50.165

DR. SZÉCHENYI KÖNYVTÁR

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

9

XX. ÉVFOLYAM, 9. SZÁM, 261–292 OLDAL, BUDAPEST, 1969. SZEPTEMBER HÓ

1969. szeptember, XX. évfolyam, 9. szám

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

TARTALOM

Kolos Richárd 261

SOMOGYI KÁROLY—V. G. SZIDJAKIN: Az indiumantimonid néhány transzportegyütthatójának mérése és analízise 262
NEMESSZEGHY GYÖRGY: Alulátereszto tulajdonság szemléltetése pólusmozgással 270
Félvezetőeszközök kutatásával foglalkozó európai konferenciáról, München, 1969 277
DR. WINTER ERNŐ: Az EVIRT elektroncsőgyártásának kiemelkedő eredményei 1928—1950 között. II. rész 279
Az L. M. Ericsson Híradástechnikai Szimpózium, Budapest, 1969 283
HEGYESI LAJOS: A Magyar Posta szerepe és tervei az adatátvitel bevezetésében 285
Tartalmi összefoglalások 291
Обобщения 291
Zusammenfassungen 292
Summaires 292
Résumés 269

Szerkesztőség: BOGLÁR GYULA főszerkesztő, SZŐLLŐSI GYÖRGYNÉ szerkesztőségi titkár, BALOGH PÁL, DR. SÁRKÖZY GÉZA kandidátus és MAY PÉTER tudományos szerkesztők, DR. FLESCH ISTVÁN, DR. RUPPENTHAL PÉTER szerkesztőségi munkatársak. — A szerkesztőség címe: Budapest, V., Szabadság tér 5—6. III. em. 320. Telefon: 183-772 — A Híradástechnikai Tudományos Egyesület címe: Budapest, V., Szabadság tér 17. Telefon: 113-027

Szerkesztő bizottság tagjai: ALMÁSSY GYÖRGY kandidátus, BARTA ISTVÁN akadémikus, BATTISTIG GYÖRGY, BÍRÓ FERENC, BUDAI LAJOS, CZEGLÉDY GYÖRGY, ERDÉLYI JÁNOS kandidátus, GERGELY ÖDÖN, GIBER JÁNOS kandidátus, KATONA JÁNOS, a műszaki tudományok doktora, KŐMŰVES FRIGYES kandidátus, LAJKÓ SÁNDOR, MAGÓ KÁLMÁN, MAKÓ ZOLTÁN, NÁDAS TIBOR, POGÁNY KÁROLY, VALKÓ I. PÉTER, a műszaki tudományok doktora, VÍG ISTVÁN

INDEX: 25.375

HÍRADÁSTECHNIKA

Kiadja a Lapkiadó Vállalat Budapest, VII., Lenin körút 9—11. Telefon 221-285. Felelős kiadó: SALA SÁNDOR igazgató. Terjeszti a Magyar Posta. Előfizethető a Posta Központi Hírlapirodánál (Budapest, V., József nádor tér 1. Telefon: 180-850) vagy bármely postahivatalnál. Előfizetési díj: félévre 36 Ft, egész évre 72 Ft. Egyes szám ára: 6 Ft. Megjelenik havonta. Csekkszámlaszám: egyéni 61,254, közületi 61,066 vagy átutalás MNB 8. sz. folyószámlájára. A folyóirat külföldre előfizethető: „KULTURA" P. O. B. 149 Budapest, 62.

69.2931 Egyetemi Nyomda, Budapest. Felelős vezető: JANKA GYULA igazgató

KOLOS RICHÁRD

A Kohó- és Gépipari Minisztérium, a gépipari vállalatok vezetői, dolgozói, a párt és társadalmi szervek képviselői, a híradástechnikai műszaki tudományág szakértőinek széles köre szomorú szívvel és őszinte fájdalommal értesült Kolos Richárd elvtárs váratlanul bekövetkezett tragikus elhunytáról, mely hír mindnyájunkat mélységesen megrendített.

Halálával egy harcos élet ért véget, egy magas képzettségű, kiváló kommunista vezető távozott körünkből. A szavak ilyenkor ridegen, erőtlenül csengenek, nem képesek visszaadni azokat az érzéseket, melyek valamennyiünket eltöltenek.

Nem minden ember hal meg egyformán, még akkor sem, ha mindenkinek az útja ide vezet. Az, aki a társadalom számára hasznos, dolgos emberként élte le életét, annak emléke tovább él azok szívében, akik vele együtt dolgozva tanulták meg szeretni, tisztelni és becsülni. Ilyen ember volt Kolos Richárd is.

Attól az embertől kellett búcsúznunk, aki oly sokat dolgozott és fáradságot nem ismerve munkálkodott azon, hogy a szocialista magyar gépipar teljes keresztmetszetében tudja szolgálni népgazdaságunk műszaki-technikai megerősödését, népünk felemelkedését.

Hazánk felszabadulása utáni években, amikor pártunk és kormányunk elhatározta, hogy megteremti a a szocialista műszer-, elektronikus és finommechanikai ipart, vezetői készségét, magas színvonalú képzettségét és kiváló emberi magatartását figyelembe véve Kolos Richárdot bízta meg ezzel a felelősségteljes feladattal.

A Műszeripari Központ, majd a Kohó- és Gépipari Minisztérium Műszeripari Főosztálya vezetőjeként eredményes munkát végzett. Ennek alapján a kormány a kohó- és gépipari miniszter helyettesévé nevezte ki és a gépiparon belül több alágazat irányításával bízta meg.

Nem túlzás, hogy nagyobb részben Kolos Richárd felügyelete és irányítása alatt, hozzáértő és fáradságot nem ismerő munkája eredményeként jött létre a magyar műszeripar, híradástechnikai ipar, finommechanikai ipar, és értek el ezek az alágazatok olyan eredményt, mely nem csak határainkon belül, hanem azon túl is számos országban szerzett tekintélyt a magyar alkotó szellemnek és dicsőséget a magyar dolgozók kiváló munkájának.

Rendkívül magas általános és műszaki felkészültségénél fogva, mint a Minisztérium Kollégiumának tagja, feladatkörén túlmenően eredményesen munkálkodott más alágazatok fejlesztésében, az egész gépipar műszaki kultúrájának emelésében.

Egyike volt azoknak, akik már korán felismerték és teljes meggyőződéssel vallották, hogy a rohamosan fejlődő technika korában országunk egyedül nem képes a műszaki tudományok és a termelés minden területén lépést tartani a fejlődés ütemével.

Harcos szószólója és munkása volt a szocialista táborba tömörült népek gazdasági összefogásának és munkamegosztásának. A Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsán belül folytatott sokoldalú tevékenysége mellett, mint a Híradástechnikai Szekció első nemzetközi elnöke, nagymértékben járult hozzá a későbbi idők gyümölcsöző együttműködésének megalapozásához. Az itt kifejtett eredményes munkásságával hazánknak nagy megbecsülést szerzett barátaink körében.

Kolos Richárd mindent megtett azért, hogy a magyar műszaki tudomány és ipari fejlesztés színvonala egyre gyorsabban emelkedjék. Mint a Tudományos és Felsőoktatási Tanács főtitkára, majd az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság alelnöke, elhunytáig munkálkodott ezen és számos nemzetközi konferencián szerzett elismerést a magyar műszaki tudománynak.

A Budapesti Műszaki Egyetem tanszékvezető egyetemi tanáraként a hallgatókat szakmai ismereteken felül mérnöki gondolkodásra, szakmájuk és szocialista hazájuk szeretetére nevelte.

Kolos Richárd rendkívül sokirányú társadalmi és közéleti tevékenységet fejtett ki. A felszabadulás után meginduló műszaki társadalmi élet egyik legaktívabb kezdeményezője, elhunytáig a METESZ alelnöke, a Méréstechnikai és Automatizálási Tudományos Egyesület elnöke volt.

Kolos Richárdra osztatlan tisztelettel és szeretettel tekintett mindenki, aki csak megismerte. Tiszteltük és becsültük emberi magatartásáért, a kommunista embert és vezetőt jellemző humanizmusáért. Méltán mondhatjuk, hogy kommunistához méltó tartalmas életet élt, kiváló vezető, nagyszerű ember volt.

Alkotó munkájának eredménye örök emléket állít Kolos Richárdnak, mint olyan hivatást tudó kommunista vezetőnek, aki az ittmaradottak számára mindig példakép lesz.

Tisztelettel hajtjuk meg fejünket, kegyelettel őrizzük emlékét.

Asztalos Lajos kohó- és gépipari miniszterhelyettes gyászbeszéde alapján

HÍRADÁSTECHNIKA

A HÍRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

SOMOGYI KÁROLY
MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézet

V. G. SZIDJAKIN
Kijevi Műszaki Egyetem, Fizika Tanszék

Az indiumantimonid néhány transzportegyütthatójának mérése és analízise

ETO 537.311.33:546.682'863

A félvezető anyagok műszaki alkalmazása ma már igen sokrétű, és messze túllépi a *p-n* átmenet tulajdonságain alapuló eszközök felhasználási területét. Elég, ha ezek közül csak a magnetorezisztorokat, hallotronokat és termisztorokat említjük meg.

Mint minden félvezető eszköznek, így az említetteknek is a paramétereit az alapanyag tulajdonságai határozzák meg, illetve az alapanyagnak bizonyos követelményeknek kell eleget tennie ahhoz, hogy ilyen vagy olyan eszközt lehessen készíteni belőle. Ezeket a követelményeket az eszköz rendeltetése, ill. a működési alapját képező fizikai jelenség határozza meg. Nyilvánvaló tehát, hogy alapvetően fontos megismerni a felhasználásra kerülő alapanyag tulajdonságait, paramétereit.

A fontos paraméterek közül emeljük ki azokat, amelyeket az alábbi munkában vizsgálat tárgyává tettünk. A többségi töltéshordozók koncentrációja és mozgékonysága alapvetően fontos, hiszen a vezetőképességet és az azzal összefüggő többi jellemzőt elsődlegesen határozzák meg, ezenkívül a Hall-feszültség fordítva arányos a koncentrációval. A kisebbségi töltéshordozók koncentrációja a vezetőképesség és a Hall-feszültség szempontjából csak akkor játszik lényeges szerepet, ha mozgékonyságuk jóval nagyobb a többségi töltéshordozókénál, ugyanakkor a diódák és a tranzisztorok visszáramában döntő fontosságú. A kisebbségi töltéshordozók koncentrációja a tiltott sáv szélességétől (E_g) függ. Az E_g ismerete elengedhetetlen a termisztorok (hőmérsékletfüggő ellenállások, NTK ellenállások) meredeksége és az összes többi eszköz hőmérsékleti stabilitása szempontjából. Fent már említettük, hogy milyen jelentősége van a töltéshordozók mozgékonyságának a koncentrációval kapcsolatban, de önállóan is igen jelentős lehet más vonatkozásban, például a mágneses ellenállás-változáson alapuló eszközök, magnetorezisztorok esetében. Mindkét típusú töltéshordozó egyidejű jelenléte esetén többnyire érdekes e két mozgékonyság hányadosa $b=\mu_n\mu_p^{-1}$, ahol μ_n az elektronok, μ_p a lyukak mozgékonysága. Gyakran célszerű a mozgékonyságot az effektív tömeggel együtt vizsgálni.

Indium-antimonid alapanyagon fenti jellemzők megállapítása céljából galvanomágneses és termomágneses jelenségeket vizsgáltunk hőmérséklet-függésükben.

Az indium-antimonid rendelkezik néhány olyan kivételes tulajdonsággal, amellyel az utóbbi években nagymértékben magára vonta a figyelmet. Ezen tulajdonságai közé tartozik keskeny tiltott sávja, az elektronok rendkívül nagy mozgékonysága, a mozgékonyságok hányadosának különlegesen magas értéke. Ezen tulajdonságai miatt néhány félvezető eszköz esetében rendkívüli jelentőséget nyert. Ilyenek például a már említett magnetorezisztor és a hallotron.

A hallotron hatásfokát a következő képlet írja le [1], *n* típusú anyagban:

$$\eta=0{,}34\cdot B^2\mu_u^2 \tag{1}$$

ahol B a mágneses indukció. A hatásfok a mozgékonyság négyzetével arányos, ami azt jelenti, hogy az indium-antimonid (InSb) hallotron hatásfoka a germánium hallotron hatásfokának mintegy 300-szorosa, egyébként azonos paraméterek esetén.

Ehhez hasonlóan: a hallotron maximális Hall-feszültsége [1]:

$$U_{H\max}=\frac{3\pi}{4}Bb\frac{\sigma\alpha\Delta T}{nd} \tag{2}$$

ahol α hőelvezetési tényező, ΔT a hallotron megengedett melegedése a környezethőmérséklethez képest, b a hallotron szélessége, d a hallotron vastagsága, n az elektronok koncentrációja, σ az alapanyag vezetőképessége ($\sigma=en\mu_n$).

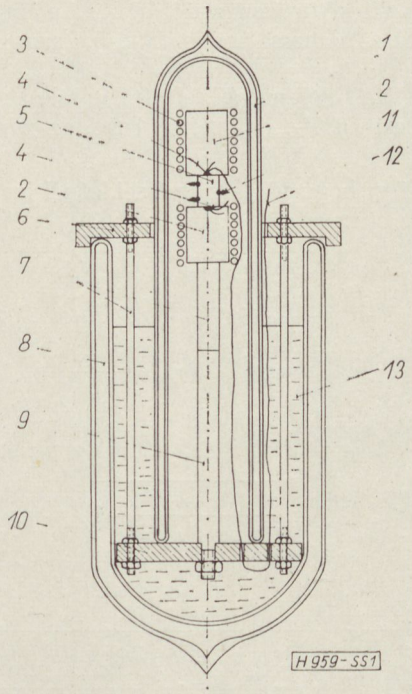
A maximális Hall-feszültség 15—20-szor nagyobb az InSb alapanyagú hallotronnál, mint a Ge alapanyagúnál.

A fenti példák és a gyakorlati alkalmazás sokrétűsége érthetővé teszi az InSb-ra irányuló figyelmet. Fontossá vált tehát a nagyüzemi előállítás, amely szükségszerűen feltételezi a fizikai és elektromos jellemzők kézbentartását.

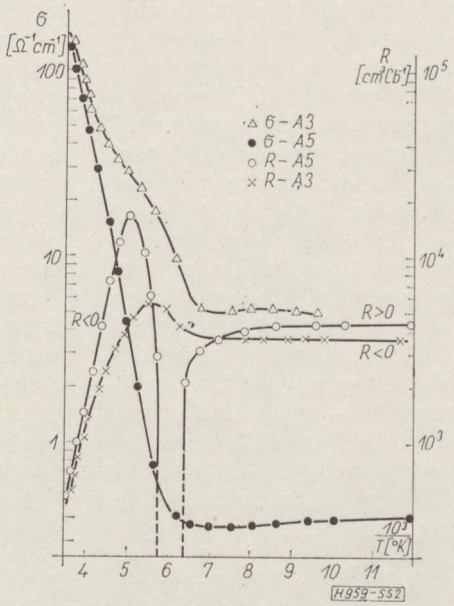
Kísérleti technika

A vizsgálandó mintákat Szovjetunióban készített, nagyüzemileg gyártott indiumantimonid egykristályokból vágtuk ki hasáb alakban, a következő méretekkel: hossz 3—8,5 mm, szélesség 1,2—3,5 mm, vastagság 1,2—1,9 mm. Összesen öt öntecsből kivágott 1—1 mintát vizsgáltunk, ebből három *n* és kettő *p* típusú. A minták különböző típusáról csak alacsony hőmérséklet esetén beszélhetünk, mert szobahőmérsékleten minden minta sajátvezető, amely a nagy elektronmozgékonyság miatt *n* típusnak látszik. A kivágott mintákat csiszoltuk, benzinben zsírtalanítottuk, KOH-tartalmú 30%-os hidrogénperoxidban martuk, majd az ohmos kontaktusok felvitele és a kivezetések elkészítése után mégegyszer martuk, a mérések előtt pedig hidrogénperoxidban frissítettük. A kontaktusok anyagául antimon és ón tartalmú indiumot használtunk, és az alkoholban vízmentesített minták felületére szobahőmérsékleten forrasztással vittük fel.

A kontaktusokat a Hall-mérésnél általában szokásos módon helyeztük el, tehát összesen 5—6 kivezetéssel láttunk el minden mintát. A kivezetések anyagául zománc szigetelésű, 0,2 mm átmérőjű vörösréz huzalt használtunk. Először az ellenállás és Hall-feszültség hőmérsékletfüggését mértük a folyékony nitrogén hőmérséklete és szobahőmérséklet között. Ezután az árambevezetésre szolgáló kivezetéseket eltávolítottuk, meghagyva az ohmos kontaktusokat, amelyeknek vastagságát, a hőkontaktus javítása érdekében, lecsökkentettük. Az így kapott mintákon mértük a termofeszültség és termomágneses jelenségek hőmérsékletfüggését 77 K° és 300 K°



1. ábra. A Seebeck- és Nernst—Ettingshausen-jelenségek vizsgálatához használt hűtőberendezés: 1. felső Dewar-edény; 2. vörösréz tuskó; 3. fűtőtest; 4. termoelem; 5. minta; 6. plexi tartólemez; 7. sárgaréz rúd, hőhíd; 8. külső, alsó Dewar-edény; 9. vörösréz tartórúd; 10. plexi alaplap; 11. kontaktus kivezetéssel; 12. kivezető vörösréz huzal; 13. folyékony nitrogén



2. ábra. Az *n* típusú A3 és *p* típusú A5 minta vezetőképességének és Hall állandójának hőmérsékletfüggése 77 K° és 300 K° hőmérsékleti tartományban

között. A termofeszültség szobahőmérsékletnél magasabb hőmérsékleti méréseihez eltávolítottuk a még meglevő kivezetéseket a fémes kontaktusokkal együtt. Csak a minta két végén levőket tartva meg.

A galvanomágneses és termomágneses effektusok hőmérsékletfüggésének vizsgálatához 77 K° és 300 K° között a mintákat nitrogéngőzbe helyeztük két egymásba fordított Dewar-edény segítségével, ahogy ezt a [2, 3] munkákban a szerzők leírják. A vezetőképesség és a Hall-feszültség méréséhez a minták egy fűthető vörösréz tuskóban helyezkedtek el, a termoelektromos és termomágneses jelenségek méréséhez pedig a mintát két, egymástól függetlenül fűthető vörösréz tuskó közé szorítottuk be (1. ábra), amellyel különböző középhőmérséklet és a szükséges hőmérséklet-különbség volt létrehozható. Ennek nagysága 12—20 K° volt. A termofeszültség szobahőmérsékletnél magasabb hőmérsékleti vizsgálatához a mintát 10^{-5} torr nagyságrendű vákuumba helyeztük. A hőmérséklet változását és gradiensét az előbb említett módon értük el.

A hőmérsékletet kromel-alumel hőelemmel mértük. A méréseket a szokásos egyenáramú kompenzációs módszerrel végeztük, a kisfeszültségek mérésére P 307 típusú nagy ellenállású kompenzátort használtunk.

A vezetőképesség és a Hall-állandó

A 2. ábrán látható a tipikus minták (az *n* típusú A3 és *p* típusú A5) vezetőképességének és Hall-állandójának hőmérsékletfüggése. A Hall-méréseknél 7800 Oe térerősségű mágneses teret használtunk.

Az ábrán látható $R(T)$ és $\sigma(T)$ görbék alapján világosan megkülönböztethetünk három vezetési tartományt, a vizsgált hőmérsékleti szakaszban:

a) a szennyező atomok ionizációjából származó vezetési tartományt, amelyet az ábra jobb oldalán látható vízszintes egyenesek (illetve közel egyenesek) mutatnak.

b) Az ábra bal oldalán látható egyenesek (vagy közel egyenesek) a sáv—sáv-átmenetből származó töltéshordozók domináló szerepét mutatja, tehát a hőmérséklet emelésével el tudunk jutni a saját vezetési tartományba, ez keskeny tiltott sávra utal.

c) A szennyezéses és sajátvezetési tartományok között jól látható az átmeneti vezetési tartomány, ahol a Hall-feszültség előjelváltása is megtörténik a *p* típusú minták esetében. Ez az a tartomány, ahol már mindkét típusú töltéshordozó szerepet játszik, de még koncentrációjuk nem egyenlő, azaz $n \neq p$.

Ezt a tagozódást a mérések értékelésénél figyelembe kell venni, mivel a megfelelő formulák kiválasztását a vezetési tartomány — az elektromos vezetés módja — egyértelműen határozza meg.

Az $R=R(T)$; $\sigma=\sigma(T)$ összefüggések alapján a szennyezéses vezetési tartományban meghatároztuk a többségi töltéshordozók Hall-mozgékonyságát és koncentrációját a

$$\mu_H = R\sigma; \quad n = -\frac{1}{eR} \quad \text{és} \quad p = \frac{1}{eR}$$

formulák alapján, ahol μ_H a mozgékonyság, n az elektron- és p a lyukkoncentráció.

Ismeretes, hogy az indiumantimonidban a mozgékonyságok hányadosa *(b)* közepes hőmérsékleteken igen nagy, ezért a sajátvezetési tartományban az elektronok mozgékonyságát és koncentrációját az *n* típusú szennyezett félvezetőre alkalmazott képletek alapján határoztuk meg, elhanyagolva a kis mozgékonyságú lyukak hatását.

A felhasznált képletek pontosabb alakjában még szerepel egy együttható, az úgynevezett Hall-faktor, amely a töltéshordozók szórási mechanizmusától függ, értéke 1—2 között mozog. Ez az együttható azonban 1, ha a félvezető elfajult (degenerált), vagy pedig a mágnestér eleget tesz a klasszikus erős mágnestér feltételének: $\left|\frac{\mu H}{c}\right|^2 \gg 1$, ahol c a fénysebesség. Így a Hall-faktort 1-nek vettük, amely a lyukak esetén némi hibát okoz, de az elektronok esetében nem, mert ilyen nagy mozgékonyságok esetén a mérésekhez használt mágneses tér eleget tesz az erős mágnestér feltételének. Néhány mozgékonyság- és koncentrációadat a 1. táblázatban található.

A *p* típusú mintáknál kiszámítottuk a mozgékonyságok hányadosát az $R=R(T)$ görbe maximuma alapján az alábbi képlet segítségével [4, 9].

$$\frac{R_{max}}{R_{szenny.}} = \frac{(b-1)^2}{4b} \tag{3}$$

A (3) alapján kapott *b* értéke az A 4-es minta esetében $b=10$ ($T_{R_{max}}=160$ K°). Az A 5-ös minta esetében pedig $b=18$ ($T_{R_{max}}=194$ K°). Meghatároztuk *b*-t Hunter módszerével [4] is, a $\sigma=\sigma(T)$ görbe alapján, és $b=2{,}8$ (A4), $b=3{,}5$ (A5) értékeket kaptunk. *b* ezen értékeit azonban az adott hőmérsékleteknél túl alacsonynak értékeljük, a számítási módszereket pedig — az adott anyagra nézve — pontatlannak.

A fenti módszerek a következő feltételezések teljesülése esetén használhatók:

1. A mozgékonyságok hányadosa független a hőmérséklettől.
2. Az akceptor szennyezések teljesen ionizálva vannak a szennyezéses vezetéses tartományból való átmenet előtt.

Ugyanezt feltételezi K. Pigon is módszeréhez [5].

Ugyanakkor ismeretes, hogy az indiumantimonidban a *b* erősen függ a hőmérséklettől, másrészt már a teljes akceptor ionizáció előtt is domináló szerepet kaphatnak a nagyon nagy mozgékonyságú elektronok. Ennek lehetősége elég kicsi, mivel csak igen nagy *b* és viszonylag nagy aktivációs energiájú akceptorok egyidejű jelenléte esetén lehetséges. Konkrét mintáinkon ez az eset nem állt elő, amint az $R(T)$ görbék vízszintes szakasza mutatja. Látható, hogy az első feltétel nem teljesül, a második sem feltétlenül, így az eredmények is pontatlanok.

