MAGYAR

HIRADÁSTECHNIKA

M. TECHNOLÓGIAI ÉS ANYAGVIZSGÁLÓ INTÉZET
TULAJDONA
NYILVÁNOS KÖNYVTÁRA

SZOVJET JÓVÁTÉTELRE KÉSZÜLT TELEFONKÉSZÜLÉK *(Gyártotta Standard Vill. R. T.)*

II. ÉVFOLYAM 6 SZÁM. 1947. VII.

KIADJA A MAGYAR MÉRNÖKÖK ÉS TECHNIKUSOK SZABAD SZAKSZERVEZETE

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA

Tarján Rezső:	A valószínűségszámítási módszerek nagyüzemi alkalmazásai.
Kósa Ferenc:	Telefonkészülékek.
Dr. Pócza Jenő:	Bay Zoltán beszámolója amerikai tapasztalatairól.
	A mikrohullámú technika elemei V.
Dr. Barta István:	Mikrohullámok gerjesztése II.

TECHNIQUE DE LA TÉLÉCOMMUNICATION

R. Tarján:	Applications de calcule de probabilitè dans la contrôle de la production en masse.
F. Kósa:	Appareils téléphoniques.
J. Pócza:	Le rapport de M. Bay concernant son séjour en U. S. A.
	Les éléments de la technique des micro-ondes, V.
I. Barta:	Generation de micro-ondes, II.

TELECOMMUNICATION ENGINEERING.

R. Tarján:	Application of the Calculus of Probability in Mass Production Control.
F. Kósa:	Telephone Sets.
J. Pócza:	Z. Bay's Journey in U. S. A. *(Lecture)*.
	Elements of Microwave Technique. V.
I. Barta:	Generation of Microwaves II.

NACHRICHTENTECHNIK.

R. Tarján:	Verwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Grossbetrieben.
F. Kósa:	Vernschprechapparate.
J. Pócza:	Z. Bays Vortrag über seine Erfahrungenin U. S. A.
	Elemente der Technik der Mikrowellen V.
I. Barta:	Erregung von Mikrowellen II.

MAGYAR II. ÉVFOLYAM 6. SZÁM

HIRADÁSTECHNIKA

A Magyar Mérnökök és Technikusok Szabad Szakszervezete Hiradástechnikai Szakosztályának lapja

SZERKESZTŐK: GERŐ ISTVÁN, SALLÓ FERENC, VALKÓ IVÁN PÉTER

TÁVBESZÉLŐ * RÁDIÓ * TÁVÍRÓ

A valószínűségszámítási módszerek nagyüzemi alkalmazásai

TARJÁN REZSŐ

APPLICATION OF THE CALCULUS OF PROBABILITY IN MASS PRODUCTION CONTROL

After a brief discussion of the advantages of the statistical methods of production-control the main problem of the method is defined as to decide, whether an attribute of the good produced in mass is „significant" or not. The attribute in question is expressed preferably as a number and may be either a single value (e. g. percentage of failproduced pieces) or the difference between two values (e. g. difference between measured and observed values, etc.). This decision is made usually on basis of „practical sense", that is subjectively, which is a serious source of error. According the statistical method observed values are to be regarded as „significant", if their probability of occurrence by random production-fluctuations, as determined from a sufficient large statistical population is less, than a given small quantity, usually 1% or 0.27%, the latter being the value belonging to 3 sigma of the normal error-function. Some practical examples of the different kinds of the tests of significance are given.

1.

Minden nagyüzemnek, amely tömegcikkeket állít elő, egyik leglényegesebb kérdése a minőségi ellenőrzés. Az ú. n. 100%-os kontroll, tehát minden munkadarab egyéni ellenőrzése a legtöbb esetben már csak azért sem lehetséges, mert a vizsgálat a vizsgálandó példányt tönkreteszi (pl. izzólámpák élettartamvizsgálata, biztosítékok kiolvadási pontja, szilárdsági próbák, stb.). Másrészt azonban a 100%-os kontroll a gyártási költségeket annyira megnöveli, hogy a költségtöbbletet az eladási ár már nem bírja el. Legtöbbször ez az utóbbi szempont a döntő akkor, amikor a gyártás ellenőrzése statisztikai minták (ú. n. «stichpróbák») alapján történik, még akkor is, ha a vizsgálat nem jár okvetlenül a vizsgálandó példány tönkretételével.

A gyakorlatban a statisztikai módszert sok esetben meg nem engedett módon használják. Csak átlagokkal dolgoznak és ha szórásról esik szó, következetesen összetévesztik a toleranciákkal, tehát azokkal a megengedett határokkal, amik közé a vizsgált tulajdonságnak esni kell. A szórási görbét majdnem sohasem figyelik meg, pedig azon felül, hogy egy sor érdekes és fontos következtetést lehet levonni már a szórási görbe alakjáról is, tulajdonképen ez dönti el, hogy egyáltalán lehet-e statisztikai vizsgálati módszert alkalmazni.

A legsúlyosabb hiba azonban, amit általában elkövetnek, az, hogy az egyes statisztikák kiértékelése — a következtetések levonása — úgynevezett «tapasztalati alapon», tehát végső elemzésben szubjektíve és nem objektív mértékszámok alapján történik. Az, hogy egy megfigyelt érték (pl. 100 megvizsgált munkadarab közül 2 selejt fordult elő), vagy, hogy két megfigyelt érték különbsége (pl. izzólámpák átlagos élettartama az egyik gyártási szakaszban 100 órával kevesebb, mint az előzőben), l é n y e g e s-e, vagy sem, végeredményben nem objektív alapon, hanem érzés szerint kerül eldöntésre. Korántsem akarjuk a gyakorlati tapasztalati érzék jelentőségét kétségbevonni, de kétségtelen, ilyenmódon rendkívül sok téves ítéletre nyílik alkalom.

Nem lehet ennek a cikknek a célja, hogy a valószínűségszámítás nagyüzemi alkalmazásának egész formalizmusát, vagy akár csak egy lényeges részét is hozza. Az elmondottak miatt elsősorban arra fogjuk a fősúlyt helyezni, hogy a statisztikai ellenőrzési módszer lényegét, ismeretelméleti alapját kifejtsük, hogy a módszer helyes alkalmazását elősegítsük.

2.

A statisztikai módszerrel történő ellenőrzés lényege az, hogy az egész ellenőrzendő anyagnak csak egy részét vizsgáljuk meg és az így kapott eredményt általánosítjuk az egész vizsgálandó mennyiségre. Ez az utolsó lépés — az általánosítás — a módszernek a kényes pontja: itt van a legtöbb önkényes — és tegyük mindjárt hozzá — hibás ítéletre alkalom.

Világos ugyanis, hogy a nagy tömegben előállított áruk tulajdonságai sohasem lesznek teljesen azonosak, hanem az előírt értékek körül kisebb-nagyobb szórást mutatnak. Ennek következtében — teljesen egyenletes elkeverés mellett is — a megvizsgált részleg eredménye sem lesz egyenletes és a valódi értéktől többé vagy kevésbbé el fog térni. *A statisztikai ellenőrzési módszer első alapvető kérdése tehát megadni azokat a hibahatárokat, amik közé a valódi érték esik.*

Egy fontos változata ugyanennek a kérdésnek az az eset, amikor a vizsgálandó érték az előírásos értéktől való eltérés mértéke. Világos, éppen az előbb elmondottak alapján, hogy eltérések lesznek. Ha az eltérések csak a statisztikai fluktuációkra vezethetők vissza, akkor lényegtelenek — ha azonban szisztematikus gyártási hibáról van szó, az eltérés

meg fogja haladni a csak statisztikai fluktuációkra visszavezethető eltérések mértékét. *A második alapvető kérdés tehát eldönteni azt, hogy két megfigyelt érték különbsége lényeges-e, vagy sem,* pontosabban: a megfigyelt különbség csak statisztikai fluktuáció következménye-e, vagy pedig szisztematikus zavaró okról van-e szó.

A könnyebb érthetőség kedvéért mindkét esetre egy-egy példát hozunk:

Az első kérdéstípusra jellemző példa a következő: későbbi összehasonlítási alap céljaira egy bizonyos munkadarabból 1000 darabot vizsgálat alá vettek; az eredmény az volt, hogy az ezer darabból 17 volt a selejt tehát 1.7%. Természetesen az egyes munkanapokon — azonos gyártási feltételek mellett is — a selejtszázalék változni fog. Meghatározandók voltak azok a határok, amik közé a valódi selejtszázalék esik. A vizsgálat eredménye szerint a selejtszázalék felső határa 3.3% — ennél nagyobb érték rendszeres gyártási hibára vezethető vissza.

Ennél az esetnél tehát csak egy megfigyelt érték alapján kell véleményt mondani.

A másik kérdéstípust legjobban a következő példa jellemzi: a folyamatos gyártásellenőrzés során az egyik szakasz selejtszázaléka 2%, a másiknál 4% volt. Eldöntendő, hogy a különbség lényeges-e, vagy sem, tehát van-e valódi minőségi különbség a két gyártási szakasz között. Itt tehát nem egy mennyiség önmagában való megítéléséről van szó, hanem két mennyiség összehasonlításáról, aminek a folyamatos gyártási ellenőrzés szempontjából van döntő jelentősége. A vizsgálat eredménye az volt, hogy a megengedhető legnagyobb különbség 1.67%; minthogy a megfigyelt különbség ennél nagyobb (2%), a 4% selejtet mutató gyártási szakaszt gyengébbnek kellett minősíteni, amit a részletes vizsgálat igazolt is.

3.

A hiba, amit egy ilyen ítélet, az ú. n. statisztikai hipotézis alkotásánál (pl. amikor azt mondjuk, hogy a két gyártási szakasz selejtszázaléka között mutatkozó különbség «lényeges») elkövethetünk, kétféle lehet:

Elfogadhatunk egy helytelen hipotézist, mint helyeset és elvethetünk egy helyes hipotézist, mint helytelent.

