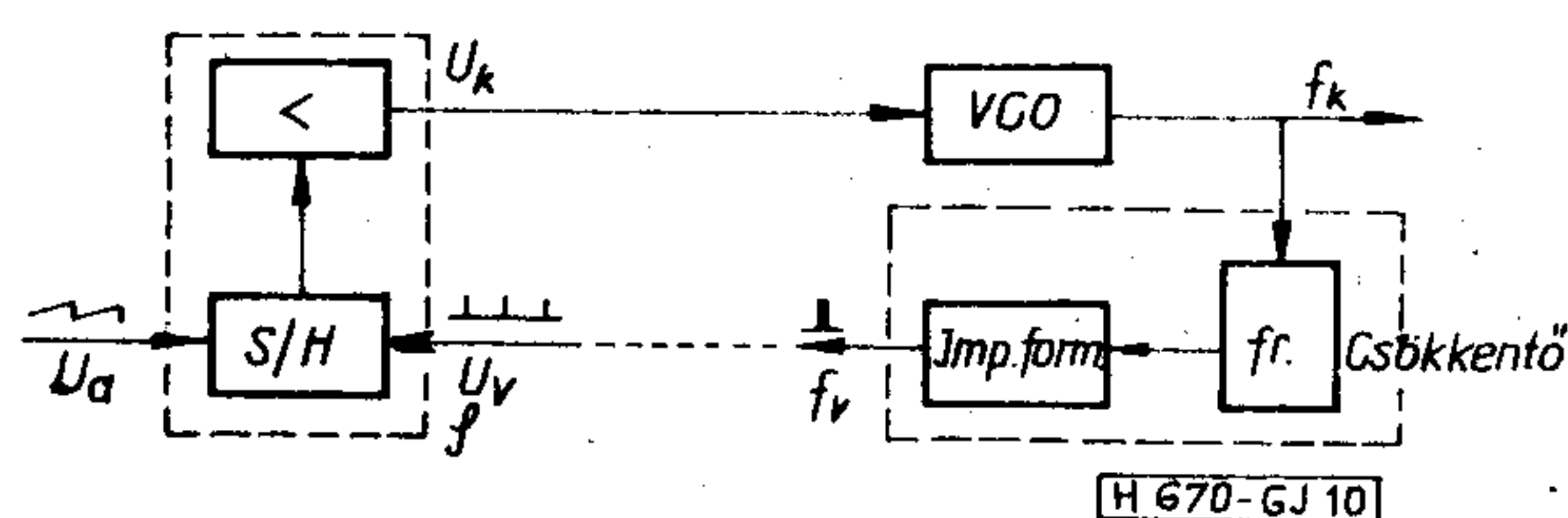
$$f_{km} < f_{k0} < f_{kM}.$$

(17) viszonyaiból adódóan F_k mindig pozitív.

A fáziszárt hurok kialakítása

A fáziszárt hurok kialakításához a VCO kimeneti, f_k frekvenciájú jelét vissza kell vezetni a fázisdetektor mintavételező bemenetére. Amennyiben az f_{k0} egyensúlyi VCO frekvencia éppen megegyezik a fázisdetektor U_a jelének, tehát referenciájának f_a frekvenciájával, ez a visszacsatolás nem is jelenthet nehézséget. Ha azonban nem áll fenn egyezés, frekvencia-transzpozíciót kell alkalmazni. Gyakorlati esetekben a VCO stabilizálandó f_{k0} frekvenciája lényegesen nagyobb a fázisdetektor f_a referenciáfrekvenciájánál, emiatt frekvenciacsökkentés szükséges.

10. ábrán kiegészítjük a 9. ábra áramköri részletét egy frekvenciacsökkentő áramkörrel. A frekvenciacsökkentő egyúttal impulzusformáló kört is magában foglal, a kimeneti f_v frekvencia hordozója egy túlimpulzus-sorozat. Ez az impulzussorozat rávezethető a fázisdetektorként működő mintavételező áramkör mintavételező bemenetére. Ezzel kialakul a fázisvisszacsatolás.



10. ábra

Frekvenciacsökkentés keveréssel

A frekvencia csökkentésének egyik módja a lekeverés. A keverő egyik bemenetére vezessük a VCO kimeneti f_k frekvenciáját. A másik bemenetre adjunk

f_L frekvenciájú (lokál) jelet. A keverőt követő szűrő legyen a különbségi frekvencia sávjára hangolva. A lekeverés során f_v frekvenciájú jelet nyerünk.

$$f_v = |f_k - f_L|. \quad (19)$$

A (19) keverő-egyenletbe behelyettesíthetjük (18)-ből f_k kifejezését:

$$f_v = |f_{k0} - f_L + f_{k0} F_k \Delta\varphi|. \quad (20)$$

Az egyensúlyi érték $\Delta\varphi = 0$ esetén:

$$f_{v0} = |f_{k0} - f_L|. \quad (21)$$

Az f_v összefüggéseit leíró (20) kifejezésből emeljük ki az egyensúlyi f_{v0} -nak a (21) által leírt tagját:

$$f_v = f_{v0} \frac{|f_{k0} - f_L + f_{k0} F_k \Delta\varphi|}{|f_{k0} - f_L|}.$$

Tagonkénti osztással:

$$f_v = f_{v0} \left| 1 + \frac{f_{k0}}{f_{k0} - f_L} F_k \Delta\varphi \right|. \quad (22)$$

Amennyiben (20)-ban az

$$F_v = \frac{f_{k0}}{f_{k0} - f_L} F_k \quad (23)$$

jelölést alkalmazzuk, úgy a (22) kifejezés helyett az egyszerűbb (24) adódik:

$$f_v = f_{v0} |1 + F_v \Delta\varphi|. \quad (24)$$

(24) formailag nagyon hasonlít (18)-hoz. A (24)-ben és (23)-ban előforduló F_v mennyiség a fáziszárt hurok visszacsatoló ágának frekvenciaviszonya abban az esetben, ha keverővel történt a frekvenciacsökkentés.

(23) szerint F_v értéke F_k -től is függ. A (17) összefüggés megadja F_k értékét. Ezt a kifejezést (23)-ba behelyettesítve:

$$F_v = \frac{f_{kM} - f_{km}}{f_{k0} - f_L}. \quad (25)$$

Keverővel történő frekvenciacsökkentés során a frekvenciaviszony megváltozik — abszolút értékben megnövekszik — az eredeti értékhez képest. A növekedés mértéke a frekvencia csökkenésével arányos. (21) és (23) egybevetéséből:

$$|F_v| = F_k \frac{1}{\left(\frac{f_{v0}}{f_{k0}}\right)}.$$

A viszonyokat előjelhelyesen a 11. ábra szemlélteti.

Frekvenciacsökkentés leosztással

A lekeverés mellett a frekvencia csökkentésének másik módja a leosztás. A VCO kimeneti f_k frekvenciáját egy digitális osztó N -ed részére leosztja, ezáltal hozza létre a fázisösszehasonlításra alkalmas

f_v visszacsatoló frekvenciát:

$$f_v = \frac{f_k}{N}. \quad (26)$$

Digitális osztók esetében a frekvenciaosztás számálló áramkör útján valósul meg, így az N osztási modulus egész szám lesz.

Számítsuk ki a frekvenciaviszonyt frekvenciaosztó áramkörre. (24)-be helyettesítsük be az általános (18) összefüggést:

$$f_v = \frac{f_{k0}}{N} (1 + F_k \Delta\varphi). \quad (27)$$

Amennyiben $\Delta\varphi = 0$, akkor az f_{v0} egyensúlyi értékre jutunk:

$$f_{v0} = \frac{f_{k0}}{N}.$$

Ez utóbbi összefüggést beírva (27)-be:

$$f_v = f_{v0} (1 + F_k \Delta\varphi). \quad (28)$$

Az egységes tárgyalásmód végett (24)-gyel azonos alakú összefüggésre törekszünk.

