

Magyar
HÍRADÁSTECHNIKA

VLM

3-4

Felelős szerkesztő:
Lévai Pál

Szerkesztőbizottság:

Alkér Tibor
Balla Miklós
Barcza László
dr. Barta István
Bognár Géza
Honti Péter
Izsák Miklós
Koczka László
Kodolányi Gyula
dr. Orbán György
Sárközy Géza
Szigeti György
Szikszay Lajos
dr. Tarján Rezső
Vágó Artur
Valkó Iván Péter
Winter Ernő

Szerkesztőségi titkár:
Szokol Hubert

Megjelenik kéthavonta
Előfizetési ár egy évre 30.—,
példányonként 6·50

Dr. Tarnóczy Tamás: A budapesti Városi Színház akusztikájának megjavítása.....	33
Nemes Tihamér: A távolbalátás vezérelkeltői.....	43
A híradástechnika 1952. évi Kossuth-díjasai.....	47
Dr. techn. Magyar Endre: Újrendszerű vonalesillapításmérő.....	48
Telefonpályázatunk eredménye.....	52
Jankovich László: Mikrohullámú kristálydetektoros vevőkészülékek.....	53
Könyvszemle. Bajev-Jegorov: Nagytávolságú távközlés alapjai.....	58
A Magyar Tudományos Akadémia ünnepi hete. Hozzászólások Hennyey Zoltán »Mértékrendszerek« című előadásához.....	59
Фома Тарноци др.: Улучшение акустики Будапештского Городского Театра.....	33
Тихамер Немэш: Возбудители управляющих сигналов дадьневидения.....	43
Получающиеся премии Кошшута в 1952 Году.....	47
Андрей Мадяри др. тех.: Новейшей устройство для измерения затухания линии.....	48
Результаты нашего телефонского конкурса.....	52
Ласло Янкович: Микроволновые приемники с кристалловым детектором.....	53
Библиография: Баев-Егоров: Основы дальней связи.....	58
Торжественная неделя Академии Наук Венгрии. Заметки к докладу Золтана Геннеи: „О ситемах мер.“.....	59
Dr. T. Tarnóczy: Verbesserung der Raumakustik im Budapester Stadttheater.....	33
T. Nemes: Die Steuerzeichenerzeiger des Fernsehens.....	43
Dr. E. Magyar: Ein neues Verfahren zur Messung der Leitungsdämpfung.....	48
L. Jankovich: Kristallempfänger für Mikrowellen.....	53
Besprechung der Vorlesung von Z. Hennyey über »Mass-systeme«.....	59
Dr. T. Tarnóczy: Correction de l'acoustique du Théâtre de Ville à Budapest.....	33
T. Nemes: Générateurs de signaux de contrôle dans la télévision.....	43
Dr. E. Magyar: Un nouveau système pour la mesure de l'amortissement de ligne.....	48
L. Jankovich: Récepteurs de micro-ondes à détecteur de crystal.....	53
Discussions sur l'exposé de Z. Hennyey: »Systèmes de mesure«.....	59
Dr. T. Tarnóczy: Acoustical improvement of the Budapest Municipal Theatre.....	33
T. Nemes: Television control-signal generators.....	43
Dr. E. Magyar: New method of line attenuation measuring.....	48
L. Jankovich: Crystal-detector microwave receivers.....	53
Discussion of Z. Hennyey's lecture on »Systems of measure«.....	59

A budapesti Városi Színház akusztikájának megjavítása

Dr. TARNÓCZY TAMÁS

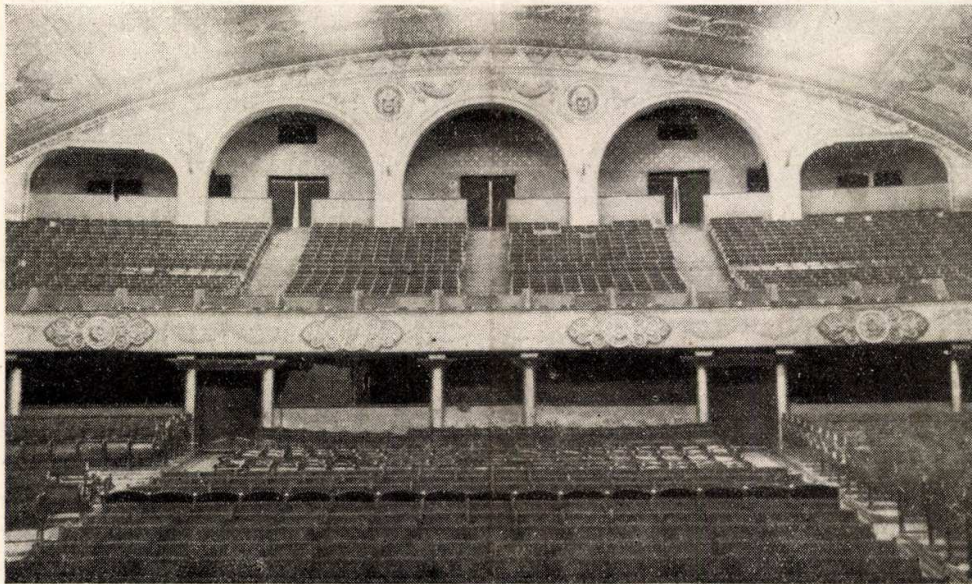
A színház története

A budapesti Városi Színház 1909/10-ben épült *Márkus Géza* és *Jakab Dezső* építészek tervei szerint. Nézőtere 18 000 m³, színpada 5000 m³ belső köbtartalmú, befogadóképessége pedig kb. 3000 személy volt. A színházat operai, prózai és népszínmű előadásokra építették.

A vasbeton szerkezetű függesztett mennyezetel készült nagyméretű színház építésének idejében kezdeményezésnek számított, mert akkoriban hasonló nagyságú és konstrukciójú színházhelyiségek belső akusztikájáról kevés tapasztalat állt rendelkezésre. Akusztikai számítások alkalmazásáról szó

ugyan fel lehetett használni, de bedíszletezni már nem lehetett, mert a vasfüggöny a régi helyen maradt. Az átalakítás miatt a régi proszcénium páholyokat és az oldalerkélyek egy részét le kellett bontani és új proszcénium páholyokat kellett építeni. Új zenekari akna is épült a nézőtér első sorainak helyén. A színpad megnagyobbításával a nézőtéri férőhelyek száma 2600-ra csökkent, a nézőtér 17 000 m³, a színpadtér pedig 6000 m³ légtérű lett.

A színház rossz akusztikája elleni panaszok változatlanok maradtak. Ezért 1926-ban a nézőtéri zajok csökkentése érdekében a földszint új betonpádlozatot kapott, amit parafával burkoltak be.



1. ábra. A nézőtér az átépítés előtt. A széksorok lebontása már folyik.

sem lehetett, mert az erre vonatkozó első kezdeményezések éppen ezidőtájt folytak.¹ Nagyrészt ezeknek az okoknak tulajdonítható, hogy a színház akusztikailag nagyon rosszul sikerült. Negyvenéves fennállása alatt állandóan napirenden voltak a rossz hallási viszonyokra vonatkozó panaszok. Az akusztika megjavításának kérdése már a megnyitás utáni napokban felvetődött és a színház többszöri átalakítása után napjainkig aktuális maradt.

Az első átalakítás 1917-ben történt. Az átalakításnak nemcsak a színház rossz akusztikája volt az oka, hanem elsősorban az a körülmény, hogy a színpadot kicsire méretezték. A színpadtér megnagyobbítása érdekében a színpadi dobogót négy méterrel megtoldották a nézőtér felé. A színpadnyílás természetesen szintén előbbre került és így egy előszínpad keletkezett, amelyet a játékban

A zajsztint ezzel kissé csökkent, de az általános akusztika továbbra is rossz maradt.

A főváros 1930-ban varieté céljaira bérbeadta a színházat, mert a rossz akusztika miatt semilyen előadást nem lehetett benne tartani. Ekkor a falakat és a mennyezet freskóit újra festették és új színpadi dobogót építettek. Az átalakítás egyetlen pozitív eredménye az maradt, hogy a mennyezet parafaborításának hangelnyelését a ráfestéssel csökkentették.

1941-ben újabb átalakításokat végeztek. A zenekar helyét kibővítették, a földszinti hátsó páholyok közül pedig a középsőket befalazták. Itt helyezték el a gépházat, minthogy ekkor már mozielőadásokra is felhasználták a színházhelyiséget. Zenekari előadásokhoz a színpadon homorú hangvetítő-kulisszát alkalmaztak, ami némileg javította a nézőtér hangenergiával való ellátását. A férőhelyek száma ebben az állapotban 2440 volt (1. ábra).

¹ W. C. Sabine, Collected Papers on Acoustics, Cambridge, Mass. 1922
G. Jäger, Wiener Ber. Abt. II. a. 120. 613. (1911).

Újabban az akusztika megjavítására elektromos hangerősítőkkel kísérleteztek, aminek az lett az eredménye, hogy a hangerő megjavult ugyan, sőt túlerős lett, de a hangszín erősen leromlott és az érthetőség minimálisra csökkent. A Főváros illetékes ügyosztálya helyesen értékelte ki a tart-hatatlan állapotot és helyesen látta meg, hogy a nagyméretű színház főként opera-előadásokra alkalmas. Tekintve, hogy az akusztika megjavítása a színház teljes belső átépítését kívánta, elkerülhetetlen volt, hogy a tervek elkészítése előtt akusztikus mérésekkel ne tájékozódjunk a színház hibáiról.

Ilyen helyzetben került sor a színház akusztikai adatainak első exakt meghatározására. Az akusztikai mérések 1949 őszén folytak le,² amelynek

igazoltuk. A jelenlegi állapotban az ülőhelyek száma valamivel több mint 2500, a nézőtér légtere 16 300 m³, a színpadé pedig változatlanul 6000 m³.

A vizsgálatok lefolyása

A mérések elvégzése előtt célszerűnek látszott előzetes tájékozódást szerezni a színház akusztikai körülményeiről. V. O. Knudsen, aki 1931-ben Budapesten járt és a Városi Színházat is meglátogatta, hasonló módon, közvetlen megfigyeléssel győződött meg a színház változatos visszhangjelenségeiről. Knudsen a különféle visszhangokat ítélte a leglényegesebb hibának és kijelentette, hogy nehéz és majdnem reménytelen vállalkozás a színház akusztikai rendbehozása.



2. ábra. A nézőtér az átépítés után. A diffúz falak az erkélyen és oldalt jól látszanak

alapján az akusztika megjavítására részletes javaslat készült.³ A javaslat szerint is a színház gyökeres átépítésére volt szükség. Az átépítést Kaufmann Oszkár, az Európában jól ismert színháztervező és színházépítő⁴ tervei és irányítása mellett végezték. Az építész a tervek kidolgozásakor az akusztikai javaslatokat messzemenően figyelembe vette és a feladatot az akusztikussal szoros együttműködésben oldotta meg.

Az építkezés kisebb hányada 1949-ben folyt le; ekkor került sor a vasfüggöny előrehozására is, ami 1917 óta várattott magára. A nézőtér átépítése 1951 nyarán került sorra, a színpad átalakítása és kibővítése későbbre maradt. Az új színház 1951. november 10-én nyitott teljesen új belső képpel (2. és 8. ábra) és az általános vélemény szerint meglepően jó akusztikával. Ezt 1951 őszén végzett újabb mérésorozatunkkal részben számszerűen is

Saját megfigyeléseim mindenben megegyeztek Knudsen tapasztalataival, azonkívül az energia-viszonyokra és az utóhangidőre vonatkozólag is tájékozódást szereztem. E szerint a hangenergia a nézőtér szélei felé rohamosan csökken, a hang minőségét pedig különösen a magas felhangok hiánya rontja le. Az üres teremben energiaellátás és érthetőség szempontjából általában jobb a helyzet, mint a telt ház esetén, amiből arra lehet következtetni, hogy túlsok az elnyelés és ezért az utóhangidő kicsi.

Lényeges megfigyelés volt az előzetes tájékozódás során az is, hogy az alapzaj szintje magas, amelynek részben a régi rossz faszékek zörgése, részben pedig a földszinti ajtók helyett alkalmazott függönyök csekély hanggátlása az oka. A földszint két oldalán a szélső ülésektől 4 m távolságra húzódik a folyosó, amely teljes hosszúságában csak függönnyel volt elválasztva a nézőtértől.

További tapasztalatom az volt, hogy az összes földszinti páholyok második és harmadik sorában

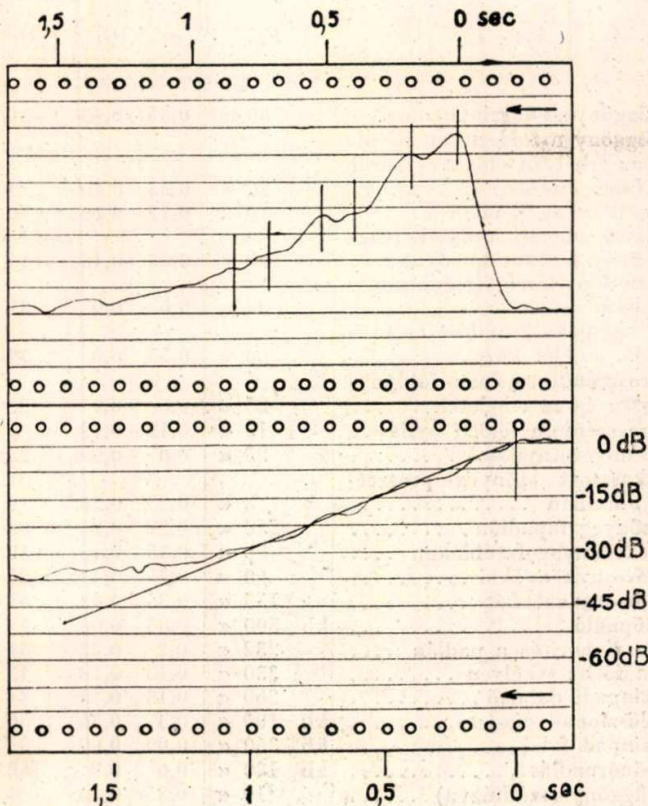
² Beszámolója 1950. január 24-én volt az *Eötvös Loránd Fizikai Társulatban*

³ Th. Tarnóczy, *Acta Technica Hungarica* 2. 285—301 (1951).

⁴ Kaufmann Oszkár műve többek közt a berlini Volksbühne, a Krolloperal több prózai színház Reinhardt számára, stb., amelyek híresek jó akusztikájukról.

élvezhetetlenül tompa az előadás hangja. Hasonló volt az érzés az első emeleti oldalerkélyek páholyai-ban is.

Az előzetes tapasztalatok alapján háromféle mérésorozat elvégzését tűztem ki feladatul.



3/a ábra (felső kép) Visszhangfelvétel az átépítés előtti üres teremben. A képen a közvetlen hang és néhány felismerhető visszhang beérkezése meg van jelölve. Az időközökből a visszhangutak kiszámíthatók.

3/b ábra (alsó kép). Utózenés felvétel az átépítés előtti teremben 2000 c/s frekvencián. Az ábrán a 60 dB-es csökkenésnek megfelelő időérték közvetlenül leolvasható.

a) *A visszhangok útjának meghatározása.* Ebből a célból, szokás szerint, rövididejű csattanó hangimpulzus (pisztolylövés) okozta hangnyomás ingadozásait regisztráltam a színpad és a nézőtér különböző helyein. A regisztráláshoz kondenzátormikrofont, megfelelő erősítőt és a svájci Autophon-cég Hypsographe PS45 jelű nivóiró berendezését használtam. A beérkező impulzusok idejéből kiszámítottam a hang útjának teljes hosszát, majd a különböző helyeken végzett mérések eredményeit összevetve következtettem a hang valódi útjára, a visszaverődések számára és a visszhang keletkezésének helyeire. Egy visszhangfelvételt a 3/a ábrán mutatunk be.

b) *Az utózenési idő meghatározása.* Az utózenési időt a nézőtér négy helyén mértem 125 ± 2 , 250 ± 5 , 500 ± 10 , 1000 ± 20 , 2000 ± 40 , 4000 ± 80 és 8000 ± 160 c/s ingadozó frekvenciákon. Az ingadozó hang⁵ az interferenciahatás kiküszöbölésére szolgál, üteme kb. 3–6 c/s. A mérésekhez a színpad mozihangszóróit használtam hangforrássul: a hangfrekvenciás generátort közvetlenül a mozierősítőre csatlakoztattam. A hang elhalását az előbb leírt berendezéssel regisztráltam. Egyik utózenésfelvétel a 3/b ábrán látható.

c) *A hangenergia eloszlásának kimérése.* Ezt a mérést a nézőtér 150 helyén végeztem el 250, 1000 és 4000 c/s frekvenciájú hanggal. A mérési pontok közvetlen környezetében mindig több mérést végeztem, hogy az interferenciák okozta hangerőváltozásokat is megállapíthassam. Ugyancsak méréseket végeztem a nézőtér alaprajzának meghatározására is. Az összes hangerőmérések eredményei dB (decibel) értékben vannak kifejezve. Ezekhez a mérésekhez szintén a mozihangszórókat használtam fel. Az öt hangszóróval felszerelt 3×3 m kiterjedésű hangfal jobban megfelelt a valóságos viszonyoknak, mint valamely pontszerű hangforrás, azonkívül teljesítménye is elegendő volt ahhoz, hogy az egész nézőteret betöltse hanggal.

Mérési eredmények a régi állapotban

a) *A visszhangok útjának meghatározása.* A mérések eredményei szerint az üres színházban öt határozottan elkülöníthető visszhang figyelhető meg. Az egymásután beérkező hangimpulzusok időközébe tizedmásodperc nagyságrendű, tehát ezek a visszhangok füllel is észlelhetők.

Az adatok az I. táblázatban vannak összefoglalva. Az itt szereplő úthosszakat a regisztrált visszhang-időkből egységesen úgy számítottam át, hogy az utak mindig a hátsó színpad kis vasfüggönye előtti hangforrástól ugyanaddig vissza értendők. Az első visszhang a színpadi mennyezetről verődik vissza, ez a visszhang ugyanis elmarad, ha a színpad zsinórpadlása be van díszletezve. A második visszhang a földszint hátsó faláról érkezik. A harmadik az erkély hátsó faláról a mennyezetre

I. táblázat

A visszhangok útja átépítés előtt a hátsó színpadtól ugyanoda vissza (méter)

Mérés sorszáma	Visszhangutak				
	1	2	3	4	5
1	45	77			156
2		61		145	170,5
3		56		136	170
4	43			132	160
5		57			166
6	43			132	158
7	40			142	
8	41	56,5	107	146	166
9	42,5		124		153
10	42,5		102		
11	45	63			
12		60	117		171
13	41				
14	44		11	144	
15	47		125		
16	41		96		
17	49				
18	45		124		
19	39	78	124	150	174
Közép-érték	43	63	114	141	164

⁵ W. L. Barrow, Ann. Phys. (5.) II. 147 (1931).

verődik és onnan jut vissza a színpadra. A megfordított irányban haladó hang azonos visszhangot eredményez. A negyedik visszhang létrejöttében az oldalfalak, a hátsó fal és a mennyezet játszanak szerepet, de pontosan nem követhető a hang útja. Az utolsó visszhang útja a hátsó falról a mennyezetre, onnan a színpadnyílás fölötti falrészre vezet, ahonnan aztán a földszinti hátsó falról visszaverődve ér el ismét a színpadra, miként a második visszhang. A színház metszetrájzába (4. ábra) néhány visszhang útját berajzoltam.

A visszhangok keletkezésében az általános esetnek megfelelően a leghatározottabb szerepet a hátsó falak és a hátsó mennyezetrészek játsszák. A visszhangok megszüntetése elsősorban ezeknek a fal-síkoknak a megfelelő akusztikai átalakításán múlik.

Méréseink szerint az oldalpáholyok pillérsora (5. ábra) a fenti visszhangoktól független csörgővisszhangot is eredményez. Ennek frekvenciája kb. 3 c/s. A csörgővisszhang különösen a színpadon és az erkély hátsó soraiban zavaró.

b) *Az utózenngési idő meghatározása.* Az utózenngési idő mérési eredményeit a II. táblázatban tüntettem fel, a mérési helyek az alaprajzba (7. ábra) vannak bejelölve. A mérések eredményei 10% körüli szórást mutatnak, ami elsősorban a hangenergia egyenlőtlen eloszlásának és az interferenciák zavaró hatásának tulajdonítható.

II. táblázat

Az utózenngési idő mp-ben mért értékei átépítés előtt a színház négy helyén

Mikrofon helye	125 c/s	250 c/s	500 c/s	1000 c/s	2000 c/s	4000 c/s	8000 c/s
A		3,1			1,96		
B	3,75	2,88	2,72	2,48	2,32	1,92	2,08
C	3,56	3,3	2,5	2,06	2,08	1,52	
C	3,54	2,88	2,57	2,32	2,05	1,7	1,68
D	3,30	2,9	2,52		2,04	2,0	
D	3,54	2,88	2,57	2,2	2,05	1,7	1,68
Közép érték	3,5	3,0	2,6	2,3	2,1	1,8	1,8

Az utózenngési idő frekvenciagörbéje a 6. ábrán tanulmányozható. Ugyanitt fel van tüntetve a közönséggel telt teremre átszámított utózenngési idő frekvenciagörbéje is. Az átszámításokhoz az Eyring-féle formulát⁶ használtam. A számítás helyességének ellenőrzésére 1000 c/s frekvencián meghatároztam a terem összes elnyelését (III. táblázat) és az Eyring-képlet alapján is kiszámítottam az üres terem utózenngési idejét, amit mérésrel már megállapítottam.

Az Eyring-féle képlet szerint

$$T = 0,161 \frac{V}{\Sigma F_i Q_i}$$

ahol T = az utózenngési idő sec-ban,
 V = a terem köbtartalma m³-ben,
 F_i = az egyes elnyelő felületek nagysága m²-ben,

⁶ C. F. Eyring, J. Acoust. Soc. Am. 1. 217. (1930).

$$Q_i = \log (1 - \alpha_i),$$

α_i = az elnyelési együtthatók értéke tizedestörtben.

III. táblázat

Abszorpciósértékek az átépítés előtt 1000 c/s frekvenciára

A n y a g	F_i	α_i	Q_i	$F_i Q_i$
Függöny a földszinten oldalt .	68 m ²	0,35	0,43	31
Függöny a földszinten hátul, az erkélyen oldalt és hátul (mélyedésben)	22 «	0,35	0,43	10
Textilanyag kőfalon	70 «	0,12	0,12	10
Hátsó emeleti nyílások (függöny belekombinálva)	100 «	0,35	0,43	44
Páholnyílások földszinten hátul	35 «	0,6	0,9	31
Erkélypáholy nyílása az I. és II. emelet közt	60 «	0,55	0,8	48
Proscéniumnyílás a földszinten és az emeleten	25 «	0,6	0,9	22
Proscénium fölötti nyílás . .	10 «	0,12	0,12	1
Mennyezetnyílások	25 «	0,6	0,9	22
Akasztott szőnyeg proscéniumban	8 «	0,25	0,28	2
Szőnyeg fapadlón	250 «	0,22	0,25	62
Textilanyag fatáblákon	80 «	0,15	0,15	12
Bársonykönyöklő	60 «	0,35	0,43	25
Bársony székhát	155 «	0,35	0,43	67
Kőpadló	kb 500 «	0,05	0,05	25
Parafaborítás a padlón	232 «	0,2	0,22	51
Padló az erkélyen	330 «	0,13	0,13	43
Színpadli dobogó	260 «	0,13	0,13	34
Előszínpad díszlete	kb 100 «	0,3	0,36	36
Színpad falai	kb 360 «	0,09	0,09	32
Zsinórpádlás	kb 180 «	0,6	0,9	162
Függöny (széthúzva)	10 «	0,35	0,43	4
Zenekar üresen	60 «	0,35	0,43	25
Zászlók az erkélyről lógatva .	50 «	0,2	0,22	11
Faajtók	76 «	0,13	0,13	10
Mennyezet	kb 1400 «	0,18	0,2	277
Falak	kb 1000 «	0,09	0,09	90
Emeleti lépcsők	kb 200 «	0,1	0,1	20
Színházi faszékek	2060 db	0,04	0,04	82
Bársonyszékek	345 «	0,3	0,36	124
Fapadok	20 «	0,08	0,08	2

Összesen : . . 1415

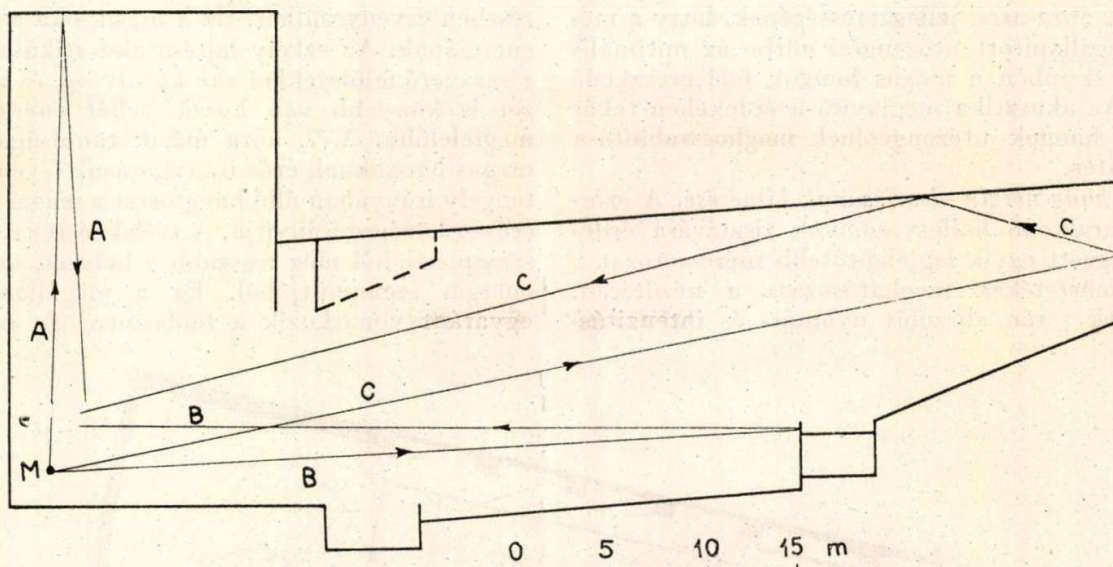
Közönség (ülőhelyek elnyelése levonva)	2440 fő	0,32	0,4	976
Zenekar többlet	60 «	0,32	0,4	24
Díszletelés	kb 200 m ²	0,2	0,22	44

Összesen : . . 1044

A III. táblázat megfelelő rovataiból a szükséges adatok a képletbe behelyettesíthetők. Az összes elnyelési szám üres teremre :

$$\Sigma F_i Q_i = 1415.$$

A terem összes köbtartalmába az aránylag kis színpadteret is be kell számítanunk. Ezzel $V = 17\ 000 + 6\ 000 = 23\ 000$ m³ lenne. A nézőtér és a színpad közötti 145 m²-es nyílás a színpadtér kétharmadát közvetlenül kapcsolja be a nézőtérbe. Ez a rész tehát nem csatolt rendszerként, hanem a nézőtér meghosszabbításaként tárgyalható. Az egyetlen kieső rész a zsinórpádlás, amelynek utózenngés-csökkentő szerepét nagyobb elnyelési érték beszámításával és 2000 m³ levonásával igyekeztem figyelembe venni. Így az 1000 c/s frekvenciára számított utózenngési idő



4. ábra. A színház vázlatos metszetrája az átépítés utáni proszcénium-mennyezettel (szaggatott vonal). A felvevő mikrofon *M* helyen van, *A*, *B* és *C* az első három visszhang útja.

$$T = 0,161 \frac{21\,000}{1415} = 2,38 \text{ mp, ami jól}$$

egyeznek a mért $2,3 \pm 0,18$ mp-es értékkel.