Ezen nehézségek kiküszöbölése céljából a következő módszert javasoljuk a mozgékonyságok hányadosának megállapítására *p* típusú félvezető esetében, amelyre $b^2 \gg 1$ [6].

Figyelembe vesszük, hogy a mozgékonyságok hányadosa függ a hőmérséklettől és értékét a Hall-állandó előjelváltásának hőmérsékleténél $T_{R=0}$ határozzuk meg, a következő feltételek mellett:

1. A lyukkoncentráció változatlan a szennyezéses vezetési (telítési) tartománytól ($T_{szenny.}$) a Hall-állandó előjelváltása hőmérsékletéig ($T_{R=0}$), azaz $p_{szenny.} = p_{R=0}$.
2. A $T_{szenny.}$-nél megállapított lyukmozgékonyság nem változik a $T_{R=0}$ hőmérsékletig, azaz $\mu_{p_{szenny.}} = \mu_{pR=0}$.

Ismeretes, hogy $T_{R=0}$ hőmérsékletnél igaz:

$$b^2 = \frac{p_{R=0}}{n_{R=0}} \tag{4}$$

és így

$$\sigma_{R=0} = e p_{R=0}\ \mu_{pR=0} \left(\frac{b+1}{b}\right) \tag{5}$$

(5)-ből

$$b = \frac{1}{\frac{\sigma_{R=0}}{e p_{R=0}\ \mu_{pR=0}} - 1} \tag{6}$$

1. táblázat

Minta jele	T[K°]	p[cm^{-3}]	n[cm^{-3}]	μ_p[cm^2/Vsec]	μ_n[cm^2/Vsec]	m_n^*/m_0
A 2	77	—	$2 \cdot 10^{16}$	—	7 500	—
A 4	77	$2{,}7 \cdot 10^{14}$	—	1400	—	—
A 5	77	$1{,}5 \cdot 10^{15}$	—	1200	—	—
A 2	300	—	$2{,}6 \cdot 10^{16}$	—	45 000	0,013
A 4	300	—	$1{,}7 \cdot 10^{16}$	—	67 000	0,011
A 5	300	—	$1{,}2 \cdot 10^{16}$	—	57 000	0,011

Ha most felhasználjuk feltételezéseinket és behelyettesítjük (6)-ba, akkor

$$b=\frac{1}{\frac{\sigma_{R=0}}{ep_{\text{szenny.}}\,\mu_{p_{\text{szenny.}}}}-1}=\left(\frac{\sigma_{R=0}}{\sigma_{\text{szenny.}}}-1\right)^{-1} \qquad (7)$$

kapjuk. (7) alapján meghatározhtjuk b-t, valamint a lyukmozgékonyság ismeretében az elektronmozgékonyságot is.

A javasolt módszer használatához alapvető feltétel az, hogy $b^2 \gg 1$ legyen. Megmutatjuk, hogy ebben az esetben feltételezéseink kielégítően teljesülnek:

Az első feltételezés $p_{R=0}=p_{\text{szenny.}}$ volt.

Két eset lehetséges:

a) A $T=T_{R=0}$ hőmérsékletig minden akceptorszennyezés ionizálva van (donor szennyezések jelenlétével nem számolunk). Nyilvánvaló, hogy ebben az esetben a lyukkoncentráció megváltozása Δp a $T_{\text{szenny.}}$ hőmérséklettől $T_{R=0}$-ig kisebb lesz, mint a sajátvezetési töltéshordozó-koncentráció

$$\Delta p < n_i|_{T_{R=0}} \qquad (8)$$

A feltétel szerint $b^2=\frac{p_{R=0}}{n_{R=0}} \gg 1$. Ebből és a neutralitási egyenletből $p_{R=0} \cdot n_{R=0}=n_i^2/R=0$ következik, hogy $p_{R=0} \gg n_i/R=0$ így a (8)-at alapul véve $p_{R=0} \gg \Delta p$, azaz a lyukkoncentráció változása elhanyagolható.

b) A $T=T_{R=0}$ hőmérsékletig nem történt meg az akceptorok teljes ionizációja. A teljes lyukkkoncentráció-változás Δp a $T_{\text{szenny.}}$-től $T_{R=0}$-ig most két részből áll:

$$\Delta p=\Delta' p+\Delta'' p \qquad (9)$$

ahol $\Delta' p$ a további akceptor-ionizációból származó töltéshordozó sűrűség-növekedés, $\Delta'' p$ pedig a sáv-sáv-átmenettel gerjesztett lyukak koncentrációja, amelyről az *a)* pontban megmutattuk, hogy elhanyagolható.

Ebben az esetben az $R=R(T)$ és $\sigma=\sigma(T)$ görbéken nincs vízszintes szakasz, amely $p_{\text{szenny.}}$ és $\mu_{p_{\text{szenny.}}}$ értékét megadnák, így egy $T_{R=0}$-hez közeli $T_{\text{szenny.}}$ hőmérsékletnél vesszük a szennyezett vezetési értékeket. Mivel $b^2 \gg 1$, ezért a $T_{\text{szenny.}}-T_{R=0}$ hőmérsékleti szakasz lehet kicsi, és mivel közeledünk a teljes akceptorionizáció hőmérsékletéhez (telítéshez), ezért állíthatjuk, hogy $\Delta' p \ll p_{R=0}$, így azt kapjuk, hogy

$$\Delta p=\Delta' p+\Delta'' p \ll p_{R=0}$$

vagyis mindkét esetben $p_{\text{szenny.}} \cong p_{R=0}$.

A második feltevés:

$$\mu_{p_{\text{szenny.}}}=\mu_{pR=0}$$

Ismeretes, hogy a lyukmozgékonyság hőmérsékletfüggése kisebb, mint az elektronoké. Továbbá a kritikus hőmérsékleti tartományban a lyukmozgékonyságnak maximuma van, így itt a lyukmozgékonyságot gyakorlatilag állandónak tekinthetjük. Ha végbement az akceptorok teljes ionizációja, de még nincs lényeges hatása az elektronoknak, akkor a vezetőképesség hőmérsékletfüggése a mozgékonyság változására jellemző, mivel a koncentráció állandó. Figyelembe véve még adott esetben azt, hogy a $T_{\text{szenny.}}-T_{R=0}$-tartomány kicsi, megállapítjuk, hogy a feltételezés elég jó közelítéssel teljesül. A pontosság növelhető p és μ_p $T=T_{R=0}$ hőmérsékletre való extrapolációjával.

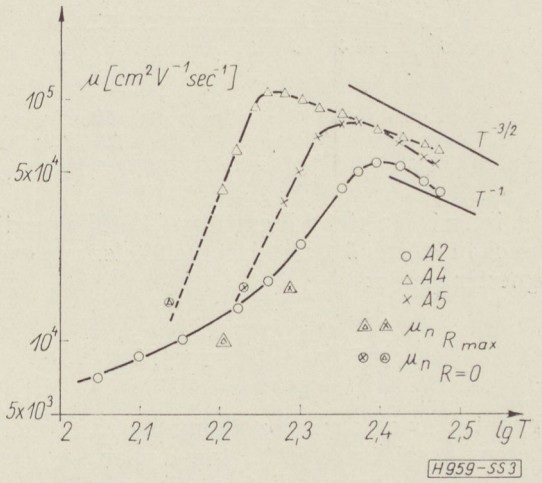
A javasolt módszerrel a következő eredményeket kaptuk az A4 és A5-ös mintákra

A4 $T_{R=0}=136$ K° $b=12$

A5 $T_{R=0}=170$ K° $b=15$

A 3. ábrán az elektronok mozgékonyságának hőfokfüggése látható az n-típusú A2-es és p-típusú A4 és és A5 minták esetében. Feltüntettük a különböző módon meghatározott b értékekből kapott μ_n értékeket is.

Az ábrán látható, hogy $\mu_{n\,R=0}$ a (7) alapján lényegesen jobb közelítést ad, így ezt a (3) formula pontatlansága és a javasolt módszer használhatósága kísérleti igazolásának tekintjük indiumantimonid esetében.



3. ábra. Az elektronmozgékonyság hőmérsékletfüggése az n típusú A2 és p típusú A4 és A5 mintákban. Eltérő módon jelöltük az A4 és A5 mintákra az $R_{\max}$-ból (3) alapján számított b felhasználásával kapott mozgékonyságokat (háromszög), valamint az $R=0$-ból (7) alapján számított b felhasználásával kapottakat (kör)

Az A2 és A5 mintákra az elektronmozgékonyság hőmérsékletfüggése a sajátvezetési tartományban 300 K°-ig a következő:

$$\mu_n \sim T^{-1,8}$$

ez jól egyezik Ehrenreich elméletével a töltéshordozók szórásának kevert mechanizmusáról (InSb-ban) [7], amely szerint jelentős szerepet kap az optikai fononokon történő poláros szórás is.

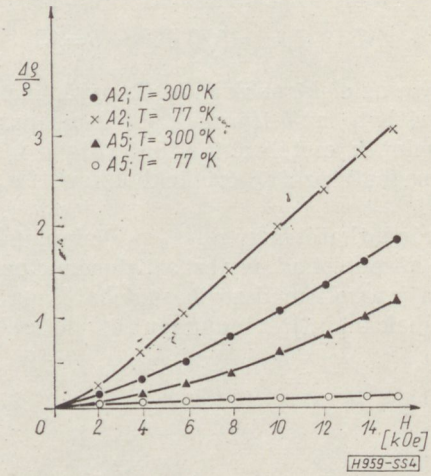
A Hall-állandó hőmérsékletfüggéséből megállapítottuk az indiumantimonid tilos sávjának szélességét a következő képlet segítségével [4]:

$$E_g=0{,}397\,\frac{\Delta \lg (RT)^{3/2}}{\Delta\left(\frac{10^3}{T}\right)} \qquad (10)$$

és értékét $E_g=0{,}262$ eV-nak találtuk extrapolálva 0 K°-ra, amely tökéletesen egyezik az irodalmi adatokkal [8, 9, 13].

A mágneses ellenállás-változás térerőfüggése

A 4. ábrán látható a $\frac{\Delta\varrho}{\varrho}|H|$ függvény az A2 és A5 mintákra folyékony nitrogén hőmérsékletén és 300 K°-nál. Szembeötlő, hogy a görbék nem négyzetesek, hanem közel egyenesek.



4. ábra. A mágneses ellenállás-változás térerőfüggése az *n* típusú A2 és *p* típusú A5 minták esetében 77 K° és 300 K° hőmérsékletnél. 300 K°-nál mindkét minta sajátvezető

Az ismert képletet felhasználva [4, 10] akusztikus fononokon történő szóródást feltételezve, gyenge mágnestér esetén:

$$\frac{\Delta\varrho}{\varrho}=\left(\frac{3\pi}{8}H\right)^2\left(\frac{4-\pi}{\pi}\right)\mu_n^2 \qquad (11)$$

megkaptuk az elektronmozgékonyságot szobahőmérsékleten, a sajátvezetési tartományban. A nagy b érték miatt elhanyagoltuk a kis mozgékonyságú lyukak hatását. A (11) alapján számított mozgékonyságértékek lényegesen kisebbek a Hall-mérésből kapott értékeknél. Ez, minden bizonnyal, a Hall-feszültség kompenzáló hatásának következménye, amely lényegileg geometriai effektus: minél nagyobb a hossz és a szélesség hányadosa, annál nagyobb a kompenzáló hatás, annál kisebb a mágneses ellenállás-változás. Az ebből a szempontból legideálisabb mintadarabokat Corbino javasolta. Ez a minta lapos korong, tárcsa alakú, és 2 elektródája közül az egyik a kör alakú lap közepén, a másik pedig körben a peremén van elhelyezve. A szimmetria miatt itt nem történik semmiféle kompenzálás, a mért mágneses ellenállás-változás így a legnagyobb [4, 10]. A magnetorezisztorok készítésénél is figyelembe veszik ezt a hatást, de kényelmi szempontokból más alakot használnak [1].

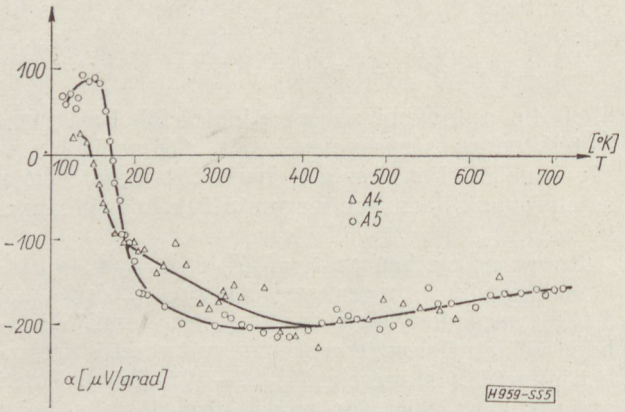
Weiss és Winkler [4, 10] adatait felhasználva, kiszámítottuk az elektronmozgékonyságot, és összehasonlítottuk az általunk kapott kísérleti eredményekkel az A 2 mintára (2. táblázat), amelynél a hosszúság és szélesség viszonya 2.1.

A 2. táblázatban feltüntettük Weiss és Winkler adataiból kapott $\frac{\Delta\varrho}{\varrho}$ és μ_n-értékeket egy négyzetes mintára (a/b = hossz/szélesség = 1), egy hosszúkás mintára ($a/b \sim 3$) és egy Corbino-féle mintára, három különböző mágneses térerő esetére: $H=2$, 4, 10 kOe, valamint $\frac{\Delta\varrho}{\varrho}$ értékét az A2-es mintára. Látható mind a mozgékonyságok, mind az ellenállás-változás egyezése, amely alátámasztja feltevésünket a Hall-feszültség kompenzáló hatására vonatkozólag. Ugyanerre a mintára szobahőmérsékleten és kis mágneses tereknél kiszámítottuk a mágneses ellenállás-változást Johnson és Whitesell [11] képlete alapján, feltételezve, hogy nincs ionizált szennyező szórás $\beta=0$ és $b=80$. Az elméleti eredmények jól egyeztek a kísérleti eredményekkel.

A termofeszültség hőmérsékletfüggése

A Seebeck-effektust széles hőmérsékleti tartományban 100 K°-tól 720 K°-ig mértük, és az A4 és A5 mintákon kapott mérési eredmények az 5. ábrán láthatók.

Ezen minták esetében a termofeszültség előjelet vált a hőmérséklet emelkedésével, ez egyezik a Hall-



5. ábra. A termofeszültség hőmérsékletfüggése a *p* típusú A4 és A5 mintákban

állandó előjelváltásával. Alacsony hőmérsékleten, a szennyezéses vezetési tartományban az $\alpha(T)$ görbék a *p* típusú mintákra lehajlanak 0 felé. Ez valószínűleg a fononszél kezdeti hatásának jele, bár az *n* típusú mintákon a fononszél tiszta hatását nem tapasztaltuk [12].

2. táblázat

H [Oe]	$\frac{\Delta\varrho}{\varrho}\left(\frac{a}{b}\sim 3\right)$	$\frac{\Delta\varrho}{\varrho}\left(\frac{a}{b}=1\right)$	$\mu_n\left(\frac{a}{b}\approx 3\right)$ [cm²/Vsec]	$\mu_n\left(\frac{a}{b}=1\right)$ [cm²/Vsec]	$\mu_n T(c)$ [cm²/Vsec]	$\frac{\Delta\varrho}{\varrho}$ (A2) $\left(\frac{a}{b}=2{,}1\right)$
2 000	0,01	0,70	8 200	67 500	99 000	0,08
4 000	0,10	1,75	12 800	53 500	79 000	0,29
10 000	0,65	5,30	13 100	37 400	67 500	1,03

A sajátvezetési tartományban a termofeszültség abszolút értékének lassú csökkenése figyelhető meg, amely az elméletből következik. A már ismert elektronkoncentráció és termofeszültség alapján Piszarenko [4] képletével kiszámíthatjuk az elektronok effektív tömegét:

$$\alpha=\frac{k}{e}\left\{r+2+\ln\frac{2(2\pi m_n^* kT)^{3/2}}{nh^3}\right\} \qquad (12)$$

ahol k a Boltzmann-állandó,
h a Planck-állandó,
m_n^* az elektron effektív tömege,
α az 1 C°-ra jutó termofeszültség,
r pedig az ún. szórásparaméter

Ha feltételezzük azt, hogy a töltéshordozók szabad úthossza l arányos az energia valamely hatványával, azaz $l\sim\varepsilon^r$, akkor az r hatványkitevő csak a töltéshordozók szóródási mechanizmusától függ. A számításokat 300 K°-ra végeztük el, feltételezve, hogy a transzport jelenségben csak elektronok vesznek részt és a szórás csak akusztikus fononokon történik, azaz $r=0$. Az így számított eredmények az 1. táblázatban találhatók és nagyon jól egyeznek a hasonló módszerekkel kapott irodalmi adatokkal [13, 14, 15, 16].

A Nernst—Ettingshausen-effektusok

A transzportjelenségek másik jelentős csoportja az úgynevezett termomágneses jelenségeket foglalja magába. Az ezen csoportba tartozó jelenségek közül csak kettővel foglalkozunk, amelyek Nernst és Ettingshausen nevéhez fűződnek.

Ha egy hasáb alakú félvezető mintán x irányban hőmérséklet-különbséget (ΔT) hozunk létre, akkor ugyanebben az irányban elektromos feszültség jelenik meg, a már említett termofeszültség vagy termoelektromotoros erő (α). Ha Z irányban mágnestér (H) hatásának tesszük ki a mintát, akkor az x irányú elektromotoros erő nagysága növekszik. Ezt a megváltozást nevezzük longitudinális Nernst—Ettingshausen-jelenségnek. Jelölése: E_x az elektromos térerő egységeiben, $\Delta\alpha$ a termofeszültséggel azonos alakban. Használatos még Q'' jelölés is.

Ugyanennek a mágnestérnek a hatására y irányban is megjelenik egy elektromotoros erő, és ezt nevezzük transzverzális Nernst—Ettingshausen-effektusnak. Jelölésére E_y a térerősség egységeiben, $Q^\perp$ dimenzió nélkül használatos. Pozitív előjelűnek akkor tekinthetjük mindkettőt, ha a feszültség polaritása a leírtnak felel meg, ellenkező esetben negatív. Mindkét esetben feltételezzük, hogy y és z irányban nincs hőmérséklet-különbség, azaz

$$\frac{\partial T}{\partial x}\neq 0, \quad \text{de} \quad \frac{\partial T}{\partial y}=\frac{\partial T}{\partial z}=0.$$

Tehát a két jelenség a mágneses ellenállás-változáshoz és a Hall-jelenséghez hasonlít, csak a töltéshordozók irányított mozgását nem elektromos tér, hanem hőmérséklet-különbség hozza létre.

Mindkét jelenség lehet adiabatikus (azaz y és z irányban nem történik hőkicserélődés) és izotermikus (azaz y és z irányban a hőmérséklet állandó, vagyis $\frac{\partial T}{\partial y}=\frac{\partial T}{\partial z}=0$). A kísérleti technika szempontjából egyik sem valósítható meg ideálisan, de gyakrabban találkozunk az izotermikus közelítéssel. Az esetek nagy többségében a kétféle megjelenési forma között 10—20%-nál nem nagyobb a különbség. Az adott munkában is az izotermikus közelítéssel éltünk.

Általános esetben a szennyezéses vezetési tartományban, gyenge mágneses terek esetén a következő összefüggések érvényesek [8]:

$$\Delta\alpha=\alpha_H-\alpha_0 \qquad (13)$$

$$Q^\perp=-\frac{E_y}{H\dfrac{\partial T}{\partial x}} \qquad (14)$$

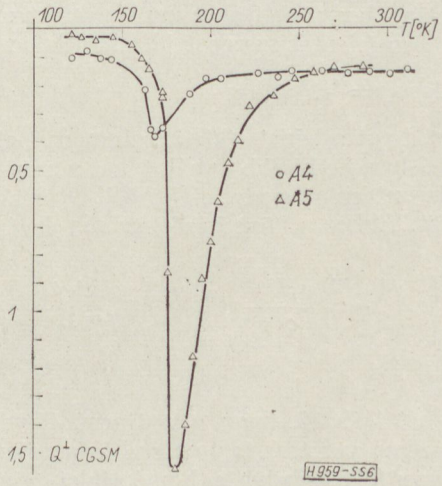
$$E_x=\frac{k}{e}(1-2r)\left(b_r-\frac{a_r^2}{2}\right)\left(\frac{\mu H}{c}\right)^2\frac{\partial T}{\partial x} \qquad (15)$$

$$E_y=\left(\frac{1}{2}-r\right)a_r\cdot\frac{k}{e}\cdot\frac{\mu H}{c}\cdot\frac{\partial T}{\partial x} \qquad (16)$$

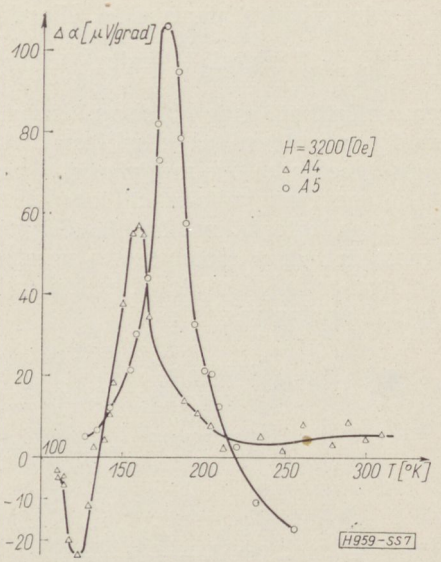
ahol a_r és b_r a szórási mechanizmustól függő paraméter, amelynek r-től függő értékei táblázatba foglalva megtalálhatók [8]-ban. Az akusztikus fononokon történő szóródás esetén $a_r=1{,}18$; $b_r-\frac{a_r}{2}=1{,}07$.

Az effektusok lényeges tulajdonsága, hogy előjelük nem függ a töltéshordozók típusától, hanem csak az uralkodó szóródási mechanizmustól. Ezen túlmenően a transzverzális effektus nagyon érzékeny a kisebbségi töltéshordozók koncentrációjára. Gyakran annak kimutatására használják. A transzverzális effektus más gyakorlati felhasználásával Lukács J. foglalkozik [17, 18, 19]. Az ő általa javasolt termoinduktív generátor lehetővé teszi a hőenergia villamos energiává való átalakítását — mozgó alkatrész nélkül.

A 6. és 7. ábrákon látható a longitudinális és transzverzális Nernst—Ettingshausen-effektusok hőmérsék-



6. ábra. A transzverzális Nernst—Ettinghausen-együttható hőmérsékletfüggése a p típusú A4 és A5 mintákon 3200 Oe térerősségű mágneses térben



7. *ábra.* A longitudinális Nerst – Ettinghausen-effektus hőmérsékletfüggése 110 K° és 300 K° közötti hőmérsékleti tartományban 3200 Oe térerősségű mágneses térben

letfüggése a p típusú A4 és A5 minták esetében. A méréseknél a mágneses pólusok közötti térerő 3200 Oe volt.

A Nernst—Ettingshausen-effektusok hőmérsékletfüggésének analízise indium-antimonid esetében lényegesen bonyolultabbak, mint a többi félvezető többsége esetében. Ez elsősorban annak a következménye, hogy az elektronok mozgékonysága igen nagy, a mozgékonyságok hányadosa hőmérsékletfüggő és a többi félvezetőéhez képest nagyon nagy szám. Ezért az InSb esetében nem használhatók azok az egyenletek, amelyeket a gyenge, illetve erős mágneses tér kritériumának mindkét típusú töltéshordozóra egyidejű teljesülését feltételezve vezettek le (pl. (15) és (16)). Olyan összefüggéseket kellett keresni, amelyekben egyidejűleg teljesül a gyenge mágnestér kritériuma lyukakra, és az erős mágnestéré a nagy mozgékonyságú elektronokra.

Ezeket a formulákat levezette és indiumantimonidra alkalmazta I. M. Cidilkovszkij [8]. Munkájában kimutatta, hogy a transzverzális elektromos tér képleteiben jelentős szerepet játszik a koncentrációk hányadosa $v=\frac{n}{p}$.