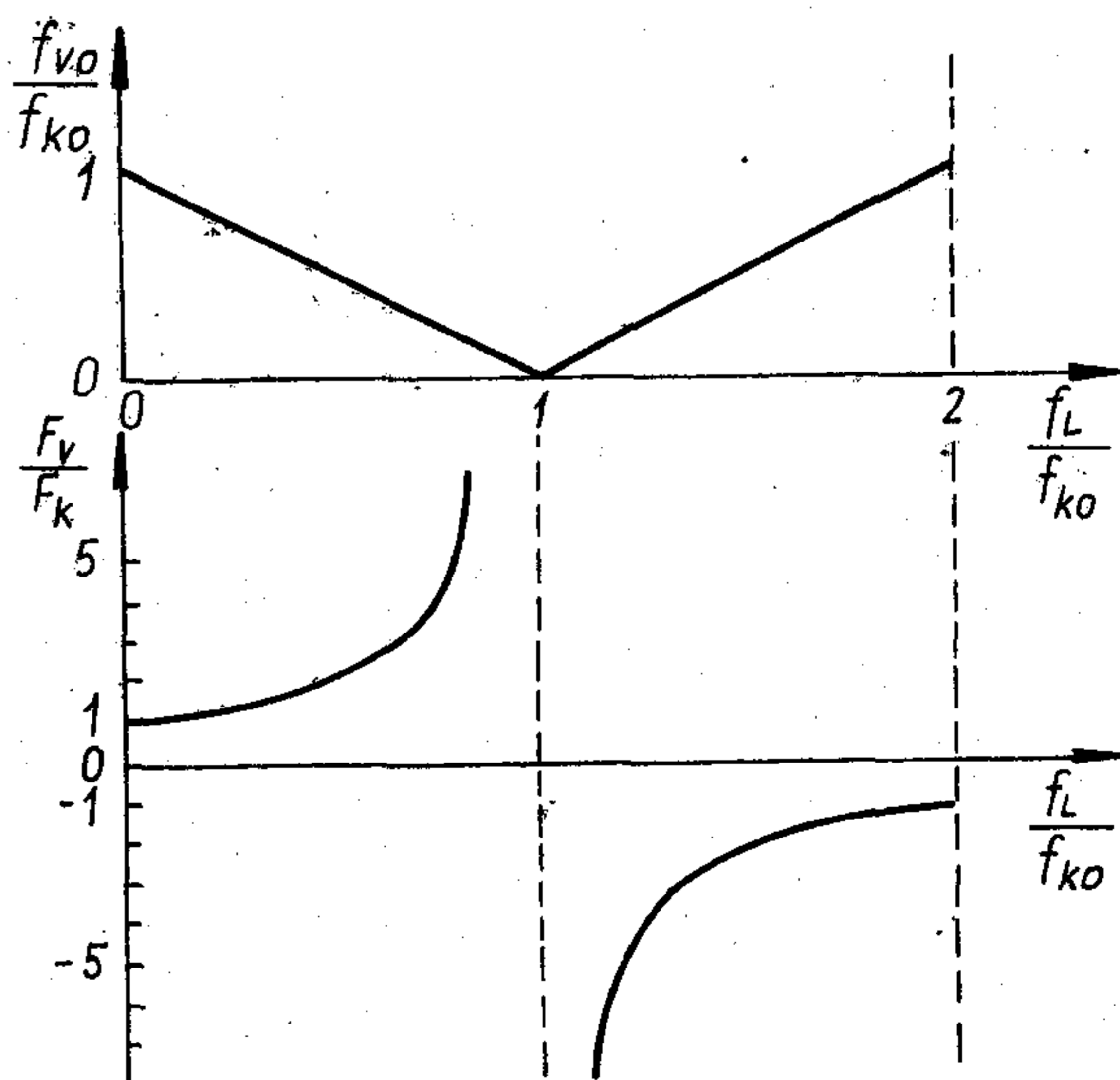
Amennyiben:

$$F_k = F_v, \quad (29)$$

úgy ez a formai azonosság rövid úton igazolható. (29) azt fejezi ki, hogy a digitális osztó nem változtat a frekvenciaviszonyon. (29) teljesülése esetén (17)-ből adódóan $F_v > 0$, tehát F_v mindig pozitív. (28) alapján f_v is mindig pozitív. Képezzük a kifejezés abszolút értékét! Ez a művelet f_v értékén nem változtat, de (28) formailag (24)-gyel teljesen azonos alakúvá válik.

A visszacsatolási frekvencia általános alakja

A visszacsatoló-frekvencia kifejezése mind a keverős, mind a digitális osztójú áramkörnél azonos. Az eltérés az F_v frekvenciaviszony struktúrájában van.



H 670-GJ 11

11. ábra

A (24) egyenletben F_v azonban csupán az áramkör felépítésére jellemző konstansként szerepel.

A hurok egyensúlya esetén az egyensúlyi mintavételi frekvencia megegyezik a fázisdetektor analóg jelének frekvenciájával (7. ábra), azaz

$$f_a = f_{v0}.$$

Így a következő egységes összefüggést nyerjük az f_v visszacsatolási frekvenciára:

$$f_v = f_a |1 + F_v \Delta\varphi|. \quad (30)$$

Ez az összefüggés a (23) és (24) által leírt keverős kör, valamint a (28) és (29) által leírt osztós kör visszacsatoló ágában mérhető visszacsatolási frekvencia egységesített alakja.

A mintavételező fázisszinkronizált hurok működése

Az eddigiekben részletesen megvizsgáltuk a mintavételező fázisdetektor működését, majd a 10. ábra szerint a fázisdetektorhoz hozzákapsoltuk a fázisszinkronizált hurok többi elemét is. Így teljes hurkot nyerünk. Hogyan működik ez a fáziszárt hurok?

Hurok-egyensúly esetén mintavételről mintavételre ugyanannál a φ_0 fázishelyzetnél történik a mintavétel. Az egyensúlyi helyzettől való eltérés: $\Delta\varphi = 0$. A fázisdetektoron valamennyi mintavétel alkalmával ugyanaz az U_{k0} kimeneti feszültség jelenik meg. Bár ez az U_{k0} feszültség mintavételezett, az egyensúly miatt értéke nem változik, a hurokban működő VCO-t tehát egyenfeszültség vezérli. Az egyenfeszültséggel vezérelt VCO kimeneti frekvenciája állandó f_{k0} érték. Ebből frekvenciacsökkentő áramkör hozza létre az f_v egyensúlyi visszacsatoló-frekvenciát. Összefoglalva, az egyensúlyi helyzet azt jelenti, hogy $\varphi = \varphi_0$ fázishelyzetben mintavételező impulzust adva a fázisdetektorra, a fáziszárt hurok visszacsatoló ágában $f_v = f_{v0}$ frekvenciájú jel alakul ki. A visszacsatoló jel következő mintavételének fázishelyzete az előzővel megegyezően $\varphi = \varphi_0$ lesz. Az egyensúly eleve feltételezi, hogy f_{v0} megegyezik a fázisdetektor analóg bemenetére adott referencia fűrészel f_a frekvenciájával [3].

Hogyan működik a fáziszárt hurok, ha az egyensúly nem áll fenn, $\Delta\varphi \neq 0$. (30) alapján látható, hogy a $\Delta\varphi$ -tól függő f_v visszacsatoló-frekvencia el fog térni f_{v0} -tól. $|\Delta\varphi|$ kis értékei esetén a visszacsatolási f_v frekvencia is csak kevéssé tér el f_{v0} -tól. Ez a Δf_v frekvenciaeltérés (5) szerint a visszacsatolási mintavétel $\nabla\varphi$ értékű fáziseltolódását eredményezi két egymást követő mintavétel során. Amíg a jelen (i -edik) mintavétel fázishelyzete:

$$\varphi_i = \varphi_0 + \Delta\varphi_i,$$

addig a következő ($i+1$ -edik) mintavétel fázishelyzete

$$\varphi_{i+1} = \varphi_i + \nabla\varphi$$

lesz. φ_{i+1} formailag φ_i -hez hasonló alakban felírható:

$$\varphi_{i+1} = \varphi_0 + \Delta\varphi_{i+1},$$

vagyis:

$$\Delta\varphi_{i+1} = \Delta\varphi_i + \nabla\varphi$$

Amennyiben $\Delta\varphi_i \neq 0$, akkor

$$\frac{\Delta\varphi_{i+1}}{\Delta\varphi_i} = 1 + \frac{\nabla\varphi}{\Delta\varphi_i} = A. \quad (31)$$