Ugyanezt a számítást telt házra is elvégezhetjük. Ekkor

$$\Sigma F_i Q_i = 2459$$

és a közönség által elfoglalt köbméterszám (300 m³) még levonódik a köbtartalomból. Eszerint

$$T = 0,161 \frac{20\,700}{2459} = 1,35 \text{ mp-értéket ka-}$$

punk. Az optimális utózungési idő 1000 c/s frekvenciára a színház légtere mellett 1,8 mp körül van, tehát a jelenlegi utózungés feltűnően rövid, amit meg kell növelni.

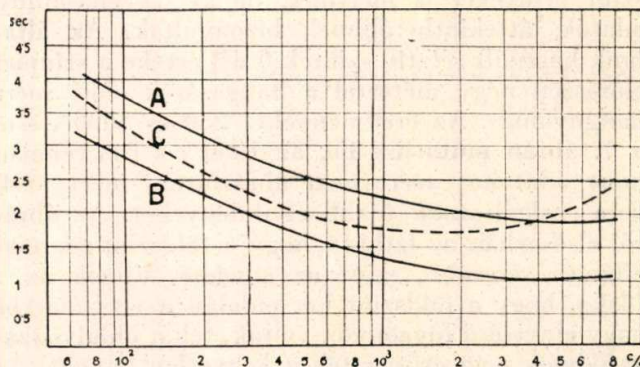
Nem kapunk az Eyring-formulával felvilágosítást a falakkal párhuzamosan haladó hullámok elnyeléséről, ami nagy termekben *Konstantinov*⁷ szerint jelentős lehet. Az Eyring-formulával való számolás nagyobb frekvenciákon azért sem bizonyul megfelelőnek, mert a levegő molekuláris abszorpcióját nem veszi figyelembe. Nagy légtérű helyiségekben a hanghullámok igen nagy utakat tesznek meg a térben visszaverődés nélkül, miközben a hangenergia csökkenése egyedül a levegő molekuláris abszorpciója révén történik. Ez a molekuláris abszorpció a frekvencia növekedésével nő és 4000 c/s fölött már jelentős értékű. A *Knudsen* által módosított utózungési képlet szerint⁸,

$$T = 0,161 \frac{V}{\Sigma F_i Q_i + 4 \beta V}$$

ahol β a levegő molekuláris abszorpciós együtthatója. Ezen képlet alapján számítva a színház összes elnyelése 4000 c/s frekvencián mintegy másfélszerese az 500 c/s frekvencián számított elnyelésnek. Ideális esetben pedig ennek a két értéknek meg kellene egyeznie. A levegő elnyelése az oka



5. ábra. A régi proszcéniumpáhyok és az oldalerkély pillérsora, amely a csörgő visszhangot okozta. A földszinti falak felépítése már megtörtént.



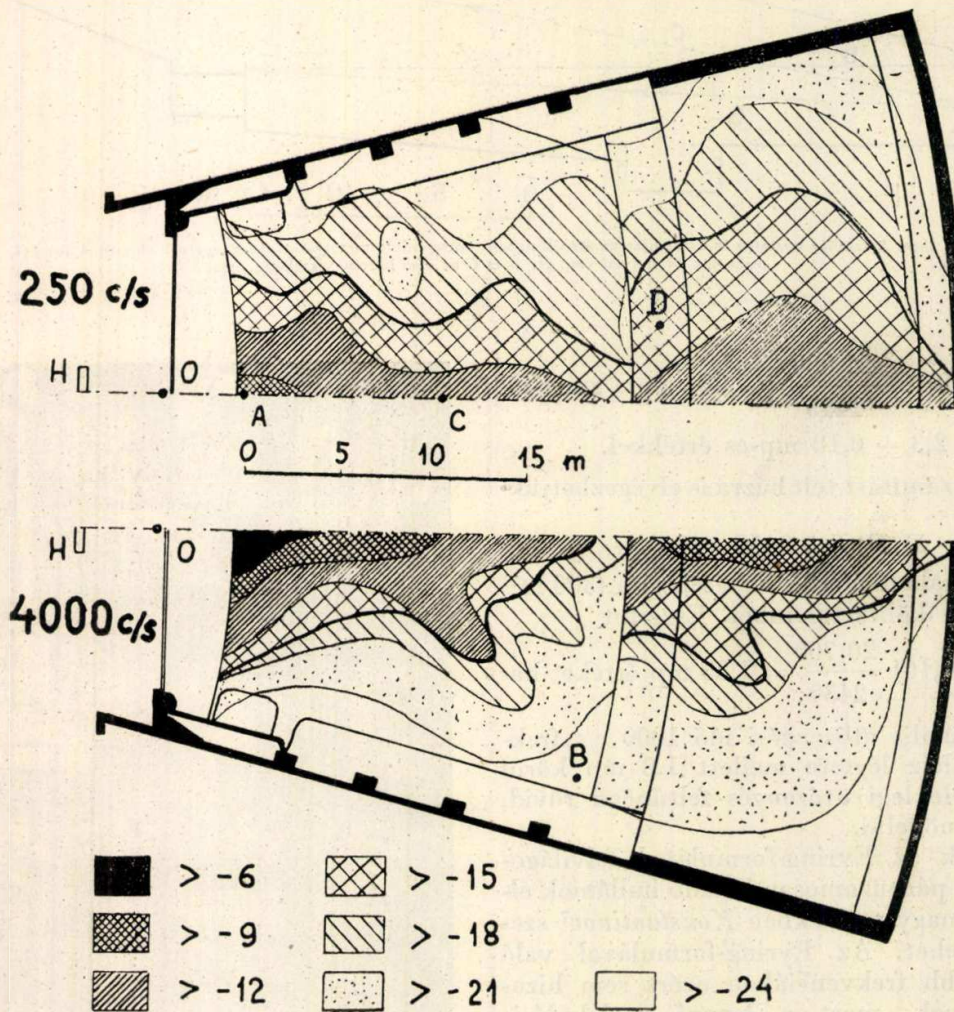
6. ábra. Az utózungési idő frekvenciagörbéi az átépítés előtt. Az *A* görbe az üres teremben végzett mérések eredménye, a *B* görbe a telt teremre átszámított érték. A *C* görbe az ideális utózungési időértékeket szemlélteti.

⁷ B. Konstantinov, J. Techn. Phys. U. S. S. R. 9, 226 (1939) és 9, 424 (1939) —
⁸ F. O. Knudsen, J. Acoust. Soc. Am. 3, 126 (1931).

tehát a 6. ábra azon jellegzetességének, hogy a méréssel megállapított utózenngési görbe az optimális görbével szemben a magas hangok felé ereszkedő jellegű. Az akusztika megjavítása érdekében tehát a magas hangok utózenngésének meghosszabbítása is kívánatos.

c) *A hangenergia eloszlásának kimérése.* A színházban uralkodó hallásviszonyok tisztázása érdekében végzett egyik legjelentősebb mérésorozat a hangnyomásértékek meghatározása a nézőtérben. A mérések során abszolút nyomás- és intenzitás-

részben érvényesülhet. Ez a másik oka a kis hangenergiának. Az erkély lejtése akusztikailag helyes, visszaverő felületekkel van körülvéve, és a mennyezet is közelebb van hozzá, tehát energiaellátása megfelelőbb. A 7. ábra másik tanulsága, hogy a magas hangoknak erős irányhatásuk lévén a közép-tengely irányában álló hangforrás a magas hangokat erősen középre irányítja. A széleken tehát hangszín szempontjából még rosszabb a helyzet, mint hangenergia szempontjából. Ez a megállapítás már egyaránt vonatkozik a földszintre és az erkélyre



7/a ábra (felső kép) A hangnyomás eloszlása átépítés előtt 250 c/s frekvencián. A hangszórók *H* helyen állnak, a 0-dB szint *O*-ban mérhető. *A*, *C* és *D* helyek az utózenngési idő mérőhelyei.

7/b ábra (alsó kép). A hangnyomás eloszlása átépítés előtt 4000 c/s frekvencián. *H* és *O* jelölés azonos a felső képpel, *B* az utózenngési idő mérőhelye.

szint értékeket is mértünk, de az összehasonlító adatok áttekinthetőbbnek bizonyultak. Az általunk használt relatív szintek 0 dB értéke a színpad előrészen négy méterrel a hangszórók előtt mért hangnyomás. Az eredményeket 250 és 4000 c/s-re a 7. ábrán mutatjuk be, az 1000 c/s frekvencián mért adatokat azért nem ábrázoltuk, mert azok nem szolgáltatnak újabb eredményeket. Az ábráról elsősorban az látható, hogy a földszint energiaellátása rosszabb, mint az emeleté. Ennek az a fő oka, hogy a földszint két oldalán a vizsgálatkor nagy elnyelésű függönyök voltak, tehát oldalvisszaverődések nem erősítették a közvetlen hangot. Az ülésorok rosszul méretezett lankás emelkedése miatt (4. ábra) pedig a közvetlen hang is csak

A kielégítő hangellátás határa kb. a -15 dB-es vonallal bezárt terület, tehát a nézőtér kisebbik fele.

A mérések során megállapítottuk a zavaró interferenciák jelenlétét is. Az állóhullámokat, valamint a csomópontoknak a frekvencia változtatásával történő elvándorlását világosan sikerült kimutatni. Telt házban valamivel kisebb jelentőségűek az interferenciák okozta zavarok, de az emeleti oldalpályolyokban és az erkély hátsó sarkaiban akkor is észlelhetők.

Külön kell beszélnünk az I. emeleti oldalerkélyek hallásviszonyairól, ahol a hangnyomásszint a -24 dB-es értékre is lesüllyed. Ugyanakkor bizonyos frekvenciájú hangok váratlanul erősen hallatszanak, amit rezonátorhatással magyaráz-

hatunk. Ez a hatás indokolt is, mert a páholytér igen alacsony és mély kiképzésű.

A színházban uralkodó alapzaj szintje a régi faszékek állandó zörgése és a külső zajok elleni tökéletlen szigetelés miatt igen magas. Telt színházban a közönség »csendes« viselkedése mellett a zajszint az általunk használt relatív szintben mérve -25 dB és -30 dB között ingadozik. Ugyanakkor az utcán elhaladó autók dudálása általában szintén -30 dB. Kalibrált hangnyomás-mérőn mérve ez az érték 1000 c/s-en 2×10^{-2} μ bar körül van. A nézőtér zajszintje tehát a megengedett 5×10^{-3} μ bar értéknél jóval magasabb, és a földszint szélső soraiban az előadási hangot nemcsak zavarja, hanem sokszor el is fedi.

Mivel már a mérések előtt felvetődött a hangszórókkal való energiafeljavítás kérdése, végeztünk néhány kísérletet arra vonatkozólag is, hogy mennyire lehet a hangerőt hangszórókkal felfokozni anélkül, hogy a hallgató észrevenné, hogy nem csak a természetes hangot hallja. Üres teremben 250 c/s frekvencián $5-10$ dB hangerőjavulást sikerült létrehozni anélkül, hogy a hallgatók a hangszórók helyét meg tudták volna állapítani. A kísérletek során használt hangszórók karakterisztikája nem volt megfelelő, mert a 250 c/s frekvencián mutatott $5-10$ dB hangerőjavulás mellett 1000 c/s-en csak $3-6$ dB, 4000 c/s-en pedig csak $2-4$ dB volt a javulás értéke, de a hangszórók helyét egyik esetben sem lehetett megállapítani. Ezeknél a kísérleteknél 4 hangszóró volt a mennyezet szellőzőnyílásaiban elhelyezve. A jelenség magyarázatát nagyrészt a magassági irányhallás bizonytalanságában kell keresnünk, amelyhez azonban — különösen a nézőtér első soraiban — az azóta felfedezett Haas-effektus⁹ is hozzájárulhatott.

A megvalósult akusztikai átalakítások

A színház akusztikai képének megismerése utáni feladat azoknak az átalakításoknak a megtervezése volt, amelyekben keresztül az akusztika megjavítása elérhetőnek látszott. A feladatkör a mérések szétválasztása szerint hármasságú:

a) A visszhangok és interferenciák megszüntetése és az energia egyenletesebb szétosztása.

b) Az utözengési idő megnövelése és az utözengés frekvenciagörbéjének a magas hangok irányában való megemlése.

c) A nézőtér hangenergiaellátásának fokozása és az alapzaj szintjének csökkentése.

Az egyes feladatok megoldása rendszerint csak többfajta akusztikai átalakítás együttes alkalmazásával sikerül és ugyanaz az átalakítás egyszerre több megoldandó feladatot is befolyásol. Az átalakítás akusztikai terveit mégis célszerű volt az előző beosztás szerint rendszerezni, mert az egyes átalakítások mindig valamelyik konkrét feladat megoldásának kapcsán merültek fel. Az egyes feladatok megoldásának akusztikus tervei a következők voltak:

a) Diffúz falfelületek alkalmazása lehetőleg az egész színházban.

b) A nagy elnyelésű anyagok kicserélése kisebb elnyelésűekre. Falemez borítások alkalmazása. Elektroakusztikus utözengési idő meghosszabbítás.

c) A falemezbortítás meghosszabbítása a színpad dobogójáig és megfelelő proszcénium felületek kiképzése. A földszint hátsó sorainak, vagy a színpadnak a megemlése. Ezenkívül, ha szükségesnek mutatkozik, a földszint hátsó soraiban elektroakusztikus hangerősítés alkalmazása.

Az akusztikai átalakítások terve az 1951-es átépítés során nagyrészt megvalósult. Az alábbiakban a megtörtént átalakítás akusztikai adatait írjuk le, további kívánatos javításokról később emlékezünk meg.

a) A visszhangok és interferenciák megszüntetésére, valamint az energia egyenletesebb szétosztására a színház falait ú. n. diffúz felületekké alakítottuk. Az erkély fölötti térnek a falain kívül a mennyezet is ilyen kiképzést kapott. A középső térben az erkélyek között és a második emeleti erkély fölött $3,5$ m magasságig vonul végig a diffúzfal. Ez a megoldás feltétlenül jobb, mint a hangelnyelő anyagok alkalmazása, mert a visszhangok megszüntetése mellett a hangenergiát és az utözengési időt növelnünk kellett, nem pedig csökkenteni.

A diffúz fal $0,20-1,20$ m méretű függőleges tagolással készült szabálytalanul következő domború és sík felületelemekből áll (2. és 8. ábra). A tervezéskor gondosan ügyeltünk arra, hogy az egyes elemek között párhuzamos síkok ne forduljanak elő. A magas hangok szórásáról azáltal gondoskodtunk, hogy helyenként a nagyobb felületeken néhány cm-es méretű finom szerkezetű tagolást képeztünk ki. Az új falak 6 cm vastag, merevített gipszlapokból vannak összeállítva, amelyek a régi falak elé kerültek. A kettő között csillapításul üvegyapot tömítés van.

A hátsó fal az 1. ábrán látható íves rabitzszerkezet lebontása következtében 3 m-rel hátrább került, miáltal az erkély három sorral bővült. Az erkély oldalfalai viszont $1,60$ m-rel beljebb kerültek. Az egész erkély tehát keskenyebb és hosszabb lett, de a falak kiképzése miatt mégis rövidebbnek látszik (2. ábra). Az oldalerkélyek diffúz falsíkja a régi pillérek elé került, miáltal a csörgővisszhangot keltő tagolás teljesen eltűnt (5. és 8. ábra), a páholyajtók mögött keletkezett tereket pedig ruhatárnak lehet használni. Ezeknek a tereknek a csillapításáról szintén gondoskodás történt. A földszint hátsó fala enyhe formában szintén diffúz kiképzésű, amennyiben a vetítőkamrák falborítása ékalakúan van megoldva. Az eredeti tervek szerint ezt a részt is teljesen diffúzzá szándékoztunk tenni, azonban a földszinti hátsó páholyok átépítése és így ez a megoldás is elmaradt.

Az akusztikai tervekben szerepelt még a falak vízszintes tagolással való felbontása is, ami kétségkívül tökéletesebb diffúziót eredményezett volna, azonban esztétikai okok miatt nem valósulhatott meg és az utólagos mérések szerint nem is bizonyult szükségesnek.

b) Az elnyelési értékek csökkentése érdekében legjelentősebb lépés 470 m² felületnek fával való borítása. Fafal helyettesíti a földszint két oldalán

⁹ H. Haas, Acustica, 1 49—58 (1951).

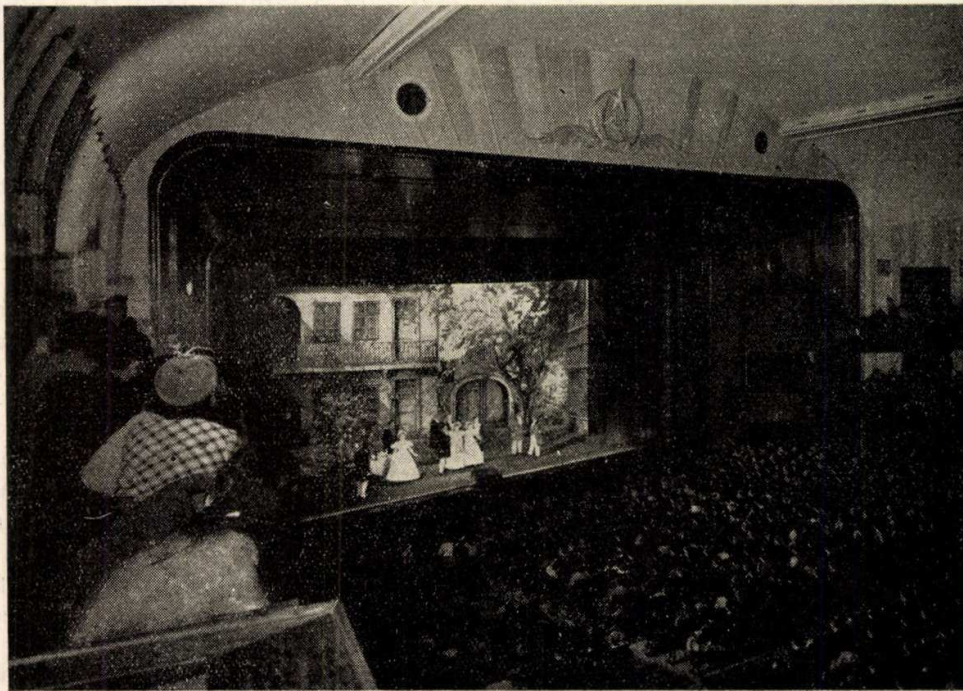
a bársonyfüggönyöket, faajtók kerültek a földszint hátsó kijárataihoz is, politurozott fára van kicserélve az összes bársonykönyöklő és végül fa került az új proscéniumfalakra, ahol azelőtt a nagy nyílások és a sok textilanyag meglehetősen nagy elnyelést okoztak. Az elnyelés csökkentése érdekében történt a mennyezet parafaborításának vastag bevakolása is.

Az utózengei idő meghosszabbítására szolgáló többi terv részben anyagtakarékosági okokból nem került megoldásra, mint a linóleum padlóborítás, részben pedig későbbi megfontolás tárgyát képezi, mint az elektroakusztikus utózenge-növelő.

A másik lényeges kérdés ebben a témakörben az utózengei idő frekvencia-görbéjének megeme-

mint egy hatalmas hangtölcsér. Kiképzése szempontjából erős rokonságot áruel *Kaufmann* régebbi színházmegoldásaival. Az egész proscénium rózsafagyökér falemezzel van borítva. A faborítás a zenekar padlójáig tart, továbbá áthidalja a proscénium páholynyílásokat és mind a színpadhoz, mind pedig a nézőtér faborításaihoz szilárd átkötéssel csatlakozik.

A falemezborítás az egész színházban egységesen 2,5 cm vastag a hajlítási rezgések rezonancia-helyének mélyebbre szorítása érdekében. A proscénium falemezborítása az újonnan felépített téglafaltól 4—6 cm távolságban húzódik erős lécvázhoz csavarozva. Az erkélymellvédek faborítása a régi betonerkélyre 2—3 cm légtér megtartásával van



8. ábra. A színpad és az új proscénium. Baloldalt jól látható az oldalerkélyek mögötti diffúz fal.

lése a nagy magasságú hangokra. Az eddig leírt módosítások ezt a célt is szolgálják. A diffúz falak következtében az ütközések okozta elnyelés nagyobb szerephez jut a levegő abszorpciójával szemben, mert a hangutak átlagos hosszúsága csökken. Ezzel a magas hangok levegő által okozott elnyelése is csökken és ezeknek a hangoknak az utózengei ideje megnő. Hasonlóképpen hangminőségjavító szerepe is van a színházba beépített 470 m³ faborításnak. A falemezek hangelnyelése hajlítási rezgések útján történik és a nagyobb hangelnyelés kis frekvenciákon következik be. A magas hangok kisebb elnyelése miatt tehát ezeknek a hangoknak az utózengei ideje megnövekszik.

c) A hangenergia megnövelése és egyenletes elosztása érdekében legjelentősebb lépés az új proscénium (8. ábra). Az új proscénium a színpadnyílás és a nézőtér között 7,5 méter hosszúságban épült. A határoló töretlen hangvetítő síkok minden hangenergiát a nézőtér energiaszegény helyeire terelnek: az egész proscénium olyan,

felelősítve. A lemez és a fal közé mindenütt üvegyapot csillapító anyag került. A földszinten kétoldalt téglafal nélküli tömör fafal fut végig, amit hátul ismét falemezborítás köt össze.

A nézőtéren körbefutó faborítás elsősorban a hangenergiaellátás szempontjából jelentős, ezenkívül azonban utózengejavítás és az interferenciák megszüntetése szempontjából is fontossága van. Az egész faborítás, amely a proscéniumon keresztül a zenekarral és a színpaddal szilárd összeköttetésben van, mint egy nagy rezonátorszekrény működik, amely a hangot jó hatásfokkal sugározza. Azonkívül mivel a hangkiszugárzás a fában elért nagy hangsebesség miatt a primér hanggal szemben az egész teremben közel egyidőben történik, az interferenciák keletkezését is megnehezíti. Említettük már, hogy a fán keresztül kapott hang minőségileg is jobb a magas hangok kiemelése miatt. A földszinti fafalak ezenkívül a nézőtér zajtalanítását is szolgálják.

Az eredeti javaslatnak lényeges pontja volt még

IV. táblázat

Az utózengési idő mp-ben mért értékei átépítés után a színház öt helyén

Mikrofon helye	125 c/s	250 c/s	500 c/s	1000 c/s	2000 c/s	4000 c/s	8000 c/s
A		4,5		3,92			
C		4,0	3,8	3,0	3,2		
C				3,17		3,64	4,0
D			3,92	3,3	3,55	3,8	
E	5,2	4,65	3,2	3,1	3,05	3,4	4,2
E	4,72	4,0	3,3,36	3,41	3,42		
F	4,8	3,85	3,72	3,2			
Közép-érték	4,9	4,2	3,6	3,3	3,3	3,6	4,1

a nézőtér hátsó sorainak vagy a színpadnak a megemelése. Az előbbi azért nem valósítható meg, mert a földszinti hátsó páholyok ezáltal használhatatlanná válnának, az utóbbi pedig később, a színpad általános átépítésekor jöhet számításba. A hangerősítő berendezést a színház opera- és zenekari előadások alkalmával nem használja, de ha ritkán prózai, operett vagy varieté előadásokra kerül sor, az erősítőre is szükség lesz. A hangszórók elhelyezésére az előrehozott proscénium homlokfalában kétoldalt két rejtett nyílás készült, amelyekből a földszint hangenergiaszegény helyei és az erkély hátsó sorai besugározhatók.