Tekintsük azt a hőmérsékleti tartományt, ahol v közeledik 1-hez, de kisebb annál, tehát a szennyezéses- és sajátvezetési tartományok közötti átmeneti intervallumot. Ekkor a következő formula érvényes [8]:

$$E_y=\frac{k}{e}\left\{a_r\left(\frac{1}{2}-r\right)\frac{\mu_p H}{c}-vb\left(\frac{g}{2}+r+\frac{E_g}{kT}\right)\left(\frac{\mu_n H}{c}\right)^{-1}\right\}\frac{\partial T}{\partial x} \tag{17}$$

A (17)-ből látható, hogy a p típusú félvezetőre a szennyezéses vezetési tartományból a sajátvezetési tartomány felé haladva a hőmérséklet növekedésével a zárójelben levő második tag dominánssá válik, ha $v>10^{-3}$. Könnyen belátható, hogy ez kisebb hőmérsékleten következik be, mint a Hall-állandó előjelváltása. Ekkor E_y negatívvá válik függetlenül attól, hogy milyen a szórási mechanizmus

Ez megfigyelhető mind az A4, mind az A5 mintán, amelyeknél a transzverzális Nernst—Ettingshausen-elektromos tér negatív a $120\ \text{K}^\circ < T < 320\ \text{K}^\circ$ hőmérsékleti tartományban.

A hőmérséklet növekedésével nő a transzverzális koefficiens abszolút értéke $|Q^\perp|$ és az átmeneti vezetési tartományban jól kifejezett maximuma van. Ez v és b növekedésével magyarázható a (17) dominánsa tagjában.

Különböző mintáknál $|Q^\perp|_{\max}$ különböző hőmérsékleten jelenik meg, és ez a hőmérsékleti eltolódás A4 és A5 mintákra minőségileg jól egyezik a Hall-állandó előjelváltásának hőmérsékleti eltolódásával ugyanezen mintákon, mivel akceptorszennyezést nagyobb sűrűségben tartalmazó mintáknál a $v\sim 10^{-3}$ (valamint minden más kritikus v érték) magasabb hőmérsékleten érhető el. Az A4-es minta esetében, amelyre a szennyezéses vezetési tartományban a Hall-konstans nagyobb, azaz az akceptor-, illetve lyukkoncentráció kisebb, következésképp alacsony hőmérsékleten vált előjelet a Hall-állandó, alacsonyabb hőmérsékleten található a $|Q^\perp|_{\max}$, valamint a $|Q^\perp|_{\max}$ hőmérsékletnél hidegebb állapotban $|Q^\perp|$ nagyobb, mint A5 minta esetén.

Hasonlóan jól egyeztethető az elmélettel az a tény, hogy mindkét bemutatott mintára $T_{R=0}<T|Q^\perp|_{\max}$ Ennek az a magyarázata, hogy a Hall-állandó előjelváltáskor $b^2=\frac{1}{v}\sim 200$, azaz $v=5\cdot 10^{-3}$ ugyanakkor a $|Q^\perp|_{\max}$ v nagyobb értékénél, azaz magasabb hőmérsékleten jelenik meg.

A hőmérséklet további növekedésével $|Q^\perp|$ csökkenni kezd, amely azzal magyarázható, hogy v közeledik 1-hez és kezd kevéssé változni (ugyanígy b is), és dominálóvá válik a $\frac{E_g}{kT}$ tag csökkenése.

A részletes kvantitatív analízis igen bonyolult, mivel a hőmérséklet változtatásával egyidejűleg változik több jelentős paraméter, így például az említetteken kívül az elfajultság mértéke, mindkét típusú töltéshordozó mozgékonysága, a szórási mechanizmus faktora, valamint az elektronok mozgékonyságának növekedésével fokozatos az átmenet a gyenge mágneses tértől az erős mágneses térbe.

A longitudinális Nernst—Ettingshausen-effektus hőmérsékletfüggésének analízise még bonyolultabb, ezért csak azt jegyezzük meg, hogy eredményeink tökéletesen egyeznek más mérési eredményekkel, így a Cidilkovszkij által publikáltakkal is [8].

A longitudinális Nernst—Ettingshausen-effektusok előjelének különbsége alacsony hőmérsékleten az A4 és A5 minták esetében minden bizonnyal azzal magyarázható, hogy különböző a töltéshordozók koncentrációja, valamint a szennyezőionokon történő szóródás aránya. (A longitudinális effektus lényegesen érzékenyebb az ionokon történő szóródás arányára és kevésbé érzékeny az elfajulás mértékére, mint a transzverzális effektus.)

A 220 K°-nál magasabb hőmérsékleten megjelenő előjelkülönbség, feltehetően a poláros szórás arányának következménye. Ez összhangban van azzal a ténnyel, hogy magasabb hőmérsékleten $\Delta\alpha$ negatívvá

válik mindazon minták esetében, amelyeknél a mozgékonyság a $\mu_n \sim T^{-1,8}$ összefüggéssel írható le, így pl. az A2; A3 és A5 mintáknál.

Eredményeink összefoglalása

1. Nagyüzemileg gyártott indiumantimonid egykristályokat vizsgáltunk transzportjelenségek segítségével.

2. Vizsgáltuk a Hall-állandó, elektromos vezetőképesség és termofeszültség hőmérsékletfüggését, ebből megállapítottuk a többségi töltéshordozók koncentrációját, mozgékonyságát és effektív tömegét valamint az InSb tilos sávjának szélességét. Ez utóbbiak jól egyeznek az irodalmi adatokkal.

3. Egy módszert javasolunk a mozgékonyságok hányadosának meghatározására a Hall-állandó előjelváltásának hőmérsékleténél; azokra a félvezetőkre, amelyeknél *b* nagy érték és hőmérsékletfüggő. Ezzel a módszerrel kapott eredmények jó összhangban vannak a többi mérés eredményeivel.

4. Vizsgáltuk és kvalitatíve analizáltuk a mágneses ellenállás-változás térerőfüggését és a Nersnt—Ettingshausen-effektusok hőmérsékletfüggését.

A munkát a Kijevi Műszaki Egyetem Fizika Tanszékének laboratóriumaiban végeztük.

IRODALOM

1. *Giriat—Rauluszkiewicz:* A hallotron. MK Budapest, 1965.
2. *В. Г. Сидякин—И. М. Шварц:* Вестник КПИ, сер. радиоэлектроники *5*, 1968.
3. *R. W. Ure:* Rev. Sci. Instr. *28*, 836, (1957).
4. Полупроводники в науке и технике. Под. ред. А. Ф. Иоффе, Москва, 1958.
5. *K. Pigon:* J. Appl. Phys. *32*, 2369, (1961).
6. *Шомоди Карой:* Дипломная работа, КПИ. 1967., Киев.
7. *H. Ehrenreich:* J. Phys. Chem. Solids *9*, 129, (1959).
8. *И. М. Цидильковский:* Термомагнитные явления в полупроводниках, Москва 1960.
9. *Р. Смит:* Полупроводники, Москва 1962.
10. *А. Ф. Иоффе:* Физика полупроводников, М—Л. 1957.
11. *V. A. Johnson—W. J. Whitesell:* Phys. Rev. *89*, 5(1963)..
12. *А. И. Ансельм:* Введение в теорию полупроводников Москва—Ленинград 1962.
13. *К. Хилсум, А. Роуз-инс:* Полупроводники типа $A^{III}B^{V}$. Москва 1963.
14. *О. Маделунг:* Физика полупроводниковых соединений III. и V групп. Москва 1963.
15. *W. G. Spitzer—H. Y. Fan:* Phys. Rev. *106*, 882, (1957)
16. *R. J. Sladek:* Phys. Rev. *105*, 460, (1957).
17. *Lukács József:* Elektrotechnika, *4*, (1957).
18. *Lukács József:* Elektrotechnika, *12*, (1964)
19. *Lukács József:* Termoinduktív generátor (doktori disszertáció), 1967, Budapest.

Résumés

CDU 537.311.33:546.682.863

K. Somogyi—V. G. Szidjakin:

Mesures et analyse de certains coefficients de transport de l'antimonure d'indium

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) № 9

Nous avons etudié quelques propriétes de structure de bande de l'InSb sur la base de la variations avec la temperature de la mobilité des porteurs de charge, du coefficient Hall et de la resistance magnetique.
Le pouvoir thermoélectrique aussi que l'effet Nernst-Ettingshausen transversal et longitudinal ont été etudiés sur une large gamme de temperature.
La partie predominante de nos mesures ont été effectué (entre 80 °K et 300 °K) sur des monocristaux de InSb de qualité technique. Les mesures galvanomagnétiques ont été executées dans un champ magnétique homogène pouvant attiendre 15 kOe. Des methodes de compensation en courant continu et champ constant ont été employés au cours de nos mesures.
Les valeurs suivante ont été determiné $\sim 60\,000$ cm²/Vsec pour la mobilité des electrons à la temperature ambiante, 0,011 m_0 par la masse effective, $\sim 150\ \Omega^{-1}\,cm^{-1}$ par la conductibilité électrique des échantillons et 0,262 eV pour la largeur de la bande interdite de l'InSb apportenant à 0 °K.
Nous avons decrit une nouvelle methode pour la determination du rapport des mobilités des porteurs de charge applicable aux matières où ce dernier dépasse ~ 5.

CDU 621.372.542.2.091.1

G. Nemesszeghy:

Illustration de la propriété passe-bas par le déplacement des pôles

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N° 9

L'article analyse les déplacements des quadripôles passe-bas terminés par leur impédances caractéristiques à chaque fréquence et de cette manière illustre l'affaiblissement d'ondes. Une méthode de calcul simple est donnée tenant compte aussi de l'effet des zéros. L'affaiblissement des filtres passe-bas est analysé et illustré par la courbe des lieux des zéros. Enfin, des groupes des courbes, calculées par un calculateur électronique, sont données, le paramàtre desquelles est la fréquence d'adaptation.

CDU 621.385.1.032.9 „1928/1950" TUNGSRAM (439)

Dr. E. Winter

Résultats proéminents de la fabrication des tubes électroniques de la Société Réunie des Lampes Incandescentes et d'Électricité entre 1928—1950

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N° 9

L'auteur célèbre expose dans cette série d'articles quelques événements interessants de point de vue de l'histoire de cette industrie concernant les travaux recherche et du projet des produits dans la fabrique de la Société Réunie des Lampes Incandescentes et d'Électricité (Tungsram).

CDU 654.1.07(439):621.395.38:681.327.8

L. Hegyesi:

La rôle et les plans des PTT hongrois concernant l'introduction de la transmission des données

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N° 9

La disposition et les moyens ainsi que les fonctions les plus importantes des moyens appliqués de la tranmission des données sont briévement exposés. Le système du service est abonné ou bien publique. Les 5 groupes du service de transmission des données d'abonné sont descrits. Les autres conceptions des PTT dans le domaine de la transmission des données sont aussi mentionnées, par exemple les questions du droit de propriété de l'appareillage, de l'entretien et des frais présumés des equippements de transmission des données. Pour terminer la qualité et le taux des erreurs présumés du réseau téléphonique et télégraphique sont donnés.

NÉMESSZEGHY GYÖRGY
Felsőfokú Távközlési Technikum

Aluláteresztő tulajdonság szemléltetése pólusmozgással

ETO 621.372.542.2.091.1

Az alábbiakban π tagokon szeretnénk bemutatni, hogy a komplex-frekvenciasíkon a pólusok mozgása milyen szemléletessé teszi a jelenségek leírását.

Mivel a szemléltethetőség az oktatásban igen nagy jelentőségű, ezért a konkrét példák kidolgozásakor didaktikai szempontokat is szem előtt tartottunk.

1. A tárgyalásra kerülő négypólusok kiválasztása és az átviteli függvények előállítása

Mielőtt rátérnénk a konkrét példák bemutatására, röviden felvázoljuk, hogy milyen négypólusokkal kívánunk foglalkozni, és milyen számítástechnikai eljárást akarunk alkalmazni.

A továbbiakban főleg tiszta képzetes elemekből felépített π tagokkal fogunk foglalkozni, ohmos ellenállások csak a lezárásokban szerepelhetnek.

Az átviteli függvényt a négypólus láncmátrixából kívánjuk kiszámítani, mert a négypólusok nagy csoportjának láncmátrixa az elemi négypólusok láncmátrixából mátrixszorzás segítségével előállítható.

Ezek után azt fogjuk tárgyalni — és ez az egész dolgozat alapgondolata is —, hogy miképp változik az átviteli függvény zérus-pólus elrendezése, ha a négypólust mindkét oldalán hullámellenállásával, tehát illesztve zárjuk le.

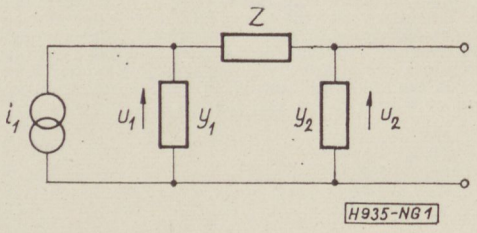
A zérus-pólushelyek mozgásával fogjuk szemléltetni a hullámcsillapítást és az üzemi csillapítást. Látni fogjuk, milyen könnyen áttekinthetővé, szemléltethetővé teszi a zérus-pólus elrendezés mozgása a négypólusok alaptulajdonságait is.

Elvégzett számításaink közül az alapgondolat kidomborítása érdekében csak π tagokon végzett számításainkat közöljük. Ugyanezeket a számításokat T tagokra is el lehet végezni hasonló eredménnyel.

Az 1. ábrán felvázolt π tag láncmátrixát a következő mátrixszorzás elvégzésével kapjuk meg:

$$\begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y_1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ Y_2 & 1 \end{bmatrix}.$$

Beérkezett: 1968. XI. 1.



1. ábra

A π tag lánckarakterisztikájának mátrixos alakja tehát a következő:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+ZY_2 & Z \\ Y_1+Y_2(1+ZY_1) & ZY_1+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_2 \\ i_2 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

A láncparaméterek segítségével a hullámellenállások a következőképpen számíthatók ki:

$$Z_{10} = \sqrt{\frac{Z(1+ZY_2)}{(1+ZY_1)[Y_1+Y_2(1+ZY_1)]}};$$
$$Z_{20} = \sqrt{\frac{Z(1+ZY_1)}{(1+ZY_2)[Y_1+Y_2(1+ZY_1)]}}. \quad (2)$$

Mivel a lezárásokat mindig bele fogjuk számítani az Y_1, illetve Y_2 admittanciákba, ezért π tagunk ilyenkor szakadással lesz lezárva, tehát $i_2=0$. Így a következő két átviteli függvényt definiálhatjuk:

$$F(p) = \frac{u_2}{i_1} = \frac{1}{Y_1+Y_2(1+ZY_1)}, \quad (3)$$

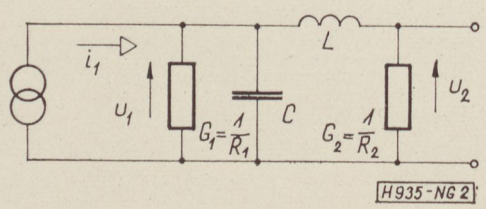
$$\Psi(p) = \frac{u_2}{u_1} = \frac{1}{1+ZY_2}. \quad (4)$$

A következő fejezetekben ezen átviteli függvényeket fogjuk konkrét példák kapcsán kiszámítani és pólus-zérus elrendezésüket, valamint pólusmozgásukat vizsgálni.

2. Aluláteresztő féltag és Wagner-szűrő pólusmozgása illesztett lezárás esetében

A 2. ábrán felvázolt aluláteresztő LC féltag az ohmos lezárásokkal együtt π tagot ad. Így az (1) összefüggés alapján lánckarakterisztikájának mátrixos egyenlete a következő:

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ i_1 \end{bmatrix} =$$
$$= \begin{bmatrix} 1+pLG_2 & pL \\ G_1+pC+G_2[pL(G_1+pC)+1] & pL(G_1+pC)+1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_2 \\ i_2 \end{bmatrix}.$$



2. ábra

Így az átviteli függvények:

$$F(p)=\frac{1}{G_1+pC+G_2[pL(G_1+pC)+1]}, \tag{5}$$

$$\psi(p)=\frac{1}{1+pLG_2}. \tag{6}$$

A hullámcsillapítás szemléltetése érdekében tegyük fel, hogy a 2. ábrán felvázolt LC aluláteresztő féltag mindkét oldalát lezáró R_1 és R_2 ellenállások az LC féltag hullámellenállásaival egyeznek meg. Tehát (2) alapján:

$$R_1=\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{1}{\sqrt{1+p^2LC}}; \quad R_2=\sqrt{\frac{L}{C}}\sqrt{1+p^2LC}. \tag{7}$$

A fenti két egyenlőség összeszorzásával a következő egyszerű kifejezést kapjuk:

$$G_1G_2=\frac{C}{L}. \tag{8}$$

$\psi(p)$ átviteli függvénynek (6) alapján a következő pólushelye van:

$$p=-\frac{1}{LG_2}.$$

Figyelembe véve a (8) összefüggést, a pólushelyet most akár a primer, akár a szekunder hullámellenállás segítségével felírhatjuk:

$$p=-\frac{G_1}{C}=-\frac{1}{LG_2},$$

tehát:

$$\psi(p)=\frac{u_2}{u_1}=\frac{1}{LG_2\left(p+\frac{1}{LG_2}\right)}=\frac{G_1}{C\left(p+\frac{1}{LG_2}\right)}.$$

Illesztés miatt: $i_1=2G_1u_1$, ezért

$$F(p)=\frac{1}{2C\left(p+\frac{1}{LG_2}\right)}.$$

Látjuk, hogy a hullámellenállás valós, $F(p)$ pólusa a negatív valós tengelyen van.

Most vegyük figyelembe a lezáró ellenállások frekvenciafüggését, hiszen minden frekvencián a pillanatnyi frekvenciához tartozó hullámellenállással kívánjuk az LC féltagot lezárni. Így a pólushely a frekvencia függvényében változtatja helyét:

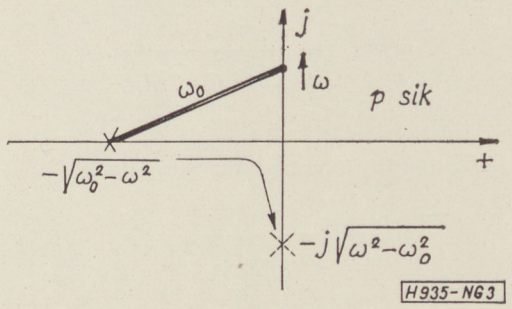
$$p=-\frac{1}{\sqrt{LC}}\sqrt{1-\omega^2LC}; \quad p=-\sqrt{\omega_0^2-\omega^2}.$$

Az utóbbi egyenlőségben az $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}}$ jelölést vezettük be.

$F(p)$ pólusmozgása tehát a következő: $\omega=0$ körfrekvencián a pólus a $p=-\omega_0$ helyen lesz. Növelve a frekvenciát a pólushely közeledik az origóhoz, és az $\omega=\omega_0$ körfrekvencián beérkezik az origóba. Ezután a pólus a negatív képzetes tengelyen folytatja mozgását, és ha a frekvencia növekszik, akkor távolodik az origótól.

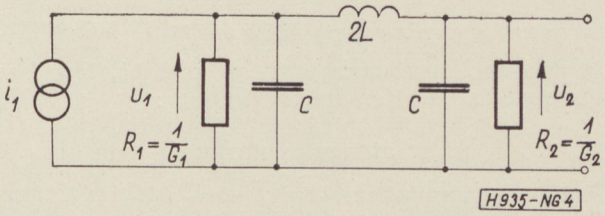
Ez a pólusmozgás igen alkalmas a hullámátvitel szemléltetésére.

Az áteresztési tartományban a pillanatnyi pólushely a negatív valós tengelyen úgy mozog, hogy távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől állandó marad (3. ábra).



3. ábra. $F(p)$ pólusmozgása

Mivel a pillanatnyi pólushely és a pillanatnyi képzetes frekvenciahely távolsága mindig ω_0, ezért az áteresztési tartományban $|F(j\omega)|$ is állandó lesz: $\frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}$. A zárási tartományba a pillanatnyi pólushely távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől a frekvencia növekedésével növekszik, és így ekkor $|F(j\omega)|$ természetesen csökken.



4. ábra

Most térjünk át a Wagner-szűrő vizsgálatára.

A 4. ábrán felvázolt szűrő lánckarakterisztikája a következő lesz:

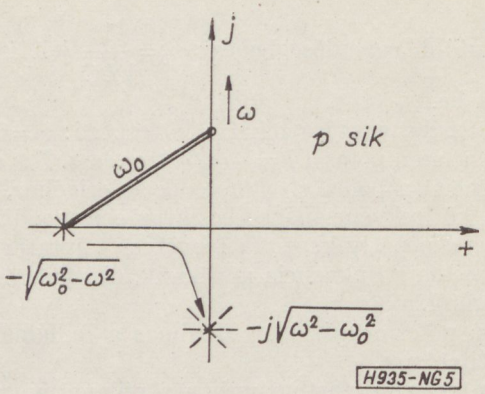
$$\begin{bmatrix}u_1\\i_1\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}1+2pL(G+pC) & 2pL\\ G+pC+(G+pC)[1+2pL(G+pC)] & 1+2pL(G+pC)\end{bmatrix}\begin{bmatrix}u_2\\i_2\end{bmatrix}. \tag{9}$$

A $\psi(p)$ átviteli függvény így a következő lesz:

$$\psi(p)=\frac{u_2}{u_1}=\frac{1}{2p^2LC+2pLG+1}. \tag{10}$$

Tegyük fel, hogy a Wagner-szűrő is mindkét oldalán mindig hullámellenállásával van lezárva. A (2) képlet segítségével a következő kifejezést írhatjuk fel, ha $Z_{10}=Z_{20}=\frac{1}{G}$:

$$p^2LC+1=\frac{L}{C}G^2.$$



5. ábra. $\psi(p)$ pólusmozgása

Helyettesítsük vissza ezt az összefüggést a (10) egyenletbe:

$$\psi(p)=\frac{1}{\frac{L}{C}G^2+p^2LC+2pLG}.$$

Látjuk, hogy a nevező teljes négyzet:

$$\psi(p)=\frac{1}{LC\left(p+\frac{G}{C}\right)^2},$$

tehát kettős pólust kapunk a $p=-\frac{G}{C}$ helyen.

Most vegyük figyelembe a hullámellenállás frekvenciafüggését, és ekkor látjuk, hogy az áteresztési tartományban ez a kettős pólushely a negatív valós tengelyen úgy mozog, hogy távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől állandóan ω_0.

Kapott eredményeinkből láthatjuk, hogy az áteresztési tartományban $|\psi(j\omega)|=1$. A zárási tartományban a kettős pólus a frekvencia növekedésével távolodik az origótól, és így a csillapítás növekszik.

Az 5. ábra alapján a csillapítás $\frac{\omega}{\omega_0}$ relatív egységekben és Neperben is azonnal felírható, természetesen a közismert eredményt kapjuk:

$$\ln|\psi(j\omega)|=\begin{cases}0 \text{ az áteresztési tartományban}\\ -\ln(\omega+\sqrt{\omega^2-1})^2=-2 \operatorname{arch}\omega \text{ a zárási}\\ \text{tartományban.}\end{cases}$$

Wagner-szűrőkből felépített szűrőláncok aluláteresztő tulajdonságait is könnyen szemléltethetjük. Kapcsoljunk láncba n darab egyforma Wagner-szűrőt. Ismeretes, hogy az eredő átviteli függvényt úgy kaphatjuk meg, hogy egy Wagner-szűrő átviteli függvényét az n-ik hatványra emeljük:

$$\psi_n(p)=\left[\frac{1}{LC\left(p+\frac{G}{C}\right)^2}\right]^n.$$

Az áteresztési tartományban most a valós negatív tengelyen levő $2n$-szeres pólushelynek lesz állandóan ω_0 a távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől.