A (31) kifejezés a fáziszárt kör hurokerősítése. Azt mutatja, hogy $\Delta\varphi_i$ fáziseltérésből egy mintavételi ciklus lefolyása során mekkora $\Delta\varphi_{i+1}$ fáziseltérés jön létre. (31) szerint

$$\Delta\varphi_{i+1} = A \Delta\varphi_i.$$

A Δf_v frekvenciaeltérést (30) szerint a $\Delta\varphi_i$ fáziseltérés hozta létre:

$$f_v = f_a |1 + F_v \Delta\varphi_i|,$$

f_v tehát eltér az f_a egyensúlyi frekvenciától:

$$\Delta f_v = f_a - f_v.$$

A mintavételező fázisdetektor tárgyalásánál láttuk, hogy az egyensúlyi frekvenciától való eltérés a mintavételi fázis folyamatos eltolódásával jár együtt. A jelenséget leíró (5) összefüggésbe (4)-et és (30)-at behelyettesítve:

$$\Delta\varphi = -\frac{\Delta f_v}{f_v} = 1 - \frac{f_a}{f_v} = 1 - \frac{1}{|1 + F_v \Delta\varphi_i|}. \quad (32)$$

(32)-t (31)-be helyettesítve:

$$A = 1 + \frac{1}{\Delta\varphi_i} \left(1 - \frac{1}{|1 + F_v \Delta\varphi_i|} \right). \quad (33)$$

Amennyiben kis $\Delta\varphi_i$ értékekre szorítkozunk, a nagyságviszonyok alapján az abszolút érték képzés elhagyható, majd a (33)-ban található törtkifejezést sorbafejtve felírható:

$$\frac{1}{|1 + F_v \Delta\varphi_i|} = \frac{1}{1 + F_v \Delta\varphi_i} \approx 1 - F_v \Delta\varphi_i, \quad |\Delta\varphi_i| \ll 1.$$

Ezzel a közelítéssel (33) nagyon leegyszerűsíthető:

$$A = 1 - F_v. \quad (34)$$

A fázisban visszacsatolt hurok hurokerősítése tehát csakis az F_v visszacsatolási frekvenciaviszonytól függ. Nyilvánvalóan akkor áll be majd a hurokegyensúly, ha mintavételről mintavételre csökken a fázishiba, tehát

$$|\Delta\varphi_{i+1}| < |\Delta\varphi_i|.$$

Ugyanezt (31) szerint a hurokerősítéssel kifejezve:

$$\left| \frac{\Delta\varphi_{i+1}}{\Delta\varphi_i} \right| = |A| < 1,$$

tehát

$$-1 < A < 1.$$

(34) szerint F_v -re átvérve:

$$0 < F_v < 2.$$

Ez a stabilitás feltétele. Ugyanezt az eredményt adja más jellegű levezetés alapján [4] is.

Időbeli folyamatok

Vizsgáljuk meg a fázisban visszacsatolt áramkör visszacsatoló ágában a frekvencia-beállítás folyamatát.

Az f_v visszacsatolási frekvencia vizsgálatánál a (30) és a (4) összefüggés felhasználásával az egyensúlytól való eltérésre nyerünk összefüggést:

$$\Delta f_v = -f_a F_v \Delta \varphi.$$

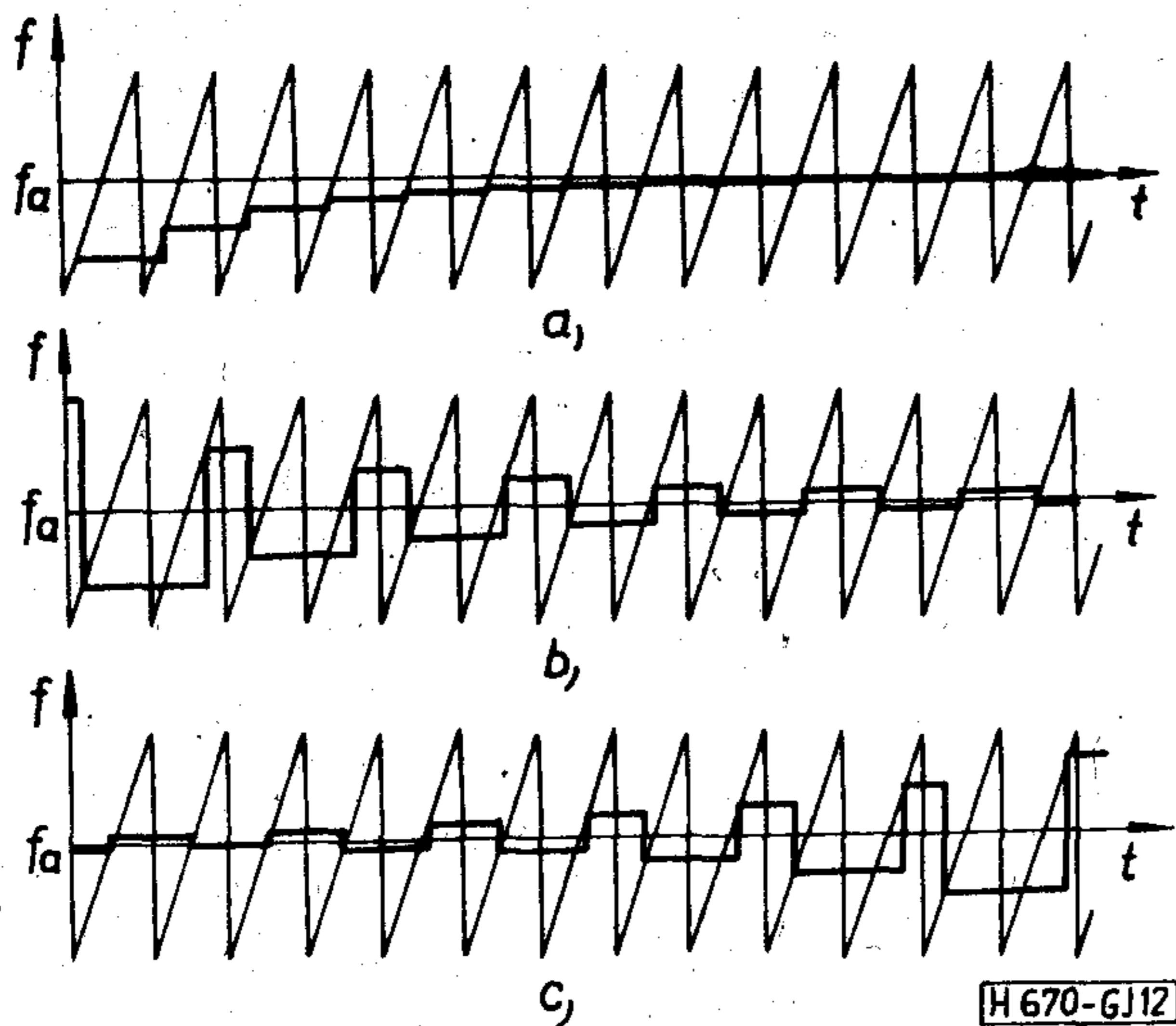
Az összefüggést i valamint $i+1$ indexszel véve és ezek hányadosát képezve:

$$\Delta f_{i+1} = A f_i. \quad (35)$$

A frekvenciaeltérések tehát — akárcsak a fázisel-térések — szintén a hurokerősítés mértékében változ-nak mintavételről mintavételre. A 12a ábra fázisban visszacsatolt mintavételezési folyamatot mutat $0 < A < 1$ hurokerősítéssel, vagyis $1 > F_v > 0$ frekvencia-viszonnyal.

A 12b ábrán a hurokerősítés negatív: $-1 < A < 0$, ugyanakkor $2 > F_v > 1$. Most a stabil f_a frekvencia-érték előjelváltások sorozatán át fog beállni.