Mérési eredmények az új állapotban

A színház átépítése után az elsőhöz hasonló mérésorozatot végeztünk, hogy objektíve is meggyőződjünk a javulás mértékéről. Az eredményeket az alábbi felsorolásban foglaljuk össze.

a) A visszhangok közül az átépítés előtti első és második jelentkezett, de a második lényegesen kisebb intenzitással, füllel nem észrevehetően. Az első visszhang megjelenése természetes, hiszen a színpad az átépítés során változatlan maradt. Bedíszletezett állapotban ez a visszhang úgymint elmarad. A második visszhang kimutatása valószínűleg azért lehetséges, mert a földszint hátsó falán nem olyan mértékű a diffúz falszerkezet alkalmazása, mint máshol. A színház összes többi visszhangjait, beleértve a csörgő visszhangokat is, a diffúz falak alkalmazásával teljesen sikerült megszüntetni. A színház legnagyobb akusztikai hibája ezzel teljesen eltűnt. Ezt a tényt annál jelentősebbnek kell tartanunk, mert tudomásunk szerint hasonló nagy színházban diffúz falak alkalmazását eddig külföldön sem kísérelték meg. E tekintetben tehát a Városi Színház átalakítása kezdeményezés.

b) Az utózengési idő meghosszabbítása a vártnál valamivel nagyobb mértékben jelentkezett, ami annak tulajdonítható, hogy a mennyezet parafaborításának bevakolása nagyobb szerepet játszott, mint eredetileg gondoltuk. Ilyen módon elértük, hogy a jelenlegi utózengési idő 1000 c/s frekvenciára üres állapotban 3,3 mp. A mért utózengési időket a IV. táblázatban foglaltuk össze és a 9. ábrán mutatjuk be. Az utózengési idő számításához az V. táblázat tartalmazza az adatokat. Üres állapotban 1000 c/s frekvenciára

$$V = 20\ 300 \text{ és } \Sigma F_i Q_i = 997$$

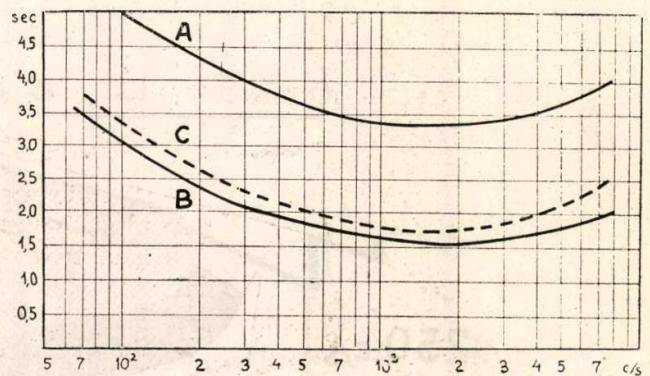
telt házban pedig

$$V = 20\ 000 \text{ és } \Sigma F_i Q_i = 2070$$

tehát

$$T = 0,161 \frac{20\ 000}{2070} = 1,56 \text{ mp}$$

azaz az új közönséglétszám és légköbméterszám alapján telt házra átszámítva az utózengési idő 1,56 mp. Nem kétséges, hogy az utózengési idő további növelésére még szükség van, mert ebben az állapotban a Verdi- és Wagner-operák utózengés szempontjából még kívánnivalót hagynak hátra.



9. ábra. Az utózengési idő frekvenciagörbéi az átépítés után. Az A görbe az üres teremben végzett mérések eredménye, a B görbe a telt teremre átszámított érték. A C görbe az ideális utózengési időértékeket szemlélteti, amit már elég jól megközelítettünk.

V. táblázat

Abszorpcióértékek az átépítés után 1000 c/s frekvenciára

A n y a g	F_i	α_i	Q_i	$F_i Q_i$
Függöny és drapéria összesen.	10 m ²	0,35	0,43	4
Páholynyílások a földszinten hátul	35 «	0,3	0,36	13
Proscéniumnyílások	25 «	0,3	0,36	9
Szőnyeg fapadlón	250 «	0,22	0,25	62
Szőnyeg parafapadlón	32 «	0,25	0,28	9
Textilanyag fatáblákon	80 «	0,15	0,15	12
Bárony székhát	130 «	0,35	0,43	56
Kőpadló	kb 500 «	0,05	0,05	25
Parafaborítás a padlón	120 «	0,2	0,22	26
Padló az erkélyen	330 «	0,13	0,13	43
Színpadli dobogó	260 «	0,13	0,13	34
Színpad falai	kb 360 «	0,09	0,09	32
Zsinórpadlás	kb 180 «	0,6	0,0	162
Függöny (széthúzva)	10 «	0,35	0,43	4
Zenekar üresen	60 «	0,25	0,28	17
Faajtók az oldalerkélyen ...	60 «	0,13	0,13	8
Mennyezet	kb 1200 «	0,09	0,09	108
Falak	kb 900 «	0,09	0,09	81
Faborítás a nézőtérén	224 «	0,13	0,13	29
Faborítás a proscénium falon.	246 «	0,13	0,13	320
Emeleti lépcsők	kb 220 «	0,09	0,09	20
Színházi faszékek	2170 db	0,04	0,04	87
Báronyszékek	345 «	0,3	0,36	124

Összesen : .. 997

Közönség (ülőhelyek elnyelése levonva)	2515 fő	0,32	0,4	1005
Zenekartöbbség	60 «	0,32	0,4	24
Díszletezés	kb 200 m ²	0,2	0,22	44

Összesen : .. 1073

Mind a mérések, mind pedig a megfigyelések szerint az egész nézőtéren nagyon jó az érthetőség. Ez egyaránt vonatkozik szólóénekekre és karénekekre. Az érthetőség a földszinti páholyokat és a földszint utolsó két-három sorát kivéve az egész színházban egyenletes.

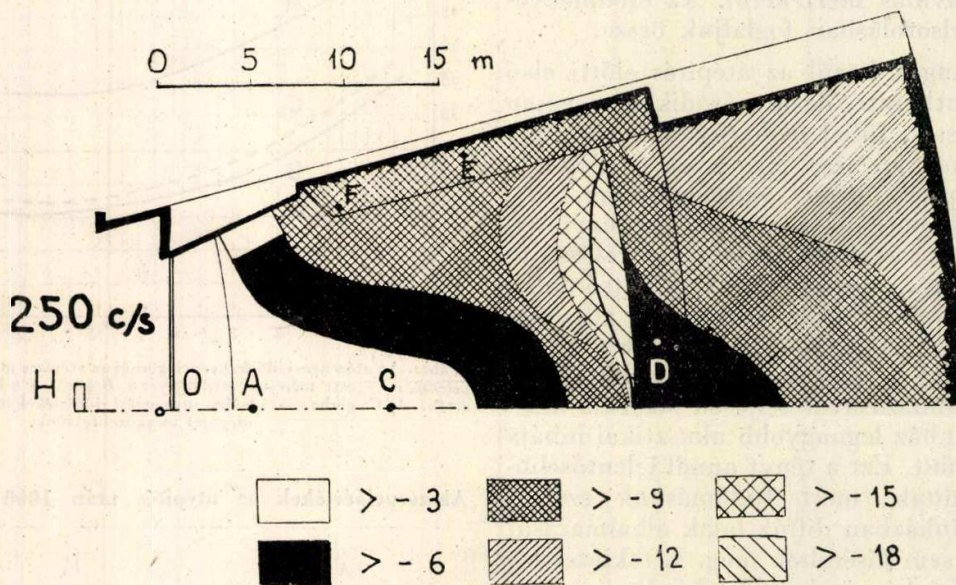
Bár az utóhangidő nem érte el az optimumot, a frekvenciafüggés megváltoztatása örvendetes javulást mutat. A magas hangok kiemelése a kívánt mértékben megtörtént (9. ábra) és az egész színházban szép, csillogó hangszín uralkodik. Ez némileg még ellensúlyozza is az utóhangidő rövidségét.

c) A hangenergia-ellátás lényegesen javult, de nem lett tökéletes. A rossz helyek közül teljesen rendbejött az erkély két hátsó szektora, az oldal-erkélyeken pedig lényeges javulás mutatkozik. Nagymértékben javult a földszint oldalsó ülései-

További javítási lehetőségek

Mint az előzőekből kitéjük, a színház 1951-es átépítése lényeges akusztikai javulást eredményezett. Két pontban maradt hátra némi kívánni való, és pedig az utóhangidő hossza és a földszint hátsó soraiban az energiaellátás tekintetében. Az utóhangidő meghosszabbítása céljából meg kell valósítani a most elmaradt linóleumborítást a földszint padlóján és mindazokon a helyeken, ahol jelenleg szőnyeget alkalmaznak. A páholyok padlójára gumiszőnyeg kerülhet. Mindez azonban nem lesz elég a 0,3 mp-es utóhangidő növeléséhez.

Az utóhangidő szabályozható meghosszabbítására a berlini Állami Operában Vierling által alkalmazott elektroakusztikus eljárást¹⁰ találok megfelelőnek, mert ezzel az utóhangidő tetszés szerint meghosszabbítható anélkül, hogy a hang erősségén



10. ábra. A hangnyomás eloszlása átépítés után 250 c/s frekvencián. A hangszórók H helyben állnak, a 0-dB szint O-ban mérhető. A, C, D, E és F utóhangidő mérési helyek.

nek hangenergia-ellátása is. Nem észlelhető lényeges javulás a földszinti hátsó páholyokban és aránylag kevés javulás tapasztalható a földszint utolsó soraiban. A mérési eredményeket 250 c/s-re a 10. ábrán tüntettem fel. A 6. ábrával való összehasonlítás mutatja a javulás nagy mértékét.

Általános megfigyelés, hogy a zenekar az énekesek hangjánál lényegesen erősebben hallatszik, különösen ha az énekesek a színpadon hátul állnak. Ennek az oka a rendkívül alacsony színpadnyílás. A proscéniumfal erősítő hatása a 7,5 m magas, sőt a belógatott díszletekkel néha 6,5 m-ig letakart színpadnyílás miatt nem érvényesülhet a hátul álló énekesekre, a zenekar hangját viszont ugyanakkor nagyon jól erősíti.

Ehhez a kérdéscsoporthoz tartozik az alapzaj szintjének a csökkentése is. Ezen a téren a földszinti faajtók jó eredményt hoztak és a székek zörgését is sikerült némileg csökkenteni. A zajszint átlagos csökkenése a nézőtéren 5—8 dB, azaz a nézőtér zajszintje a megengedett $5 \times 10^{-3} \mu\text{bar}$ értéket nem haladja meg lényegesen.

vagy minőségén változtatnánk. A természetes hangot mikrofonnal felvesszük, majd egy különálló, erősen utóhangzó helyiségbe vezetjük és ott szét-sugározzuk. Ezt a másodlagos, tetszőleges utóhangidőre beállított hangot ismét mikrofonba vesszük, és hangszórókon a nézőtérre szórjuk.

A módszer előnye, hogy kis hangerőt használhatunk, tehát a hangszórók jelenléte a közvetlen hangot nem befolyásolja. A hangszórókból adott hang csak akkor kezd érvényesülni, amikor az elhalás következtében az elsődleges hang legyengül. Az elhalás további folyamán a hosszabb utóhangidős hangszóróhang hallatszik, de olyan kis hangerővel és olyan rövid ideig, hogy nem vehető észre. Utóhangidő javításra két hangszórót használnánk és ezeket a proscénium homlokfalán levő nyílásokban helyeznénk el.

A nézőtér hátsó sorainak energiajavítása szempontjából továbbra is fontosnak tartom a hátsó páholyok mélységének csökkentését. A hátsó páholyfalakat legalább egy méterrel előbbre kell

¹⁰ O. Vierling, Akust. Zs. 6. 36 (1941).

építeni. A hangerőjavítás biztos eszközének ígérkezik a színpadi dobogó 30 cm-es megemelése, vagy ami sokkal helyesebb, az egész nézőtérnek a színpaddal együtt való lesüllyesztése. Utóbbi esetben a nézőtér hátsó sorai maradnának a régi szinten, a lejtés lefelé a helyes szerkesztés szerint történnék, miáltal az első sor a mai szintnél kb. 60 cm-rel mélyebbre kerülne. A színpad szintje is ebben a mértékben süllyedne, ami a mai színpadnyílás magasságát 60 cm-rel emelné. Ezáltal a proscénium hangerősítő hatása az énekhangra is jobban érvényesülne.

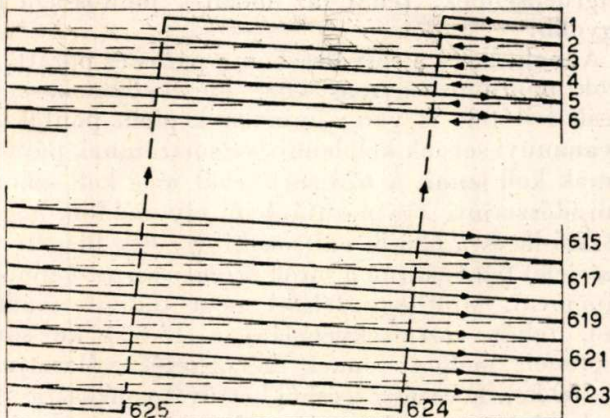
Már a színház mai állapotában is felesleges a hangerősítőberendezés használata, de a további javítások után még inkább mellőzhető. Amennyiben az erősítőberendezés prózai vagy varieté-előadások alkalmával mégis használatba kerülne, a gépi hangot csakis az energiaszegény helyek besugárzására szabad használni és legfeljebb a természetes hang erősségével egyező erősségre beállítani. Az elektroakusztikus berendezésnek legalább 10000 c/s-ig lineáris átvitelűnek kell lennie, különben a hangerőjavítás mellett a mostani szép hangszínt elrontja.

A távolbalátás vezérjelkeltői

NEMES TIHAMÉR

Vezérjeleknek nevezzük a távolbalátó adóállomás által kisugárzott olyan jeleket, melyek lehetővé teszik, hogy a vevőkészülékek képosztása pontosan együttjárjon az adóéval. Tágabb értelemben a vezérjelek közé kell sorolnunk az adóállomás saját berendezései számára szolgáló együttjáratási jeleket is, pl. a képfelvevők terelőinek, kioltóinak, stb. kioldójeleit.

Az 1950. augusztusában tartott genfi kongresszus az egységes európai távolbalátás számára a kép sorainak számát 625 sorban állapította meg. Az egész képmező végigpásztázását az 1. ábra

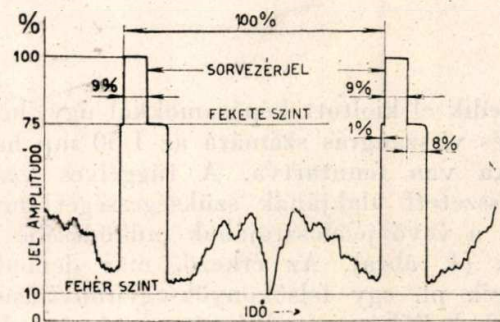


1. ábra

mutatja. A letapogató katódsugár csúcsa balról jobbra haladva írja le a sorokat, melyek felülről lefelé következnek egymásután. Ha az ábrán követjük a nyilak irányát, a sorváltás elvét azonnal megértjük: a páratlan sorok befutása végén a 625-ik sorról a sugár visszaugrik a páros sorokra s ezeket befutván a 624-ikről újra az elsőre. Minthogy egy teljes kép számára 1/25 mp van fenntartva, a függélyes visszaugrások száma mp-ként 50-nek adódik. A sorfrekvencia pedig a fentiek alapján $25 \times 625 = 15,625$ kc és ez tizedperiódusnyi pontos-

sággal tartandó be. A kép szélességének a magasságához való viszonya 4 : 3.

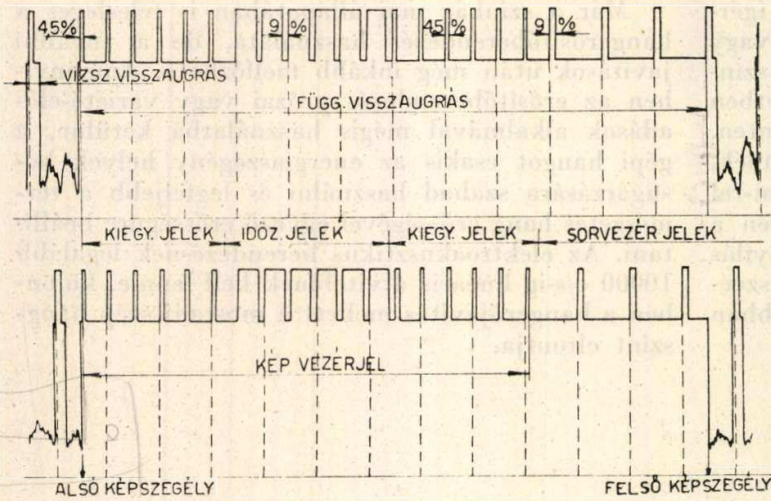
Valamennyi képjel, tehát a képtartalmat átvivő tulajdonképpeni képjelek és az együttfutás számára kiadott vezérjelek amplitúdó-modulálással kerülnek kisugárzásra. A moduláló feszültség oszcillogrammját a 2. ábra mutatja. A modulálás *negatív*, azaz a fehér képrészleteknek gyengébb feszültség felel meg, mint a feketéknek. A legvilágosabb fehéret a teljes amplitúdó 10%-ban állapították meg. A modulálási amplitúdó 75%-a ($\pm 2,5\%$) a teljes sötétségnek felel meg, ez a fekete-szint. A vezérjelek számára megmarad a felső 25%. A negatív moduláció előnyei: 1. az adóállomás jobb hatásfokkal működtethető, 2. zavaró zörejek fekete pontok alakjában jelentkeznek és ezek kevésbé



2. ábra

kellemetlenek, mint a felvillanó pontok, 3. önműködő erősségszabályozás és 4. önműködő fekete-szint-állítás a vevőben kedvezőbben alakul, 5. interkarrier vétel zavartalanul kivihető, mert a vezérjelek tartama alatt is van vivőáram. (Az interkarrier-vételt egy későbbi cikkben fogjuk ismertetni.)

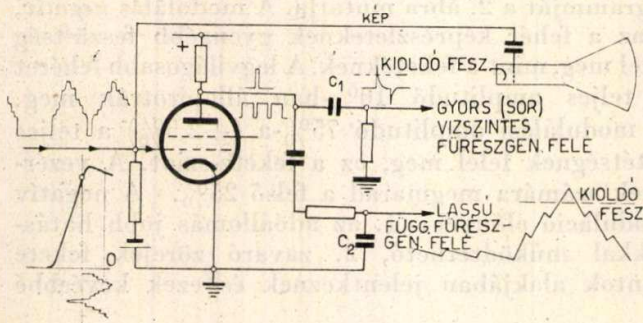
Mint a 2. ábrán látható, a sorvezérjel egyszerű négyszög-impulzus, melynek tartama a soridő 9%-a. A jel a sorkioltó jelen helyezkedik el, ennek tartama a soridő 18%-a. A kioltójelekre azért van



3. ábra

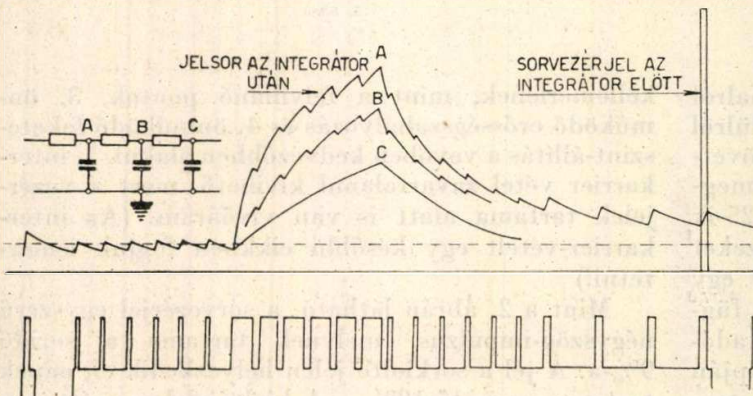
szükség, hogy visszaugrás alatt a képfelvevőben keletkező zavaró lökések megsemmisüljenek.

A függélyes terelés vezérjele (3. ábra) már sokkal bonyolultabb. Kétszeres sorfrekvenciával hat kiegyenlítőjel után hat széles jel következik, melyet újabb hat kiegyenlítőjel követ. E teljes csoport előtt még három, utána kb. 15 normális sorjel (az ábrán ezekből csak három van feltüntetve)



4. ábra

helyezkedik el kioltott képáramokkal úgy, hogy a függélyes visszaugrás számára az 1/50 mp hat-tíz százaléka van fenntartva. A függélyes vezérjel ilyen összetett alakjának szükségességét megértjük, ha a vevő jelelosztójának működésébe tekintünk (4. ábra). Az érkező, már demodulált jelkeverék pl. egy felsőkönnyök-egyirányítású cső (tetróda) kellőképpen előfeszített rácsára kerül.



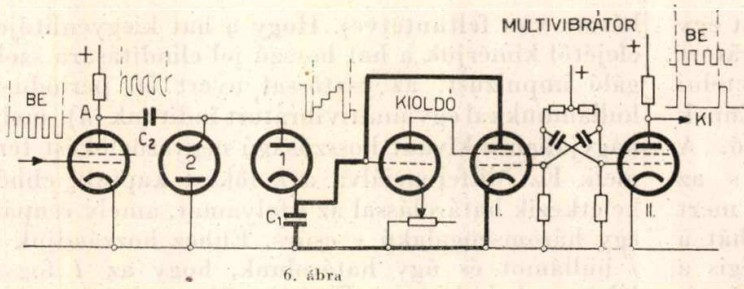
5. ábra

A cső anódkörében már csak a vezérjelek maradnak meg és most a C_1 kondenzátor, mely differenciáló kapcsolásban van, csak a sorvezerjeleket (illetőleg ezek éleit) engedi át. Ezeket vezetjük a vevő sorfűrészfog-generátorába, mint kioldó jeleket. A C_2 kondenzátor viszont integráló kapcsolásban van, tehát a sorvezerjelekre csak elhanyagolható kis feszültségemelkedésekkel reagál, viszont a hat hosszú jelre megtöltődik és elérve a kioldó feszültséget, a függélyes fűrészfog-rezgést kiváltja. Elvben egyetlen hosszú lökés elég volna vezérjelül, de közben nem szabad kimaradni a sorjelvezérlésnek. Ehhez ugyan elég volna sorfrekvenciás hézagokat hagyni a hosszú jelben, ámde a sorváltás miatt kénytelenek vagyunk kétszeres sorfrekvenciás jeleket adni az egész függélyes vezérjel tartama alatt. A sorváltás

folytán ugyanis a páros és páratlan sorokból álló képek végén a sorvezerjelek a függélyes vezérjelhez képest más fázisban vannak (3. ábra felső és alsó kép) és ha azt akarjuk, hogy a töltődési görbe (4. ábra jobb alsó sarok) mindig egyforma maradjon, vagyis ugyanazon idő alatt érje el a kioldó feszültséget — és így a páros és páratlan sorok pontosan egymásközé helyezkedjenek — akkor minél több egyenlő impulzust kell a hosszú jel elé és mögé helyezni, hogy a fáziskülönbségből keletkező időkülönbséget elsimítsák. A 180 fokos fáziseltolás »kitöltésére« csakis a kétszeres frekvencia (vagy ennek többszöröse) felel meg. A pontosságot többszörös integrálással lehet fokozni (5. ábra). Ezáltal a töltődési feszültség ugyan kisebb lesz, de a görbék simábbak és kongruensebbek, tehát az időzítés pontossága is nagyobb.

Annak, hogy a sorváltásban a páros és páratlan sorok pontosan egymás közé illeszkedjenek, egy másik feltétele is van: minden képben pontosan ugyanannyi sornak kell lenni és e sorszámnak páratlannak kell lenni. A 625 sort tehát meg kell számlálni időszerinti egymásutánban oly módon, hogy a 312,5-ik és a 625-ik váltson ki egy-egy függélyes vezérjelet (az 1. ábrán a sorok helyük szerint vannak számozva). Minthogy félsort nem tudunk számlálni, tehát vezérfrekvenciául a 15,625 kc sorfrekvencia helyett ennek kétszeresét választjuk (31,250 kc). E vezérregzésből kettővel való osztással megkapjuk a sorfrekvenciát, négyszer egymásutáni öttel való osztással pedig a függélyes vezérjel rezgésszámát.

Rezgésszám-osztó jól bevált példáját tünteti föl a 6. ábra. Az A erősítő rácsára vezetjük az osztandó rezgést, mely négyoszloplökések adott rezgésszámú sorozatából áll. A C_2 kondenzátoron és I diódán át a C_1 kondenzátor minden lökéstől tovább töltődik, mert az I dióda a visszafolyást megakadályozza. A 2 dióda azért szükséges, hogy a C_2 -t minden egyes lökés után kisüsse, mert ha ezt elmulasztanánk, akkor a töltve maradó C_2 nem tudna lökéseket átadni a C_2 -nek s az első

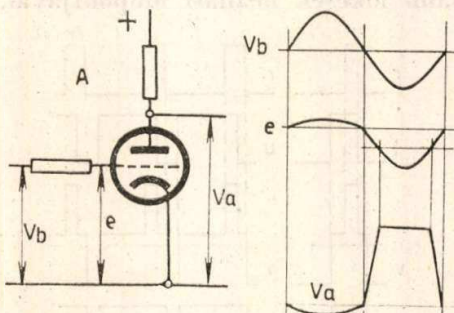


6. ábra

lökés után a többitől a C_2 feszültsége nem növekedne.

