VI. M. 1879 No 1–6

Magyar HIRADÁSTECHNIKA

1-2

MAGYAR HIRADÁSTECHNIKA 8. ÉVF. 1—2. SZÁM 1—56. OLD. BUDAPEST, 1957. JÚNIUS

1957 június, VIII. évfolyam, 1—2. szám

Magyar HIRADÁSTECHNIKA

A HIRADÁSTECHNIKAI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET LAPJA

Új Kossuth-díjasunk ... 1
Konkoly T.: Feszültségstabilizáló transzformátorok ... 2
Balla M.: Műszaki ellenőrzés ... 12
Dukáti F.: A statisztikai minőségellenőrzés lehetősége a híradástechnikai iparban ... 19
Sági Gy.: Közvetett fűtésű elektroncsövek átütési szilárdságának vizsgálata ... 21
Haár Zs.: Műanyagalkatrészek gyártástechnológiája ... 27
Dr. Magyari E.: Szakaszos terhelésű, hosszú távvezeték elektromos szintdiagramm modellje ... 34
Dr. Radványi L.: Gyors csillapítás- és erősítésszámítás becsléssel ... 39
Könyvszemle ... 41
Ipolyi K.: Higroszkópos érszigetelésű PVC köpenyű kábelek ... 42
Izsák M.: Műszaki leírások készítése ... 47
Pesty L.—Peregriny F.: Szárazelemek gazdaságos felújítása ... 51
Szemle ... 54

Т. Конколь: Трансформаторы стабилизирующие напряжение ... 2
М. Балла: Технический контроль ... 12
Ф. Дукаты: Возможности применения статистического качественного контроля в промышленности средств связи ... 19
Д. Шаги: Испытание на пробой электронных ламп с непосредственным накалом 21
Ж. Хаар: Технология производства пластмассовых деталей ... 27
Э. Мадяри: Электрическая модель диаграммы уровня дальних линий с периодической нагрузкой ... 34
Л. Радвани: Скорый расчет затухания и усиления оценкой ... 39
К. Иполи: Кабели с кожухом ПВЦ и гигроскопической изоляцией ... 42
М. Ижак: Изготовления технических описаний ... 47
Л. Пешты—Ф. Перегрины: Экономическая регенерация сухых элементов ... 51

T. Konkoly: Spannungsstabilisierende Übertrager ... 2
M. Balla: Technische Kontrolle ... 12
F. Dukáti: Möglichkeit der statistischen Qualitätsprüfung in der nachrichtentechnischen Industrie ... 19
Gy. Sági: Spannungsfestigkeitsprüfung indirekt geheitzter Elektronenröhren ... 21
Zs. Haár: Fabrikationstechnologie von Kunststoffbestandteilen ... 27
E. Magyari: Elektrisches Pegeldiagramm- Modell von langer, periodisch belasteten Fernleitung ... 34
L. Radványi: Schnelle Berechnung der Dämpfung und Verstärkung durch Abschätzung 39
K. Ipolyi: Kabel mit PVC-Mantel und mit hygroskopischer Aderisolation ... 42
M. Izsák: Anfertigung technischer Beschreibungen ... 47
L. Pesty—F. Peregriny: Wirtschaftliche Regenerierung der Trockenbatterien ... 51

T. Konkoly: Transformateurs stabilisateurs ... 2
M. Balla: Contrôle technique ... 12
F. Dukáti: La prossibilité de contrôle statistique de qualité dans l'industrie de télécommunication ... 19
Gy. Sági: Essai de rigidité électrique des tube à vide à chauffage indirecte ... 21
Zs. Haár: Technologie de fabrication des pièces détachées en matériau synthétique 27
E. Magyari: Diagramme de niveau en maquette électrique d'une longue ligne à charge périodique ... 34
L. Radványi: Calcul rapide des affaiblissements et des gains par évaluation ... 39
K. Ipolyi: Câbles à enveloppe en PVC avec conducteurs d'isolation hygroscopique 42
M. Izsák: Mise au point des descriptions techniques ... 47
L. Pesty—F. Peregriny: Régénération économique des piles sèches ... 51

T. Konkoly: Voltage Control Transformers ... 2
M. Balla: Technical Inspection ... 12
F. Dukáti: Possibilities of Statistical Quality Test in Telecommunication Industry 19
Gy. Sági: Testing of Striking Strength of Indirectly Heated Electronic Tubes ... 21
Zs. Haár: Manufacturing of Plastics Components ... 27
E. Magyari: Electrical Level Diagram Model of Long Lump-Loaded Toll Lines ... 34
L. Radványi: Ready Calculation of Losses and Gains by Estimation ... 39
K. Ipolyi: PVC-Sheated Cables with Hygroscopic Insulation ... 42
M. Izsák: How to Prepare a Technical Description ... 47
L. Pesty—F. Peregriny: Economic Regeneration of Dry Batteries ... 51

Szerkesztőség:
Budapest VI.
Rudas László u. 45.
Telefon: 113—027

Felelős szerkesztő:
Lévai Pál
Budapest II.
Küküllő u. 8.
Telefon; 365—109

Megjelenik kéthavonta
Előfizetési ár egy évre 24.—
Példányonként 4.— Ft.

F
1879
1989

Új Kossuth-díjasunk

Üdvözöljük Barta Istvánt, a Műszaki Egyetem tanárát, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagját, Egyesületünk elnökét a Kossuth-díj elnyerése alkalmából. Magas kitüntetése hosszú és eredményes munka gyümölcse. Egyetemi tanulmányait a karlsruhei műegyetemen 1934-ben fejezte be, ahol a mikrofonokban lejátszódó tranziens folyamatokkal foglalkozó értekezéséért doktori diplomát nyert. Műszaki pályáját az Ericsson budapesti vállalatánál kezdte, ahol akkor kezdődött meg a rádió vevőkészülékek tervezése és fejlesztése. A cég megszünése után az Egyesült Izzó kutató laboratóriuma alkalmazta. Itt részt vett az első magyarországi televíziós laboratórium tervezésében és felállításában. Később az elektroncsőgyártás-végellenőrzés, majd a nagyfrekvenciás laboratórium vezetőjének nevezték ki. Vezetése alatt sok, nálunk addig nem gyártott mérőberendezést terveztek és készítettek el. Az Orion megalakulása után annak műszaki vezetője lett. Amikor az Orion egyik részlege a TÁKI kötelékébe került, ezt a csoportot vezette tovább.

Részt vett a Műszaki Főiskola gyengeáramú tagozatának megszervezésében, amelynek 1948 óta meghívott előadója. 1952-ben a Műszaki Egyetem rendes tanárává nevezték ki. Vezetése alatt a tanszék laboratóriumában különösen a televízió terén folytatnak sikeres kutatási munkát, de sok más híradástechnikai, főleg méréstechnikai feladatot is megoldottak. Bőséges tapasztalatait és kiváló képzettségét tükrözi „Rádiókészülékek és erősítők" című egyetemi tankönyve, amiért a Kossuth-díjat elnyerte. Mindnyájunkat örömmel tölt el megérdemelt jutalma és biztosak vagyunk benne, hogy még sok nagy sikert fog elérni pályafutása során.

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM KÖZPONTI KÖNYVTÁRA
Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtára
Folyóirattéltár 4294

Feszültségstabilizáló transzformátorok

KONKOLY TIHAMÉR, Műszeripari Kutató Intézet

Bevezetés

Az alábbiakban a mérés- és híradástechnikában leginkább használatos feszültségstabilizáló berendezésnek, a stabilizáló transzformátornak a működését és méretezését ismertetjük. Nem célunk, hogy az e gyűjtőnév alá foglalt összes megoldásokat ismertessük* hanem csak a leggyakoribb alaptípusokat tárgyaljuk. Ezeknél kimutatható, hogy a működésüket leíró egyenletek azonos alakúak és a megoldás mindegyik esetben teljesen hasonló úton haladhat.

A stabilizáló transzformátorok méretezésére aránylag kevés irodalmi adatot találhatunk. Az ismert számítási rendszerek többnyire tapasztalati képletekkel operálnak és meglehetősen pontatlanok. Használhatóságukat még az is nehezíti, hogy a hiba nagysága erősen függ a méretezendő transzformátor teljesítményétől. Pl., ha a képletek egy 20—30 W teljesítményű egység számításánál jó eredményt adnak, úgy lehet, hogy 200—300 W körül már nagy az eltérés a számított és mért értékek között.

A pontosabb méretezéshez az kellene, hogy a stabilizáló transzformátor működését leíró differenciálegyenletet meg tudjuk oldani. Ez — mint a későbbiekben látni fogjuk — egy másodrendű, magasabb fokú (nem lineáris), állandó együtthatójú, inhomogén differenciálegyenlet**, melynek függő változója a transzformátor vasmagjában levő indukció, független változója az idő, a konstansok pedig vasmérettől, tekercselési adatoktól stb. függő mennyiségek. Ismeretes, hogy a megoldás ilyen típusú egyenletnél igen sok nehézséggel jár még akkor is, ha a „nonlinearitás" nem túlságosan nagymérvű. Sajnos jelen problémánál nem ez az eset, így az ismert eljárások*** nem alkalmazhatók.

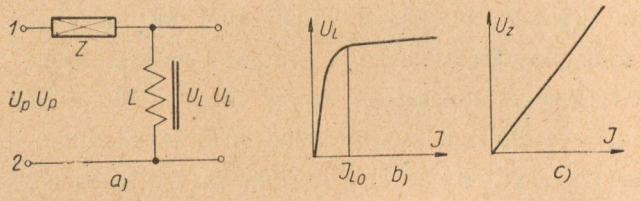
Az alábbiakban olyan méretezési eljárást dolgoztunk ki, mely a gyakorlat számára kielégítő pontosságú, de emellett nem túlságosan bonyolult, bár kétségtelen, hogy ez utóbbi téren nem versenyezhet a tapasztalati képletekkel dolgozó számítási rendszerekkel.

Az eljárás lényege az, hogy grafikus úton megkeressük a differenciál-egyenlet közelítő megoldását. Ily módon nyerjük az indukció alapharmonikusának első közelítő értékét. Ennek folytatásaként — most már számítással — adódik az indukció harmadik harmonikusa. Gyakorlatban ez a két lépés elegendő. Az ily módon számított, valamint a mért értékek közötti eltérés max. 5%. A harmadik lépésben számítással adódik az indukció első és harmadik harmonikusának pontosabb közelítése.

Az eljárás egyik előnye, hogy az első lépésként alkalmazott egyenletmegoldás megfordítható. Tervezésnél ugyanis nem egy meglevő transzformátornál kell megállapítanunk egyrészt, hogy milyen teljesítményre használható, másrészt, hogy a prímer tekercsre adott feszültség hatására mekkora lesz a vasmagban fellépő indukció, hanem pontosan fordítva: a teljesítmény adott, néhány adatot, mint pl. indukciót, áramsűrűséget felveszünk és ehhez akarjuk meghatározni a vasméreteket, tekercselési adatokat stb. A grafikus eljárás alkalmazható ez utóbbi feladatra. További előnye még az is, hogy szemléletesen mutatja a prímer feszültség, valamint a terhelés változása esetén fellépő viszonyokat.

Működés

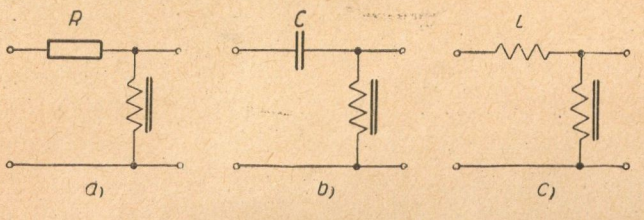
A stabilizáló hatás a vas mágnesezési görbéjének nonlinearitásán alapul. A leggyakrabban használt feszültségstabilizáló transzformátorok működési elvét az 1. ábra kapcsán követhetjük.



1. ábra

Legyen L egy vasmagos fojtótekercs, Z pedig egy lineáris impedancia az 1/*b*, ill. 1/*c* ábra szerinti jelleggörbékkel.

Ha *1—2* kapcsokra U_p szinuszos váltófeszültséget adunk, akkor valami J áram fog átfolyni a sorbakapcsolt két elemen. Hatására a Z impedancián U_Z, az L induktivitáson pedig U_L feszültség lép fel. U_p értékét növelve J áram nő, vele együtt U_L és U_Z is. Van egy olyan kritikus U_{p0} feszültség, melyhez tartozó áram J_{L0}-nál nagyobb. Ezen túl növelve U_p-t -illetve J-t, U_L csak igen kis mértékben növekszik (lásd az 1/*b* ábrát) és az U_p feszültség növekedését a lineáris impedancia „veszi fel". Ezzel stabilizáló hatás áll elő, amennyiben az U_p nagy változtatása az U_L feszültség kis megváltozását okozza csupán.



2. ábra

* Ezzel kapcsolatban utalunk *Geyger:* Selbsttätige Strom- und Spannungsregler c. tanulmányára az ATM 1934 novemberi számában, ahol a legtöbb előforduló típus rövid leírása megtalálható.

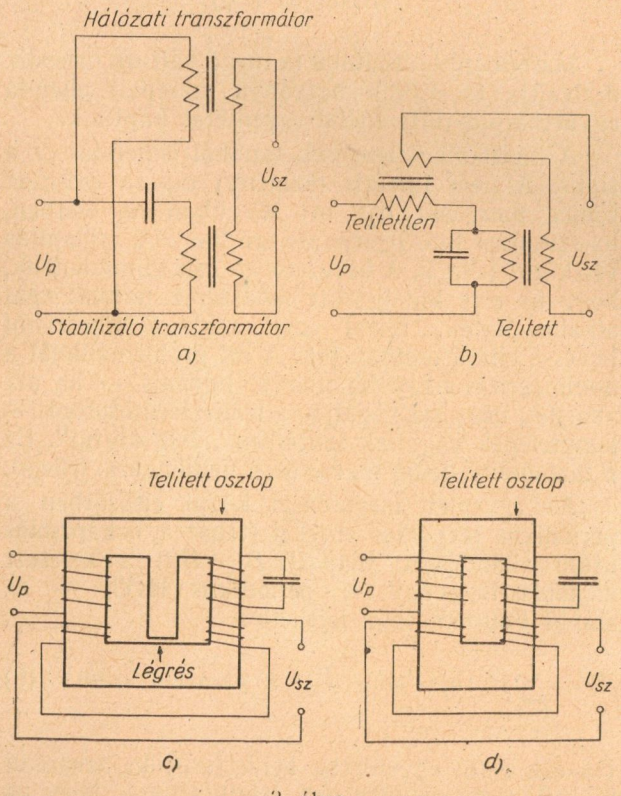
** Az irodalomban „*Duffing*-egyenlet" néven ismert egyenlet egyik fajtája.

*** Kis nonlinearitás esetén használható módszerek: a Duffing- és a perturbációs módszer (lásd pl. *Stoker:* Nonlinear Vibrations c. könyvét).

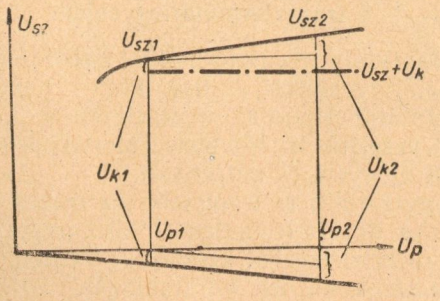
Az 1. ábrán feltüntetett elvi kapcsolást gyakorlatban a 2. ábra szerint lehet kivitelezni.

Itt a lineáris elem rendre: R ellenállás, C kapacitás, illetve L induktivitás. Ezek közül ilyen formában csak a 2/*b* kapcsolás használatos. 2/*a*-t kedvezőtlen tulajdonságai miatt (rossz a hatásfoka) nem alkalmazzák, 2/*c*-nél pedig, hogy a meddő áram felvételét, valamint a stabilizált feszültség jelalakjának torzítását csökkentsék, a telített fojtótekercsel parallel egy kondenzátort kapcsolnak. További lehetséges módosítás még az is, hogy L lineáris induktivitást nem egy légréssel ellátott külön fojtótekercs képezi, hanem a telített fojtón levő primer és szekunder tekercsek közötti szórt induktivitás. Ezt úgy állítják elő, hogy mágneses shunt-tel meglazítják a primer és szekunder közötti csatolást.

A 3/*c* ábrán egy légréssel ellátott vas mellékútján, a 3/*d* ábrán pedig a levegőn keresztül záródnak a szórt erővonalak. A legjobban definiált, így legjobban számítható elrendezés a 3/*b* ábra szerinti. A 3/*c* és 3/*d* viszont olcsóbb megoldások, mert egyetlen vasmagon elkészíthetők. Nem szólottunk még az ún. kompenzáló tekercs szerepéről. Ha felrajzoljuk a stabilizáló transzformátor primer és szekunder kapcsán levő feszültségek közötti összefüggést (4. ábra), azt tapasztaljuk, hogy egy bizonyos U_{p0} primer feszültség után az U_{sz} szekunder feszültség közel lineárisan nő. Ha ezzel szembekapcsolunk egy, a primer feszültséggel arányosan változó ellenfeszültséget, elérhető, hogy a két ellentétes irányú változás úgy kompenzálja egymást, hogy eredőjük konstans amplitudójú feszültség legyen. Ilyen kapcsolásokat tüntet fel a 3. ábra.



3. ábra



4. ábra

Mint később látni fogjuk, a kompenzáció tényleges számításánál figyelembe kell még azt is venni, hogy a primer és szekunder feszültségek között fáziseltolás van, ezenkívül az utóbbinál a jelalak többé-kevésbé torz. Gyakorlatban többnyire elérhető, hogy a két feszültség eredőjének effektív értéke közel állandó legyen. A 3/*b*, *c*, *d* megoldásoknál rendelkezésünkre áll a primer feszültséggel arányos kompenzáló feszültség, 2/*b*-nél viszont nem. Éppen ezért ez utóbbi kapcsolást főleg olyan helyeken alkalmazzák, ahol a stabilizáló transzformátor mellett még van egy közönséges hálózati transzformátor is és a kompenzáló feszültség erről levehető. Elektronikus készülékeknél ez az eset a leggyakoribb.

A stabilizáló transzformátorokat itt főleg a fűtés stabilizálására alkalmazzák és az anód stb. teljesítményt közönséges hálózati transzformátor szolgáltatja. Ennek oka a következő: Fűtésnél az effektív feszültséget kell állandó értéken tartani, az anódteljesítményt adó résznél pedig az egyenirányított feszültséget. A stabilizáló transzformátor feszültség alakja nem tiszta szinusz, több kevesebb felharmonikust tartalmaz. Ezek amplitudója, fázis szöge a hálózati feszültséggel változik, közben természetesen az effektív feszültségérték állandó marad. Könnyen belátható azonban hogy, ha ezt egyenirányítjuk, az így kapott egyenfeszültség értékére általában nem mondhatjuk el ugyanezt. Ezért szokásos az anódfeszültség stabilizálásáról más úton gondoskodni. Meg kell jegyezni azonban, ha a stabilizáló transzformátor által szolgáltatott feszültségben kicsi a harmonikus tartalom, az effektív és az egyenirányított feszültség egyidejűleg eléggé konstans marad a hálózat változása esetén.

Természetesen elérhető az is, hogy az egyenirányított feszültség maradjon állandó (egy bizonyos szűrés és terhelés esetén!). Ekkor azonban az egyenirányítatlan váltófeszültség effektív értékének stabilitása nem biztosított.

Eddig hallgatólag feltételeztük, hogy a transzformátor üres járásban dolgozik. A szekunder kapcsokra kötött ohmikus terhelés az eddigiekhez képest nem okoz túl nagy változást. Általában esik valamivel a szekunder feszültség nívója, kissé romlik a stabilitás, de javul a jelalak. Induktív és kapacitív jellegű terheléseknél a változások sokkal nagyobbak. Ez utóbbi két esetben a feszültségstabilizáló transzformátorok nem is használatosak.

A transzformátor-egyenlet

A stabilizáló transzformátor működését leíró differenciálegyenletet a leginkább használatos transzformátor típusnál, nevezetesen a 3/*a* elrendezésnél vezetjük le. Röviden ismertetjük ennek a típusnak előnyeit és hátrányait:

Legegyszerűbb és legolcsóbb az összes hasonló szerkezetek között (egyetlen — közönséges, sajtolt transzformátorlemezből készült — vasmagja van). Széles határok között, jól stabilizál.

Hátrányai: terhelésváltozásra érzékeny, csak kis teljesítményekre gazdaságos kb. 50 W-ig (ezen felül túl nagy kondenzátor kell hozzá).

Elektronikus berendezéseknél fűtés stabilizálására jól használható, mert itt konstans terhelésről van szó és az igényelt teljesítmény sem túl nagy.

Meg kell még említenünk, hogy az alábbiak analógiájára az említett többi típus egyenletei is felírhatók.

Rajzoljuk fel tehát az ohmikus ellenállással terhelt stabilizáló transzformátor kapcsolási rajzát. Tegyük fel, hogy az *L*-vasmagos fojtó veszteségeit egy parallel ellenállással vettük figyelembe, melyet a külső terhelésként rákapcsolt ellenállással összevonhatunk.

Legyen a vas mágnesezési görbéje (elhanyagolva a hiszterézis jelenségét) egy *Taylor*-polinommal közelítve, melynek azonban csak az első- és ötödfokú tagját vesszük. Az ellenőrző mérések ismertetésénél látni fogjuk, hogy ez a valóságos helyzetnek elég jól megfelel.

Az *1—2* kapcsokra (5. ábra) adott $-u_{p0}\cos(\omega t+\psi)$ váltófeszültség egyenlő lesz a kondenzátoron és fojtótekercsen fellépő feszültség összegével,

$$-u_{p0}\cos(\omega t+\psi)=\frac{1}{c}\int i_c\,dt+\frac{wQ}{10^8}\frac{dB}{dt} \qquad (1)$$

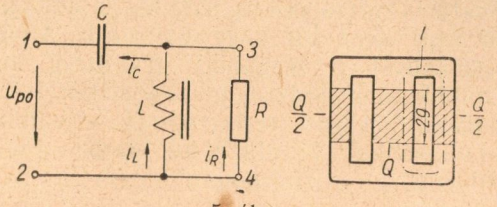
ahol i_c a kondenzátoron átfolyó áram, C a kondenzátor kapacitása, w a fojtó menetszáma, Q a vasmag keresztmetszete, B a vasmagban fellépő indukció. (Az internacionális rendszerben számolunk, a dimenziókat eszerint helyettesítjük.)

A kondenzátor áramának (i_c) egy része a fojtón (i_L), másik része (i_R) pedig az ellenálláson folyik át:

$$i_c=i_L+i_R \qquad (2)$$

A gerjesztési törvény alapján kifejezhetjük i_L áramot H térerővel, w menetszámmal és l erővonalhosszal:

$$i_L=\frac{Hl}{w} \qquad (3)$$



5. ábra

De a már előrebocsátott összefüggés szerint:

$$H=k_1B+k_5B^5 \qquad (4)$$

Ohm törvényéből:

$$i_R=\frac{u_L}{R}=\frac{1}{R}\,\frac{wQ}{10^8}\,\frac{dB}{dt} \qquad (5)$$

Differenciálva az (1) összefüggést és az így kapott egyenletbe (2), (3), (4) és (5) kifejezéseket helyettesítve kapjuk:

$$\omega u_{p0}\sin(\omega t+\psi)=\frac{l}{c\,w}(k_1B+k_5B^5)+$$
$$+\frac{wQ}{RC\,10^8}\,\frac{dB}{dt}+\frac{wQ}{10^8}\,\frac{d^2B}{dt^2} \qquad (6)$$

Szorozzuk meg mindkét oldalt $10^8/(wQ)$-val és vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$K=\frac{\omega u_{p0}10^8}{wQ};\qquad \lambda_1=\frac{Qw^2}{k_1 l\,10^8};$$
$$\omega_1^2=\frac{1}{\lambda_1 c};\qquad \lambda_5=\frac{Qw^2}{k_5 l\,10^8};$$
$$\omega_5^2=\frac{1}{\lambda_5 c} \qquad (7)$$

Egyenletünk akkor így alakul:

$$\frac{d^2B}{dt^2}+\frac{1}{RC}\,\frac{dB}{dt}+\omega_1^2B+\omega_5^2B^5=$$
$$=K\sin(\omega t+\psi) \qquad (8)$$

Másodrendű, ötödfokú (a függő változó második deriváltja és ötödik hatványa szerepel) állandó együtthatójú differenciál egyenletet kaptunk.

A mechanikai lengések tanából ismeretes ez a típus. A nem lineáris (kemény) rugóra erősített tömeg mozgását írja ott le abban az esetben, ha színuszos külső gerjesztő erő hat és a csillapítás viszkózus jellegű. A bevezetőben már elmondottuk, hogy az erre kidolgozott módszerek nálunk nem alkalmazhatók, mivel azok csak a lineáristól kevéssé eltérő esetben jók. A mi problémánknál a nonlinearitás nagyobb mérvű, ugyanis — ha azt akarjuk, hogy stabilizáljon a transzformátorunk — kénytelenek vagyunk telítésben „dolgoztatni". Ez a tartomány pedig már erősen nemlineáris jellegű.

Az egyenlet megoldásai közül elsősorban a periódikus megoldás érdekel (tehát a bekapcsolás utáni állandósult állapot). $B=B(t)$ a keresett megoldás-függvény — periódikus lévén — az alábbi Fourier sorba fejthető:

$$B=\sum_{\substack{k=1\\ l\to\infty}}^{l} B_k\sin(k\omega t+\varphi_k)\quad k \text{ páratlan szám!} \qquad (9)$$

Ha ezt a (8) egyenletbe helyettesítjük, azonosan ki kell, hogy elégítse azt. Kimutatható, hogy az

l tagból álló sor $2l$ számú (B_k és φ_k) egyelőre ismeretlen komponensére nézve ebből a kikötésből $2l$ számú, ötödfokú, $2l$ ismeretlenű algebrai egyenlet adódnék, melyekből legalábbis elvben a Fourier sort megszabó B_k-k és φ_k-k meghatározhatók lennének.

Gyakorlatban nem tudunk végtelen, vagy legalább is sok ismeretlent tartalmazó magasabb fokú egyenletrendszert megoldani. Azonban, ha feltehető, hogy a megoldást már a Fourier-sorának két-három tagja is elég jól közelíti, tényleges számolások céljaira megfelelő módszert kaphatunk.

Közelítsük a megoldást

$$B_0 = \alpha \sin \omega t + \beta \sin (3\,\omega t + \varphi) \qquad (10)$$

kifejezéssel. (B alapharmonikusa nincs fázisban a hálózati feszültséggel. Ezt kifejezhettük volna úgy is, hogy $\alpha \sin \omega t$ helyett $\alpha \sin (\omega t + \psi)$-t írunk, de célszerűbb az az eljárás, mikor ψ fázis-eltolódást a hálózati feszültségnél vesszük figyelembe.)