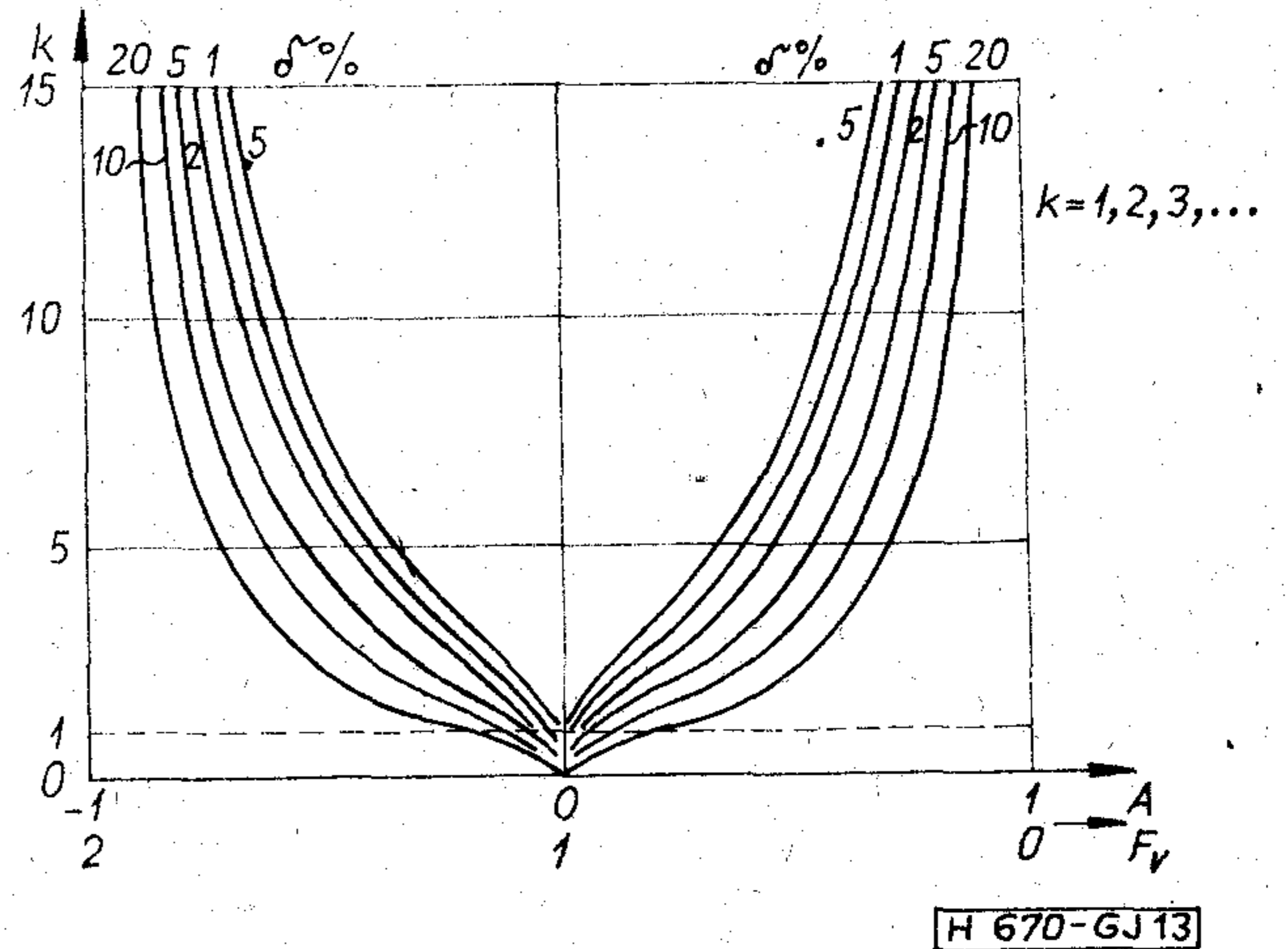
A 12c ábra nem stabil folyamatot mutat. $A < -1$, ezek szerint $F_v > 2$. A mintavételező folyamat a visz-szacsatolt rendszer berezgéséhez vezet.



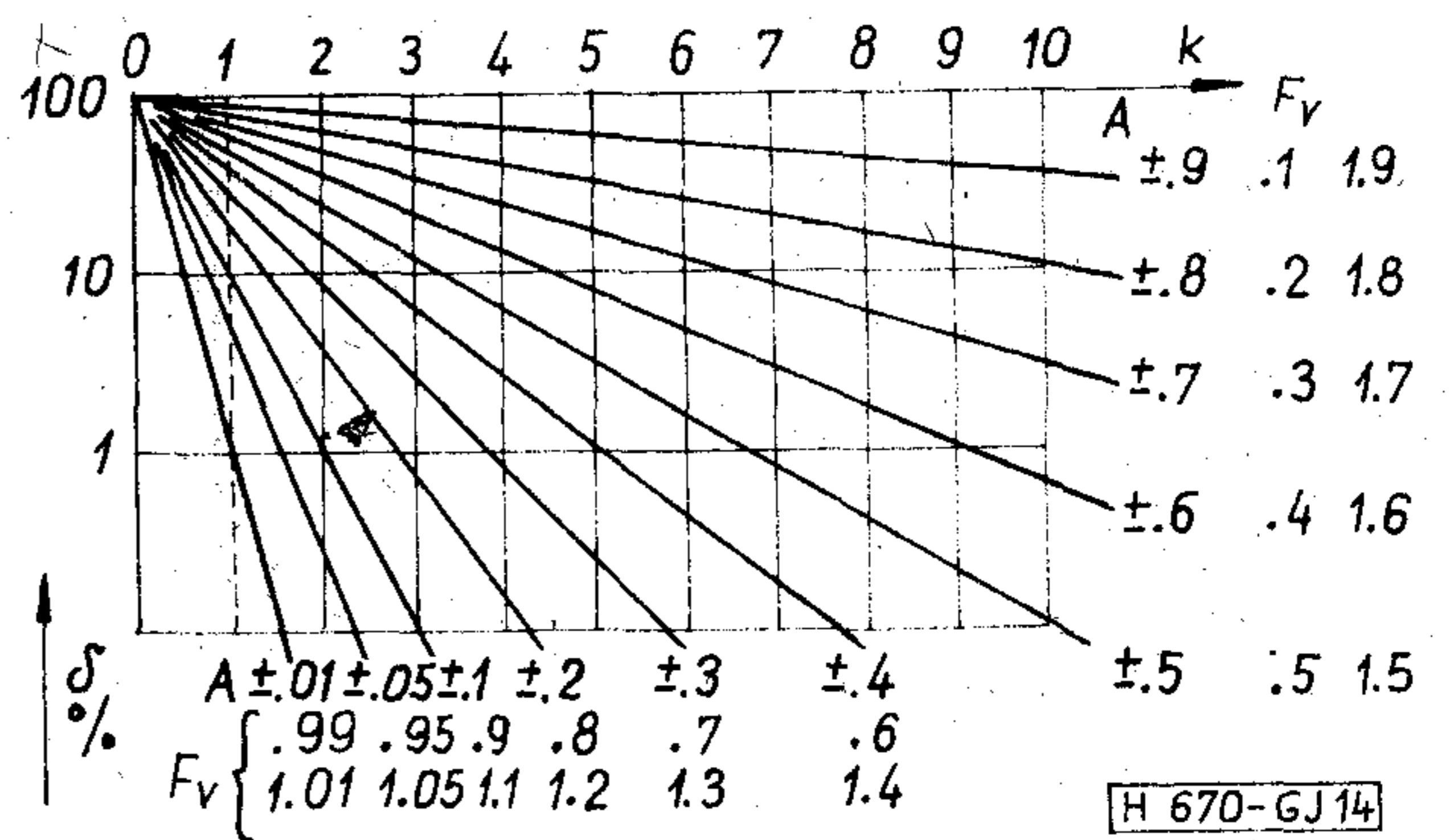
12. ábra

A konvergencia sebessége

A (34) összefüggésből a konvergencia sebessége is számítható. A sebesség az A hurokerősítéstől függ és (34) szerint a hurokerősítés egyedül az F_v visszacsatolási frekvenciaviszonnyal van kapcsolatban. Az F_v frekvenciaviszony a mintavételező fáziszárt kör egyensúly-környéki kisjelű működésének minden tulajdonságát megszabja, így a konvergencia sebességét is. A 13. és 14. ábra diagramja ezt a konvergencia sebességet mutatja az F_v frekvenciaviszony függvényében. A sebesség azzal jellemezhető, hogy hány



13. ábra



14. ábra

mintavételezési ciklus alatt csökken a Δf_v frekvenciahiba a kiindulási érték bizonyos $\delta\%$ -ára.

A 13. diagramból látható, de a (35) összefüggésből is következik, hogy $A=0$ hurokerősítés esetén, azaz ha a frekvenciaviszony $F_v=1$, akkor a soron következő mintavétel alkalmával hibamentesen beáll az egyensúlyi helyzet, tranziensek nem jönnek létre.

A hurokparaméterek jó megválasztásával egyedül-állón gyors működésű, rövid tranziensidejű fázis-szinkronizált körhöz juthatunk. A mintavételező fáziszárt körnek ez a gyors működése az a kiemelkedő tulajdonság, ami ezt az áramkört más fáziszárt körök-től megkülönbözteti.

I R O D A L O M

- [1] Datel, Engineering Product Handbook, Datel Systems Inc. 1976.
- [2] Czékány T.: Gyors és pontos mintavevő-tartó áramkör tervezése. TKI intézeti tanulmány, 1979.
- [3] Manassewitsch, V.: Frequency Synthesizers, Theory and Design. New York, Wiley, 1976.
- [4] Grad J.: A mintavételes fázisszinkronizáció. Híradás-technika, XXIX. évf. 3. szám, 1978. március.