Ez a két lehetőség nem jelent alternatívát, hanem függetlenek egymástól, mert együttesen sohasem fordulnak elő. A gyakorlatban sohasem két hipotézis közötti választásról, hanem mindig csak egy hipotézis elbírálásáról van szó. *Így a statisztikai módszer lényegében egy hipotézis valószínűségét adja meg, tehát végső elemzésben az emberi gondolkozás helyességét ellenőrzi.*

Az előbbiekben körvonalazott kérdésfeltevéseket a valószínűségszámítás a következő okfejtés alapján válaszolja meg:

Az egyes megfigyelt értékeket úgy tekintjük, mint egy statisztikai tömeg (ú. n. kollektívum) elemeit, amik természetesen állandó ingadozásokat mutatnak. Ezek az egyes megfigyelések valahogyan egy jellemző érték körül helyezkednek el — az elhelyezkedés módját a szórási görbe adja meg; a szórási görbét leíró matematikai kifejezést a megoszlási függvénynek nevezzük. Ez a függvény homogén anyag esetén egy maximummal bír; ha a görbe szimmetrikus, a maximum (a legvalószínűbb, tehát a leggyakrabban előforduló érték) egyenlő az átlaggal. Mármost: minél nagyobb a tényleges megfigyelés eltérése a jellemző számtól (a legvalószínűbb értéktől, vagy átlagtól), annál kisebb az előfordulás gyakorisága, annál ritkábban fog előfordulni. *Lényegesnek általában azt a megfigyelést szokták tekinteni, amelynek az előfordulási gyakorisága olyan kicsi, hogy véletlen, statisztikai fluktuációk során csak igen ritkán, mondjuk ezer eset közül legfeljebb háromszor, gyakorlatilag tehát sohasem fordul elő.*

«Gyakorlatilag sohasem» — itt van a statisztikai ellenőrzési módszer egyetlen lényeges önkényessége. *Azt mondjuk, hogy ami igen ritkán fordul elő,* az — per definitionem — *nem véletlenül fordul elő, hanem valami szisztematikus oka van.* Ha viszont ezt a feltevést elfogadjuk — és nyilvánvaló, hogy valamilyen feltevést el kell fogadni — akkor a következtetés gyakorlatilag így hangzik: ha a megfigyelt érték előfordulási valószínűsége olyan kicsi, hogy véletlenül csak mondjuk ezer eset közül háromszor fordul elő («gyakorlatilag sohasem»), ennek ellenére azonban mégis megfigyelhető, akkor — nem véletlenül fordult elő, hanem valami szisztematikus oka van.

A hipotézis tehát ebben az esetben az, hogy a megfigyelt érték szisztematikus okra vezethető vissza. Ez persze lehet tévedés is: a megfigyelés lehet mégis véletlen következménye — de csak ezer eset közül háromszor. Másszóval: a hipotézisünk ezer hasonló eset közül 997 esetben helyes lesz és csak három esetben hibás.

A nemzetközi statisztikai gyakorlatban — a kérdésnek igen nagy irodalma van, — az ú. n. biztonsági határnak, tehát annak a határnak, aminél az előfordulási gyakoriságnak kisebbnek kell lenni, hogy szisztematikus okra lehessen következtetni, — általában kétféle értéket szokás adni. Az angolszász iskola (K. Pearson, R. A. Fisher és tanítványaik) azokat a megfigyeléseket tekintik lényegeseknek, amelyeknek a spontán előfordulási gyakorisága kisebb, mint 5%. Az európai iskola szigorúbb: a határt általában 0.27%-ban adja meg. A gyakorlatban ez annyit jelent, hogy az első esetben száz eset közül legfeljebb ötször, ha pedig a másik határt fogadjuk el, ezer eset közül legfeljebb háromszor fogunk tévedni.

4.

A gyakorlatban tehát a statisztika eredményének az objektív elbírálása úgy történik, hogy meghatározzuk a megfigyelt érték előfordulási gyakoriságát; ha ez kisebb mint az adott biztonsági határ, akkor — feltevés szerint — szisztematikus oka van. Az előfordulási gyakoriságok meghatározása a megoszlási görbéből lehetséges. Éppen ezért a statisztikai vizsgálat — ha módszeresen történik — minden esetben a teljes szórási görbének minél nagyobb anyagból való felvételével kezdődik.

A matematikai statisztika egész sor szórási görbét (valószínűségi megoszlást) ismer. Ezek közül alapvető fontosságú a Bernoulli-féle megoszlás, amely az egyszerű alternatívára («fej, vagy írás») vonatkozik. Eszerint, ha valamely esemény valószínűsége p, az ellentétes eseményé pedig q (= 1 — p), akkor annak a valószínűsége, hogy n megfigyelés során x-szer fordul elő:

$$f(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \qquad (1$$

Az így definiált — diszkontinuus — szórási görbe átlaga

$$m = np \qquad (2)$$

a szórás pedig

$$\sigma^2 = np(1-p) \qquad (3)$$

Ennek a megoszlási görbének az elméleti jelentőségén kívül a rendkívüli gyakorlati jelentősége ab-

ban van, hogy véges számú megfigyelésre is alkalmazható; a megfigyelések száma — n explicite lép fel, tehát a kiértékelésnél a feldolgozott anyag volumene figyelembe vehető.

Ha a Bernoulli-megoszlá ban a megfigyelések számát minden határon túl növeljük, két határmegoszlást kapunk. Ha az alapvalószínűség a határátmenet folyamán állandó marad, a közismert Gauss-féle megoszlási görbét kapjuk:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\frac{(x-m)^2}{\sigma^2}} \qquad (4)$$

Ha viszont a határátmenetet úgy hajtjuk végre, hogy a megfigyelések számának növelésével az átlag állandó marad, akkor a Poisson-féle megoszlást, az ú. n. kis számok törvényét kapjuk

$$f(x) = \frac{m^x e^{-m}}{x!} \qquad (5)$$

amelyet pl. a telefontechnikában a telefonközpontok vonalszükségletének a meghatározására használnak. (m mindkét esetben az átlagot, σ pedig a szórást jelenti.)

A tömeggyártásban tapasztalat szerint a legtöbb esetben jó közelítéssel a Gauss-féle megoszlási görbével számolhatunk. Ez azért kényelmes, mert erre a görbére jól kidolgozott táblázatok állnak rendelkezésre. A Gauss-féle megoszlás felhasználása azonban csak akkor legitim, ha maga az alapanyag elfogadható közelítéssel tényleg Gauss-féle megoszlást mutat. Ha nem ez a helyzet, akkor minden egyes esetben meg kell határozni azt a megoszlási görbét, amely a konkrét anyaghoz a legjobban illeszkedik és annak alapján meghatározni az előírt biztonsági határhoz tartozó maximális előfordulási határokat, amiken túl szisztematikus ok jelenlétére lehet, vagy kell következtetni. Ez legtöbbször igen komplikált munkát jelent, célszerűbb tehát más utat választani.

A legegyszerűbb megoldás ilyen esetekben, ha nem egyes értékeket, hanem átlagokat teszünk vizsgálet tárgyává. A matematikai statisztika egyik alaptétele szerint ugyanis, ha egy statisztikai tömegből sorozatosan mintákat veszünk és ezek átlagait meghatározzuk, az így kapott átlagok szórási görbéje a megfigyelések számának a növelésével a Gauss-féle megoszlási görbe felé konvergál. A konvergencia gyors; már 10—15-ös darabszámnál is csak elhanyagolható hibával jár. Így a Gauss-féle megoszlást átlagok vizsgálatára különösebb előzetes vizsgálat nélkül is használhatjuk.

5.

Mint már bevezetőleg is említettük, ennek a cikknek nem lehet az a célja, hogy a formalizmust csak valamennyire is részletesen hozza. Ehelyett befejezésként szeretnénk a valószínűségszámításnak még egy rendkívül fontos alkalmazási területére rámutatni. Ez a garanciafeltételek kérdése.

Ismeretes, hogy minőségi árunál a vevő bizonyos garanciák vállalását követeli meg. Ennek a konkrét megnyilvánulási formája a legkülönbözőbb lehet. A leggyakoribb az az eset, hogy a toleranción kívül eső darabot a gyár cserélni köteles. A továbbiakban szeretnénk egy gyakorlati példán bemutatni, hogyan kell az ilyen kérdéseket kezelni.

Tételezzük fel, hogy egy bizonyos áruból 1000 darabos megrendelést kaptunk azzal a feltétellel, hogyha a megvizsgálandó tulajdonság az előírásnál több, mint 10%-kal kisebb, a hibás tételeket cserélni kell.

A gyártási statisztika elemzéséből megállapítható volt, hogy a kérdéses tulajdonság normális, Gauss-féle megoszlást mutat; a szórás értéke az átlag 16.5%-a volt. A megadott eltérés tehát a szórás 0.6-szorosa. A Gauss-féle megoszlási görbe táblázatából megállapítható, hogy olyan értékek valószínűsége, melyek az átlagnál több, mint 10%-al kisebbek, kereken 20%, tehát az adott gyártási eljárás mellett az ezer darabból 200 darab cserélendő tétellel kell számítani. Ennek ismeretében tehát 1250 darabot kell legyártani ahhoz, hogy abból a rendelt ezer darabot le tudjuk szállítani. Önként értetődik, hogy ezt a többletet a kalkulációban is figyelembe kell venni.

Telefon-készülékek

KÓSA FERENC

TELEPHONE SETS

The article discusses the general principles of the modern telephone set; it contains some details on the transmitter, such as routine and laboratory measurements, frequency and non linear distortion, — further on the receiver, mainly regarding equalisation, — and finally on the induction coil. Here the anti-side-tone effect is explained: how the circuit can be considered as a Wheatstone bridge, further importance and limitations of this effect.
The most important principles for circuit designe — matching, side-tone balance, neutralising balance — are also discussed together with the energy distribution among the individual piece parts of the set during transmission and reception.

A telefonkészülék a telefon-összeköttetésnek az az eleme, melyet nemcsak a szakemberek, de a nagyközönség is a legjobban ismer. Ennek dacára különös, de megállapítható, hogy még a szakemberek között is kevesen vannak olyanok, akiknek pontos képe volna a telefonkészülék működéséről vagy éppen a méretezéséről, vagy a készülékben lévő egyes elemek szerepéről.

A telefonkészülék célja a beszédnek minél tökéletesebb, azaz minél érthetőbb átvitele, annak figyelembevételével, hogy a készüléknek egyszerűnek, olcsónak és tömeggyártásra alkalmas kivitelűnek kell lenni. A következőkben a készüléket és annak egyes elemeit ezen vezető szempont figyelembevételével fogjuk tárgyalni.

Egy külön cikkben leszek bátor ismertetni azokat a vizsgálati módokat, amelyekkel a technika mai állása szerint a készülék minőségi tulajdonságait lehet megállapítani.

A beszédátvitel jósága szempontjából a készüléknek három lényeges alkatrésze van: a mikrofon, a hallgató és az indukciós tekercs; a többi alkatrész csak ezeknek kiegészítése, melyek a beszédátvitelt gyakorlatilag nem befolyásolják. Vegyük tehát szemügyre ezeket az alkatrészeket egymás után.

a) *A mikrofon.*

A mikrofon legegyszerűbb módon belső ellenállással bíró generátornak fogható fel, bár a valóságban a mikrofon működése rendkívül komplikált és egy új typus kialakításánál, vagy változtatások végrehajtásánál sokkal több és kényesebb mérésre van szükség, mint pl. egy komplikált erősítő bevizsgálásánál.

Példaképpen megemlítem, hogy egy mikrofontypus mérnöki vizsgálata, a laboratórium feljegyzései szerint, a következő méréseket foglalta magában:

Egyen- és váltóáramú ellenállás mérése a kézibeszélő különböző helyzetében, különböző gerjesztőáramoknál, különböző tápáramkörökben.