Az ötöd- és annál magasabb rendű harmonikusokat elhanyagoltuk. A stabilizáló transzformátorok számításánál ezt azért tehettük meg, mert törekszünk a lehetőleg felharmonikusmentes szekunder jelalakra. 10% harmadik harmonikus az indukcióban már $3 \times 10 = 30\%$ harmadik harmonikus a feszültségben, mivel

$$u_{sz} = k \frac{d\,B_0}{d\,t} = k\,\omega \left[\alpha \cos \omega t + 3\,\beta \cos (3\,\omega t + \varphi)\right]$$

B_0 közelítés első és második deriváltjainak értéke:

$$\frac{d\,B_0}{dt} = \alpha\,\omega \cos \omega t + 3\,\beta\,\omega \cos (3\,\omega t + \varphi) \qquad (11)$$

$$\frac{d^2\,B_0}{dt^2} = -\,\alpha\,\omega^2 \sin \omega t - 9\,\beta\,\omega^2 \sin (3\,\omega t + \varphi) \qquad (12)$$

B_0 ötödik hatványát képezve és a szinuszos tagokat, mint többszörös szögfüggvényeket kifejezve:

$$B_0^5 = \left(\frac{5}{8}\,\alpha^5 + \frac{15}{8}\,\alpha\,\beta^4 + \frac{30}{8}\,\alpha^3\,\beta^2\right) \sin \omega t - \frac{5}{16}\,\alpha^4\,\beta \sin (\omega t - \varphi) + \left(-\frac{10}{8}\,\alpha^4\,\beta - \frac{15}{8}\,\alpha^2\,\beta^3\right) \sin (\omega t + \varphi) + \left(-\frac{5}{16}\,\alpha^5 - \frac{10}{8}\,\alpha^3\,\beta^2\right) \sin 3\,\omega t + \left(\frac{5}{8}\,\beta^5 + \frac{15}{8}\,\alpha^4\,\beta + \frac{30}{8}\,\alpha^2\,\beta^3\right) \sin (3\,\omega t + \varphi) - \frac{5}{8}\,\alpha^3\,\beta^2 \sin (3\,\omega t + 2\,\varphi) + \ldots \qquad (13)$$

Az ötödik és az annál magasabb rendű harmonikusokat elhagytuk.

(11), (12) és (13)-at helyettesítsük be (8)-ba:

$$L \sin \omega t + M \cos \omega t + N \sin (\omega t - \varphi) + O \sin (\omega t + \varphi) + P \sin (\omega t + \psi) = 0 \qquad (14/a)$$

$$Q \sin 3\,\omega t + R \sin (3\,\omega t + \varphi) + S \cos (3\,\omega t + \varphi) + T \sin (3\,\omega t + 2\,\varphi) = 0 \qquad (14/b)$$

A $\sin \omega t$-s és a $\sin 3\,\omega t$-s tagok összege külön-külön zérus kell, hogy legyen.

Írjuk fel a fenti két egyenletet komplex alakban.

$$e^{j\omega t}(L + j\,M + N\,e^{-j\varphi} + O\,e^{j\varphi} + P\,e^{j\psi}) = 0 \qquad (15/a)$$

$$e^{j3\omega t}(Q + R\,e^{j\varphi} + j\,S\,e^{j\varphi} + T\,e^{j2\varphi}) = 0 \qquad (15/b)$$

$L \ldots T$ együtthatók az α és β ötödfokú algebrai kifejezései. A (15/a) és (15/b) egyenleteknek az imaginárius tengelyre való vetülete — könnyen beláthatóan — azonos a (14/a) illetve (14/b) egyenletekkel. A zárójelben levő két komplex egyenlet négy skalár egyenletre bontható, mivel a valós és az imaginárius részeknek külön külön zérusnak kell lenniök.

Az $e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$ összefüggést figyelembe véve nyerjük (15)-ből:

$$L + (N + O) \cos \varphi + P \cos \psi = 0 \qquad (16/a$$

$$M + (-\,N + O) \sin \varphi + P \sin \psi = 0 \qquad (16/b)$$

$$Q + R \cos \varphi - S \sin \varphi + T \cos 2\,\varphi = 0 \qquad (16/c)$$

$$R \sin \varphi + S \cos \varphi + T \sin 2\,\varphi = 0 \qquad (16/d)$$

α, β φ és ψ ismeretlenekre az alábbi egyenletrendszert kapjuk, ha $L \ldots T$ értékeit behelyettesítjük:

$$-\,1{,}6\,\frac{\omega^2 - \omega_1^2}{\omega_5^2}\,\alpha + \alpha^5 + 6\,\alpha^3\,\beta^2 - (2{,}5\,\alpha^4\,\beta + 3\,\alpha^2\,\beta^3) \cos \varphi - 1{,}6\,\frac{K}{\omega_5^2} \cos \psi = 0 \qquad (17/a)$$

$$1{,}6\,\frac{\omega}{R\,C\,\omega_5^2}\,\alpha - (1{,}5\,\alpha^4\,\beta + 3\,\alpha^2\,\beta^3) \sin \varphi - 1{,}6\,\frac{K}{\omega_5^2} \sin \psi = 0 \qquad (17/b)$$

$$-\,0{,}5\,\alpha^5 - 2\,\alpha^3\,\beta^2 + \left(-\,14{,}4\,\frac{\omega^2 - \omega_1^2}{\omega_5^2}\,\beta + 3\,\alpha^4\,\beta + 6\,\alpha^2\,\beta^3\right) \cos \varphi - 4{,}8\,\frac{\omega}{R\,C\,\omega_5^2}\,\beta \sin \varphi - \alpha^3\,\beta^2 \cos 2\,\varphi = 0 \qquad (17/c)$$

$$\left(-14{,}4\frac{\omega^2-\omega_1^2}{\omega_5^2}\beta+3\alpha^4\beta+6\alpha^2\beta^3\right)\sin\varphi+$$

$$+4{,}8\frac{\omega}{RC\omega_5^2}\beta\cos\varphi-\alpha^3\beta^2\sin 2\varphi=0 \quad (17/d)$$

α és ψ első közelítését grafikusan határozzuk meg.

A (17/a), (17/b) egyenletekben β-t és φ-t nullává tesszük. Ez azt jelenti, hogy a megoldás keresésénél csak az alapharmonikust vesszük figyelembe. Így nyerjük némi átrendezés után:

$$-k_5\frac{\omega^2}{\omega_5^2}\alpha_1+k_1\alpha_1+\frac{5}{8}k_5\alpha_1^5=k_5\frac{K}{\omega_5^2}\cos\psi_1 \quad (18/a)$$

$$k_5\frac{\omega}{RC\omega_5^2}\alpha_1=k_5\frac{K}{\omega_5^2}\sin\psi_1 \quad (18/b)$$

egyenleteket. Ezeket — később ismertetendő módon — megoldjuk és így α és β első közelítése, α_1 és β_1 ismertté válik.*

φ első közelítését, φ_1-t a (17/d) egyenletből nyerjük. Ezt β-val végigosztva és $\sin 2\varphi \simeq 2\sin\varphi$ helyettesítést (φ kis szög!) elvégezve kapjuk:

$$\operatorname{tg}\varphi_1=\frac{\sin\varphi_1}{\cos\varphi_1}=$$

$$=\frac{-4{,}8\dfrac{\omega}{RC\omega_5^2}}{-14{,}4\dfrac{\omega^2-\omega_1^2}{\omega_5^2}+3\alpha_1^4-\alpha^3\beta_1} \quad (19)$$

β első közelítése, β_1 úgy adódik, hogy a (17/c) egyenletbe helyettesítjük α_1, ψ_1 és φ_1 már ismert értékeit és az így kapott, β_1-re nézve másodfokú egyenletet megoldjuk:

$$-(2+\cos 2\varphi_1)\alpha_1^3\beta_1^2+\left[\left(-14{,}4\frac{\omega^2-\omega_1^2}{\omega_5^2}+\right.\right.$$

$$\left.\left.+3\alpha_1^4\right)\cos\varphi_1-4{,}8\frac{\omega}{RC\omega_5^2}\sin\varphi_1\right]\beta_1-$$

$$-0{,}5\alpha_1^5=0 \quad (20)$$

(18), (19) és (20) alapján kiszámíthatók a keresett α, ψ, φ és β mennyiségek első közelítései. A pontosabb érték meghatározásához előnyösen használhatjuk a *Newton*-féle közelítő egyenletmegoldó módszert.** Ennek lényege az, hogy ha egy többismeretlenű egyenletrendszer gyökeinek megoldása ismert, ismételt extrapolációval kiszámítható ezek pontosabb értéke.

Legyen a megoldandó egyenletrendszer:

$$f_1(\alpha,\beta,\varphi,\psi)=0; \qquad f_3(\alpha,\beta,\varphi,\psi)=0$$

$$f_2(\alpha,\beta,\varphi,\psi)=0; \qquad f_4(\alpha,\beta,\varphi,\psi)=0 \quad (21)$$

* Ha a (10) közelítés helyett $B_0=a\sin\omega t$-t helyettesítünk be a (8) összefüggésbe, (18/a)-val és (18/b)-vel azonos relációkat kapunk!

** Lásd pl. *Bjezikovics*: Közelítő számítások c. könyvét.

és a gyökök közelítő értékei: α_1, β_1 φ_1, ψ_1. Ezeket a (21) egyenletekbe helyettesítve: $f_1(\alpha_1,\beta_1,\varphi_1,\psi_1,)=\varepsilon_1$, illetve ε_2, ε_3, ε_4 adódik, mivel α_1, β_1, φ_1, ψ_1 nem elégíti ki pontosan az egyenletrendszert. A többváltozós függvényekre vonatkozó *Taylor*-tétel szerint, ha az elsőfokúnál magasabb hatványokat elhanyagoljuk:

$$f_1(\alpha,\beta,\varphi,\psi)\simeq f_1(\alpha_1,\beta_1,\varphi_1,\psi_1)+$$

$$+\frac{\partial f_1}{\partial\alpha}a+\frac{\partial f_1}{\partial\beta}b+\frac{\partial f_1}{\partial\varphi}c+\frac{\partial f_1}{\partial\psi}d \quad (22)$$

Itt a derivált függvényekbe α_1, β_1, φ_1 és ψ_1 helyettesítendők, továbbá: $a=\alpha-\alpha_1$; $b=\beta-\beta_1$; $c=\varphi-\varphi_1$; $d=\psi-\psi_1$

Hasonló összefüggések írhatók fel f_2, f_3 és f_4-re is.

(22) baloldala zérus, jobboldalának első tagja ε_1, így az egyenletrendszer:

$$\frac{\partial f_1}{\partial\alpha}a+\frac{\partial f_1}{\partial\beta}b+\frac{\partial f_1}{\partial\varphi}c+\frac{\partial f_1}{\partial\psi}d+\varepsilon_1=0$$

$$\frac{\partial f_2}{\partial\alpha}a+\frac{\partial f_2}{\partial\beta}b+\frac{\partial f_2}{\partial\varphi}c+\frac{\partial f_2}{\partial\psi}d+\varepsilon_2=0$$

$$\frac{\partial f_3}{\partial\alpha}a+\frac{\partial f_3}{\partial\beta}b+\frac{\partial f_3}{\partial\varphi}c+\frac{\partial f_3}{\partial\psi}d+\varepsilon_3=0$$

$$\frac{\partial f_4}{\partial\alpha}a+\frac{\partial f_4}{\partial\beta}b+\frac{\partial f_4}{\partial\varphi}c+\frac{\partial f_4}{\partial\psi}d+\varepsilon_4=0 \quad (23)$$

a, b, c, és d-re egy lineáris egyenletrendszert kaptunk. Az ismeretleneket meghatározva nyerjük α, β, φ, ψ és második közelítő értékét:

$$\alpha_2=\alpha_1+a; \qquad \beta_2=\beta_1+b;$$

$$\varphi_2=\varphi_1+c; \qquad \psi_2=\psi_1+d \quad (24)$$

Ezeket f_1, f_2 stb.-be helyettesítve a kapott ε_1, ε_2 stb. hiba kisebb lesz, mint az előbbi esetben.

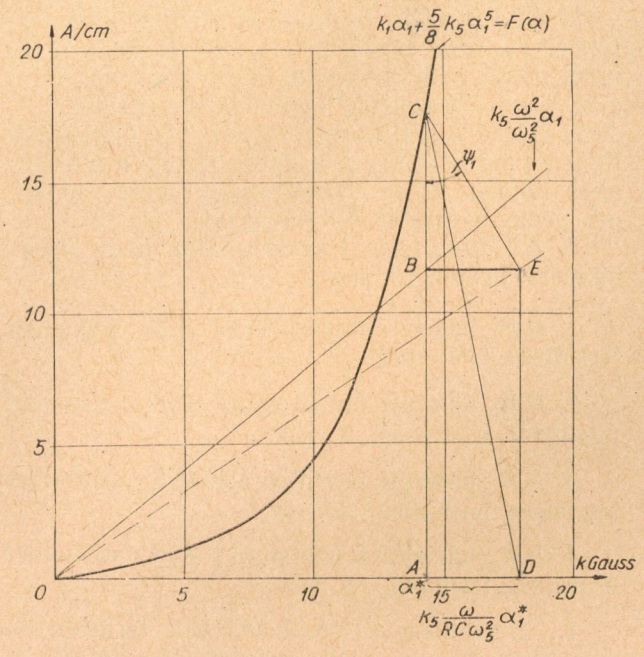
Az eljárás folytatható. Rendszerint azonban már az első lépés kielégítő eredményt szolgáltat.

Ha a (10) közelítésnél a Fourier sor harmadik tagját is figyelembe vettük volna, lényegesen bonyolultabb számítás után B első, harmadik és ötödik harmonikusaira, valamint azok fázisszögeire kaptunk volna — a fentieknél várhatóan jobb — közelítést.

Összegezve az eredményeket mondhatjuk, hogy a transzformátor egyenlet periódikus megoldásának meghatározására rendelkezésünkre áll egy numerikus eljárás, mely nem túlságosan sok számolással közelítően a B indukció Fourier sorának első két tagját adja.

Méretezés

A (18/a) és (18/b) formulákból nyerhető a méretezés alapképlete. Emeljük mindkettőnél a jobb és baloldalt négyzetre, és adjuk őket össze:



6. ábra

$$\left(k_1\alpha_1+\frac{5}{8}k_5\alpha_1^5-k_5\frac{\omega^2}{\omega_5^2}\alpha_1\right)+$$

$$+\left(k_5\frac{\omega}{RC\omega_5^2}\alpha_1\right)^2=\left(k_5\frac{K}{\omega_5^2}\right)^2 \qquad (25)$$

Az egyenlet grafikusan felrajzolható (6. ábra). Ha α_1 és ψ_1 az ismeretlenek, megrajzoljuk $k_1\alpha_1+$ $+k_5\frac{\omega^2}{\omega_5^2}\alpha_1^5$ görbét és $k_5(\omega^2/\omega_5^2)\alpha_1$ egyenest, továbbá a szakadozott vonallal kihúzott egyenest; az utóbbit úgy, hogy a vastag vonallal jelzett vízszintes metszék $k_5(\omega/RC\omega_5^2)\alpha_1^*$ legyen. Az ábrából könnyen leolvasható a megoldás menete: Próbálgatással megkereshető az az α_1^* érték, melyhez tartozó háromszög átfogója éppen $k_5(K/\omega_5^2)$ nagyságú.

Be fogjuk bizonyítani, hogy 6. ábra egyes metszékei a stabilizáló transzformátoron mért feszültségekkel, illetve áramokkal arányosak. (A most következő részben a null-indexes kisbetűvel jelzett feszültségek és áramok jelentsék az — első közelítésben szinuszosnak vett — hullámalak amplitudóját!)

$\overline{CE}$ nagysága arányos a hálózati feszültséggel, u_{p0}-lal:

$$\overline{CE}=k_5\frac{K}{\omega_5^2}=\frac{\omega c w}{l}u_{p0} \qquad (26)$$

$\overline{AB}=\overline{DE}$ nagysága arányos a fojtón fellépő u_{L0} feszültséggel, ugyanis $u_{L0}=\omega wQ\alpha 10^{-8}$ kifejezést behelyettesítve:

$$\overline{DE}=k_5\frac{\omega^2}{\omega_5^2}\alpha=\frac{c w\omega}{l}u_{L0} \qquad (27)$$

Ezek mintájára kimutatható, hogy $\overline{CD}$ darab hossza a kondenzátoron fellépő u_{c0} feszültséggel arányos:

$$\overline{CD}=\frac{c w\omega}{l}u_{c0} \qquad (28)$$

$\overline{AD}$ arányos az R terhelésen átfolyó i_{R0} árammal:

$$\overline{AD}=\frac{\omega}{l}i_{R0} \qquad (29)$$

$\overline{AC}$ arányos a fojtón átfolyó i_{L0} árammal

$$\overline{AC}=\frac{w}{l}i_{L0} \qquad (30)$$

$\overline{CD}$ darab hossza arányos a kondenzátoron átfolyó i_{c0} árammal:

$$\overline{CD}=\frac{w}{l}i_{c0} \qquad (31)$$

A levezetett arányosságok természetesen effektív áram és feszültség értékek között is fennállnak!

Ezek után most már az a kérdés: egy előírt teljesítményű transzformátornak hogyan határozzuk meg a jellemző adatait?

Legyen az összteljesítmény (hasznos + veszteség N watt, a fojtón levő feszültségérték jelölése U_L a rajta átfolyó áramé I_L, az ellenálláson átfolyó áramé pedig I_R. (A nagybetűk itt effektív értékeket jelentenek.) Válasszuk I_L-t βI_R nagyságúra.

Felírhatók az alábbi összefüggések (az Ohm-, gerjesztés- és indukció törvények alapján, ha az időben változó jelalakokat szinuszosoknak vesszük):

$$I_L=\beta\frac{N}{U_L}; \qquad \frac{\sqrt{2}\,I_L w}{l}=k_1\alpha+\frac{5}{8}k_5\alpha^5;$$

$$U_L=4{,}44\cdot f w Q\alpha 10^{-8} \qquad (32)$$

A három egyenletből kifejezhetjük Ql-t, a transzformátor vasköbtartalmát, mint az N teljesítmény függvényét:

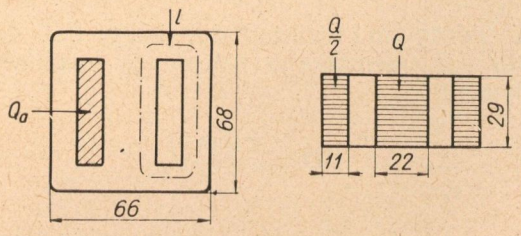
$$Ql=0{,}636\cdot 10^6\frac{\beta}{\alpha F(\alpha)}N, \qquad (33)$$

ahol:

$$F(\alpha)=k_1\alpha+\frac{5}{8}k_5\alpha^5$$

Ha tehát az indukció maximális értékét: α-t, valamint a meddő és wattos áram β viszonyát előírjuk, a transzformátor köbtartalma a teljesítménnyel lineárisan nő.

Még csak azt kell megfontolnunk, hogy a vas keresztmetszetére és a lemezformára milyen kötések adódnak.



7. ábra

Legyen a lemez a 7. ábra szerinti. Az oszlop keresztmetszete a két járom keresztmetszetének összegével egyenlő. Q az oszlop-keresztmetszet, l az erővonalhossz és Q_a az ablakkeresztmetszet. Jelöljük a lemezformára jellemző Q_a/l^2 hányadost a-val, az effektív rézkeresztmetszet (menetszám × huzalkeresztmetszet) és az ablakkeresztmetszet hányadosát η_h-val. Ha a fojtó meneteiben levő áramsűrűség $s = I_L/q$, továbbá a gerjesztési törvény alapján

$$\sqrt{2}\, I_L = \frac{l\, F(a)}{w} \tag{34}$$

akkor az egyenlőség baloldalát a fentebb deffiniált mennyiségekkel kifejezve kapjuk:

$$a\, \eta_h\, s = \frac{F(a)}{\sqrt{2}\, l} \tag{35}$$

A (33) és (35) képlet a méretezés alapja.

Ezekből rögtön kiolvashatjuk a következőket: Ha azt akarjuk, hogy a transzformátorok elektromos és mágneses adatai — B, β, s, η_h — a teljesítménytől függetlenül állandók maradjanak, nem lehet geometriailag hasonló transzformátorokat készíteni. Ez könnyen belátható: A (33) képletben, ha β és B állandó és N pl. nő, Ql is nő, de (35) alapján, ha abban B, s és η_h állandó és geometriailag hasonló lemezeket választunk (a konstans), l értéke nem változhat. Ql vasköbtartalom megnő, de l nem, így az új vastest alakja nem lesz geometriailag hasonló a régihez. Hogy teljesítménynövelés esetén ne csak a vastest szélessége nőjön, célszerűen az $a = Q_a/l^2$-et csökkenthetjük. Ez azt jelenti, hogy a viszonylagos ablakméretnek csökkennie kell a nagyobb teljesítmények felé.

Ha a lemezalak és így a is adott, teljesítménynövelésnél vagy s áramsűrűséget, vagy η_h helykitöltési tényezőt kell csökkentenünk.

B értékét változtatni — legalább is nagymértékben — nem célszerű, főleg fölfelé nem. Nagy indukciónál nem kívánatos mértékben megnőhet a szekunder feszültség harmónikus-tartalma!

β értéke 4—10 között legyen. Ha jobb stabilitásra van szükség, a nagyobb érték megfelelő; ahol inkább a kis transzformátorméret fontos, ott pedig a kisebb β-t válasszuk.

A 8. ábrán egy transzformátor négy üzemi állapota figyelhető meg.

1. $\overline{Q_1R_1}$ hálózati feszültségnek $\overline{P_1S_1}$ szekunder feszültség felel meg. $\beta = 5$

2. $\overline{Q_2R_2}$ hálózati feszültségnek $\overline{P_2S_2}$ szekunder feszültség felel meg. $\beta = 5$

3. P_1R_1 hálózati feszültségnek $\overline{P_1S_1}$ szekunder feszültség felel meg. $\beta = \infty$

4. $\overline{P_2R_2}$ hálózati feszültségnek $\overline{P_2S_2}$ szekunder feszültség felel meg. $\beta = \infty$

1., 2. esetben $\beta = 5$, tehát van terhelés, 3., 4. esetben $\beta = \infty$, nincs terhelés (üres járás).

Nézzük meg mindkét esetben a stabilitást. Ennek értéke deffiniciószerűen: a primer és szekunder feszültség változásának hányadosa szorozva a szekunder és primer feszültség hányadosával:

$$\vartheta = \frac{\Delta U_p}{\Delta U_{sz}} \; \frac{U_{sz}}{U_p}$$

$\beta = 5$ esetben

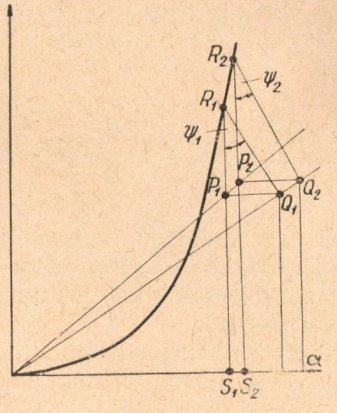
$$\vartheta_t = \frac{\overline{Q_2R_2} - \overline{Q_1R_1}}{\overline{P_2S_2} - \overline{P_1S_1}} \; \frac{\overline{P_2S_2}}{\overline{Q_2R_2}}$$

$\beta = \infty$ esetben:

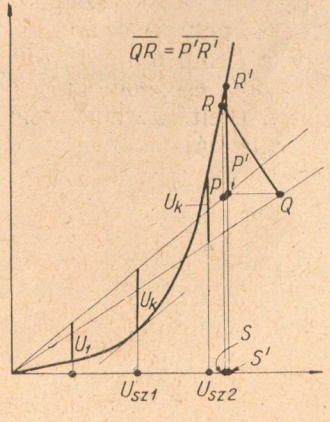
$$\vartheta_ü = \frac{\overline{P_2R_2} - \overline{P_1R_1}}{\overline{P_2S_2} - \overline{P_1S_1}} \; \frac{\overline{P_2S_2}}{\overline{P_2R_2}} \tag{36}$$

Innen rögtön látható, hogy $\delta_ü > \delta_t$, tehár a stabilitás β növelésével javul.

Terhelésváltozás hatására is megváltozik a szekunderfeszültség. A 9. ábrán láthatóan, ha $\overline{QR}$ primer feszültséget állandónak tartva a terhelést megszüntetjük (β 5-ről ∞-re változik), a szekunder feszültség $\overline{P'S'}$-re nő. Az is belátható,



8. ábra



9. ábra

hogy minél nagyobb β, annál kisebb a teljes terheléshez és az üresjárathoz tartozó szekunder feszültségek közötti különbség (állandó prímerfeszültség mellett)!

A karakterisztikából képet nyerhetünk arról is, hogyan viselkedik a transzformátor, ha a primer feszültséget nullából kiindulva növeljük. Vegyük egyszerűség kedvéért az üresjárási állapotot. A 9. ábrából láthatjuk, hogy a primer feszültséget U_K értékig növelve a szekunder feszültség is nő U_{sz1} nagyságig. Itt egy instabil szakasz következik. U_K értékének kis növelésekor ugyanis a szekunder feszültség U_{sz2}-re ugrik fel, de a továbbiakban ismét egyenletesen nő.

Méretezés szempontjából azért van jelentősége ennek, mert a primer feszültség előforduló legalacsonyabb értékénél — könnyen belátható okok miatt — U_K-t kisebbre kell vennünk.

Megjegyezzük még, hogy terhelt állapotban a kritikus U_K nagyobb, mint az imént tárgyalt esetben.

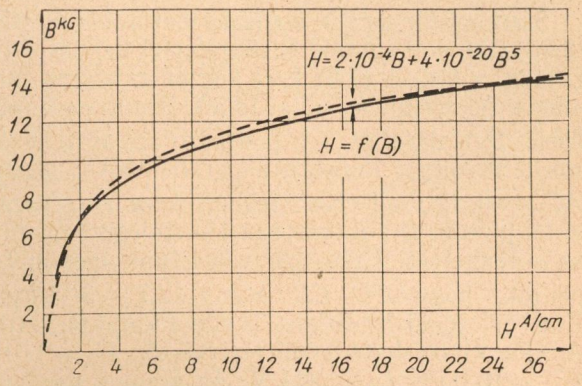
A méretezés menete az eddigiek szerint tehát a következő: Felvesszük a B indukció értékét. Ez közönséges sziliciumos transzformátorvasnál kb. 14 000—15 000 Gauss legyen. (A hozzátartozó H gerjesztés ne haladja meg a 25—30 A/cm-t!). Eldöntjük, — a fentiek figyelembevételével — mekkora β-t vegyünk. Ezután a (33) képletből kiszámítjuk Ql szorzatot. A (35) összefüggésből meghatározzuk l-t majd Q-t. Ha ezekkel az adatokkal nagyon torz vasforma jönne ki, (lehetőleg törekedjünk a közel négyzetes oszlop keresztmetszetre), valamelyik elektromos adaton változtatnunk kell.

A 6. ábra mintájára megrajzoljuk a karakterisztikát. Ebben már A, C és D pontok ismertek. B-t úgy vesszük fel, hogy $\overline{CD}$ (kondenzátor feszültség) a $\overline{CE}$ (hálózati feszültség) távolságnak kb. 2,7—3-szorosa legyen. Ezt a viszonyt nem célszerű kisebbre venni, mert akkor nagyon megnőne a szekunder feszültség felharmónikus tartalma. A (20) egyenletből kiolvasható, hogy minél kisebb a $k(\omega^2/\omega_5^2)\alpha$ egyenes hajlásszöge, annál nagyobb β értéke.