Ha a C_1 feszültsége eléri a potencióméteren beállított előfeszültséget, akkor a kioldó trióda vezetni kezd s ezáltal a multivibrátor II csövének rác-feszültségét negatív irányban teljesen eltolja, e cső tehát szigetelni kezd s az I csövet hirtelen vezetővé teszi, miáltal a C_1 kondenzátor kisül. Ezután a multivibrátor önmagától visszabilen kezdőhelyzetébe, azaz: I szigetel, II-vezet. A II cső anódjáról levett lökés sorozat rezgésszámát tehát egészszámmal való osztással kaptuk a bemenő rezgésekből (az ábrán minden negyedik bemenő lökésre esik egy kimenő). A potencióméter állításával elvben tetszőleges számot beállíthatunk, azonban a C_1 feszültsége a telepfeszültség fölé nem emelkedhet és amint töltődik, a C_2 -re jutó adagoló feszültségkülönbség folyton csökken, a feszültséglépcsőfokok fölfelé mindinkább kisebbednek, ezért e berendezéssel pontos kioldási küszöb beállítása lehetetlen és kb. 13 fölé nem szokás az osztást beállítani. A 625-tel való osztást tehát négy ilyen berendezés egymásután kapcsolásával érjük el, melyek mindegyike 5-tel való osztásra van beállítva.

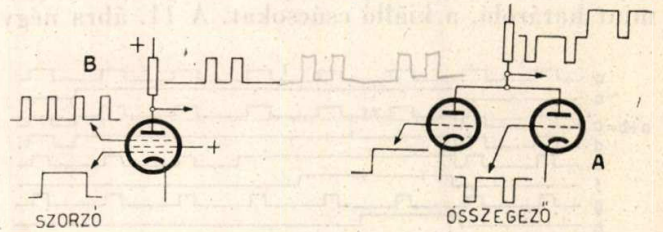
A fenti módszerrel bármilyen, egymással merev kapcsolatban lévő egyenletes lökés sor-vonulatot előállíthatunk. Az összetett vezérjel képzéséhez azonban még néhány, az impulzustechnikából ismeretes elektronikus gépelemre van szükség, ezek: a határoló, a szorzó és összegző rendszerű keverő, a késleltető és a már vázolt multivibrátor.



7. ábra

Kétoldalt is határolhatunk a 7. ábra szerinti egyszerű kapcsolással: pozitív irányban a rác, negatív irányban az anódoldal határol. A 8. ábra szorzó keverő. Ha ugyanis a vezérrácsra és a fékrácsra két különböző feszültség folyamatot kapcsolunk, úgy, ha valamelyik ezek közül 0, akkor a másik sem tud átmenni az anódoldalra (0 alatt

olyan nyugalmi előfeszültséget értünk, amely az anódáramot zérussá teszi) »Kapu«-nak is szokás nevezni, mert mint az ábrán látható, ha a fékrácsot állandóan 0-án tartjuk, akkor az impulzusvonalat nem tud átmenni, de mihelyt a fékrácsnak megfelelő pozitív lökést adunk, például két impulzust átengedhetünk. Ennek fordítottját is megtehetjük, ha a fékrácsot állandóan pozitívan tartjuk: ekkor ugyanis negatív jelekkel az állandóan átvonuló impulzusokból tetszés szerinti számút tetszés szerinti időben »kiírthatunk« s ezért ezt »excerpt« kapcsolásnak is nevezik a számoló és logikai gépek technikájában. Szokásos még az idegrendszer élettanából átvett »inhibíció« kapcsolás elnevezés is.

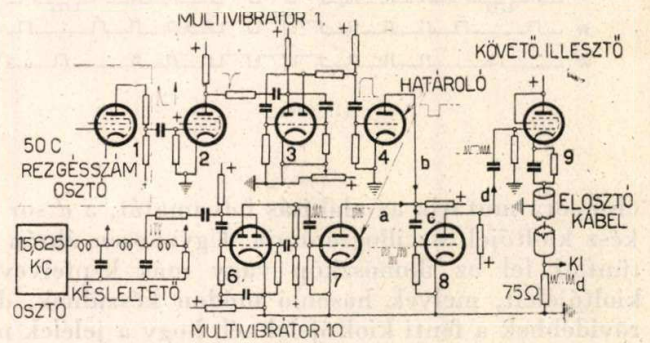


8. ábra

9. ábra

A fenti műveleteket az összegző is elvégzi (9. ábra), ha utána határolót alkalmazunk. Mechanikailag kétkarú emelőnek felel meg, amelynek forgáspontját használjuk fel a jel továbbítására.

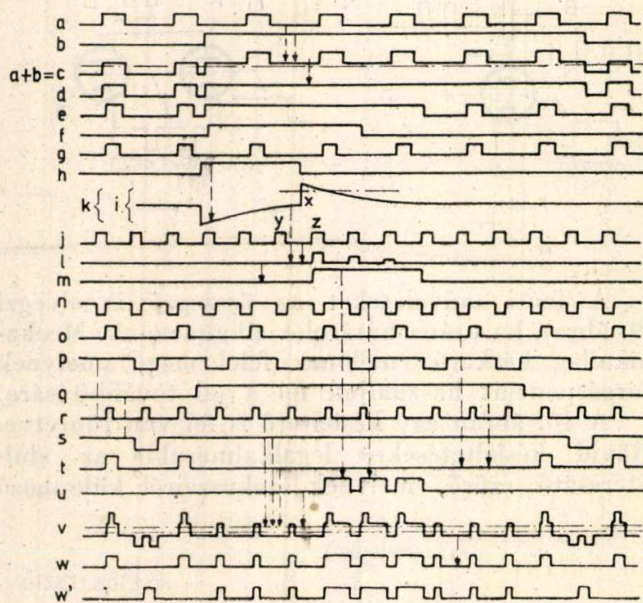
A 10. ábrán egy késleltető is fel van tüntetve. Rövid késleltetésekre legalkalmasabb az aluláteresztő szűrő, melynek szakaszairól különböző



10. ábra

késések vehetők le egyszerre. A késés egy szűrőszakaszon $t = \sqrt{CL}$. Az ábra egyúttal bemutatja, hogy a képkioltójelek képzése hogyan történik. A fűrészfogrezgések visszaugrása alatt, mint már említettük, a képáramokat töröljük, mert ilyenkor valódi képáramok úgy sincsenek s helyettük fellépő zavarólökések a vezérjelek szabályos alakját elrontanák. A függélyes kioltólökés 50 rezgésszámú, a vízszintes 15625, az előbbi frekvenciát levesszük az utolsó ötös rezgésszám-osztóról, az utóbbit egy kettővel osztó rendszerről a vezérfrekvenciából. Minthogy a kívánt kioltójeleknek megszabott hosszuk van, ennek beállítására multivibrátorokat

kell közbeiktatni. Az 50 periódusú lökésorozat egy visszahatást gátló 2 csövön át a 3 multivibrátort billenti át úgy, hogy a második csöve szigetelni kezd s az anódról pozitív lökés vehető le. Ennek tartama a rácspontencióméterrel beállítható. A multivibrátor ezután magától visszabilen s az első csöve 1/50 mp-nél hosszabb ideig szigetel, mert időkonstansai úgy vannak megválasztva. Tehát a multivibrátor, bár egymagában is járna, mégis a bemenő rezgés által vezéreltetik. A kétoldali határoló 4 cső tehát már a helyes időtartamú kioltó lökéseket viszi át és levágja a kondenzátorokozta legömbölyödéseket. A sorkioltók képzése hasonlóképpen a 6 multivibrátor és 7 határoló révén történik. A késleltető céljáról alább lesz szó. A 4 és 7 cső összegzőkapcsolásban van (közös anód), összeadja tehát az a és b rezgéseket, a 8 cső pedig levágja, mint határoló, a kiálló csúcsokat. A 11. ábra négy



11. ábra

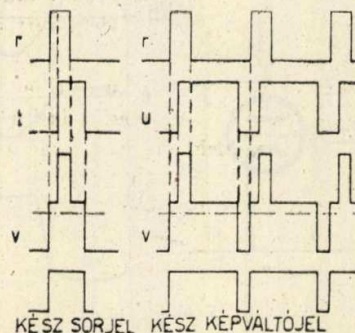
első sora mutatja az alakítás folyamatát, a d sor a kész kioltójel oszcilogrammja. Ugyanezen ábrán e tünteti fel az ikonoszóp vagy más képfelvevő kioltójelait, melyek hasonló módon készülnek, de rövidebbek a fenti kioltójeleknél, hogy a jelélek ne kerülhessenek az adásba. Ugyanilyen okból a képfelvevő visszaugrató jelei (f, g) is rövidebbek a saját kioltójeleinél. Minthogy nemcsak a jel végét kell megrövidíteni, hanem az elejét is, erre valók a késleltetők, melyek által a jelhomlokok egymáshoz képest tetszés szerint eltolhatók.

Ha hosszabb késleltetésre van szükség, akkor nagy önindukciós tekeréseket csinálni nem volna gazdaságos s ilyenkor multivibrátoros késleltetés inkább megfelel, minthogy azonban ez nem szolgáltat pontos időtartamot, nem közvetlenül használjuk fel a jel végét, hanem az alábbi módon: Ilyen hosszú késleltetés fordul elő a függélyes visszaugratás vezérjelenek előkészítésekor, amikor a hat bevezető kiegyenlítőjel után a hat hosszú jelet kell elindítani (a 11. ábrán w és w' a kész vezérjel; egyszerűség kedvéért hat-hat jel helyett csak három-

három van feltüntetve). Hogy a hat kiegyenlítőjel elejétől kimérjük a hat hosszú jel elindítására szolgáló impulzust, az osztással nyert 50 periódusú hullámunkkal egy multivibrátort indítunk (h), mely nagyjában a kívánt hosszúságú négyszöglökést termeli. Ezt differenciálva a k lökést kapjuk, ebből keletkezik határolással az i folyamat, amely csupán egy háromszögalakú x csúcs. Ehhez hozzáadjuk a j hullámot és úgy határolunk, hogy az l fogyó lökésor keletkezzen. Ezek közül az első (a többi azután már hatástalan) elindít egy multivibrátort, mely olyan időtartamú lökést termel, amely a hat hosszú jel időtartamával közelítőleg egyenlő. Látjuk, hogy az x lökés idejének nem kell pontosnak lennie, mert bárhova is esik y és z közé, mindig $z-t$ fogja kiemelni s így az l által vezérelt m jel indulása pontos lesz. Ebből az m jeltől az n hozzáadásával éa határolással készül az u hullám, azaz a hat hosszú szinkronizáló jel. Az n nem egyéb, mint a szinkronizáló hosszú jelek közti hézagok megszakítatlan sora.

Az o hullám a sorvezérjeleknek még egyelőre teljes vonulata; külön multivibrátor adja a q jelet, mellyel kiirtjuk az o -ból a függélyes vezérjel számára fenntartott darabot s kapjuk a t hullámot. Most még hátravannak a kiegyenlítőjelek. Ezek megszakítatlan sorát a vezérosszcillátor által hajtott multivibrátor képzi (r). Ezeket elég volna csupán a »szolgálati« idejükre bekapcsolni, de mivel az a céljuk is van, hogy az összes jelhomlokokat rendbehozzák (l. alább), csupán minden másodikat kell kioltani a »szolgálati« idejükön kívüli időszakban! Erre való a p kioltójelek teljes vonulatából kitörőln. q -val a függélyes vezérjelre eső részt, miáltal az s hullámot kapjuk. Ezt és $r-t$ és $u-t$ összeadva a v hullám áll elő, melyről már csak a kiálló részeket kell alul-felül levágni, hogy a kész (w, w') vezérjeleket megkapjuk.

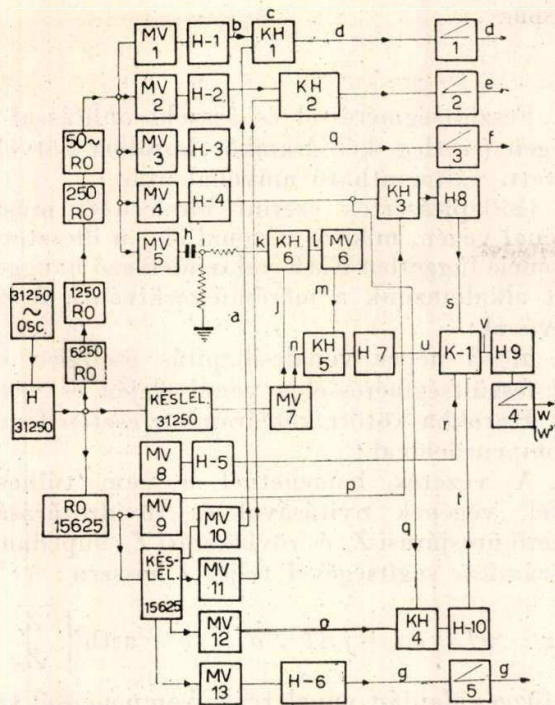
A 12. ábra világosabban feltünteti, hogy miképp történik az r jeleknek valamennyi jel elejére való felrakása. Minden jelhomlok helyébe az r jelek homloka kerül s ezáltal minden jel beállási időpontja a lehető legpontosabb lesz, mert egyezik a leggyorsabb lökések beállási időpontjával.



12. ábra

A jelenlegi európai szabvány elvetette a hálózattal való együttfutás kényszerét. Elmarad tehát az a szabályozókészülék, amely az adóállomáson a vezérjelek vezérosszcillátorának rezgésszámát változtatta. Nincs is erre szükség, mióta a mágnes-terelésű vevőkatódsugárcsövek vannak divatban,

mert ezek katódja lévén földelve, rácsukra nem hat a szűrőkből átszivárgó hálózati feszültség (ugyanaz a helyzet természetesen, ha a rács van földelve



13. ábra

MV = multivibrátor, RO = rezgésszám-osztó,
H = határoló, K = keverő, < = erősítő

katódvezérlés mellett). A 13. ábra mutatja az egész vezérléskeltő berendezés elrendezését. A jelenlegi körülmények között olyan esetek is előfordulhatnak,

hogy a külső közvetítés saját vezérlésgenerátora nem a közös erősáramú hálózathoz táplálkozik, sőt egyáltalán nincs is összeköttetésben a hálózattal, mint pl. az újságtudósítói kis kézi felvevő kamrák esetében, ahol a vezérléskeltőt a telepekkel együtt könnyű hátizsákban viszi magával a riporter. Ilyenkor, ha át kell kapcsolni a helyi studióból a külső közvetítésre, vagy két külső közvetítésről egymásra, a vezérléskeltő természetesen ugrásszerűen megváltozott fázisban és rezgésszámban éri a vevőt, t. i. egy, az előzőtől teljesen független jelrendszer kerül hirtelen kisugárzásra. Ezáltal a kép kiesik az együttfutásból s míg magától helyretalál, függélyes irányba rohanó képeket látunk, mint mozi-előadáson perforációs szakadások. Ennek elhárítására szolgál a Genlock rendszer, amely a helyi adó vezérlő szabályzórendszer révén a külső felvevő vezérléskeltőjével. Ez két szabályzóból áll, egyik a vízszintes, másik a függélyes vezérléskeltő számára. Az előbbi összehasonlítja a külső és helyi sorjeleket s egy diszkriminátorral egyenáramú hibajel termel, amely egy reaktanciacső segítségével a helyi vezérlőoszillátort addig állítja, míg rezgésszáma (és fázisa) meg nem egyezik a külső vezérléskeltőjével. A függélyes jelek szabályzója szintén összehasonlítja, de meg nem egyezés esetén itt csak pozitív lökés lép fel, amely a helyi oszcillátor legalacsonyabb osztó multivibrátorára hat (tehát 625 soros rendszerben a leglassúbb 5-ös osztóra) oly módon, hogy azt hamis számlálásra készíti. Ezáltal ugrásszerűen közeledik a helyi fázis a külsőhöz és mikor végül fázisba kerültek, a hibajel megszűnik. Tapasztalat szerint az elméleti maximális 1,5 mp szabályozási időnél sokkal hamarabb beáll a teljes együttfutás.

A híradástechnika 1952. évi Kossuth-díjasai

DR. SELÉNYI PÁL tudományos kutatásaiban, ipari fejlesztési és feltalálói munkásságában a vákuumtechnikának és elektronikának az utóbbi 30 évben tett jóformán egész haladása tükröződik. Főbb eredményei voltak a vákuumizzólámpa elektrofizikájának tisztázását, a thorimuos izzókatód első hazai készítése, az üveg fizikai tulajdonságainak vizsgálata és az üveg-elektrolízis új módszerének felismerése, a vörös fényre is érzékeny nátrium-fotocella előállítás. Újfajta katódsugárcsővet szerkesztett, amely egyrészt a storage-, vagy memory-tube ősenek tekinthető, másrészt — az egész berendezésnek a csőből a szabad levegőbe való kihelyezésével — az elektrografikus feljegyzési módszer feltalálásához vezetett. Végül a szelén-fényelemen és a szelén egyenirányítón végzett vizsgálatokat és megalapozta az utóbbi hazai gyártását. Legnevezetesebb tudományos eredménye a nagyszögű interferencia-jelenség felismerése, amely a duális természetű fény hullámtermészetének egyik legkézzelfoghatóbb és legismertebb bizonyítéka. Mélységesen ragaszkodik tanítói hivatásához, amelynek folytatását az egyetemen majdnem 30 évi megszakítás után népi demokráciánk tette számára lehetővé.

ÁCS ERNŐ jelenleg mint a Műszeripari Kutató Intézet igazgatója és a Geofizikai Műszergyár főmérnöke a műszeripar területén végez munkát.

1929 és 34 között a Tudományegyetem Fizikai Intézetében kidolgozott két új módszert az elektrolitek magasfrekvenciás vezetőképességének meghatározására, háromméteres hullámhossz mellett Falkenhagen—Debye effektus kimutatására.

1947-ben bejelentette a nyugati irányzattól teljesen eltérő és a gazdaságosság határain belül az elektronikát is alkalmazó aut. távbeszélő központra vonatkozó találmányát, melynek alapján jelenleg kivitelezés stádiumában van az első gyakorlati felhasználásra kerülő ezres központ építése.

1949-ben került helyettes igazgatóként a Geofizikai Intézetbe, 1950-ben megjelent tanulmányában a földi mágneses tér gradiens-komponenseire vonatkozólag két új tételt vezetett le és egy műszerkonstrukcióba fogott, amely jelenleg is folyamatban van.

Munkatársaival a közelmúltban fejezte be a 24 csatornás reflexiós szeizmikus berendezés prototípusát és most az impulzusrendszerű távmérés ugyancsak eredeti irányú kidolgozásával foglalkozik.

Újrendszerű vonalesillapításmérő

Dr. techn. MAGYARI ENDRE

A villamos energiaátvitel egyik fontos szempontja az átvitel folyamán a minél kisebb energia-vesztés elérése. Régebben az erősáramú (ipari) energiaátvitelt és a híradástechnikai (gyengeáramú) átvitelt alapelveileg is különbözőképpen tárgyalták. A fokozott követelmények (nagyfeszültségek, reflexiómentességek, nagytávolságok, stb.) azt eredményezték, hogy a villamosenergiaátvitel alapelméletében ma már közös felépítésű függetlenül attól, hogy milyen célra szolgál: hullámellenállás, fáziseltolódás, csillapítás, stb.

I. Általános tudnivalók

Ismeretes összefüggések, ha az átvivő vezeték hosszegységenkinti ellenállása $R \Omega/\text{km}$, kapacitása $C \text{ F}/\text{km}$, önindukciója $L \text{ H}/\text{km}$ és átvezetése $G \text{ S}/\text{km}$, akkor a hullámellenállása:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad \text{frekvenciafüggő komplex mennyiség.}$$

Nagyfrekvenciáknál, lévén $\omega L \gg R$ és $C \gg G$, légvezetékre:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

tiszta ohmos ellenállást eredményez az alapösszefüggés.

A hullámellenállás határozza meg E_0 gerjesztő feszültség hatására a »végtelen«-hosszú homogén vezetékbe táplált I_0 áramerősség nagyságát:

$$I_0 = \frac{E_0}{Z_0} \quad \text{alakban.}$$

A »végtelen« szót azért tettem idézőjel közé, mert végtelen az olyan véges hosszúságú vezeték is, amelynek szabad végét a hullámellenállással (vonalutánnal) zárjuk le.

A vezeték mentén a feszültség és az áramerősség pillanatnyi és helyzeti nagyságát az átviteli tényező (γ) határozza meg:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

szintén komplex mennyiség, amelynek a valós része $I_x = I_0 e^{-\alpha x}$ összefüggés szerint az x távolságtól függő amplitúdó csökkenést, a csillapítást határozza meg. A $j\beta x$ tag a fáziselfordulást határozza meg a gerjesztéshez képest x távolságon.

Bennünket elsősorban az átvivő vezeték csillapításának nagysága érdekel, mert ez szabja meg, hogy helyes illesztések mellett is a betáplált energia hányadrészét lehet a vonal végén hasznosítani.

II. A vonalesillapítás mérőmódjai

A vonalesillapítás mérését a lejátszódó villamos folyamatokra támaszkodva többféle úton végezhethetjük:

1. Feszültségméréssel és összehasonlítással vonalvégen (esetleg két áramkör hurokba kötve) és illesztett, változtatható művonal után:

2. Csillapításérték szerint hitelesített műszerrel vonal végén, mikoris a vonal elején illesztett és frekvencia független EME-vel rendelkező hanggenerátort alkalmazunk a mérőműszerkívánta feszültségnívóval;

3. $\alpha l > 3$ néper vonalesillapítás esetében egyszerű feszültségméréssel a vonal elején és végén;

4. Hurokba kötött két áramkör esetén feszültségkompenzációval;

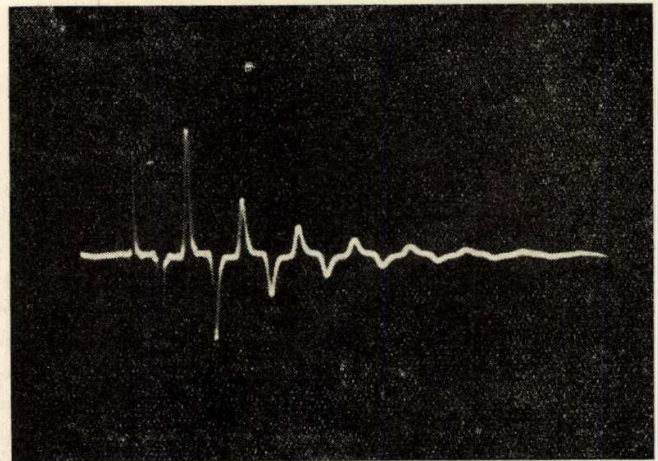
5. A vezeték bemenetnél a nem túlhosszú vezeték végének nyitásával és rövidrezárásával mérhető üresjárás Z_{ii} és rövidzárs Z_r impedanciából számítás segítségével teljes l hosszra:

$$g = \gamma l = \alpha l + j\beta l = a + jb = \text{arth} \sqrt{\frac{Z_r}{Z_{ii}}}$$

összefüggés alapján, ennek reális komponensét véve.

Ha az öt módszeren végigtekintünk, mindegyiknél adódik valami kellemetlen mellékkörülmény, ami a méréseket vagy megnehezíti, vagy — ha csak egy áramkör áll rendelkezésre — lehetetlenné teszi.

Újabb módszerként megemlíthető az impulzusmódszer,* ami lényegesen egyszerűbb a fenti eljárásoknál, ha a megfelelő felszerelés: oszcillográf, impulzusgenerátor egyébként rendelkezésre áll. Különös előnye, hogy csak egy áramkörre — a



1. ábra

mérendőre — van szükség, továbbá a végponton mérni nem kell, csak szigetelni vagy rövidrezárni a vonalat és a csillapításérték az oszcillográfon egyszerűen leolvasható (1. ábra: egyoldalon levő két csúcs viszonyából a négyszeres vonalesillapítás értékelhető ki).

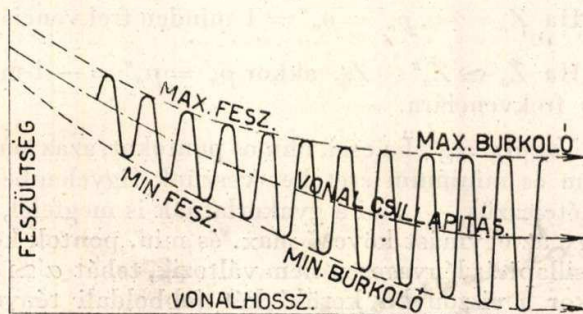
* »Homogén és quasihomogén vezetékrendszerek csillapításmérése és reflexiómentesítése« — a szerző műsz. doktori értekezése, 1940.

Ha a feladatot úgy fogalmazzuk, hogy sok kifelé irányuló vonal csillapítását kell megmérni *központosan*, azaz a végpontokon mérni nem lehet és egyirányban csak egy áramkör áll rendelkezésre, tehát hurkot képezni sem lehet; továbbá hosszabb számítások mellőzendők, de ugyanakkor kívánatos, hogy a központban elhelyezett műszer közvetlenül mutassa a csillapításértéket; végül az egész elrendezés könnyen és biztosan legyen hordozható, bírja elviselni a nem mindig iskolázott személyzet bánásmódját is; maga a mérés módszer minél egyszerűbb legyen és bármily hullámellenállású vezetékre használható legyen, akkor még egyszerűbb mérés módszerhez folyamodhatunk.

III. Újrendszerű csillapításmérés

A megoldáshoz azokat a jelenségeket lehet segítségül venni, amelyek nyitott vagy rövidrezárt vezetékén játszódnak le állandó szinuszos gerjesztés esetén.