A legnagyobb ellenállás mérése, mely a mikrofonnál egyáltalán előfordulhat.

Teljesítmény és hatásfok vizsgálat.

Non-lineáris torzítás mérése.

Érthetőségi vizsgálat a C. C. I. F. által ajánlott eszperantó-logatom rendszerben.

Frekvencia-torzítás vizsgálata.

Koherer hatás vizsgálata.

Állandóság vizsgálat.

Nedvesség vizsgálat.

Mindezek ellenére transzmissziós szempontból általánosan elfogadott szokás a mikrofonoknak az előbb említett egyszerű módon való helyettesítése. A mikrofon különleges tulajdonságai közül transzmissziós szempontból a legérdekesebb a non-lineáris és a frekvencia-torzítás. A non-lineáris torzítás mai jó mikrofonoknál is igen magas, 25—30% körül van és a szokástól egészen eltérő módon nem nő a kimenő teljesítménnyel. Vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a mikrofon non-lineáris torzítása nem a bemenő és kimenő teljesítmény egymással nem arányos összefüggésének a következménye, hanem a mikrofonban lévő szénnek jellemző anyagtulajdonsága. Ezzel magyarázható az előbb említett különleges viselkedés. Bár ma egész Európában a mikrofon non-lineáris torzítását is az ismeretes torzításmérő híddal szokták mérni, az említett tulajdonságok következtében úgy látszik, hogy helyesebb és a gyakorlati alkalmazáshoz közelebb álló eredményt kapnánk akkor, ha, mint Amerikában egyes esetekben szokásos, a mikrofonban létrejövő kombinációs hangok összegét és különbségét mérnénk meg és ezek alapján határoznánk meg a mikrofonok jóságát. Amerikában végzett ilyen mérések eredményét az 1. ábra mutatja. Az ábrából is látható, hogy a kombinációs hangok, tehát a torzítás, általában nem mutat a hangnyomással, vagyis a teljesítménnyel növekedő tendenciát.

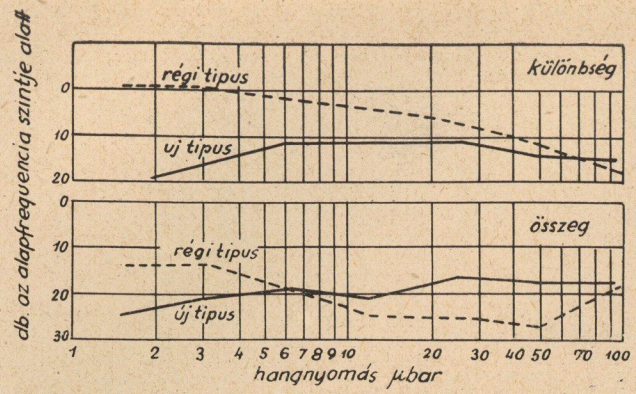
Már ebből is látható, hogy a mikrofon-grafit előállítása különösen kényes probléma, hiszen a mikrofonok torzítása, mint láttuk, végeredményben attól függ, hogy a grafitszemcsék kontaktus viselkedését milyen mértékben tudjuk befolyásolni. Nem csoda ezek után, hogy az egész világon csak néhány nagy cég foglalkozik mikrofongrafit előállításával. A grafitnak ezenkívül még számos más kényes és szigorú feltételnek kell eleget tenni ahhoz, hogy jó hatásfokú, megkívánt ellenállású, állandó, zajmentes, torzításmentes, az egyenáramú folyamot meg nem bontó, stb. mikrofonokat lehessen vele előállítani. Új szénanyagnak alkalmazása tehát csak sok tapasztalattal bíró, telefont gyártó cég útján, igen sokoldalú körültekintés és hosszadalmas kísérletezés és gyakorlati üzemi próbák után lehetséges.

Ami a mikrofonok frekvencia torzítását illeti, a 2. ábra mutatja a Standard Vill. r. t. által jelenleg gyártott mikrofonnak reprezentativ frekvenciagörbéjét. Látható a görbéből, hogy a frekvenciatorzítás 300-tól egész 4000 periódusig nem túlságosan nagy, úgyhogy a mikrofon ebből a szempontból kielégítőnek mondható.

A külföldi Standard laboratóriumokban kísérletek folynak ezen mikrofonok megjavítására, elsősorban a non-lineáris torzítás csökkentésére, úgy, hogy a jövőben javított typussal is számolhatunk.

b) *A hallgató.*

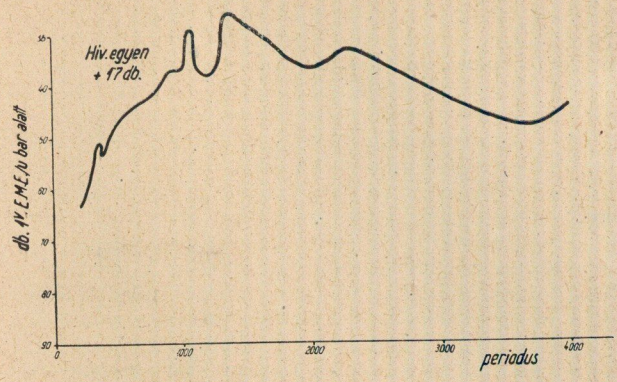
A hallgató elektro-akusztikus rendszer, melynek célja a beszédáramoknak hanggá való átalakítása. A torzítások szempontjából a hallgatóknál fordított helyzetet találunk, mint a mikrofonnál. A szokásos energia-viszonyok mellett a mai hallgatók non-lineáris torzítása csak 2—3%, ellenben a frekvencia-torzításuk jelentékenyen rosszabb mint a mikrofoné. A ma általában szokásos hallgatók kimondott rezonanciával bírnak és a frekvencia-görbéjük nem mondható kielégítőnek. A beszédsávon be-



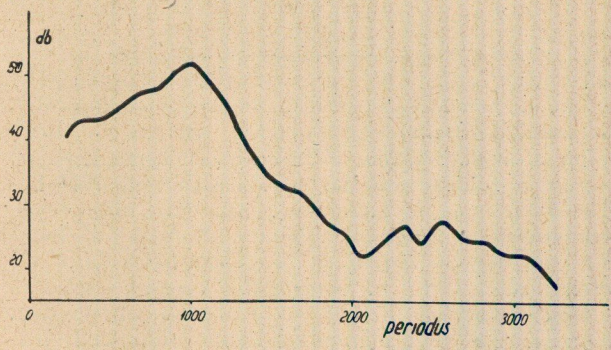
1. ábra. Mikrofon torzítás. A mikrofonban két különböző frekvencia behatására előálló kombinációs hangok összege és különbsége.

lül 36 db. nagyságú változások fordulnak elő. (36 db. kb. 1 : 65.) A Magyar Postának az érdeme, hogy a hallgatóknak ezen fogyatékosságát már több esztendővel a háború előtt észrevette és a külföldet megelőzve kívánságát fejezte ki, hogy jobb frekvencia karakterisztikával biró, u. n. kiegyenlített hallgatókat szeretne kapni. Ennek alapján a Standard-gyár hosszas kísérletezés után kihozta az u. n. G typusú, kiegyenlített hallgatót, mely lényegesen jobb frekvencia-karakterisztikával bír. E hallgató-rendszer tömeggyártásra teljesen ki van dolgozva. Számos minta is készült belőle és időközben még kisebb javítások is történtek rajta. Sajnos azonban az időközben beállott és még ma is fennálló háborús anyagnehézségek folytán a tömeggyártás elé pillanatnyilag nyersanyagok beszerzése szempontjából akadályok tornyosulnak. Remélhetőleg rövidesen mód lesz a néhány szóbanforgó nyersanyag beszerzésére és kívánatra ezen tökéletesített hallgatótypus rövidesen gyártható lesz. Az u. n. rezonans hallgató frekvencia görbéjét a 3. ábrán, a kiegyenlített hallgatóét pedig a 4. ábrán mutatjuk be.

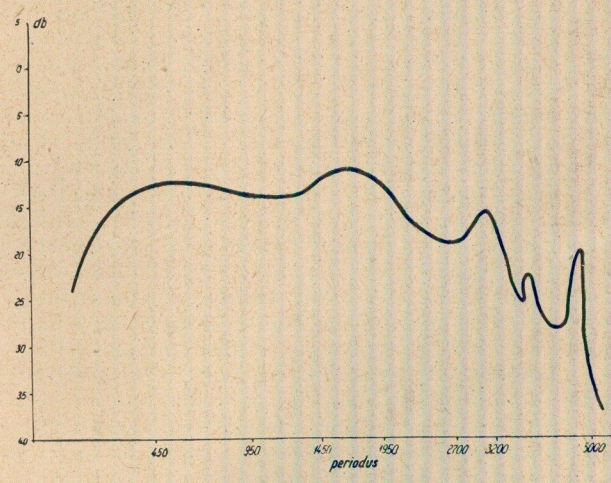
A hallgatók kiegyenlítése többféle módon történhetik. Az alap-megoldás azonban általában a következőre vezethető vissza. Az 5. ábrában p_m a membránra ható rezgő erő, m_0, r_0, s_0 a membrán tömegével, mozgási ellenállásával és merevségével egyenértékű elektromos elemek, s_2 a membrán és a kézibeszélő kagylója közötti térben lévő levegő merevsége, m_2 a kagyló kivezető nyilásaiban rezgő levegő tömege, r_2 a membrán és a fül között lévő levegő rezgésénél fellépő ellenállás és végül s_3 a kagyló és a dobhártya között rezgő levegő merevsége. Az ábrában mindezeket az akusztikus egységeket a velük egyenértékű elektromos egységekkel helyettesítve képzeljük, a membrán eff. keresztmetszetére vonatkoztatva. Mint látható, a rendszernek két rezonancia pontja van, melyek közül az alsót lényegében a membrán tömege és merevsége, a felsőt pedig a membrán és a fül közötti levegő tömege és a terekbe bezárt levegő merevsége határozza meg. A rezonans hallgatónál a rezonancia onnan keletkezik, hogy a membrán önrezonanciája erősen érvényesül, ezzel szemben a levegő rezonanciája csak csekély mértékben érvényesül és ez is a hasznos sávon felül. A kiegyenlítés tehát abból áll, hogy az s_2, m_2 értékeket úgy választjuk meg, hogy a második rezgőkör rezonans frekvenciáját a hasznos sáv felső határába hozzuk, valahova a 2000 és 3000 periódus közé. Ismeretes továbbá, hogy valamely rezonans kör rezonanciájának az élessége ugyanolyan veszteségi ellenállás mellett a reaktanciáknak a veszteségi ellenálláshoz való viszonyától függ. Az előbbin kívül tehát az s_2, m_2 reaktanciákat r_2 veszteségi ellen-



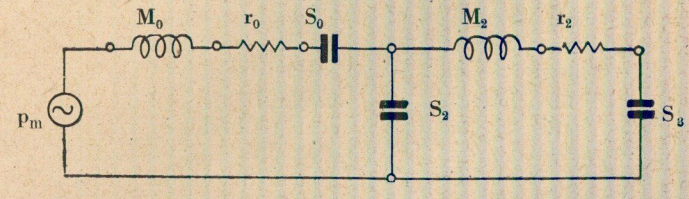
2. ábra. A mikrofon jellemző frekvencia görbéje Gerjesztő egyenáram 60 m/A. Hangnyomás 20 mikrobar. A mikrofon hajlásszöge 45°



3. ábra. Rezonans hallgató frekvencia-görbéje.