Siemens a MIPEL-en

A Siemens vállalat a MIPEL 1979-en alkatrészgyár-tásának újdonságait mutatja be. A számos újdonság egy része először a budapesti vásáron kerül a magyar szak-emberek elé. Ezenkívül bemutatják a jelenlegi gyártási

programjuk legjelentősebb reprezentációit is. A cég új-donságairól következő számunkban részletesebben is be-fogunk számolni.

Pályázati felhívás

TERMELÉSIRÁNYÍTÓK! ÜZEMVEZETŐK!
SZÁLLÍTÁSVEZETŐK! MŰVEZETŐK!
TÁRSADALMI AKTÍVÁK!

A gazdaságos és hatékony termelés a biztonsági előírásokat kielégítő munkafeltételek megteremtésével összhangban valósulhat meg. Tapasztalatok bizonyítják, ahol a vezetés a termelés irányításával, szervezésével egyidejűleg rendszeresen foglalkozik a munkavédelemmel, ahol a munkavédelmi előírások megtartása, a védőeszközök, berendezések rendeltetésszerű használata az ellenőrzés középpontjában áll, ott a termelés mennyiségi és minőségi mutatói folyamatosan emelkednek.

A pályázóktól elsősorban a következő kérdésekre várunk választ:

— Ismertessék, hogy mit tesznek annak érdekében, hogy a felügyeletük alá tartozó üzemben, munkahelyen a dolgozók biztonságosan végezzék a termelőmunkát, a munkahelyeket rend, tisztaság jellemezze.

— Hogyan győződnek meg arról, hogy a dolgozók a távollétükben is betartják-e az előírásokat? Mit tesznek, ha az utasítás figyelmen kívül hagyásával veszélyes munkát végeznek vagy az előírásokat sorozatosan megszegik; ha indokolatlanul, engedély nélkül elhagyják a munkahelyet, ittasan jelennek meg vagy munkaidőben fogyasztottak italt? A fegyelmezés milyen eszközeit alkalmazzák, ehhez milyen segítséget kapnak az aktívaktól, szocialista brigádoktól, felső vezetőktől? Véleményük szerint a vállalati ellenőrzés rendszerében milyen jelentősége van a munkavédelmi szemlének? Ismertessék a szemlére való felkészülés és az ellenőrzés módszerét. Tárgyak, eszközök, berendezések ellenőrzését végzik vagy komplex ellenőrzést, értékelik-e és hogyan a felügyeletük alá tartozó vezetők munkavédelmi kérdésekkel összefüggő tevékenységét? Van-e következménye, ha az előző ellenőrzésen feltárt hiányosságokat nem szüntetik meg, illetve azonos hiányosságokat tapasztalnak?

— A hatáskörüket meghaladó kérdésekben hogyan intézkednek, a felső vezetőktől kapnak-e megfelelő segítséget?

— Milyen eszközökkel segítik a munkavédelmi oktatók színvonalas megtartását (film, dia, szemléltető tárgyak stb.)? Új dolgozók munkába állításánál milyen módszerrel győződnek meg arról, hogy az adott munkakör be-

töltéséhez szükséges szakmai, munkavédelmi ismeretekkel a dolgozók rendelkeznek-e? Mit tesznek, ha a dolgozó a vállalat által kijelölt vizsgabizottság előtt vizsgát tett és azt megfelelőnek tartották, de az Önök által támasztott követelményeket a dolgozó ismeretei nem elégték ki?

— Gyakorlati tapasztalataik szerint milyen tényezők gátolják a baleset tényleges okának feltárását, az azonos jellegű balesetek megelőzését szolgáló intézkedések megtételét?

— Milyen segítséget kapnak munkájukhoz a vállalati felső gazdasági vezetőktől, szakszervezeti szervezettől, üzemi aktivistáktól, munkáskollektíváktól? Milyen lehetőségek van az erkölcsi, anyagi ösztönzésre, milyen joguk van a felelősségvonnásra? A vállalat vezetői az Önök tevékenységének értékelésénél milyen tényezőket vesznek figyelembe? Szerepel-e ebben és milyen súllyal az Önök munkavédelmi tevékenysége?

A pályázatok terjedelme kötetlen, kérjük azokat lehetőleg legépelve, 3 példányban beküldeni a következő címre:

SZOT MUNKAVÉDELMI TUDOMÁNYOS KUTATÓ
INTÉZET

tájékoztatói és propaganda osztály
1021 Budapest, Ötvös János u. 1—3.

Beküldési határidő: 1979. november 30.

A beérkező pályázatokat szakbizottságok értékelik. Az arra alkalmas tanulmányokat, módszertani leírásokat publikáljuk, a közlési jogot fenntartjuk magunknak. A központi és helyi célkitűzések megvalósítását kívánjuk elősegíteni azzal, hogy a széles körben alkalmazható és eredményeket hozó munkamódszereket és tapasztalatokat eljuttatjuk a termelés vezetőihez, irányítókhoz, szervezőkhöz, aktivistákhoz.

I. díj: 6000 Ft
II. díj: 5000 Ft
III. díj: 4000 Ft
IV. díj: 3000 Ft
V. díj: 2000 Ft

További díjak: vásárlási utalványok.

A pályázat eredményhirdetésére 1980 első negyedévében kerül sor.

SZOT munkavédelmi osztály

SZEMLE

A japán Sawafuji Dynameca Co. Ltd. „DYNAPLEATS” néven igen lapos szerkezeti felépítésű, a teljes hangullámsávot kiadó, torzításmentes hangszórót fejlesztett ki. Teljesen eltértek a Hi-Fi hangszórók alapvető konstrukciós megoldásaitól. A diafragma fotomarással, nyomtatott áramkörrel készül, és úgy van hajtogatva, hogy a hajtogatási élek a párhuzamosan elrendezett rúd mágnesek közé esnek.

A diafragma (két oldalán 100 mikron fémbevonattal ellátott) 50 mikron vastagságú mylar filmből készül. Fotomarással eltávolítják a felesleges fémbevonatot, s ily módon „hangtekeres”-et képeznek ki a filmen. A hajtogatott anyagot úgy kezelik, hogy csak egyik irányban legyen rugalmas az elrendezés. Egy-egy diafragmát 48 hajtogatással képeznek ki, a „szabad végek”-et pedig a rezgés egyenletessé tételére különleges M metszetű titánfólia középső éléhez csatlakoztatják. A mágnesek külön erre a célra készített anizoferritből vannak; összesen 144 parányi mágneset használnak fel (3 sorba rendezve) egy-egy hangszóróban.

Egy nyugatnémet feltaláló olyan diafragma anyagot javasol, amely nagy belső csillapításánál fogva akusztikusan eléggé csillapított ahhoz, hogy ne alakuljanak ki rajta állóhullámok, s az ezzel keletkező rezonancia. Ez az anyag viszont nem elég

stabil, s a csatlakozási pontokon törésre, szétesésre hajlamos. Megoldásként a feltaláló az új anyagot szendvicsszerkezet közbülső anyagként javasolja: egy 0,3 mm vastagságú szemcsés sztirol-kopolimer réteget két vékony, erős poliészter, polikarbonát, vagy polivinilfluorid fólia közé helyez, s egy keretre feszíti ki, amely — mint a festmény vászna — lapos diafragmát képez. A lemez hátoldalára mágneses mezőben levő tekercset erősítenek. A tekercsbe hangfrekvenciás jelet vezetve az a lemezt rezgésbe hozza, amely jó minőségű, torzítatlan hangot ad.

Egy angol cég, a Rank Organisation fejlesztése: a lapos diafragma rezonanciáját azáltal küszöböli ki, hogy a hátoldalon vákuumot hoz létre. Itt a hang nem terjed, s így vissza sem verődik. Hogy a diafragma vákuumban való elektromágneses mozgatásával járó nehézségeket elkerüljék, a Rank olyan diafragma anyagot javasol, amely önmagától rezeg: olyan piezoelektromos anyag, mint pl. polivinildifluorid (PVF). A hangfrekvenciás jelet a keretre kifeszített anyaghoz elektródokon vezetik, s létrejön a piezoelektromos rezgés, ill. a hang. Az ötlet megvalósítására egyelőre még várni kell, mert a Rank ezidáig nem talált olyan piezoelektromos anyagot szállító céget, amely az anyag vákuumtartását is garantálta volna. (New Scientist, 1978. dec. [618]).