3. Az LC féltag és a Wagner-szűrő üzemi csillapításának vizsgálata a pólusok elhelyezkedése alapján

A 2. ábrán felvázolt LC féltagot zárjuk le adott $\omega=\omega_i$ körfrekvenciához tartozó hullámellenállásokkal:

$$R_1=\sqrt{\frac{L}{C}}\frac{1}{\sqrt{1-\omega_i^2LC}},\quad R_2=\sqrt{\frac{L}{C}}\sqrt{1-\omega_i^2LC}. \tag{11}$$

A két egyenlet összeszorzásából a következő összefüggést kapjuk:

$$\frac{R_2}{L}=\frac{1}{CR_1}. \tag{12}$$

Az (5) kifejezésből látható, hogy $F(p)$ pólusait a következő másodfokú egyenlet gyökei adják:

$$p^2LCG_2+p(LG_1G_2+C)+G_1+G_2=0. \tag{13}$$

A gyökök:

$$p_{1,2}=-\left(\frac{1}{2CR_1}+\frac{R_2}{2L}\right)\pm j\sqrt{\frac{1}{LC}\frac{R_1+R_2}{R_1}-\left(\frac{1}{2CR_1}+\frac{R_2}{2L}\right)^2}.$$

Abban az esetben, ha a lezáró ellenállások, adott ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállások, akkor a (12) képlet alapján a pólusok helyét a következő egyszerű összefüggések segítségével kaphatjuk meg:

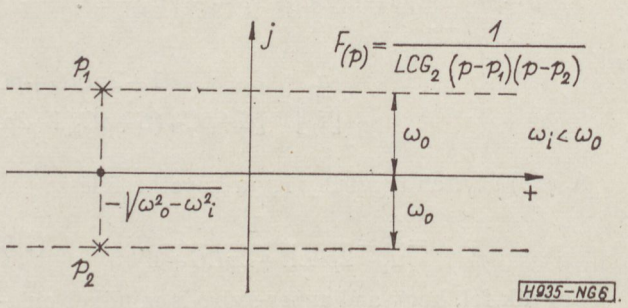
$$p_{1,2}=-\frac{R_2}{L}\pm j\omega_0,\quad \text{illetve}\quad p_{1,2}=-\frac{1}{CR_1}\pm j\omega_0.$$

Láthatjuk a 6. ábrán, hogy a pólusok helye a valós tengellyel párhuzamos és attól ω_0 távolságra levő egyeneseken van. Leolvashatjuk a 6. ábráról azt is, hogy minél közelebb választjuk az ω_i körfrekvenciát ω_0-hoz, annál közelebb helyezkedik el a konjugált komplex póluspár a képzetes tengelyhez, annál nagyobb lesz az üzemi átvitel ingadozása az áteresztési tartományban.

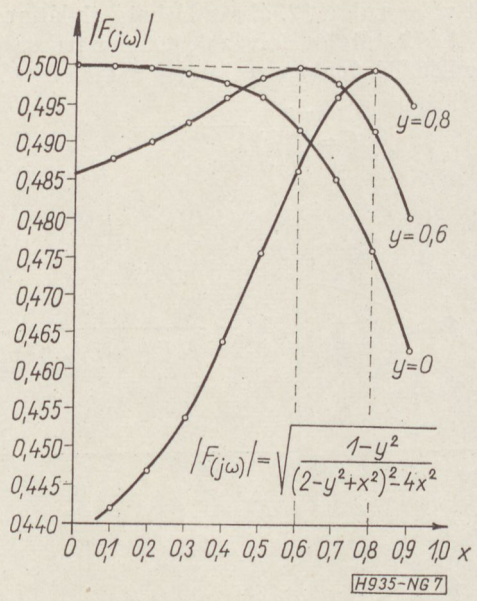
Mivel a lezáró ellenállások az ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállások, ezért $|F(j\omega)|$-nek maximuma lesz az ω_i körfrekvencián:

$$\max|F(j\omega)|=|F(j\omega_i)|=\frac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Relatív egységeket választva $\left(x=\frac{\omega}{\omega_0},\quad y=\frac{\omega_i}{\omega_0}\right)$, $|F(j\omega)|$-re paraméteres görbesereget kapunk, amelyet számítógéppel kiszámítottunk. A számítás eredményeit a 7. ábrán tüntettük fel.



6. ábra



7. ábra

Térjünk most át az $F(p)$ átviteli függvényről, az ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállásokkal lezárt LC féltag $\psi(p)$ átviteli függvényére.

A $\psi(p)$ átviteli függvénynek most csak egy pólusa lesz a valós tengelyen. A pólushely itt is attól függ, hogy ω_i mennyire közelíti meg ω_0 értékét. $|\psi(j\omega)|$ maximális értéke az $\omega=0$ körfrekvenciához tartozik. $\omega=\omega_i$ körfrekvancián a pillanatnyi frekvenciahely távolsága a pólushelytől éppen ω_0, ezért:

$$|\psi(j\omega_i)|=R_2\sqrt{\frac{C}{L}}=G_1\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Ezután vizsgáljuk meg a Wagner-szűrő viselkedését konstans ohmos lezárások esetében.

A Wagner-szűrő $F(p)$ átviteli függvénye a (3) képlet és a 4. ábra alapján:

$$F(p)=\frac{1}{(G+pC)+(G+pC)[1+2pL(G+pC)]}.$$

A pólusok helyét a következő harmadfokú egyenlet gyökei adják meg:

$$2LC(G+pC)\left(p^2+p\frac{G}{C}+\omega_0^2\right)=0. \qquad (14)$$

Legyen R az áteresztési tartományban levő ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállás. Ekkor: $\frac{1}{RC}=\frac{G}{C}=\sqrt{\omega_0^2-\omega_i^2}$.

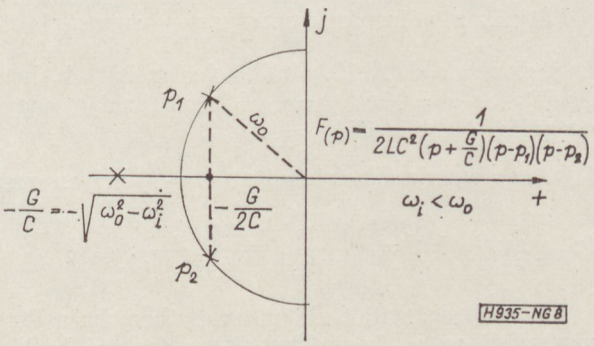
A (14) egyenlet elsőfokú és másodfokú egyenlet szorzatából áll, a másodfokú tényező gyökei a következők:

$$p_{1,2}=-\frac{G}{2C}\pm j\sqrt{\omega_0^2-\left(\frac{G}{2C}\right)^2}.$$

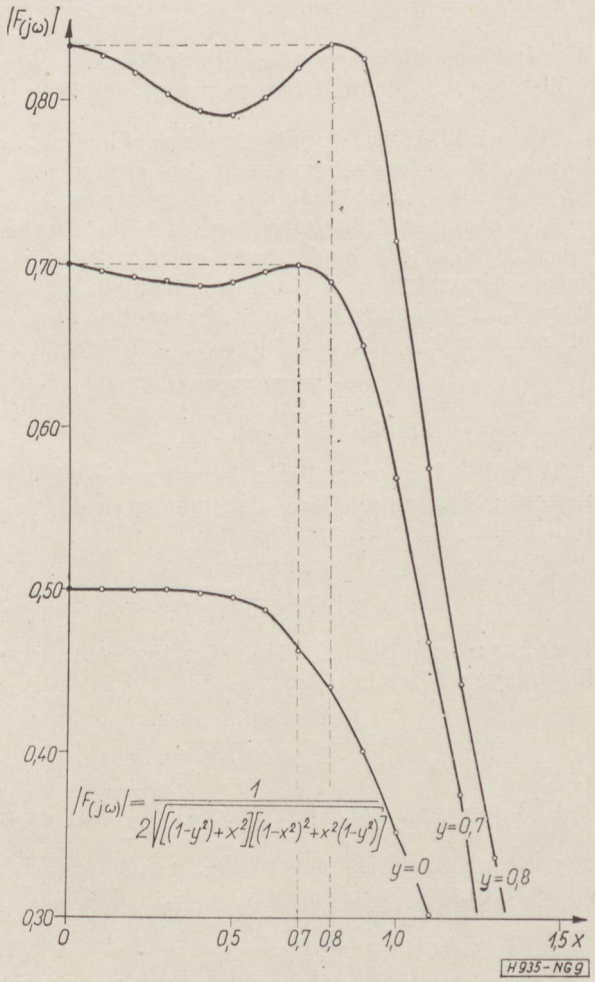
Látjuk, hogy a gyököt konjugált komplexek, amelyek ω_0 sugarú körön helyezkednek el. A harmadfokú egyenletnek ilyenkor egy valós gyöke és egy konjugált komplex gyökpárja van (8. ábra).

A 8. ábra szemléletesen mutatja az áteresztési tartomány üzemi csillapításának ingadozását. A valós tengelyen levő pólus a frekvencia növekedésével növekvő csillapítást jelent, és ehhez járul a konjugált komplex póluspár hatása, amely az ω_i körfrekvencia környékén csillapításcsökkenést eredményez. Az $|F(j\omega)|$ függvénynek helyi maximuma lesz az ω_i frekvencián. Számítógéppel relatív egységekben kiszámítottuk $|F(j\omega)|$-et paraméteres görbesereg alakjában. A 9. ábrán $x=\frac{\omega}{\omega_0}$ és $y=\frac{\omega_i}{\omega_0}$.

Térjünk át most a másik átviteli függvényünkre.



8. ábra



9. ábra

$\psi(p)$ pólusait a (10) egyenlet szerint az alábbi másodfokú egyenlet gyökei adják:

$$2LC\left(p^2+p\frac{G}{C}+\frac{1}{2LC}\right)=0.$$

A gyökök:

$$p_{1,2}=-\frac{G}{2C}\pm j\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}\right)^2-\left(\frac{G}{2C}\right)^2}.$$

A lezáró ellenállások legyenek most is az ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállások:

$$\frac{G}{C}=\sqrt{\omega_0^2-\omega_i^2}.$$

Látjuk, a póluspárok most az $\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$ sugarú körön helyezkednek el. A 10. ábrából leolvashatjuk, hogy $|\psi(j\omega)|$ az $\omega=0$ és $\omega=\omega_i$ körfrekvencián eggyel egyenlő: $|\psi(0)|=|\psi(j\omega_i)|=1$.

$|\psi(j\omega)|$ maximális értékét az $\omega=\frac{\omega_i}{\sqrt{2}}$ helyen veszi fel, max $|\psi(j\omega)|=\left|\psi\left(j\frac{\omega_i}{\sqrt{2}}\right)\right|=\frac{\omega_0^2}{\sqrt{\omega_0^4-\omega_i^4}}$.

A feszültségátvitelt abban az esetben, ha a Wagner-szűrőt az ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállásokkal zártuk le rögtön felrajzolhatjuk. Természetesen most is relatív egységekkel számoltunk. A paraméteres görbesereget a 11. ábra mutatja.

4. Általános alulátereszto szűrő hullám- és üzemi csillapításának szemléltetése pólusmozgással

Mielőtt kitűzött feladatunkat megoldanánk, foglaljuk össze és fogalmazzuk meg kissé általánosabban az eddig alkalmazott számítási módszerünket.

A π tag feszültségátvitelét a (4) képlet, hullámellenállását a (2) képlet adta meg. Szorítkozzunk most szimmetrikus π tagokra, tehát $Y_1=Y_2$ és $Z_{10}=Z_{20}$. Ilyenkor az 1. ábra jelölése szerint a hullámellenállás a következő kifejezéssel lesz egyenlő:

$$Z_0=\sqrt{\frac{Z}{Y(2+ZY)}}. \qquad (15)$$

Tegyük fel, hogy a tiszta képzetes tágokból felépített π tag mindkét oldalát minden frekvencián hullámellenállással zárjuk le:

$$G=\sqrt{\frac{Y}{Z}(2+ZY)}. \qquad (16)$$

Ilyenkor a lezárásokkal bővített π tag $\psi(p)$ átviteli függvénye a következő lesz:

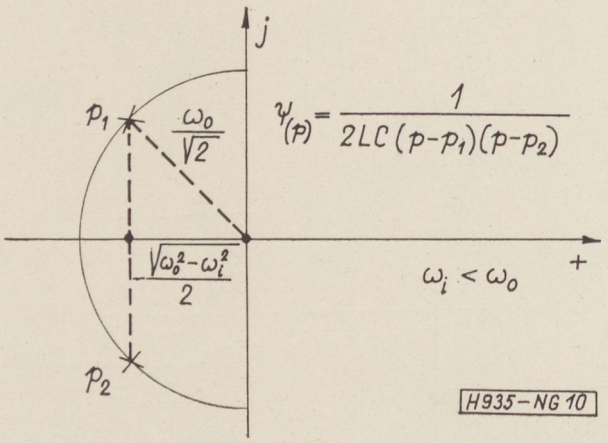
$$\psi(p)=\frac{1}{1+Z(Y+G)}. \qquad (17)$$

A (16) egyenletből fejezzük ki $\left(1+\frac{ZY}{2}\right)$-t, és ezt helyettesítsük a (17) egyenletbe, ekkor $\psi(p)$ jobb oldala teljes négyzet lesz:

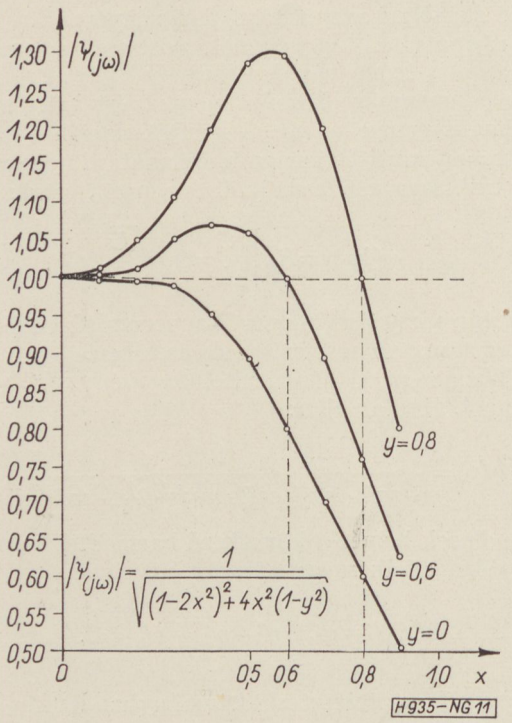
$$\psi(p)=\frac{1}{\left(G\sqrt{\frac{Z}{2Y}}+\sqrt{\frac{ZY}{2}}\right)^2}. \qquad (18)$$

Most válasszuk a 12. ábrán látható aluláteresztő π tagot. A 12. ábrán felvázolt szimmetrikus π tag hullámellenállásának a reciproka a következő lesz:

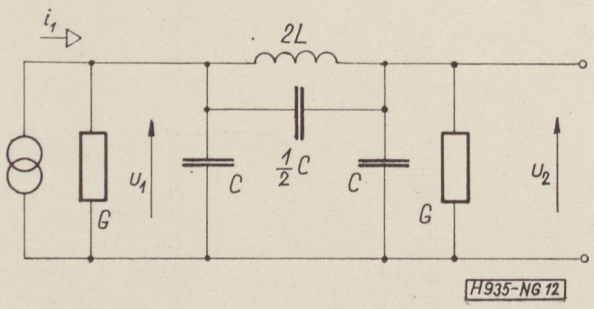
$$G=\sqrt{\frac{C}{L}}\sqrt{1+2p^2LC}.$$



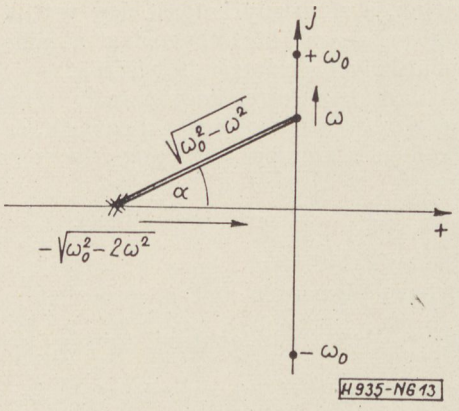
10. ábra



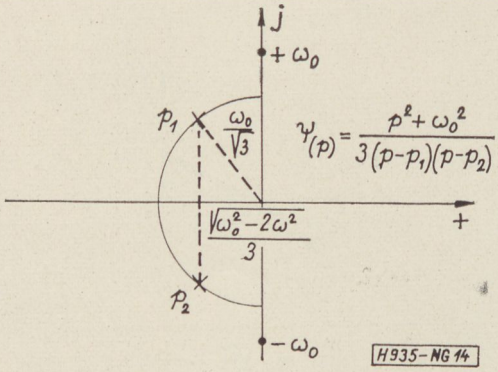
11. ábra



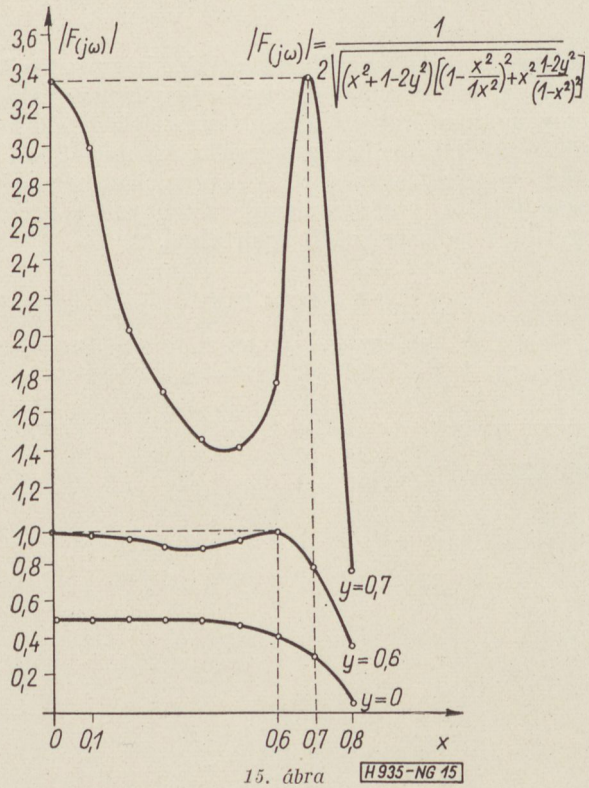
12. ábra



13. ábra. $\psi(p)$ pólusmozgása



14. ábra



15. ábra

$\psi(p)$ átviteli függvényt a (18) összefüggés alapján rögtön felírhatjuk:

$$\psi(p)=\frac{p^2+\omega_0^2}{\left(p+\frac{G}{C}\right)^2} \qquad (19)$$

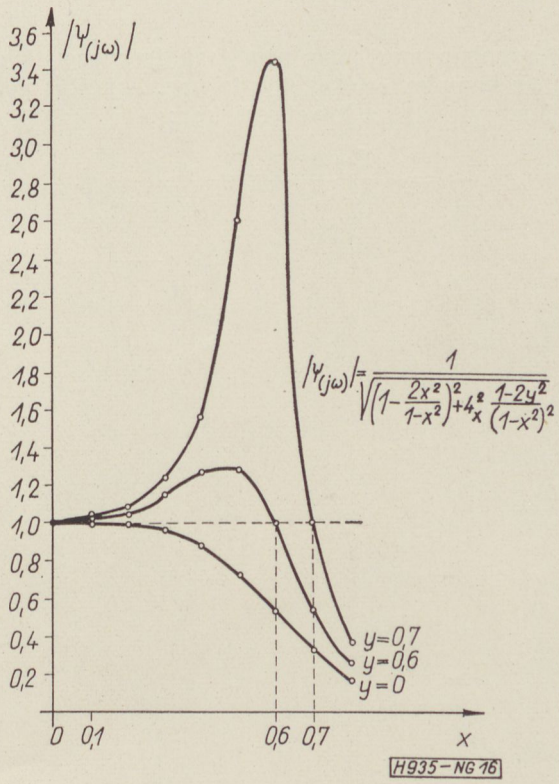
Látjuk, a Wagner-szűrővel szemben az a különbség, hogy itt a frekvenciafüggő $p=\frac{G}{C}$ pólushely mellett frekvenciafüggetlen zérushely-pár is jelentkezik, ha a π tagot minden frekvencián a pillanatnyi frekvenciához tartozó hullámellenállással zárjuk le.

A 13. ábrán látható, hogy a pillanatnyi kettős pólushely távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől most frekvenciafüggő: $\sqrt{\omega_0^2-\omega^2}$.

Most azonban figyelembe kell venni a zérushelyeket is. A pillanatnyi frekvenciahely távolsága a zérushelyektől: $\omega_0-\omega$, illetve $\omega+\omega_0$. A két zérustávolság szorzata éppen a kettős pólushely távolságnégyzetével egyenlő, ezért az $\omega\leq\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$ frekvenciasávban $|\psi(j\omega)|=1$.

Érdemes megfigyelni a 13. ábrán, hogy míg a kettős pólus az origóba az $\omega=\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$ frekvencián érkezik be, addig $|\psi(j\omega)|$ eggyel egyenlő. Ezután $|\psi(j\omega)|$ értéke gyorsan csökken és $\omega=\omega_0$ frekvencián zérussal egyenlő. Tovább növelve a frekvenciát a $|\psi(j\omega)|$ újra növekszik. A hullámátvitelnek három tartományát különböztetjük meg:

$$|\psi(j\omega)|=\begin{cases}1 & \text{ha} \quad \omega<\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}\\ \frac{\omega_0^2-\omega^2}{(\omega+\sqrt{2\omega^2-\omega_0^2})^2} & \text{ha} \quad \omega_0\geq\omega\geq\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}\\ \frac{\omega^2-\omega_0^2}{(\omega+\sqrt{2\omega^2-\omega_0^2})^2} & \text{ha} \quad \omega\geqq\omega_0.\end{cases}$$



16. ábra

Az üzemi csillapítás szemléltetése érdekében írjuk fel $\psi(p)$ zérus- és pólushelyeit.

$\psi(p)$ zérushelyei: $p=\pm\omega_0$

$\psi(p)$ pólushelyei: $p_{1,2}=-\frac{1}{3}\frac{G}{C}+j\sqrt{\left(\frac{\omega_0}{\sqrt{3}}\right)^2-\left(\frac{G}{3C}\right)^2}$.

A 12. ábrán látható lezáró ellenállások, legyenek az ω_i körfrekvenciához tartozó hullámellenállások:

$$\frac{G}{C}=\sqrt{\omega_0^2-2\omega_i^2}.$$

A pólusok most $\frac{\omega_0}{\sqrt{3}}$ sugarú körön helyezkednek el (14. ábra).

Teljesség kedvéért most is kiszámítottuk számítógéppel $|\psi(j\omega)|$ és $|F(j\omega)|$ értékeit $x=\frac{\omega}{\omega_0}$ függvényében, paraméter az $y=\frac{\omega_i}{\omega_0}$ illesztési körfrekvencia (15. és 16. ábra).

5. Zérushely figyelembevétele mozgó pólussal

Legutoljára hagytuk elképzeléseink legérdekesebb eredményét. A 12. ábrán látható négypólus zérushelyeit a 13. ábrán rajzoltuk fel. A pillanatnyi kettős pólushely távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől nem állandó nagyságú az áteresztési tartományban sem.

A zérushelyek hatását azonban figyelembe vehetjük a kettős pólus megfelelő mozgatásával is. Ezért a $\psi(p)$ átviteli függvényt (19) hozzuk zérushely nélküli alakra:

$$\psi(p)=\frac{p^2+\omega_0^2}{\left(p+\frac{G}{C}\right)^2}=\frac{1}{(p+\delta)^2}.$$

δ azonban most már nem csak frekvenciafüggő, hanem komplex értékeket is felvesz. A kettős pólus pillanatnyi helye a következő lesz:

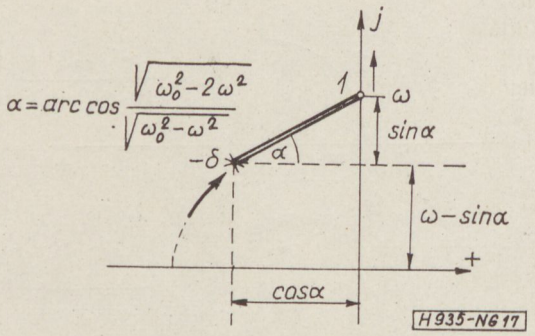
$$-\delta=-\frac{\omega_0^2-2\omega^2}{\omega_0^2-\omega^2}+j\left(\omega-\frac{\omega}{\sqrt{\omega_0^2-\omega^2}}\right).$$

Láthatjuk, a zérushely hatását úgy vettük figyelembe, hogy $\omega=\omega_0$ körfrekvencián a pillanatnyi kettős pólushelyet a végtelenbe visszük.