Nézzük még meg, mekkora kompenzáló feszültségre van szükségünk? A 8. ábrán $\beta = 5$-nek megfelelő esetben a primer feszültség $\overline{Q_2R_2} - \overline{Q_1R_1}$ növekedésének $\overline{P_2S_2} - \overline{P_1S_1}$ szekunder feszültségnövekedés felel meg. Ez kis szakaszon kb. lineáris változásnak tekinthető. A 4. ábrából szemléletesen kitűnik, hogy a kompenzáló feszültség szekunder feszültség irányába eső komponensének mekkorának kell lennie. (Feltételezzük, hogy a kis szakaszon ψ közel állandó!)

$$U_K \cos\psi = \frac{U_{sz2} - U_{sz1}}{U_{p2} - U_{p1}} U_p \qquad (37)$$

Ismerjük tehát a vastest méreteit, valamint megrajzoltuk a transzformátor-karakterisztikát Ebből most már a hiányzó adatokat könnyen kiolvashatjuk: $\overline{CE}$ távolság a primer feszültséggel arányos. Ha ezt például 110 V-ra választjuk, akkor egyszerű



10. ábra

arányosság alapján adódik a fojtón és a kondenzátoron levő U_L illetve U_c feszültség. (Lásd: 6. ábrát és (27), (28) képletet!) Megvan a vaskeresztmetszet Q és az indukció α_1 értéke is, ebből a fojtó tekercsének menetszáma:

$$w = \frac{U_L \cdot 10^8}{4{,}44 \cdot f Q \alpha_1} \qquad (38)$$

N teljesítményből és U_L-ből kiszámítható I_R a terhelésen folyó áram, ebből viszont I_L a fojtón, illetve I_c a kondenzátoron átfolyó áram adódik egyszerű arányosság alapján. (Lásd 6. ábrát és (29), (30), (31) képletet!)

Már csak C kondenzátor kapacitása ismeretlen; de U_c és I_c ismeretében

$$C = \frac{I_c}{\omega U_c} \qquad (39)$$

alapján ez is számítható.

Számpélda

Az ismertetett számítási eljárás használhatóságát gyakorlati példa keretében mutatjuk be.

Legyen a készítendő transzformátor teljesítménye 5 watt. Számoljunk 70% hatásfokkal, így az összteljesítmény 7,14 watt.

Határozzuk meg az ehhez tartozó vasköbtartalmat. $\beta = 5$; $\alpha_1^* = 14\,300$ gauss; $k_1 = 2 \cdot 10^{-4}$ és $k_5 = 4 \cdot 10^{-20}$ értékkel számoljunk. A 10. ábra mutatja a mért vaskarakterisztikát és az ötödfokú közelítést. (33) alapján:

$$Ql = 0{,}636 \cdot 10^6 \frac{\beta N}{\alpha F(\alpha)} = 89{,}0 \text{ cm}^3$$

Az erővonalhossz számításához vegyük fel az $a = 0{,}021$; $s = 176$ A/cm² és $\eta_h = 0{,}22$ értékeket. Ezekkel számolva (35) összefüggésből:

$$l = \frac{F(\alpha)}{\sqrt{2}\, a\, \eta_h\, s} = 15{,}5 \text{ cm};$$

$$Q = \frac{Ql}{l} = 5{,}74 \text{ cm}^2$$

A lemezalak és a vaskeresztmetszet a 7. ábrán látható.

Szerkesszük meg a transzformátor karakterisztikát. (Ez a 6. ábrán feltüntetettel azonos lesz.) Először a $k_1 a_1 + (5/8)\, k_5 \alpha_1^5$ görbét rajzoljuk meg, azután felmérjük az $\alpha_1^* = 14\,300$ Gauss-nak megfelelő $\overline{OA}$ darabot. A pontban az abszcisszára emelt merőleges kimetszi a parabolából C pontot. $\overline{AC}$ távolság β-ad részét felmérjük az abszcisszára A-tól jobbra. D pontban ismét merőlegest emelünk az α tengelyre. Ezen úgy választunk meg egy E pontot, hogy $\overline{CD} : \overline{CE}$ arány 2,7 — 3 legyen. Ezzel tulajdonképpen meg is van a karakterisztika. A belőle kiolvasható feszültségértékek: $U_0 = 110$ V; $U_L = 183$ V; $U_c = 284$ V. Az áramok meghatározásához számítsuk ki I_R-et. $I_R = N/U_L = 0{,}039$ A. A menetszám (37)-ből: $w = 1000$ menet. (38)-ból a kondenzátor kapacitása: $C = I_c/(\omega U_c) = 2{,}21$ μF. Kiszámíthatjuk a huzalkeresztmetszetet is: $q = I_L/s = 0{,}111$ mm². Innen a huzalátmérő: $\varnothing = 0{,}38$ mm.

A fent nyert Q, l stb. adatokkal meghatározott transzformátor primer sarkaira kapcsolt szinuszos váltófeszültség hatására kialakuló áram- és feszültségértékeknek első közelítését kaptuk. Az előző fejezetben egy eljárást írtunk le, melynek segítségével a vasban levő indukció időbeli változásának pontosabb képét nyerhetjük. (17/a, b, c, d) egyenletekbe a konstansokat behelyettesítve kapjuk:

$$-1{,}6 \cdot 1{,}52 \cdot 10^{16}\, \alpha + \alpha^5 + 6\, \alpha^3 \beta^2 + (-2{,}5\, \alpha^4 \beta - 3\, \alpha^2 \beta^3)\, 0{,}9724 - 1{,}6 \cdot 1{,}74 \cdot 10^{20} \cdot 0{,}8622 = 0$$

$$1{,}6 \cdot 0{,}62 \cdot 10^{16}\, \alpha + (-1{,}5\, \alpha^4 \beta - 3\, \alpha^2 \beta^3) \sin \varphi - 1{,}6 \cdot 1{,}74 \cdot 10^{20} \sin \psi = 0$$

$$-0{,}5\, \alpha^5 - 2\, \alpha^3 \beta^2 + (-14{,}4 \cdot 1{,}52 \cdot 10^{16}\, \beta + 3\, \alpha^4 \beta + 6\, \alpha^2 \beta^3) \cos \varphi - 4{,}8 \cdot 0{,}62 \cdot 10^{16}\, \beta \sin \varphi - \alpha^3 \beta^2 \cos 2\varphi = 0$$

$$(-14{,}4 \cdot 1{,}52 \cdot 10^{16}\, \beta + 3\, \alpha^4 \beta + 6\, \alpha^2 \beta^3) \sin \varphi + 4{,}8 \cdot 0{,}62 \cdot 10^{16} \cdot \beta \cos \varphi = 0$$

Az első közelítések $\alpha_1 = 14\,300$ gauss és $\psi_1 = 30^\circ\, 26'$ voltak.

α_1^*-re jobb közelítést kapunk, ha a grafikus úton nyert értéket korrigáljuk az alábbi módon: (17/a) egyenletben vegyük figyelembe az elhanyagolt harmadik harmonikust is. Tételezzük fel, hogy ez az első harmónikusnak tizedrésze, ekkor (17/a) egyenletben az α^5 tag mellett a $-2{,}5\, \alpha^4 \beta \cos \varphi$ és a $6\, \alpha^3 \beta^2$ is szerepet fog játszani.

$$\alpha_1^{*5} = \alpha_{1,}^5 = 6\, \alpha_{1,}^3 (-0{,}1\, \alpha_{1,})^2 - 2{,}5\, \alpha_{1,}^4 (-0{,}1\, \alpha_{1,})$$

egyenlettel egy új $\alpha_{1,}$ közelítést definiálunk, mely (17/a)-t jobban kielégíti, mint az előző α_1^*.

$$\alpha_{1,} = \frac{\alpha_1^*}{1{,}055} = 1{,}32 \cdot 10^4 \qquad (40)$$

Ez az érték kevéssel — mintegy 6%-al — különbözik csak a régebbi értéktől. Azért kellett mégis kiszámítanunk, mert a β-t megadó (20) formula rendkívül „érzékeny" α_1 értékére és pl $\alpha_1^* = 1{,}43 \cdot 10^4$ helyettesítés esetén egy nagyságrenddel nagyobb β-t ad, mint $\alpha_{1'} = 1{,}32 \cdot 10^4$-ra. φ és β most már (19) és (20) képletekből: $\varphi_1 = 13^\circ\, 30'$ és $\beta_1 = -1500$ gauss.

A második közelítések Newton-féle módszerrel számolhatók. Az előző egyenletrendszerbe helyettesítve:

$$\varepsilon_1 = -606 \cdot 10^{16}; \qquad \varepsilon_2 = 629 \cdot 10^{16};$$

$$\varepsilon_3 = -1221 \cdot 10^{16}; \qquad \varepsilon_4 = -217 \cdot 10^{16}$$

Ezeket, valamint a parciális differenciálhányadosok numerikus értékeit a (23) egyenletrendszerbe helyettesítve négy ismeretlenű lineáris egyenletrendszert kapunk:

$$13{,}83\, a - 11{,}90\, b - 2400\, c + 14\,100\, d - 606 = 0$$

$$1{,}48\, a - 1{,}14\, b + 6810\, c - 24\,000\, d + 629 = 0$$

$$-11{,}78\, a - 10{,}24\, b - 8\,490\, c + 0 - 1\,221 - 0$$

$$-1{,}03\, a + 0{,}42\, b + 18\,140\, c + 0 - 217 = 0$$

Ezeket megoldva a korrekciók:

$$a = -47{,}3; \quad b = -73{,}6; \quad c = 0{,}0055; \quad d = 0{,}0282$$

és ezzel a második közelítések:

$$\alpha_2 = 13\,150 \text{ gauss}; \quad \beta_2 = -1570 \text{ gauss}$$

A második közelítések meghatározása sok számolással jár. Ez kis gyakorlattal aránylag gyorsan végezhető különösen, ha az ε_1, ε_2, ε_3 és ε_4 meghatározásánál előre kiszámoljuk az α_1^5, α_1^4, β_1, $\alpha_1^3 \cdot \beta_1^2$, $\alpha_1^2 \cdot \beta_1^3$ szorzatokat, a $\partial f_1/\partial \alpha$ stb. deriváltaknál pedig az α_1^4, $\alpha_1^3 \cdot \beta_1$, $\alpha_1^2 \cdot \beta_1^2$ és $\alpha_1 \cdot \beta_1^3$ szorzatokat.

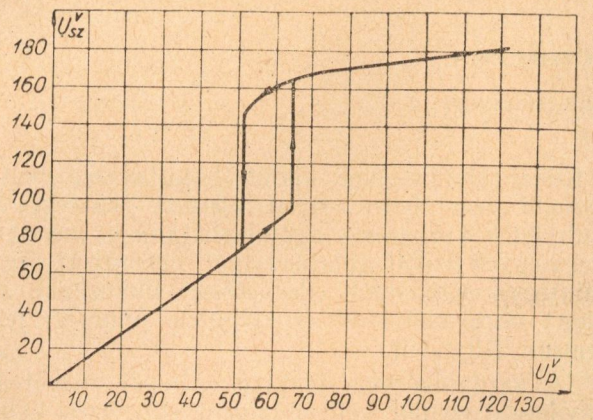
α_2 és β_2 ismeretében korrigálhatjuk a számpélda elején kapott U_L értéket.

Ha az indukció százalékos harmadik harmónikus tartalma: β_2/α_2, a feszültségnél ugyanez: $3\, \beta_2/\alpha_2$. Effektív érték képzésnél az összetevők négyzetösszegéből vont négyzetgyököt kell vennünk. Ha a feszültség alapharmonikusának effektív értékét U_{L1}-el jelöljük, akkor a harmadik harmonikust is számítva a fojtón levő feszültség effektív értéke:

$$U_{Le} = U_{L1} \sqrt{1 + \left(3\, \frac{\alpha_2}{\beta_2}\right)^2} \qquad (41)$$

$B = 14\,300$ gauss indukcióhoz tartozó U_L feszültségre 183 V adódott. A korrigált 13 200 gauss-nál ennek 169 V felel meg. Ha most tekintetbe vesszük az indukció kb. 12%-os harmadik felharmonikusát, akkor U_{Le} végső értéke:

$$U_{Le} = 179 \text{ V}$$



11. ábra

Ez 1000 meneten lép fel. Ismerve U_{Le}-t és w-t, most már tetszőleges szekunder feszültséghez tartozó menetszámot számolni tudunk. Természetesen korrigálhatjuk a többi feszültség- és áramértéket is, de erre gyakorlatban többnyire nincs szükség.

A 11. ábrán a kivitelezett transzformátoron végzett mérések eredményeit tüntettük fel. Az abszcissza a primer, az ordináta a szekunder feszültség effektív értéke.

Megfigyelhető a — már említett — „beugrási jelenség". U_p primer feszültséget 0 értékről növelve a szekunder feszültség egyenletesen nő, majd $U_p = 65$ V primer feszültségnél 87 V-ról 165 V-ra ugrik. Ezután következik a stabilitás szempontjából használható szakasz.

Visszafelé menve a karakterisztikán a „leugrás" — mint látjuk — nem az előző primer feszültségnél következik be, hanem annál kisebb értéknél, $U_p = 52$ V-nál.

A karakterisztikából ezen második jelenség oka is könnyen megérthető, hasonlóan a „beugráshoz" fűzött meggondoláshoz (lásd a Méretezés c. részt).

Különböző primer feszültségeknél mértük a szekunder jelalakban fellépő harmónikus összetevőket. Az eredményeket — összehasonlítva a számított értékekkel — az alábbi táblázatban közöljük:

U^V_p (eff.)	100	110		120
1 harm. V(eff.)	170	171	169	172
1 „ %	100	100	100	100
3 „ „	27	29	33	31
5 „ „	5,8	6,8	számított értékek	7,6
7 „ „	1,0	1,5		1,8
U^V_{sz} (eff.)	176	178	179	180

Látjuk, hogy a számított és mért értékek közötti egyezés jó. A feszültségben levő 29 százalékos harmadik harmónikus 29 : 3 = 9,7 százalék indukcióban levő harmadik harmónikusnak felel meg.

Az ötödik harmónikus értéke 6,8 százalék. (Indukcióban ez 6,8 : 5 = 1,4 százalékot tesz ki.)

A mérésnél felhasznált hálózati feszültségben 0,5 százalék harmadik, 1,6 százalék ötödik és 1 százalék hetedik harmónikus volt.

A mérési eredmények azt mutatják, hogy valóban megengedhetők a transzformátor egyenlet felírásánál alkalmazott közelítések, illetve elhanyagolások. (A mágnesezési görbe Taylor-polinómmal való közelítése, a vasveszteségeknek parallel ellenállással való figyelembe vétele stb.)

A számított és mért értékek egyezése még arra is enged következtetni, hogy az 5. ábra szerinti idealizált kapcsoláshoz tartozó transzformátor egyenlet megoldására alkalmazott eljárás jó közelítést ad.

Gyakorlatban többnyire nem kell a Newton-féle egyenletmegoldó módszert sem alkalmaznunk, mert a grafikus eljárással kapott indukció értéket a (40) képlettel (illetve az ott közölt megoldással) úgy korrigálhatjuk, hogy az már kielégítő pontosságú. A harmadik harmónikus a (19) és (20) összefüggések alapján számolható. A mondottak azért is indokoltak, mert a mágnesezési görbénél (a telítésben levő szakasznál), továbbá a kondenzátor kapacitásában mutatkozó toleranciák (különösen sorozatgyártásnál) a szekunder feszültség értékének szórásában jelentkeznek. Ez a hiba csak úgy küszöbölhető ki, hogy a transzformátor szekunder oldalát leágazásokkal látjuk el, hogy ezekkel a mindenkor szükséges feszültség értéket beállíthassuk. A számítás pontosságának egy bizonyos határon túl való növelése nem lenne indokolt.

Célszerű a kompenzáló tekercset is megcsapolásokkal ellátni. Kisebb egységek számára jobb megoldás, ha a kompenzáló feszültséget egy kis ellenállású potenciométerről vesszük le.

Végezetül megemlítjük, hogy 3/*b*, *c*, *d* típusú transzformátorokhoz is az itt közölthöz hasonló típusú transzformátor egyenletek tartoznak. Ezek megoldására is felhasználható a leírt módszer, sőt itt még jobb eredményeket is ad. Ennek az az oka, hogy az említett típusoknál kisebb a jel alakban levő harmónikus tartalom, így az elhanyagolt 5—7 stb. harmónikusok által okozott számítási hiba is kisebb.

IRODALOM

E. Friedländer: Der Spannungsgleichhalter; ein verzögerungsarmes, statiches Regelgerät zum Ausgleich von Wechselspannungsschwankungen. Siemens Zeitschrift 1935. Mai. S. 177—181.

W. Geyger: Elektromagnetischer Spannungsgleichhalter für Messzwecke. Siemens Zeitschrift 1935. Mai. S. 464—467.

W. Geyger: Elektromagnetischer Spannungsgleichhalter. Funk und Ton, Bd. 2 (1948) S. 308.

Lurje: Ferrorezonanciás feszültségstabilizátorok alapösszefüggéseinek megközelítő számítása. Elektricsesztvo 1950. október. 67—71. old.

Lurje: Ferrorezonanciás feszültségstabilizátorok elmélete és számítása. Elektricsesztvo 1954. január. 54. old.

Mitrofanov: Ferrorezonanciás transzformátorok. Radio SSSR, 1952. július. 55—57. old.

W. Taeger: Spannungsgleichhaltungs-Schaltungen mit Eisendrossel. Archiv für Elektrotechnik.

W. Taeger: Vorausberechnung von magnetischen Spannungsgleichhaltern. Funk und Ton, Nr. 8/1949.

Műszaki ellenőrzés

BALLA MIKLÓS, Egyesült Izzólámpa és Vill. rt.

A Technológus Ankéton tartott előadás anyaga két fő részből tevődött össze. Az első rész a műszaki ellenőrzés szerepével, feladataival, továbbá az ellenőrzés műszaki bázisainak (pl. ellenőrzési előírások, szabványok, ellenőrzési eszközök) szerepével foglalkozott.

A műszaki ellenőrzés és a technológiai szervek kapcsolatánál vizsgálat tárgya volt:

1. Az ellenőrzés és technológia műszaki kapcsolata (pl. ellenőrzési feladatoknak a technológiai folyamatba való beépítése; engedményadások selejtanalitikán stb.-in keresztül).
2. A technológiai osztály szerepe és feladata az ellenőrzés és a termék minőségének biztosítása terén.
3. A műszaki ellenőrzés feladata a technológiai fegyelem betartása terén.

Végül a műszaki ellenőrzés gazdasági kihatását és mutatóit tárgyaltuk. Itt részletesebben az előadás második részét közöljük.

Műszaki ellenőrzés előkészítésének felépítése

Három fő csoportra kell bontanunk:

1. terv,
2. technológia,
3. szerszámozás (ellenőrzési eszközök).

A terv magában foglalja annak megállapítását, hogy

1*a* mikor ellenőrizzünk,

1*b* mit ellenőrizzünk;

a technológia azt, hogy hogyan és a szerszámozás azt, hogy mivel ellenőrizzünk.

Fenti feladatokat egyenként vizsgáljuk meg.

Terv

Annak meghatározása, hogy mikor ellenőrizzünk és mit ellenőrizzünk, egymással szorosan összefüggő feladat. Az ellenőrzést olyan helyen és annyiszor kell beiktatni, ahányszor a gyártást jellemző fizikai tulajdonságok megváltozása a gyártmány minőségét befolyásolhatja, ill. veszélyeztetheti.

Két ellenőrzés között minimálisan egy, vagy több fizikai tulajdonságot megváltoztató műveletnek kell lenni. A gyakorlatban nem indokolt minden művelet után ellenőrizni, ellenőrzések összevonhatók ill. egyes jellemzők ellenőrzése elhagyható. Az elhagyás illetve összevonás mértékét két tényező határozza meg:

1. a gyártmány funkcionális jellemzői,
2. gazdaságossági meggondolások.

Vannak műveletek, amelyek elvégzésének jósága, illetve pontossága egyértelműen biztosítja a gyártmány olyan funkcionális jellemzőjét, melyet készáru állapotában vagy egyáltalán nem lehet, vagy gazdaságossági okokból nem ésszerű darabonként mérni, ill. ellenőrizni. A kész gyártmány számtalan olyan rejtett hibát foglalhat magában, amelyek csak használat közben, hiányos üzembiztonság, indokolatlanul rövid élettartam stb. jelenségen keresztül hatnak, amely hibákat végellenőrzésnél részben hozzáférhetetlenség, részben pedig a fizikai tulajdonságok kimutathatatlansága miatt észlelni nem lehet. Ilyen esetben szükséges a műveletek közben egy-egy meghatározott méretet, vagy egyéb fizikai tulajdonságot ellenőrizni, s így mintegy előrehozott ellenőrzéssel biztosítani az előírt végső működési és különféle minőségi jellemzők feltételeit.

A gazdaságossági tényező szerepét vizsgálva, egymással szembe kell állítani az ellenőrzési költségeket és azokat a költségeket, amelyek a selejt miatt adódnak.

Ellenőrzési költségek számíthatók az egy ellenőr egy órai munkájára eső költségekből, mely összetevődik munkabérből és a MEO rezsijéből, továbbá a vizsgált gyártmány vonatkozó művelete által igényelt külön ellenőrzési készülékezésből.

Selejtes munkadarab következményeképpen felmerülő költségek számításánál figyelemmel kell lenni arra, hogy

1. megszerelhető-e az alkatrész, illetve folytatható-e a következő művelet anélkül, hogy az illető dolgozó munkáját lassítaná vagy akadályozná.

1*a*. Ha nem folytatható a munka, mint pl. menetes furatoknál menethiány, vagy furathiány miatt, úgy azt félreteszi a dolgozó; ebben az egyszerű esetben a költség minimális, nyilván alacsonyabb, mint az esetleges ellenőrzésre fordítandó költség.

1*b*. Ha folytathatók a következő műveletek anélkül, hogy a hibát a dolgozó észre venné, ebben az esetben jelentkezik a későbbi, a hiba felderítésekor történő szétszerelés, illetve javítás költsége. A forintban mérhető kihatás mellett jelentkeznek a kapacitásra, átfutási időre, elkészítési határidőre, tehát a tervre kiható tényezők is.

2. Ha van lehetőség a pótművelet (furat, menetpótlás, illesztés stb.) azonnali elvégzésére, a következő műveletet végző dolgozó által és annak munkahelyén, akkor költségként jelentkezik a pótművelet költsége, valamint a kapacitás helytelen kihasználásából adódó kihatások. Ebben az esetben ez hasonlítandó össze az ellenőrzés költségeivel.

Hogy mikor és mit ellenőrizzünk, azt a technológiai osztálynak kell meghatároznia az előbb elmondott szempontok, tehát a gazdaságosság mérlegelése alapján.

Technológia

Az előkészítés második szakasza a *technológia*, mely meghatározza, hogy hogyan ellenőrizzünk. Ebben az esetben először az ellenőrzési típusokat kell meghatároznunk.

Elsődarab-ellenőrzés: a dolgozó köteles az első legyártott darabot, szükség szerint több darabot az ellenőrnek bemutatni, hogy megfelel-e a minőségi követelményeknek. Az elsődarab ellenőrzési mód-

szer *célja*: selejtmegelőzés azon keresztül, hogy a gyártás indításakor győződjünk meg arról, hogy helyesen értelmezte-e a dolgozó a műhelyrajzokat, helyes-e a beállítás, helyes szerszámokat és mérőeszközöket használnak-e? Az elsődarabos ellenőrzés nagy sorozatgyártás esetén indokolt, amikor a szerszám, illetve a gép beállítása előre meghatározza az alkatrész méreteit, ill. egyéb tulajdonságait. Pl. automata, vagy félautomata beállítása esetén. Elsődarab-ellenőrzést alkalmazunk akkor is, ha több műveletet kell összhangba hozni. Néhány munkadarabon elvégzik az összes műveletet és azután mindenre kiterjedő ellenőrzés alá vetik. A sorozatgyártás indítására az engedélyt csak akkor adják meg, ha a bemutatott munkadarabok az előírt minőségi követelményeket kielégítik. Az elsődarab-ellenőrzés csak a gyártás helyes beindítását, nem pedig a gyártmány összességének minősítését biztosítja.

Másik ellenőrzési módszer *a futóellenőrzés*, melyet az ellenőr gyártás közben a gyártó munkahelyen időközönként végez. A futóellenőrzés *célja*: selejtmegelőzés azon keresztül, hogy figyelemmel kíséri, hogy az első darab beállítása óta nem következett-e be változás a gyártási körülményekben, pl. gépbeállítás, készülék, szerszám, mérőeszköz stb. vonalán, melynek alapján az előírt minőségi feltételek hiányt szenvednének. A futóellenőrzés különös jelentőséggel bír olyan helyen, ahol nagysorozatú alkatrészgyártás folyik betanított, ill. kis szakképzettségű dolgozókkal. A selejtmegelőzésen kívül alkalmas alacsonyabb rendű szerepet betöltő termék teljes mennyiségének szúrópróba alapján történő minősítésére is. Ilyen esetben helyes, ha a támaszponti ellenőrzést nem veszik egyáltalán igénybe. A futóellenőröknek jogukban áll indokolt esetben a gyártást leállíttatni. Munkájuk akkor gazdaságos, ha a termék tulajdonsága, a gépek állapota, a dolgozók szakképzettsége stb. által meghatározott időközönként módjukban áll az ellenőrzést elvégezni.

Támaszponti ellenőrzés az, ha az elkészült termék teljes mennyiségét az elkülönített helyen — támaszponton — levő ellenőrökhöz szállítják. Ez esetben általában minden munkadarabot ellenőriznek, illetve bizonyos módszer szerint kisebb mennyiség alapján minősítenek. Támaszponti ellenőrzés *célja*: hibamegállapítás, szűrés. Szemben az előbbi módszerekkel, selejtmegelőzési befolyása a folyó gyártásra nincs, tapasztalatai, illetve megállapításai legfeljebb egy következő gyártásnál hasznosíthatók. Tapasztalatai felhasználásának nagy jelentősége van a selejtképződés ismétlődésének megakadályozása tekintetében.

Összefoglalva: a három ellenőrzési típusnak egyenként megvan a maga jellege. Az elsődarab-ellenőrzés csak megelőző jellegű. A futóellenőrzés megelőző jellegű, de már minősítési feladatot is el tud látni. A támaszponti ellenőrzés csak minősítési jellegű, megelőzési tevékenysége csak egy következő gyártási szériára érvényesülhet.

A fenti ellenőrzési típusok kiépítésénél beszélnünk kell az ellenőrzés munkamódszeréről, mely lehet:

1. mindendarabos (100%-os),
2. szúrópróba,
3. százalékos,
4. statisztikai ellenőrzés.

Ma iparágunkban a gyártás jellegétől, az alkatrész szerepétől, gazdaságosságától függetlenül a 100%-os vizsgálat uralkodik. Ennek oka egyrészt a túlzott és indokolatlan óvatosság, másrészt pedig az előbb elmondott szempontok figyelembevételével készült ellenőrzési utasítások hiánya. 100%-os vizsgálat csak abban az esetben engedhető meg, ha a vizsgálandó alkatrésznek elsőrendű szerepe van a készáru minőségének biztosításánál, ha az alkatrész esetleges hiányosságaival történő tovább engedése beláthatatlan gazdasági következményekkel jár.

Itt kell felhívni a figyelmet arra, hogy a mindendarabos vizsgálat nem tévesztendő össze a válogatással és nem tévesztendő össze a technológiai követelmények miatt szükséges osztályozási feladatokkal. Ma a MEO-szervezetek — helytelenül — a válogatásról nem beszélve, számos olyan osztályozási feladatot végeznek, melyek épp olyan technológiai folyamatot képeznek, mint bármelyik megmunkálás.