4. ábra. Kiegyenlített hallgató frekvencia-görbéje



5. ábra. Telefonhallgató akusztikus rendszerével egyenértékű elektromos áramkör.

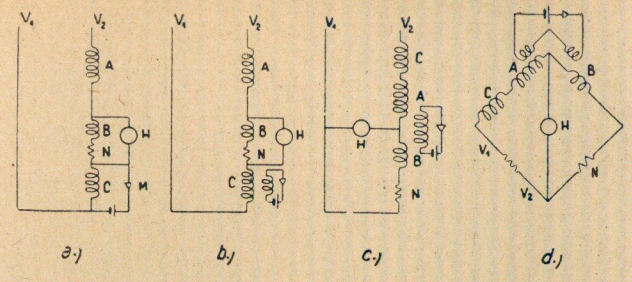
állásnak nagyjából az állandó értéken való tartása mellett megnöveljük, miáltal az említett felső rezonancia jobban kiemelkedik. Ezáltal a hallgató frekvencia-görbéjének a hasznos sáv felső határához közeleső részét jelentékenyen, a gyakorlatban 10—20 db-lel, meg lehet emelni. A görbe egyenletesebbétételére végül harmadik lépés gyanánt az alsó rezonanciát kissé elnyomjuk. Ez oly módon történik, hogy a membrán mögé egy meghatározott köbtartalmú légteret létesítünk, amely a levegővel csak kis keresztmetszetű és nagy akusztikus ellenállást képviselő nyíláson keresztül érintkezhetik. A membrán saját rezonanciájánál tehát a membrán mögött lévő levegő réteg az említett nagy akusztikus ellenállású nyíláson keresztül kénytelen rezgőmozgást végezni, miáltal p_0-t megnöveltük és így az alsó rezonanciát lejjebb nyomtuk és ellaposítottuk. Mindezen hatások együttes eredményeképpen a hasznos sávon belül, tehát kb. 300—3000 periódus között, csak kis mértékben ingadozó, nagyjából állandó hangvisszaadást érünk el.

c) *Indukciós tekercs.*

Az indukciós tekercs feladata az, hogy az előzőleg már említett két elemet: a hallgatót és mikrofont a vonallal megfelelő módon összekapcsolja. Az indukciós tekercs célja tehát az, hogy a mikrofon által létrehozott elektromos energiát helyesen vezesse a vonaláramkörbe és a vonaláramkörből beérkező energiát a hallgatóba. Amellett még egyéb feladatokat is meg kell oldania. Ezek közül megemlítem, hogy a manapság általában használatos telefonkészülékek u. n. invariábilis typusok, tehát a telefon áramköre beszéd és hallgatás helyzetében ugyanaz. Az energiaáramlást tehát úgy kell irányítani, hogy ugyanazon áramkörben a legkedvezőbb hatásfokot érjük el, mind beszéd, mind hallgatás helyzetében. Másik feladata az u. n. anti-sidetone, vagy magyarul kis önhang, hatás elérése.

A régebben szokásos távbeszélőkészüléknél ugyanis a mikrofon által keltett energia egy tekintélyes része a saját hallgatóba került, ami három szempontból is káros. Egyrészt a saját mikrofonból a hallgatóba kerülő energia nagycsillapítású összeköttetéseknél hangosabban szólaltatja meg a hallgatót, mint a távoli állomásról beérkező. Miután az emberi fülnek a különböző erős hangokhoz való alkalmazkodása bizonyos időt vesz igénybe, e jelenség arra vezet, hogy a hallgatott beszéd első részét nem értjük, ami zavaró és állandó visszakérdezésre okot szolgáltató jelenség. A másik kellemetlen hatás, hogy zajos helyen a mikrofonba bejutó szobazaj is a hallgatóba kerül és ott elnyomja a távoli állomásról érkező beszédet. A harmadik hátrány az elsővel szorosan összefügg. A tapasztalati tény ugyanis az, hogy a telefonáló egyénnél a beszéd hangosságát nagy mértékben befolyásolja az, hogy a saját beszédjét a hallgatóban milyen hangosan hallja. Ha hangosabbn hall, úgy akaratlanul is csökkenti beszédjének a hangerejét, a kelleténél halkabban beszél, ami viszont a távoli félnél az érthetőséget csökkenti. Ezért a modern készülékek kis önhang kapcsolásúak. Ezt az önhangcsökkentő hatást pedig az indukciós tekercs megfelelő kialakítása idézi elő.

A mai készülék kapcsolásának elvét a kis önhang hatás figyelembevételével többféleképpen magyarázhatjuk meg. A legegyszerűbb magyarázat az, amely a készüléket mint Wheatstone-hidat vezeti le. Erre példaképpen felhozzuk a mai postaszabványú helyi-telepű készülék kapcsolását. (6. ábra.) Az ábrában A, B, C, az indukciós tekercs közös vasmagon



6. ábra. Kis önhang-hatás elvének magyarázata

lévő három tekercsrészét, N a tekercsre feltekercselt tiszta ohmikus művonalat, H a hallgatót, M a mikrofont, V_1, V_2 pedig a vonalat jelenti. A 6a. ábra mutatja a készülék elvi kapcsolását, a 6b. ábra pedig ezzel teljesen egyenértékű kapcsolást mutat, csak a mikrofon áramköre galvanikusan el van választva. A 6c. ábra ezzel szintén egyenértékű kapcsolás, de egy ismert áramköri alapelv segítségével a C tekercs és a vonal sorrendje fel van cserélve. A 6d. ábra végül pontosan ezt a kapcsolást tünteti fel Wheatstone-híd alakjában felrajzolva. Mint látható, ha a híd teljesen ki volna egyensúlyozva, akkor a mikrofon által létrehozott váltóáram nem jutna bele a hallgatóba. A kis önhang hatás tehát ezen Wheatstone-híd egyensúlyán nyugszik. Miután azonban a V_1 és V_2 impedancia komplex és minden frekvenciára más értékű, ezzel szemben pedig az N művonal egyszerűség kedvéért tiszta ohmikus ellenállás, teljes kiegyenlítettség nem érhető el, csak legfeljebb egyetlen frekvenciára. Ez azonban nem is cél, mert mint az előzőkben láttuk, a beszédkor a saját hallgatóban keletkezett hangokat nem akarjuk teljesen megszüntetni, csak oly mértékben lecsökkenteni, hogy az említett zavarok ne álljanak elő. Ez pedig ilyen egyszerű eszközökkel is kielégítően elérhető. A mai készülékeknél az önhang-csökkenés egy ugyanolyan értékű, nem kis önhangú készülékéhez képest 10—12 db., ami a kívánt célra teljesen elegendő.

Ezek után vizsgáljuk meg, hogy egy telefonkészülék tervezésénél milyen áramköri szempontokat kell figyelembevenni. Ezek a következők:

1. Illesztés a vonal felé. Ismeretes, hogy egy generátor illesztett állapotban adja le a legnagyobb teljesítményt, tehát az illesztést ebből a szempontból kell a készüléknél alkalmazni. Miután azonban a vonalak komplex impedanciák, a készülék úgy illesztendő, hogy a készülék impedanciája az egész beszédsávban a lehetőség szerint megközelítse a vonal impedanciájának konjugáltját.

2. Adáskor a kis önhang hatást kell érvényre juttatni, tehát a készülék áramköre, figyelembevéve a vonalnak és a hallgatónak a frekvenciával változó komplex impedanciáját, úgy tervezendő meg, hogy az előbb említett Wheatstone-híd nagyjából ki legyen egyenlítve az egész beszédsávban, anélkül, hogy egyes frekvenciákra különösen jó, vagy különösen rossz kiegyenlítést kapnánk. (Side-tone balance.)

3. Vételnél a készüléknek ugyancsak a legjobb hatásfokkal kell dolgozni, aminek — mint ezt Campbell, a Bell-laboratórium kiváló mérnöke, megállapította — az a feltétele, hogy a művonalon a bejövő beszédáram ne folyék keresztül. Tehát az előbb említett 6. ábrán az A és C tekercseken folyó áram pontosan ugyanakkora, de ellenkező értelmű feszültséget indukáljon a B tekercsbe, mint a hallgató sarkain lévő feszültségesés. (Campbell elv, vagy neutralizing balance.)

A készülékek áramköre természetesen más módon is tá gyalható, mint a Wheatstone-híd elvének alkalmazásával. Egy ilyen másik módot, mely a működés megértésében jóval bonyolultabb ugyan, de a méretezés tényleges kivitelében és főleg a mérések ellenőrzé ében egyszerűbb, Gibbon ismertetett a B. S. T. J. 1938. évfolyamának 245. oldalán.

Végül az áramköri ismertetéssel kapcsolatban vessünk egy pillantást a készülékben fellépő energiaviszonyokra. Adáskor a mikrofon, mint ideális áramforrás által leadott energiának nagyjából $^1/_4$ része a mikrofonon, $^1/_4$ része a hallgatón, illetve kis önhangú készülékeknél a művonalon vesz el és fele jut ki a vonalra. Ez az elv felelne meg a legnagyobb energiaátvitelnek. Ezt az elvet a tényleges készülékeknél csekély mértékben módosítjuk olyképpen, hogy a vonalra az impedancia-csatolásnak megfelelő megválasztásával az előbb említettnél valamivel több energiát juttatunk annak érdekében, hogy a vételi oldalon kedvezőbb jel-zaj viszony álljon elő. Vételkor a bejövő energiának mintegy a fele vesz el a mikrofonban és a fele jut ki a hallgatóba. Ez a helyzet ideális készülékeknél. A valóságos készülékeknél természetesen átviteli veszteségek is vannak, elsősorban az indukciós tekercsben. Ezeket az átviteli veszteségeket igen érdekesen tárgyalja K. S. Johnson a «Transmission Circuit for Telephonic Communication» című könyvében. Ezen tárgyalásból csak a következő érdekességet kívánjuk megemlíteni:

Kimutatta Johnson, hogy ha a ma használatos telefonkészülékekből minden veszteséget sikerülne kiküszöbölni (ohmikus ellenállások, vasveszteség, stb.) akkor az összes javulás — adást és vételt beleértve — csak kb. $2^1/_2$ db. volna. Tehát bármiféle tökéletesítést igyekszünk a telefonkészülékekbe belevinni olyan irányban, hogy az áramkör, vagy az áramköri elemek megjavításával a készülék hangosabban szóljon, legfeljebb — és azt is csak ideális esetben — az említett $2^1/_2$ db. javulást érhetnénk el.