Vegyük azonban észre, hogy δ reális része a 13. ábrán berajzolt α szög cosinusával egyezik, és δ képzetes részében is szerepel az α szög trigonometrikus függvénye:

$$-\delta=-\cos\alpha+j(\omega-\sin\alpha).$$

A 17. ábrán láthatjuk, hogy a kettős pólushely most görbevonal mentén mozog, miközben ω változik 0-tól $\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$-ig. A pillanatnyi kettős pólushely távolsága a pillanatnyi frekvenciahelytől a $0\leq\omega\leq\frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$ körfrekvenciatartományban állandóan egységnyi, mert: $\cos^2\alpha+\sin^2\alpha=1$.



17. ábra

Összefoglalásul megállapíthatjuk, hogy a frekvenciával változó pillanatnyi pólushely bevezetésével könnyen szemléltethető az aluláteresztő négypólusok hullámcsillapítása. Ezt a szemléltetési módot különösen az oktatásban tartjuk nagy jelentőségűnek. Ezenkívül az üzemi csillapítás viszonyait is szemléltettük a pólushelyek helygörbéivel.

IRODALOM

1. *Pettit, I. M.—MacWhorter, M. M.:* Erősítő áramkörök.
2. *Tropper, A. M.:* Matrix theory for electrical engineers.

Félvezetőeszközök kutatásával foglalkozó Európai Konferenciáról, München 1969. március (European Meeting "Semmiconductor Device Research")

A félvezető eszközök jelenlegi kutatási problémáival foglalkozó nemzetközi konferenciát az amerikai IEEE német szekciója és a Német Fizikai Társaság bajorországi tagozata rendezte, a két év előtt Bad Nauheimben tartott hasonló tárgykörű konferencia folytatásaként. A konferencia színhelye a müncheni egyetem fizika karának épülete volt.

A konferencia négy napja alatt 8 egyórás összefoglaló előadás („invited papar") hangzott el meghívott előadók részéről és 82 húszperces rövid előadás 14 félnapos ülés keretében. Az összefoglaló előadások a reggeli ülésszakban kerültek sorra, a rövid előadások pedig két párhuzamos ülésszakban délelőtt és délután. Valamennyi előadást vita követte. A konferencia szakmai szervezését a Siemens-cég kutatói végezték Dr. W. Heywang irányításával.

A konferencia fő tárgykörei az alábbiak voltak:

térvezérléses tranzisztorok
különleges térfogati hatások
fénykibocsátás
félvezető eszközök technológiája (műveleti és vizsgálati módszerek)
Gunn- és LSA-eszközök
opto- és akusztoelektromos eszközök
félvezető memóriák
galvanometrikus eszközök
IMPATT-diódák
M-I-S rendszerek
nagyteljesítményű félvezető eszközök
bipoláris tranzisztorok
áramkörtervezés és fotomaszkkészítés számítógépes technikával.

A felsorolt tárgykörökben tartott előadások betekintést engedtek azokba a problémákba, amelyek jelenleg a félvezető kutatás szakembereit foglalkoztatja. Az összefoglaló előadások egy-egy szekcióban jó tájékoztatást adtak egy-egy probléma előzményeiről, a jelenlegi és a várható eredményekről. A konferencia nevének megfelelően magukkal a félvezető eszközökkel foglalkozott elsősorban, kimondottan fizikai problémák nem szerepeltek a napirendben, és a félvezető eszközök alkalmazását sem tárgyalták.

Március 24-én az ünnepélyes megnyitó után elsőként *G. A. Acket*, a Philips-cég eindhoveni kutatólaboratóriumának munkatársa tartott összefoglaló előadást az újfajta mikrohullámú eszközökről. Változatlan az érdeklődés a Gunn-effektuson alapuló eszközök iránt és a kutatások az alapvető mechanizmusok felderítésére irányulnak. A domének vándorlási sebessége és a térerősség közötti összefüggés, valamint a relaxációs idő vizsgálata a Gunn-eszközöknél volt eredményes, míg az IMPATT-diódáknál a a lavinamultiplikációs tényezők nagyságrendjének vizsgálata (pl. szilíciumnál a lyukak és elektronok lavinamultiplikációs tényezője egy nagyságrenddel különbözik) vezetett kedvező struktúrák kialakítására. Szó volt ebben az előadásban fény hatására létrejövő lavina jelenségekről is, ill. ezek felhasználásáról mikrohullámú eszközök céljaira. Az előadó azt is megállapította — és ez jellemző problémája a mai félvezető kutatásnak —, hogy a tárgyalt jelenségek kielégítő alkalmazását a mikrohullámú technikában számos, elsősorban technológiai probléma (nagy ohmos kontaktus, anyaghibák stb.) gátolja, amelyek megoldása igen kívánatos.

M. Zerbst, a Siemens-cég kutatója a M-I-S tranzisztorok területén elért új eredményekről tartott összefoglaló előadást, elsősorban új szigetelő rétegek alkalmazásáról, melyek közül leginkább a szennyezésekre és nukleáris besugárzás hatására kevésbé érzékeny alumínium-oxid bizonyult előnyösnek. A M-I-S tranzisztorokkal foglalkozó ülésszakon több előadás foglalkozott a töltéshordozók mobilitását meghatározó tényezőkkel, ennek hatásáról az áramfeszültség karakterisztikák egyes szakaszaira, valamint a zajtényező és a mobilitás közötti összefüggésekkel.

H. Beneking, az Aacheni Műszaki Egyetem tanára, 1 μ csatorna hosszúságú p-csatornás MOS tranzisztor előállításáról számolt be, melyet az egyetem laboratóriumában dolgoztak ki, projekciós maszk-technika alkalmazásával. E tranzisztorok egyes példányainak levágási frekvenciája az 1 GHz-t is elérte.

P. Wolf, az IBM zürichi laboratóriumának dolgozója Schottky-záróréteges térvezérléses tranzisztorokról számolt be, melynek maximális oszcillációs frekvenciája 12 GHz volt.

A néhány éve nagy érdeklődést kiváltott, kismélységű adalék-bevitel céljaira használt ion-beültetéses technikáról *L. Large*, az angol Haditechnikai Elektronikus Labóratórium kutatója tartott előadást, melyben tárgyilagosan megállapította, hogy részben a berendezések költséges volta, részben magának az eljárásnak a félvezetőkre gyakorolt hátrányos hatása miatt, ez a technika semmiképpen sem fogja helyettesíteni a ma használatos diffúziós eljárásokat, de különleges adalék-eloszlások megvalósítására előnyös kiegészítő technológiának tekinthető.

Néhány előadás az elektrolumineszcencia alkalmazásáról számolt be, elsősorban világító diódák céljaira, úgy tűnik azonban, hogy ezeknek az eszközöknek a tartóssága még nem kielégítő és az azt meghatározó tényezők vizsgálata szükséges.

A Gunn és LSA eszközökkel foglalkozó II. ülésszakon *K. Hoffmann*, a Philips, ill. *R. Becker*, az AEG-Telefunken kutatója, vékony dielektrikum réteggel bevont gallium-arzenid strukturákon végzett vizsgálatokról számoltak be. Ezeknél a domének kialakulása, ill. a leszakadás sokkal magasabb feszültségeknél következik be és ezáltal rezonátorba helyezve ezek az elemek a természetes rezgési frekvenciánál magasabb frekvenciákon is folyamatosan rezgésre gerjeszthetők.

Több előadás foglalkozott a félvezető eszközök számítógépes modellezésével. *H. Gummel* előadása

tranzisztorok modelezésével kapcsolatos eredményekről számolt be. *O. G. Folberth* monolitikus tárolókról tartott összefoglaló előadást. Félvezető memóriákkal külön ülésszak foglalkozott. Az itt elhangzott előadások alapján úgy tűnik, hogy nemcsak MOS-, hanem bipoláris tranzisztorokkal is nagy bitsűrűségű memória egységek állíthatók elő.

A Siemens-cég laboratóriumából több előadást tartottak galvanomágneses eszközökről, amelyek közül változatlanul az indiumantimonid alapanyagú eszközök bírnak jelentőséggel.

A félvezető és szigetelő határfelületek döntő jelentőségét bizonyítja az a tény, hogy külön ülésszak foglalkozott az idevágó kérdésekkel, elsősorban a MOS ill. MIS rendszerek szempontjából. A problematika főleg a korszerű térvezérléses tranzisztorok többrétegű szigetelésének szempontjából adott érdekes felvilágosítást. Az alapvető problémák itt is az anyagtechnológia területén jelentkeznek, melyeknek megismerése, a folyamatok hatásának elemzése nélkülözhetetlen előfeltétele a további fejlődésnek.

Rövid ülésszak adott az erősáramú eszközökről tájékoztatást. Itt elsősorban a nagyfeszültségű tirisztorokról szóló előadás volt érdekes, melyet *W. Gerlach*, az AEG-Telefunken kutatója tartott. Az alapanyag tulajdonságainak és a felületi geometriának megváltoztatásával a tirisztorok zárófeszültségét 3 kV-ra sikerült emelni a nyitóellenállás és a belső disszipáció lényeges megnövekedése nélkül.

A már klasszikusnak tekinthető bipoláris tranzisztorok területén planáris szerkezetű, passziváló bevonattal ellátott germánium tranzisztorokról hangzottak el előadások. Az elmondottak alapján azonban a germánium visszatérésétől nem kell túlságosan tartani.

H. Ullrich, a Siemens kutatója az integrált áramkörök maszkjainak előállítására szolgáló korszerű eljárásokról tartott előadást, amelyben rendszerezte a tömeggyártásban ma leggyakrabban alkalmazott eljárásokat. A számítógépes tervezés (CAD) viszonylag lassú terjedését azzal magyarázta, hogy nem sikerült még az áramkörök elég nagy választékára megfelelő programnyelvet kidolgozni, a számítógépes maszkkészítéshez szükséges berendezés pedig túl költséges. A fényíró (lightpencil) berendezés ernyője kicsi, ezért csak egyszerűbb áramkörök előállítását teszi lehetővé, ahol viszont a korábbi módszerek is eléggé termelékenyek és főleg olcsóbbak. A közepes és nagy integrációjú (MSI, LSI) eszközöknél viszont optimalizálási problémák merültek fel, amelyeket CAD-nal nem sikerült megoldani. A kiutat valószínűleg az elemi áramkörök kombinációjával történő tervezés jelent, ahol a CAD jó szolgálatot tesz. A rajzkészítésnél terjed a fényérzékeny fóliára fényponttal történő rajzolás, amelynél elmarad a rétegelt fóliák vágása és hámozása. Jobb optikai tulajdonságaik és technológiai előnyeik miatt terjed a pozitív fotorezisztlakkok használata. Új lehetőségeket kínál maszkok készítésére a holográfia, az eddigi technológiai megoldások azonban még nem kielégítőek.

A bevezető előadáshoz csatlakozó ülésszakon különböző tervezési módszerekről hangzottak el előadások, amelyek a graf elmélet, a rasztertechnika vagy a holográfia alkalmazásán alapultak. Nagy érdeklődést váltott ki *K. Hennings*, a Telefunken cég kutatójának előadása, aki az általa és munkatársai által korábban kidolgozott projekciós maszkírozási eljárás továbbfejlesztéséről számolt be. Az oberkocheni Zeiss gyár által kidolgozott objektívek lehetővé tették 40—50 mm ∅-jű felületeken 2,5 μ felbontás elérését pozitív fotorezisztlakkok alkalmazásával.

A két év előtti Bad Nauheimi konferenciával összehasonlítva, ez a konferencia elsősorban az európai tudományos és technológiai feszültség javulásáról tett tanubizonyságot. Alapvetően új eszközkonstrukciók nem kerültek bemutatásra, a jelenlegi általános nemzetközi irányzat a technológiai finomítás; az újszerű eszközökkel (Gunn-diódák, LSI, MSI) kapcsolatos technológiai problémák megoldása. Az európai és amerikai technológia színvonal közötti hézag összébb zárult és Európában az USA-t megelőzve születtek egészen élenjáró megoldások, pl. a projekciós maszktechnika. Az USA kutatóinak részvétele a konferencián ebben az évben kisebb volt, mint a Bad Nauheimben. A tudományos színvonal elsőrangú volt és különösen az NSZK kutatók előadásai voltak rendkívül alaposak és lényegretörőek.

Dr. Szép Iván

DR. WINTER ERNŐ
Műszaki Fizikai Kutató Intézet

Az EIVRT elektroncsőgyártásának kiemelkedő eredményei 1928–1950 között. II. rész

ETO 621.385.1.032.9„1928/1950" TUNGSRAM (439)

Antimikrofonikus csövek

A különböző csőgyárak nagy erőfeszítéseket fejtettek ki a cső-mikrofónia csökkentése céljából. Különösen fontos volt a probléma az angol rádiócső-piacon, mert az angol „weekend"-mozgalom magával hozta, hogy a weekendezők a rádiókészülékeiket is magukkal akarták vinni, hogy ne szakadjanak el az élettől. Ennek következtében a weekend készülékek számára csak közvetlen fűtésű telepes csövek jöhettek számításba.

A közvetlen fűtésű csövek katódja vékony wolfram vagy nikkel huzalból állott, amelynek felületén egy alkáliföldfémoxid réteg volt. Ezeknél a csöveknél a többé-kevésbé kifeszített huzal rezgésre volt hajlamos. Ez a rezgés azt eredményezte, hogy a cső meredeksége és ezzel együtt anódárama is a rezgés ritmusában ingadozott. A csőben tehát egy nemkívánatos kisfrekvenciás áram jelentkezett, ami a rádiókészülék hangszórójában hangfrekvenciás áramot hozott létre és ez a készülékben zenei hangként jelentkezett.

A rezgő hang akkor lépett fel, amikor a csövet megütöttük, de fellépett akkor is, ha a hangszóró a csövekkel akusztikus csatolásba került.

A mikrofóniát kétféleképpen vizsgáltuk: adott magasságból egy meghatározott súlyú felfüggesztett golyót ejtettünk a feszültség alá helyezett csőre és egy ballisztikus műszerrel mértük a keletkezett kisfrekvenciás áram nagyságát. A másik módszer szerint a cső foglalatát állványra helyeztük, majd a csövet feszültséggel ellátva erősítőbe kapcsoltuk. Az erősítő kimenetén levő hangszórót hozzászorítottuk a csőállványhoz. Ekkor a csövet megütve — vagy akár ütés nélkül is — a hangszóró rezgésbe hozta a cső elektródarendszerét és a hangszóró begerjedt. Amikor lehetővé tettük az erősítés változtatását, úgy ez a vizsgálat kvantitatív megállapításokat is lehetővé tett, mert megállapítható volt, hogy az akusztikus visszacsatolás milyen erősítésnél következik be.

A mikrofónia kiküszöbölésére rengeteg próbálkozás történt. A Philips cég például nem fejelte meg a csövet, hanem a fejeletlen csövet alumínium edénybe helyezték, és a fejeletlen cső egy gumiszivacson feküdt fel. Az áramvezetések rezgéstovábbító hatását elkerülendő a kivezető huzalokat visszahajtották a cső nyakára és azon egy gumiszalaggal rögzítették. Az áramkivezetéseket egy alumínium edény alsó nyílásába illesztett bakelitfej csapjaihoz forrasztották.

Ez a cső, amelyben az akusztikus csatolás minden lehetőségét kiküszöbölni kívánták, a mi berendezéseinkben úgy fütyült, mint egy fuvola.

Kísérleteinknél mi is több módon próbálkoztunk, közöttük a legérdekesebb az volt, amikor az elektródokból csillámok segítségével blokkot szereltünk és ezt a blokkot felhegesztettük négy rugó közvetítésével a két fő tartódrótra. Ez a cső is rossz volt, azzal a különbséggel, hogy nem fütyült, hanem sírt.

1932 őszén az Egyesült Izzó londoni eladási szervezetének a vezetője Budapestre jött és azt az alternatívát adta fel az itteni műszaki és kereskedelmi vezetőknek, hogy vagy megcsináljuk az antimikrofonikus telepes csöveket, vagy kénytelenek leszünk lemondani az angol csőpiacról. Ha viszont megcsináljuk az antimikrofonikus csöveket, akkor kb. 500 000 darabbal több eladás várható és bizonyos, hogy indirekt fűtésű csövekből is sokkal többet fogunk tudni eladni.

Kérdezték tőlem, milyen remény van a kérdés megoldására? Azt válaszoltam, hogy karácsonyra lesznek antimikrofonikus csövek.

A sok balsiker miatt hitetlenül néztek rám és kérdezték tőlem, hogy vannak-e már kezdeti eredmények. Mondtam, nincs még semmi, de karácsonyra készen lesz a cső. Ekkor megindítottuk a kísérleteket és sok baj és csalódás után végre kialakult az antimikrofonikus csőkonstrukció, az LD210 és HR210 típusok alakjában. Az a megoldás alakult ki, hogy az elektródarendszerbe, az anód hornyaiba az anódéval azonos keresztmetszetű csillámbetétet illesztettünk be.

A csillámbetétek a következő funkciókat látták el:

1. a katódot rezgés szempontjából aszimmetrikusan megosztották,
2. a katódot négy helyen megtörve, rácsot és anódot egyaránt érintve akusztikus csatolás folytán az egyes elektródák nagyméretű csillapítását okozták.

Az ilyen konstrukciójú csövek mikrofóniavizsgáló készülékbe helyezve akusztikus csatolást nem hoztak létre, az ejtőgolyós próbánál pedig gyorsan csillapodó tompa puffanást okoztak.

Az első laboratóriumi mintákat 1932 karácsonyán kiküldtük Londonba, ahonnan ez a válasz érkezett: You are sincerement congratulated.

A másik kényes piacunkat a skandináv államok képezték, ahol sok volt az egyenáramú hálózat és csak később tértek át az indirekt fűtésű csövek használatára. Ezen országok rádiócsőgyárai 4 V-os közvetlen fűtésű csöveket használtak az összes fokozatokban és itt a mikrofónia szintén döntő fontosságú lett. Amíg azonban az angol LD210-ban 2-ágú, V-alakú katódok voltak, addig a Skandináviában használt 4 V-os csövekben M-alakú katódra

volt szükség. A katódok rezgésszámának a hallhatóság határa fölé emeléséhez nem volt elégséges egy csillámbetét, ezekhez két csillámbetétet kellett alkalmazni. Azonban ez sem oldotta meg a problémát, és mint később kiderült azért nem, mert a rács szélessége nagyobb volt a megengedettnél és így hosszabbak voltak a rácshuzalok. A huzalok rezgéshajlama nagyobb lett és ez is okozott mikrofóniát. Ezért a 4 V-os csövekél a rácshuzalokat meg kellett osztani és emiatt a rácsba egy középgerincet is behegesztettünk. Ezzel a 4 V-os csövek problémáját is sikerült megoldani. Ilyen típusok voltak: LD410, LD408, HR410, HR406, HP4106.

Ezen az úton sikerült 10 éven keresztül mikrofónia tekintetében a világ legjobb elektroncsöveit gyártani. Ezáltal egyedül Angliában csőeladásunk több mint 500 000 darabbal nőtt. Az egyik antimikrofonikus csőtípusunk segítségével egyik külországban állami versenypályázaton három alkalommal sikerült egy Tungsramnál sokkal nagyobb csőgyárral szemben a csövek szállítására a megbízást elnyerni

A 30-as évek első felében az Orion kifejlesztett egy reflex szuper készüléket. A normál szuper készülék annakidején rendesen 4 csövet tartalmazott. Egy keverőcsövet, középfrekvenciás erősítőt, egy diódát tartalmazó kisfrekvenciás erősítőt és végül a végerősítőt.

Az Orion reflex szuper lényege az volt, hogy a középfrekvenciás cső egyszersmind alacsonyfrekvenciás erősítésre is szolgált. Az Orion be akarta bizonyítani, hogy az ő reflex szuper készüléke jobb, mint versenytársainak 4 csöves szuper készüléke.

A reflex szuper készülék csőösszeállítása a következő volt: a keverőcső ACH1 volt, a középfrekvenciás cső HP4106 nagyfrekvenciás pentóda. Ezután következett ABL1 jelű 2 diódát tartalmazó végerősítő pentóda. A készülék úgy működött, hogy a keverőcső vette az erősítendő jelet, a HP4106 a középfrekvenciára transzponált feszültséget tovább erősítette, utána következtek az ABL1 végpentóda diódái, ezek mint demodulátorok működtek. A demodulált kisfrekvenciás jeleket azonban nem vitték a végerősítő rácsára, hanem visszavezették a HP4106 középfrekvenciás csőre. Az erősítette ezeket kisfrekvenciásan tovább és csak ezután kerültek a hangfrekvenciás feszültségek a hangerősítő rácsára. Az 50 mW hangszóróteljesítmény eléréséhez a készülék bemenő kapcsaira jutó jelfeszültség bizonyos erősítésére volt szükség. Ezt az erősítést — mint láttuk — különböző fokozatok biztosították, azonban a kívánt erősítés a különböző fokozatok összes erősítésével érhető el.

Mikrofóniára főleg a demodulátorok és a kisfrekvenciás csövek kényesek.

Az Orion reflex szuper készülékben az 50 mW hangteljesítményhez szükséges erősítést főleg a kisfrekvenciás fokozat szolgáltatta. A szokványos mérés kielégítő adatokat mutatott érzékenység szempontjából. Azonban előnyösebb lett volta, ha a készülék erősítését nagyobb mértékben a nagy- és középfrekvenciás erősítő biztosítja, mint a kisfrekvenciás erősítő. Miután ez nem így történt, a következő jelenség adódott. Új állapotban a készülékek minden adatnak megfeleltek. Azonban 100 órás működés után majdnem minden készülék mikrofonikussá lett és visszaküldték. Az Orion ezért az Izzót tette felelőssé, hogy rossz csöveket szállított. Mi a felelősséget természetesen könnyen elháríthattuk volna, mert a HP4106 csövek minden rádiógyár készülékeiben megfeleltek, csak éppen az Orin reflex készülékében nem.

Mi nem a felelősség elhárításának útját választottuk, hanem megnéztük, hogyan tudunk ezen a problémán a magunk hatáskörében segíteni. Miután a csövek új állapotban nem voltak mikrofonikusak még a reflex szuper készülékben sem, tehát a készülékben kellett valaminek történni velük a használatba vétel után. A helyzetet megvizsgálva megállapítottuk, hogy a HP4106 csövek katódja 40 mm hosszú volt, ezek be voltak dugva két csillám megfelelő furatába. A furatok elég szűkek voltak és a katódok szorosan voltak megfogva zörgés elkerülése végett. A katódok hőmérséklete 850 °C volt. A 40 mm katódáknak ilyen hőmérsékleten elég nagy a hőtágulásuk és elég kicsiny a szilárdságuk. A szűk furatok a hőtágulást megakadályozták és így a katódok hosszabb használat után meggörbültek, mint ezt a felbontott katódákon megállapítottuk. A görbülés azért okozott mikrofóniát, mert a katód egyes részei közel jutottak a rácshoz, e helyeken megnőtt a meredekség és a rácshuzalok rezgése már mikrofóniát okozott. A megoldást a következőkben találtuk meg. Kiindulva a telepes csöveknél szerzett tapasztalatokból, a HP4106-nál is a csillámbetétek módszerét választottuk. Néhány rácsmenetet kivágva és arról a helyről a katódbevonatot is eltávolítva két csillámot szorítottunk a katód két oldalára és ezt megfelelő bilincsek segítségével felhegesztettük a cső elektródarendszerének két főtartójára.