Az ellenőrzés azon módszereinek, amikor a teljes mennyiség töredéke alapján minősítenek, legegyszerűbb és legprimítívebb formája a *szúrópróba ellenőrzés*. Ötletszerűen kiemelnek a halmazból egy meghatározatlan kisebb mennyiséget és annak megvizsgálása alapján döntenek a teljes mennyiség minőségéről. Tekintettel arra, hogy a szúrópróbában semmi logika nincs, az eredmény teljesen megbízhatatlan. Ezért csak alárendelt szerepű alkatrészeknél, a futóellenőrök útján szabad alkalmazni.

A szúrópróbánál fejlettebb ellenőrzési módszer a *százalékos ellenőrzés*, amikor az elkészített mennyiség bizonyos előírt százalékának ellenőrzése alapján döntenek a teljes mennyiség minőségéről. Ebben az esetben csak valószínű az eredmény és a valószínűségre való támaszkodás miatt már előre vállalni kell bizonyos kockázatot. Százalékos ellenőrzés esetén elő szokták írni a vizsgálandó százalék mellett a minimális darabszámot is. Minél nagyobb mennyiséget kell ellenőrizni, annál biztosabb eredményt nyújt ez a módszer. Százalékos ellenőrzést alkalmaznak akkor is, amikor nem kívánatos ugyan az ellenőrzésből adódó kockázat vállalása, de a vizsgálat a terméket megsemmísíti, („gyufa próba"), vagy annak elvégzése hosszú átfutási idejű, vagy magas költségű.

Minden olyan ellenőrzési rendszernél, amelynél nem ellenőrzünk 100%-osan, így ennél is a rendszer használhatóságához elengedhetetlen feltétel, hogy a gyártás azonos módon folyjék le, az ellenőrzésre kerülő mennyiség csak azonos munkaviszonyok között, azonos technológiai jellemzők mellett készült munkadarabokat tartalmazzon.

A futóellenőr munkájánál említett vizsgálati időközöket úgy kell megválasztani, hogy az ellenőrzését azonos viszonyok között legyártott alkatrészekre vonatkoztatva végezhesse.

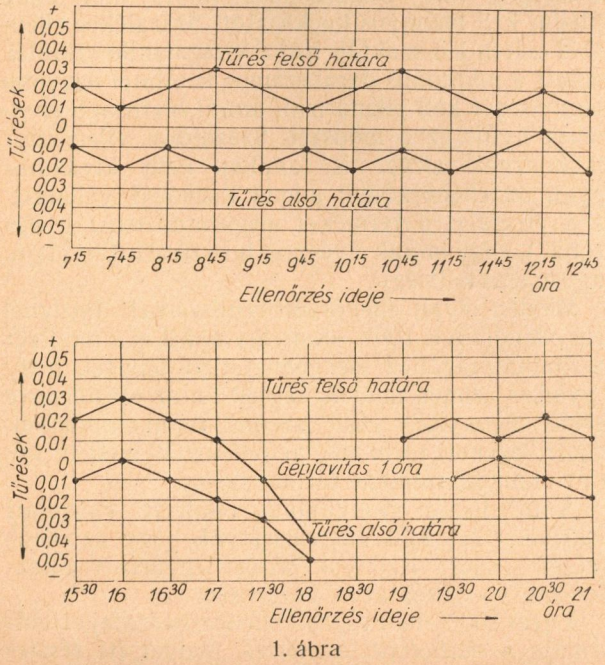
A nem 100%-ban végzett ellenőrzés legfejlettebb formája a *statisztikai ellenőrzés*, melyet itt részle-

tesen nem ismertetek, mert az elmúlt években számtalan publikáció jelent meg különféle folyóiratokban és kiadványokban, csak a főbb jellemzőkről kívánok beszélni. A statisztikai ellenőrzés lényegileg azonos módon folyik le, mint a százalékos ellenőrzés, különbség az, hogy míg a százalékos ellenőrzésnél tapasztalat és érzés alapján, addig a statisztikai ellenőrzésnél tudományosan a valószínűségszámítás és a nagy számokban mutatkozó törvényszerűségek felhasználásával történik az egész gyártott mennyiségnek töredéke alapján való minősítése. Míg a százalékos ellenőrzésnél nem ismerjük a kockázat mértékét, addig a statisztikai ellenőrzésnél azt előre számíthatjuk.

A statisztikai ellenőrzési módszereket a folyamatos gyártás ellenőrzésére sikeresen lehet felhasználni. Meghatározott időközönként néhány (5—10 db) egymás után gyártott munkadarabot egyenként megmérnek és a mért értékek átlagát és a két szélső értéket grafikonon rögzítik (1. ábra). Az így felvett grafikon kilengése, illetve annak mértéke rámutat a gyártás változásaira. Szokás a grafikonon a tűréshatár meghúzásán kívül a veszély-zónát is bejelölni. Ha a grafikon a veszélyzónát eléri, az figyelmeztetés arra, hogy a gyártás a selejt felé terelődik, tehát meg kell keresni a hiba okát és gondoskodni kell annak kiküszöbölésről.

A folyamatos gyártás ellenőrzésére a statisztikai ellenőrzés ilyen formáját csak nagy sorozatgyártás esetében lehet célszerűen alkalmazni. Iparágunkban félautomata, illetve automata berendezéseken gyártott alkatrészek ellenőrzésénél jöhet számításba. Jelenleg még vállalataink idegenkednek ennek a módszernek a bevezetésétől, mert tévesen teljes megbízhatóságot csak 100%-os ellenőrzés alkalmával vélnek elérni.

Az ismertetett ellenőrzési típusok és módszerek közül adott esetben a legcélszerűbbet a technológiai osztály és a MEO műszaki osztálya határozza meg, az előbbi a gazdaságossági, utóbbi a minőségi szempontok egyidejű figyelembevételével. Ebben a fázisban kell eldönteni, hogy milyenek legyenek azok az előírások, melyek rögzítik, hogy mikor mit, hogyan és mivel ellenőrizzünk.



1. ábra

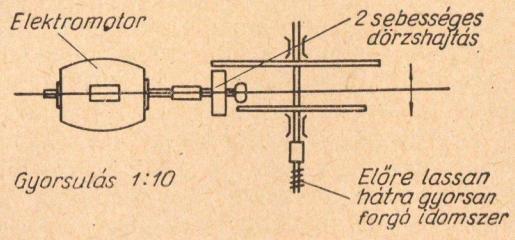
Az ellenőrzési előírásra állnak ugyanazok a szabályok, mint a technológiai, ill. megmunkálási előírásra. A művelettervbe, ahol az egész termék előállítása meg van tervezve, be kell építeni megfelelő helyre az ellenőrzési utasításokat is. A műveletterv felbontása útján, egy-egy sorszám alatt feltüntetett művelet részletes kidolgozásával készül a technológiai utasítás, illetve az ellenőrzési utasítás.

Ha speciális követelményekkel, speciális megmunkálással állítanak elő egy alkatrészt, ha a vizsgálati metódus egyedülálló és az üzem, vagy műhely területén nem általánosítható, akkor a vizsgálati utasítást speciálisan a vonatkozó termékre kell kidolgozni. Legtöbb esetben egy üzemen belül azonosan ismétlődő műveletek és megmunkált geometriai elemek fordulnak elő. Ilyen esetben felesleges és drága dolog minden egyes alkatrészre és ellenőrzési fázisra részletesen kidolgozni az ellenőrzési utasítást. Célravezető és gazdaságos az ún. *típusellenőrzési utasítások készítése.* A típusellenőrzési utasítást, függetlenül az alkatrész rajzszámától, megjelenési formájától és méreteitől, a jellemzők számszerű adatának üresen hagyásával kell elkészíteni. A típusellenőrzési utasítások gyűjteményét, vagy ha úgy tetszik, választékát, elő lehet állítani műveleti csoportok szerint, amikor vizsgálati előírást készítenek arra, hogy hogyan kell ellenőrizni pl. a fúrást, menetfúrást, esztergálást, köszörülést, polírozást stb. Típuselőírások előállíthatók megmunkált geometriai elemek szerint is, amikor az utasítás arra vonatkozik, hogy hogyan kell ellenőrizni pl. síkfelületet, hengeres felületet, vastagsági méretet, belső és külső méretet stb. A gyakorlatban ezeket az előírásokat külön-külön, vagy egymással kombinálva célszerűen lehet felhasználni. A műveletcsoportosítás szerinti típusellenőrzési utasítások iparágunkban, pl. a Beloiannisz Híradástechnikai Gyárnál már ismeretesek, jelenleg folyamatban van azok teljes kiterjesztése.

A fent ismertetett előírás fajtákat a vállalat, vagy üzemrész technológiai sajátossága, profilja valamint, ha vannak típus művelettervek, az azokhoz való alkalmazkodás lehetősége szerint kell megválasztani. *A típusellenőrzési utasításokat a MEO műszaki osztálya készíti el a technológiai szervekkel egyetértésben.*

Szerszámozás

A műszaki ellenőrzés előkészítésének harmadik szakasza a *szerszámozás* (készülékezés). Ebben a fázisban kell meghatározni, hogy *mivel ellenőrizzünk.* A legegyszerűbb eset az, amikor az ellenőrzés nem igényel semmiféle ellenőrzési eszközt. Ez a szemrevételezés. Rendszerint esztétikai jellemzők, felületi kikészítés, vagy egyéb alárendelt szerepű geometriai formák ellenőrzése történik így. A szem-



2. ábra

revételezés történhet előírások, etalonok, szubjektív megítélés stb. alapján.

Pontosság és megbízhatóság tekintetében már fejlettebb módszernek tekinthetők az univerzális ellenőrző eszközökkel, pl. tolómérő, mikrométer stb. manuálisan végzett ellenőrzések. Ez a legegyszerűbb mérőeszközzel való ellenőrzés jelenleg iparágunkban a szemrevételezés mellett legnagyobb mértékben el van terjedve. Az ellenőrzések kb. 75%-át végzik ma vállalatainknál ezekkel a termelékenynek egyáltalán nem mondható eszközökkel. Olyan esettel is találkoztam már alkatrészgyártásainkban, ahol nagy tömegben gyártott csavarokat három műveletben: szemrevételezéssel, átmérőt mikrométerrel, hosszúságot tolómérővel ellenőriztek.

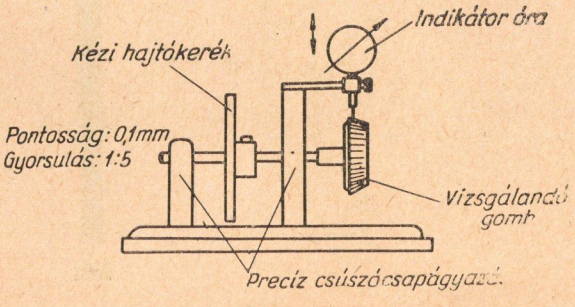
A manuális ellenőrzésnek egyik termelékenyebb módja a célellenőrző eszközök használata. A célellenőrző eszközöket két csoportba oszthatjuk:

1. Egyszerű.
2. Gyorsított vizsgálatra alkalmas célellenőrző eszközök.

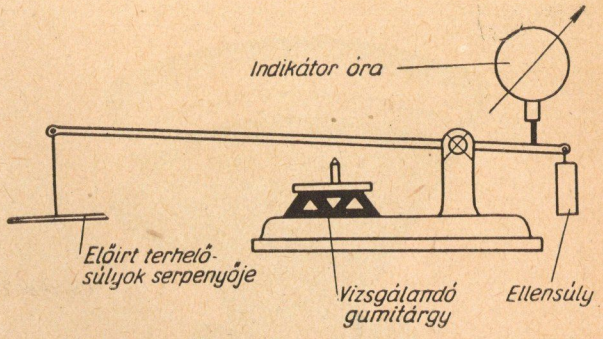
A legegyszerűbb és legelterjedtebb célműszer az idomszer, mely alkalmas arra, hogy egyértelműen meghatározza a termék megfelelő, illetve selejt voltát. Az idomszer már gyorsabb ellenőrzési lehetőséget nyújt, mint az abszolút értékek mérése.

A gyorsított vizsgálatra alkalmas célellenőrző eszközök általában univerzális és célműszerek kombinációjából összeállított berendezések. Pl. az idomszeres vizsgálat meggyorsítására alkalmas mechanizációt készített az Orion Rádiógyár, melyet a 2. ábrán láthatunk. Bakelit tekercstestek belső menettel 10 000 számra készülnek. A szúróprobás darabszám kézzel való menetkaliberezése igen hosszadalmas és fárasztó művelet volt. Ebben az esetben az idomszer használatát gépesítették.

Más egyszerű lehetőség gyors célellenőrző eszközök összeállítására az indikátor-óra felhasználása. Így kis találékonysággal a legkülönbözőbb olyan berendezést lehet készíteni különös ráfordítás nélkül, mely lényeges mértékben emeli a vizsgálat termelékenységét és megbízhatóságát. Számos olyan szubjektív vizsgálat adódik, amikor nem szükséges pontos méretet tartani, de szemmel vagy működés közben észlelhető durva hibáknak nem szabad előfordulnia. Nagyon nehéz a határt ilyen esetben megszabni, nincs biztosítva az egységes egyértelmű meghatározás, mert egyének ítélőképességére van bízva. Nyilván más szemmel néz a terméket előállító és más szemmel az ellenőrző személy. Ez sok felesleges vitának ad tápot. Az ilyen határozatlan megállapítások kiküszöbölésére alkalmas egy másik, ugyancsak az Orion által szerkesztett és alkalmazott készülék (3. ábra), mely a forgatógombok ütésvizsgálatára alkalmas.



3. ábra

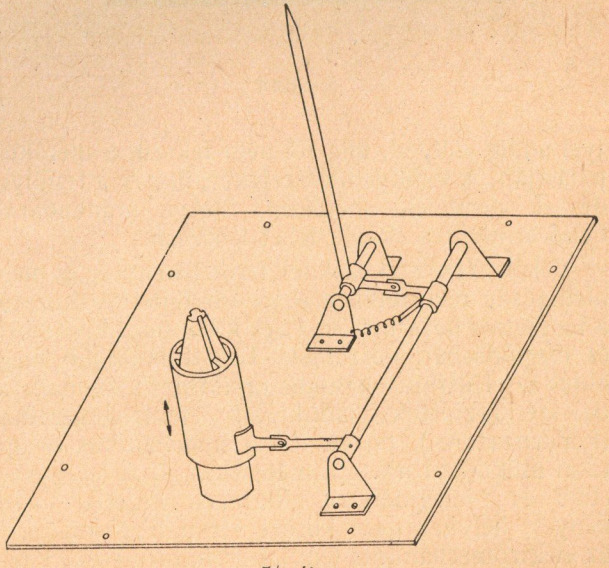


4. ábra

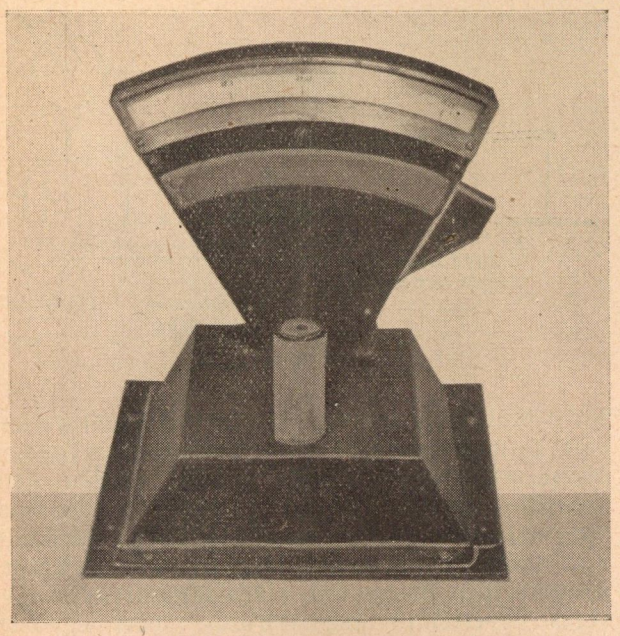
Bemutatok még két ilyen egyszerű eszközt.

(Az ismertetett célellenőrző eszközök újítás tárgyát képezik, felhasználásuknál kérjük figyelembe venni.)

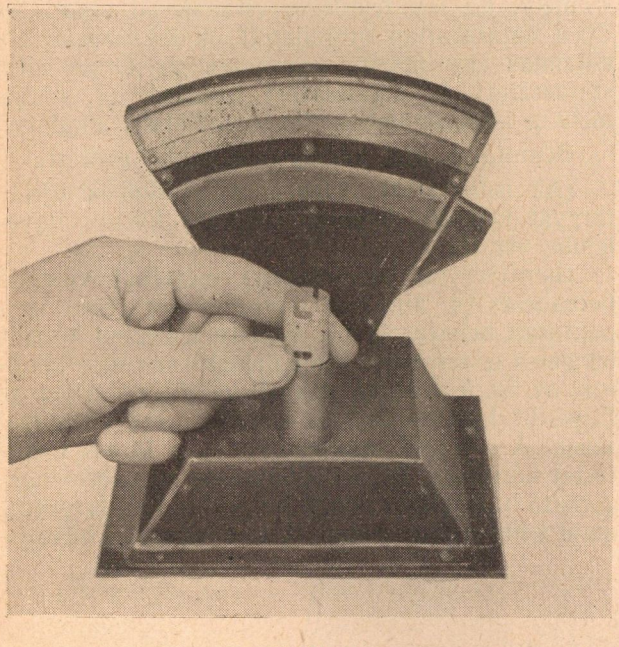
Gumitárgyak rugalmassági mértékét vizsgáló berendezés (4. ábra) az indikátor óra révén igen pontosan behatárolható. Vékony lemezből készült hengeres testek belső átmérőjének mérésére alkalmas az 5*a*, *b*, *c* ábrák szerinti készülék, melyet az Egyesült Izzó használ az anódhengerek ellenőrzéséhez. A mérendő munkadarabot a kúpos mérőtestet körülfogó, lefelé rugónyomás ellenében mozgatható hüvelyből kinyúló nyelvekre kell helyezni, majd a hüvelyt lenyomni. A munkadarab a hüvely-



5/a ábra



5/b ábra



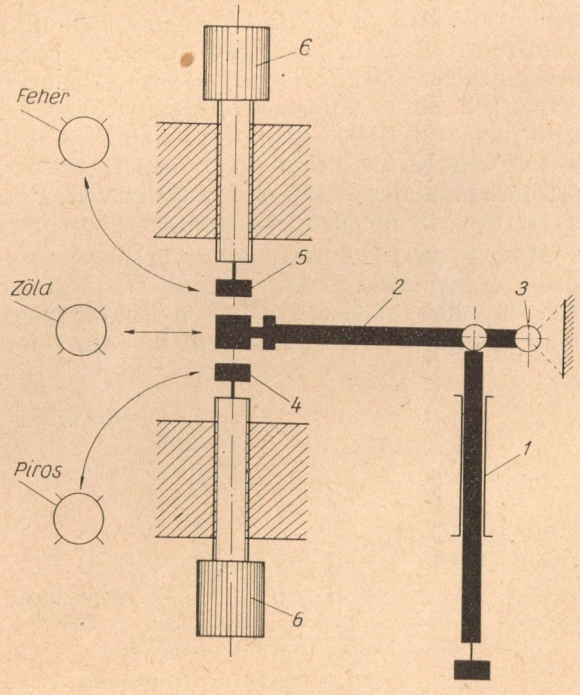
5/c ábra

lyel addig süllyed, míg föl nem fekszik a mérőkúp palástján. A lesüllyedés mértékét, illetve a lesüllyedésnek megfelelő mérőkúp, illetve munkadarab belső átmérőt a skálán lehet leolvasni.

Célellenőrző eszközöknek termelékenység és megbízhatóság tekintetében egyaránt fejlett változatai a fényjelzős határmérők. Ezek különböző kivitelben és megoldásban készülnek. Legáltalánosabb megoldás az elektromechanikus tapintófej alkalmazása, de szerkesztettek indukciós, elektroakusztikus (kondenzátoros), pneumatikus, mechanikus és optikai működésű ún. optimétereket is. A legegyszerűbb és tömegmérésre alkalmas, kezelésre nem kényes, helyhez nem kötött strapabíró műszerek az elektromechanikus fényjelzős határmérők. Ezek között közismert és legelterjedtebb a francia *Manudelta* és a német *Keilpart* elektromos fényjelzős készülék. Ezek elvi vázlatát a 6. ábrán láthatjuk (*1* tapintócsap ; *2* emelőkar ; *3* forgáspont ; *4*, *5* érintkezők ; *6* tűréshatárt állító csavar). Az elektromos fényjelzés kiküszöböli egy állandó lengő mutatónak a skálán való figyelését, illetve leolvasását, így a munkadarabok nagy gyorsasággal vizsgálhatók anélkül, hogy a vizsgálatot végző szemét nagyobb mértékben fárasztaná. A készülék legnagyobb mérési pontatlansága 0,005 mm, a tapintó csúcs a mérendő munkadarab geometriai formájának megfelelően cserélhető.

A mérési műveletek legfejlettebb formája, amiről sajnos még iparágunkban úgy kell beszélni, mint a jövő feladatairól, a fél, ill teljes automata eszközzel való ellenőrzés. Az automatikus méretellenőrzés a műszaki ellenőrzési osztályok számára ugyanazt jelenti, mint az önműködő berendezések a gyártás számára, továbbá biztosítja, hogy az emberi természetből adódó befolyások a minőség megállapításából ki legyenek zárva. Az automatikus méretellenőrzés műveletei a 7. ábrán láthatók. A folyamat *minden* eleme teljes automata esetén gépesítve van. Ha ezek közül egy, vagy több műveletet manuálisan végzünk, akkor félautomatáról beszélünk.

Az adagolás megoldása függ a munkadarab geometriai formájától, természetétől és a mérendő pozíció elhelyezkedésétől. A legegyszerűbb adagolást a gömb alakú munkadarabok igénylik, amikoris a geometriai forma egyértelműen meghatározza az adagolás módját. A hengeres kivitelű munkadarabok adagolásánál már irányítási feladatot is meg kell oldani. Minél nagyobb mértékben tér el a munkadarab az egyszerű geometriai formától, minél tagoltabb, annál bonyolultabb feladatot jelent az adagolás.



6. ábra

Az automata folyamat második funkciója a *vizsgálat*. A szubjektivitás kizárásán kívül szükséges a mérés gyorsaságának biztosítása. A mérő funkciót végző szervet úgy kell megválasztani, hogy a mérés gyorsasági követelménye feltétlenül kielégüljön.

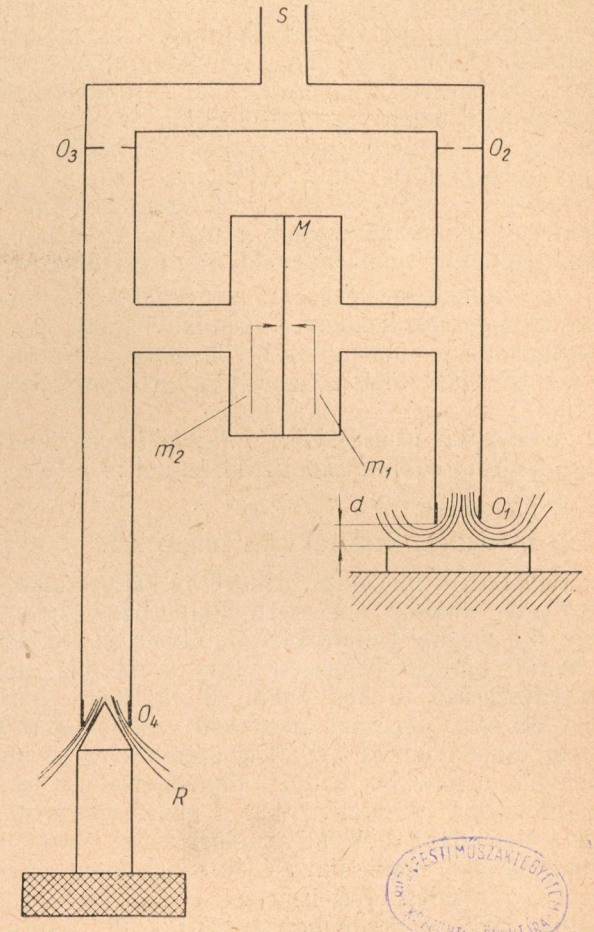
Az automata mérőgépek esetében rendszerint alkalmazott mérőkészülékeket működési elvük szerint a következőképpen lehet csoportosítani:

1. Pneumatikus mérőkészülékek, melyeknek jelző készüléke működhet
   a) ellennyomás,
   b) egyensúly,
   c) áramlási sebesség segítségével.

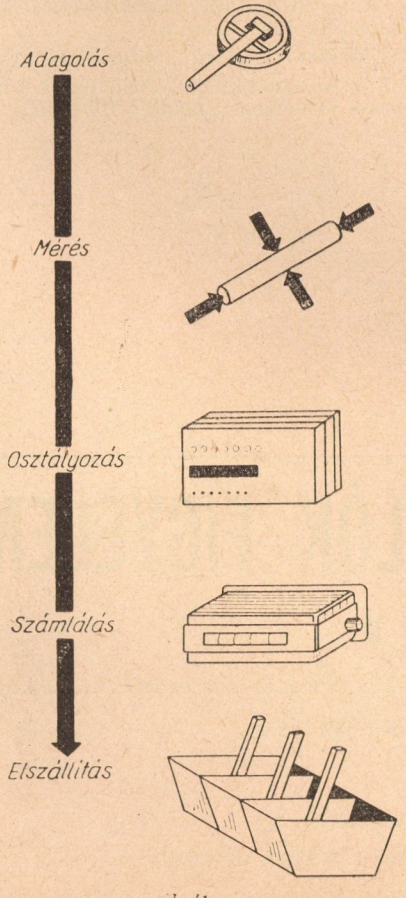
A 8. ábrán egy pneumatikus egyensúly elvén működő mérőkészülék elvi vázlatát lárhatjuk, melynél két paralel kapcsolt pneumatikus áramkörből áll a készülék:

1. mérőkör,
2. szabályozókör.

Az O_1 nyílás a mérőkörnek az áramlás irányában fekvő végén van elhelyezve d távolságra a P munkadarabtól. Ellentétes végén a kalibrált O_2 nyílás. A szabályozó körnek az áramlás irányával ellentétes végében van az O_3 kalibrált és az áramlás irányában az O_4 szabályozható nyílás, melyet az R tűszelep alkot. S forrás látja el a készüléket sűrített levegővel. Egy manométerben az M membrán az $m_1 - m_2$ érintkezőt működteti. Az



8. ábra



1. ábra

érintkező által zárt áramkörbe lámpát, vagy osztályozó szervet köthetünk be. A munkadarab méretváltozása változtatja a d méretet s így módosul az O_1 nyílás, miáltal a membrán működésbe jön. A tűszeleppel állítjuk be a kívánt méretet és a membránnál a tűréshatárokat.

2. Az elektromechanikus elven működő mérőfej, melyet már a gyors mérőeszközöknél ismertettem.

3. Elektromos érintkezéssel működő elosztó kapcsolós mérőfej, ahol a mérendő munkadarabon átfolyó áram függvényében történik a méret érzékelése.