Az Axcel Electronics Inc. (USA) a modemek és adatátviteli berendezések optimális tervezésének megkönnyítésére olyan telefonvonal szimulátort fejlesztettek ki, amely leutánozza valamennyi vonali torzítást. A készülék a karbantartási személynél oktatására is alkalmas és kereti/próbapadi kivitelben (770 modell) és hordozható változatban (711. modell) egyaránt készül. A készülék kis mérete mellett azzal tűnik ki, hogy az egyébként drága és terjedelmes műszerekkel leutánzott valamennyi vonali feltételt szimulálni tudja. Kapcsolóval váltható pl. a szabványos „legrosszabb eseti” vonali karakterisztika, amelyre szuperponálni lehet olyan zavarokat, mint pl. változtatható véletlenszerű zaj, fázislebegés, frekvenciaeltorlás, harmonikus torzítás és tranziens jelenségek, pl. impulzus zaj, fázis- és amplitúdóugrások és -kimradások, egyidejűleg vagy külön-külön.

Egy további 780 típusjelű hordozható telefonvonal-szimulátor is rendelkezésre áll olyan alkalmazásokra, amikor csak a „legrosszabb eseti” telefonvonal-karakteristikákat kell leutánozni. (*New Electronics*, 1979. jan. [619]).

*

Az utóbbi években egyre nagyobb mértékben alkalmazzák az LSI-RAM-okat nagyszámítógépek főtárolójaként és sok mikroprocesszoros rendszerben. A félvezető tároló előnye, hogy nagy a tároló és olvasósebessége, nem tartalmaz mozgó alkatrészeket, hátránya pedig, hogy feszültségkieséskor a tárolt információ elvesz.

A mágnesbuborék-tárolók a mechanikus tárolók és az LSI-RAM-ok közötti „hézagot” töltik ki. Mechanikusan mozgó részek működésükhöz nem szükségesek, a tárolt adatokat áramkimaradás esetén is megtartják. Tárolási és olvasó sebességük nagyobb, helyigényük viszont jóval kisebb, mint a mechanikus tárolóké. A mágnesbuborék-tárolók teljesítményfelvétele néhány watt csupán.

A Rockwell nagy figyelmet fordít azoknak az elemeknek a fejlesztésére, amelyek a maszkgyártás szempontjából fontosak. Olyan ellenőrzőmódszereket is kifejlesztettek, amelyeknek alapját egy 100 Mbit-es buborékmemória fejlesztésénél és vizsgálatánál szerzett tapasztalatok jelentik. Ezt a tárolót különben a NASA egyik űrhajójának adattárolója számára fejlesztették ki. Az 1979-es előrejelzés szerint várható egy 1 Mbit-es buborékmemória kialakítása is. (*VDI Nachrichten*, 1978. dec. 22. [620]).

*

A Fairchild Camera and Instruments Corp. Vizsgálórendszerek részlege Sentinel TM elnevezéssel új LSI áramköröket vizsgáló közép kategóriájú berendezést hozott ki. A berendezéshez kapható Sentry programmal megtakaríthatók a programfejlesztés költségei.

A Sentinel nagy teljesítőképességű, kibővített funkciójú mikroprocesszorok és más érett LSI termékek vizsgálhatók. A Sentinel központi egysége egy Fairchild FST—2 számítógép. A berendezés perifériái: floppy diszk, billentyűzettel ellátott video terminál, összegező nyomtató, s opcióként egy közepes sebességű sornyomtató. Az FST—2 központi egysége 24 bit-es adatszó architektúrájú. 32 K-s félvezető memóriája van, amely 16 K-s modulonként 196 K-ig bővíthető.

A berendezéshez MOS áramkörök vizsgálatához speciális mérőfejet fejlesztettek ki. Ez a fej opcióként kapható, s nagysebességű vizsgálatokra alkalmas, pl. végméréseknél. (*Electronics of America*, 1979. jan. 9. [621]).

*

A félvezetőgyártók szerint az év végéig hiány mutatkozik a 4 kbites dinamikus, a gyors hozzáférésű tárolókban, s a mikroprocesszorokkal kapcsolatos alkalmazásaik az 1977. évi piac háromszorosát képviselik.

A mágneses buborék-tárolók terén az IBM kutatói a mikron négytizedrészére szorították le a jelenlegi 5 mikronos buborék-méretet. A két vizsgált film egyike igen nagy buborékterjedési sebességet, a másik pedig igen kis buborék-méretet tesz lehetővé.

Igen ígéretes a fénybuborék eszközök alkalmazása mint a jövő olcsó, nagy sűrűségű digitális tároló rendszere. A képek mangánnal szennyezett cinkszulfid filmben akár meghatározott területek fényvel, vagy elektronsugárral való gerjesztésével, akár váltakozó feszültségű „címezőfeszültség” alkalmazásával (a filmre felvitt függőleges és vízszintes fémes vonalhálozat segítségével) állíthatók elő. Ez utóbbi esetben a „címezőfeszültség” a gerjesztett területről fénykibocsátást vált ki.

Az alkalmazott váltakozó feszültség frekvenciáját 10 kHz-re növelve, a mikroszkópikus fénybuborékok lépésenként továbbhaladnak a felületen. Ha e fénybuborékok vezérlésének módját kidolgozzák, ez lehet majd a jövő olcsó, nagy sűrűségű tárolója. (*Electronics Weekly*, 1979. jan. 16. [622]).

*

Az ITT Regelungstechnik (NSzK) létesíti Szingapur új nemzetközi repülőterének (amely az ázsiai csendes-óceáni térség legbiztonságosabb és legnagyobb forgalmú repülőtere lesz) számítógépes vezérlőrendszerét. A 3,5 millió US dollár értékű beruházás 1979-ben indul. Az SDC 8000 rendszer az új repülőter összes elektromos és mechanikai felszerelését figyeli, mint pl. a légkondicionáló, tűzvédelmi, biztonsági berendezéseket, a kifutópálya megvilágítását, az elektromos teljesítmény elosztását. Egyetlen kezelő szükséges, aki információt kap a hibákról, a hiba értelmezéséről, a beavatkozáshoz szükséges utasításokról.

Tápkimaradás esetén a rendszer átvált tartalék-táplálásra és prioritást biztosít a kritikus szolgáltatások, mint pl. a radarrendszer, a kifutópálya-megvilágítás számára. (*Telecommunication Journal*, XII. N° 45. [624]).

*

Az Egyesült Királyság-beli felhasználók 1978. december 1-től hozzáférhetnek a világ egyik legnagyobb teljesítményű óriás számítógépéhez, a Cray 1-hez, amelyet az United Computing System of Kansas (a Kansasi Egyesült Számítógép-rendszer) működtet. A Cray 1-et, melytől tízszer gyorsabb működést várnak, mint az IBM 370/195-től, az óceánon keresztül egy nagysebességű hírközlő lánc köti össze Európával.

Az Egyesült Államok-beli vállalat központot létesített Londonban. A hálózat, a tervek szerint, összekapcsolja Európa és Észak-Amerika minden nagyobb városát a négy adat-központtal: Kansas-City-vel, Bostonnal, Londonnal és Zürichhel. (*Electron*, 1978. nov. 21. [625]).

*

Az IT 2300 típusú készülék az elektronikus távgépírók új generációját képviseli. Az ITT Creed bejelentette az első megrendelését, amelyet a Brit Postától kapott. A cikk ismerteti a fejlesztési, tervezési munkát.

A cél az volt, hogy a növekvő táviróforgalom okozta fokozott követelményeket, műszaki jellemzőkben, tartósságban ki lehessen elégíteni úgy, hogy biztosítsák a kis méreteket, a könnyű kezelést, a megbízhatóságot megfelelő eladási ár mellett.

A 70-es években megindult a fejlesztés, de megoldást csak az LSI áramkörök alkalmazása hozott, amikor azok megfelelő áron beszerezhetők voltak. További gondot okozott, hogy a gyártó cégnek a mechanikus működésű gépek készítéséről át kellett térnie főleg az elektronikus készülékek gyártására. (*Electron*, 1978. nov. [626]).

A szerkesztőség közleménye

Lapunk 11. és 12. összevont száma, mely a BME Villamosmérnöki kar 30 éves évfordulójának előadását tartalmazza, december végén jelenik meg.

Tartalmi összefoglalások

ETO 061.75 Barta István: 621.39 (061.75) Barta István

Dr. Barta Istvánra emlékező cikkek

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 10. sz.