Ezzel a megoldással a csövek tökéletesen antimikrofonikussá váltak, a reflex szuper készülékben sem jelentkeztek a cső élettartama folyamán mikrofónia jelenségek. Így megmentettük az Orion rádió szezonját — habár a reklamált hibának, mint említettem — nem az Egyesült Izzó rádiócsőgyártása volt az oka.

Karbonátkatódok

A fémgőzös báriumkatódoknak kitűnő emissziós tulajdonságaik voltak. Hátrányuk volt, hogy színük sötétebb volt, közel állott a fekete test színéhez. Emiatt termikus hatásfokuk rosszabb volt, mint a fehér pasztakatódoké. A működési hőmérsékletre való felmelegítéshez a fémgőzös katódoknál 5,5 W/cm², a pasztakatódoknál 1,8—2 W/cm² teljesítményre volt szükség. A jobb termikus hatásfokra való tekintettel célszerűnek látszott mind a közvetett, mind a közvetlen fűtésű katódoknál áttérni a karbonátkatódra. Mindenekelőtt azt kellett megállapítani, hogy milyen tényezők akadályozzák, hogy a pasztakatód emissziós állandói azonosak legyenek a fémgőzös katódok emissziós állandóival.

A fémgőzös eljárás tapasztalataiból kiindulva megállapították, hogy a földalkálioxidokat a klaszszikus oxidkatódoknál (Wehnelt-katód) is vákuumban kell előállítani, nem a fémből és oxigénből, hanem a megfelelő vegyületekből. A földalkáli-

karbonátokat nemcsak nem kell, de nem is szabad a csövön kívül oxiddá elbontani, mert ennél a munkameneti lépésnél keletkeznek azok a melléktermékek (főleg a magfémeknek, a levegő oxigénjének, a felszabaduló gázok kölcsönhatásának eredményeként), melyek a katódokat mérgezik, emissziójukat, élettartamukat rontják. A karbonátokból a szivattyúzás alatt történő izzítás alkalmával felszabaduló gázoktól nem kell félni, azokat a szivattyú elszívja. Nem bizonyult helyesnek H. ROTHE [1] azon állítása, hogy az oxidkatódok nem gáztalaníthatók teljesen. A karbonátkatódokat segítség és dokumentáció nélkül dolgoztuk ki, de nem mi fedeztük fel azokat. A karbonátkatódoknál magfémként nikkelt kezdtek alkalmazni olyan kis mennyiségű ötvözőkkel (szilícium, magnézium), amelyek a báriumoxidot fémmé tudják redukálni és így a karbonátokból keletkező oxidot aktívvá teszik.

A közvetlen fűtésű csöveket Európában a Tungsram gyártotta először karbonátkatódokkal (1932). A többi európai csőgyár csak 1935-ben tudott erre a katódtípusra áttérni. Az összes régi, a piac részéről még igényelt csőtípusainkat átalakítottuk karbonátkatódos kivitelre, minek folytán azok meredeksége és teljesítménye jelentősen megnőtt és így lényegesen jobbak lettek, mint versenytársaink megfelelő csőtípusai. Utánpótlás céljára a közönség főleg a nálunk gyártott csöveket vásárolta.

Nagyobb szilárdsága miatt közvetlen fűtésű katódoknál a wolfram jobb magfém, mint a nikkel. Hátrányai: könnyebb kémiai megtámadhatósága közbeeső rétegek keletkezése. Utóbbiak gátolják a földalkálioxidok fémmé redukálását és ezzel a katód kiaktiválódását. A problémák megoldásának különböző fázisait a [2, 3, 4] alatt idézett magyar és külföldi szabadalmak jelzik. Mindhárom szabadalom a wolframdrótnak az emissziós anyaggal történő hideg bevonását védi. A szabadalmakban főleg a [4] alatt idézettben leírt módszerrel nagyon jó wolframos oxikatódokat tudtunk előállítani. Ilyen katódokkal készültek a K-széria csövei, a KF3, KF4, KK2, KC1, KC3, KL4 stb. csőtípusok. Ezekkel a magyar iparnak nagy sikerei voltak. A svájci hadsereg hordozható adó-vevő készülékei ilyen csövekkel dolgoztak. A svájci hatóságok és egyéb svájci fogyasztók nagy minőségi igényességét tekintve ez a tény nagy jelentőséggel bírt és kihatással volt a nem hatósági jellegű csőeladásunkra is (1935—39).

A wolframmagfémes oxidkatódok fejlesztésének második fázisában a 8—11 mikron átmérőjű magdróttal bíró oxidkatódok kutatása fejeződött be (1939—1944). Ezek fűtőfeszültsége 1,25 V, fűtőárama 25—10 mA volt. Ezekre a csövekre azért volt szükség, hogy a csövek katódáinak izzítása egycellás száraz elemmel legyen ellátható. A csövek elektromos adatainak változatlanoknak kellett maradniok. A katódok felülete olyan kicsiny volt, hogy a cső működéséhez szükséges elektronáram a kielégítő élettartammal a katódból egyáltalában kivehető elektronáram nagyságrendjébe esett. A K-csövek részére kidolgozott katód ezeknél az ún. D-csöveknél már nem felelt meg. Ennél a feladatnál a problémák sokaságát kellett megoldani. Új bevonási módszerre volt szükség (elektroforézis), meg kellett javítani az emissziós réteg minőségét és megállapítottuk, hogy a wolframdrótok addig szokásos tisztítása és kezelése ezekhez a katódokhoz nem volt megfelelő. A kutatómunka felismeréseit a következő szabadalmak szövegei is tartalmazzák.

1. Az [5] alatt idézett szabadalom szerint a követelményeknek megfelelő katódok emissziós rétegét alkotó földalkálikarbonátokat nem szabad addig szokásos módon golyósmalomban őrölni a szükséges 2—3 mikron szemcsenagyság elérése céljából. A karbonátok előállítására szolgáló módszereket kellett úgy kialakítani, hogy a karbonátok a kataforézishez szükséges szemcsenagyságban keletkezzenek.

2. Az [5] alatt idézett szabadalom leírása tartalmazza azt a felismerést is, hogy hármaskarbonátok előállításánál helytelen munkamenet következtében különböző összetételű elegykristályok keletkezhetnek. Ezek elektroforetikus leválási készsége különböző és szuszpenzióból a drótra leváló réteg összetétele nem azonos szükségképpen a szuszpenzióban lebegő karbonátok összetételével. A réteg összetétele az elektroforézis időtartamával változik.

3. A [6] és [7] alatt idézett szabadalmak tartalmazzák azt a kísérletek közben kapott felismerést, hogy a húzott wolframdrót felülete a szokásos lúgos tisztítás után nem elég aktív. A drótok külső kérgének eltávolítása, lemarása szükséges ahhoz, hogy wolframon jó oxidkatódokat lehessen előállítani. A szabadalom három módszert javasol a drót lemarására (lúgos vörös vérlúgsóoldat, krómkénsavoldat 100 °C-on, elektrolitikus marás nátriumhidroxid oldatban). A szabadalom szerint a tisztított drótok jobb emissziós, gyorsabb aktiválódást és lényegesen jobb termikus hatásfokot eredményeztek (1,25 V—56 mA, 3,6 hideg-meleg ellenállásviszony helyett 1,25 V—47 mA—3,8—3,9 hideg-meleg ellenállásviszony). Az ismertetett módszerekkel a drótok átmérője 11,6 mikronról 8 mikronra volt csökkenthető és lehetséges volt jó emissziós adatokkal bíró 10—12 mA fűtőáramú csövek előállítása. Telepes csöveink már a fejlődésnek ebben a szakaszában a világ legjobb telepes csövei voltak. Köszönhető volt ez az emissziós réteg lényegesen megjavított minőségének és a drót felületi rétege lehántolásának. A D-csövek kidolgozására irányuló laboratóriumi munka 1939 szeptemberében kezdődött, a gyártás 1940 februárban már folyamatban volt.

4. A [8] alatt idézett szabadalom azt a további fontos felismerést tartalmazza, hogy a maximális emisszió eléréséhez, illetőleg a csúcsáramok stabilitásának biztosításához ajánlatos a földalkálikarbonátok készítése közben védőközeget alkalmazni. Megállapítottuk, hogy a karbonátszemcsék felületét nagyon tisztán kell tartani, illetőleg a felületen olyan anyagokat kell adszorbeáltatni, amelyekből izzítás során földalkálioxidok keletkeznek. A felület elszennyeződése a levegőből felvett idegen anyagok adszorpciója (főleg a világítógázból keletkezett kéndioxid adszorpciója), vagy a malomban történő őrlés folytán következhetik be. A karbonátok védőközeges készítésénél a mosás dekantálással történt, a megfelelő tisztaság elérése után a vizet a karbonátpasztából többszörös metanolos mosással szorítottuk ki és végül a metanol-nedves karbonátokat a kata-

forézis céljára szolgáló izobutilalkoholba vittük át. A karbonátok felületét készítés közben állandóan folyadékréteg védte. A szabadalomban leírt eljárás szerint készített szuszpenzióval gyártott katódok csúcsárama 1000 órás üzem után sem mutatott csökkenő tendenciát.

5. A 4. pontban ismertetett gondolatmenetet tovább mélyítettük. A karbonátszemcsék felületét még nagyobb mértékben kívántuk idegen anyagoktól mentesíteni és ezért a kicsapási módszert úgy választottuk, hogy viszonylag nagy szemcsék keletkezzenek. (Felület pro tömegegység kicsiny legyen). Ezeket a nagy szemcséket izobutilalkoholba szuszpendálva ultrahang őrléssel hoztuk az elektroforézishez szükséges szemcsenagyságra. A nagy szemcsék aprítása alkalmával sok friss szabad felület keletkezik, amelyek semmiféle felületen adszorbeált anyagot nem tartalmaznak. Az ultrahang őrlés tehát lehetővé tette, hogy tiszta szabad felületek keletkezzenek anélkül, hogy az anyag a szuszpendáló folyadékon kívül más idegen anyaggal érintkezésbe került volna. Az így kapott szuszpenziók mind kataforetikus bevonás, mind emissziós tulajdonságuk szempontjából kimagaslóan jók voltak [9].

6. Ezeknek a katódoknak a fejlesztésében az utolsó jelentős lépés egy speciális anyagösszetétel felfedezése volt. A száraz telepről fűtött csöveknél a telep feszültségének ingadozása következtében olyan csövek kívánatosak, amelyek 1,5—1,6 V fűtésnél jó élettartamúak, emissziós rétegük tehát kevéssé redukálódik és kevéssé párolog és 0,9 V fűtésnél még kielégítő elektromos adatokkal bírnak. A kitűzött célt egy 2 mól $BaCO_3$:1 mól $SrCO_3$:2 mól $CaCO_3$ összetételű emissziós anyaggal sikerült elérni [10].

Ennek és a korábbi öt pontban röviden vázolt felismeréseknek a segítségével a világ kimagaslóan legjobb telepes rádiócsöveit sikerült előállítani.

Ezt az állítást a legjobban az a tény igazolja, hogy sikerült az amerikai telepes rádiócső szériát a cső erősítésére jellemző adatok változatlanul tartása mellett a külföldieknél sokkal jobb minőségben, 50%-kal csökkentett fűtőteljesítménnyel gyártani. Ezekből a csövekből Magyarországról a második világháború után a hazai felhasználáson túlmenően évi több millió darabot exportált.

A fél fűtőáramú telepes csövek kidolgozásánál Glosics Tibor, Vámbéri Lőrinc és Vácz István voltak a munkatársaim.

IRODALOM

1. *Rothe H. Z. Z.* Physik 36, p. 737—758.
2. *Winter Ernő* (Egyesült Izzó) 118933 sz. magyar szab., 809518 francia szab., 477767 angol szab. (1935.)
3. *Winter Ernő* (E. Izzó) 126200 sz. magyar szab., 809960 sz. francia szab., 476835 sz. angol szab.
4. *Winter Ernő* (E. Izzó) 122130 sz. magyar szab., 204994 sz. svájci szab., 155688 sz. osztr. szab., 834157 sz. francia szab., 745742 sz. német szab., 66893 sz. csehszl. szab., 54021 sz. holland szab. stb. (1937.)
5. *Winter Ernő* (E. Izzó) 128306 sz. magyar szab., 103412 sz. svéd szab., 756624 sz. német szab., 61853 sz. dán szab., 228317 sz. svájci szab., 20185 sz. jugoszl. szab.
6. *Winter Ernő* (E. Izzó) 130991 sz. magyar szab., 69925 sz. holland szab., 179834 sz. osztr. szab., 394282 sz. olasz szab., 276130 sz. francia szab. stb. (1940).
7. *Winter Ernő, Gazda István* (E. Izzó) 142315 sz. magyar szab., 182795 sz. osztr. szab., 1082853 sz. francia szab. (1952.)
8. *Winter Ernő* (E. Izzó) 138148 sz. magyar szab., 262905 sz. svájci szab., 126391 sz. svéd szab., 941244 sz. francia szab., 670079 sz. angol szab. (1942.)
9. *Winter Ernő* (E. Izzó) 137489 sz. magyar szab.
10. *Winter Ernő, Glosios T., Tóbik János* (E. Izzó) 141309d sz. magyar szab., 1008217 sz. francia szab., 170821 sz. osztr. szab., 149487 sz. svéd szab., 281264 sz. svájci szab., 673433 sz. angol szab (1949.) Újítási jav. 1037 (1950.) Winter—Tóbik E. Izzó.
11. *Winter—Vámbéry:* Újítási jav. 2184 (1950). Egyesült Izzó.

L. M. Ericsson Híradástechnikai Szimpózium

Budapest, 1969, március 24-28.

A szimpóziumot a Magyar Posta és az érdekelt híradástechnikai vállalatok szorgalmazása nyomán a Híradástechnikai Tudományos Egyesület és Közlekedéstudományi Egyesület rendezte. A résztvevőknek az előadások mind magyar, mind idegennyelvű anyaga rendelkezésére állt. A szimpózium színhelye a Fővárosi Művelődési Ház (Bp., XI., Fehérvári út 47.) volt, összesen 20 előadás hangzott el, a résztvevők száma előadásoktól függően változott. A délelőtti előadásokat az egyes tárgyköröknek megfelelően összevont délutáni viták követték kisebb létszámú, de kitartóan érdeklődő hallgatósággal.

1. ábra. A szimpózium megnyitása. Balról jobbra: Zotter Ferenc, BHG műszaki igazgatóhelyettes, Sellő Dénes, BHG vezérigazgató, N. Kallermann, LME alelnöke, Gottesmann Róbert, Budavox tolmács

A megnyitót magyar részről *Sellő Dénes*, a BHG vezérigazgatója, az LME részéről *N. Kallermann*, a cég alelnöke tartotta. Az egyes napokon az elnöki tisztet *Zotter Ferenc*, a BHG helyettes műszaki igazgatója, *Vocelka Ferenc*, a TRT műszaki igazgatója, *Gazsi Nándor* posta műszaki igazgató, *dr. Kozma László*, a BME Vezetékes Híradástechnikai Tanszék vezetője és *Kas Oszkár*, a BHG műszaki igazgatója töltötte be. A szimpózium befejezéseként *Kas Oszkár* és *dr. Ch. Jacobaeus*, az LME műszaki igazgatója mondott zárszót.

Az Ericsson cég az előadókon kívül további műszaki szakemberekkel is képviseltette magát; a szimpózium keretében dokumentációs kiállítás is volt a cég gyártmányismertetőiből, folyóirataiból és egyéb tudományos-műszaki anyagaiból.

A bevezető előadásban *N. Kallermann:* Az L. M. Ericsson cég és tevékenysége címmel néhány jellemző számadatot közölt a mintegy 46 000 embert foglalkoztató, 60 vállalatot összefogó és kb. 90 országban érdekeltségekkel rendelkező cégről. Az LME más cégeknél jobban rászorul az állandó fejlesztésre és az aktív külkereskedelmi tevékenységre, mert Svédországban a Svéd Posta saját gyártó üzemei miatt termelésének csak kis hányadát tudja elhelyezni.

A legtöbb előadás a telefon **forgalom-elmélet, méretezés** tárgykörből hangzott el: *Y. Rapp:* Korszerű hálózattervezési módszerek, *A. Elldin:* A telefonforgalom-elméleti kutatás és a központ méretezés feladatai és irányvonalai, *A. Elldin:* Az L. M. Ericsson rendszerek gyakorlati méretezési szabályai, *E. Szybicki:* Összetett várakozásos rendszerek méretezése, *B. Wallström:* Keverést és csatolóutas rendszereket tartalmazó kerülőutas hálózatok optimálásának elmélete.

Ismertették a telefonhálózatok számítógépes tervezéséhez kidolgozott program szerkezetét, a módszer jelentős mértékben csökkenti a tervezési időt, lehetővé teszi különféle változatok megvizsgálását és a kerülőutas hálózatok pontos számítási módszerének alkalmazását. *Dr. Elldin* a telefonforgalom-elmélet és a gyakorlati munka szükségszerű, bár gyakran csak óhajtott szoros együttműködését hangsúlyozta. Megállapította, hogy a gyakorlatban tapasztalható telefonforgalom intenzitás változások miatt módosítani és pontosítani kell a szolgáltatási szinttel (megengedett veszteség, várakozási idők) kapcsolatos fogalmakat és előírásokat.

Az összetett várakozásos rendszerekhez kidolgozott eljárással a teljes várakozási idők, az ún. belső várakozások és a rendszer terhelhetősége (szűk keresztmetszet) állapítható meg.

A telefonközpont rendszerekkel kapcsolatban *K. Katzeff:* Az L. M. Ericsson telefonközpont rendszereinek általános bemutatása, *V. Ericsson:* Crossbar központok karbantartásának szervezése c. előadások hangzottak el.

Az előbbi a rendszerek tervezésének és illesztésének általános elveivel foglalkozott. Ezt követően az ARF, ARM és ARK — nagyvárosi, tranzit és falurendszerű — központok részletes ismertetésére került sor. Az LME az ún. ellenőrző javító karbantartást alkalmazza; a központokban akkor javítanak hibát, ha a rendszer még működőképes ugyan, de bizonyos hibajelzések száma meghalad egy megszabott értéket.

Átviteltechnikai rendszerekről *W. Schütze:* A multiplex technika alkalmazása városi területeken, *W. Schütze:* Új típusú vivőfrekvenciás zenecsatorna (M4-es változat) és Műsorelosztó berendezés, *W. Schütze:* Nagyfrekvenciás vonali berendezés kisátmérőjű koaxiális kábelhez, *P. A. Hallberg:* Helyközi telefonhálózatok korszerű vivőfrekvenciás rendszereinek karbantartása c. előadások voltak.

Az M4 konstrukció az Ericsson cég legújabban bevezetett átviteltechnikai berendezésekhez használt általános mechanikai szerkesztési módszere. A zenecsatorna vonalpróbáját a Stockholm—Malmő—Stockholm vonalon tartották. A kapcsolt vezetékes műsorelosztóban crossbar gépet használnak. A multiplex rendszerek tervezéséhez a már említett Rapp-féle számítógépes módszert is felhasználják. A karbantartási előadás szervezeti és módszer kérdéseket tár-

2. ábra. L. M. Ericsson crossbar nagyközpont

gyalt, ismertette az alkalmazott automatikus berendezéseket. A zenecsatorna, műsorelosztó berendezés és a vonali berendezés jellemzőinek részletes ismertetésére is sor került.

A megbízhatósági és klíma-vizsgálatokkal kapcsolatban három előadás hangzott el: *B. Olsbro:* Telefonközponti berendezések klimatikus, működési idő és megbízhatósági követelményei, *B. Lundkvist:* Telefonközpontbeli alkatrészek megbízhatósága, vizsgálati és kiértékelési módszerek, *B. Lundkvist:* Szikraoltó áramkörök elméleti tervezése és azok hatása a kapcsolóegységek működési idejére.

Az Ericsson cég a megbízhatósági és klimatikus követelményeket újszerű rugalmas formában fogalmazza meg. Ahhoz, hogy egy telefonközpont pl. 40 éven át megbízhatóan működjék, fokozatosan kevesebb időt tölthet a követelmények által megszabott állapotterek egyre tágabb (és ezáltal egyre szigorúbb) tartományaiban. A követelmények zsilipszerű három lépcsője a 40 éves, a nem több, mint 10 000 órás és a nem több, mint 1000 órás megengedett időtartamnak felel meg. Gyakorlati tapasztalatok szerint a valóságos megbízhatósági adatok közel egy nagyságrenddel rosszabbak a laboratóriumi eredményeknél. A tapasztalat szerint a megbízható berendezések előállításához az áramköri és alkatrész tervezés, a gyártás, a vizsgálatok és az eredmények kiértékelésének szoros és nemcsak hangoztatott egysége szükséges. A szikraoltási módszerek műszaki elemzésén túl részletes gazdaságossági összehasonlításra is sor került.

Az adatátvitel a cég tevékenységének viszonylag új ága. A Stockholm körzetében tervezett adatközlő rendszer rövidesen elkészül. A cég gyártja a helyi és területi koncentrátorokat és a kommunikációs számítógépet. A hibajavító berendezés egyik oldalán a CCITT, a másik oldalán a CEI interface-hez csatlakozik. E témakörben elhangzott előadások: *P. Granholm:* Adatközlő rendszer bankok számára, *H. Widl:* ZAZ 013 típusú hibajavító berendezés.

A telexről E. Strindlund: Korszerű telex rendszerek c. előadásban a telex és telefonforgalom eltérő sajátosságait, az újtipusú távíró jelfogót, valamint a cég telex központjait, működésüket és a szállított központok elhelyezkedését ismertette.

E. Pilger: A szárazföldi mozgó rádiószolgálat fejlődése c. előadásában az előadó Svédország helyzetével szemléltette a mozgó rádiószolgálat általános problémáit. A fejlődésben gyökeres fordulatot a gazdasági előnyök szemmellátható jelentkezése hozott, aminek következtében a felhasználók döntő többsége ma már az ipari és szállítási vállalatok sorából kerül ki.

A szimpózium utolsó előadásában az Ericsson-cég műszaki igazgatója, *Ch. Jacobaeus:* A fejlődés irányvonalai a híradástechnikában címen a jelenlegi helyzet alapos felvázolásán túl arra törekedett, hogy a fejlődést meghatározó tényezők bonyolult egymásra hatását érzékeltesse. A tárolt program vezérléssel mind a telefontechnika saját területén, mind az egyesített (integrált) hálózat szempontjából új korszak kezdődött, noha az ilyen központok elterjedését a már meglevő és növekvő hálózat egyre növekvő

3. ábra. Dr. Ch. Jacobaeus, LME műszaki igazgató előadás közben, jobbra Horváth Imre, okl. villamosmérnök, az előadás tolmácsa

gazdasági értéke mindjobban megnehezíti. A híradástechnika egész területén nagymértékben növekszik az elméleti kutatások és ezen belül a matematika szerepe.

Gosztony Géza

HEGYESI LAJOS
Posta Központi Távíró Hivatal

A Magyar Posta szerepe és tervei az adatátvitel bevezetésében

ETO 654.1.07(439):621.395.38:681.327.8

Társadalmi és gazdasági életünk fejlődése mind nagyobb mennyiségű információ kicserélését teszi szükségessé a társadalom tagjai, csoportjai, szervezeti és gazdasági egységei között. Az információáramlás növekedése a távközlési hálózatokban azonban nemcsak egyszerű mennyiségi fejlődésben jelentkezik, hanem lényeges minőségi változások is fellépnek. Korábban a távközlési hálózat kizárólag az embertől emberig folyó információáramlást szolgálta. Ezzel került kapcsolatba a távközlést igénybevevő, két egymástól távol levő fél. Minőségileg új igénnyel jelentkezett azonban a számítógépek információs rendszere. Az információ, amelyet a távközlési eszközöknek kell egyik helyről a másikra továbbítaniok, most nem közvetlenül kerülnek felhasználásra, hanem a gép előbb feldolgozza azokat. Az információtovábbításnak ezt a formáját, amikor ember-gép vagy gép-gép viszonylatú átvitelt kell biztosítani, nevezzük adatátvitelnek.