4. Elektronikus és elektromágneses mérőfejek, ahol a mérendő munkadarabnak az elektromos, ill. a mágneses térre gyakorolt hatása alapján történik az értékelés. Egyik leggyorsabb mérési lehetőség ez; itt a gyorsaságnak az adagolás sebessége szab határt.

5. Elektroakusztikus elven működő mérőfejeknél a kondenzátor fegyverzetek közé helyezett mérendő tárgynak a kapacitásra gyakorolt, mérettől függő hatása alapján történik az érzékelés.

Következő fázis az *osztályozás*, illetve regisztrálás. Félautomatikus ellenőrzés esetén előfordul, hogy az osztályozás műveletét nem bízzuk a gépre, hanem a jelzett méretcsoportnak megfelelően manuálisan végezzük el. Automatikus osztályozás vezérlése nem jelent különösebb problémát. Az ismertetett mérőkészülékeknél a jelzőlámpát mű-

ködtető áramot egy relébe vezetjük és a relé működteti az osztályozásnak megfelelő módon, illetve megfelelő irányban a munkadarab elszállítását. Az ismertetett mérőfejekkel háromfelé való osztályozást lehet végrehajtani. Ha ez nem elegendő, akkor mérőelemek sorbakötésével tetszőleges finomságú és számú osztályozást érhetünk el. Természetesen vannak olyan elektromechanikai és elektronikus mérőkészülékek is, melyek egymagukban végeznek háromnál nagyobb számú osztályozást.

Az automatikus ellenőrző gépeknél biztosítani szokták a *darabszámlálást*. A számláló berendezéssel számlálható az ellenőrzésre kerülő darabok száma, és a megfelelő különböző osztályba tartozó darabok száma.

A folyamat utolsó fázisa *a megmért daraboknak a gépből való eltávolítása*. Ez történhet:

1. ömlesztve,
2. speciálisan összerakva, csomagolva.

Egyszerű a megoldás, a kevésbé kényes alkatrészeknél, amikor ömlesztett állapotban távolítható el a megmért munkadarab. Ebben az esetben a mérési funkció befejezése után a mérőfej alól azt egyszerűen ki kell dobni, ill. ki kell ejteni, hogy az osztályozásnak megfelelő vezérlés szerint terelő csapdákon és aknákon keresztül a tároló edénybe jusson. Ha kényes alkatrészről van szó és speciálisan összerakva kell a gépet elhagynia, úgy a megoldás problémái az adagolásnál felmerült problémákkal azonosak. Néhány automata vázlatát és működési elvét ismerteti a Mérés és Automatika 1956. 4. számában *Weckerkunst*: „Automatizálás és gépesítés a méréstechnikában" című cikke.

Az automata mérés ismertetésénél arra törekedtem, hogy átfogó vázlatot nyújtsak azokról a lehetőségekről, amelyek az ellenőrzési műveletek termelékenységét és megbízhatóságát vannak hivatva szolgálni.

Említést kell tenni még arról, hogy általában az ilyen automatákkal percenként 50—70, gyakori esetekben 100—150, de már 4—500 db ellenőrzést is elértek.

Ismeretesek olyan vizsgáló automaták, amelyek több mérendő jellemzőt képesek vizsgálni egy időben. Így például az angol *Sigma* mérő-automata, vagy a szovjet *NIEL* által készített készülék, mely egy csővezeték kapcsolófejének 9 méretét egyidejűleg ellenőrzi. Ha az ellenőrzött darabméret helyes, akkor zöld lámpa gyullad ki. Ha egy, vagy több méret nem jó, vagyis a megengedett hibahatárt túllépi, úgy egy táblán, ahol az ellenőrzött alkatrész kontúrjai láthatók, a hibás méret helyén jelző lámpák gyulladnak ki.

Az itt ismertetett metódusok nem újak, külföldön már széles körben ismeretesek. Arra kell törekedni, hogy iparágunkban a jelenlegi elmaradott — sok esetben kezdetleges — módszereket a külföldi tapasztalatok felhasználásával magunk mögött hagyjuk.

IRODALOM

Anczenberger Mihály: Műszaki ellenőrzés szerepe a gyártás gazdaságossága szempontjából. (Mérnöki Továbbképző Intézet).

Bardet G.: Többszörös és automatikus mérőgépek alkalmazása a korszerű nagysorozat-gyártásban. (Mikrotechnik 1952. 2. sz.)

Hawkins W. A.: Automatikus méretszabályozó készülékek. (The Machinist 1952. szept.)

Illy Zoltán: Műszaki mérések. (Műszaki Könyvkiadó).

Kimmel R. T.: Automatikus méretellenőrzés a folyamatos gyártásban. (The Tool Engineer 1952. júl.)

MŰSZERFELHASZNÁLÓK FIGYELEM!

A MŰSZER- ÉS IRODAGÉPÉRTÉKESÍTŐ V.

mintatermeiben ma már igen sok műszer minden előzetes igénylés és megrendelés nélkül kapható:

I. sz. Mintateremben (VI. Népköztársaság útja 38.)

villamos-, elektronikus- és meteorológiai műszerek,

II. sz. Mintateremben (VI. Népköztársaság útja 2.)

mechanikai mérő-, anyagvizsgáló-, hőtechnikai és meteorológiai műszerek.

A statisztikai minőségellenőrzés lehetősége a híradástechnikai iparban

DUKÁTI FERENC

Folytatás az 1956. 5. szám 157—160 oldaláról

A tervek számításának ellenőrzése

A tervek számításának ellenőrzési módját nem azért körvonalazzuk, mintha annak ismerete szükséges lenne a szabvány alkalmazásakor, hanem azért, hogy a tudatos alkalmazást megkönnyítsük. A szabvány minden gyakorlati esetre kész táblázatokat tartalmaz. A szabvány táblázatainak matematikai megalapozása e fejezet tartalma, amelynek ismertetését azért gondoljuk szükségesnek, mert az a szabványban nem található.

Egyszeres tervtípus

A számítás lényege, hogy a (2) egyenletben megnézzük, hogy $P_2 = 0{,}95$ esetén n és p előírt, ill. meghatározott rendszer szerint felvett értékeihez találunk-e c értéket. Ha van olyan c érték, amellyel p jól megközelíti az előírt p_2 értéket, akkor a mezőt kitöltjük, ha nincs, üresen hagyjuk. Pl. legyen az 1. táblázat szerinti terv esetében $n = 75$, $p_2 = 0{,}01$; $c = 2$ és így $\lambda = 75 \times 0{,}01 = 0{,}75$.

Ekkor a (2) egyenlet a következő alakot kapja

$$P_2 = 0{,}95 = e^{-\lambda} + \lambda e^{-\lambda} + e^{-\lambda} \frac{\lambda^2}{1 \cdot 2}$$

A (2) egyenlet transzcendens, ezért megoldása némi nehézségbe ütközik. Mivel azonban jelen alkalommal nem vizsgálati előírást kívánunk alkotni, hanem egy meglevő vizsgálati előírás helyességéről kívánunk meggyőződni, elég a megfelelő számértékeket helyettesíteni és megnézni, azonosságot kapunk-e vagy sem. Következésképpen ha igaz a következő egyenlet :

$$0{,}95 \approx e^{-0{,}75} \left(1 + 0{,}75 + \frac{1}{2} 0{,}75^2\right),$$

akkor a terv helyes, ha nem, c-re más értéket kell keresni.

A számítást elvégezve kapjuk :

$0{,}95 \approx 0{,}945$, azaz az azonosság kielégítő és így a terv használható.

$c = 1$ vagy $c = 3$ esetében az azonosság nem lenne ily mértékben kielégítve, amiről számítás útjá könnyen meggyőződhetünk, így a kezdeti feltételeket ($n = 75$, $p_2 = 0{,}01$) legjobban a $c = 2$ érték elégíti ki.

Kétszeres tervtípus

Kétszeres tervtípus esetében a számítás hasonló az egyszeres tervtípuséhoz azzal a különbséggel, hogy P önállóan és együttesen bekövetkező valószínűségek összegéből adódik.

Az 1. táblázat kétszeres tervtípusánál levő számadatok felhasználásával ismét azonosságot ellenőrizünk a következő egyenlet alapján :

$$\mathbf{P}(n_1, n_2, c_1, c_2, p) = \mathbf{P}(n_1, p, k_1 \leq c_1) + \sum_{i=c_1+1}^{c_2} \mathbf{P}(n_1, p, k_1 = i)\, \mathbf{P}(n_2, p, k_2 \leq c_2 - i) \quad (6)$$

ahol

n a próbadarabok száma,
k a talált hibás darabok száma,
c a megengedett hibás darabok száma,
1 index az első, 2 index a második próbacsoportra vonatkozik,
i futóindex.

$\mathbf{P}(n_2, p, k_2 \leq c_2 - i)$ annak valószínűségét jelenti, hogy az n_2 darabszámú, találomra vett, p hibaszázalékú második próbacsoportban a hibás darabok száma egyenlő a $c_2 - i$ értékkel, vagy annál kisebb. Miután egymástól független eseményekről van szó, ez a jelkép $c_2 - c_1$ részösszeg összeadásával egyenértékű $[(c_1 + 1) \leq i \leq c_2]$.

A Σ jel mögötti szorzat két független esemény együttes bekövetkezésének valószínűsége.

A (6) alatti egyenletet alkalmazzuk az 1. táblázat példája alapján. Hasonlóan az egyszeres tervhez, itt is az azonosságról győződünk meg.

A (6) alatti egyenlet baloldala :

$$\mathbf{P}(n_1, n_2, p, c_1, c_2) = \mathbf{P}(50, 100, 0{,}01\ 1, 3) \approx 0{,}95$$

A (6) alatti egyenlet jobb oldalán levő első tag :

$$\mathbf{P}(n_1, p, k_1 \leq c_1) = \mathbf{P}(50, 0{,}01, k_1 \leq 1) = \mathbf{P}(50, 0{,}01, 0) + \mathbf{P}(50, 0{,}01, 1) = e^{-0{,}50} + 0{,}50\, e^{-0{,}50} = 0{,}9097$$

A jobboldali második tag első tényezője

$$\mathbf{P}(n_1, p, k_1 = i) = \mathbf{P}(50, 0{,}01, 2) = e^{-0{,}50} \cdot \frac{0{,}50^2}{2!} = 0{,}07581$$

A jobboldali második tag második tényezője :

$$\mathbf{P}(n_2, p, k_2 \leq c_2 - i) = \mathbf{P}(100, 0{,}01, k_2 \leq 1) = \mathbf{P}(100, 0{,}01, 0) + \mathbf{P}(100, 0{,}01, 1) = e^{-1}(1 + 1) = 0{,}7358$$

A jobboldali második tag :

$$\mathbf{P}(50, 0{,}01, k_1 = 2) \times \mathbf{P}(100, 0{,}01, k_2 \leq 1) = 0{,}0759 \times 0{,}7358 = 0{,}0545$$

A (6) egyenlet jobboldala :

$$\mathbf{P} = \mathbf{P}(50, 0{,}01, k_1 \leq 1) + \mathbf{P}(50, 0{,}01, 2) \cdot \mathbf{P}(100, 0{,}01, k_2 \leq 1) = 0{,}9097 + 0{,}0545 \approx 0{,}9642$$

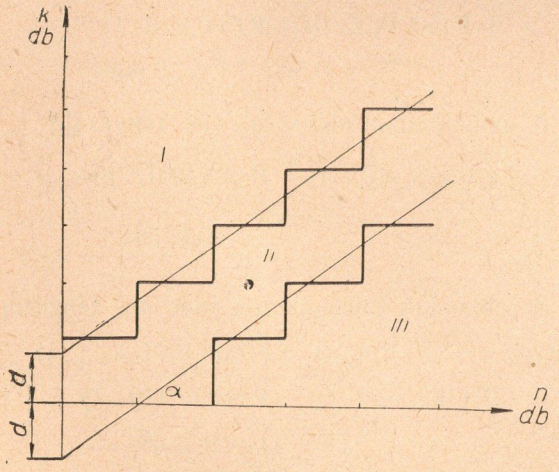
Ez az érték elég jól közelíti a 0,95 előírt értéket és így az előírást elfogadhatónak tekintjük.

E példa esetében, amidőn a jobboldali második tagban összegeztünk, i-nek csak egy $i = 2$ értéket vettük figyelembe. Ez azt a járulékos valószínűséget adta, hogy az első 50 darabos próbacsoportban pontosan 2 hibás van, a második 100 darabosban pedig legfeljebb 1. Az összegezési határokat, azaz a $c_1 + 1 \leq i \leq c_2$ feltételt kielégíti azonban az $i = 3$ érték is. Ezt az esetet — azaz, hogy az 50 darabos első próbacsoportban pontosan 3 hibást találunk, a második 100 darabos próbacsoportban pedig egyet sem — elhanyagoltuk, mert az csak a 3 tizedesben jelentkező elenyésző valószínűséget ad.

Az elhagyhatóság számbavétele némely esetben a próbadarabok számának 40—50% csökkenését eredményezheti és ezért egy eddig ki nem használt lehetőséget rejt magában. (Részletesebben lásd [4]).

A többszörös tervtípus

A többszörös tervtípus számítására több különböző módszer áll rendelkezésre, amelyek megértése a matematikai statisztikában nagyobb elmélyülést kíván. E számítási módot tudomásunk szerint magyar nyelven, nyilvánosan hozzáférhetően, még nem ismertették. A számításokon alapuló szabványok közül tudatosan azonban csak azokat lehet alkalmazni, amelyek számítási módját megértjük, vagy legalább lehetőségünk van annak helyességét ellenőrizni. Ezért a következőkben nem azt a számítási módot ismertetjük, amelyet ténylegesen a szabvány elkészítésénél felhasználtak, hanem egy kevésbé pontos grafikus módszert, amely egyszerűségével és könnyen érthetőségével tűnik ki. Ábrázoljuk derékszögű koordináta-rendszerben a próbamennyiségben talált hibás darabok száma (k)



4. ábra

és próbamennyiség darabszáma (n) közötti összefüggést. Ezáltal a síknegyedet három részre osztottuk:

I. rész: a nem megfelelési terület,
II. rész: a vizsgálat folytatódik,
III. rész: a megfelelési terület.

A lépcsős görbéhez grafikus kiegyenlítéssel hozzárajzoljuk a két karakterisztikus egyenest, amelyeknek egyenlete

$$k = a \cdot n_i - d \tag{7}$$

$$k = a \cdot n_i + d \tag{8}$$

a az egyenes iránytangense, $a = \operatorname{tg} \alpha$
a az ordináta tengelyből lemetszett darab.
a és d értéke a határhibákkal (p_2; p_1) és a hozzájuk tartozó valószínűség-értékkel (P_2; P_1) a következő összefüggésben állnak:

$$\frac{\lg \dfrac{1-p_2}{1-p_1}}{\lg \dfrac{p_1}{p_2} + \lg \dfrac{1-p_2}{1-p_1}} = a \tag{9}$$

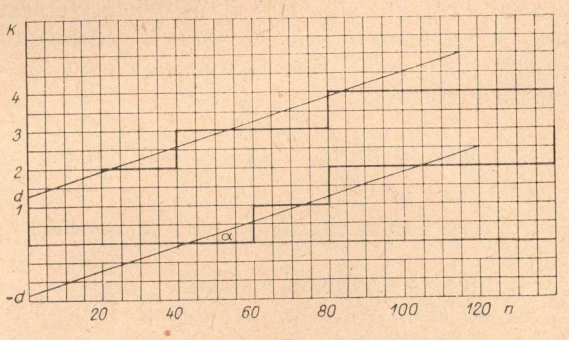
$$\frac{\lg \dfrac{1-P_1}{1-P_2}}{\lg \dfrac{p_1}{p_2} + \lg \dfrac{1-p_2}{1-p_1}} = d \tag{10}$$

P_1 és P_2 felvett értékei alapján

$$P_1 = 0{,}10\,;\ P_2 = 0{,}95\,;\ 1 - P_1 = 0{,}90\,;\ 1 - P_2 = 0{,}05$$

$$\frac{1-P_1}{1-P_2} = \frac{0{,}90}{0{,}05} = 18\,;\ \lg 18 = 1{,}25\,527$$

Ha tehát grafikusan megállapítjuk a és d értékeit, a (9) és (10) egyenletből megállapíthatjuk p_2 és p_1 értékeit, ami a kívánt ellenőrzést lehetővé teszi.
Az 1. táblázat adatain alapul az 5. ábra.



5. ábra

A grafikus kiegyenlítésnél az utolsó értékpontot ($n = 140$-nél) *nem* kell figyelembe venni.
Az ábrából kapjuk:

$$d = 1{,}4 \qquad a = 1/30.$$

Bevezetve a

$$\lg \frac{1-p_2}{1-p_1} = A \tag{11}$$

és

$$\lg \frac{p_1}{p_2} = B \tag{12}$$

rövidítéseket, kapjuk

$$a = 0{,}033 = \frac{A}{A + B} \qquad (9a)$$

$$d = 1{,}4 = \frac{1{,}25527}{A + B} \qquad (10a)$$

Ebből

$$A = 0{,}030\,; \quad B = 0{,}866$$

$$\text{num lg } A = 1{,}072 = \frac{1 - p_2}{1 - p_1} \qquad (11a)$$

$$\text{num lg } B = 7{,}34 = \frac{p_1}{p_2} \qquad (12a)$$

A (11*a*) és a (12*a*) egyenletekből

$$\frac{1 - p_2}{1 - 7{,}34\, p_2} = 1{,}072,$$

amiből

$$p_2 \approx 1\% \quad p_1 \approx 7\%.$$

Ezen értékek kb. egyeznek az MNOSZ 247 [5] értékeivel és a kb. 8% eltérés a grafikus számítás pontatlanságából származik.

Befejezés

Hazánkban a matematikai statisztika alkalmazása a végátvételben nem ütközik akadályba. Különösen indokolt az alkalmazás a híradástechnikai iparban, ahol a tömegcikk jellegű alkatrészek felhasználása igen jelentős és minden eszközt fel kell kutatni az ellenőrzés gazdaságosabbá tételére. Rendelkeznünk az elmélettel, amelynek hazai viszonyokra való felhasználásához a Magyar Szabványügyi Hivatalnak az Akadémiai Matematikai Intézet Statisztikai osztálya nagy segítséget nyújtott. A gyakorlati alkalmazás a szabvány alapján minden matematikai ismeret nélkül, számítást nem igénylő, kész táblázatok alapján könnyűszerrel elsajátítható. A legutóbbi 2—3 év alatt és többszáz konkrét termék szabványában, amelyek közül számos a híradástechnikára vonatkozik, ilyen előírásokat már alkalmaztak. Ami azonban hiányzik és amihez jelen alkalommal közelebb kívántunk jutni az, hogy az MNOSZ 247 nem szabványosított termékek esetén is felhasználásra kerüljön és ezáltal járuljon hozzá a tételek megbízhatóbb minősítéséhez és így közvetve a minőség javításához. E szabványt a műszaki fejlesztés részének tekintjük és biztosak vagyunk, hogy eredménye nem fog elmaradni.

IRODALOM

1. B. S. 2564: 1955 Control chart technique, when manufacturing to a specification.
2. *Rényi A.*: Valószínűségszámítás. Egyetemi tankönyv. Tankönyvkiadó 1954.
3. *Fontányi Ágota:* A mintavételi előírások helyességének jelentősége a minőség szempontjából. Magyar Technika. 1952. 4.
4. *Dukáti Ferenc:* Javaslat a Columbia-rendszerű kétszeres próbavétel gazdaságosabbá tételére. Szabványosítás 1954.
5. MNOSZ 247-55 R „Tömegcikkek matematikai-statisztikai minősítése".

Közvetett fűtésű elektroncsövek átütési szilárdságának vizsgálata

SÁGI GYÖRGY*

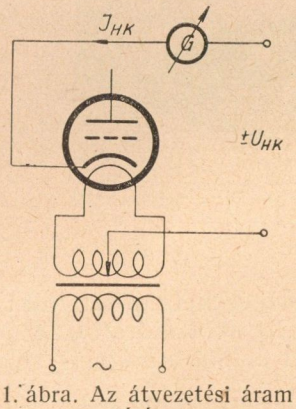
Az Egyesült Izzó Minőségellenőrzésében elvégzett vizsgálatok eredményeként tisztázódott az átütés polaritás-, hőmérséklet- és időfüggése. Ionos átvezetés feltételezése hasznosnak bizonyult és matematikai összefüggést eredményezett a fűtőfeszültség és az élettartam között. Ennek segítségével lehetővé vált a katódfűtőtest élettartam gyorsított vizsgálata. A felhasznált szigetelő oxidnál javította az átütési tulajdonságokat a pozitív katódnegatív fűtőtest irányú formálás.

1. Bevezetés

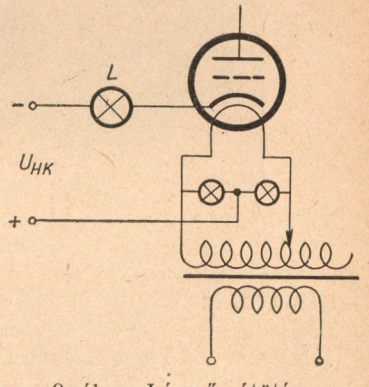
A katód fűtőtest szigetelőket általában a következő módokon szokás vizsgálni:

1. Átvezetési áram (1. ábra, I_{HK}) mérése.
2. Lépcsős átütés (2. ábra).
3. Tartós égetés, a katód-fűtőtest közé helyezett feszültséggel.

E három vizsgálati mód közül a szigetelő oxid átütési tulajdonságait a tartós égetés mutatja meg leghelyesebben. Ez a vizsgálati módszer azonban hosszadalmas, tehát a gyártást gyorsan befolyásoló ellenőrzésre nem alkalmas; az átvezetési áram mérése pedig nem nyújtott felvilágosítást az átütési tulajdonságokat illetően.



1. ábra. Az átvezetési áram mérése



2. ábra. Lépcsős átütés kapcsolási vázlata

A lépcsős átütési vizsgálat meglehetősen gyors. A katód és fűtőtest közé egyenfeszültséget kapcsolunk. (2. ábra). Felfűtjük a csövet az üzemi

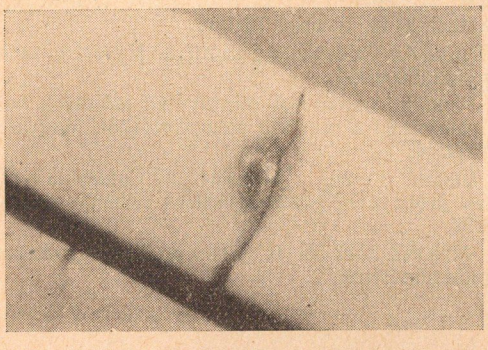
* A cikk beadásának kelte 1956. július.

fűtőfeszültséggel és várunk 1 percig, amely idő alatt beáll az egyensúlyi helyzet. Ezután 30 secundumonként 20%-kal emeljük a fűtőfeszültséget. Az a fűtőfeszültség, amelynél a szigetelő átüt jellemző a csőre (az *L* lámpa kigyullad). Az így kapott adatokat azonban nem lehetett a katód és a fonal közötti szigetelés tényleges élettartamának megítéléséhez felhasználni.

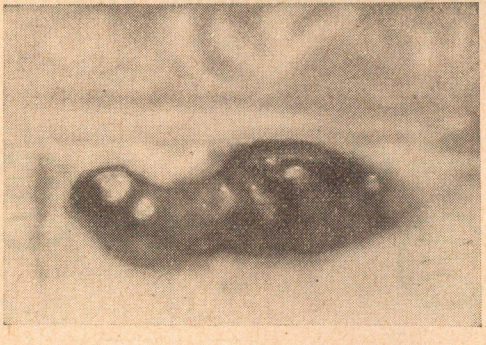
A most leírásra kerülő vizsgálatok egyik célja az volt, hogy az átütés bekövetkezésének idejét előre és gyorsan meg tudjuk határozni egy nagy csőhalmazból vett szúrópróba alapján. Ehhez azonban sorra meg kellett vizsgálni az átütés függését a különféle paraméterektől.

2. Az átütés polaritásfüggése

Ezen vizsgálatokat különféle alakú fűtőtesteken végeztük el. A csöveket minden esetben a katalógusadatoknak megfelelő beállításban tartósan égettük; minden típusnál egyszer pozitív, máskor negatív volt a katód és fűtőtest közé helyezett feszültség.



3. ábra



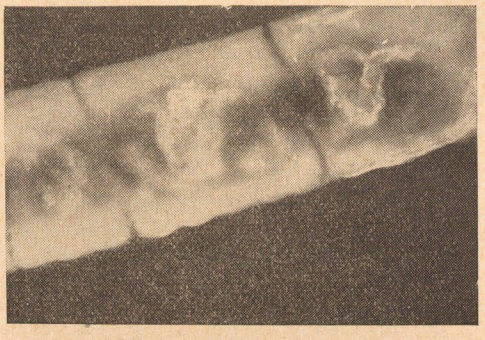
4. ábra

Bizonyos idő elteltével a következőket tapasztaltuk:
2000 db $+U_{HK}$-val égetett csőből átütött 0,64%
1700 db $-U_{HK}$-val égetett csőből átütött 17,2%

$+U_{HK}$ = pozitív katód — negatív fűtőtest
$-U_{HK}$ = negatív katód — pozitív fűtőtest

Az eredmények egyértelműen azt mutatták, hogy a negatív katód-pozitív fűtőtest esete sokkal kedvezőtlenebb, mint fordítva. Ez a megállapítás teljesen független a csőtípustól.

A polaritásfüggőség ugyanígy mutatkozott meg 4500 db lépcsős átütéssel vizsgált csőnél is. A negatív katód-pozitív fűtőtest esetében kb. 50%-kal



5. ábra

kisebb fűtőfeszültségnél ütöttek át a szigetelések, mint ellenkező polaritásnál.

Igen érdekes még, hogy negatív katódnál az átütés rendszerint tartós rövidzárlatot okoz, míg pozitív katód esetén az átütés önmagát gyakran megszünteti.

3. Az átütés nyomai

Az átütési nyomokról készült mikroszkóp felvételek a 3. 4. és 5. ábrákon láthatók. A 3. ábra szabályos átütési nyom képe. A 4. és 5. képen látható oxidbevonat többször is átütött egymás után. Az így kapott nagy átütési nyomok jól tanulmányozhatók. Megfigyelhető, hogy a negatív katód-pozitív fűtőtestnél történt átütés nyoma általában sötét (4. kép), míg a fordított eset nyoma üvegesen csillogó, áttetsző (5. kép). A polaritás okozta különbség tehát az átütések nyomaiban is megnyilvánul.

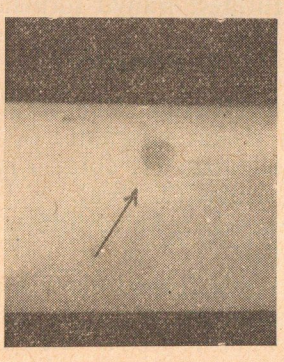
A szigetelő bevonaton még átütés előtt szürkés foltok jelennek meg (negatív katód esetén, 6. kép). Az égetési idő növelésével a szürke folt nő, terebélyesedik, végül az oxid egy ilyen pontban átüt. A szürkeség mindig az oxid és a nikkel cső érintkezési helyein keletkezik.

Ez a jelenség anyagvándorlásra enged következtetni. Az átütést tehát anyagvándorlás előzi meg. Ez pedig ionos vándorlásként képzelhető el.