Ismertnek tételvezethető fel a fellépő alapjelenségek: a kezdőponttól kiinduló feszültség (áram) hullámok a nyitott vagy rövidrezárt végnél reflektálódnak és a végpont felé folyton érkező hullámokra szembehaladva: azokkal interferálódnak és így állóhullámok keletkeznek. Az állóhullámok negyed hullámhosszonként felváltva feszültség vagy áram maximumokat és minimumokat mutatnak fel: áram maximum és feszültség minimumok (vagy fordítva) esnek egy helyre.



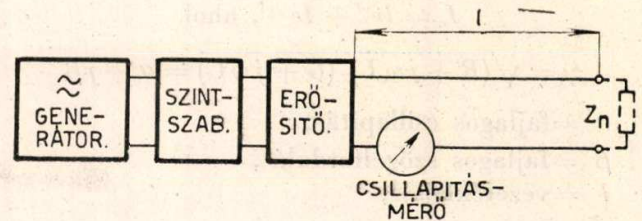
2. ábra

Kevésbé ismert már az a tény, hogy a minimumpontok feszültség (áram)-értéke függ a nyitott végig még hátralevő vonal hossz csillapításától (2. ábra), mert nyilvánvaló, hogy a visszavert hullámok is csillapodnak s mind kevésbé tudják kioltani a generátor felől jövő, még kevésbé csillapított hullámokat. A max. és min. pontok abszolút értékének viszonya 3 néper csillapítás mellett a vonal elején már igen megközelíti az 1 értéket ($20/00$). Ezzel a tétellel főleg a rádiótechnikusok operálnak antennarendszerek távvezetékes gerjesztésénél.

Legyen elrendezésünk a következő (3. ábra):

A hangfrekvenciás generátor frekvenciáját lassan növeljük 50 cps-től. Az áramerősséget figyeljük, hogy melyik ν_0 frekvenciánál ad először maximumot. Ez azt jelenti, hogy az l hosszúságú nyitott vezeték mentén épp $\lambda_0/4$ hullámhossz alakul ki, azaz gyakorlatilag a nyitott vég dacára a vezeték

elején az áramforrást rövidzárban járattuk. Ekkor a feszültségszabályozóval beszabályozandó az áramerősség a műszer teljes kiütésére ($I_0 = I_{\max.}$) és a frekvenciát tovább változtatjuk, amíg $\nu_1 \cong 2\nu_0$ frekvenciánál minimumot ($I_{\min.}$) kapunk.



3. ábra

A vonalon ekkor egy félhullámhossz ($\lambda_1/2$) fekszik végig, tehát az erősítő csak annyiban jár üresjárásban, amennyire neki a vonal veszteségi teljesítményét fedeznie kell.

A két leolvasásból:

$$a = \operatorname{arth} \frac{I_{\min.}}{I_{\max.}}$$

A frekvenciát tovább növelve ismét maximumot kapunk $\nu_2 \cong 3\nu_0$ frekvenciánál, majd ismét $\nu_3 = 4\nu_0$ frekvenciánál minimumot és így tovább. A leolvasott értékekből a fenti képlet szerint a csillapítás meghatározható mindjárt frekvenciamenet szerint.

A maximumokat épp azért kell mindig I_0 teljes műszerkitérésre állítani, hogy ne legyen szükség számításra, hanem a műszer skálája rögtön néperekben legyen hitelesíthető $I_{\min.}$ kitérései szerint.

A mérést célszerű minden további ν_k esetben a kisebb és nagyobb frekvenciás minimum felé elvégezni, amivel gyakorlatilag pontos frekvenciafüggő csillapításgörbe vehető fel a vonalra.

A vonalvég rövidrezárásával természetesen az előbbi maximum pontoknál képük a minimum pontokat és fordítva, ami a mérésellenőrzésre igen alkalmas módszer. A mérés egyetlen hátránya, hogy csak 2,5 néper csillapítás értékig használható egyszerű műszerleolvasásra az előbb mondottak miatt. Ennél nagyobb csillapítások csak kompenzációs indikációval lennének mérhetőek. Viszont 2,5 népernél nagyobb csillapítású vonal amúgyis alkalmatlan közvetlen távbeszélésre.

A mérés módszer minden felállított követelményt kielégít:

1. központosan végezhető;
2. a végpontokon csak szigetelni kell, vagy rövidzárát kell készíteni;
3. csak egy áramkörre van szükség;
4. a csillapításértékeket a műszeren azonnal, közvetlenül le lehet olvasni;
5. kezelése a lehető legegyszerűbb;
6. hordozásra alkalmasan, masszívan építhető meg;
7. a műszer bármily a gyakorlatban előforduló hullámellenállású vonalhoz használható.

IV. A mérés módszer igazolása

Ha az áramforrás EME értéke E_0 , belső impedanciája (műszerrel együtt) Z_0 , az l hosszúságú vonal kezdeten I_a áramerősség mérhető:

$$I_a = \vec{I}e^{\gamma l} + \overleftarrow{I}e^{-\gamma l}, \text{ ahol}$$

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

α = fajlagos csillapítás,

β = fajlagos szögelfordulás,

l = vezeték hossz,

\vec{I} = a vég felé haladó áramhullám,

\overleftarrow{I} = a Z_n végellenállásról visszavert áramhullám.

A hosszas és eléggé ismert bevezetést elhagyva,

de bevezetve $p_n = \frac{Z_n - Z_0}{Z_n + Z_0}$ illesztési mérőszámot:

$$\overleftarrow{I} = -p_n \vec{I}.$$

Ha a vég nyitott, $Z_n = \infty$ és így $p_n = +1$, tehát:

$$I_a = Ie^{\gamma l} - Ie^{-\gamma l} = I_1 - I_2$$

ami természetes, mert a műszer nem tudja szétválasztani a kiinduló I_1 és a reflektált I_2 áramerősséget, csak a vektoriális különbséget tudja mutatni.

Az összefüggéseinkből azonban:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{e^{\gamma l}}{e^{-\gamma l}} = e^{2\gamma l}, \text{ azaz } I_2 = I_1 e^{-2\gamma l}$$

Ha a tápvonalon végigmennénk: maximum és minimum pontokat találunk (1. 2. ábra), ami nyilvánvalóan onnan ered, hogy a vég felé haladó feszültség- vagy áramhullám egyező vagy ellentétes fázisban van a reflektált feszültség- vagy áramhullámmal.

Így keletkeznek a már említett állóhullámok. A max. és min. értékek játéka egymáshoz mind jobban közeledik a vonal eleje felé, mert a reflektált hullámok erősen csillapodnak, a generátor felől pedig a friss gerjesztés halad kifelé.

Maximumnál tehát: $I_{\max.} = |I_1| + |I_2| =$

$$= I_1(1 + e^{-2\gamma l}) = \vec{I}(e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}) \text{ értéket mérhetünk;}$$

minimumnál: $I_{\min.} = |I_1| - |I_2| = I_1(1 - e^{-2\gamma l})$

$$= \vec{I}(e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}) \text{ értéket.}$$

A kettőnek viszonya: $\frac{I_{\min.}}{I_{\max.}} = \frac{e^{\gamma l} - e^{-\gamma l}}{e^{\gamma l} + e^{-\gamma l}} = \text{th } g,$

$$\text{ebből } g = a + jb = \alpha l + j\beta l = \text{arth } \frac{I_{\min.}}{I_{\max.}}$$

Ha a tápvezeték úgy van berezgetve, hogy a hossza valamely hullámhossz negyedének többszöröse, azaz

$$l = n \frac{\lambda}{4}, \text{ akkor } \beta l = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot n \frac{\lambda}{4} = n \frac{\pi}{2},$$

vagyis a képzetes tag kiesik és összefüggésünk a vonal elejére

$$\frac{I_{\min.}}{I_{\max.}} = \text{th } a, \text{ tehát } \alpha l = a = \text{arth } \frac{I_{\min.}}{I_{\max.}}$$

Meg kell azonban vizsgálnunk, hogy nem kövünk-e el hibát, tekintve, hogy az áramforrás különböző impedanciákra fog dolgozni a hangolás alatt?

Tudjuk, hogy E_0 elektromos erejű, Z_a impedanciájú áramforrás a vég felé

$$\vec{I} = \frac{E_0}{Z_0 + Z_a} \cdot \frac{1}{e^{\gamma l} - p_a p_n e^{-\gamma l}}$$

áramhullámot indít.* Ezt az összefüggést frekvencia szerint kell megvizsgálnunk. Legyen valamely ν_1 frekvenciánál a műszernél mért maximum $I_{\max. \nu_1} = \vec{I}_{\nu_1}(e^{\gamma l} + e^{-\gamma l})$ és a frekvenciát növelve valamely ν_2 értéknél a minimum $I_{\min. \nu_2} = \vec{I}_{\nu_2}(e^{\gamma l} - e^{-\gamma l})$.

Vajjon $\frac{I_{\min. \nu_2}}{I_{\max. \nu_1}} = \text{th } a$ egyenlet milyen mérési feltételekkel elégíthető ki? Abban az esetben, ha $\frac{\vec{I}_{\nu_2}}{\vec{I}_{\nu_1}} \cong 1$

és az α nem túlságosan változik meg a két frekvencia közt.

Ha a ν_1 -hez tartozó értékeket egy vesszővel,

a ν_2 -höz tartozó értékeket két vesszővel jelöljük, akkor:

$$\vec{I}_{\nu_1} = \frac{E_0'}{Z_0 + Z_a'} \cdot \frac{1}{e^{\gamma l} - p_a' p_n' e^{-\gamma l}}$$

$$\vec{I}_{\nu_2} = \frac{E_0''}{Z_0 + Z_a''} \cdot \frac{1}{e^{\gamma l} - p_a'' p_n'' e^{-\gamma l}}$$

Ha $Z_n = \infty$, $p_n' = p_n'' = 1$ minden frekvenciára.

Ha $Z_a' \cong Z_a'' \ll Z_0$, akkor $p_a' = p_a'' = -1$ minden frekvenciára.

Végül $g' = g''$, ha csak ohmos pontokat, azaz maximum és minimum eseteket veszünk figyelembe és feltételezzük, — ami a gyakorlatnak is megfelel, — hogy az egymást követő max. és min. pontok közt a csillapítás lényegesen nem változik, tehát $\alpha' \cong \alpha''$, akkor a viszonyba kerülő két jobboldali tényező valóban megközelíti az 1 értéket.

Marad $\frac{E_0'}{E_0''} \cdot \frac{Z_0 + Z_a''}{Z_0 + Z_a'}$ tényező vizsgálat. Már

előbb feltételeztük és így is kell a mérőberendezést méretezni, hogy $Z_a' \cong Z_a'' \ll Z_0$ tehát az ellenállások összegeinek viszonya = 1. Marad az E_0'/E_0'' viszony, ami szintén $\cong 1$, ha aránylag kis teljesítménnyel mérünk egy ehhez képest nagyteljesítményű, frekvenciafüggetlen áramforrásból.

Még másik mód lenne, ha az $\frac{E_0}{Z_0 + Z_a}$ viszonyt ten-

nők frekvenciafüggetlenné, tehát E_0 úgy növekednék a frekvenciával, mint a $Z_0 + Z_a$ értéke. Ennek méretezése azonban nehezebb az előbbi eljárásnál. Végül lehetséges lenne, ha $Z_a = Z_0$, úgy $p_a' = p_a'' = 0$, de ezt még az utóbbi esethet is nehezebb realizálni.

Való, hogy a mérés módszer fenti elhanyagolások miatt nem exakt pontos, de a gyakorlat megkívánta

* $p_a = \frac{Z_a - Z_0}{Z_a + Z_0}$ a generátor illesztési mértéke, hasonlóan a végponti illesztési mértékhez.

néhány %-os pontosságon belül van, nem szólva arról, hogy a csillapítás értékek a kiadódó frekvenciák szerint mérhetők.

A matematikai eredmény helyessége még egy érdekes módon bizonyítható. A bevezetésben láttuk, hogy az alapösszefüggés szerint :

$$g = a + jb = \alpha l + j\beta x = \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_r}{Z_{\bar{u}}}}$$

ami a maximum és minimum pontoknál :

$$\alpha l = a = \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_{r\omega}}{Z_{\bar{u}\omega}}}$$

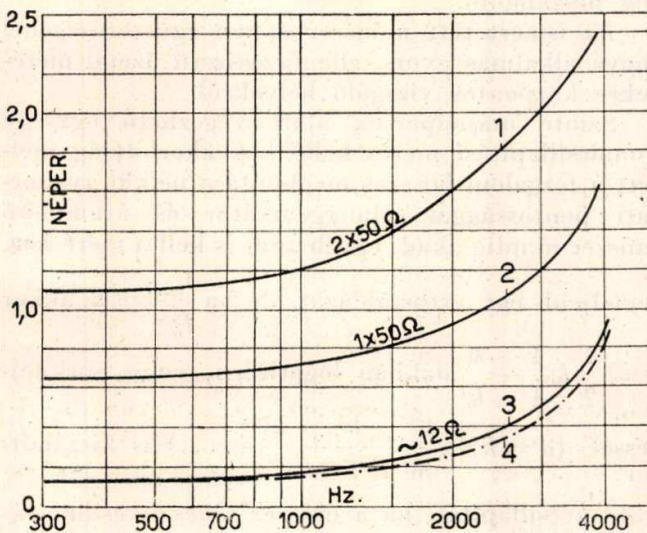
tiszta ohmos jellegű ellenállásokból számítható.

Ezt úgy érthetjük, hogy szigetelt végű $2n \frac{\lambda}{4}$ hosszú

vonalak a bemenetnél mint párhuzamosan kapcsolt rezonáns rezgőkörök jelentkeznek, mikor is a tápláló áramerősség minimális az erősen megnövekedett impedancia miatt, viszont $(2n-1) \frac{\lambda}{4}$ nyitott

végű vezetékhozznál a bemeneten soros rezonanciában levő rezgőkörrel számolhatunk, mikoris az

végű vezetékhozznál a bemeneten soros rezonanciában levő rezgőkörrel számolhatunk, mikoris az



4. ábra

impedancia kicsi, az áramerősség maximális. Ha több hullámhossz fekszik végig egy vezetéken, negyedhullámhosszról-negyedhullámhosszra változtatják egymást a soros és párhuzamos rezgőkör jellegű rezonancia pontok, de az átmenő teljesítménynek ugyanannak kell lennie, azaz :

$$I_{\max}^2 Z_{r\omega} = I_{\min}^2 Z_{\bar{u}\omega}$$

amiből :

$$\frac{I_{\min}}{I_{\max}} = \sqrt{\frac{Z_{r\omega}}{Z_{\bar{u}\omega}}}$$

tehát a tárgyalt mérés módszer

$$a = \operatorname{arth} \frac{I_{\min}}{I_{\max}}$$

kiértékelése megegyezik az

$$a = \alpha l = \operatorname{arth} \sqrt{\frac{Z_{r\omega}}{Z_{\bar{u}\omega}}}$$

alapdefinícióval, feltéve, hogy az α értéke még nem lényegesen változik az I_{\max} és I_{\min} frekvenciáira.

Mivel a mérésorozat nyitott és rövidrezárt véggel a maximumoktól előre és hátrametszéssel egyaránt elvégezhető, a középértékek nagyon is jó gyakorlati pontosságot nyújtanak.

V. Kísérleti eredmények

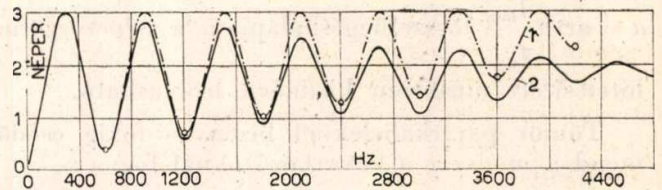
E mérés módszerrel végzett vizsgálatok eredményét alábbi ábrák mutatják :

1. eset. Kb. 250 km hosszú művonal utánzat (láncvezető) cca $\nu = 5000$ cps határfrekvenciával és tagonként mintegy 12Ω ellenállással ($Z_0 = 600 \Omega$).

A 4. ábra 1—3 görbéi (teljes vonal) a most ismertetett módszerrel vétettek fel, míg a 4 görbe (eredményvonal) majdnem pontos illesztéssel lezárt művonalon feszültségméréssel vétettek fel. A kis mértékű eltérés $\nu = 3000$ cps-nál valószínűleg a nem exakt pontos lezárás következménye. A nyolc első mérési pont 300—2000 cps-ig gyakorlatilag fedi egymást.

A tagonként 50Ω , ill. 100Ω beiktatásával törten csillapítás emelkedés arányaiban pontosan fedi az elméletileg is várható eredményt.

2. eset. Fenti művonalon minden feszültségutánállítás nélkül a frekvencia $0 \rightarrow 5000$ cps között változott (l. 5. ábra). A teljes vonalú görbe a kapott áramerősség hullámzás a művonal elején. Megfigyel-



5. ábra

hető, hogy a maximum és minimum pontok egyenlő $\Delta\nu = 300$ cps távolságban vannak egymástól, ami az első maximum pont tényleges frekvenciája. Ez természetes is, ha meggondoljuk, hogy a vonalon végigfekvő rezonáns hullámhosszak arányszámai úgy viszonylanak, mint $1/4, 2/4, 3/4$, stb. tehát maradó terjedési sebesség mellett a maximum és minimum pontok is úgy követik egymást, mint $\nu_0, 2\nu_0, 3\nu_0 \dots$ stb.

Figyelemreméltó, hogy az állandó maximumra való beállítás nem változtatja meg a mérés eredményt: ha az alapvonalat arányaiban mindig 3 mA maximum értékre növelem : a szaggatott vonalú görbét kapjuk. E görbére rajzolva, o-rel jelölve a tényleges mérés eredményeket : látható, hogy az eltérés gyakorlatilag nulla.

VI. Alkalmazhatósági határok

Érdekelhetnek még bennünket az alkalmazási lehetőségek határai.

Légvezetéknel a legnagyobb hosszat a 2,5 néper csillapítás, a legrövidebbet pedig az határozza meg, hogy a 20000 cps hanggenerátorral legalább két minimumpontot akarunk kapni.

A legnagyobb hossz vonaltípusonként változik. Tájékoztatásul átlagértékben alábbi táblázat szolgáljon :

1,5 mm \varnothing bronz áramkör	160 km
2 « «	300 «
2,5 « «	400 «
3 « réz áramkör	550 «
3,5 « «	700 «
4 « «	900 «
4,5 « «	1000 «
5 « «	1200 «

A legrövidebb hosszánál a két minimum azt jelenti, hogy 20000 cps mellett — függetlenül a vonaltípustól — biztonság okáért $v = 3,10^5$ km/sec terjedési sebesség felvételével egy teljes hullámhossz fekdűjék végig a vonalon, tehát

$$l_{\min.} = \frac{3 \cdot 10^5}{2 \cdot 10^4} = 15 \text{ Km}$$

Nagyobb frekvenciaterjedéssel ez a hossz még csökkenthető.

Figyelembe véve, hogy a vékonyabb huzaloknál a terjedési sebesség közel $v = 200,000$ km/sec értékig csökken, azt lehet mondani, hogy a módszer 10—12 km hosszától a kisebb átmérőjű légvezetéken már használható.

Csillapításértékben ez kb. 0,1 néperert jelent, ami $a = \text{arth} \frac{I_{\min.}}{I_0}$ összefüggés alapján, a néper szerint hitelesített műszeren kitűnően leolvasható.

Tömör papírkábeleknél bizonyos fokig csődöt mond a módszer a következő oknál fogva :

Ismeretes, hogy e kábeltípusnál a γ terjedési tényező reális és imaginär tagjának abszolút értéke egyenlő, azaz $\alpha = \beta = \frac{2\pi}{\lambda}$, tehát ha egy teljes λ hullámhossz fekszik végig a vezetéken, az 6,3 néper csillapítást jelent. Az első minimum ennek csak 1/2

részét jelenti, tehát 3,14 néperert, ami már nem mérhető.

Itt a módszer csak annyiban használható, hogy az első rezonanciapont megadja azt a frekvenciát, ami mellett a szóban levő kábelhossz 1,57 néper csillapítású. Innen számítással lehet extrapolálni, mert ezeken a kábeltípusokon a beszédfrekvenciás tartományban a csillapítás $\sqrt{\omega}$ hatvánnyal növekszik, ill. csökken.

Pupin kábeleknél a mérési határok hasonlóan számíthatók, mint légvezetékénél.

Felső határ 2,5 néper csillapításra számítva :	
0,9 mm \varnothing ereknél közepes pupinozással	100 km
« könnyű	« 50 «
1,4 « « közepes	« 200 «
« könnyű	« 70 «
« rádióközetítő	« 100 «

Az alsó határ erősen a terjedési sebesség és a határfrekvencia függvénye.

A módszer — felépítésénél fogva — alkalmas hibahely (zárlat, szakadás, stb.) meghatározására is távolság és jelleg szerint, amiről egy további cikk fog beszámolni.

Az ismertett módszer éppen egyszerűségénél fogva alkalmas gyors, ellenőrzészerű üzemi mérésekre központos vizsgáló helyekről.

Szinte másodpercek alatt végezhető egy-egy vonalcsillapítási mérés kellő begyakorlottság mellett a forgalom hosszas megbontása nélkül gyakorlati pontossággal. Hanggenerátor és árammérő műszer mindig akad, egyéb nem is kell a méréshez,

legfeljebb egy arth-táblázat, de ha $\frac{I_{\min.}}{I_0} = k$, akkor

$$a = \frac{1}{2} l_n \frac{1+k}{1-k}$$

alakban logarlécen, vagy sorkifejtéssel $(a = k + \frac{k^3}{3} + \frac{k^5}{5} + \frac{k^7}{7} + \dots)$ is kiszámítható a csillapítás, ha a műszer nincs is csillapítás szerint skálázva.

Telefonpályázatunk eredménye

Egyesületünk szakbizottsága elbírálta a távbeszélőkészülék tervezésére kiírt pályázati felhívására beérkezett pályaműveket és úgy döntött, hogy az 5000 forintos első díjat a »Progresszió« jeligéjű munkának ítéli.

E pályázat készítői *Hargitai Endre* és *Schmidt János* postamérnökök. A pályamunka műszakilag jól átgondolt, tetszetős, könnyen gyártható teljes készülékre és a hallgató és mikrofon minőségének megjavítására is kiterjed.

A bizottság 1000 Ft jutalommal díjazta a »Távbeszélő-

készülék-brigád« pályázatát, melynek szerzői: *Varga Károly*, *Lupp Rezső*, *Simon Zoltán*, *Gyurmán Jenő* és *Horváth Andor*, valamennyien a Beloiannisz Híradástechnikai Gyár dolgozói. Komoly munkát végeztek a hallgatóra vonatkozó javaslat kidolgozásával és igen értékesnek ígérkezik a csengőre vonatkozó javaslatuk.

Egyesületünk az eredményről a Kohó- és Gépipari Minisztériumnak küldött beszámolójában indítványozta, hogy a minisztérium a pályázókat bízza meg a részletes tervek elkészítésével. A KGM az indítványt elfogadta.

Mikrohullámú kristálydetektoros vevőkészülékek

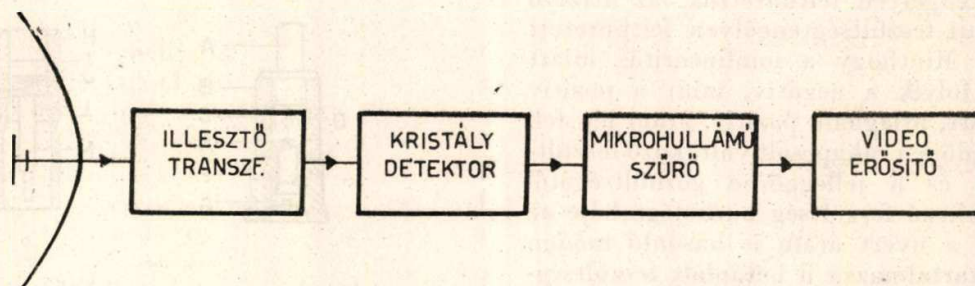
JANKOVICH LÁSZLÓ

Mikrohullámokon általában 1000—30 000 MHz közötti frekvenciájú, vagyis 1—30 cm közötti hullámhosszú elektromágneses rezgéseket értünk. A mikrohullámokat leginkább élesirányítású távközlési és lokátor-rendszerekben használják. Ezeknél igen sokszor kisamplitudójú jelek stabil vétele a főkérdés. A mikrohullámú jelek vétele elvileg a hosszabb rádióhullámoknál szokásos módszerekkel történhet. A mikrohullámú alkatrészek, főleg a speciális elektroncsövek bonyolult és drága kiképzése azonban különösen indokoltá teszi a lehető legegyszerűbb vevőtípus alkalmazását, ha csak nem kívánunk a készüléktől igen nagy érzékenységet.

A detektoros vevőkészülék. Lehetséges detektorok. — Bármilyen rádiófrekvenciára a legegyszerűbb vevőkészülék detektorból áll, melyet a moduláló frekvencián működő erősítő követ. Ha mikrohullámú frekvenciáknál is ilyen típusú vevőkészüléket akarunk alkalmazni, a detektornak közvetlenül a

Azonban még ezek a csövek is kicsiny, de el nem hanyagolható elektródaközi távolságaikkal csupán a mikrohullámú sáv alacsonyfrekvenciás részében alkalmazhatók, általában a 10 cm-es hullámhossz felett. A sáv nagyobb frekvenciájú részében (10 000 Mc/s és feljebb) nincs megfelelő dióda. A dióda különben is a legtöbb célra nem a legmegfelelőbb detektor és csak olyan alkalmazásokban használják elterjedten, ahol nagyteljesítményű jelek detektálása is fontos.