Tehát, mint Johnson mondja, számottevő javulás csak a hallgatónak, vagy a mikrofonnak és nem pedig az áramkörnek javításával érhető el. Ettől függetlenül a legújabb készülékek tervezésénél nem is az a fő szempont, hogy a beszéd hangosságát fokozzák, ami már az áthallási viszonyok romlása miatt sem volna kívánatos. A legújabb törekvések odairányulnak, hogy a beszéd érthetőségét fokozzák, ami a torzítások csökkentésével érhető el.

Bay Zoltán beszámolója amerikai tapasztalatairól

DR. POCZA JENŐ

Bay Zoltán műegyetemi tanár, az Egyesült Izzólámpa és Villamossági R. T. műszaki vezérigazgatója kéthónapos amerikai útjának tapasztalatairól két előadásban számolt be a Mérnöki Továbbképző Intézet előadássorozatának keretében.

Utazása során több nagyipari vállalat telepén, főleg azok kutatólaboratóriumaiban, több egyetem tudományos intézetében tett látogatást és nagy intézetek vezetőivel hazai kutatásaink részére is termékeny megbeszéléseket folytatott. Általános benyomásai között elmondta, hogy Amerikában már járt ember számára is meglepő a gépesítésnek és automatizálásnak európai ember számára alig elképzelhető mértéke. Ezzel a nem minőségi munka elvégzése terén emberi munkaerőt takarítanak meg és sok tekintetben a hétköznapi életet (háztartás, utazás) teszik nagymértékben kényelmessé.

Ugyancsak általános érdekességű a gyárépítésnek egy modern formája, amelyet az R. C. A. a lancasteri gyártelepén valósított meg. Az egész gyár, mely 3.000 munkást foglalkoztat, földszintes. Ablak nélküli munkatermei közös légterűek s nem egészen a mennyezetig érő falakkal vannak aláosztva. A világítást a mennyezeten elhelyezett fénycsőrendszer szolgáltatja. A levegő mesterségesen kondicionált, télen-nyáron egyforma hőmérsékletű és páratartalmú, így a telepen a munkaviszonyok a külső időjárástól teljes mértékben függetlenítve vannak.

Ipari kutató laboratóriumokban nyert tapasztalatai szerint a háború alatt a műanyag-gyártás hihetetlen mértékben fejlődött. Tervszerű kutatással fejlesztették ki a bakelithez hasonló tömegcikkek előállítására alkalmas ú. n. «plastic» anyagokat. Ezek az anyagok préseléssel egészen változatos formákban gyárthatók. Alkalmazásuk nagyon széleskörű. Háztartási cikkek, törhetetlen dobozok (pl. ébresztőóratok belekevert világító festékkel), törhetetlen, tűzőrejmentes gramofonlemez, asztallapok, elektromos tömegcikkek készülnek belőlük.

A kvarc nagymértékű előfordulása, valamint kiváló mechanikai, hő- és elektromos tulajdonságai késztették a kutatókat arra, hogy a gumi szénláncának megfelelő szilicium kötéseket tartalmazó szilikon gumikat kidolgozzák. A vulkanizálással rokon eljárással rugalmassági tulajdonságaik tetszés szerint változtathatók. Különleges előnyük, hogy egész magas és egész alacsony hőmérséklet hatására sem változnak meg rugalmassági tulajdonságaik. A hallgatóságnak megmutatott egy szilikon-gumi fajtát, mely puha agyag módjára könnyen gyúrható, lassú alakváltozás mellett akár hajszálvékonyságú fonallá nyujtható, míg hirtelen változásra nagyszilárdságú, rugalmas anyag. Ebből készült golyócska asztallaphoz vágva gumilabdaként ugrik, minden maradandó deformálódás nélkül. Extrém nagy erőhatásokra (kalapácsütés) kagylósan törik. Pár perc múlva azonban a széttöredezett darabok ismét összefolynak.

Csillám és üveg összeolvasztásából «micalex» nevű szigetelőanyagot gyártanak, amely nagyon jó mechanikai és elektromos szigetelő tulajdonságai mellett préseléssel a legváltozatosabb formában állítható elő, kicsiny lámpa- és csőfoglalatoktól kezdve a legnagyobb igénybevételnek kitett nagyfeszültségű és erős áramú tartókig.

Megtekintett egy különleges rádiókiállítást. A sok érdekességen kívül (radar készülékek számtalan típusa) egy kicsiny cigarettadoboznál alig nagyobb rádiókészülékről tesz említést, melynek érdekessége, hogy szubminiatür csövekkel készül és a huzalozás, ellenállások, kondenzátorok kerámiai lapokra fényképészeti eljárással vannak felvive. Mivel a huzalozás a keresztezések miatt egy síkban nem oldható meg, több ilyen egységet szerelnek egymásra s a csövekkel

ellátott egész szerelvényt összeállítás után átlátszó plastic-anyaggal öntik ki.

A mikrohullámok terjedésével kapcsolatban érdekes laboratóriumi kísérleteket volt alkalma megszemlélni. Centiméteres hullámhosszon dolgozó egyetlen adó energiáját érnélküli kábelen át két kisugárzó tölcsérhez («horn»-hoz) vezetik és az ezen át kisugárzott centiméteres hullámok interferenciája következtében egy asztal felett álló hullámok keletkeznek. A hullámtérben mozgó detektorral a térintenzitás pontonként megmérhető, sőt írószerkezet segítségével közvetlenül letérképezhető.

Nagy fejlődés van elektroncsöves számológépek terén. Ennek elvi kérdéseivel egyik híres hazánkfia, Neumann János foglalkozik. A jelenleg laboratóriumban készen álló berendezés mp-ként 1000 művelet elvégzésére képes, 15 ismeretlenű lineáris egyenlet rendszer oldható meg vele közvetlenül. Parciális differenciál egyenletek megoldására is alkalmas. Kidolgozás alatt áll egy 4—5000 elektroncsövet tartalmazó készülék, mely mp-ként 1,000.000 műveletet képes elvégezni.

Elektron mikroszkópok már ipari alkalmazásra is szabványtípusokban készülnek. Felbontó képességük 10 Å nagyságrendű. Fejlődésük ebben nem haladja felül a háború alatt Európában elért eredményeket.

Mint érdekességet említette, hogy az egyik laboratórium az összes áramforrásával együtt a katonai távcsőnél alig nagyobb méretű «noctovisor»-t fejlesztett ki. Infravörös sugárzásra érzékeny fotókatódon előállított képet elektromos lencserendszer segítségével fluoreszkáló ernyőre vetíti s így teszi láthatóvá. Egy teljesen sötét szobában infravörös sugárzású forrással «megvilágított», tehát szabad szemmel egyáltalán nem látható testek a noctovisoron át egészen jól szemlélhetők.

1946 januárjában adott hírt az amerikai rádió arról a kísérletről, mellyel rövidhullámú rádiójelek visszaverődését sikerült észlelni a Holdról. Pár héttel később Bay Zoltán vezetése alatt folyó hasonló kísérletek is eredményt szolgáltattak. Kísérletei nagy feltűnést keltettek az ottani körökben és ennek tulajdonítható, hogy bár ott a kísérleteket egy katonai laboratórium végezte, módjában állt a berendezést megtekinteni. Az amerikai kísérletezők előtt főleg praktikus szempontok állottak. Vajjon az itt használatos rövidhullámok az ionoszférán túl rakéták irányítására felhasználhatók-e? A magyar kísérletek célja ezen szempontokon túlmenően elvi kérdések megoldására is irányult.

Míg az ottani készülék költséges és nagyon preciz berendezés, mely a zajnívó leszállítását közvetlen módon a bemenő sávszélesség nagymértékű szűkítésével és ennek megfelelően a 110 MC körül dolgozó adó- és vevőállomás költséges precizitásával (30—50 ciklus pontosság 1—2 százezred %-os frekvencia állandóságot követel) oldották meg, a magyar kísérletnél egy összegező eljárás lehetővé teszi, hogy a sávszélesség leszűkítését csak a detektálás után alkalmazzák. A kulométer a zajt kiközepeli, az egyirányú jeleket pedig hosszú időn keresztül összegezi s így hozza a zajszint fölé.

Az atomfizikában a jelenlegi kutatások előterében ismét elvi kérdések állnak s maguk az atomfizikusok újból eredeti intézeteikben és nem az atomerőmű telepeken folytathatják munkájukat. A legaktuálisabb kérdés az atomátalakításoknál használt részecskék energiájának növelése. Az elért 100 millió elektronvolt energia többszörösét igyekeznek előállítani s ezzel a mezon mesterséges előállítását remélik megoldani.

A magfizikai kutatások igen hasznos segédeszközét látják az amerikai kutatók az elektronsokszorozó csöveknek olyan irányú továbbfejlesztett változatában, amelyről az előadó itthoni kutatásai alapján előttük beszámolt. A Magyarországon kidolgozott elektronsokszorozó és a hozzá kifejlesztett koincidencia berendezés olyan rövid időtartamú jelenségek vizsgálatára alkalmas, amelyre ezideig megfelelő eszköz egyáltalán nem volt. Ezen a területen elért eredmények nagyságrendekkel felülmúlják az ottaniakat.

Mikrohullámok gerjesztése II.

DR BARTA ISTVÁN

Előző közleményünkben ismertettük azokat a módokat, melyekkel háromelektródos csöveket felhasználva centiméteres hullámok gerjeszthetők. Láttuk, hogy a hullámkeltésnek végső határát az elektronok repülési ideje szabja meg. Láttuk azt is, hogy még háromelektródos csövekkel is akad mód, éppen a repülési idő által okozott fázistolási jelenségeket felhasználva, még rövidebb hullámokat kelteni a pozitív rácsú csövek használata révén. Ilyenmódon eljuthattunk tényleg a centiméteres hullámok körzetébe, de igen nagy áron: jó hatásfokról és komolyan számításba vehető teljesítményekről egyáltalában nem lehetett beszélni, a befektetett energiának alig egy-két százalékát kaptuk csak vissza, mint rádiófrekvenciás teljesítményt. Ennek oka éppen az egész elektrontáncot mozgató pozitív rács volt, mely természetesen az elektronok legnagyobb részét hasznos munkát nem végezve felfogta és ezzel csak az anódáramot és vele a káros melegedést növelte. Rögtön látható, ha volna olyan mód, melynél az elektronokat hasonló mozgásra lehetne bírni anélkül, hogy oly nagy számban a hasznos munka alól kivonassanak, akkor a hatásfok nagymértékben javítható lenne és viszont a hatásfok árán még a hullámhossz is csökkenthető lenne. Ez a rezgéskeltő mechanizmus megvan és érdekes az, hogy épp olyan régen ismeretes, mint maga a pozitívrácsú oszcillátor és ez a magnetron.