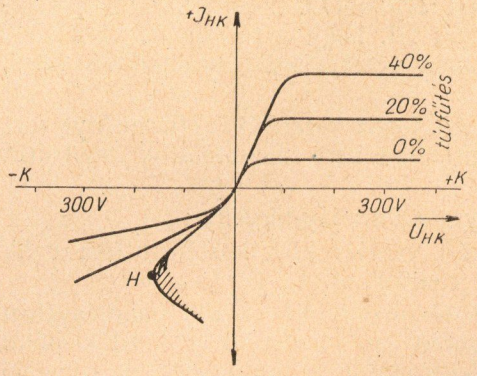
4. Hőátbillenés

Ha a vizsgált cső katódjával sorba van kapcsolva egy nagy ellenállás, akkor az átütés folyamata automatikusan lelassul. Ilyen módon a jelenség tüzetesebben tanulmányozható.

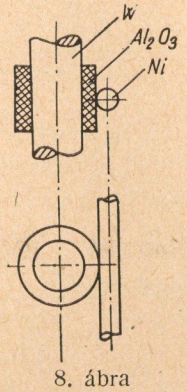
A fűtőtest és katód között folyó áram ez esetben még az átütés alatt is mérhető.



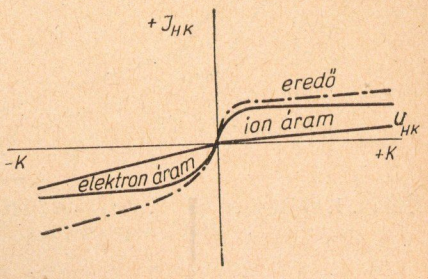
6. ábra



7. ábra. Feszültség-áram görbék



8. ábra



9. ábra

A 7. ábrán látható görbék ilyen módszerrel lettek felvéve. A *H* hőátbillenési pont jelzi az átütés kezdetét. Ettől kezdve csökkenő feszültség mellett is növekvő áramot kapunk. A szigetelőben elvesző, vagyis hővé alakuló teljesítmény viszont állandóan nő. Az egyik mérés például a következő értékeket adta:

U_{HK} volt	I_{HK} μA	W mwatt
200	20	4
175	50	8,75
125	100	12,5

Ha számításba vesszük, hogy ez a teljesítmény igen kis ponton vész el, elképzelhető komoly helyi felmelegedés. Ez a helyi felmelegedés egyébként is megfigyelhető volt olyan kísérleti példányoknál, ahol a fűtőszál egy hengeres W-huzal alumínium-oxid bevonattal, a katód pedig egy hengeres Ni-pálca (8. ábra).

Ezen megfigyelések alapján az átütés pillanata a hőátbillenés elméletével jól magyarázható [irodalom 1]. Eszerint, ha az átvezetési pontban fejlődő hőt a környezet már nem képes elvezetni, akkor megszűnik a hőegyensúly. Ez a helyi pont erősebb felmelegedéséhez vezet, aminek következtében a szigetelőképesség csökken, tehát az áram nő.

A nagyobb áram jobban melegít, a melegebb szigetelő jobban vezet. A hatások fokozzák egymást és lavinaszerűen bekövetkezik az átütés.

A 7. ábrán megfigyelhető még, hogy a negatív ág (negatív katód-pozitív fűtőtest) „telítési szakasza" meredekebb, mint a pozitív szakasz. Az a tény, hogy az I_{HK} görbe nem megy teljesen telítésbe, vagyis nem laposodik el teljesen, nagyrészt ionos átvezetéssel magyarázható [irodalom 2].

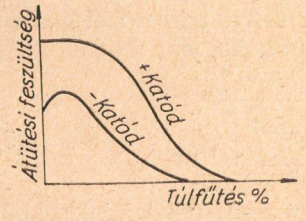
A 9. ábrán látható az eredő I_{HK} görbe megszerkesztése ion és elektron áram komponensekből. Az a tény tehát, hogy a negatív ág meredekebb, mint a pozitív, nagyobb ionos átvezetéssel magyarázható. Ezek a megfigyelések és meggondolások, párosulva az átütés előtt keletkező szürkés foltok megfigyelésével, alátámasztják azt az elképzelést, hogy az átütés ionos vezetés következménye. Az átütés maga pedig hőátütés.

5. Az átütési szilárdság függése a fűtőszál hőmérsékletétől

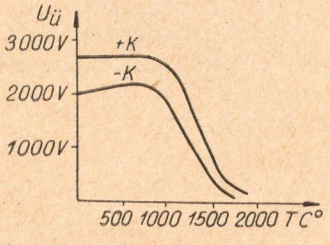
A vizsgálat igen egyszerű módon történt. Adott hőmérsékleten olyan nagy egyenfeszültséget adtunk a katód és fűtőtest közé, hogy az néhány sec. alatt átütött. A geometriák különbsége nagy szórást okozott. Ezért sok cső átütése hozta csak meg a helyes eredményt. A 10. ábrán bemutatjuk az egyik közismert pentóda átütési feszültség-fűtőfeszültség görbéjét.

Ez a méréssorozat igazolta, hogy *szobahőmérséklettől* kb. 1600 C°-os hőmérsékletig fennáll a polaritás okozta átütési szilárdság különbség, vagyis ez esetben is mindvégig igaz, hogy a pozitív katód-negatív fűtőtest esetében nagyobb az átütési szilárdság, mint fordítva.

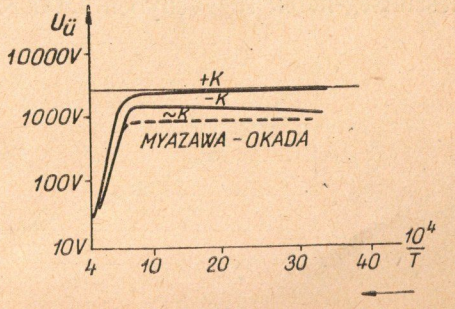
Másodszor igen érdekes az $U_ü = f(U_f)$ görbe menete (10. ábra). Komoly figyelmet érdemel a görbe meredek szakasza. Látható, hogy néhány százalék fűtőfeszültségváltozás nagy mértékben befolyásolja az átütési szilárdságot. Csőkonstrukciónál ezt tanácsos komolyan figyelembe venni.



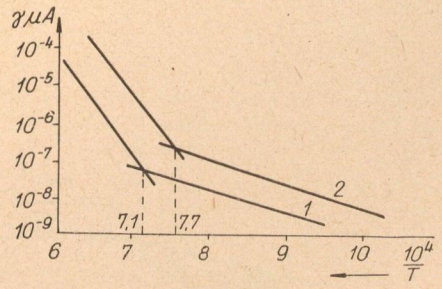
10. ábra



11. ábra



12. ábra



13. ábra. 1. Saját mérések. 2. *Sulyman* adatai alumíniumoxid vezető képességéről

Megrajzolható az átütés feszültség-hőfok görbe is (11. ábra). Ezen görbe megszerkesztésénél felhasználtuk a Langmuir-féle táblázatból [irodalom 3] a $\tau - T$ összefüggést.

Ha a 12. ábra szerinti koordinátákban rajzoljuk fel az átütési feszültség-hőfok függvényt, akkor metsződő egyeneseket kapunk. *Nyazava* és *Okada* [irodalom 4] váltóárammal vették fel ezen görbét.

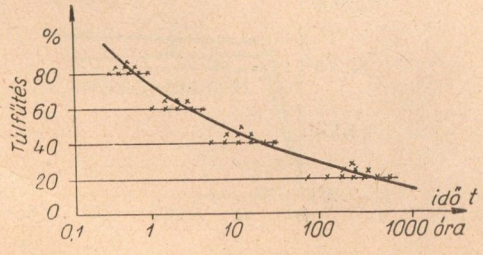
Hasonló törést mutattak a vezetőképesség görbéi is (13. ábra). Feltűnő, hogy a töréspontok szerzőktől függetlenül közel azonos hőmérsékletnél, 1300 K° környezetében vannak úgy az átütés, mint a vezetőképesség egyenesein. *Sulyman* kimutatta (irodalom 5], hogy a töréspontok nem az $A/_2O_3$ szerkezetváltozásának következményei. Feltehető tehát, hogy a töréspontnál kezdődő meredek szakasz a jelenlevő szennyezéseknek tulajdonítható.

6. Az átütési tulajdonság hőmérséklet-idő függése

Jelen vizsgálatok konstans negatív U_{HK} feszültség (negatív katód, pozitív fűtőtest) és más-más hőmérséklet mellett folytak. A módszer igen egyszerű volt. Egy 40—50 darabból álló csőcsoportot égettünk mindaddig, amíg a csövek többsége átütött. Üzem közben a hőmérsékletmérés helyett a csövek fűtőfeszültsége volt mérve (A 7. fejezetben leírjuk a fűtőfeszültség hőmérséklet átszámítási módszert). A 14. ábrán látható a felvett diagram. Minden egyes kereszt adott fűtőfeszültségen égetett és bizonyos idő után átütött 1 db csövet jelez. Az előírt üzemi fűtőfeszültséget 0%-nak neveztük.

Az ugyanazon koordinátákkal bíró csövek keresztjei a síkbeli koordinátarendszer miatt egymás fölé vannak rajzolva. Felvettük több, egymástól eltérő cső-típus élettartam-görbéjét és azok azonos törvényszerűséget mutattak.

Megkíséreljük az élettartam-görbe magyarázatát adni. A 12. ábrán látjuk, hogy az átütési feszültség-hőfok függvényben 1300 K° körül törés



14. ábra. Élettartam-görbe

van. Ugyanezt látjuk a 13. ábrán a vezetőképességnél. Tételezzük fel, hogy a töréspont, azaz 1300 K° felett ionos vezetés kezd uralkodóvá válni, tehát

1. az átütés ionos vezetés következménye (ezt az előző pontokban leírt tapasztalatok indokolttá teszik);

2. érvényes a Faraday-törvény;

3. az ionos vezetés következtében fém válik ki valamely elektródán.

A kiváló fémmennyiség az idő függvényében nő. Ennek során egy jól vezető ág kezd kiépülni az egyik elektródától a másik felé a szigetelő rétegen át. Bizonyos kritikus mennyiségű fém, pl. wolfram kiválása után az elektródák olyan közel kerülnek egymáshoz, vagy a szigetelő úgy elszennyeződik, hogy bekövetkezhet a 4. pontban leírt hőátütés.

A vezetőképességre érvényes [irod. 4. és 5.]

$$\gamma = A_1 \epsilon^{-\frac{B_1}{T}} + A_2 \epsilon^{-\frac{B_2}{T}} \qquad (1)$$

ahol A_1, A_2, B_1, B_2 a vezetőre jellemző és T az abszolút hőmérséklet. Ez abban az esetben adja meg a 13. ábra szerinti megtört egyenest, ha alacsony hőmérsékleten az egyik tag elhanyagolhatóan kicsiny a másikhoz képest.

A 12. ábrából viszont látjuk, hogy alacsony hőmérsékleten, kb. 1300 K°-ig az átütés hőfok független.

Átütési szempontból tehát érvényes a vezetés képlete egy taggal is. Írható tehát, hogy

$$\gamma = A_1 \epsilon^{-\frac{B_1}{T}} \qquad (2)$$

Faraday-törvény:

$$G_{krit} = CIt \qquad (3)$$

ahol G_{krit} az átütés bekövetkezéséhez szükséges kiváló fémmennyiség, C az elektrokémiai egyenérték

I az ion áram a $K-F$ között
t az átütés bekövetkezési ideje

A 2. és 3. egyenletből $\gamma = \frac{I}{U}$ helyettesítéssel

$$t = \frac{G_{krit}}{A_1 CU} \epsilon^{\frac{B_1}{T}} \qquad (4)$$

ahol G_{krit}, A_1, C konstansok, és U a $K-F$ közé helyezett feszültség, amely kísérleteink alatt szintén konstans volt. Írható tehát, hogy

$$\boxed{t = A\epsilon^{\frac{B_1}{T}}} \qquad (5)$$

Ez a képlet bár igen egyszerű meggondolásokból született, elég jó közelítéssel megadta a kísérleteknél kapott átütési időket.

7. A hőmérséklet-fűtőfeszültség összefüggése adott csőtípusnál

Az élettartamra kapott (5) képlet nehezen használható, mert a fűtőszál hőmérsékletének üzemszerű mérése akadályokba ütközik. Ezért lehetőleg egyszerű módszert kerestünk, amelynek segítségével megállapítható a fűtőszál hőmérséklete.

Tételezzük fel, hogy a fűtőtestre érvényes a Stefan—Boltzmann törvény

$$W = \sigma T^4 \tag{6}$$

ahol W a betáplált elektromos teljesítmény, T a hőmérséklet és σ a fűtőtest felületére jellemző állandó. Alkalmazva az Ohm-törvényt

$$\frac{U^2}{R_m} = \sigma T^4 \tag{7}$$

ahol Uf a fűtőfeszültség és RS a fűtőtest melegellenállása. Ebből kifejezhető $\tau = \frac{R_m}{R_h}$ figyelembevételével

$$T = \frac{\sqrt{U_f}}{\sqrt[4]{\sigma R_h \tau}} \tag{8}$$

Ebben a formában T-re még nem tiszta a kifejezés, mert τ is szerepel az egyenlet jobboldalán. Ezért először a $\tau = f(U_f)$ függvényt akarjuk megkapni, mivel itt a számított értékeket elektromos méréssel ellenőrizni tudjuk.

A rádiócsövek wolfram fűtőtestjeire jó közelítéssel igaz:

$$R_m = R_h (1 + \alpha T) \tag{9}$$

Ebből

$$T = \frac{\tau - 1}{\alpha} \tag{10}$$

ahol α a hőfoktényező.

A (8) és (10) képletből pedig

$$\tau = 1 + \frac{\alpha}{\sqrt[4]{\sigma R_n}} \frac{\sqrt{U_f}}{\sqrt[4]{\tau}} \tag{11}$$

Azt állítjuk, hogy gyakorlatilag használható formulát kapunk, ha $\frac{1}{\sqrt[4]{\tau}}$ értéket konstansnak tekintjük. Ez esetben írható, hogy

$$\boxed{\tau = 1 + K\sqrt{U_f}} \tag{12}$$

ahol K a katód-fűtőtest rendszerre jellemző állandó. Az alábbi táblázatban bemutatjuk három eltérő rádiócső típusnál a számított és mért τ értékeket. A K állandót az 50, 12,6 és 6,3 V-os oszlop mérései alapján számítottuk ki a (12) képletből (normál fűtőfeszültségnél).

τ mérve és számítva

	U_f	20V	30V	40V	50V	60V	70V	80V
5085	mért	4,32	5,16	6,21	6,57	7,4	8,04	8,62
	számított	4,65	5,47	6,16	6,76	7,32	7,83	8,3
	U_f	5V	7V	9V	12,6V	15V	20V	25,2V
12BA6	mért	4,44	4,04	5,52	6,48	6,9	7,85	8,74
	számított	4,455	4,93	5,63	6,48	6,97	7,9	8,75
	U_f	2,5V	3,5V	4,5V	6,3V	7,5V	9,5V	12,6V
EABC 80	mért	3,9	4,6	5,13	5,9	6,45	7,15	8,07
	számított	4,08	4,65	5,34	5,9	6,35	7,015	7,94

A táblázatból látható, hogy a mért és számított τ közötti eltérés $\tau = 6$-tól 8-ig kisebb 3%-nál. Ez gyakorlati szempontból kielégítő. Miután meggyőződtünk a $\tau = 1 + K\sqrt{U_f}$ képlet használhatóságáról, a (10) képlet alapján:

$$T = \frac{K}{\alpha}\sqrt{U_f} \tag{13}$$

A hőmérséklet tehát arányos a fűtőfeszültség négyzetgyökével.

Az élettartam képlet tehát (5) szerint és (13) figyelembevételével

$$t = A\epsilon^{\frac{B_1}{K/\alpha\sqrt{U_f}}} \tag{14}$$

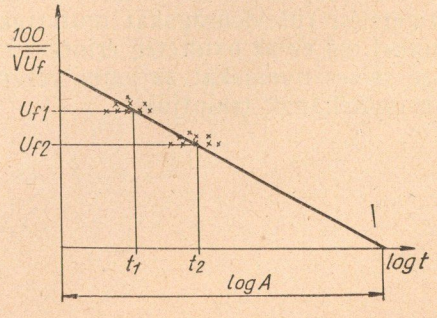
$$\boxed{t = A\epsilon^{\frac{B}{\sqrt{U_f}}}} \tag{15}$$

ahol A és B konstans.

8. Gyorsított élettartamvizsgálat

A (15) egyenlet a 15. ábrán látható koordinátarendszerben egyenesekkel ábrázolható.

Módunkban áll egy azonos körülmények között készült csőcsoport katód-fűtőtest szigetelésének élettartamát előre megítélni. Ez a megítélés történhet a 15. ábra alapján extrapolációval, vagy számítással a (15) képlet alapján. Szúrópróbát veszünk a csoportból. Ezen csövek egy részét U_{f1} más részét U_{f2} felemelt fűtőfeszültségeken égetjük, konstans katód-fonal feszültség mellett egészen az átütésig. Eközben mérjük az egyes csövek átütési idejét. A kapott értékek alapján megrajzolható a 15. ábra, vagy kiszámíthatók a (15) képlet A és



15. ábra

B konstansai, és ezután rajzolható meg az élettartam egyenese, vagy kiszámítható tetszés szerinti fűtőfeszültségnél az élettartam. Ha az U_{f1} és U_{f2} feszültségeket úgy választjuk meg, hogy a csövek nagyrésze néhány óra alatt átüt, úgy a várható élettartamról gyorsan képet kapunk. A módszer legfőbb hátránya, hogy a nagy szórásértékek miatt csak sok csővel lehet pontos eredményt kapni.

9. Az ionos vezetés bizonyitékai

Már a 3. pontban említettük, hogy az átütést szürke foltok megjelenése előzi meg. Ez anyagvándorlásra utal. A 4. pontban a 9. ábrán láttuk, hogy negatív katód esetén az I_{HK} karakterisztika meredekebb, mint pozitívnál. Ezt is az ionos átvezetéssel tudtuk magyarázni. Ezzel összhangban van az átütés polaritás függése. Az 5. pont 10. ábrájából leolvasható volt, hogy az átütési tulajdonságok szintén negatív katódnál kedvezőtlenebbek. Ionos vezetést feltételezve a tapasztalatokkal elég jól egyező élettartam-képletet tudtunk megadni.

Már a 2. pontban említettük, hogy a negatív katód melletti átütést rendszerint fémes rövidzárral járt. Ugyanakkor pozitív katód esetén az átütés sok esetben önmagától megszűnt. Ilyen esetben a szigetelőréteg rövid idő múlva egy másik helyen ütött át. Pozitív katód esetében tehát sokszor több átütési nyom is volt a szigetelő rétegen. A 3. pontban bemutatott mikroszkópfelvételeken jól látható, hogy a pozitív átütések nyomán üvegesen csillogó réteg vont a be a fűtőszálat. Ez a réteg esetleg jobb szigetelő tulajdonságokkal bírhat, mint az eredeti oxidbevonat.

Felmerült tehát a gondolat, hogy pozitív katóddal magas, de az átütés alatti hőmérsékleten égetve a csöveket, bekövetkezik-e a várt javulás?

Az elvégzett kísérletek beigazolták várakozásunkat. Az ilyen módon kezelt csövek szigetelő tulajdonságai jobbak voltak az eredetinél.

Ugyanakkor megvizsgáltuk az ilyen módon kezelt csövekből a fűtőtesteket és katódokat. A nikkel és az oxidréteg érintkezési helyein zöld színű foltokat találtunk. Más összetételű oxidoknál feketés foltokat kaptunk. Ezek az elszíneződések egészen más jellegűek voltak, mint az átütést megelőző nyomok. Ha az égetést 10—20 órán át végeztük, akkor az oxidrétegen apró kráterek, dudorok keletkeztek és az oxidréteg hófehér, nyommentes lett. (16. ábra. A képen látható szürkeségek árnyékok.) Az ilyen fűtőszálak átszerelve más csövekbe az eredeti fűtőtesteknél jobb szigetelési tulajdonságokat mutattak.

A nikkel cső és az oxidréteg érintkezési helyén keletkező színes nyomokat az ionos vezetés tényleges bizonyítékának tekintjük.

16. ábra

10. Tanulságok

Vizsgálatainkból kiderült, hogy az átütés polaritásfüggő. A pozitív katód esete kedvezőbb a negatívnál. Ezt a kapcsolástechnikában érdemes figyelembe venni.

Az átütési idő exponenciálisan függ a hőmérséklettől. Ezért csőkonstrukciónál lehetőleg alacsony fűtőtest-hőmérsékletre kell törekedni.

Lehetővé vált a szigetelők élettartamának gyorsított vizsgálata.

Mivel az átütés időfüggése az ionos vezetésnek tulajdonítható, el kell távolítani az alumíniumoxid ionosan vándorolni képes szennyezéseit.

Ezen fő szempontok figyelembevételével megbízható katód-fűtőtest szigetelőket lehet előállítani.

Köszönetnyilvánítás

Munkám során igen értékes támogatást kaptam *Rédl Endre* kandidátustól és *Winter Ernő* akadémikustól. Engedjék meg, hogy ezúton mondjak köszönetet a szakmai tanácsokért és a dolgozat átnézése során tett fontos észrevételeikért.

IRODALOM

[1] *Wagner K. W.:* The Physical Nature of the Electric Breakdown of Solid Dielectrics. Journ. A. I. E. E. Dec. 1922.

[2] *Csornai L., Katona Z.:* A katód-fűtőtest átvezetési karakterisztika. Magyar Híradástechnika 1955. VI. sz.

[3] *Jones and Langmuir:* The Characteristics of Tungsten Filaments as Functions of Temperature. Gen. Elec. Rev. June 1927.

[4] *Miyazawa* and *Okada:* On the Breakdown of Alumina at Higher Temperature. J. of the Phys. Soc. Japan 6 pp. 55—59. 1951.

[5] *Sulyman:* Elektroprovodnoszty glinozema pri viszokih temperaturah. Zsurnal Technicseszkoj Fiziki 1940. X. 14.

Műanyagalkatrészek gyártástechnológiája*

HAÁR ZSIGMOND, Kábel- és Műanyaggyár

Fejlesztési lehetőségeink

Az ipar műszaki fejlesztésével kapcsolatban egyre több szó esik a műanyagok kérdéséről és hazai helyzetéről. Olyan számokat hallhatunk a külföldi műanyagtermelésről és felhasználásról, hogy Nyugat-Németország 1954-ben 350 000 tonna műanyagot termelt és ismét megelőzte a 200 000 tonna műanyagot termelő Angliát, sőt 1955-ben már 420 000 tonna műanyag termeléssel biztosította magának a vezetőszerepet Nyugat-Európában. A világ műanyagfelhasználása az 1954. évben 2 400 000 tonna volt. Érdemes ezt a számot néhány országban az egy főre eső felhasználás bontásában is szemügyre venni: Az Egyesült Államokban 8 kg, a Német Demokratikus Köztársaságban 4 kg, Franciaországban 1,5 kg, Ausztriában 1,4 kg, míg hazánkban csak 0,5 kg volt az egy főre eső műanyagfelhasználás.

Lemaradásunk természetesen vonatkozik a híradástechnika területére is. Okul hozhatjuk fel a nyersanyagok eddig túlnyomórészt külföldi eredetét, emiatt jelentkező jelentős forgalmi adóját és az ebből eredő kevéssé előnyös árfejtési összehasonlításokat. A gyártmányszerkesztők p. o. a felhasználásra kerülő anyagok kg árát kívánják összehasonlítani. Műanyagok esetében ez nem ilyen egyszerű. Az esetek túlnyomó részében tekintetbe kell venni forgácsolás nélküli alakítást, melynél nem kell elforgácsolásra kerülő, meddő anyagot megfizetni és a műanyagok kis fajsúlyát, melynek folytán a felhasznált és beépített anyagsúly és az erre eső költség kisebb. Helyesen gazdaságos a műanyagalkatrész akkor, amikor valójában nem egy alkatrész, hanem alkatrészek előgyártáskénti csoportját képezi. Gondoljunk pl. egy kézibeszélő nyélre, mely mikrofon és hallgató szerelésére teljes kialakítással, besajtolt fémrészekkel, a mikrofon és hallgató szerelvény vezető huzal összekötésével egyben kerül ki a sajtoló szerszámból.

Az újabban kifejlesztett műanyagféleségek még tovább növelik a műanyag alkalmazás gazdaságosságát, még messzebbmenőleg engedik meg azt, hogy a műanyag-konstruktőr tervezése tárgyát, mint egységesen kiképezhető egészet és nem temérdek alkatrészre széthullót tekintse. Ilyenre példa a külföldi üvegszálbetétes poliészter technológiából egy mosógép konstrukciója, mely megelőzőleg alumíniumból készült és 32 alkatrészből állott. Üvegszálas poliésztergyanta megoldásában ezt két alkatrészbe sikerült összevonni,

a fémkivitel költségeinek 50%-os megtakarításával,
az alumínium kivitel súlyának 50%-ában,
és olyan előnyökkel, mint a könnyebb kezelés, kisebb hőveszteségek és zajtalanabb üzemeltetés.

* Előadás a Technológus Ankéton.

Ezek szerint nem kifogástalan a műanyagalkatrészekkel kapcsolatban kg-árban kifejezni gazdasági mutatókat, mert nem fejezik ki azoknak az előnyöknek értékét, melyek ügyes technológiai kihasználásokkal elérhetők. Annak előre bocsátásával, hogy a több előnyt nyújtó műanyagalkatrész-féleség előállítási költsége és szerszámköltség hányada nagyobb — az esetek külön elbírálásának szükségességét szem elől nem tévesztve — néhány ilyen kg átlagérték forgalmiadó beszámítása nélkül a következő:

Fenol-krezol műgyantasajtoló-anyagból	46 Ft/kg
Aminoplasztból	35—40 „
Textil szeletkés fenoplasztból	52 „
Textilvégből rétegelten sajtolt műanyagból	140 „
Selyemhulladék gyantahordozós fenoplasztból	80 „
Stirolból fröccsöntve	50 „
Cellulóz acetátból fröccsöntve	60 „
Poliamidból fröccsöntve	170 „
Műkaucsuk alapú keménygumiból sajtolva	16 „

Rétegelt lemezekről, alapanyagokról az Országos Tervhivatal Egységes Termék és Árjegyzéke részletes áradatokat tartalmaz. Ezekre itt kitérni nem látszik szükségesnek.

A felemlített műanyagfajtákon kívül hazai híradástechnikai célú feldolgozásban még a polivinilchlorid (PVC) a metilmetakrilát (Plexiglas), polietilén, melamingyanták, epoxidgyanták, poliesztergyanták, szilikonok fontosak, bár alkalmazásuk még nem kiterjedt. Az export, különösképpen pedig a tengerentúli szállítás azonban kényszerítőleg hat újabb és újabb műanyagok bevezetésére, mert ettől árucikkeink minősége és versenyképessége függ.