Mikrohullámú jelek detektálása olyan megoldásokkal is történhet, melyeknél a készülékbe érkező mikrohullámú teljesítmény hatására egy ellenállás megváltozik. Egyik ilyen megoldás a Wollaston szál, a másik a thermistor. A Wollaston-szál igen vékony, leginkább platinából készült drót, a thermistor pedig kicsiny gyöngyszerű formájú, félvezető anyag, amely két párhuzamos drót között hidalja át. Illesztő transzformátor közbeiktatása után mind-



1. ábra. Kristálydetektoros vevőkészülék elvi felépítése

mikrohullámú energiára kell reagálnia. A detektor olyan feszültséget állít elő kimenő kapcsain, mely a bemenő kapcsaira bocsátott rádiófrekvenciás hullámok burkológörbéjének felel meg. Az összes erősítés a modulálófrekvencián történik. Ez a fajta vevőkészülék minden olyan jelre működik, melynek vivőfrekvenciája a rádiófrekvenciás alkatrészek átviteli sávján belül van, beleértve a detektort is. Azt, hogy a moduláló feszültséget milyen hően kapjuk vissza, elsősorban a detektor és a modulálófrekvenciás erősítő jellemzői szabják meg, mert a többi, rádiófrekvenciás alkatrész átviteli sávja általában széles a vett jel frekvenciaspektrumához képest.

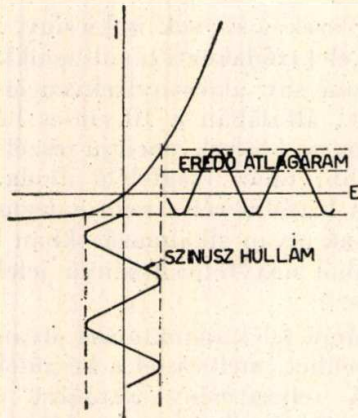
Detektorként sok megoldást alkalmazhatunk. Minthogy közvetlenül a mikrohullámú jelre kell működniük, az elektroncsövek közül csak speciális típusok jöhetnek szóba, amelyeknél az elektródák közti távolságok kicsinyek. Az elektronok hosszú futási ideje ugyanis a közönséges elektroncsöveket csaknem teljesen használhatatlanná teszi. Ráadásul az ilyen elektroncsöveket olyan formában kell építeni, amely megengedi, hogy a kapcsolt áramkörök a csövek szerves részei legyenek. Van néhány cső-típus, amely eleget tesz ezeknek a követelményeknek, például a »világítótorny« trióda és dióda.

kettő alkalmas arra, hogy a szokásos méretű tápvonalakat jó illesztéssel lezárja. Alkalmazásuk mégis elsősorban laboratóriumi készülékekre korlátozódik. Érzékenységük és zajtényezőjük ugyanis nem olyan kedvező, mint a többi megoldásoké, és néhány ezer periódusnál nagyobb modulálófrekvenciák detektálására nem használhatók, mint-hogy a hő-időkonstans korlátozza azt a sebességet, amellyel ellenállásukat változtatni képesek.

Kis mikrohullámú teljesítményekre is érzékeny detektor a jólismert kristálydetektor, amelyet sok kutatómunkával tovább fejlesztettek. Már régen észrevették, hogy a kristálydetektorok rendkívül kis fizikai méretük miatt különösen alkalmasak mikrohullámú áramkörökbe történő beépítésre. A fejlesztő- és kutatómunka főleg arra irányult, hogy az egész szerkezetet gyárilag rögzített beállítással kisméretű foglalatba lehessen szerelni.

A kristálydetektor négyzetestörvényű működése. — Mind a diódák, mind a kristályok, annak a nemlineáris összefüggésnek alapján működnek detektor-ként, mely az átfolyó áram és a rájukkapcsolt feszültség nagysága között fennáll. Általában az egyik előjelű feszültség kisebb áramot hoz létre, mint a másik előjelű. Ha a kristályon keresztülfolyó áramot mint ordinátát tüntetjük fel, lineáris lép-

tékben, a rákapcsolt feszültséget pedig mint abszcisszát, a 2. ábrán látható görbét kapjuk. Az ábra meglehetősen görbültséget vagy nonlinearitást mutat a kezdőpont környékén és éppen ettől a görbületől függ, hogyan működik a kristály mint detektor



2. ábra. A detektor működése.

kisamplitudójú jeleknél. Ha ugyanis váltakozó-feszültséget kapcsolunk a kristályra, amint azt a negatív áramtengelyen feltüntetettük, az átfolyó áram a jobboldali feszültségtengelyen feltüntetett alakot mutatja. Minthogy a nonlinearitás miatt kevesebb áram folyik a negatív, mint a pozitív félperiódusok alatt, átlagban pozitív áram lép fel, melynek amplitudója a rákapcsolt váltakozó feszültség nagyságától és a jelleggörbe görbültségétől függ. Ha a váltakozó feszültség burkológörbéje az időben változik, a nyert áram is hasonló módon változik és így tartalmazza a betáplált feszültség-hullám amplitudómodulációjából származó komponenseket.

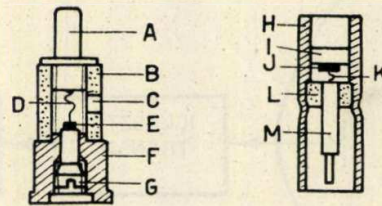
A kristálydetektor működése négyzetes törvény szerint történik. Ez alatt azt értjük, hogy az egyenirányított áram a betáplált teljesítménnyel, tehát a betáplált áram négyzetével arányos. Ugyanis az egyenirányított áramot mint a feszültség függvényét Taylor-sorba fejthetjük. A sor konstans tagja csupán eltolást jelent a jelleggörbe mentén, az elsőfokú kifejezés pedig csak adott léptékű nyújtást jelöl, tehát a detektálás szempontjából nem jön számításba. A sor második hatványú tagja az, amelyik a detektálást leírja, mert ha a jelleggörbén nincs inflexió a működési pontnál, értéke zérustól különböző, míg a magasabb hatványú tagok kis amplitudójuk miatt elhanyagolhatók.

A detektor hatásfoka. — A dióda vagy kristálydetektor teljesen passzív áramköri elem, amelyben nincs más energiaforrás, mint a bejövő jel. Ilyen detektor lehetséges maximális erősítése egységnyi. (Germánium stb. kristályerősítőkkel most nem foglalkozunk). Minthogy a detektor négyzetes-törvényű szerkezet, erősítése csökken a csökkenő jelerősséggel, ha csak a kimenő impedancia változása nem kíséri az áram csökkenését. Nyilvánvaló az is, hogy minél kisebb amplitudójú jelet adunk a kristályra, annál közelebb kerül egymáshoz a jelleggörbén az a két pont, amely a pozitív, illetve negatív félperiódusoktól származó áram nagyságát

megszabja (2. ábra). Ha pedig ez a két pont egymáshoz közeledik, ez azt jelenti, hogy a két pont közötti görbeszakasz is egyre jobban megközelíti az egyenest, a második derivált értéke csökken, tehát az eredő áram értéke is megközelíti a zérust. Az elmondottakat úgy is megfogalmazhatjuk, hogy a kristálydetektor hatásfoka csökkenő jelamplitudóval rohamosan romlik. Főleg ez a körülmény szab határt a kristálydetektoros vevővel elérhető érzékenységnek, mert a nonlinearitást a gyakorlatban nem lehet tetszőlegesen fokozni.

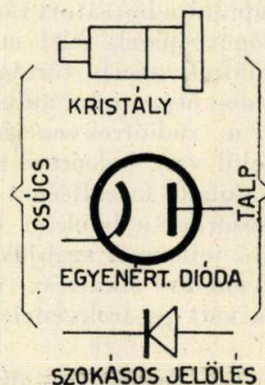
Mikrohullámú kristálydetektorok. — Mikrohullámoknál általában szilikonkristályból készült detektorokat alkalmazunk. Belső szerkezetük gyártmányok szerint kissé különböző lehet, de külső alakjukban két, szabványosnak mondható kivitelben kerülnek forgalomba. A két kiviteli forma képét és a csatlakozási pontok polaritását a 3. és a 4. ábra mutatja.

A kontaktust a gyár a beállítócsavarral egyszerűsmindenkorra optimális értékre szabályozza, és azután az érintkező rúgót viasszal rögzíti. A viasz mechanikus stabilitást biztosít, azonkívül a nedveség behatolását is megakadályozza, de természetesen erős rázkódás vagy ütés a kontaktust így is tönkretelheti. Erre a kristályok kezelésénél külön-



3. ábra.

- | | |
|------------------------------|---------------------------|
| A Fémcsúcs | H Külső vezető |
| B Kerámia | I Lezáró dugó |
| C Nyílás a viasz betöltésére | J Szilikon |
| D Érintkezőrúgó | K Érintkezőrúgó |
| E Szilikon | L Szigetelő |
| F Talp | M Belső vezető (fémcsúcs) |
| G Beállítócsavar | |



4. ábra. Kristályegyenirányított szerelvénnyel polaritása

sen vigyázni kell, és a kristályokat leeséstől, ütődéstől óvni kell. Ugyancsak könnyen tönkremennek a kristályok, ha túlságosan nagy mikrohullámú teljesítmények jutnak rájuk, vagy ha nagy sztatikus töltések kisülése történik rajtuk keresztül. Utóbbi leggyakrabban a kristályok készülékbehelyezésekor fordul elő. Ez ellen a legegyszerű-

rúbb úgy védekezni, hogy a berendezést földeljük és a kristály behelyezése előtt megérintjük a készüléknek a kristállyal érintkezésbe kerülő részét, és így az ott esetleg felhalmozódott töltéseket levezetjük.

Nagyfrekvenciás jelenségek kristály-egyenirányítóknál. — Hangsúlyozni kell, hogy a jó sztatikus jelleggörbe nem elégséges feltétele a jó mikro-hullámú működésnek. Ugyanis nagyfrekvenciáknál fokozott szerephez jut a félvezető réteg és az érintkező rúgó közti kapacitás. Ezért az érintkezési felület nagyságát a gyár külön mérésekkel ellenőrzi.

Az elektroncsövek működése nagy frekvenciáknál a nagy fizikai méretek miatt romlik. A kristály-egyenirányító alapvető egyszerűsége folytán sokkal kisebbre építhető, és ezért a tartószerkezet helyes kialakítása megengedi, hogy a vezetékinduktivitás és a szórt kapacitás hatásait jóval nagyobb frekvenciáknál is elhanyagoljuk, mint bármely eddig gyártott elektroncsőnél. A nemlineáris jelleggörbe létrehozásában csupán a félvezető zárórétege határos, ami a kristálynak az érintkező rúgó felé eső, határoló rétege, a szerkezet tehát elméletileg mikroszkópikus nagyságúra is készíthető.

Az elektroncső elektródái közti távolságnak a kristályegyenirányítónál a záróréteg vastagsága felel meg. Az elektromos töltés hordozóinak ezt a távolságot olyan idő alatt kell átfutniok, amely rövid az alkalmazott rádiófrekvenciás feszültség negyed periódusához képest. A záróréteg vastagsága 10^{-6} cm, tehát nyilvánvaló, hogy a futási időeffektusok sokkal nagyobb frekvenciáknál is elhanyagolhatók, mint olyan szerkezeteknél, ahol az elektródák közti távolságot mechanikus eszközökkel kell biztosítani (elektroncsövek).

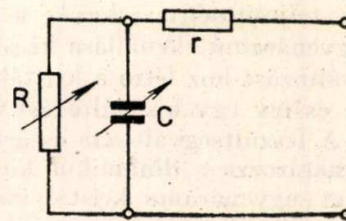
A kristályra a nagy ellenállás irányában alkalmazott feszültségről azt mondjuk, hogy záróirányú és a kis ellenállás irányában kapcsoltról azt, hogy áteresztőirányú. Záróirányú feszültségnél a feszültség és áram arányát záróellenállásnak, áteresztőirányú feszültségnél pedig homlokellenállásnak nevezzük. A záróréteg kapacitása következtében a két ellenállás aránya nem olyan jelentős a kristály minőségének meghatározása szempontjából, mint akkor volna, ha nem volna jelen kapacitás. Minthogy a kapacitás növekvő kontaktusfelülettel növekszik, fontos, hogy a kontaktus felülete annyira kicsiny legyen, amennyire ez csak összeegyeztethető a többi, főleg gyártási követelménnyel. Az alkalmazott kis kontaktusfelületet az érintkezőrúgó belapítása okozza, amely fellép, ha a kontaktusra erőt alkalmazunk. A legnagyobb frekvenciákra tervezett kristályoknál általában kisebb erőt alkalmaznak és éppen ezért a kontaktus felülete is kisebb, mint a kisebb frekvenciákra tervezett példányoknál. Ilyen módon sikerült az egész mikro-hullámú sávban kb. ugyanazt az érzékenységet biztosítani, de következőképpen a nagyobb frekvenciájú egységek mechanikusan és villamosan kevésbé rugalmasak.

A mikrohullámú egyenirányító egységek záróellenállását minőségük jellemzésére is felhasználhatjuk, statisztikus alapon, ha feltételezzük, hogy ismerjük az ugyanolyan típusú, megfelelőnek mond-

ható egységek záróellenállásának alsó határértékét. Adott típusú kristálynál meghatározható a záróellenállás alsó határértéke, melyet egy adott feszültségnél kell mérni. Ugyanilyen típusú olyan kristályok, melyek záróellenállása ez alatt a határérték alatt van, valószínűleg rosszak, míg azok, melyek ellenállása a határérték felett van, csaknem bizonyosan mind megfelelőek.

Valamely kristály záróellenállása adott idő után csökkenhet, ha használatban van. Az ilyen *változásnak* több a jelentősége, mint a záróellenállás *abszolút értékének*. Ugyanis a záróellenállásban mutatkozó bármilyen változás vagy a kontaktusban, vagy a félvezetőben bekövetkezett változást jelenti, és éppen ezért gyanakodva kell fogadni.

A kristály helyettesítő áramköre. — Az egypont-érintkezésű egyenirányításnál a helyettesítő kapcsolás szempontjából elegendő csak az érintkezési pont környékét megvizsgálni. Ugyanis a kristály másik csatlakozása olyan nagy keresztmetszetű, hogy ellenállása mindig csekély a kontaktus átteresztőirányú ellenállásához képest. A kristály-



5. ábra. Kristályegyenirányító helyettesítő áramköre

detektor legegyszerűbb helyettesítő kapcsolását, amely a fém-félvezető érintkezésnél figyelembe veszi az ismert fizikai paramétereket, az 5. ábra mutatja.

Az áramkör a párhuzamosan kapcsolt, nemlineáris R ellenállásból és a nemlineáris C kapacitásból, valamint a velük sorbakötött r lineáris ellenállásból áll. R jelenti a záróréteg nemlineáris ellenállását az egyenirányító kontaktusnál. Értéke nagy a záróirányban és kicsiny az áteresztőirányban. Ez az ellenállás fokozatosan csökken, amint az áramot áteresztőirányban az egyenirányító jelleggörbe exponenciális szakaszán túl növeljük (lásd 2. ábra).

Az r ellenállás a félvezetőben fellépő szórás ellenállás, amely onnan származik, hogy az áramot vezető, képzeletbeli csövecskék a félvezetőben a kontaktus környékén összehúzódnak és szűkebb keresztmetszetűvé válnak. Ha az áramot áteresztőirányban az exponenciális szakaszon túl növeljük, R értéke kicsiny lesz r -hez viszonyítva és a jelleggörbe állandó irántangenséhez közeledik, melynek értéke a szórás ellenállás reciproka. A félvezető testének és az érintkezőrúgónak az ellenállása elhanyagolható r -hez képest.

A C réteggkapacitás a határoló rétegben felépülő töltésektől származik. Minthogy a kapacitás nagysága a záróréteg vastagságától függ, ami viszont az alkalmazott feszültség függvénye, a kapacitás

nemlineáris. Zérus előfeszültségnél a záróréteg kapacitása szabványos egyenirányítóknál 0,2—2,0 pF nagyságú. A kis frekvenciáknál ez a kapacitás nem játszik szerepet, de amint a frekvenciát növeljük, söntölő hatása csökkenti a zárórétegen fellépő rádiófrekvenciás feszültséget. Például 13000 MHz-nél 1 pF kapacitásnak a reaktanciája kb. 50 ohm. Ennek a reaktanciának káros hatását könnyen megítélhetjük, ha meggondoljuk, hogy az ezen frekvenciasávban alkalmazott tápvonalak karakterisztikus impedanciája is 50 ohm, és ugyanannyi, tisztán ohmos ellenállás kellene a kristályt tartalmazó tápvonaldarab illesztett lezárásához is. A helyettesítő kapcsolásból az is kitűnik, hogy az r szórás ellenállás jelenléte miatt a kapacitást külső reaktanciával nem lehet teljesen ellensúlyozni.

Egyenirányítás kisamplitudójú jeleknél. — Ha az egyenirányítót detektornak használjuk, a kimenő kapcsokat egyenáramú körhöz, vagy — rádiófrekvenciás impulzusok detektálásánál — video erősítő bemenő fokozatához kapcsoljuk. Vegyünk szemügyre például egy terhelő ellenállásból és sorbakapcsolt árammérőből álló áramkört. Ha mikrohullámú teljesítmény érkezik a kristályra, az áramkör egyenáramú ellenállása kissé megváltozik, ami kis változást hoz létre a kristályon fellépő feszültségben, és így egy kis változást okoz a kör áramában is. A feszültségváltozás és áramváltozás viszonya meghatározza a dinamikus kimenő ellenállást, amelyet egyenáramú kristályimpedanciának, vagy video-ellenállásnak is neveznek. Az egyenáramú impedancia néhány száz ohm, ha az alkalmazott mikrohullámú teljesítmény 1 mW nagyságrendű és amint ezt a teljesítményt csökkentjük, az impedancia néhány ezer ohm körüli, adott értékig növekszik. Ez az impedancia éppen az áram-feszültség jelleggörbe iránytangensének reciproka a működési pontban. Ugyanezen a szakaszon az egyenirányított áram szigorúan arányos a mikrohullámú teljesítménnyel, azaz a kristály négyzetes törvény szerint viselkedik. A mikrohullámú kristálydetektoros vevőknél, az ú. n. kristály-video vevőknél az egyenirányító ebben a négyzetes törvényű szakaszban működik. A négyzetes törvényű működés határa kristályonként változik, de kb. a 2—10 μ W sávban van.

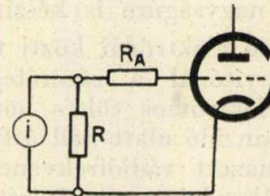
Ilyen és még kisebb teljesítményeknél a kristály-egyenirányítót olyan áramgenerátorral lehet jelképezni, melyet az egyenáramú impedanciával azonos értékű ellenállás söntöl. Amint a mikrohullámú bemenő teljesítményt növeljük, a generátor árama arányosan növekszik. Viszont mihelyt a teljesítmény nívója a négyzetes törvényű szakasz, tehát 2—10 μ W fölé emelkedik, az áram növekedése meggyorsul és az ellenállás csökkenni kezd. Ez a két jelenség általában jellemzi a kristályegyenirányítókat, de a jelenségek viszonylagos nagysága kristályonként változik.

A legutóbb elmondottakból nyilvánvaló, hogy a kristályegyenirányítók minőségét két tényező határozza meg. Az egyik tényező, az áramérzékenység, attól függ, hogy 1 mW mikrohullámú teljesítményből a kristály mennyi áramot tud előállítani. A másik tényező pedig az egyenáramú

impedancia, mely állandóan söntöli az egyenáramot. Ez a két tényező együtt szükséges és elégséges a kristályok minőségének jellemzésére, de a gyakorlatban még egy harmadik jellemzőt is megadnak, mégpedig az ú. n. jósági tényezőt.

A video-kristály jósági tényezője. — A gyakorlatban általában nem az a fontos, hogy egy kristálynak mennyi az áramérzékenysége vagy az impedanciája, hanem az a lényeges, hogy milyen érzékenységet érünk el, ha az illető kristályt egy video-erősítővel összekapcsoljuk. Itt már természetesen a kristály tulajdonságain kívül figyelembe kell vennünk az erősítő jellemzőit is.

Azt mondottuk, hogy a kristályt egy i áramot termelő generátornak tekinthetjük, melyet az egyenáramú impedancia söntöl. A video-erősítőben keletkező zajt viszont teljes egészében egy R_A ellenállásnak tulajdoníthatjuk, mely egy tökéletes (tehát zajmentes) erősítő első rácsa és a bemenet között helyezkedik el. Tehát az erősítő kimenetén jelentkező zajnak azt a részét, amely nem a kristályból érkezik, úgy tekintjük, mint az R_A soros



6. ábra. A kristálydetektoros vevő modulálófrekvenciánál működő áramköre

ellenállásban keletkező Johnson-zajt. Ezekután az erősítő bemeneténél kialakuló áramkört a 6. ábra vázlatával helyettesíthetjük.

Az egyenirányított áramot

$$i = \beta P$$

alakban írhatjuk, ahol β nem más, mint az áramérzékenység, P pedig a kristályra jutó mikrohullámú teljesítmény. Ha az erősítő feszültség-erősítése G , akkor a kimenetén jelentkező feszültség

$$E = \beta PRG.$$

Mint hogy az erősítő kimenetén fellépő összes zaj, mint Johnson-zaj az R és az R_A ellenállásokból származik, a zajfeszültség értéke

$$\bar{N} = G \sqrt{4kTB(R + R_A)},$$

ahol k a Boltzmann-állandó, T az abszolút hőmérséklet, B pedig a vevő sáv szélessége. Ezek alapján a kimenetnél érvényes jel/zaj-viszony:

$$\frac{E}{\bar{N}} = \frac{P}{\sqrt{4kTB}} \cdot \frac{\beta R}{\sqrt{R + R_A}}.$$

Mint hogy a jobboldal második tényezője

$$M = \frac{\beta R}{\sqrt{R + R_A}}$$

jellemző a detektorra, ezt a video-kristály jósági tényezőjének nevezik. A jósági tényező tehát magában foglalja a kristály mindkét, már megismert jellemzőjét, és részben ezért, részben pedig,

mert R_A értéke minden jó video-erősítőnél kb. azonos nagyságrendű, a video-kristályok minőségének gyors és egyszerű összehasonlítását teszi lehetővé. A jósági tényező értéke jó kristályoknál 50—110 között van, ami 3 MHz sáv szélességű, $R = 1200$ ohmos erősítőnél az 1/1-es jel/zaj-viszonyt $5 \cdot 10^{-9}$ — $2 \cdot 10^{-9}$ watt bemenő teljesítménynél adja.

Az egyenáramú előfeszültség hatása. — Szilikonkristályoknál zérus előfeszültségnél az egyenáramú impedancia értéke 2000—40 000 ohm nagyságrendű. Ha 0,2—0,3 V áteresztőirányú előfeszültséget adunk, ez az érték 100 ohm környékére csökken. Ez azt jelenti, hogy 0,1 V-nál nagyobb előfeszültség a szilikonkristály video-impedanciáját már a használható érték alá csökkenti (az áramgenerátor erősen sőtölődik). Az áramérzékenységet vizsgálva viszont azt tapasztalták, hogy 0,1—0,2 V előfeszültségnél olyan maximális értéket ér el, mely többszöröse lehet a zérus előfeszültségnél mérhető értéknek. Ha tehát csak az egyenáramú jellemzőket nézzük, kb. 0,1 V nagyságrendű előfeszültség alkalmazása igen hasznosnak tűnik. Amint azonban a zajviszonyokat is figyelembe vesszük, a helyzet rosszabbodik. Ugyanis az előfeszültség a kristály zaját az előfeszültség nélküli állapothoz képest sokszorosra növelheti. Ez a zaj olyan jellegű, hogy spektruma éppen a video-sávban nagy amplitudójú. Éppen ezért az előző fejezet megfontolásai, melyekben feltételeztük, hogy a detektorban csak Johnson-zaj keletkezik, nem érvényesek, ha egyenáramú előfeszültséget alkalmazunk. Ehelyett célszerű a kristály video-zajtényezőjét bevezetni a jósági tényező kifejezésébe, amely így

$$M = \frac{\beta R}{\sqrt{Rt + R_A}}$$

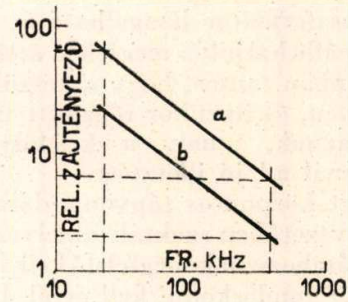
alakú lesz, ahol t az előfeszített kristály zajtényezője egy adott video-erősítőnél. Amint tehát a pozitív előfeszültséget növeljük, R gyorsan csökken, β maximumon megy keresztül, t viszont monoton növekszik.

A kristály zajviszonyai. — A kristályegyenirányítóknak fellépő zaj okát nem ismerjük pontosan. Közelítéssel viszont feltételezhetjük, hogy részben mint Johnson-zaj a félvezető réteg szórás ellenállásában, részben pedig mint sörétzaj a diódként működő zárórétegben keletkezik.

A kristály zajosságát a zajtényezővel mérjük, amely azt mutatja, hogy az egyenirányító zajteljesítménye hányszor nagyobb, mint egy $4kT_0\Delta f$ értékű ellenállás zajteljesítménye $T_0 = 290 K^\circ$ alaphőmérsékletnél. Ha a kristályon nem folyik át áram, a zajtényező éppen egységnyi, egyenáramú előfeszültség alkalmazásakor viszont általában az egységénél nagyobb értékű.