A folyóirat jelen száma Dr. Barta István emlékszám. Dr. Barta István akadémikus, a Budapesti Műszaki Egyetem tanszékvezető tanára, a Híradástechnikai Tudományos Egyesület és lapunk szerkesztőbizottságának elnöke volt. Róla emlékeznek meg az alábbi című cikkek:

- Barta István a mérnök,
- Barta István hozzájárulása a műszaki akusztikához,
- Barta István szerepe a BME híradástechnikus mérnök-képzésének létrehozásában,
- Barta István úttörő munkája a hazai televíziózás megteremtésében

ETO 519.245:621.3.011.71

Gaál J.:

Szóráseszkentő mintavételi módszerek alkalmazása lineáris hálózatok Monte-Carlo analizisének gyorsítására

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 10 sz.

Megfelelő gyorsítási módszerekkel a Monte-Carlo analízis ideje bizonyos esetekben nagyságrendekkel is csökkenthető. A szerző a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnika Elektornika Intézetében ez irányban végzett eddigi munkáját ismerteti egy példával illusztrálva az elmondottakat.

ETO 621.376.56: 621.376.4

Dr. Grad J.:

A mintavételező áramkör mint fázisdetektor

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 10. sz.

A mintavételező áramkör funkcionális működésének rövid leírása után a cikk az áramkör alkalmazástechnikájával foglalkozik. Mintavételező áramkörök különösen jól alkalmazhatók fázisdetektorokként. A cikk leírja a mintavételező típusú fázisdetektorok működési módját és analizálja a működést. Befejezésül egy olyan fáziszárt hurok működését tárgyalja, amelynek mintavételező fázisdetektora van. A cikk megadja az ilyen mintavételező fáziszárt hurok stabilitási kritériumát és leírja a behúzási tranzienst folyamat menetét.

ETO 621.372.54:621.391.822.018.42

B. Nagy P.:

Transzformált szűrők ekvivalens zajsáv szélessége

HÍRADÁSTECHNIKA XXX. (1979) 8. sz.

Szerző kimutatja, hogy ha két lineáris, invariáns szűrő transzfer függvénye egymásból a $p + p^{-1} \leftarrow s$ transzformációval nyerhető, akkor a két szűrő ekvivalens zajsáv szélessége között egy nagyon egyszerű, közvetlen kapcsolat áll fenn. A javasolandó segédétel bizonyítása után egy egyszerű példát mutatunk be annak felhasználására.

Обобщения

DK 061.75 Иштвана Барта: 621.39 (061.75) Иштвана Барта

Мемориальные статьи д-р Иштвана Барта

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX (1979) № 10

Настоящий номер журнала является мемориальным номером д-р Иштвана Барта. Академик д-р Иштван Барта заведовал одной из кафедр Будапештского Технического Университета и являлся председателем Научного Общества Техники Связи и редакционной коллегии нашего журнала. О нем вспоминают следующие статьи:

- Иштван Барта как инженер;
- Вклад Иштвана Барта в техническую акустику;
- Роль Иштвана Барта в создании обучения инженеров связи на БТУ;
- Передовая деятельность Иштвана Барта в создании отечественного телевидения.

DK 519.245:621.3.011.71

Гаал, Й.:

Применение методов квантования со снижением рассеяния для ускорения анализа Монте-Карло в линейных цепях

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX (1979) № 10

В определенных случаях с применением соответствующих методов ускорения время проведения анализа Монте-Карло может снижаться даже на порядок. В статье излагается проделанная автором до сих пор работа в Институте Электроники Связи Будапештского Технического Университета, что и иллюстрируется с помощью примера.

DK 621.376.56:621.376.4

Д-р Град, Й.:

Цепь квантования как фазовой детектор

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX (1979) № 10.

После краткого описания работы цепи квантования излагается техника применения цепи. Цепи квантования особенно хорошо могут применяться в качестве фазового детектора. В статье описывается способ работы фазового детектора типа квантования и анализируется работа цепи. В заключение излагается работа петли замкнутой фазы, содержащей фазовый детектор типа квантования. В статье приводится критерий устойчивости такой петли квантования замкнутой фазы и описывается характеристика её переходных процессов заката.

DK 621.372.54:621.391.822.018.42

Б. Хадь, П.:

Эквивалентная ширина спектра шума преобразованных фильтров

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XXX. (1979) № 8.

Автором доказывается, что если передаточная функция любого из двух линейных, инвариантных фильтров может быть получена из другой с помощью преобразования $p + p^{-1} \leftarrow s$, тогда имеется очень простая, непосредственная связь между их эквивалентными ширинами спектра шума. После доказательства предлагаемой леммы, на простейшем примере иллюстрируется ее применение.

Zusammenfassungen

DK 061.75 István Barta: 621.39 (061.75) István Barta

Artikel zur Erinnerung an Herrn Dr. István Barta

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 10.

Die vorliegende Nummer der Zeitschrift ist eine, dem Herrn Dr. István Barta gewidmete Gedächtnisnummer. Herr Dr. István Barta war Akademiker, Lehrstuhlleiter-Professor an der Technischen Universität Budapest, ferner Präsident des Wissenschaftlichen Vereines für die Fernmeldetechnik und des Redaktionsausschusses unserer Zeitschrift. Die folgenden Aufsätze gedenken Seiner mit den unten erwähnten Titeln:

- István Barta der Ingenieur,
- István Barta's Rolle in dem Zustandkommen der Ausbildung von fernmeldetechnischen Ingenieure der Ausbildung von fernmeldetechnischen Ingenieure an der Technischen Universität Budapest,
- István Barta's Pionierarbeit in der Schaffung des ungarischen Fernsehens.

DK 519.245:621.3.011.171

Gaál, J.:

Anwendung von Streuungsreduzierenden Probeentnahmefethoden zur Beschleunigung der Monte-Carlo Analyse von linearen Wechselstromschaltungen

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 10.

Mit entsprechenden Beschleunigungsmethoden kann die Zeit der Monte-Carlo-Analyse in gewissen Fällen auch mit Grösseordnungen reduziert werden. Der Verfasser erörtert seine diesbezügliche bisherige Arbeit — und illustriert seine Mitteilungen mit einem Beispiel — ausgeführt in dem Fernmeldetechnischen Institut für die Elektornik der Technischen Universität Budapest.

DK 621.376.56:621.376.4

Dr. Grad, J.:

Abtastkreis als Phasendetektor

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr. 10.

Nach kurzer Beschreibung des funktionalen Betriebes des Abtast- und Haltekreis befasst sich der Aufsatz mit der Anwendungstechnik desselben. Abtastkreise eignen sich besonders gut zur Anwendung als Phasendetektoren. In dem Aufsatz wird die Betriebsmethode der Phasendetektoren von Abtastkreistyp beschrieben und ihre Funktion analysiert. Zuletzt wird die Funktion solcher phasenabgesperrten Schleife diskutiert, die einen Probeentnehmerdetektor besitzt. Der Aufsatz gibt das Stabilitätskriterium für die gleiche Abtastphasengesperre Schleife und beschreibt den Gang des Einzugtransientverfahrens.

DK 621.372.54:621.391.822.018.42

B. Nagy, P.:

Äquivalente Geräuschbandbreite von transformierten Filtern

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) Nr 8.

Der Verfasser weist nach, dass wenn die Transferfunktion von zwei linearen invarianten Filtern durch die $p+p^{-1}$ Transformation voneinander zu gewinnen ist, dann steht zwischen der äquivalenten Geräuschbandbreite der beiden Filter ein sehr einfaches unmittelbares Verhältnis. Nach dem Beweis des vorzuschlagenden Hilfssatzes wird ein einfaches Beispiel zur dessen Anwendung erörtert.

Summaires

UDC 061.75 István Barta: 621.39 (061.75) István Barta

Papers in the Memory of Dr. István Barta

Híradástechnika (Budapest) XXX. (1979) No. 10.

The present number of this journal is the memorial number of Dr. István Barta. Dr. István Barta was the member of the Hungarian Academy of Sciences, professor and head of department of the Technical University Budapest, further the president of the Scientific Association of Telecommunication and of our Editing Commission. The papers with the following titles are commemorating him:

- István Barta the engineer,
- István Barta's contribution to technical acoustics,
- István Barta's role in the establishment of the education of telecommunication engineers in the Technical University Budapest,
- István Barta's pioneer work in the creation of Hungarian television.

UDC 519.245:621.3.011.71

Gaál, J.:

Application of Dispersion Reducing Sampling Methods to Accelerate the Monte-Carlo Analysis of Linear Networks

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 10.