A magnetront legáltalánosabb formájában először Hull ismertette 1921-ben (11). Kiviteli formája: hengeres anód, melynek tengelyében van a fűtőszál, vagy az indirekt fűtött katód, vezérlő eleme a katóddal párhuzamos mágneses tér. Az ily irányú mágneses tér, mint azt az alábbiakban látni fogjuk, a katódból kilépő elektronokra, melyekre az anód elektromos tere is hat, oly erőt gyakorol, melynek hatására az elektronok spirális alakú pályán közelednek az anód felé. A mágneses tér növelésével megakadályozható, hogy az elektronok az anódot elérjék, viszont növekvő anódfeszültség hatására az elektronáram ismét megindul. Ezen elektronjáték felhasználásán alapszik a magnetron működése.

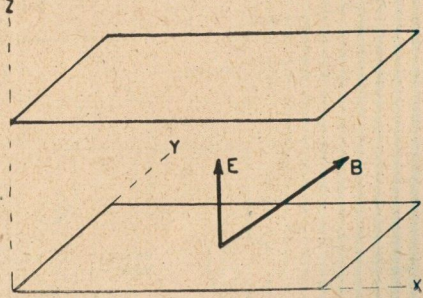
Alacsony frekvenciáknál, melyeknél a mágneses teret előállító tekercs induktivitása még nem ad túlságosan nagy impedancia értéket, mágneses váltóáramú vezérléssel, azaz közvetlen visszacsatolással használhatók. Általában azonban a mágneses mező állandó. A ma használatos magnetronoknál az anód két (vagy esetleg több) részre van osztva. A két anód közé kapcsolódik a rezgőkör, (ultrafrekvenciáknál a Lecher-rendszer), mely mikrohullámoknál esetleg részben vagy teljesen a csövön belül helyezkedik el.

Oszcilláló magnetronnál két rezgési formát tételezhetünk fel. Az első forma azon a jelenségen alapszik, hogy a statikus anódfeszültség — anódáram összefüggés — bármelyik anódnál — részben negatív meredekségű részt is tartalmaz. Az így működő oszcillátorokat negatív ellenállású (dynatron) magnetronoknak nevezik. Ez jó hatásfokkal csak oly frekvenciákig dolgozik, mely a repülési frekvenciához képest alacsony. A rezgés frekvenciáját a rezgőkör elhangolásával lehet változtatni.

A másik oszcilláló formánál hasonló a rezgés mechanikája a pozitívrácsú trióda működéséhez. A keletkező frekvencia az elektronok katódtól anódig tartó repülési idejétől függ. Ily rezgések akkor lépnek fel, ha a mágneses és elektromos mezőket oly módon állítják be, hogy az elektronok katódtól anódig és vissza tartó repülési ideje megegyezzék az oszcillátorkör frekvenciájának periódus tartamával. Ezeknél természetesen a frekvenciát a rezgőkörök adatainak megváltoztatása mellett csak az elektromos és mágneses beállítás utánszabályozásával lehet változtatni. Az így működő oszcillátorokat «repülési idő» magnetronnak nevezzük.

Elektronok mozgására némi felvilágosítást nyujt mozgásegyenleteik kiszámítása. Legyen m az elektron tömege, e a töltése, E az elektromos térerő, B a mágneses indukció, továbbá képzeljünk el egy XY síkban fekvő sík katódot, tőle d távolságban lévő párhuzamos sík anód lemezt (6. ábra). A mágneses tér iránya az y irányba és az elektromos tér iránya a z irányba essen. Az elektron mozgására a következő differenciál egyenleteket írhatjuk fel:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = Be\frac{dz}{dt}$$



6. ábra.

$$m\frac{d^2y}{dt^2} = 0$$

$$m\frac{d^2z}{dt^2} = Ee - Be\frac{dx}{dt}$$

Ezen differenciál egyenletek egyszerűen megoldhatók. Megoldásuk:

$$x = \frac{E}{B\omega}(\omega t - \sin\omega t)$$

$$y = 0$$

$$z = \frac{E}{B\omega}(1 - \cos\omega t)$$

$$\omega = \frac{Be}{m}$$

Ezen egyenletek cikloid mozgást írnak le, tehát az elektronok úgy mozognak, mintha egy $\frac{E}{B\omega}$ sugarú körön feküdnének, mely az x tengelyen gördül le. A maximális távolság, melyet egy elektron a katód síkjára merőlegesen a z irányba megtehet $z_{max.} = 2\frac{Em}{B^2e}$ Ha ez a távolság éppen egyenlő a katód-anód d távolságával, az elektronok érintve az anódlemezt, visszatérnek a katódhoz. Adott elektromos feszültségnél ($E = \frac{U}{d}$, ahol U az anódfeszültség) és d katód-anód távolságnál ez akkor áll elő, ha

$$B_{krit} \cong 11.32\frac{U}{d^2}$$

(U voltban, B gaussban helyettesítendő.)

Ennél nagyobb B érték mellett az elektronok nem érik el az anódot.

$\omega = \frac{Be}{m}$ kifejezés az elektronok mozgásának szögsebességét adja és így ebből kiszámítható a teljes repülési idő:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\frac{m}{eB} = \frac{3{,}57 \cdot 10^{-7}}{B}\ \text{sec.}$$

Hengeres magnetronoknál sokkal bonyolultabb ez a számítás (12).

A szögsebesség fokozatosan növekszik fel a következő értékre:

$$\omega_{max} = 8{,}84 \cdot 10^6 \cdot B$$

Az elektronok spirális pályát írnak le a fűtőszáltól számított A távolságtól:

$$A^2 = 2{,}3 \cdot 10^3 \cdot \frac{Ia}{hB^3}$$

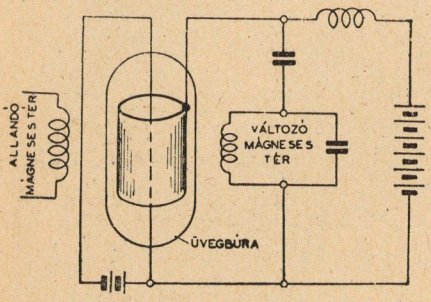
ahol I_a az anódáram miliamperben és h a fűtőszál hossza. A kritikus indukció értéke, melynél az elektronok már nem érik el az anódot és ahol tehát az anódáram megszünik

$$B_{krit} = \frac{6{,}7\sqrt{U}\,b}{b^2 - a^2} \approx \frac{6{,}7\sqrt{U}}{b}$$

ahol a a fűtőszál átmérője, b az anód átmérője. Ha az indukció értéke a kritikusnál valamivel nagyobb, az elektronok a katódhoz nem térnek vissza, eközben a katód körül egy teljes körülfordulás 0,7 részét végzik el.

Ily kritikus indukció értéknél ténylegesen nem szünik meg az áram ugrásszerűen, hanem egy többé-kevésbbé meredek átmenettel. Ennek oka egyrészt,

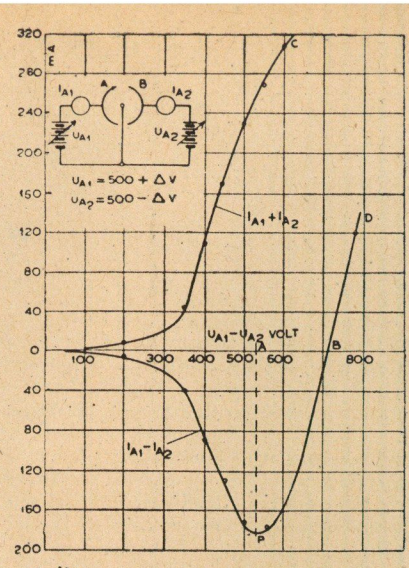
hogy az elektronok a katódot különböző sebességgel hagyják el (13), továbbá, hogy az elektronok éppen különböző sebességük következtében egymáshoz képest ütköznek s ilyen rugalmas ütközések után a legkülönbözőbb irányban folytatják útjukat. Így pl. az elektronok fordulhatnak az y irányba is, visszajutnak a katódhoz, stb.



7. ábra.

Tehát a fentebb felírt mozgásegyenletek ezekre nem érvényesek. A katódra bármilyen oknál fogva visszajutó elektronok nagy mértékben emelhetik a katód hőmérsékletét, ezért a magnetronok fűtőszálának izzítására fokozott gondot kell fordítani.

Magnetronnal használatos kapcsolások legegyszerűbb formája a visszacsatolt magnetron, melynél a mágneses mező egy részét magával az anódárammal állítjuk elő, természetesen oly fázisban, hogy az az anódáramot erősítse. (7. ábra). (Helyes fázisú legyen a visszacsatolás.) Ezzel, mint említettük, csak alacsonyabb frekvenciáknál lehet dolgozni. (14.) Magas frekvenciákig a két anódos magnetront használják, felhasználva annak negatív ellenállású karakterisztikáját. A 8. ábra mutatja egy kétanódos magnetron egyik anódjának áramát (15), feszültségének függvényében; a másik anód feszültsége paraméterként szerepel. A 9. ábra (15) pedig ugyancsak egy kétanódú magnetron áramainak összegét és különbségét mutatja oly módon mérve, hogy az egyik anód feszültségét megemeljük, a másikat csökkentjük azonos feszültséggel. E két görbéből látható, hogy mindig a kisebb feszültségű anód árama a nagyobb. Jól látható a görbéken a fellépő negatív ellenállású tulajdonság. Rezgést oly módon lehet kelteni tehát, ha egy parallel rezonanciakört (Lecher-rendszert) az egyik anód és katód, vagy pedig mind a két anód közé kapcsolunk (10. ábra). Arra a jelenségre, hogy általában a kisebb feszültségű anód árama a nagyobb, magyarázatot adnak a felrajzolható elektrostatikus potenciál képek (16). Ezek szerint egy, a katódot elhagyó elektron spirális pályán mozog a kisebb feszültségű anód felé. Ezt sikerült fénykép felvétellel is igazolni oly csőnél, mely nem volt teljesen légüres és a keletkező ionok mozgása a Wilson kamrához hasonlóan fényképezhető volt.



9. ábra.

A hatásfok és kimenő teljesítmény egy negatív ellenállású magnetronnál ugyanolyan korlátozó tényezők alá esik, meredekség, mely jellemzi a cső negamint a közönséges negatívrácsú trióda oszcillátornál. A rezgőköri impedanciákkal szemben támasztott követelmények általában nagyobbak, mert magnetronhoz magasabb rezonancia ellenállás szükséges. Miután helyes működés ily típusú magnetronoknál akkor áll elő, ha a repülési idő kicsi egy rezgés időtartamához képest, ezért magasabb frekvenciák gerjesztéséhez a repülési időt csökkenteni kell. Ilyen esetben tehát igen magas mágneses indukcióval kell dolgozni, pl. 30% hatásfoknál 10 cm hullámhosszon B = 8000 Gauss-értékre volt szükség. Ilyen erős mezőket nehéz már előállítani. Továbbá szükséges a nagy anódfeszültség használata és viszont a kis anódátmérő követelménye is fennáll. Ez pedig a disszipációt korlátozza erősen, tehát végső fokon a kimenő teljesítményt.