Igen érdekes megfigyelni, hogy a kristály zajának milyen a spektruma. Egy erre vonatkozólag végzett mérési sorozat eredményét tünteti fel a 7. ábra. Az ábrából láthatjuk, hogy 1. a zaj sokkal nagyobb záró-, mint áteresztőirányú előfeszültségnél, és 2. a zajtényező mindkét esetben a frekvenciával fordítottan arányos. Ez az összefüggés valamennyi kristályegyenirányítóra jellemző. További mérésekből megállapították azt is, hogy a frekvenciával való fordított arányosság egészen

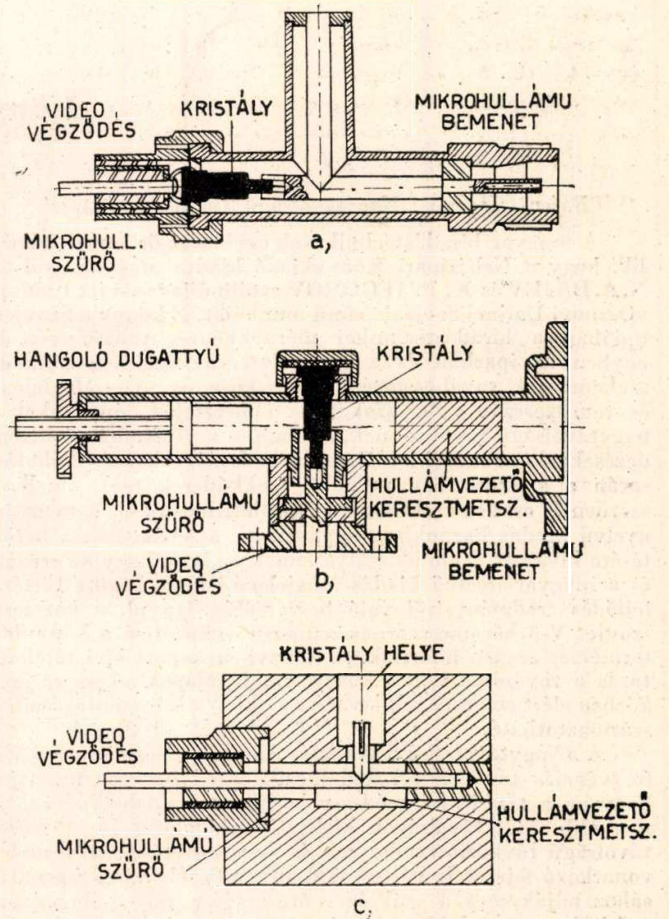
50 periódusig érvényes. Minthogy pedig sem a Johnson-zaj, sem a sörétzaj nem függ a frekvenciától, a kis frekvenciákon bekövetkező nagymértékű zajnövekedést csak egy eddig még tisztázatlan oknak lehet tulajdonítani.



7. ábra. Kristályegyenirányító zajtényezője a frekvencia függvényében
a) záró-, b) áteresztőirányú előfeszültségnél.

A vevőkészülék részei. — A mikrohullámú jel az antennából egy tápvonalon keresztül jut az illesztőtranszformátorhoz. A tápvonal hajlékony szigetelésű vagy merev felépítésű, központos (koaxiális) vonal, vagy pedig hullámvezető lehet. A választást az üzemi frekvenciasáv, a megengedhető csillapítás és a mechanikus követelmények szabják meg. Legújabban az egyetlen szál zománchuzalból álló ú. n. vezetőhúrt is alkalmaznak, amelynek igen csekély a csillapítása.

A tápvonal impedanciáját általában fizikai



8. ábra

méretei határozzák meg. A kristály impedanciája viszont egyedenként változó. Ha biztosítani akarjuk, hogy a mikrohullámú jel a kristálynál az impedancia-ugrás miatt vissza ne verődjék, a kristály impedanciáját a tápvonal impedanciájára kell transzformálnunk. A legjobb illesztést akkor érjük el, ha a transzformátor hangolható és így minden kristálynál beállíthatjuk a megfelelő áttételi arányt. Gyakran azonban fontos, hogy a készülék kezelése egyszerű legyen, és ilyenkor rögzített transzformátort alkalmazunk, amely a kristályok átlagos impedanciájánál ad jó illesztést.

A kristályt központos tápvonal-darabban vagy rövid hullámvezetőben szokták elhelyezni, melyek mérete a hullámhossznak megfelelő kell, hogy legyen. Természetesen gondoskodni kell arról, hogy a kristályt könnyen lehessen cserélni.

Az egyenirányított áramot mikrohullámú szűrőn vezetjük keresztül. Ennek a szűrőnek kell biztosítania, hogy a mikrohullámok ne az erősítőbe, hanem teljes egészükben a kristályra jussanak. A szűrő egy mikrohullámú rövidzárból és egy negyedhullám hosszú, impedancia-transzformátorból áll, amely a rövidzárát a kristály talpához transzformálja. Ennek a látszólag bonyolult megoldásnak az a magyarázata, hogy alkalmazása esetén aránylag kis kapacitással lehet biztosítani a szűrést, a kis kapacitás pedig az erősítő felé csak kevés torzítja az egyenirányított jeleket.

Az ismertett mikrohullámú szerelvényeket három hullámsávra a 8. ábra tünteti fel vázlatosan.

Ha a zajszinten levő jeleket is hasznosítani akarjuk és kb. 10 V-os kimenő jeleket kell előállítanunk, 100—120 dB (100 000—1 000 000-szoros) erősítés szükséges. A nagy erősítés mellett a jelek torzításmentes átviteléhez a megfelelő sáv szélességet is biztosítanunk kell. A nagy video-erősítés következményeképpen az erősítő mikrofóniára érzékeny, ami azt jelenti, hogy az elektroncsövek alkotóelemei már igen kis külső hatásra is mechanikus rezgésekbe jönnek. A zavarok tehát a hangfrekvenciás sávban fekszenek, következésképpen kiküszöbölhetők, vagy legalábbis amplitudójuk nagymértékben csökkenthető, ha az erősítést ezeken a kisebb frekvenciákon kisebbre vesszük. Természetesen a frekvenciasáv minden szűkítése a jelalak torzítását hozza magával, ezért az adott követelmények figyelembevételével engedményt kell tennünk az egyik vagy másik téren.

A kristálydetektoros vevőkészülék aránylag széles frekvenciasáv vételére alkalmas, és a sáv szélességét csupán a mikrohullámú szerelvény frekvenciaérzékenysége korlátozza, mert a kristály jóformán érzéketlen az előforduló frekvenciaváltozásokkal szemben. A mikrohullámú szerelvény általában egy kis jóságú rezgőkörrel jellemezhető. 10 cm-nél a jóság tényező 5—10 körüli értékű, 3 cm-nél pedig valamivel nagyobb, mert a hullámvezető nagyobb impedanciája miatt nagyobb áttételi viszonyú illesztőtranszformátort kell alkalmazni, amely következtésképpen a frekvenciaváltozásokra is érzékenyebb.

Könyvszemle

Bajev—Jegorov: Nagytávolságú Távközlés Alapjai

A magyar híradástechnikusok egyhangú örömmel üdvözlik, hogy a Nehézipari Könyvkiadó kiadta magyar nyelven N. A. BAJEV és K. P. JEGOROV sztálindíjas szovjet tudósok »Osznovi Dalnej Szvjazi« című munkáját. E könyv a Szovjetunióban a híradástechnikai mérnökképzés tankönyve, de egyben az iparban és a gyakorlati távközlésben működő szakemberek továbbképzésének eszköze is. Összefoglalóan és rendszerezve adja azokat az ismereteket, amelyeket a nagytávolságú távközlésnek, különösen a vivőhullámú berendezéseknek az utóbbi időben mutatkozó rohamos fejlődése során a gyakorlatban működő szakkaderek csak alkalmasszerűen és esetleg csak hézagosan sajátíthattak el. A magyar nyelvű kiadás hazánkban ugyanennek a feladatnak a betöltésére hivatott. Nem akadályozza ennek az sem, hogy az eredeti és a magyar nyelvű kiadás megjelenési ideje között történt fejlődés eredményeiről való beszámolás, így pl. a korszerű szovjet V-3 háromcsatornás rendszer ismertetése a könyvből természetszerűen hiányzik. A könyvben kapott elvi tájékoztatás a további fejlődés követésére jó alapot ad és az időközben elért eredmények javarésze a könyv iránymutatásából származtatható.

A »Nagytávolságú Távközlés Alapjai« elsősorban a vivőfrekvenciás távközléssel foglalkozik és egyben megmutatja, hogy ez a távközlési módszer hogyan tette lehetővé a legnagyobb földi távolságok kielégítő áthidalását is. A nagytávolságú távközlő rendszerek és összeköttetések tervezésére vonatkozó fejezetek a felmerülő átfogóbb feladatok megoldásához adják meg a szükséges útmutatást, míg a linearizált erősítők, a modulátorok, a vivőfrekvenciás generátorok, továbbá a harmonikus generátorok elméleteinek részletes

kidolgozása a vivőfrekvenciás berendezések e legfontosabb építőköveinek kérdéseivel ismertetik meg az olvasót. Különös figyelmet érdemel e téren a könyvben több helyen felhasznált begerjedésmélet, a szűrők közé kapcsolt modulátorok viselkedésének a vizsgálata, a frekvenciaelhúzás elméleti magyarázata és alkalmazása, továbbá a mágneses harmonikusgerjesztés ismertetése. Bár a vivőhullámú technika szűrői részletes elméletének kifejtésére külön munka hivatott, a könyv összefoglaló fejezetben tárgyalja ezek követelményeit. Itt is, mint egyébként az egész könyvben mindenhol, kitérnek a szerzők az igen nagy áthidalandó távolságokkal kapcsolatos kérdésekre is. A könyvet a megvalósított nagytávolságú távközlőberendezéseknek és azok segéd szerelvényeinek összehasonlító ismertetése fejezi be.

A könyv különleges érdeme közérthetősége. A matematikát bőségesen alkalmazza és szükség esetén a harmonikus analízist is igénybeveszi, de sohasem folyamodik feleslegesen bonyolult eszközökhöz. Éppen ezért a könyvet a felsőbb nyenyiségtanban kevésbé járatos olvasó is eredményesen forgathatja.

A fordító és különösen a fordítás ellenőrzői jó munkát végeztek és a könyv nyelvezete a szakmánkban eddig napvilágot látott fordításokhoz képest komoly haladásnak tekinthető. Üdvözlünk kell a szakkifejezések magyarosítására irányuló törekvést.

A könyv papirosanyagának a kiválasztása alkalmával kiadónak gondolnia kellett volna arra, hogy ezt a könyvet az olvasók sűrűn fogják forgatni. A felhasznált papiros ezt az igénybevételt aligha fogja bírni. Egyes ábrák nyomása ugyancsak kifogásolható.

Izsák Miklós

A Magyar Tudományos Akadémia ünnepi hete

Hozzászólások Hennyey Zoltán „Mértékrendszerek“ című előadásához

(Folytatás)

Dr. Urbanek János

Mindenekelőtt örömmel üdvözlöm a MTA-nak azt az elhatározását, hogy ezévi nagygyűlése keretében a mértékrendszerkérdést is szerepeltetni kívánta. E kérdésnek — mely végig kísérte a villamosságtan fejlődéstörténetét — különös aktualitást ad az a körülmény, hogy 50 évig tartó alapos tanulmányozás és kritikai vizsgálat után a Commission Internationale Electrotechnique (CIE) és az Union Internationale de Physique Pure et Appliquée gondos előkészítő munkája után a CIE 1935-ben tartott ülészakán, — melyen a Szovjetunió képviselői is résztvettek — egyhangú döntéssel a Giorgi-rendszer bevezetését határozta el. Ez az ülés még két fontos részletkérdést nyitvahagyott. Nevezetesen nem döntött az MKS-rendszer negyedik alapegységének a kérdésében, valamint az ú. n. racionalizálás kérdésében. 1950-ben e kérdések is döntésre kerültek. Éspedig: negyedik alapegységnek az ú. n. abszolút Ampert jelölték ki és a racionalizált írásmód mellett döntöttek.

Egy másik — a Giorgi-rendszer bevezetésétől független — szempont, mely a mértékrendszerkérdést aktuálissá teszi, az ú. n. abszolút egységnek a bevezetése az eddig használt ú. n. nemzetközi egységek helyett. Az erre való áttérést a Nemzetközi Mértékügyi Hivatal 1948. I. 1.-ben jelölte meg. A tényleges áttérést azonban a méterkonvencióhoz csatlakozott országok egy része még nem hajtotta végre, ami nyilvánvalóan csak technikai ill. törvényalkotási késést jelent, mert az alaplímértékek központi hitelesítése már csak az új egységekben történhet. Az egységek értékében való eltérésnek egyébként csak bizonyos nagyobb pontosságú mérések esetében van gyakorlati jelentősége, miután a legnagyobb eltérések is $0,5\%$ alatt maradnak a régi értékekhez képest.

Mindezek alapján érthető, hogy mind a mértékrendszerekkel foglalkozó szakirodalmat, mind a szabványalkotást, de még a jogalkotást is újabban szélesebb körben foglalkoztatják ill. érintik a mértékrendszerkérdések, amint az említett nemzetközi határozatokat megelőző időszakban, amikor többnyire csak specialisták tárgyaltak időnként elvi kérdéseket vagy egy-egy újonnan javasolt — és pedig elég nagy számban javasolt — újabb mértékrendszert, melyeknek egy része mindenesetre Giorgi-variánsnak volt tekinthető.

Sok kiemelkedő művelője volt és van e kérdésnek. Így napjainkban a legelsőik között Kalantaroff kiváló szovjet tudós. Érthető tehát, hogy az elvi kérdések lényegi része ma már tisztázottnak tekinthető. Erre vonatkozóan Cornelius a következőkben foglalta össze a helyzetet: »Ez a vita ma már lényegében lezáródott. A Giorgi-rendszert

még olyanok is elfogadták, akik régi ellenzői voltak annak, olyan fizikusok is, akik az $E-B$ analógia hívei; és pedig nemcsak gyakorlati használhatósága miatt, de azért is, mert nyíltan beismerték, hogy a Giorgi-rendszer tudományos szigorúság tekintetében nem marad a c. g. s. rendszerek alatt, gyakorlati és tudományos érték tekintetében pedig felette áll azoknak (és itt Cornelius példaképpen, nem kisebb fizikusra mint A. Sommerfeldre hivatkozik).

Bármennyire is így áll a dolog és bármennyire is terjed mind a szovjet-, mind egyéb viszonylatban a Giorgi-típusú rendszerekben megírt szakönyvek száma, bizonyos elvi viták fel-fel merülnek, és pedig elsősorban a Giorgi-rendszernek az egyes országokban történt vagy történő bevezetésével kapcsolatos viták keretében, ill. az azokat kísérő irodalmi megnyilatkozásokban.

E kérdés nálunk is 1935. óta, ha szűkebb körben is, de napirenden van. Hennyey dolgozatát is ide sorolhatjuk és azzal ilyen értelemben, tehát az egész kérdéskomplexum szempontjából kívánok foglalkozni, anélkül, hogy annak részleteivel behatóbban foglalkoznék. Hennyey a fizika alapegységeinek arányossági tényezőivel, a mértékrendszerek szempontjából tehát a mértékrendszerek parametereivel foglalkozik és tárgyalja a fizikai mennyiségek relatív mennyiségekként való szerepeltetésének lehetőségeit, valamint az arányossági tényezők részbeni »kiküszöbölésének« a kérdését is.

Ez utóbbi pont az, amivel részletesebben kívánok foglalkozni, mert az alkalmat nyújt egy általános elvi kérdés megvilágítására, mely — úgy gondolom — a kérdés mai hazai állása mellett hasznosnak mutakozhat.

Mindjárt a kérdés lényegére térve: Hennyey az el. sztat. és el. mágn. c. g. s. rendszerek, valamint a Gauss-rendszer és a Giorgi-rendszer tárgyalása kapcsán megállapítja, hogy »Természetes rendszerre akkor jutunk, ha minden törvényállandót (értsd: arányossági tényezőt) eliminálunk, de nem vezetünk be relatív mennyiségeket. Így jutunk a négy-dimenziós Giorgi-rendszerre«.

Ezzel Hennyey a Giorgi-rendszerre nézve nézetem szerint túl kedvező álláspontot foglal el, és pedig éppen olyant, amilyent némileg más, de lényegében hasonló okoskodás alapján a Gauss-rendszer mellett is fel lehet hozni, anélkül, hogy az akár az egyik, akár a másik esetben szigorúan véve indokolt volna.

A kérdést Karapetoff parameter-analízise alapján kívánom megvilágítani, melynek értelmében a villamosságtan alapegységeiben felléptethető összes paraméterek explicite való kiírása esetében a Maxwell-egyenletekből az elektromágneses sugárzá-

soknak a vákuumban való terjedési sebességére vonatkozóan a következő összefüggés adódik:

$$kc = \sqrt{\frac{n p}{\epsilon_0 \mu_0}}$$

ahol ϵ_0 és μ_0 a vákuum dielektromos állandója ill. permeabilitása, n és p értéke 1 vagy 4π aszerint, hogy a teljes térszöghöz vagy a térszögegységhez rendelünk-e egységnyi erővonalszámot, k pedig a villamos és mágneses mennyiségek között feltehető arányossági tényező (pl. $k IN = \oint \bar{H} ds$)

A kérdés lényege most már a következő. E paraméterek, és pedig elsősorban ϵ_0 , μ_0 és k mint paraméterek — tehát egyéb szempontokat nem tekintve — teljesen egyenértékűek egymással (n és p azért nem jönnek szempontunkból tekintetbe, mert azok lényegében geometriai és nem fizikai természetű arányossági tényezők).

Hennyey — aki egyébként más 5 parametert alkalmaz, ami természetesen szabadságában áll — hallgatólag előre állást foglal ϵ_0 és μ_0 tekintetében, amennyiben azokat a priori teljes értékű fizikai mennyiségnek tekinti. E felfogás mellett viszont természetes, hogy a Giorgi-rendszer adódik »természetes« rendszerként.

Ugyanilyen alapon a k arányossági tényező is a priori teljes értékű fizikai mennyiségnek tekinthető, ami viszont azt jelentené, hogy a Gauss-rendszer a »természetes« rendszer. Ezzel az állásponttal gyakran találkozhatunk is.

Hennyey írása tehát alkalmat ad arra, hogy rámutassunk egy olyan vitapontra, melynek kellően megindokolt alapja nincs. Ezt a körülményt a Gauss-rendszerrel kapcsolatban kívánom bemutatni. A Gauss-rendszerrel kapcsolatban ugyanis a kérdés azért pregnánsabb, mert a k parameter révén ez esetben látszólag valóban egy univerzális állandó: a c fénysebesség kerül bele a villamosságtan alapegyenleteibe és a Hennyeyéhez hasonló álláspont ez esetben a Giorgi-rendszer ellen szólna, amennyiben helytálló volna.

A helyzet ezzel szemben a valóságban igen egyszerű, és pedig a következő. Ha Gauss-rendszerben számolunk, a c fénysebesség két egymástól alapvetően eltérő módon kerül bele az egyenletekbe. Éspedig vagy úgy, hogy azt a fizikai összefüggések megkövetelik (tehát mindazokon a helyeken, ahol c a Giorgi-rendszerben is szerepel) vagy úgy, hogy az egyszerűen a Gauss-rendszerre érvényes

$$kc = \sqrt{(4\pi)^2}$$

Karapetoff-féle parameterösszefüggésből adódik, melyből

$$k = \frac{4\pi}{c}$$

tehát végeredményben úgy, hogy pusztán paraméterként kerül bele az egyenletekbe.

c -nek ez utóbbi helyeken semmiféle különleges fizikai jelentése nincs. Az e helyeken fellépő $k = 4\pi/c$ -nek jellege és szerepe ugyanaz, mint pl.

a Giorgi-rendszerben a helyette álló egységnek: egyszerű parameterről van szó. A Giorgi-rendszernek éppen egyik előnye a Gauss-rendszerrel szemben, hogy nem szerepelteti a fénysebességet olyan helyeken, ahol ez a kérdés természetéből nem folyik.

Tisztán elvi szempontból ϵ_0 és μ_0 szerepe is hasonló, ha azokat mint egységrendszer-paramétereket tekintjük.

A fentiekben vázolt állásfoglalások tehát nem döntenek el a mértékrendszerkérdést, amit úgy is kifejezhetünk, hogy ilyen értelemben vett egyetlen »természetes« rendszer nincs. Mint ahogy — hasonló okok miatt — egyetlen ú. n. mértékfüggetlen írásmód sincs. A rendszerek mellett vagy ellen való állásfoglalás több tényezőtől tevődik össze.

A Gauss-rendszer esetében például sokan előnynek tekintik a vélt nagyobb szimmetriafokot (ami egyébként más módon is elérhető) és azt, hogy a rendszerben ϵ_0 és μ_0 dimenzió nélküli mennyiségek. A Giorgi-rendszer esetében előnyök: a Heaviside-féle legegyszerűbb írásmód, mely egyúttal mértékfüggetlennek is tekinthető, az, hogy a rendszer négydimenziós, ami szükséges és elegendő és nem 5 dimenziós mint a Gauss-rendszer, ami felesleges, vagy ál-háromdimenziós mint az el. stat. és el. mágn. c. g. s. rendszerek és az elektrotechnikusok szerint az is, hogy e rendszerben ϵ_0 és μ_0 dimenziós mennyiségek. Egyik rendszer mellett vagy ellen sem szolgálhat azonban érvként az, hogy az ú. n. fizikai arányossági tényezőket hol szerepeltetjük. Ezt az is alátámasztja, hogy mint már említettem, ú. n. mértékfüggetlen írásmód is többféle állítható elő, melyekben e tényezők más és más helyen lépnek fel (ilyenek pl. az Emde és Fischer-féle mértékfüggetlen írásmódok).

A Giorgi-rendszer további előnye még, hogy ez az egyetlen gyakorlatilag használható, felépítés szempontjából is kifogástalan rendszer, mely az összes legális egységeket zárt rendszerre egészíti ki. Mennyiség-egyenletei és egységegyenletei azonos felépítésűek, ami didaktikailag előnyös és a gyakorlati számolás szempontjából sem elhanyagolható szempont.

A Giorgi-rendszer végül célszerű variánsokat enged meg (pl. Kalantaroff-rendszer, $LTQ\Phi$, MSVA-rendszer) anélkül, hogy ez a legkisebb zavart is okozná. Miután pedig e rendszernek megfelelő írásmód a Heaviside-féle írásmód, az egyszer így megtanult írásmód mértékfüggetlen lévén, tetszőleges egységek egyidejű alkalmazására is alkalmas.

Fentiek alapján a Magyar Szabványügyi Hivatal egyetemi tanárokból és más szakértőkből álló előkészítő bizottsága hosszantartó alapos munkával elkészítette »jelölések és egységek« szabvány tervezetét, amely a közeljövőben kerül tárgyalásra. E tervezet a Giorgi-rendszer mellett egyéb rendszereket is tartalmaz.

Részben ennek előkészítését is szolgálta »A villamosságtan egyenleteinek írásmódjai és mértékrendszer kérdései« c. munkám, amely a Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat kiadásában ez évben jelent meg.

Hennyey dolgozatával kapcsolatban azért is felemlítem e munkámat, mert az többek között rövid magyaryelvű összefoglalását adja egy, a Francia Tudományos Akadémia előtt 1935-ben bemutatott és egy ugyanabban az évben a *Journal de Physique*-ben megjelent cikkemnek, amelyben a tömegnek és az energiának a relativitás elméletből folyó egyenértékűsége alapján egy elvi szempontból rendkívül egyszerű felépítésű rendszer lehetőségére mutattam rá, amely rendszerben bizonyos mennyiségek, így különösen ε és μ is automatikusan relatív mennyiségekként adódnak és melynek egységei egyetlen tetszőlegesen választott energia kvantum meghatározó adatai alapján rögzíthetők.

E rendszer a fentebb tárgyalt rendszerekhez képest más szempontból tűnhet »természetesebbnek«, de nyilvánvaló, hogy ez sem kitüntetett ilyen tekintetben a többi rendszerhez képest.

Nagyon hasznosnak tartom, hogy Hennyey dolgozata kapcsán e kérdések az Akadémia Nagygyűlése keretében tárgyalásra kerültek és örülök, hogy — ha némileg más szempontok alapján is — de egyetérthetnek Hennyey kartárssal a Giorgi-rendszer nyilvánvaló előnyei tekintetében.

Simonyi Károly

Mind az előadás, mind pedig az előbb elhangzott hozzászólás az elektrotechnika mértékrendszereinek kérdését felülről és önmagában vizsgálja. Ez alatt azt értem, hogy egyrészt ismertnek veszi a kérdés tárgyalásánál az elektrodinamika összes törvényeit, másrészt nem tekinti a makro- és mikrofizika kapcsolatait. Az ilyenfajta vizsgálatokra természetesen nagy szükség van. Alkalmassak arra, hogy az egyes használatos rendszerek logikai felépítését egységes nézőpontból elénk tárják és ennek megfelelően azok önként adódó, vagy önkényes voltát megmutassák és az egymásba való átszámítást megkönnyítsék.

Ezek a vizsgálatok már rendszerint értékítéletet is tartalmaznak valamilyen formában az egyes mértékrendszerek gyakorlati használhatóságáról. Ezen utóbbi kérdés eldöntéséhez szeretnék két olyan szempontot kidomborítani, amelyek éppen úgy adódnak, hogy elejtjük a kérdés felülről és önmagában való vizsgálatát. Az első és eléggé súlyosan latba eső újabb szempont akkor merül fel, amidőn nem tesszük fel az elektrodinamika összes törvényeinek ismeretét, hanem éppen logikus egymásutánban felépítjük azt, mégpedig a pedagógia szempontjainak megfelelően. A kérdés más megfogalmazásban úgy hangzik, hogy mit szól az egyes mértékrendszerekhez a pedagógus, aki az elektrotechnikát különböző szinten tanítja. Ilyen szempontból kérdéses, hogy melyik mértékrendszer érdemli meg a természetes jelzőt? A jó rendszer az lesz, amelyik egy pszichológiailag alapvetőbb fogalmat hoz kapcsolatba az érzésünkhöz közelálló mechanikai mennyiségekhez és az összekapcsoló egyenlet alakja az elképzelhető legegyszerűbb. Pillanatnyilag úgy látszik, hogy az elektromos töltés az alapvető fogalom és ezen keresztül célszerű kapcsolódnia a mechanikai mennyiségekhez.