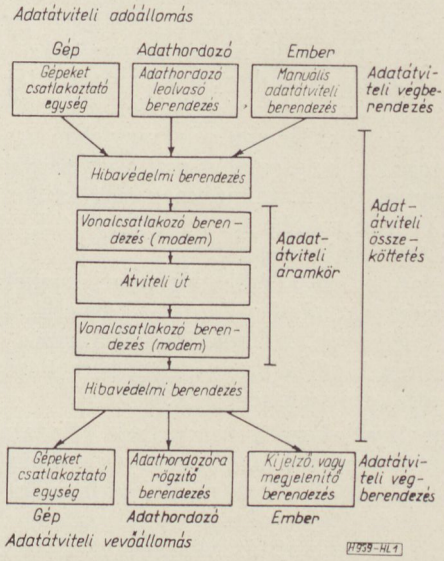
Az adatátvitelben adatnak nevezzük azt a kevés redundanciát tartalmazó információt, amelyet — általában előre meghatározott program szerint — gépi úton dolgoznak fel. Adatátvitel az adatoknak távközlési eszközökkel történő továbbítása, ha arra különleges, adatátviteli eszközöket alkalmazunk, vagy ha a szokványos távközlési eszközökkel továbbított adatokat részben vagy egészen kódoljuk vagy úgy rendezzük formailag, hogy az így nyert elrendezés már bizonyos védelmet nyújt a fellépő hibákkal szemben. Nem kell azonban adatátvitelnek tekinteni a formai védettséget is nélkülöző információtovábbítást a szokványos távközlési eszközökkel, mert ennek nincsenek meg az adatátvitel megbízhatósági, gyorsasági és védettségi jellemzői.

Az adatátvitel határterület az adatfeldolgozás és távközlés között. Megvalósítási eszközeit tekintve ugyanis távközlési rendszer, ugyanakkor mindig valamely adatfeldolgozási rendszer része. Éppen ezért ott, ahol az adatfeldolgozás és adatátvitel szerves egészet alkot már többről van szó, mint puszta adatfeldolgozásról, egy olyan komplex egészről, amelyet helyesebb távadatfeldolgozásnak nevezni.

Összefoglalva: az adatátvitel az ember—gép és gép—gép információkapcsolat eszköze, felhasználása elsősorban az adatfeldolgozásban, megvalósítási eszközei elsősorban a távközlésben jelennek meg, beépítése az információs rendszerekbe azok automatizálását teszi lehetővé.

Az adatátvitel felépítése és eszközei

Az adatátvitel általános felépítését mutatja az 1. ábra, jelképezi az ember—gép és gép—gép információs kapcsolat sokrétűségét. Az adatáramlás adatátviteli bemeneti pontja az adatátviteli adóállomás. Az adóállomáson az adatok közvetlenül feldolgozó gépről, valamely érzékelő szervről (mérőfej, analóg-digitális átalakító jele) vagy más gépről elektromos jelek alakjában kerülnek átvitelre. A gépi eszközök közvetlen villamos csatlakozását az adatátviteli berendezésekhez on-line üzemnek nevezzük, kiterjesztve ezt az értelmezést nemcsak számítógépek közvetlen csatlakozására, hanem minden „gépi bemenetre", amely elektromos jelekkel csatlakozik.



1. ábra. Az adatátvitel felépítése

Az adatátviteli adóállomás másik fontos bemeneti eszköze az adathordozó. Az adathordozón rögzített adatokat érzékelő, leolvasó berendezések alakítják átvitelre alkalmas elektromos jelekké. Ebben az értelemben tehát az adatátviteli végállomáson alkalmazott periferikus berendezések is adatátviteli berendezések, minősítésüknek, előírásaiknak adatátviteli előírásoknak kell lenniük. Nem tartozik viszont az adatátvitel körébe az adatok előkészítése, adathordozóra vitele, átvitel előtti rendezése és ellenőrzése. Már itt gondoskodni kell azonban arról az integrált védelmi módszerről, amit a teljes információs rendszer a fellépő hibák kiküszöbölésére megkíván. Az adatátvitelben is fellépnek hibák és ezek kiküszöbölése csak részben lehetséges adatátviteli eszközökkel, éppen ezért a rendszer követelményeinek megfelelő védelmet ki kell terjeszteni az egész információs folyamatra, amelyben az adatátvitel csak egy láncszem.

Az adatfeldolgozásban alkalmazott valamennyi adathordozót el kell fogadnia az adatátvitelnek is. Technikai megvalósítási és gazdasági okokból azonban ma még nem terjednek el olyan megoldások, ame-

Beérkezett: 1968. XII. 6.

lyek a legszélesebb körben alkalmazott adathordozót, a kézzel kitöltött bizonylatot használják adatátviteli bemeneti hordozóként. Leginkább elterjedt a lyukszalagok alkalmazása. Ezek adatátviteli felhasználását különösen az indokolta, hogy a távíró-technikában már adatfeldolgozási alkalmazások előtt is használták, és az itt alkalmazott módszereket egyszerű módon lehetett az adatátvitelben is bevezetni. A gépi adatfeldolgozásban széles körben elterjedt lyukkártyát alkalmazzák az adatátvitelben, bár legtöbbször csak szalag/kártya konverterek közbeiktatásával. Géppel olvasható formában rögzített adatokat hordoz a mágnesszalag és a mágneses adattárolás sok más formája. Ezek adatátviteli elterjedését csak gazdasági okok korlátozzák.

Nem kevésbé fontosak az adatátviteli állomás azon eszközei, amelyek közvetlenül emberi információbeadást tesznek lehetővé. Az ember—gép kapcsolatnak ez a megvalósítása általában alkalmazkodik az ember információképzési és adatelőállítási képességéhez és sebességéhez, de ugyanakkor figyelembe veszi a gépi eszközök követelményeit. Legáltalánosabb formában az embert a billentyűzettel ellátott elektromos írógépek és távgépíró-berendezések elégítik ki, speciális igényeknek megfelelő irodagépek (különleges légi helyfoglalási periferikus egységek, online könyvelőgépek, takarékpénztári és banki pénztárgépek) igen sokféle formában nyertek közvetlen adatátviteli alkalmazást.

Az adatátviteli adóállomás adatbemenetei tehát gépi bemenetek, adathordozók és közvetlen bemeneti egységek lehetnek. Az adatátviteli állomás berendezései ezeken kívül a hibavédelmi berendezések és a vonalcsatlakozó berendezések.

A vonalcsatlakozó berendezések feladata az átviendő elektromos jeleket (amelyek többnyire digitálisak) az átviteli útnak megfelelő formára átalakítani. Az átalakítást az átviteli út illesztésének nevezzük. Ha az átviteli út távíró-áramkör, akkor a vonalcsatlakozó berendezés egyenáramú szerelvényekből és váltakozó áramú távíró-berendezésekből áll. Ezeket az eszközöket a távközlési szervek biztosítják. A csatlakozó berendezések nagyobb része modulátort és demodulátort tartalmazó, ún. MODEM-berendezés, ezeket távbeszélő áramkörök vagy még szélesebb sávú csatornák adatátviteli alkalmazásakor kell az adatállomáson felhasználni. A modem-berendezés az adatokat hordozó elektromos impulzusokat az átviteli útnak megfelelő frekvencisavába és megfelelő (zajérzéketlen) jelalakra alakítja.

A hibavédelmi berendezések feladata az átvitel során az adatátviteltől megkívánt pontosság biztosítása, valamint az, hogy az adatátviteli állomás rendeltetésének megfelelő gépi eszköz, emberi adatbeviteli eszköz és adathordozó az adatbevitelre csatlakoztatható legyen.

Az adatátviteli vevőállomás berendezései az adóállomási berendezésekhez teljesen analóg módon vannak kialakítva. Az átviteli útról érkező, információt hordozó jeleket a vonalcsatlakozó-berendezések alakítják digitális adatjelekké. Ezeket az adatjeleket a hibavédelmi berendezés ellenőrzi, a kimeneti eszközöknek megfelelő sebességre és kódra alakítja. A vevőoldali hibavédelmi egység szoros (távközlési) együttműködésben az adóoldali hibavédelmi berendezéssel biztosítja a hibátlan jelátvitelt, a helytelen adatok többé-kevésbé automatikus kijavítását és így azt, hogy a vevőállomás gépi vagy emberi kimeneti eszközein vagy az adathordozón csak az adásnak megfelelő adatok kerüljenek kijelzésre, rögzítésre.

Az adatátviteli vevőállomás kimenetének gépi fogadóeleme a számítógépen vagy hasonló adatfeldolgozó berendezésen kívül lehet bármely olyan gépi eszköz, amely a kapott adatoknak megfelelően működik, illetve azok alapján beállítást eszközöl (távirányítás, vezérlés, szabályozás). A kimeneti adathordozók általában azonosak a bemeneti adathordozókkal. Tipikusan kimeneti adathordozó a nyomtató berendezés papírja. Ezt azonban már emberi felhasználású kimeneti eszköznek kell tekinteni éppúgy, ahogy a gép—ember viszonylatú információközlés igen sokféle elemét a diszpécser rendszerek kijelző tábláitól a képcsöves megjelenítőig. Ez utóbbi betűk és más karakterek egyszeri felhasználású gyors kijelzésével egyre terjedő eszköze az adatátvitelt alkalmazó rendszereknek.

Az adatátvitel felépítésének áttekintése után vizsgáljuk meg röviden a számítógépek mennyiségi és minőségi fejlődése során a hírközlésben, illetve az adatátvitelben bekövetkező változásokat, amelyek remélhetőleg a hazai számítógéppark racionálisabb kihasználását teszik lehetővé.

Az 1951—61 közötti évtizedben a számológépek alkalmazása egyre jobban elterjedt. A számítógépes ipar fejlődését vizsgálva azt találjuk, hogy az gyorsabb volt, mint a hozzá szorosan kapcsolódó adatátvitel fejlődése.

A számítógépek jelenlegi felhasználását illetően az alábbi fejlődési jellemzők mutathatók ki:

— A jelenlegi legnagyobb elektronikus számológépek elérik az 1—2 millió utasítás/s működési sebességet, amellyel egyidejűleg az integrált áramkörök alkalmazása következtében a méretek és árak folyamatosan csökkennek. Ez a változás magával hozza annak lehetőségét, hogy egyetlen számolóközpontban elhelyezett gépeket függetlenül, egyidejűleg több felhasználó is igénybevegyen.

— A fentieken túlmenően egyre nagyobb mértékben terjed a számológépek által feldolgozandó adatoknak adatátviteli hálózatok (telex, de főként távbeszélő vonalak) útján történő továbbítása és feldolgozása (ún. teleprocessing rendszer). Számos országban, így hazánkban is a Posta ezt mint rendszeres szolgáltatást nyújtja.

A fenti két hatás eredményeként egy integrációs jellegű folyamat indulhat meg, amelynek lényege, hogy egyetlen nagyteljesítményű számológéphez a postai hálózaton keresztül sok felhasználó csatlakozhat, akik a központban elhelyezett számológépet a ténylegesen igénybe vett gépidővel arányos térítés ellenében, egymástól függetlenül egyidejűleg vehetik igénybe. Rendszertechnikailag ez azt jelenti, hogy a számítógép-központban helyezkedik el a rendszer legkomplikáltabb része, míg a közvetlen felhasználóknál egyszerű perifériák, pl. távgépírók vannak el-

helyezve, amelyeket a telex-, illetve távbeszélő-hálózat köt össze a számológéppel.

E rendszer pszichológiai előnye, hogy minden felhasználónak az a benyomása, mintha a számológép egyedül őt szolgálná ki.

Az előzőekben felvázolt koncepció az iparilag fejlett országokban, így a Szovjetunióban, Egyesült Államokban, Angliában, Franciaországban, az NSZK-ban most kezd kikristályosodni. A folyamatot gyorsítani látszik a negyedik számológép generáció, amelyhez tartozó gépeken egyidejűleg több program is futtatható.

Feltehetően nagy számban lesznek olyan felhasználók, akiknél nem érdemes önnálló számológépparkot létesíteni, hanem elegendő kihelyezett kezelőasztalokat alkalmazni. Elképzelhető továbbá az is, hogy egy felhasználónál időnként olyan feladatok jelentkeznek, amelyek túllépik a rendelkezésre álló adatfeldolgozó kapacitást. Ezekben az esetekben az adatok egy részét időnként nagyobb kapacitású gépeken kell futtatni.

Azt mondhatjuk tehát, hogy az adatátvitel egy adatfeldolgozó rendszer egymástól elválasztott részeit működésszerűen köti össze egymással.

A külföldi tapasztalatok, a nemzetközi szervezetek véleménye, valamint hazai tanulmányok alapján a Magyar Posta is bevezette az adatátviteli szolgáltatást. Az adatátvitelre vonatkozó konkrét igény ma ugyan nagyon kevés, ami azzal magyarázható, hogy az adatfeldolgozó szervek még sokkal kevésbé ismerték fel az adatátvitel bevezetésében rejlő előnyöket, mint a szolgáltatást realizáló távközlési szakemberek.

A Posta igyekszik megtenni a szükséges intézkedést az adatátvitel bevezetése érdekében egyrészt azért, mert az új szolgáltatás bevezetése és kidolgozása természetszerűen lassú folyamat, másrészt azért, mert a fejlődés irányát látva az igények elé kíván menni és az adatátvitel lehetőségét felajánlja az adatfeldolgozó szerveknek, meggyorsítva azok fejlődését.

A szolgáltatás rendszere

A Posta adatátviteli szolgáltatási rendszerének alapvető sajátossága, hogy az igények kielégítése érdekében nem hoz létre új hálózatot, hanem meglevő távíró- és távbeszélő-hálózatát teszi alkalmassá az új igények kielégítésére.

A bevezetett szolgáltatásokat — amennyiben műszaki akadály nem forog fenn — bárki igénybe veheti, így az egységesség döntő fontosságú. Ennek ellenére a szolgáltatás viszonylag sok formája van tervbe véve részben azért, mert sokféle igény várható, részben azért, mert ma még több területen nem lehet eldönteni, hogy milyen mértékű igény fog jelentkezni.

A részletesebb felsorolás feltehetően elő fogja segíteni az igények benyújtását és ezáltal a szolgálat későbbi rendszerezését. A Postának — tájékoztató szervezete révén — az igényeket az egységesség és a kielégíthetőség irányába kell terelnie.

A szolgálat jellege elvileg kétféle lehet:

— Előfizetői szolgálat, azaz a Posta vonalakat ad bérbe az előfizetőnek, de a készülék kezelését az előfizető végzi. Ez a szolgáltatás jellegében hasonlít a távbeszélő- és telex-szolgálathoz.

— Nyilvános adatátviteli szolgálat, azaz a posta — hasonlóan a nyilvános hálózathoz — a híranyagot meghatározott körülmények között a feladótól átveszi, és a címzettnek kézbesíti.

Előfizetői adatátviteli (Datel) szolgálat

A szolgálat egységes elnevezése a Datel szolgálat tekintettel arra, hogy ez az elnevezés a szakirodalomban már eléggé elterjedt, és a szóképzés rendszere teljesen megegyezik a már régebben bevezetett telex és gentex szavakkal.

A Datel szolgálatot a postáról és távközlésről szóló 1964. évi II. törvény alapján a Magyar Posta nyújtja az igénylő előfizetőknek. A szolgáltatás általános jellemzői a következők:

a) A szolgálatba kapcsolt állomások közötti összeköttetést a Posta az egységes országos távközlési hálózaton biztosítja.

b) Átviteli útként igénybe vehetők:
— a nyilvános távbeszélő- és távíró- (telex-) hálózat,
— bérelt távbeszélő- és távíró-áramkörök,
— távbeszélő sávnál szélesebb sávú áramkörök.

c) Az állomás létesítését (szerelését) a Posta végzi vagy legalábbis ellenőrzi. A Posta az összeköttetések minőségéért általában felelősséget nem vállal.

d) Az adatátviteli állomásokon csak postai tulajdonú vagy a Posta által elfogadott, illetve rendszeresített előfizetői tulajdonú berendezések használhatók.

e) Az állomás használatáért járó díjak a következők:
— alapdíj,
— a postai tulajdonú készülékek bérleti díja,
— karbantatási díj,
— vonalhasználati díj,
— a különleges szolgáltatások díja.

A Datel szolgálatot öt főosztályba soroljuk, amelyek közül a Datel-100 szolgálat a digitális jellegű távíróhálózaton, míg a többi az analóg jellegű távbeszélőcsatornákon alapul. A részletes felosztást az 1. táblázat mutatja.

Az előfizetői Datel szolgálat felosztása

Az előfizetői Datel szolgálat öt főosztályát számozással jelöljük, és az alábbiak szerint különböztetjük meg:

Datel-100 szolgálat: mindenfajta távíróvonal adatátviteli felhasználása. A Magyar Posta a szolgáltatás igénybevevőjének digitális vonalat biztosít. Ezen szolgálat keretébe tartozik a telex-hálózaton lebonyolított adatátvitel és az önálló, 200 Baud-nál nem nagyobb sebességű előfizetői adatátviteli szolgáltatás is, amely digitális összeköttetések rendszereként kerül megvalósításra.

Datel-200 szolgálat: minden olyan távbeszélő-áramkörön lebonyolított adatátvitel, amelynek sebessége egyik átviteli irányban sem haladja meg a 200 Baudot, és ahol egy irányban legfeljebb egy modulált vivőfrekvencián történik a jel vagy jelzés átvitele

Az előfizetői Datel szolgálat felosztása — *1. táblázat*

A szolgálat osztálya	A vonal jellege	Modulációs sebesség	Információs teljesítmény	Az átvitel módja	Szolgálat	Vonal	Üzemmód	Kapcsolat	Modulációs sebesség	Sávszélesség	Felhasználás	Megjegyzés
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
DATEL-100	távíró	50—200 B	6—20 betű/sec	bináris	DATEL-110	telex	fd	közvetett	50 B		telemechanika	központos hálózat
					DATEL-120	telex	fd	közvetlen	50 B			
					DATEL-130	bérelt	fd, d	közvetett	50, 100, 200 B			
					DATEL-140	bérelt	fd, d	közvetlen	50, 100, 200 B			
					DATEL-150	detex	d	—	200 B			
					DATEL-190	bérelt	fd, d	—	≤200 B			
DATEL-200	távbeszélő	200 B	20—30 betű/sec	bináris	DATEL-210	nyilvános	d	közvetett	≤200 B		telemechanika	
					DATEL-220	nyilvános	d	közvetlen	≤200 B			
					DATEL-230	bérelt	d	közvetett	≤200 B			
					DATEL-240	bérelt	d	közvetlen	≤200 B			
					DATEL-290	bérelt	d	—	≤200 B			
DATEL-300	távbeszélő	—	20—50 betű/sec	digitális	DATEL-310	nyilvános	s	közvetett			telemechanika	
					DATEL-320	nyilvános	s	közvetlen				
					DATEL-330	bérelt	s	közvetett				
					DATEL-340	bérelt	s	közvetlen				
					DATEL-390	bérelt	s, fd, d	—				
DATEL-600	távbeszélő	600—4800 bit/sec	50—100 betű/sec	bináris	DATEL-610	nyilvános	s, fd	közvetett	≤1200 B		telemechanika	
					DATEL-620	nyilvános	s, fd	közvetlen	≤1200 B			
					DATEL-630	bérelt	s, fd, d	közvetett	≤4800 bps			
					DATEL-640	bérelt	s, fd, d	közvetlen	≤4800 bps			
					DATEL-690	bérelt	s, fd, d	—	≤4800 bps			
DATEL-900	szélessávú	—	—	digitális	DATEL-910	bérelt				12 kHz	telemechanika	előcsoport
					DATEL-920	bérelt				48 kHz		csoport
					DATEL-930	bérelt				240 kHz		főcsoport
					DATEL-940	bérelt				1,2 MHz		mestercsoport
					DATEL-950	bérelt				4 MHz		főmestercsoport
					DATEL-960	bérelt				12 MHz		speciális digitális csatorna
					DATEL-980	bérelt						
					DATEL-990	bérelt						

Megjegyzések: A 8. oszlophoz: s: szimplex információátvitel fd: félduplex információátvitel d: duplex információátvitel
A 9. oszlophoz: közvetett: off-line, közvetlen: on-line
Az 5. oszlophoz: bináris: a vonal csak két állapot átvitelére alkalmas digitális: a vonal kettőnél több állapot átvitelére alkalmas

(soros bit-soros betű rendszerben). A szolgálat keretében az igénybe vevő a Magyar Postától távbeszélő típusú áramkört kap.

Datel-300 szolgálat: minden olyan távbeszélő-áramkörön lebonyolított adatátvitel, amelyben egy időben és egy irányban több mint egy modulált vivőfrekvencián történik a jel vagy jelzés átvitele (parallel bit-soros betű rendszerben). A szolgálat keretében az igénybe vevő a Magyar Postától távbeszélő típusú áramkört kap.

Datel-600 szolgálat: minden olyan távbeszélő-áramkörön lebonyolított adatátvitel, amelynek sebessége legalább az egyik átviteli irányban meghaladja a 200 Baud értéket, és egy irányban legfeljebb egy modulált vivőfrekvencián történik a jel vagy jelzés átvitele (soros bit-soros betű rendszerben). A szolgálat keretében az igénybe vevő a Magyar Postától távbeszélő áramkört kap.

Datel-900 szolgálat: minden olyan adatátvitelt egybefogó szolgálat, amely a normális távbeszélő áramkörénél szélesebb frekvenciasávot elfoglaló csatornával valósul meg. A szolgálatba csak bérelt áramkörök tartoznak, de ezen belül nem tartalmaz felosztást a felhasználás célja és módja szerint.

A felsorolt szolgáltatások közül több máris az igénylők rendelkezésére áll. Így a Datel-100 szolgálat egyes formái, kivéve a Datel-150 jelzésűt. Ez a szolgálat egy új távíró-típusú előfizetői hálózaton alapszik, amelynek létrehozása néhány év múlva várható. Az új hálózat legfőbb jellemzője a maximálisan 200 Baud sebességen belül a sebesség- és kódfüggetlenség, így e hálózathoz bármilyen irodagép vagy automatika csatlakoztatható lesz. Mivel a hálózat tervezése és létrehozása az adatátvitel minőségi követelményeinek szem előtt tartásával történik, a hálózat hibaaránya 10^{-5}-nél jobbra várható, így sok alkalmazásban nem fog hibavédelmet igényelni. A Datel-200 szolgálat is biztosítható már ma is, bár a csatornakapacitás rossz kihasználása miatt az átviteli költségek viszonylag nagyok.

A Datel-300 szolgálat tipikus adatbegyűjtő és szétosztó rendszer, amelyet a különböző felépítésű adó- és vevőkészülékek jellemeznek.

A Datel-630 szolgálat 600 Baud-os sebességgel mindenütt, legtöbb irányban 1200 Baud-ig már ma is igénybe vehető. A Datel-610 szolgálat igénybevételének korlátja a jelenleg még zömmel kézikapcsolású helyközi távbeszélő-hálózat.

Amennyiben komolyabb igény jelentkezik a területen, a Posta a távválasztás országos bevezetéséig átmeneti intézkedésekkel fogja biztosítani a szolgáltatást.

A Datel-900 szolgálatra előreláthatólag a számítógépek közötti összeköttetések létesítésénél lesz szükség. Az ilyen jellegű összeköttetések berendezései ma még világszerte egyedi tervezés alapján készült célkészülékek.

Több olyan téves elképzelés van a köztudatban, hogy egyrészt a Posta vonalai alkalmatlanok telemechanikai információk átvitelére, másrészt adminisztratív nehézségek miatt nem lehet e célra a Posta hálózatát alkalmazni. E témában alapelvként le lehet szögezni, hogy a Posta feladata bármely természetű információ átvitelének biztosítása, és az igények kielégítése érdekében a megfelelő műszaki lehetőségek feltárása.