Az iparágban ezidőszerint alkalmazott legtöbb műanyag alapanyagában külföldi eredetű. Népgazdaságunk nem fordított fontosságuknak megfelelő figyelmet ezen anyagok fejlesztésére. Inkább luxus különlegességeknek, mint létérdekű kérdéseink egyikének tekintette azokat. A második ötéves terv e felfogásban lényeges változást hozott, de még mindig nem olyan szükségességtudatot, mint amilyen pl. az acélfronton beidegződött. Ismeretes, hogy a Tiszavidéki Vegyi Kombinát felépítése és ezzel a hazai nagyüzemi műanyagelőállítóipar kezdetét vette. A híradástechnika e kombinát révén hazai gyártású PVC-ben fog részesülni, mely úgy is mint vezetékek, kapcsolózsinórok szigetelése és burkolata (trópusálló kivitel is készül így), úgy is, mint kemény PVC lemez alkatrészek anyaga fontos. Utóbbinak alkalmazása a vákuumalakítási technológiával lényegesen kiszélesíthető. (Erről a technológiai eljárásról a továbbiakban külön is szó lesz.) A kombinát hőre lágyuló műanyagok és műanyagszálak termelésével fog foglalkozni. A fűzfői Nitrokémia viszont már gyárt is hőre

keményedő aminoplaszt műanyagokat, a nikeplaszt karbamidgyanta sajtolóanyagokat. Nem maradhat azonban említés nélkül az, hogy a villamosipar ugyancsak az aminoplaszt családba tartozó melamin-gyanta sajtolóporok készítését kívánja, mert ezek sokkal jobb villamosipari és egyben híradástechnikai ipari tulajdonságúak, mint a karbamidgyanták. Utóbbiakat a Kőbányai Műanyaggyár is gyártja.

Sokkal inkább hézagpótló a Nitrokémia metilmetakrilát gyártása, melynek fröccsentéssel szerszámokban előállított, lemezként forgalomba hozott változatából a híradástechnikai ipar hajlítás, vákuumformázás, forgácsolás stb. útján készített műanyagalkatrészekkel látható el.

Kilátás van továbbá arra, hogy az ipar, a Műanyagipari Kutató Intézet, a Műszaki Egyetem kezdeményezése és kidolgozása alapján a Vegyipari Minisztérium útján soron kívül megvalósul egy további hőre lágyuló műanyag, a polietilén előállítása. A második ötéves tervben a nagylengyeli ásványolaj feldolgozására krakküzem létesül, melynek révén nagy mennyiségben fog rendelkezésre állani etilént tartalmazó krakkgáz, ami a hazai polietilén, de egyéb műanyagok, mint pl. a polistirol gyártásának alapjául szolgálhat.

Az elmondottakból kitűnik, hogy a híradástechnikai iparág a második ötéves tervidőszakban jobban építhet a hazai műanyagokra, melyek további fejlesztése és szélesebbkörű alkalmazása a híradástechnikai iparág gyártmányaira, az exportszerűségre, a miniatürizálásra lényeges fejlesztő hatással lesz. Ehhez segítséget fognak nyújtani a kifejlődő új technológiai eljárások is, melyekből néhányról a továbbiakban szó lesz.

A híradástechnika műanyagválasztéka

Mint ismeretes, a műanyagokat két nagy csoportra osztjuk: hőre keményedőkre és hőre lágyulókra. Az a körülmény, hogy hazánkban végre a hőre lágyuló anyagok nagyüzemi gyártására intézkedések történnek, nem jelenti azt, hogy a hőre keményedő anyagok elvesztették fontosságukat. Mindazokon a beépítési helyeken, melyeken 100 C° körüli tartós vagy 150 C° körüli időszakos hőmérséklet bírása követelmény, nálunk csak ezek jöhetnek számításba. Gondoljunk csak a híradástechnikai iparág nagy rétegelt lemez szükségleteire.

A hőre keményedő anyagok közül a sötét színű fenol-krezol gyantás fenoplasztok, a világos és pasztellszínű karbamidgyanta-aminoplasztok nem szorulnak bővebb ismertetésre, de fel kell hívni a figyelmet utóbbiak közül a melamingyantákra:

A melamingyantás sajtolóanyag a karbamidgyantáshoz viszonyítva könnyebb feldolgozhatósága, jobb víz- és hőállósága folytán kedvezőbb tulajdonságú sajtoló és fröccsanyag. Különösen kúszóárambiztonsága értékes a villamosiparban. Mindazon gyantahordozós változatokban alkalmazható, mint a fenoplasztok, tehát mint rétegelt papír és vászon, textilszeletkés, továbbá szervetlen anyagokkal társított sajtolóanyag stb.

Nagyfrekvenciás szigetelőalkatrészekhez (csőaljzat, távolbalató készülék alkatrészek) melamin-formaldehid, anilin-melamin-formaldehid gyanta különleges gyantahordozókkal kombinálva kerül alkalmazásra.

Epoxid-gyanták lényeges és nagyon fontos tulajdonsága, hogy kikeményedésénél nem keletkeznek illanó melléktermékek. Ez azt jelenti, hogy gyakorlatilag zsugorodásuk nincs. Kitűnően tapadnak fémeken, porcellánon és a szerves szigetelőanyagokon. Oly kitűnő kötő, ragasztó anyagok, hogy teljesen újszerű ragasztott konstrukciók létesítésére alkalmasak, különböző fémek egymásközötti és más anyagokkal kapcsolatában is. Ez az anyagféleség egyben huzalzománcozásra is alkalmas.

Polieszter-gyanták elnevezésen egy egész sor műanyag vonul be a műszaki használatba. Ezek az anyagok túllépik a hőre keményedő és hőre lágyuló fogalom szigorú választóvonalát. Ugyanis a kikeményedés fokában és ezzel kapcsolatos felhasználási minőségekben lényegesen különböző nagymolekulás anyagok tartoznak e családba. A villamos szigetelő technikában jelenleg az alkidgyanta külön megjelölést viselő glicerin ftálsav polikondenzációs termék a legtöbbet használt és legjobban ajánlható. Ezek a gyanták teljes eszterezésük után vízállóak, nem égnek, csak 300 C° feletti hőmérsékleten szenesednek. Széles felhasználási körben, a huzalzománctól sajtoló anyagok kötőanyagáig nyernek alkalmazást.

A szilikonok ugyancsak széleskörű műanyagcsaládjában folyékony, kaucsukszerű és hőre keményedő fajták állanak a szigeteléstechnika szolgálatára, mint oxigént tartalmazó siloxán (organoszilicium) vegyületek. A hőre keményedők kiérlelési hőfoka 220—240 C°, kiérlelési ideje aránylag hosszú. Szerves gyantahordozók e magas hőmérséklet miatt nem jöhetnek tekintetbe. Ezért üvegszál, üvegszövet, aszbesztszövet impregnálása szokásos. Drága anyag, csak különleges igénybevételek eseteiben jön tekintetbe.

Poliuretán újabb eljárás, a poliaddició terméke. A tiszta addíció jellegzetessége, hogy a folyamat tetszés szerinti ponton, meghatározott tulajdonságoknál megállítható. Diisocianátokból több mint kétfunkciós hidrogénatomokkal térhálós poliuretán nyerhető, mely keményítési eljárásokkal oldhatatlan és olvaszthatatlan állapotúvá tehető sajtolóanyagként dolgozható fel. Nagy előnye, hogy a sajtolás hideg állapotban történik, a hőkezelés pedig utólag szárítókályhákban folytatódik le, nincs fűthető szerszámokra szükség.

A poliuretánok a villamos szigetelőiparban nagy szerepet fognak betölteni. Alkalmazásuk jelenleg kezdeti jellegű, hazánkban ipari alkalmazásban még nincsenek.

A híradástechnikai alkalmazásra számottartó felsorolt, hőre keményedő műanyagok skáláján az újabb fejlődések felé előrehaladva a hőre keményedés szigorú mértéke már nem olyan jellegzetesen elválasztó, mint az kezdetben volt. A technológiák a műanyagtulajdonságok célirányos beállításában már túlhaladták az egyes anyagok elkülönített használatát is és rátértek különböző műanyagok hasznos tulajdonságainak kombinációjára. Ezek közül igen fontos például a fenoplasztoknak műgumival történő egyesítése, minek folytán a fenoplaszt

szívóssága és töréssel szembeni ellenállósága egyéb tulajdonságai megtartása mellett igen komoly értékeket ér el. Ime alighogy sikerül a technika vonalán az egyes anyagok azonosságának kritériumait műszaki ellenőrzési bázisokon felállítani, máris felmerül a műanyagok összetársításainak lehetősége és szükségessége. Olyan üzemek, melyeknek anyagelőállításra és a feldolgozás előtti kombinálásra lehetőségük van, meg fognak tudni oldani egészen különleges kívánságokat, mert ezeknek megfelelően fogják a feldolgozásra kerülő anyagokat módosítani.

A hőre lágyuló műanyagokra áttérőben a határesetet képező anilin gyantákat kell először említeni. *Anilingyaták* célalakos alkatrész és rétegelt műanyag megjelenési formában kis dielektromos veszteségű és kis vízfelvételű, nagy kúszóáram szilárdságú szigetelőanyagok. Hőre lágyuló tulajdonságúak, de közel állanak a hőre keményedő tulajdonságokhoz. Fröccsentéssel feldolgozhatók és ezen az úton miniatűr blokkondenzátorok előállítására kedveltek. Rétegelt lemezként főleg a papír kivitelben előnyös szigetelő tulajdonságokkal rendelkeznek, mint hőre keményedő változatok.

Metilmetakrilát (Plexiglas) különösen szép, ragyogóan víztiszta megjelenésében díszítő elemként alkalmazható és lemezeiből könnyen — melegítéssel és vákuumformázással — alakítható. Határhőmérséklete 60—80 C°, elektromos szigetelő tulajdonságai nem nagy jelentőségűek. Egyes alkatrészek, pl. prototípus készülékkáva részek vákuumformázással vagy formákban megsajtolással, gombok, fogantyúk és hasonlók tömbből mechanikai megmunkálással, végül tömegesebb alkatrészek szemcsézett (granulált) állapotból fröccsentési eljárással készülhetnek ebből az anyagból. Számunkra jelenleg azért érdekes, mert a Nitrokémia Vállalat foglalkozik hazai előállításával.

Polietilén fizikai és kémiai tulajdonságaira jellemzők a kis fajsúly (0,92), gyakorlatilag nulla vízfelvétel, kitűnő villamos szigetelőtulajdonságok (dielektromos állandó 2,2—2,35; dielektromos veszteségi tényező 800 Hz-nél 0,0005), nem poláris tulajdonságú anyag. A kábel- és vezetékgyártásban, védőhüvelyezésben, csővezetékeknél igen előnyösen alkalmazzák. A második világháborúban a radar készülékekben történt felhasználása szélesebben ismeretes. Az anyag műszaki felhasználásának elterjedésére jellemző, hogy a világ 2,4 millió tonna műanyagtermeléséből az 1954. évben 241 000 tonna a polietilén. Természetesen ez a szám a legkülönfélébb ipari és közszükségleti cikkeket foglalja magában. Az említetteken kívül a híradástechnika még az itatott, borított papírok, fóliák, nedvességálló csomagolások területén fogja alkalmazni.

Alakításnál a feldolgozástechnológiák csaknem valamennyi fajtája előfordul: extrudálás, fröccsentés, fóliahengerlés, fúvás. E sok lehetőséget együttesen más műanyagnál nem találjuk meg.

Hidegállósága —50 C°, tartós melegállósága 100 C°. Erősen hajlamos krisztallin állapot kialakítására. Szobahőmérsékleten 75% a krisztallin rész, fokozódó hőmérséklettel fogy ez az arány, miértis alulhűtés hatását a feldolgozásnál rákövetkező hőkezeléssel kell kiegyenlíteni.

Polistirolok tulajdonságai, így a határhőmérsékletek is a polimerizáció fokától és egyben a molekulasúlytól függőek:

Molekulasúly	Határhőmérséklet C°
180 000	65
190 000	75
800 000	90

Kvarcliszt hozzáadással a használati hőmérsékletek megemelhetők. Polistirol műkaucsukkal is társítható. Elektromos tulajdonságok tekintetében a polistirol magában mindig jobb, mint valamely más anyaggal társítva. Azonban az alkatrészek előállításánál a mechanikai szilárdság, vagy a hőállóság érdekében más tulajdonságok rovására esetenként engedményekre kényszerülünk. A társított anyagok hőmérséklet- és frekvenciafüggősége természetesen a bevitt anyagok poláros tulajdonságaitól függ. A polistirolok önmagukban nem polárosak. Ezért nagyfrekvenciás alkatrészekhez alkalmasak. Dielektromos állandó 2,4; dielektromos veszteségi tényező 0,0003; 10^4 és 10^6 Hz-nél 0,0002.

Ha a dielektromos állandó és dielektromos veszteségi tényező még jobb értékei szükségesek, a stirol habosított állapotban még kedvezőbbet tud nyújtani, pl. $\varepsilon = 1{,}04-1{,}08$; $\operatorname{tg}\delta = 0{,}0001$.

Polistirol fonal, film és idomok alakjában kerül alkalmazásra. Egyenlőre teljesen importból kell fedezni szükségleteinket.

Polivinilkarbazol polivinilszármazék, mely figyelemre érdemes melegállóságot mutat, ami anyagtársítás révén még továbbmenően kedvezően befolyásolható. Különösen alakra sajtolásnál van erre jó lehetőség. Lágyulási pontja általában 150—160 C°. Újabb javított minőségek mechanikai terhelés mellett 170 C°-ot, terhelés nélkül 190 C°-ot is bírnak alakváltozás nélkül.

Nedvességfelvétel a dielektromos tulajdonságokat erősen befolyásolja. A dielektromos tulajdonságok hőfüggősége a nagyfrekvenciáknál csekély. Hazánkban még keveset alkalmazott importanyag.

Polivinilklorid, hőre lágyuló műanyag, melyet a hazai vegyiipar szintén gyártani fog. Az ún. kemény PVC poralakú és sajtolással, ütősajtolással, szinterezéssel dolgozható fel alkatrészekké és burkolatokká. Sokkal elterjedtebb a PVC-nek lágyítókkal társított feldolgozása. A lágyítók bekeverése a mechanikai és dielektromos tulajdonságok befolyásolását teszik lehetővé. Szerves anyagok ionvezetést okoznak, amire a fajlagos ellenállás hőfüggőségéből következtethetünk. A lágyító anyag annál hatékonyabb, minél alacsonyabb a viszkozitása. Ezzel összefüggésben a PVC hidegállósága annál nagyobb, minél laposabb a lágyító viszkozitás görbéje. Magától értetődik, hogy a lágyító viszonya a PVC keverék dielektromos állandójára és veszteségi tényezőjére is befolyással van. Ezeknek függősége a hőmérséklettel és frekvenciával is befolyásolt.

A mechanikai tulajdonságok és hőállóság az anyag polimerizációs fokától is függ. Nagyobb polimerizációs fokhoz nagyobb mechanikai szilárdságok, keménység és melegállóság tartozik. Utánklórozással a tulajdonságok még tovább javíthatók (után-

klórozott PVC = PC). A dielektromos veszteségek részben ionok jelenlétére vezethetők vissza.

A lágyítók kérdése természetesen az anyag öregedésében is szerepet játszik. Azonban a lágyítókban beállott veszteség a villamos és mechanikai tulajdonságokra javító hatással lehet. A PVC tartós használati hőmérséklete 60 C°, utánklórozva 70 C°. A lágyított PVC-t a híradástechnikai ipar szigetelt vezetékeken, csatlakozó zsinórokon látja alkalmazásban, lágy PVC csöveket varnish csövek helyett használhatunk csupasz huzalokra és vezetékekre. A lágy PVC pasztaszerű előkészületi állapotból fröccsentő gépeken is feldolgozható. A szükséges fajlagos nyomás 100—400 kg/cm². Az anyag a fröccshengerben nem folyós, hanem tésztásan nyúlós lesz. Igyekezni kell minden felesleges nyugvó ütemet kiküszöbölni a technológiából, mert meleg felületekkel érintkezve a PVC könnyen elbomlik, sósav és klórhidrogén leválás történik.

Magas hőmérséklet márványos külsőt idéz elő, alacsony hőfok fénytelen darabokat ad és az alkatrész szilárdsága nem kielégítő. Feldolgozási hőmérsékletek anyagfajták szerint 145—160 C°, 150—170 C°, 165—180 C°. A fröccsszerszám hőmérséklete 40—50 C° közötti legyen. A kész alkatrész formából kiemelése, ill. szerszámnyitás előtt 20 másodpercig kitartunk. A munka befejezése előtt a fröccshengerben meglágyult anyagot teljes menynyiségben használjuk fel.

Kemény PVC lemezeket melegítés után vákuumformázó gépen alakíthatunk. Nagyobb kiterjedésű prototípusok készítésénél kézenfekvő előnyöket nyújtó eljárás, mert a PVC lemezrészek egymáshoz hegesztése is jól megy.

Technológiai újdonságok

A hazai műanyagfelhasználás fejlesztésének újabb lehetőségeire rátérve, a fémfólia fedőlapos rétegelt bakelit papírlemeznek nyomtatott áramköröknél történő felhasználását érdemes kiemelni. Külföldi példa, hogy rádiókészülékeknél az összekötő huzalok alkalmazását kiküszöbölik, miáltal a szerelvénylapok készítési gyorsasága megkétszereződött. Az áramköröket a rétegelt műanyaglemez kb. 0,03 mm vastagságú rézfólia felületére saválló festékkel nyomtatják és azután a nyomtatás által nem védett felületeket lemaratják. Az így létrejött teljes kötési hálózat kiküszöböli a hibás kötések lehetőségét és lehetővé teszi a szerkezetnek legszűkebb helyre való összeszorítását. Ennélfogva a készülék miniatürizálásnak leghatásosabb eszköze.

A műanyagalkatrészek gyártástechnológiájából a híradástechnikai ipar számára szintén fontosak azok, amelyekkel prototípusokat, 0-szériákat lehet gyorsan és aránylag kis költséggel előállítani. Ebben a kérdésben elsőrendű szerepet játszik a szerszám, melynek előállításához szűk keresztmetszetnek számít úgy a szerszámkészítő kapacitás, mint a beépíthető szerszámköltség. Ezért egy-két jellegzetes, hazai adottságoknak megfelelő új technológiai megoldással érdemes bővebben foglalkozni. Már a megelőzőekben is több ízben volt szó műanyaglemezeknek légritkításos (vákuum) formázásáról. Az ehhez alkalmas szerszámoknak külön érdekessége, hogy a szerszámalakmás anyaga tekintetében tág tere van a nem fémek és fémek legjobb belátás szerinti alkalmazásának. A tervező a várható darabszámnak és a választott feldolgozási eljárásnak megfelelően például a következőképpen választhatja meg a szerszám anyagát:

Prototípusok és 3—5 db-os tételek készítésénél kenderkóccal összegyúrt keménygipsz jön tekintetbe. Ez nagyon bonyolult kialakítású tárgyak készítéséhez is alkalmas.

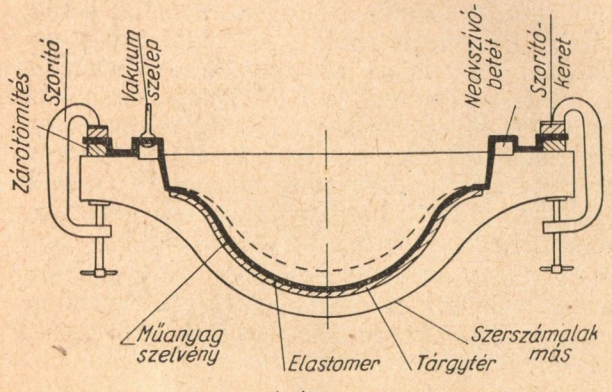
40—50 db-os tételek gyártásához fából készíthetők a szerszámalakmások. A részletek pontossága nagyobb, mint a gipsznél, de a sorozat vége felé nedvességfelvétel következtében már torzulás léphet fel.

Kb. 100 db-os sorozatok gyártásánál használatosak a műanyagból (fenolgyanták, epoxigyanták, üvegszálas poliesztergyanták) készített szerszámalakmások, melyek nagyobb súlyúak, mint a gipsz vagy faszerszámok.

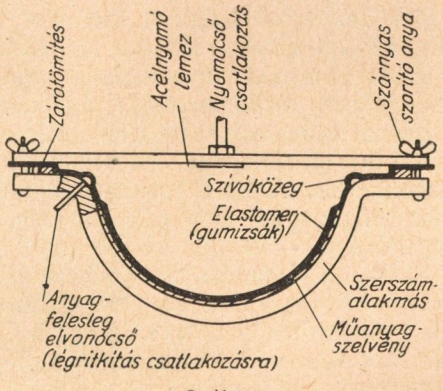
Fűthetőséget biztosít a galvanoplasztika útján készült szerszámalakmás, mely előállítási költségben a műanyag és fémalakmás költségei között foglal helyet.

Nagyobb sorozatokhoz már merevített alumíniumlemezek, acéllemezek, stb. használatosak, melyek legkisebb mértékben torzulnak és megengedik a fűtőelemek alkalmazását is.

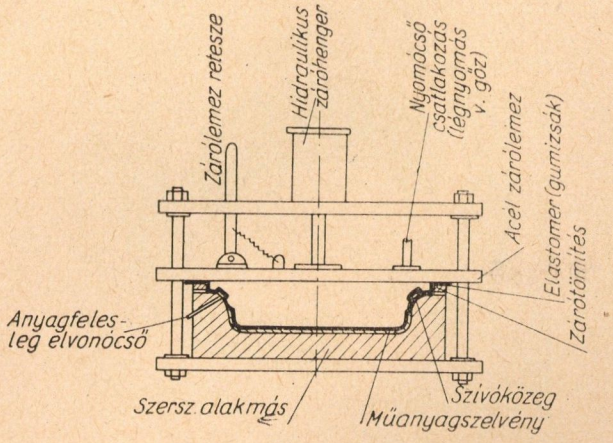
Nagy sorozatoknál különleges öntésből, öntött-acélból készülnek a szerszámalakmások. Ilyen szer-



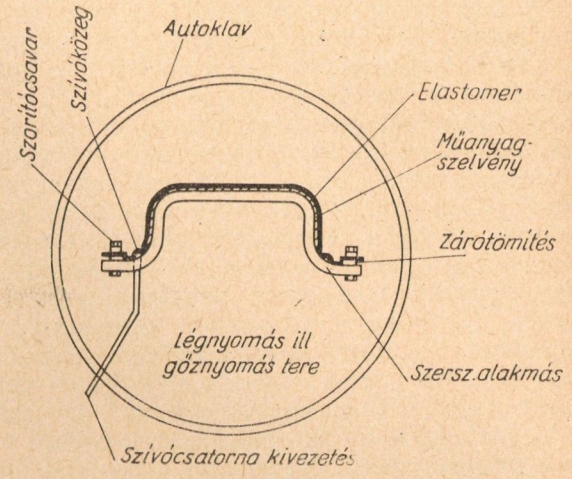
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

számok 20 000-es sorozatokat is kibírnak, ha hibátlan tömör felületűek, tükrösítettek és keményen krómozottak. Költségük kisebb, mint a fröccsszerszámoké és automatikus préseken is használhatók.

Az eljáráshoz szükséges berendezés aránylag igen egyszerű. Az 1. ábra légritkítással működtetett elrendezést mutat, melynél a szerszámalakmás felső felülete a készítendő tárgy szerint kiképzett süllyeszték, melynek pereme egy külső, légmentesen záró tömítés és egy belső szívóbetét felvételére van alkalmassá téve.

A szívóbetét a szerszámba zárt levegő, nedvesség és a műanyag szelvényből kiszoruló esetleges impregnáló anyagok felvételére való. A tárgytér a műanyagszelvénnyel van kitöltve. Az eddig ismertetett valamennyi alkatrésznek felülről valamely alkalmas elastomerrel (gumi-, vinil-, polietilénfólia, stb.) légmentesen zárt lefedése teszi teljessé a szerszámot. A légmentes lefedés eszközei az elasztomer széleit közrefogó szorítókeret és zárótömítés, valamint az egészet összefogó szorítók. A nedvszívó felett alkaimazott vákuumszelepen keresztül az elastomer és a műanyagszelvény közét légritkítjuk, minek következtében az elastomerre nehezedő atmoszféra nyomása a műanyagszelvényt a szerszámalakmáshoz idomítja. A légritkítás mértéke 0,85—0,9 atm.

Alapfelépítésében az 1. ábrával azonos, de légnyomásos szerszám a 2. ábra. Itt az elastomer felett gyakorolt túlnyomást sűrített levegő vagy gőz szolgáltatja. Ez a túlnyomás lényegesen nagyobb, mint a légritkítással működő szerszámnál, értéke 2,1—2,8 atm., ami a nyert késztermék jobb minőségében is kifejezést nyer. Az 1. ábra szorító keretét e kivitelnél teljes acéllemez váltja fel, melyhez nyomócső csatlakozik, amin keresztül a nyomólevegő (ill. gőz) a légmentesen lezárt, az elastomer és az ezt teljesen fedő nyomólemez által határolt térbe jut. Ezen az ábrán egy csőből készült szívócsatornát is találunk, melyen keresztül az elastomer felett gyakorolt túlnyomás a felesleges folyékony műgyantát és levegőt kiszorítja és csatlakozó lefolyócsövön elvezeti. Ez üvegszálbetétes poliesztergyanta ilyen alakításánál fontos.

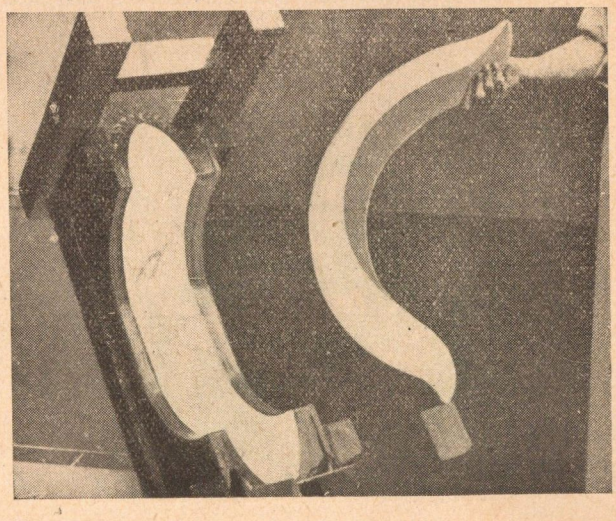
A 3. ábra szerinti megoldásban a szárnyas anyával történő zárás helyett a szorítólemez hidraulikus sajtó dugattyújával van összekötve. Ez a dugattyú gyakorolja a szerszámra a záró nyomást, míg az elastomer és a nyomólemez között a túlnyomást itt is levegő vagy gőznyomás szolgáltatja.

Külön biztosító szerkezet akadályozza meg, hogy a szorítólemezt a szerszámban alkalmazott nyomás akaratlan megnyissa, minek következménye az elastomerre ható belső alakító nyomás megszűnése volna.

A 4. ábra autoklávval kapcsolatos alkalmazást mutat. Ezen az ábrán konvexkivitelű szerszámalakmást látunk. A műanyagszelvényt még az autoklávon kívül helyezik az alakmásra, majd az elastomerrel lefedik, az elastomer széleit külön gonddal légmentesen a szerszámalakmásra erősítik. Így felszerelten kerül a szerszámalakmás az autoklávba, ahol rögzítik és szívócsatorna kivezetéséről gondoskodnak. Ezután az autokláv bezárható és nyomás alá helyezhető.

Ez az eljárás nagyobb tárgyaknak hőre keményedő üvegszálbetétes poliesztergyantából való készítésénél használatos.

Az 5. ábra egy faházon felépített, gipszből készült műanyagszerszám, és a vele készített motorkerékpár-sárhányó fényképe.