Alkalmaznak vízhűtéses magnetronokat is és kiképzik a Lecher-rendszert olymódon, hogy az teljes egészében a burán belül fekszik. Ezen nehézségek miatt általában 50 cm-nél rövidebb hullámot ilyen típusú magnetron oszcillációval nem állítanak elő, bár vízhűtés és állandó szivattyúzás mellett sikerült már 80 W hasznos teljesítményt kapni 19 cm-en.

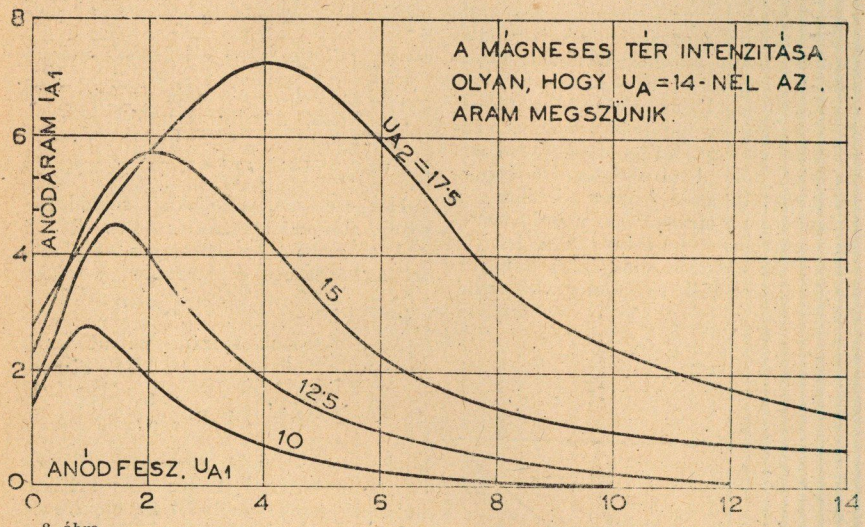
A legrövidebb hullámokat, mint már említettük, a «repülési idő» magnetronnal gerjeszthetjük. Ezeknek a működését a következő módon képzelhetjük el: Láttuk az előbbiekben (síkban fekvő magnetront feltételezve), hogy az elektronok cikloid mozgást végeznek az anód és katód közti térben. Az elektronok körmozgásának a szögsebessége

$$\omega_k = \frac{B \cdot e}{m}$$

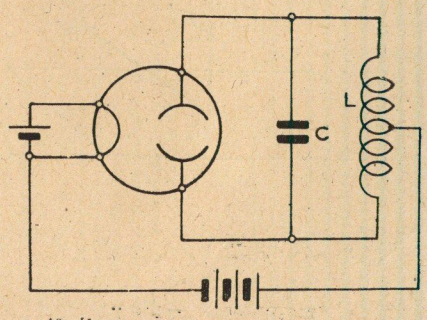
(ezt karakterisztikus frekvenciának nevezzük), míg az átlagos sebesség az X irányban (merőlegesen úgy az elektromos, mint a mágneses térre $v_x = \frac{E}{B}$ (ez az elektronpályák középpontjának a sebessége). B értékét úgy kell megválasztanunk, hogy az elektronok éppen ne tudjanak az anódra jutni. (Lásd e képletet Bkrit. értékére.) Ha most az anódkörbe egy oly rezgőkört kapcsolunk, melynek frekvenciája éppen megfelel az elektronok körmozgás frekvenciájának

$$f_k = \frac{\omega_k}{2\pi} = \frac{B_e}{m} = 2{,}8 \cdot 10^6 \cdot B \ H_z$$

és ezen rezgőkört ilyen frekvencián gerjesztjük, akkor látható, hogy olyan elektronoknál, melyek oly fázisban lépnek ki a katódból, mikor az anódfeszültség növekedőben van, az elektromos térerő nagyobb, mint általában. Ezért ezek félperiódus után vagy neki ütődnek az anódnak, vagy ha a mágneses térerő oly nagy, hogy még ezek sem érik el az anódot, tekintve, hogy a most következő félperiódusban az elektromos térerő csökkenőben van, nagyobb sebességgel a katódra térnek vissza, (létrehozva a katódnak elektronok által történő fűtését). Ezáltal



8. ábra.



10. ábra.

ily fázisú elektronok aránylag hamar kikerülnek a munkafolyamatból, természetesen valamelyes veszteséget okozva. Azon elektronok viszont, melyek akkor lépnek ki a katódból, mikor a váltófeszültség csökkenő irányú, az ugyancsak csökkenő térerő következtében még kevésbbé érhetik el az anódot, vagy a katódot. Mozgásuk lelassul, így a statikus terek által nyert mozgási energiájukat fokozatosan a rezgőkörnek adják át és valahol a katód-anód közti térben nyugalomba jutnak. Ily módon itt egy nem kívánatos tértöltés keletkeznék, hogy ez elkerülhető legyen, kívánatos a mágneses tér irányát néhány fokkal a katód irányához képest ferdének választani. Ezáltal az elektronok a katód irányába is kapnak egy sebességi komponenst és így a katód körül spirális alakú pályán mozogva (hengeres alakú magnetronnál) elhagyják a teret. Itt pedig elzáró, anódegyenfeszültségen lévő véglemezek gyüjtik össze ezeket a fáradt és lassú elektronokat.

A képletből láthatjuk, hogy aránylag már kis mágneses térerőkkel is lehetséges igen nagy frekvenciájú rezgéseket előállítani már az egyanódú magnetronnál is. A csövek méreteit mindenesetre igen erősen csökkenteni kell, ami viszont a kivehető teljesítmény nagyságát nyomja le igen erősen. Ez a nehézség elkerülhető egy magasabbrendű oszcilláció beállításával, melynél a rezgési mechanizmus hasznosítja azt az időt is, melyet az elektronok a katód körül való mozgásuknál használnak fel.

Az oszcilláció ezen alakjánál a keltett rezgések frekvenciája nem függ szorosan össze az elektronok karakterisztikus frekvenciájával, mint az előbb ismertetett ú. n. elsőrendű oszcillációnál, de nincs teljesen a külső rezgőkörrel sem meghatározva, mint a negatív ellenállású oszcillátoroknál. Bár az elektronok mozgása döntő szerepet játszik az oszcilláció előállításánál, a beállítási adatok értéke széles határok között egyáltalában nem kritikus.

Magas hatásfokot lehet ily módon megvalósítani rövid hullámoknál is. B értéke a kritikusnál nagyobb kell, hogy legyen.

A beálló rezgések frekvenciája mindig kisebb, mint a karakterisztikus frekvencia, ezért

$$n = \frac{\omega_k}{\omega} \cong 1$$

mely a beálló rezgések rendjét mutatja, mindig nagyobb értékű, mint 1. Miután a megfigyelt hatásfok ily oszcillátoroknál mindig nagy, ezért feltételezhető, hogy az elektronok több rezgés tartama alatt is az anód-katód térben maradnak, mert ily módon adják át mozgási energiájuk nagy részét a rezgőkörnek. Ezen meggondolásból, továbbá összevetve azzal, amit az elektronok mozgásáról merőleges elektromos és mágneses térben már elmondottunk, elképzelhető az elektronok közepes útja. Ha az elektromos térerő radikális, a mágneses pedig nagyobb mint kritikus, az elektronok bizonyos spirális mozgást végeznek, az ekvipotenciális vonalak mentén és erre még szuperponálódik a cikloidikus mozgás. Durván hasonlíthatjuk az egészet egy elektronfelhő mozgásához, amelyben még sűrűsödések és ritkulások is vannak, amennyiben az anódfeszültség nem állandó, hanem az egyenfeszültség mellett még a rádiófrekvenciás feszültség is működik.

A rezgéskeltés ily módja általában csak a többrészes anódlemezű magnetronnál tételezhető fel. Ilyen esetben az egyes szegmensek közötti ω frekvenciájú váltakozó mező a Ferraris-elv értelmében két, egymással ellenkező irányban forgó mezőre bontható, melyeknek forgási frekvenciája $\frac{\omega}{p}$, ahol p az anódszegmenspárok száma. Azon célból, hogy az elektronok mozgása helyes fázisban legyen a mezőéhez képest, szükséges, hogy az elektronok közepes szögsebessége szintén ugyanilyen értékű legyen. Ezáltal míg az egyik forgó mező ugyanolyan irányú és sebességű, mint az elektronok mozgása, addig a másik mezőkomponens mozgása ellenkező irányú és oly nagy relatív sebességű az elektronokéhoz képest, hogy hatása már egy perióduson belül is középértékben nullának tekinthető.

Láttuk már, hogy az elektronok közepes sebessége (a síkelektródok esetében)

$$v = \frac{E}{B}$$

Hengeres elrendezésnél közelítőleg ugyanilyen sebességet tételezhetünk fel, ezért az elektronok mozgásának közepes szögsebessége

$$\bar{\omega} = \frac{v}{r} = \frac{E}{B \cdot r}$$

Ezen szögsebességnek állandónak kell lennie, mert csak így maradnak az elektronok fázisban a forgó mezővel. Ezért az E térerőnek r-rel arányosnak kell lenni, vagy közel olyannak, amilyen pl. hengeres anód-katód elrendezésnél az anódhoz közel eső térben van, éppen ott, ahol a váltakozó mező a legerősebb. Ebben az esetben a keletkező frekvencia tapasztalat szerint

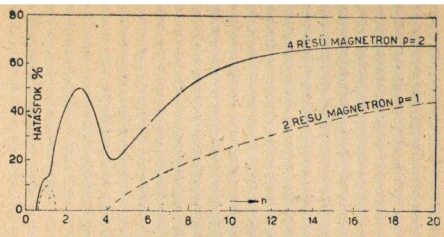
$$f = 0.22 \frac{p \cdot U}{r_a^2 \cdot B} \cdot 10^8$$

A legjobb hatásfok érdekében B értékét a következő összefüggésből számíthatjuk ki

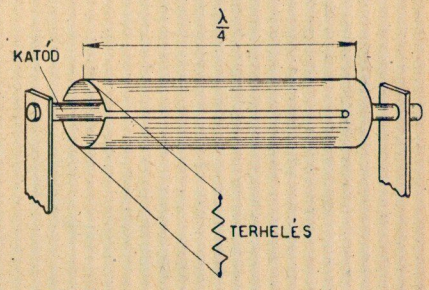
$$B = \frac{n \cdot p}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{n \cdot p - 1}} \cdot B_{kr}.$$

ahol n a rezgések rendszámát adja. Látható ezekből a közelítő képletekből, hogy n és p értéke fontos szerepet játszik. A hatásfok is igen erősen függ ezektől az értékektől, mint ezt kísérleti felvételek igazolják (11. ábra). Kisebb n értékeknél erősebb eltérések lehetségesek, de $n > 10$ esetében az egyezés igen jó.