Nyilvános adatátviteli szolgálat

Az előfizetői adatátviteli szolgálatnak van néhány olyan kedvezőtlen tulajdonsága, amely nehezíti a szolgáltatás elterjedését. Hazai körülmények között ezekből a következőket lehet felsorolni:

— az adatátviteli berendezések hazai gyártásának hiánya,
— a berendezések, különösen a távbeszélővonalakon alkalmazott berendezések magas ára,
— a berendezések viszonylag rossz kihasználása, amely a külföldi tapasztalatok alapján egy-egy állomáson napi 1—2 órára várható,
— a gépi kapcsolású országos távbeszélő-hálózat hiánya,
— a bérelt távbeszélővonalak viszonylag magas költsége.

A felsorolt nehézségeken lényegesen enyhítene a nyilvános adatátviteli szolgálat bevezetése. Ezen szolgálat keretében a Posta — meghatározott, kezdetben kis számú postahivatalban — feladásra elfogadna megfelelően szabványosított adathordozókat (elsősorban lyukszalagot). A Posta megfelelő minőségi (hibaarány) és kézbesítési idő vállalásával a címzettnek a feladott formában kézbesítené az adathordozókat.

A nyilvános adatátviteli szolgálatnak első lépésben a megyeszékhelyekig kellene terjednie. Ebben a hálózatban az adatok várható mennyiségét figyelembe véve már kezdetben is távbeszélő sebességű (1200 Baud) adatátviteli berendezéseket kellene alkalmazni. Ezen hálózat tapasztalatai alapján lehetne megfontolni a hálózat további kiterjesztését a járási székhelyekig. Ebben a második fokozatban esetleg a távíró sebességű adatátvitel is megfelelő lesz.

A hálózat tervezésekor kell már meghatározni a szabványos adathordozó közegeket. Jelen körülmények között csak a lyukszalagos átvitel látszik szabványosíthatónak, de ennek összes formája (5—6—7—8 lyuksorral). A későbbiek folyamán kellene megvizsgálni, hogy esetleg lyukkártyák továbbítását is vállalná a Posta, bár ez utóbbi sokkal több kezelési problémát vet fel (pl. kártyaelvesztést).

A nyilvános adatátviteli szolgálat bevezetése a nagy beruházási költségek miatt csak megfelő mennyiségű igény vagy népgazdasági elhatározás alapján lehetséges.

A Posta egyéb elképzelései

A berendezések tulajdonjogi kérdései

Mint már korábban is említettük, a Posta a meglevő távíró- és távbeszélő-hálózati szolgáltatások körét bővíti az adatátvitellel, így általában csak az adatátviteli berendezések bekapcsolhatóságát biztosítja. A berendezések beszerzését jelenleg az előfizetőknek kell vállalniok.

A távközlési hálózat egységének biztosítása — amely a Postának a távközlési törvényből folyó kötelezettsége — az előfizetői tulajdonú berendezések esetében a postai bekapcsolási engedélyeken keresztül történik. A Posta akkor ad bekapcsolhatósági engedélyt, ha a berendezések vizsgálata megtörtént, és az eredmény kielégítő. A vizsgálatot akár az alkalmazó, akár a gyártó cég kérheti, és az vonatkozhat egyedi berendezésekre és egyes típusokra is.

A vizsgálat alapján a berendezés „elfogadott" vagy „rendszeresített" lehet. A berendezések elfogadása céljából a Posta csak azt vizsgálja, hogy a berendezések alkalmazása a már meglevő szolgáltatásokat nem zavarja-e, és a távközlési szolgálatra vagy a kezelőre nem veszélyes-e (erősáramú védelem). A rendszeresített berendezések alaposabb alkalmassági vizsgálaton is keresztülmennek. Alkalmazási körük szélesebb (pl. a kapcsolt hálózatokon is alkalmazhatók), és a Posta általában vállalja karbantartásukat.

Az adatátviteli berendezések karbantartása

A postai karbantartás a postai tulajdonú berendezésekre — az eddigi gyakorlat alapján — kötelező lesz. Az előfizetői tulajdonú berendezések karbantartási rendszerénél még meg kell keresni a népgazdaságilag legmegfelelőbb formát.

Nyilvánvaló, hogy egy számítóközpontban, amely adatátvitelt is alkalmaz, az adatátviteli perifériák karbantartását a számítógép-karbantartók végezhetik a leggazdaságosabban, hiszen a berendezések sokszor azonosak a számítógép-perifériákkal.

A külső pontokon (pl. adatbeadó állomáson) az adatfeldolgozó szervezet nem mindig biztosít műszaki felügyeletet, ilyen helyeken célszerűnek látszik a postai karbantartás megszervezése. Az egyedi berendezések karbantartását a posta előreláthatólag nem vállalja.

Az adatátvitel várható költségei

Az adatátvitel postai tarifájának kidolgozása folyamatban van. A díjak megállapításakor a következő alapelvekből indulunk ki:

— Mivel az adatátvitel alkalmazása a meglevő távíró- és távbeszélő-hálózaton történik, az adatátviteli szolgáltatások tehát csak kiegészítik a már nyújtott szolgáltatásokat.

— Az újabb szolgáltatások közül csak azokért számítunk külön díjat, amelyek újabb postai ráfordítás következtében jönnek létre.

— Azon szolgáltatások, amelyeket az előfizető mint távbeszélő-, illetve távíróelőfizető is igénybe vehet, és azokra kidolgozott díjtételek vannak, továbbra is a távíró-, illetve a távbeszélő-díjszabás szerint díjazandók.

— Az újonnan bevezetett szolgáltatások díjmegállapításának alapja a tényleges postai ráfordítás.

A fentiek alapján a hozzávetőleges költségszámítások elvégezhetők, mivel a vonalhasználati (beszélgetési, levelezési, bérleti) díjak a távíró- és távbeszélő-díjszabásból megállapíthatók.

A hálózat várható minősége

A hírközlési csatornákat általában a frekvenciafüggő amplitúdó- és fáziskarakterisztikák, a zajok és rövididejű megszakadások jellemzik. Adatátviteli szempontból mindezen jellemzők a modulációs és demodulációs módszerekkel és áramköri megoldásokkal együttesen határozzák meg az átviteli út hibaarányát.

Az adatátviteli hibaarány a távbeszélőtechnika beszédérthetőségével azonos jelentőségű elsődleges minőségi jellemző. A hibaarány meghatározására az ún. közvetlen mérési eljárást alkalmazzák elterjedten.

A közvetlen mérési eljárás lényege az, hogy a tényleges adatátvitelt (vagy az azzal egyenértékű műszeres modellt) valósítjuk meg, és az átviteli út bemenetére adott és kimenetéről kapott információ összehasonlításával határozzuk meg az átviteli út hibaarányát és egyéb jellemzőit, pl. a hibacsomósodást. Ez a módszer igen hosszadalmas, de sokszor az egyedül célravezető megoldás.

A Magyar Posta keretein belül a Posta Kísérleti Intézet 1963-ban hozzákezdett az országos távíróhálózat adatátviteli szempontból szükséges vizsgálatához.

A mintegy 4 millió betű átvitelével végzett méréssorozatból megállapítottuk, hogy a hazai távíróhálózat átlagos vonali betűhibaaránya $6{,}3 \cdot 10^{-5}$.

A kiértékelés során megállapítottuk azt is, hogy a hálózat vonali betűhibaaránya 95%-os biztonsággal kisebb mint $8 \cdot 10^{-5}$.

A CCITT adatai szerint a vonatkozó ajánlásoknak megfelelően kialakított hálózatban az átlagosan várható betűhibaarány pont—pont közötti összeköttetésen $1{,}8 \cdot 10^{-5}$, kapcsolt áramkörön $4{,}5 \cdot 10^{-5}$. Ezen összehasonlítás azt mutatja, hogy távíróhálózatunk a nemzetközi átlagminőségtől nagyságrendileg nem tér el.

A mért eredmények alapján állítjuk, hogy jó minőségű végberendezésekkel hibavédelmi berendezések nélkül is ki lehet elégíteni szerényebb minőségű igényeket.

Az 50 Baud sebességű adatátvitellel szemben várhatólag néhányszor 10^{-6}-os betűhibaarány az átlagos követelmény. Ez még viszonylag egyszerű szervezéssel (pl. többszöri átvitellel vagy a távgépíróval azonos árszintű hibavédelmi berendezéssel; ilyen pl. a jeljavítással és paritásvédelemmel működő Siemens DASI-5 típus) kielégíthető.

10^{-6}-nál jobb betűhibaarány csak drága és bonyolult hibavédelemmel biztosítható. Az ilyen igényeket gazdaságosabb a középsebességű adatátviteli rendszerekkel kielégíteni.

A távbeszélő-hálózaton végzett mérések során négy áramkör-hurkon különböző modemekkel végzett mérések során $5{,}9 \cdot 10^{7}$ átvitt bit alapján $2{,}2 \cdot 10^{-4}$/bit hibaarányt mért a Posta Kísérleti Intézet. Ez a nemzetközi átlaggal azonos nagyságrendű, így a hazai hálózattól a továbbiakban a külföldiekkel azonos eredményeket várhatunk. A modemek kielégítették a CCITT ajánlásokat, jelforrásként és vevőként az ERA hibaarány-analizátort használtuk fel.

Következtetések

A fentiek alapján látható, hogy a Magyar Posta készen áll a digitális adatátvitel igényeinek kielégítésére. A szolgáltatások bevezetésének legfőbb akadálya ma az igények hiánya. Ezért kívánatos, hogy az igényeket — akár informatív jelleggel is — az előfizetők a Postával közöljék.

Az adatátvitellel kapcsolatos feladatokat a Magyar Postánál a Posta Központi Távíró Hivatal látja el, ahonnan a témára vonatkozó részletesebb információk is beszerezhetők.

IRODALOM

1. *Postavezérigazgatóság Fejlesztési Szakosztály:* Az adatátvitel bevezetésének irányelvei. 1967. június
2. *Horváth L.:* Az információfeldolgozás átviteli lehetőségei. A számítógéptechnika '68 szimpoziumon elhangzott előadás anyaga
3. *Posta Kísérleti Intézet:* Datel füzet tervezetek
4. *Kádár Á.—Mazgon S.:* Adatátviteli mérések eddigi eredményei és azok kiértékelése
5. *Dr. Tarján R.:* A negyedik számológép generáció problémái. Információ elektronika 1968. 1. szám

Tartalmi összefoglalások

ETO 537.311.33:546.682'863

Somogyi K.—V. G. Szidjakin:

Az indiumantimonid néhány transzport együtthatójának mérése és analízise

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 9. sz.

Jelen munkában megvizsgáltuk az InSb sávszerkezetének néhány paraméterét a mozgékonyság, Hall-állandó és a mágneses ellenállásváltozás hőmérsékletfüggése alapján. Továbbá széles hőmérsékleti intervallumban mértük a termofeszültséget, valamint a longitudinális és transzverzális Nernst-Ettingshausen effektusokat. A mérések nagy részét 80 °K és 300 °K között végeztük technikai indiumantimonid egykristályokon. A galvanomágneses méréseket 15 [kOe] térerősségig terjedő homogén mágneses térben végeztük. A méréseket egyenáramú kompenzációs módszerrel, állandó mágnestérben végeztük. A mérések és számítások alapján az elektronok mozgékonyságát szobahőmérsékleten ~60 000 cm²/Vsec-nak, effektiv tömegét 0,011 m_0-nak, a minták vezetőképességét ~150 Ω^{-1} cm^{-1}-nek, az InSb tiltott sávjának szélességét 0 °K-on 0,262 [eV]-nak találtuk.
A közleményben új módszert javasolunk a mozgékonyságok hányadosának megállapítására azon anyagokban, amelyeknél az említett hányados nagyobb ~5-nél.

ETO 621.372.542.2.091.1

Nemesszeghy Gy.:

Alulátereszto tulajdonság szemléltetése pólusmozgással

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 9. sz.

A dolgozat a minden frekvencián hullámellenállással lezárt alulátereszto négypólusok pólusmozgását ismerteti és így szemlélteti a hullámcsillapítást. Olyan egyszerű számítási módszert közöl, amellyel a zérushelyek hatását is figyelembe lehet venni. Foglalkozik az alulátereszto szűrők csillapítás viszonyaival és azokat pólushelyek helygörbéivel magyarázza meg. Végül olyan, számológéppel kiszámított görbeseregeket közöl, amelyek paramétere az illesztési frekvencia.

ETO 621.385.1.032.9 „1928/1950" TUNGSRAM (439)

Dr. Winter E.:

Az EIVRT elektroneső gyártásának kiemelkedő eredményei 1928—1950 között

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 9. sz.

A világhírű szerző ebben a cikksorozatban az Egyesült Izzólámpa és Villamosságai RT (Tungsram) gyárában folytatott kutató és gyártmánytervező munka egyes ipartörténeti szempontból érdekes mozzanatait ismerteti.

Обобщения

ДК 537.311.33:546.682'863

К. Шомоди—В. Г. Сидякин:

Измерение и анализ некоторых кинетических коэффициентов антимонида индия

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XX. (1969) № 9

В предлагаемой работе определились некоторые параметры зонной структуры в полупроводниковом соединении InSb на основании измерения температурной зависимости электропроводности, постоянной Холла и магниторезистивного эффекта. Кроме того исследованы: эффект Зеебека в широком интервале температур и продольный и поперечный эффекты Нернста—Эттингсгаузена. Исследования приводились преимущественно в интервале температур 80 °К—300 °К на промышленных монокристаллах антимонида индия. Гальваномагнитные эффекты исследовались в полях до 15 [КОе]. Измерения проводились на потенциометрической схеме на постоянном токе и в постоянном магнитном поле.
Даётся анализ полученных результатов и предлагается способ определения отношения подвижностей для материалов, у которых это отношение не менее 5.

ДК 621.372.542.2.091.1

Д. Немешсеги:

Показывание свойства пропускания нижних частот движением полюсов

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, БУДАПЕШТ) XX. (1969) № 9

Излагается движение полюсов четырехполюсников нижних частот с нагрузкой волнового сопротивления на всех частотах и таким образом поясняется затухание волн. Даётся простый метод который дает возможность принять во внимание влияние нулей. Трактуются условия затухания фильтров нижних частот и эти поясняются годографами полюсов. Наконец дается семейство кривых определенных вычислительной машиной, параметром которых является частота согласования.

ДК 621.385.1.032.9 «1928/1950» TUNGSRAM (439)

Д-р Э. Винтер:

Превосходные результаты производства электронных ламп на заводе Тунгсрам между 1928—1950

(ХИРАДАШТЕХНИКА, Будапешт) XX. (1969) № 9

Знаменитый автор в этой серии статей излагает события интересные с точки зрения истории этой промышленности по некоторым исследовательским и конструкторским работам на заводе Тунгсрам.

ETO 654.1.07(439):621.395.38:681.327.8

Hegyesi L.:

A Magyar Posta szerepe és tervei az adatátvitel bevezetésében

HÍRADÁSTECHNIKA XX. (1969) 9. sz.

Jelen cikkben ismertetésre kerülnek röviden az adatátvitel felépítése és eszközei, valamint az alkalmazott eszközök legfontosabb funkciói.
A szolgáltatás rendszere előfizetői, illetve nyilvános adatátviteli szolgáltatásokra osztható. Az előfizetői adatátviteli szolgálat 5 főcsoportját részletesen ismertetjük. A cikk kitér a posta egyéb elképzeléseire az adatátvitel területén, mint pl. a berendezések tulajdonjogi kérdéseire, az adatátviteli berendezések karbantartására, az adatátvitel várható költségeire.
Befejezésként közöljük a magyar távíró és távbeszélő hálózat várható minőségét, illetve hibaarányát.

Zusammenfassungen

DK 537.311.33:546.682'863

K. Somogyi—V. G. Szidjakin:

Messung und Analyse einiger Transportkoeffizienten von InSb

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 9

Die Autoren untersuchen einige Parameter der Bandstruktur von InSb anhand der Temperaturabhängigkeit der Beweglichkeit, des Hall-Koeffizienten und der Änderung des magnetischen Widerstandes an industriell hergestellten InSb-Einkristallen. Ausser dieser Untersuchungen wurden Messungen der Thermospannung in einem weiten Temperaturbereich und der longitudinalen und transversalen Nernst-Ettingshausen Effekte unternommen.
Die meisten Experimente wurden in dem Temperaturbereich von 80 °K—300 °K durchgeführt. Bei den galvano-magnetischen Messungen wurde in einem homogenen Magnetfeld bis zu 15 [kOE], die Gleichstromkompensationsmethode angewandt. Das Magnetfeld wurde mit Hilfe eines Gleichstrom-Elektromagneten hergestellt. Die Messungen und Berechnungen ergaben folgende Ergebnisse bei Zimmertemperatur: die Beweglichkeit der Elektronen $\sim 60\,000$ cm²/Vsec, seine effektive Masse 0,011 m_0, die Leitfähigkeit der Muster $\sim 150\ \Omega^{-1}\,cm^{-1}$.
Für die Breite der verbotenen Zone bei 0 °K erhielten wir 0,262 [eV]. Die Autoren schlagen eine neue Methode zur Bestimmung des Beweglichkeitsverhältnisses vor in den Fällen, in denen dieses Verhältnis grösser als ~ 5 ist.

DK 621.372.542.2.091.1

Gy. Nemesszeghy:

Illustration der Tiefpasseigenschaften durch Polbewegung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 9

In dem Artikel wird die Polbewegung der Tiefpassvierpole, welche auf jeder Frequenz durch ihre Wellenwiderstände abgeschlossen sind, erörtert, und die Wellendämpfung wird dadurch illustriert. Solcheine einfache Methode wird mitgeteilt, durch welche die Einwirkung der Nullstellen auch in Acht genommen werden kann. Die Dämpfungsverhältnisse der Tiefpassfilter werden diskutiert und durch die Ortskurven der Polstellen erklärt. Zuletzt werden solche mit Rechenmaschinen ausgerechnete Kurvenschaare gegeben, deren Parameter die Anpassungsfrequenz ist.

DK 621.385.1.032.9 „1928/1950" TUNGSRAM (439)

Dr. E. Winter:

Hervorragende Ergebnisse der Herstellung von Elektronenröhren des Vereinigten Glühlampen und Elektrizitäts A. G. zwischen 1928—1950

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 9

Der weltberühmte Verfasser erörter in dieser Reihe von Aufsätzen einige, vom Gesichtspunkt der Geschichte dieser Industrie interessante Ereignisse der Forschungs- und Produkt-Konstruktionsarbeit in der Fabrik der Vereinigten Glühlampen und Elektrizitäts A. G. (Tungsram).

DK 654.1.07(439):621.395.38:681.327.8

L. Hegyesi:

Rolle und Pläne der Ungarischen Post in der Einführung der Datenübertragung

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) Nr 9

In diesem Artikel werden kurz der Aufbau und Geräte der Datenübertragung und die Hauptfunktionen der verwendeten Instrumente erörtert. Das System kann auf Teilnehmer- und öffentliche Datenübertragungsleistungen aufgestellt werden. Die 5 Hauptgruppen der Teilnehmer des Datenübertragungsdienstes werden eingehend diskutiert. Der Artikel geht auf die sonstigen Konzeptionen auf dem Gebiet der Datenübertragung ein z. B. auf die eigentumsrechtliche Fragen der Eintrichtungen. auf die Instandhaltung der Datenübertragungseinrichtungen und auf die zu erwartenden Kosten der Übertragung. Zuletzt werden die zu erwartenden Qualitäts- und Fehlerratenverhältnisse der ungarischen Telegraphie- und Fernsehsprechnetze erörtert.

ДК 654.1.07(439):621.395.38:681.327.8

Л. Хедеши:

Роль и планы Венгерской Почты по введению передачи данных

HÍRADÁSTECHNIKA (ХИРАДАШТЕХНИКА, БУДАПЕШТ) XX. (1969) № 9

Кратко излагаются построение и средства передачи данных, а также важнейшие функции применяемых средств. Система доставления является абонентской или же публичной. Подробно описаны 5 основных групп доставления. Упомянуты другие представления Почты по передаче данных как, на пример, вопросы права собственности и ухода аппаратуры передачи данных, предполагаемые расходы передачи данных. Окончательно даны информации по предполагаемому качеству и коэффициенту ошибок.

Summaries

UDC 537.311.33:546.682'863

K. Somogyi—V. G. Szidjakin:

The Measurement and Analysis of Some Transport Coefficients of InSb

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) № 9

In present work we have investigated some parameters of the band structure of InSb by means of temperature-dependence of the mobility, the Hall-constant and the magnetoresistance. Furthermore we have measured the thermo e.m.f. as well as the longitudinal and transversal Nernst-Ettingshausen effects in a wide temperature range. Our measurements have been carried out mainly between 80 °K and 300 °K on technical InSb single crystals. The galvano-magnetic measurements were made in a homogeneous magnetic field extending to 15 [kOe].
We used the d.c. compensation method at constant magnetic field. On the basis of the measurements and calculations it was obtained that $\mu_e \approx 60\,000$ [cm²/V sec]; $m_e = 0{,}011\ m_0$; $\sigma = 150\ \Omega^{-1}\ cm^{-1}$ at room temperature and $Eg = 0{,}262$ [eV] at 0 °K.
In the paper we suggest a new method for the determination statement of the ratio of the mobilities in those cases when this ratio is greater then 5.

UDC 621.372.542.2.091.1

Gy. Nemesszeghy:

Illustration of Low-Pass Property by the Displacement of Poles

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N° 9

The displacement of poles of low-pass four-poles terminated by their characteristic impedance at all frequencies is described and the wave attenuation is presented in this way. Such a simple method of computation is dealt with, by which the influence of the zeros can be taken into account, too. The attenuation conditions of low-pass filters are dealt with and they are explained by the curves of loci of poles. Finally such families of curves determined by computers are presented, the parameter of which is the matching frequency.

UDC 621.385.1.032.9 „1928/1950" TUNGSRAM (439)

Dr. E. Winter:

Outstanding Results of the Electron Tube Manufacture of the United Incandescent Lamp and Electrical Co. Ltd. between 1928—1950

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N° 9

The world-famous author desribes in this series of articles some events, interesting from the point of view of the history of this industry, concerning the research and product design work carried out in the factory of the United Incandescant Lamp and Electrical Co. Ltd. (Tungsram).

UDC 654.1.07(439):621.395.38:681.327.8

L. Hegyesi:

Role and Plans of the Hungarian Post Office in the Introduction of Data Transmission

HÍRADÁSTECHNIKA (Budapest) XX. (1969) N° 9

The layout and devices as well as their most important functions are briefly presented in the paper. The system of the service can be divided into subscribers' and public data transmission services. The 5 groups of the subscribers' data transmission service are presented in detail. Further other conceptions in the field of data transmission, e. g. the questions of the property laws of data transmission, the maintenance of the data transmission equipments and the presumed expenses of data transmission are described. Finally the present quality and error rates of the Hungarian telegraph and telephone networks are presented.

MAGYAR KÁBEL MŰVEK

VEZÉRIGAZGATÓSÁGA

Budapest, XI., Budafoki út 60 • Telefon: 453-590

GYÁRTMÁNYOK:

Jelző-, mérő-, működtetőkábelek

Erősáramú szigetelt vezetékek

Erősáramú kábelek 1—35 kV-ig

Alumínium és acél-alumínium szabadvezetékek

Tekercselőhuzalok

Switch-kábelek

Gumitömlő vezetékek

Híradástechnikai vezetékek

Távkábelek

Hírközlő kábelek

Hajókábelek

Zománchuzalok

Zárt-acélkötelek

EMO ELEKTROMODUL BUDAPEST

MEGÉRKEZTEK a legújabb típusú szovjet gyártmányú

HÍRADÁSTECHNIKAI, MŰSZERIPARI ÉS ELEKTRONIKAI ALKATRÉSZEK!

SZÉLES VÁLASZTÉK, AZONNALI SZÁLLÍTÁS

Keresse fel az **ELEKTROMODUL** szaktanácsadó szolgálatát. Kérje a szovjet gyártmányú alkatrészek prospektusait.

ELEKTROMODUL

Szovjet Import Osztály

Budapest XIII., Visegrádi u. 47/a-b.

Telefon: 495-340; 495-940/122 mellékállomás