A fejlődés útja minden valószínűség szerint az lesz, hogy a villamos energia széleskörű elterjedésével a feszültség és áram fogalma annyira kézenfekvő és megszokott lesz, hogy az elektrotechnika törvény- és mértékrendszere pedagógiailag is a feszültség és áram fogalmán épülhet fel.

A másik szempont abból adódik, hogy megnézzük, hogy az anyag felépítésére vonatkozó elképzelésünkből hogyan adódnak ki a makroszkópikus Maxwell egyenletek. A mikrofizika szerint az elektromos és mágneses térerősség mindig a vákuumban van és az anyag jelenlétét a vákuumban elhelyezett töltött részecskék elektromos és mágneses tere mutatja meg. Ebben a felfogásban tehát mind az elektromos mind a mágneses tér külön-külön egyetlenegy mennyiséggel jellemezhető: az elektromos és mágneses térerősséggel. Természetesen itt is definiálhatnánk az elektromos eltolás és mágneses indukció fogalmát, ez azonban semmiféle előnnyel nem járna, és csak feleslegesen bonyolítaná a dolgot. Ebből a szempontból természetesen éppen azt a rendszert lehet nevezni, amelyik eleve számol ezzel a ténnyel és a makroszkópikus, vákuumra felírt egyenletek alakja megegyezik a mikrofizika alapegyenleteivel, amely egyenletekben tehát az E és D mennyiségek azonosak. Ezzel magyarázható a fizikusoknak az előszeretete a Gauss-rendszer iránt, amelyik ebből a szempontból »természetes«.

Dr. Tarján Rezső*

Hennyey Zoltán előadása fizikai mennyiségek dimenzióinak rendszerével foglalkozik. Minthogy tárgyánál fogva *nem* a híradástechnika, hanem a fizika területéhez tartozik, elsősorban a fizikus álláspontjáról kívánok hozzászólni. A fizikai mértékrendszerek kérdése azonban közvetlenül és szoros kapcsolatban van a bennük szereplő fizikai mennyiségek természetéről alkotott nézetekkel is, amelyek körül már kialakulásuk óta, napjainkban pedig ismét rendkívül élesen folyik a dialektikus materializmus és az idealizmus harca; a tudományos nézeteket így, ebből a szempontból is bírálni kell.

Az előadás szövege szerint a kitűzött feladat: »a mértékrendszerek utólagos elméleti megalapozásával áttekinthetővé tenni azokat«. Véleményem szerint azonban a szerző ezt a célt, — noha az előadás logikai felépítése, legalább is a formális matematikai részt illetően — kitűnő, mégsem éri el, a következő okokból:

1. A mértékrendszerek kérdését lényegében formálisan tárgyalja. A mértékrendszerek kérdése azonban nem csupán formális kérdés: a formalizmus mögött a fizika — és hozzátehetjük: az ismeretelmélet — legsúlyosabb kérdései vannak elrejtve. Ezekre a szempontokra a szerző nem tér ki; így az elérni kívánt áttekinthetőség is csak a felületen marad.

2. A formális tárgyalás kedvéért a mechaniká-

* A közölt szöveg *nem* egyezik meg azzal, ami a Híradástechnikai Bizottság ülésén Hennyey Zoltán előadásának bírálataként elhangzott. Az ok: a szerző a bírálatban felvetett szempontok legnagyobb részét az előadás végleges szövegének kidolgozásánál figyelembe vette. Így a hozzászólás végleges szövege is értelemszerűen változott.

ban csak a mozgásegyenletet veszi figyelembe — így ellentétbe jut a gravitációs törvénnyel.

3. Az előbbieket miatt — elsősorban a mechanikával kapcsolatos fejtegetéseiben — tág teret nyit annak, hogy megállapításaihoz olyan idealista nézetek kapcsolódjanak, amelyet Lenin már 1908-ban, a maga korában pedig már Engels is megcáfolt. Világos, hogy napjainkban, amikor a burzsoázia minden eszközzel, nem utolsó sorban a tudományos nézetek félremagyarázásának az eszközeivel is igyekszik hozzánk behatolni, nem mehetünk el mellettük szó nélkül.

Vegyük sorra ezeket a szempontokat.

I.

Miben nyilvánul meg a szerző formalizmusa? Abban, amiben minden formalizmus: a mértékrendszereket kizárólag alakjukban, nem pedig fizikai tartalmukban ragadja meg. Emiatt mindjárt az elején megállapítja, hogy a mechanikában »mértékrendszer probléma nincs, ugyanez az elektromosságban nem áll.« Ez az állítás formálisan igaz, a valóságban azonban nem ilyen egyszerű a helyzet.

A szerző megállapítja, hogy az elektrosztatikus és az elektromágneses rendszerben kifejezett töltések nem egyenlők egymással: a dimenziók között a transzformációs koeficiens a fénysebesség, — és hozzáteszi, hogy egyenlőség csak akkor állana fent, ha a fénysebesség a vácuumban egyenlő lenne 1-el. Ez az érvelés azonban nem teljesen helytálló. A transzformációs koeficiens nem egyszerűen csak egy numerikus faktor; t. i. vagy 3×10^{10} , vagy 1. Ha ez volna a helyzet, akkor csak az egység önkényes megválasztásáról, tehát végeredményben normálási kérdéssről volna szó. A kétféle rendszer között azonban nem egyszerűen csak ez a különbség, hanem az is, hogy az egyikben szerepel a töltés definíciójában a cm/sec mérték, a másikban pedig nem. Ez viszont — Jánossy professzor egy megjegyzése szerint — azt a fizikai különbséget tükrözi, hogy egy elektron töltését elvileg kétféleképpen lehet mérni: vagy a nyugvó elektron töltését mérjük az általa létesített sztatikus erőtér útján (elektrosztatikus mértékrendszer) vagy pedig a mozgó elektron töltését mérjük; ekkor a töltés mértéke a mozgó elektron által létrehozott mágneses tér, amely ismert módon a fénysebességgel terjed. Erre a különbségre azonban a szerző a tisztán formális tárgyalás miatt nem mutat rá.

A helyzet egyébként a mechanikában sem olyan egyszerű, minthogy azt a szerző látja és kijelentései csak a klasszikus mechanikára igazak. A relativitáselmélet szerint azonban nemcsak az elektromágneses hatások, hanem a gravitációs hatás is véges sebességgel terjed, nevezetesen itt is a fény sebessége lép fel. Ha tehát a mechanikában is konzekvensen akarnók felépíteni a mértékrendszereket, akkor a gravitációs hatás terjedési sebességét itt is figyelembe kellene venni; ez a mechanikában is szükségessé tenné pl. a retardált gravitációs potenciál bevezetését, tehát behozná a kétféle mértékrendszert és a fénysebességet, mint transzformációs koeficiens.

A dolognak részben fizikai, részben történelmi gyökerei vannak. A fizikai különbség a mechanikai mértékrendszer és az elektromos mértékrendszer között elsősorban az, hogy a mechanikában a gyakorlatban előforduló sebességek a fénysebességhez képest kivétel nélkül elhanyagolhatók. Így Newton — a maga korának fizikai eredményeire támaszkodva — teljes joggal fogalmazhatta meg három törvényét az ismeretes formában. Ezzel szemben az elektromosságnak kétféle megjelenési formája van: a sztatikus töltések mindig valamilyen materiális testhez kapcsolódva jelentkeznek. A Coulomb-törvény tehát, amely történelmileg a Newton-féle gravitációs törvény mintájára készült (ez a kérdés történelmi oldala) lényegében véve nem azt feltételezi, hogy a töltés nyugszik, hanem azt, hogy a töltést hordozó materiális test nyugalomban van. (Pontosabban a töltés mérése a töltést hordozó testtel együttmozgó koordináta-rendszerben történik.) Izolált, materiális hordozó testtől független töltéseket, tehát elektronokat, nyugalomban nem lehet megfigyelni, de nem is lehet elképzelni. A mozgás az elektronok sajátos létezési módja; a mozgó töltések mérésére pedig az elektromágneses rendszer a logikus.

A szerző a nagyobb szigorúság kedvéért a mértékrendszereket láthatóan axiomatizálni akarja, mint Newton a mechanikát. Nem szabad megfeledkezni azonban arról, hogy minden axiomatikus rendszer alapja a közvetlen tapasztalat, amely éppen az axiomákban van lefektetve. Ez így van Euklidesnél, így van Newtonnál, vagy a termodinamika Caratheodory-féle axiomatikus felépítésénél.

Newton maga, a Principia nem egy helyen beszél erről. Így pl. a Principia XI. részében a következőket írja*:

»Matematikai kutatás tárgyai lehetnek az erők nagyságai és azok az összefüggések, amelyek az önkényesen szabott feltételekből következnek. Majd a fizikához folyamodva ezeket a következtetéseket össze kell vetnünk a végbemenő jelenségekkel hogy felismerhessük, mely feltételek teljesülnek az erőket illetően a testek vonzóképeségének egyes fajtái esetében«

Összefoglalva ezt a részt: Hennyey formalizmusát legjobban azzal jellemezhetjük, hogy megállt a fenti Newton — idézet első mondatánál és elhanyagolja a további részt, amely a fizikai összefüggések gondos vizsgálatát és elemzését követeli meg.

Az előzőekben kimutatott formalizmus odavezet, hogy kénytelen a Newton második törvényét kifejező mozgásegyenletet »módosítani«: a tömeg és a gyorsulás szorzata nem egyenlő, hanem csak arányos az erővel.

$$ma = cP$$

ahol a a gyorsulás, P az erő, m a tömeg, c pedig egy új állandó. Ebből persze formálisan ki lehet számítani az állandó értékét:

$$C = \frac{m a}{P}$$

* Idézve Kudrjavcev: A fizika története. Akad. Kiadó, 1951. 262. old. Kiemelés tőlem. T. R.

és a szerző le is vonja a következtetést, hogy az »a, m és P összetartozó hármasának fenti kifejezése olyan állandó, amely semmiféle fizikai körülménytől nem függ.«

Már most az ellentmondás a fizikai tapasztalattal nyilvánvaló: a fizikában ismerünk egy sor univerzális állandót, amelyek az anyag alapvető tulajdonságaira jellemzők, pl. a fény sebessége, a Planck-féle állandó, vagy, hogy a mechanikánál maradjunk, a gravitációs állandó. De ezeket kivétel nélkül az jellemzi, hogy függenek a fizikai körülményektől, a gravitációs állandó pl. a föld gravitációs terétől, hiszen éppen ezért lehetséges mérni őket. Másrészt: hogyan lehet mérni egy olyan állandót, amely »semiféle fizikai körülménytől nem függ«? Világos, hogy sehogyan. Bármely fizikai mérés lényege elvileg a fizika mennyiségek észlelése. Ha azonban egy állandó, semmiféle fizikai körülménytől nem függ, akkor nem mérhető, tehát egyszerűen nem létezik.

Hogyan vezeti félre Hennyeyt ebben az esetben a saját formalizmusa? Úgy, hogy nem veszi észre, hogy Newton második törvényében, a mozgás egyenletében a tehetetlen tömeg szerepel; a súlyos tömeget Newton gravitációs törvénye tartalmazza:

$$P = \frac{k m_1 m_2}{r^2}$$

Ebben valóban szerepel egy univerzális állandó, nevezetesen a gravitációs állandó. Éppen a mi Eötvös Lórándunk történelmi érdeme, hogy ennek az állandónak az értékét szinte fantasztikus, 10^{-9} -es pontossággal meghatározta. Ezzel kísérletileg bebizonyította azt, amit Newton még csak feltételezett, hogy t. i. a tehetetlen és a súlyos tömeg egymással egyenlő.

A mozgás egyenlete és a gravitációs törvény szorosan összetartoznak: egy egyenlet két oldaláról van szó. A kettő közül az egyikben feltétlenül kell egy univerzális állandó, amely az arányosságot egyenlőséggé teszi. Az, hogy hol használjuk ezt az állandót, bizonyos fokig tényleg választás — de nem önkényes, hanem célszerűségi szempontok által meghatározott választás — kérdése. Mindenképpen azonban mérhető állandóról van szó. Newton óta megszoktuk, hogy ezt az univerzális állandót a gravitációs állandó formájában használjuk, mert a mérése így könnyebb. A mozgásegyenletbe csak úgy helyezhetjük át, ha ugyanakkor a gravitációs törvényből elhagyjuk. Hennyey viszont, éppen mert a dolgokat tisztán formálisan kezeli, nem veszi figyelembe, hogy a mozgásegyenlet és a gravitációs törvény szorosan összetartoznak, és csak a mozgásegyenlettel foglalkozik. Így a mozgásegyenletbe bevezeti ezt az új állandót, de ugyanakkor nem hagyja el a gravitációs törvényből.

Egyébként a javasolt erőegység, a Pond technikai egység. A gyakorlatban azért nem használható jól, mert megfelelő etalonok a földön nem vihetők át egyik helyről a másikra. Értékük ugyanis a gravitációs állandó értékének változásával megváltozik, így az egy Pond erő a póluson nem ugyanazt jelenti, mint az egyenlítőn. (L. pl. Sommerfeld Mechanikáját.)

II.

Vizsgáljuk meg végül, hogy mivel nyit kaput Hennyey annak, hogy nézeteihez idealista álláspontok kapcsolódhassanak. Legfőképpen azzal, hogy határozottan állást foglal amellett, hogy a mechanikában négy alapfogalomra (hosszúság, idő, tömeg és erő) és ennek következtében négy alpmennyiségre van szükség. Ez azonban elvi oknál fogva helytelen és veszedelmes. Az erő fogalma ugyanis közvetlenül alkalmat ad arra, hogy az idealista nézeteket — az első erő, a végső ok, stb. — rövid úton becsempésszék a fizikába. A mechanikában három alpmennyiség elegendő (CGS rendszer), a negyedik az első háromból meghatározható. Az erőre, mint független alpmennyiségre nincsen szükség, mint ahogy a relativitás elméletében nem is szerepel: ott az erőt, mint a mozgás okát az a természeti törvény váltja fel, hogy a térben, amelynek metrikáját az otlevő tömegek határozzák meg, e tömegek mozgása geodetikus vonalak mentén történik. Ebből az egész relativisztikus mechanika levezethető.

Nem szabad megfeledkezni arról, hogy az erő fogalma történelmi kategória: akkor keletkezett, amikor a tudósok ismeretei a természetről még igen korlátozottak voltak; nem ismerték még fel, hogy a mozgás az anyag létezési módja. Így az erő fogalmára szükség volt, mint a mozgás okára. Newton mozgásegyenletének ideológiai jelentősége éppen abban van, hogy az erő fogalmát megfosztja misztikus, természetfeletti jellegétől: a mozgásegyenlet meghatározza az erő dimenzióját (MLT^{-2}) és ezzel — az anyag segítségével — térben és időben meghatározza, a mozgásra visszavezetett fizikai segédfogalomra teszi. Ezzel szemben: az erőt a fizikában negyedik alpmennyiségként használni legálább is azt jelenti, hogy az erőt tértől, időtől, anyagtól független léttel ruházzuk fel és ezt látszólag »tudományos« érvekkel támasztjuk alá. Ez azonban pontosan az idealizmus és a teológia álláspontja, ami ellen nekünk harcolni kell.

Hoffman Tibor

Az Eötvös Lóránd Fizikai Társulat nevében a mértékrendszerek oktatásával kapcsolatban a következő javaslatot teszem. Az oktatás alapfokán továbbra is CGS-rendszerrel kell kezdeni, azonban mihelyt lehetséges, be kell vezetni az MKSAV-rendszert is. A kétféle mértékrendszert egyelőre meg kell tartanunk és sok átszámítási problémával kell begyakoroltatnunk. Az, hogy hol lehet bevezetni a Giorgi-rendszert, esetenként más és más. Így pl. ahol az elektromosságtani a Coulomb-törvénnyel vezetik be — (alapfokon), csakis a CGS-rendszerrel lehet kezdeni az oktatást, míg ahol a Maxwell-egyenletekkel (felsőbb fok) vezetik be, a Giorgi-rendszerrel. Mai tudományos életünk és a szakirodalom azt követeli meg, hogy mindkét rendszert egyelőre párhuzamosan oktassuk, de a szakképzésnél a megfelelő egységrendszerre legyen helyezve a főszóly.

A kg-súlyt mint alapegységet ne vezessük be, de mint leszámított egységet, tanítsuk az oktatás minden fokán. Hívjuk fel a tanulók figyelmét

arra, hogy a műszaki irodalom nagy részében eddig helytelenül kilogrammmal jelezték a kg-súlyt. Ez utóbbi jelölést helyes lenne konzekvensen végigvinni.

Az előadáshoz még azt a megjegyzést szeretném hozzáfűzni, hogy az alapegységek számának a meghatározását nem szabad mereven rögzítettnek tekinteni, ez nagyon függ az egész fizikai kutatás pillanatnyi állásától. Éppen a fizikai tartalom adja meg, hogy hány alapegységre van szükség. Így pl. amíg az elektromos és mágneses jelenségeket különállónak tekintették, öt alapegységre lett volna szükség. Az elektromágneses elméletben ezek összekapcsolódásával ez négyre redukálódott. Az újabb fizikai kutatások lehetőséget adhatnak az alapegységek számának a módosítására is. Így pl. Sommerfeld felveti annak lehetőségét, hogy amennyiben a neutron mágneses momentuma az elektromos tulajdonságoktól függetlenül fog mutatkozni (ez a kérdés ma még teljesen eldöntetlen) az alapegységek számának ötre való felemelésének kérdése újból napirendre kerülhet.

Dr. Gyulai Zoltán

A kérdésnek pszichológiai kapcsolatai is vannak. A távolság, a tér, az idő és a tömeg, érzéleteinkre hatnak és kézzelfogható realitást jelentenek. Az elektromos mennyiségekről is be kell bizonyítani, hogy nem misztikusak. Ez nevelés kérdése. A töltés, illetve az áram vagy feszültség mérésében gyakorlatunk van, ezek lassan szemléletessé lesznek.

A fizika fejlődésével kapcsolatban kialakult régebbi méréseket alkalmazni kell, hiszen a mai mérnököknek nagyon sokáig lesz szüksége a régi irodalomra. A fizikus, a mérnök szempontjából legegyszerűbb mértékrendszert csak a tanulás folyamán lehet kialakítani. Nem célszerű döntést hozni e téren, amíg nemzetközi megállapodás nincs.

Dr. Marx György

Helyes az előadónak az a megállapítása, hogy az elektrodinamikában az »abszolút« cgs- vagy a »természetes« Giorgi-rendszer használata nem csupán a mértékegység megválasztásának kérdése, hanem a törvényrendszert kell úgy megválasztanunk, hogy az alapegyenletekben szereplő fizikai állandók számát a minimumra csökkentsük. Ennek a végrehajtásában azonban nem érthetünk egyet az előadóval.

Az előadó szerint abban rejlik a Giorgi-féle rendszer nagy előnye, hogy a dielektrikumokra felírt Maxwell-egyenletekben univerzális fizikai állandó nem szerepel, ezzel szemben a Gauss-féle cgs-rendszer használata esetén megjelenik a vákuumbeli c fénysebesség. A vákuum-fénysebességnek mint fizikai állandónak a kiküszöbölése így csak látszólagosan sikerül: a makroszkópikus elektrodinamika Maxwell-egyenleteiben ugyan nem szerepel, ellenben továbbra is benne marad igen sok alapvető fizikai törvényben, így az energia és tömeg egyenértékűségét, a relativisztikus tömegnövekedést kifejező összefüggésekben. Ezek pedig nemcsak

az elméleti fizikus számára fontosak, hanem az atomfizika eredményeinek fokozódó gyakorlati felhasználása következtében a technikába is bevonultak. (A relativitáselmélet megmutatta, hogy c fellépte nem az elektromágneses térerősségek definíciójával kapcsolatos, hanem annak következménye, hogy a hosszúság és idő egységét egymástól függetlenül választottuk meg.)

A c lokális, tehát látszólagos kiküszöbölésével szemben a Giorgi-féle rendszer bevezeti az ϵ_0 és μ_0 univerzális állandókat. Ezek valóban univerzális állandók. Egyes jelenségek dielektrikumban (tehát nem vákuumban) való leírásánál — pl. a realivisztikus elektrodinamika egyenleteiben, vagy a magnetosztatikusság tér energiájának és feszültségeinek Sommerfeld által használt alakjában — szükségképpen fellép a dielektrikumra jellemző ϵ és μ állandók mellett az ϵ_0 és μ_0 is, noha ϵ és μ alatt nem az ú. n. »relatív állandók« értendők. Ebből nyilvánvaló, hogy ϵ_0 és μ_0 nem »közeg-állandók«. Hozzájárul ehhez, hogy a relativ dielektromos állandót és permeabilitást az anyagszerkezet jellemző mennyiségeiből ki tudjuk számítani, míg ϵ_0 és μ_0 más mennyiségekre vissza nem vezethetők. Ezért idegenkednek a fizikusok $\epsilon_0 \neq 1$ és $\mu_0 \neq 1$ bevezetésétől. Példa erre egy test mozgásegyenletében a közeg belső súrlódási együtthatója. Ezt természetesen a mozgó test és a közeg atomjai közt ható erőkkel magyarázzuk és számértékét ezen az alapon ki is tudjuk számítani. Ellenben egészen idegenszerű volna a vákuumban érvényes mozgásegyenletben esetleg fellépő állandót a »vákuum belső súrlódási együtthatójának« nevezni, arról mint »közegállandóról« és nem mint univerzális állandóról beszélni.

A Giorgi-rendszer előnyös lehet a makroszkópikus elektrodinamikában, ha ott a mechanikával, az anyagszerkezettel, a relativitáselmélettel összefüggő kérdéseket nem érintünk. De ezt az előnyt — mint Sommerfeld is elismeri — más területeken, így az elméleti fizikában, atomfizikában fellépő bonyodalmak erősen lerontják. Ezért nem fogadható el fenntartás nélkül az előadónak az a véleménye, hogy a Giorgi-rendszer a fizikában — az egészet nézve — használhatóbb mint a Gauss-féle abszolút rendszer, sőt azt hiszem, hogy ennek az ellenkezője áll fenn.

dr. Radványi László

Ideológiai szempontból bírálni kell, hogy az előadó kidolgozott egy elméletet és azután csak összehangolásra igyekezett, áttekintést adott, de nem vont le következtetést. Politikai kérdésekben ezt oportunizmusnak nevezik.

Az irodalom szempontjából természetesen nem kell könyvégetést rendeznünk egy új rendszer bevezetésekor. De a mérnök és a pedagógus után most a diák szemszögéből nézve is úgy látom, hogy a fizikát nem úgy kell felépítenünk, ahogy az történelmileg felépült. A hallgatónak nem kell ismernie régen megcáfolt dolgokat. Felső fokon sem helyes, hogy a hallgató újabb problémák elé kerül.

MEGJELENT

Bajev—Jegorov : Nagytávolságú távközlés alapjai

A mű célja, hogy a távközléstechnikai intézeteknek segítséget nyújtson a szakképzés előkészítésében s hogy az üzemi dolgozók képzettségét emelje.

A könyv vizsgálja a vezetékek többszörös kihasználásának alapelveit és az ugyanazon vonalon különböző távközlési feladatok (távírás, képtávírás, műsor-szórás) egyidejű megoldásának feltételeit.

E tankönyv folytatása a távközlés elméletéről írott tankönyvnek.

511 oldal

54 Ft

Korossy István—Pongrácz Róbert : Bányák híradó és jelzőszolgálat

A könyv bevezetőjében ismerteti a híradás és jelzés jelentőségét a bányászatban. Az alapismeretek tárgyalása után foglalkozik a bányák jelzőberendezéseivel, bányavasúti jelző- és forgalomirányító berendezésekkel, távbeszélő készülékekkel, a bányabeli munkairányító szolgálat műszaki berendezéseivel, a távbeszélő- és jelzőberendezések kezelésével és karbantartásával.

A szerzők a könyv megírásánál a Szovjetunió bőséges tapasztalataira támaszkodtak s az idevonatkozó szovjet szakirodalmat forrásmunkaként felhasználták.

264 oldal

25 Ft

KAPHATÓK A

NEHÉZIPARI KÖNYVESBOLTBAN (VII, Lenin-körút 7.)

minden állami könyvesboltban és az üzemi könyvpropagandistáknál.

Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat

Budapest V., Alkotmány-u. 16.

FONTOS FELHÍVÁS

Felhívjuk előfizetőink figyelmét, hogy 1952. július 1-től kezdődően folyóirataink terjesztését a Posta Központi Hírlapiroda Üzemi Vállalat veszi át.

*

Eddig az időpontig fennálló előfizetési hátralékokat kérjük haladéktalanul

23.878.201-47 számú csekkszámunkra átutalni.

*

Július 1-től kezdődő előfizetések a Posta Központi Hírlapiroda Üzemi Vállalat

61.254 számú

csekkszámújára fizetendők be, annál is inkább, mert a folyóiratokat csakis az előre beküldött előfizetési díjak ellenében szállítják.

NEHÉZIPARI KÖNYV- ÉS FOLYÓIRATKIADÓ
VÁLLALAT

POSTA KÖZPONTI HÍRLAPIRODA Ü. V.

Előfizetés, személyes ügyfélszolgálat : Budapest, V., József Nádor-tér 1

Üzlethelyiség, telefon : 183—022, 180—850

Postatakarékpénztári csekkszám : 61.254