Mint más ultrarövid hullámokat keltő generátoroknál, itt is előnyös az elektródokat a használt rezonancia kör részévé tenni. Magnetronnál az anód maga képezhet Lecher-vezetéket, mint ezt a 12. ábra mutatja. Itt az anód felhasítása képzi a Lecher-vezetéket, ezáltal egy kétanódú magnetron szár-



11. ábra.



12. ábra.

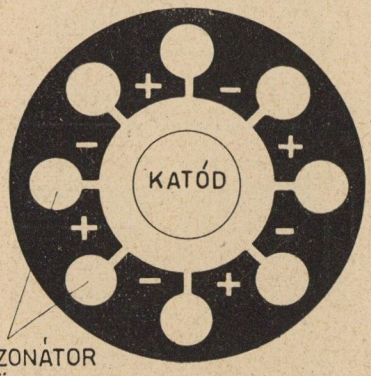
mazik. E. G. Linder (17) számol be ily elven kiképzett magnetronról és pl. a következő adatokat adja meg:

anódfeszültség	3300	V
anódáram	20	mA
hullámhossz	8—9	cm
kimenő teljesítmény	13	W
anód átmérője	0,7	cm
bevágás szélessége	0,063	cm
Mágneses indukció	1500	gauss
mágneses tér hajlása	0—10	fok
terhelő ellenállás	80—140	Ohm
hatásfok	20	%
anódbevágásának hossza	2,3	cm

Látható ebből az összeállításból, hogy lényegesen jobb a hatásfok, de a kimenő teljesítmény is, mint a pozitívrácsú oszcillátoroknál volt. Vízhűtéses anóddal, gondosan szabályozott hőmérsékletű katóddal ellátott magnetronoknál ennek a teljesítménynek a sokszorosát is el lehet érni.

Ez volt általában a helyzet 1939-ig, a háború kitörésének idején. Ekkor került sor a radartechnika fejlesztésével kapcsolatban a használt hullámhosszak erős csökkentésére, mert a radarkészülékek pontossága és feloldó képessége a hullámok hosszával fordítottan függ össze. Viszont a hatótávolságokat nem volt szabad, legalább is lényegesen csökkenteni, ezért gondoskodni kellett arról, hogy a kivehető teljesítmény ne csökkenjen, sőt lehetőleg növekedjék. Erre nézve a megoldást, melyről nyugodtan lehet állítani, hogy tényleg forradalmi volt, az 1940-ben Birminghamban az egyetemen kidolgozott ú. n. üregmagnetron (cavity magnetron) hozta meg (18). E találmány nélkül a mikrohullámú radar-készülékeket nem lehetett volna megszerkeszteni. A mintacsövek az angol-amerikai együttműködés során Amerikába kerültek, ahol néhány hét alatt már az első próbadarabokat kihozták és az elkövetkező időben közel 70 változatát konstruálták meg. Ezeknél a kivehető csúcsteljesítmény 2,5 kwattól 1500 kwattig, a hullámhossz pedig 50 cm-től 3 cm-ig váltakozik. Kísérleti csövek vannak már néhány milliméter hullámhosszra és még nagyobb teljesítményre is, így pl. 2,5 cm-en 4000 kwatt kimenő csúcsteljesít-

ményre. Az itt említett csúcsteljesítmény alatt pillanatnyi teljesítmény értendő, mely csak impulzus üzemnél lép fel, a közepes teljesítmény ennek kb. az ezred része. De még ez a közepes teljesítmény is kitesz néhányszáz wattot, a 3—10 cm-es hullámhosszokon azelőtt elképzelhetetlen értéket.



13. ábra.

A kiviteli formája ezeknek a magnetronoknak a következő: képzeljünk el a közvetett fűtésű katódcső köré egy tömör anyagból való anódhengert, melybe a tengellyel párhuzamosan több hosszirányú kulcslyukalakú üreg van vágva (13. ábra). Ilyen üregnek, melynek méretei megfelelően vannak megválasztva, az a tulajdonsága, hogy mikrohullámon gerjesztve, mint egy kiváló jóságú rezonanciakör viselkedik, a jósági foka $Q = 10.000 — 50.000$-es értéket is elérhet. Üregrezonátorokról itt csak annyit óhajtunk közölni, hogy ahhoz, hogy ilyen jósági számok elérhetők legyenek, az üreg falainak lehetô nagy vezetőképességű anyagból, tehát vörösrézből kell készülni, továbbá azt, hogy egy vékony réssel ellátott üreg falai között igen nagy feszültség lép fel. Az ily üregekkel ellátott anódú magnetron úgy viselkedik, mint egy, az előbbiekben leírt többanódú cső, ahol azonban az anódokhoz tartozó rezgőkör magában az anódban foglal helyet. Az üregek gerjesztését az anód-katód térben az elektromos és mágneses terek hatására mozgó elektronok végzik. Az üregek nagysága annak megfelelően van megválasztva, hogy a természetes rezonancia frekvenciájuk a kívánt kimenő frekvencia legyen. A távolságokat az egyes üregek között viszont úgy kell megválasztani, hogy a szomszédos üregek éppen ellenkező fázisban rezegjenek, ezáltal az egyes üregeket elválasztó falak éppen ellenkező feszültségűek. Ennek keresztülvitele céljából, párosszámú üreget kell az anódhengerbe vágni. A gerjesztett teljesítményt egy csatoló kerettel lehet kivezetni, melyet valamelyik üregben helyeznek el.

Az adott és egy kész csőnél változtathatatlan üregméretek természetesen meghatározzák a frekvenciát, melyet csak nagyon kis mértékben (legfeljebb 1—2%-al) lehet a feszültségek módosításával, továbbá a terhelő kör állításával változtatni. Hangolható magnetront is lehet készíteni, melynél a hangolás az üregeket hosszirányban záró lemezek mozgatásával végezhető. Itt a változtatás nagysága kitehet 10%-ot is. Fix hangolású magnetronokkal a berendezéseket úgy készítették, hogy pl. 6 egymástól kb. 50 megahertzre fekvő hangolású csővel fogták be a 3400-tól 3700-ig terjedő frekvenciasávot és áthangolásnál a csövet szükség esetén kicserélték.

A magnetronok általános tulajdonsága, hogy alacsony anódfeszültségnél, továbbá alacsony anódáramnál nem dolgoznak helyesen, mert a cső nem a helyes frekvencián gerjed be.

Az üregmagnetron kiviteli módja olyan, hogy az anódot sajtolt vörösrézlemezekből állítják össze és általában több hűtő bordával látják el. A katód és a fűtőtest keramikus szigetelőkkel van felerősítve, mert a kapcsolás majdnem kizárólag olyan, hogy az anód van földelve, a katód és a fűtőtest, valamint hozzávezetéseik nagyfeszültségen vannak. Nagyobb frekvenciáknál a fűtőtest összeköttetései is koncentrikus hangolt vezetőkön keresztül vannak bekötve, a kicsatoló keret pedig szintén koncentrikus vezetőn, esetleg hullámcsövön keresztül adja át a nagyfrekvenciás energiát. Különös gondot kell fordítani a katód nagy elektronemittáló képességére, mert nagyobb csöveknél pillanatnyilag 100 amp. nagyságrendű csúcsáramok léphetnek fel. A csövek hatásfoka igen nagy, általában 20-tól 60%-ig terjed. Így pl. impulzusalakú gerjesztésnél 10 cm hullámhosszon a bemenő teljesítmény 1150 kw (24 kvolt, 43 amper), a rádiófrekvenciás teljesítmény 490 watt, a hatásfok 47,5%.

A mágneses tér gerjesztésére elektromágnest, újabban pedig permanensmágnest használnak. Nagyobb csöveknél, hosszabb hullámoknál általában elektromágnest, a kisebb alakú és rövidebb hullámokat gerjesztő csöveknél a permanenst. Az újabb nagy energiájú alnico vagy hasonló mágnesek alkalmasak arra, hogy a szükséges térerőket előállítsák. Elektromágneseknél nehézséget okoz az időben teljesen állandó mágneses tér előállítása, a gerjesztő áramot stabilizáló berendezés és jó hűtés szükséges hozzá. A legkisebb alakú, cm-es hullámokat előállító magnetronnal a konstrukció olyan, hogy a cső és a mágnese teljesen egy egységet képez. A szükséges térerők: 1000-től 3000 gauss használatos a 10 cm-es magnetronokhoz, míg magasabb értékek szükségesek a cm-es csövekhez, egészen 6000 gaussig.

A magnetronoknál a gerjesztett rádiófrekvenciát igen nehéz modulálni, hiszen tulajdonképpeni moduláló elektródája nincsen. Az anódfeszültség változtatásával pedig általában sem a frekvenciát, sem az amplitudót nem befolyásolhatjuk kellőképpen. A magnetronok ezen tulajdonsága vezetett oda, hogy oly modulálási módot keressenek, mit magnetronhoz is jól fel lehet használni. Így alakultak ki az impulzus moduláció különböző fajai, melyeknél vagy az impulzus időbeli hosszát, vagy a helyét változtatják megfelelő módon. Ez a módja a centiméteres hullámok felhasználásának sokcsatornás rádiótelefonikus békecélokra.

A következő közleményben ismertetjük a centiméteres hullámkeltés legmodernebb módját, az ú. n. sebességmodulációs csövekkel.

Irodalom.

11. Hull: Phys. Rev. 1921. 18. 31.
12. Brillouin: Phys. Rev. 1941. 60. 385.
13. Linder: Proc. IRE 1938. 26. 346.
14. Elder: Proc. IRE 1925. 13. 159.
15. McArtur-Spitzer: Proc. IRE 1931. 19. 1971.
16. Kilgore: Journ. Appl. Phys. 1937. 8. 666.
17. E. G. Linder: Proc. IRE 1939. 27. 732.
18. Electronics 1946. január 126. old.
19. Habann: Zeitschr. f. Hochfr. 1924. 24. 115.
20. Posthumus: Philips Trans. News 1934. 1/3. 11.
21. Lüdi: Helvetica Phys. A. 1942. 16. 54.
22. Lüdi: Helv. Phys. A. 1946. 19. 3.

MAGYAR HIRADÁSTECHNIKA

a Magyar Technika állandó melléklete

Szerkesztők: Gerő István, Salló Ferenc, Valkó István Péter — Szerkesztőség: V., Szalay-utca 4. Szerkesztőségi óra: szombaton 12—2.

Felelős szerkesztő és kiadó: Zentai Béla — Szikra Rt., Budapest, V., Honvéd-utca 10. Felelős: Nedeczky László.