The time of Monte-Carlo analyses can be reduced in certain cases also with orders of magnitude. The author presents his concerning work — illustrating his statement with one example — carried out in the Institute of Electronics for Telecommunication Engineering of the Technical University Budapest.

UDC 621.376.56:621.376.4

Dr. Grad, J.:

Sampler Circuit as Phase Detector

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No 10.

After a brief description of the functional operation of sampler holding circuit, the paper deals with the application technique of the circuit. Sampler circuits can be used especially well as phase detectors. The paper presents the way of function of the phase detector sampler type and analyses its operation. Finally it discusses the operation of a phase locked loop having sampler detector. Further on the paper gives the stability criterion for such a sampler phase locked loop and describes the course of the draw-in transient process.

UDC 621.372.54:621.391.822.018.42

B. Nagy, P.:

Equivalent Noise-Band-Width of Transformed Filters

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) No. 8.

The author shows that if the transfer function of two linear invariant filters can be gained from each other by $p+p^{-1}$ transformation, then there exists a very simple direct relation between the equivalent noise-band-width of the two filters. After proving the auxiliary theorem to be suggested, a simple example is presented to its use.

Résumés

CDU 061.75 István Barta: 621.39 (061.75) István Barta

Les articles, commémorations à Dr. István Barta

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) N° 10.

Cet numero de la feuille est une commémoration à Dr. István Barta. Dr. István Barta académicien était un titulaire de la chair d'Université Technique à Budapest, membre d'Association Scientifique de Télécommunication et le président de la commission d'impression de notre feuille. Les articles suivante commémorent lui:

- István Barta, l'ingénieur
- La contribution de István Barta à la acoustique technique
- Le rôle de István Barta dans l'engendrement d'instruction des ingénieurs de télécommunication à l'Université Technique à Budapest
- Le travail pionnier de István Barta dans la création de transmission et réception télévisée nationale.

CDU 519.245:62.3.011.71

Gaál, J.

Emploi des méthodes à échantillonnage diminuant de dispersion pour accélérer l'analyse de Monte-Carlo des réseaux linéaires

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) N° 10.

Dans certains cas, le temps de l'analyse de Monte-Carlo peut être dinué de quelques ordres de grandeur par les méthodes d'accélération appropriées. L'auteur explique son travail achevé sur ce champ dans l'Institut Électronique d'Université Technique à Budapest en illustrant le sujet par une expemple.

UDC 621.376.56:621.376.4

Dr. Grad, J.:

Circuit d'échantillonnage comme détecteur de phase.

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. 1979. N° 10.

Après la description du comportement du circuit d'échantillonnage, l'article s'occupe des terrains d'application de ce circuit. Les circuits d'échantillonnage sont bien applicables comme détecteurs de phase. L'article décrit le mode de fonctionnement des détecteurs de phase du type à échantillonnage et on y analyse leur fonctionnement. Pour finir on traite le fonctionnement d'une boucle de phase fermée dont il existe un détecteur de phase d'échantillonnage. L'article définit le critère de stabilité d'une telle boucle de phase fermée d'échantillonnage et il décrit le processus des transitoires de mise en place.

CDU 621.372.54:621.391.822.018.42

B. Nagy P.:

Largeur de bande equivalent de bruit des filtres transformés

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XXX. (1979) N° 8.

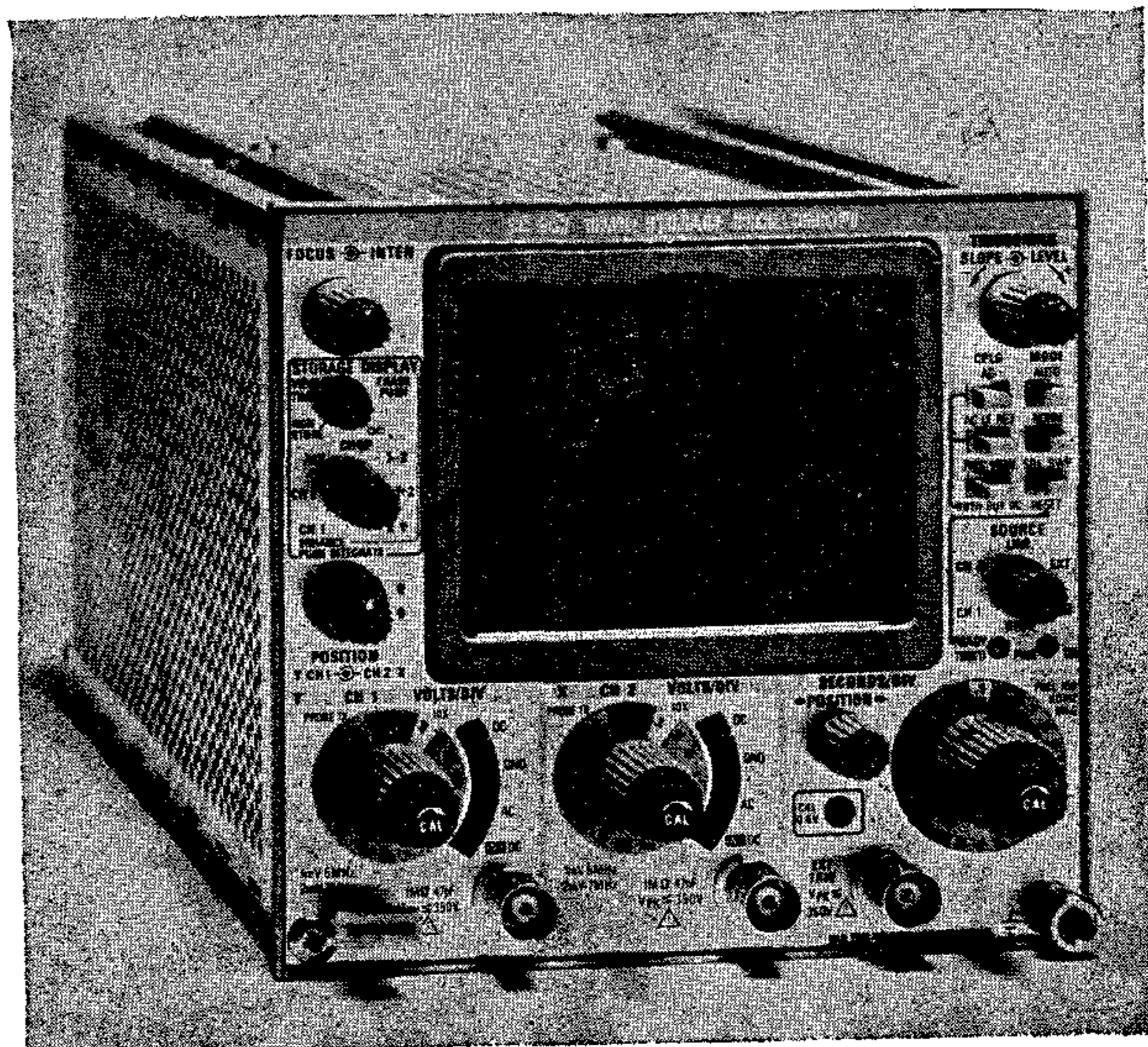
L'auteur démontre que si on peut recevoir la fonction de transfert des deux filtres linéaires, invariantes d'un à l'autre par la transformation $p+p^{-1}$, alors il y a une relation très simple et directe entre les largeurs de bande équivalentes de bruit des deux filtres. Après avoir prouvé la formule auxiliaire, un exemple simple est montré pour en utiliser.



RST



10 MHz-es tároló TM 500 sorozatú oszcilloszkóp SC 503



10 MHz sávszélesség
Bistabil tárolású, automatikus törlés
Szabályozható bővítés és integrálás
a kiírás gyorsaságának növeléséhez

Az indítás (trigger) kijelezhető
Szabályozható tartás
Kapcsolható X és Y bemenetek az elő-
és hátlapon
Hátsó „Z”-tengely bemenete

FOTO OPTIKA ¹/_{sz}

SZERVIZ:
H-1132 BUDAPEST
Visegrádi utca 60.
Tel.: 173-022

KÖZPONT:
H-1053 BUDAPEST
Kossuth Lajos utca 17.
Tel.: 173-022
FS 22-6019 FOISZ H



RST



ROHDE & SCHWARZ-TEKTRONIX Gesellschaft m. b. H.
1100 Wien, Sonnleithnergasse 20
Telefon (0222) 62 61 41-0 — Telex (01) 539 33