5. ábra

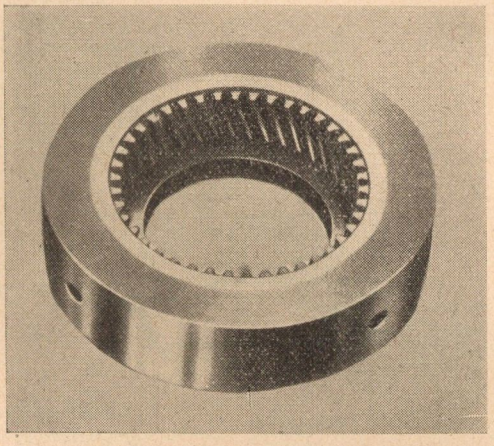
A bemutatott szerszámpéldák egyszerűek és általánosak, de inkább a nagyobb méretű tárgyakhoz tartozó megoldások sémáit ábrázolják külön tekintettel a lemezszerű vagy rétegelt, így pl. üvegszálakkal rétegelt poliesztergyanta anyagokra. Sok esetben az így készült prototípus bemutatási célzatú, a széria gyártás pedig más műanyagból készül. Kisebb tárgyakhoz olyan megoldások kívánatosak, melyek a végleges műanyagból és a tényleges technológiai eljárással adják a prototípust és kis szériát. E tekintetben figyelmet érdemel a Kábel- és Műanyaggyárban is kezdeményezett öntőgyanta szerszámalakmás készítés és használat, mely lehetővé teszi a tényleges alkatrész zsugorodással megnövelt modeljének egyszerű dobozban, öntőgyantával kiöntését, majd hőszekrényben történő kikeményítését. A szerszám osztósíkját megfelelő sablon határozza meg, mely takarja a kiöntés, vagyis a szerszám számára szükségtelen alkatrészfelületeket. Az így készült öntőgyanta alakmások kívül méretre munkálás után egyszerű acélfoglalatba helyezve már felhasználhatók mintamennyiségeknek sajtolás, de sokkal inkább fröcscsentés útján történő előállítására. A szerszám munkafelületei vezetővé tétel után krómozhatók. Az öntőgyanta anyaga fémporral szilárdítható és ez fokozottabb igénybevételre teszi alkalmassá az ilyen szerszámot, melynek munkafelületei már az öntésből utánamunkálási és utánafényesítési igény nélkül kerülnek ki. A galvánbevonat a simaságot tökéletesíti és tartóssá teszi.

Meg kell jegyezni, hogy öntőgyantából az említett egyszerű öntési technológiával bonyolult idomú alkatrészek fúrókészülékeinek tárgyfészkeit is olcsón előállíthatjuk magának az alkatrésznek öntőgyantával leöntése útján. Ugyanezt a módot a Kábel- és Műanyaggyár szerszámüzeme eredménnyel vezette be a másolómarógépeknél másolósablonok létesítésére.

Galvanoplasztikai úton előállitott nikkelkobalt műanyagalakító szerszámok

Ennek az eljárásnak nem feladata az eddig ismert szerszámkészítési módokat pótolni, hanem értékes könnyítéseket, kiegészítéseket és kiszélesítési lehetőségeket bevezetni.

6. ábra



7 ábra.

Szerszámbetétek és bélyegek, amelyek forgácsoló eljárással (esztergályozással, marással, vésnöki munkával), vagy forgácsolás nélküli hidegbenyomással gyorsan és kis költséggel elkészíthetők, nem e galvanoplasztikai eljárás alkalmazási területei.

A galvanoplasztika különleges alkalmazása a műanyagalakító szerszámok területén komoly és szívós kísérleti munka eredményeként nikkel-kobalt ötvözethez vezetett. Ez a London & Scandinavian Metallurgical Co Ltd által kikísérletezett és kifejlesztett finom krisztallin szerkezetű, feszültségmentes, alacsony széntartalmú és a galvanoplasztikai felépítésű tárgy minden részén (még a legmélyebb pontokon is) egyenlő vastagságú, kemény és szívós héj, a model minden részletét pontosan visszaadja. A szerszámfelületek csak minimális utánafényesítést igényelnek. Az acélszerszámoknál az edzés következtében szükséges drága utánafényesítés és a vetemedési veszély itt teljesen kiküszöbölt.

E kérdés hazai megoldásához szükségesnek látszik a munkafeltételek pontos felvetése:

1. A galván úton felépített héj megkövetelt keménysége $R_c = 44-45$ Rockwell keménység, melynek mélyebbre kell hatni, mint az eddig itthon elért méretek. (A nikkel-kobalt ötvözet e követelményt kielégíti.)

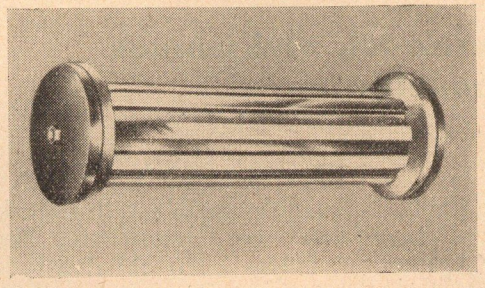
2. A galván úton felépített héj vastagsága nagyobb és egyenletesebb legyen. Eddig gyakorlatilag kivihetetlennek tartották a nikkel egyenletes lecsapódásának elérését úgy a mély, mint a lényegesen kiemelkedő részletekre.

3. Mérethű műanyagalakító szerszámok eléréséhez a nikkel rétegnek feszültségmentesnek kell lenni. Különben a szerszám elhúzódik, sőt nyomás igénybevételére eltörik. Az ismertetett eljárás megszünteti az elektrolitnikkelben az ilyen feszültsé-

4. A feszültségmentesített nikkelnél egyébként nem kívánatos ridegség lép fel, amit az eljárásnak szintén sikerült kiküszöbölni.

5. A kész szerszámfelületek szükséges nagy fénye érdekében az ötvözetnek legfinomabb szemcsézetűnek és tömörnek kell lenni.

6. Eddig használatos fehérfém feltöltés keményebb és hőállóbb anyaggal történő helyettesítését



8. ábra

sikerült $R_c = 24$ Rockwell keménységű keményréz galvanikus feltöltésével elérni. Ez a keménység felülmúlja a gépacél keménységét.

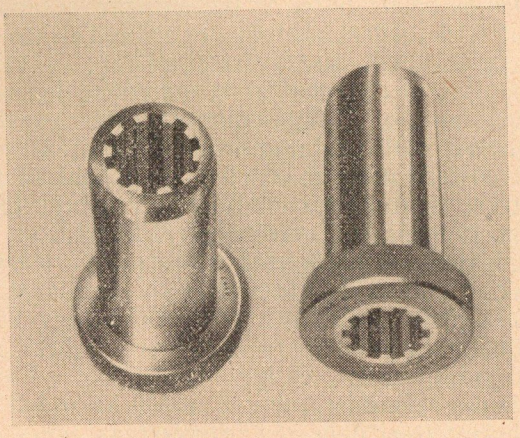
Gazdasági és híradástechnikai ipari szempontból a galvanoplasztikai szerszámkészítés főelőnye, hogy a pozitív kiindulási model előállítása egyszerűbb, mint az üreges forma készítése. Különösen műszaki alkatrészeknél sokkal könnyebb a szükséges méretpontosságra való elkészítés és ennek ellenőrzése.

A galvanotechnikai eljárásban a model minden részlete alakilag és méretileg a legnagyobb pontossággal visszaadódik, miértis az ezzel az eljárással készült szerszám minősége és méreteinek pontossága a kiinduló model függvénye. A model minősége és anyaga ezek szerint nagy figyelmet érdemel. Utóbbi pontos méretremunkálhatósága előfeltétel. Emiatt alacsony öntési fokú fémek nem alkalmasak. Különösen ajánlatos műgyanta anyagokból készült modelekkel dolgozni. Ilyenek a fenol öntőgyanta és a plexiglas, melyekről már korábban is szóltunk. Ezek az anyagok megengedik a model különböző rétegekből való összeállítását. Igen érdekes, hogy fröccsentett termoplasztikus alkatrészekből összeragasztás vagy összetüzdelés révén újabb modeleket lehet a kívánt célra alkotni.

Ezidőszerint 300 × 90 × 50 mm nagyságban készülnek eszerint a védett eljárás szerinti szerszámalakmások.

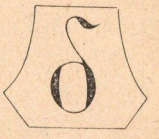
A 6. és 7. ábrán poliamid műanyagból készülő fogaskerekek számára szolgáló szerszámbetéteket látunk. Az ilyen szerszámmal tömegesen készült fogaskerekek külföldön be vannak vezetve textilgépeknél, irodagépeknél, elektromos műszereknél, stb.

Nem maradhat említés nélkül, hogy ez az eljárás ellenőrző idomszerek készítésére is alkalmas. Az ilyen idomszerek acélból történő készítése a legegyszerűbb mértani formáknál is sok időt és költséget igényel. A 8. és 9. ábra a nikkel-kobalt eljárással galvanoplasztikai úton előállított járműtengely ellenőrző idomszert mutat. (Keménysége $R_c = 60$.)



9. ábra

KŐBÁNYAI PORCELÁNGYÁR
(DRASCHE)
BUDAPEST, X., TÁRNA-UTCA 4
TELEFON: 148-514



Gyárt:

nagyfrekvenciás **„ELIZOLIT"** szigetelőket **„RUTIKOND"** és **„ELIZOLIT"** cső- és tárcsakondenzátorokat alacsony veszteségi tényezővel 3—500 Pf értékig. Szállítás raktárról is.

Szakaszos terhelésű, hosszú távvezeték elektromos szintdiagramm modellje

Dr. techn. MAGYARI ENDRE, Posta Kísérleti Intézet

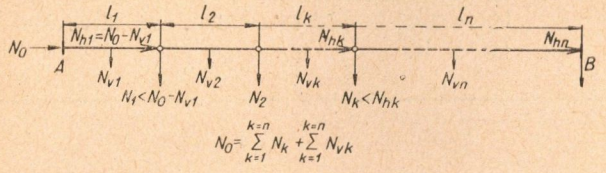
A tárgyalandó feladat lényegét abban körvonalazhatjuk, hogy ha két elektromosan távoleső $A - B$ pont* között (1. ábra) különböző $l_1, l_2, \ldots, l_k, \ldots, l_n$ távolságokon különböző $N_1, N_2, \ldots, N_k, \ldots, N_n$ teljesítményt akarunk felhasználni az adás oldalon betáplált összes N_0 teljesítményből: milyen előfeltételek mellett lehetséges ez a vonal elektromos homogenitásának megzavarása nélkül; és vajjon a számítás méréstechnikai ellenőrzésére lehet-e a vonalcsillapítások figyelembevételével egyszerű elektromos szintdiagramm-modellt készíteni?

Ilyenszerű problémák adódnak pl. hosszú távvezetékre felfűzött különböző teljesítményű hangszórók táplálásakor, vezetékes rádió-hálózat reflexiómentes, meghatározott teljesítményű leágazásainak számításakor, üzemeltetési energiával távolról táplált erősítőknél, többszörös vagy közös antennarendszereknél, többszörösen terhelt művonal számításakor, és így tovább.

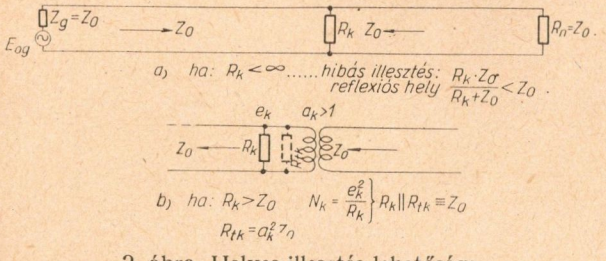
Mind a számítást, mind a modell készítését két körülmény teszi nehézzé: egyrészt az egyes szakaszok csillapításának figyelembevétele; másrészt adott Z_0 hullámellenállású vonalra (2*a* ábra) nem kapcsolhatunk minden további nélkül egy R_k fogyasztót — csak ha $R_k \to \infty$, pl. nagy bemenő impedanciájú erősítők vezérlése —, mert, ha helyesen van is a vonal $R_n = Z_0$ ellenállással lezárva, az R_k helyén

$$R'_k = \frac{R_k \cdot Z_0}{R_k + Z_0} < Z_0 \text{ ellenállás jelentkezik,}$$

ami az előző szakaszra már reflexiós helyet jelent. Minél több ilyen R_k hely vagy leágazás van, annál



1. ábra. Szakaszosan, de a homogénitást nem zavaróan, tetszés szerint terhelt hosszú távvezeték



2. ábra. Helyes illesztés lehetősége

* Az „*elektromosan távoleső*" kifejezés úgy értelmezendő, hogy az áthidalandó távolság és az átviendő frekvencia miatt az átviteli csatorna természetes csillapítása 0,7 népernél (6 dB) több, vagy a fáziselfordulás 20°-nál nagyobb.

bonyolultabb, frekvenciafüggőbb reflexiók keletkeznek s egyáltalán nem biztosítható, hogy a $Z_g = Z_0$ generátor helyes energiakiszivattyúzását a vonal elején mutatkozó $Z_{be} = f(\omega) \neq Z_0$ miatt teljesíthetjük-e?

Lényegesen megváltozik a helyzet, ha a 2*b* ábra szerint a vonalat egy $a_k > 1$ áttételű transzformátorral fűzzük tovább az R_k ellenállás után.

Ha $R_k > Z_0$ — aminthogy ez az általában szokott eset, de szükséges is lesz, mert a mindig megkerülhető $R_k < Z_0$ esetén ez a megoldás se vezet célra — akkor a vonalvég felől mutatkozó tiszta Z_0 hullámellenállás áttranszformálódik:

$$R_{tk} = a_k^2 Z_0$$

értékre.

Ilyen esetben mindig lehet olyan $a_k > 1$ értéket meghatározni, aminek segítségével R_k és R_{tk} párhuzamosan véve:

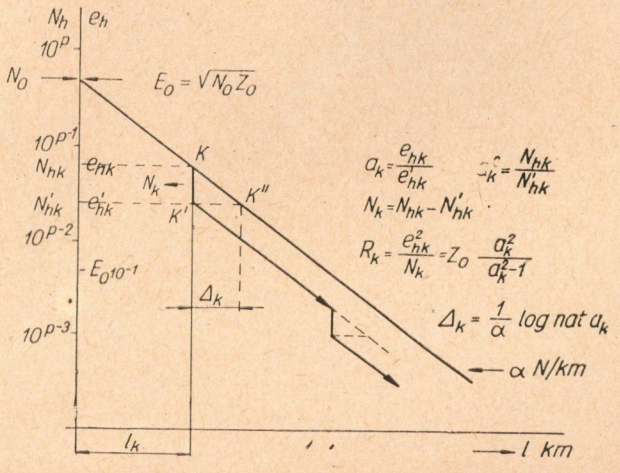
$$R_k \| R_{tk} = \frac{R_k \cdot a_k^2 Z_0}{R_k + a_k^2 Z_0} \equiv Z_0$$

lesz, ami újból egy reflexiómentes szakasz-lezárást jelent.

Legközvetlenebb feladatunk az a_k áttételt meghatározni.

Az alább következő eljárás legjobb tudomásom szerint az átviteltechnikában eddig nem volt ismeretes, valamint az így kiszámítható szintdiagramm elektromos modelljének számítása sem.

Kiindulunk valamely Z_0 hullámellenállású, α hosszegységenkinti csillapítású vonal teljesítmény-ill. feszültséggörbéjéből (3. ábra). Könnyebb szerkesztés kedvéért egyszer logaritmus papírt használunk: a vízszintes tengelyen van a távolságot ábrázoló lineáris skála, a függőlegesen a vonal



3. ábra. Teljesítmény-levétel helyes illesztéssel

valamely pontján áthaladó teljesítmény ill. ottlevő feszültség skálája. A feszültségskála természetesen kétszeres logaritmus egységhosszúságú skála, lévén $N_{hk} = \frac{e_{hk}^2}{Z_0}$.

Ilyen ábrázolásban egyenest kapunk, amely a betáplált N_0 ill. ennek megfelelő $E_0 = \sqrt{N_0 Z_0}$ értéktől indul és hajlását az α csillapítási tényező szabja meg

$$N_{hk} = N_0 \epsilon^{-2\alpha l_k} \quad \text{ill.} \quad E_{hk} = E_0 \epsilon^{-\alpha l_K}$$

összefüggések szerint. Aszerint, hogy az N_h vagy az e_h skálán olvasunk le, valamely l_k szakasztávolsághoz tartozóan leolvashatjuk a természetes csillapítás miatt a K pontban levő e_{hK} feszültséget és a még megmaradt, tobábbhaladó N_{hK} teljesítményt.

Ha a K pontban a még meglevő N_{hK} teljesítmény terhére N_K teljesítményt felhasználunk, az azt jelenti, mintha $K'K'' = \Delta_k$ *vonalszakasz helyett* egy pontban emésztenők el az energiát úgy, hogy $N_K = N_{hK} - N'_{hK'}$ ahol N'_{hK} a tovahaladó maradék teljesítmény.

Mivel az R_k fogyasztó az e_{hk} feszültségi ponton van, $N_k = \frac{e_{hk}^2}{R_k}$ összefüggésnek is érvényesnek kell lennie.

Ha elfogadjuk azt, hogy a pontszerű fogyasztónk a Δ_k vonalszakasz helyettesíti, akkor a következő szakasz kezdő feszültségének e'_{kk} értékűnek kell lennie. Mind az öt érték: N_{hk}, N_k, N'_{hk}, e_{hk} e'_{hk} a csillapításegyenesről egyszerűen leolvasható.

Közvetlenül világos így, hogy R_k és a következő szakasz kezdete közt egy $a_k = \frac{e_{hk}}{e'_{hk}}$ áttételű felfűző transzformátort kell tennünk, amely biztosítja, hogy a következő szakasz — Δ_k kiemelése után — valóban e'_{hk} feszültségértékkel indul, mintha a vonal homogén maradt volna. Szinte várakozásunk ellenére e_{hk} feszültséget *lefelé kell transzformálni* e'_{hk} értékre, nem pedig magasabb feszültségszintre.

Kérdés, hogy az így kapott a_k áttétel valóban kielégíti-e a szakasz reflexiómentes lezárási követelményét?

A kivett N_k teljesítmény a diagram szerint, mivel csak tiszta haladó hullámaink vannak:

$$N_k = N_{hk} - N'_{hk} = \frac{e_{hk}^2}{Z_0} - \frac{e'^2_{hk}}{Z_0}$$

de felvételünk szerint: $e_{hk}/e'_{hk} = a_k$

így

$$N_k = \frac{e_{hk}^2}{Z_0} \cdot \frac{a_k^2 - 1}{a_k^2}$$

de másrészt

$$N_k = \frac{e_{hk}^2}{R_k}$$

azaz

$$\frac{1}{R_k} = \frac{1}{Z_0} \frac{a_k^2 - 1}{a_k^2}$$

kell lennie az összefüggésnek, hogy $R_k = Z_0 \frac{a_k^2}{a_k^2 - 1}$ értéke egyidejűleg kielégítse a fenti két követelményt is. A hátsó vonalvég felől a tisztán érkező Z_0 ellenállás e transzformátoron át $R_{tk} = a_k^2 Z_0$ értékkel transzformálódik s így megkereshetjük $R_k // R_{tk}$ két ellenállás párhuzamos eredőjét:

$$R_k // R_{tk} = \frac{Z_0 \frac{a_k^2}{a_k^2 - 1} \cdot a_k^2 Z_0}{Z_0 \frac{a_k^2}{a_k^2 - 1} + a_k^2 Z_0} \equiv Z_0$$

tehát a szintdiagrammból leolvasható a_k vagy $a_k^2 = \frac{N_{hk}}{N'_{hk}}$ értékek *valóban a helyes lezárást önműködően biztosítják* $N_k = N_{hk} - N'_{hk} = \frac{e_{hk}^2}{R_k}$ teljesítmény kivétel esetére.

Egyébként az elveszett Δ_k vonaldarab hossza könnyen kiszámítható az ábra adataiból:

$$a_k = \frac{e_{hk}}{e'_{hk}} = \epsilon^{\alpha \Delta_k}$$

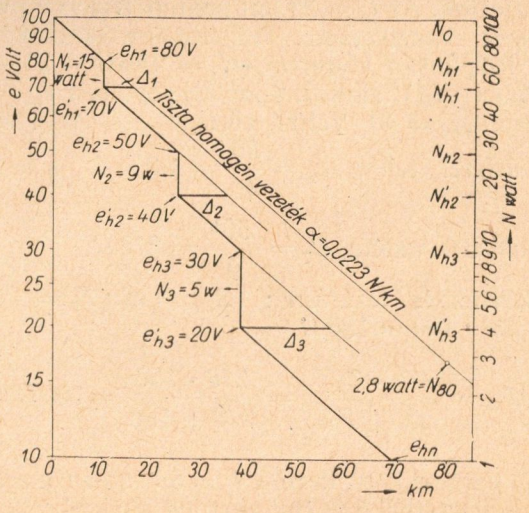
azaz

$$\Delta_k = \frac{1}{\alpha} \text{lognat } a_k$$

Ezt fontos megjegyeznünk a modellkészítés megértése végett.

Számpélda (4. ábra)

Távvezetékünk legyen $Z_0 = 100\,\Omega$ hullámellenállású $\alpha = 0{,}0223$ N/km csillapítással. Elején betáplálunk $N_0 = 100$ wattot, $e_0 = 100$ V mellett. A szintdiagram felvitelét egyszer logaritmus papíron végezzük: a távolságot a lineáris skálán vesszük és két logaritmikus skálát készítünk a teljesítmény



4. ábra. Vonal-szintdiagramm

ill. a feszültségre. A tiszta vezeték csillapítását pl. $l = 80$ km távolságra kiszámítjuk:

$$N_{80} = N_0\, \epsilon^{-2al} = 100 \cdot \epsilon^{-2 \cdot 0{,}0223 \cdot 80} = 2{,}8 \text{ watt.}$$

E pontot összekötve $N_0 = 100$ watt kezdeti értékkel $l = 0$ kezdetnél: megkapjuk a csillapítási egyenest.

Feladat: $l_1 = 10$ km-en 15 watt
$l_2 = 25$ „ 9 „ teljesítményt
$l_3 = 38$ „ 5 „ akarunk hasznosítani.

Milyen értékűek legyenek a fogyasztó ellenállások, a felfűző transzformátorok áttételei és milyen távolságon zárhatjuk le a vonalat a hullámellenállással 1 watt kivétele mellett?

$l_1 = 10$ km-en a szintdiagram szerint $N_{hl} = 64$ watt áll még rendelkezésre $e_{hl} = 80$ Volt mellett. Eddigi jelölésünk szerint, tehát a leszívó impedancia 15 wattra:

$$R_1 = \frac{e_{h1}^2}{N_1} = \frac{\overline{80}^2}{15} = 427\,\Omega$$

A levezetésünk szerint 15 watt veszteségnek megfelelő vonalhosszdarabot (~ 6 km) törlünk (64 wattról $\rightarrow$ 49 wattra), amivel a feszültség skálán $e'_{hl} = 70$ Volt értéket olvashatunk le, tehát az áttétel:

$$a_1 = \frac{e_{h1}}{e'_{h1}} = \frac{80}{70} = 1{,}143\,.$$

Lévén $a_1^2 = 1{,}31$, az áttranszformált $Z_0 = 100\,\Omega$ hullámellenállás $Z_{1tr} = a_1^2 \cdot Z_0 = 131\,\Omega$ lesz, és így az l_1 szakasz lezárása:

$$\frac{R_1 \cdot Z_{1tr}}{R_1 + Z_{1tr}} = \frac{427 \cdot 131}{427 + 131} = 100\,\Omega \equiv Z_0$$

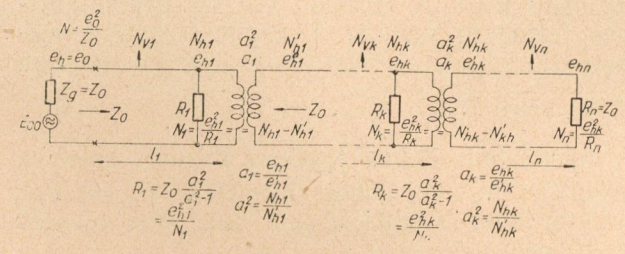
lesz valóban.

Most úgy megyünk tovább, mintha a 10 km ponton $e'_{h1} = 70$ Volt lenne a kiinduló feszültség és a homogén vezeték csillapítási egyenesét odacsúsztatjuk. Az $l_2 = 25$ km ponton $N_{h2} = 25$ watt áll még rendelkezésre. Teljesítmény skálánk szerint lelépünk a 16 wattra, ($N_2 = 9$ watt $= 25 - 16 = N_{h2} - N'_{h2}$), aminek feszültséglépésben $e_{h2} = 50$ Voltról $e'_{h2} = 40$ Voltra történő esés felel meg. Az áttétel tehát $a_2 = \frac{50}{40} = 1{,}25$ és a leszívó ellenállás 9 wattra $R_2 = \frac{\overline{50}^2}{9} = 278\,\Omega$.

Ellenőrzés lezárásra: $Z_{2tr} = a_2^2 \cdot Z_0 = 1{,}25^2 \cdot 100 = 156\,\Omega$

$$R_2 // Z_{2tr} = \frac{R_2 \cdot Z_{2tr}}{R_2 + Z_{2tr}} = \frac{278 \cdot 156}{278 + 156} = 100\,\Omega \equiv Z_0$$

A harmadik szakaszon $l_3 = 38$ km-en meglevő $N_{h3} = 9$ wattból 5 wattot akarunk leszívni $e_{h3} = 30$ Volt mellett:



5. ábra. Helyesen felfűzött fogyasztók

$$R_3 = \frac{30^2}{5} = 180\,\Omega$$

$$a_3 = \frac{30}{20} = 1{,}5$$

$$a_3^2 = 2{,}25$$

$$Z_{3tr} = a_3^2 \cdot Z_0 = 225\,\Omega$$

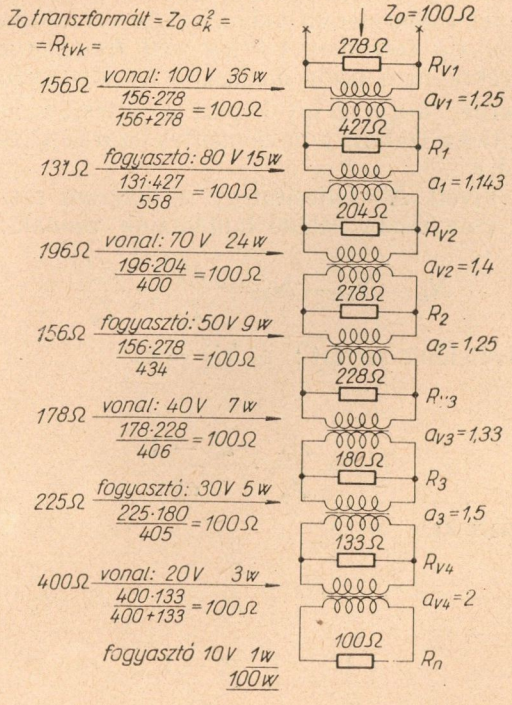
Ellenőrzés:

$$R_3 // Z_{3tr} = \frac{R_3 \cdot Z_{3tr}}{R_3 + Z_{3tr}} = \frac{180 \cdot 225}{180 + 225} = 100\,\Omega \equiv Z_0$$

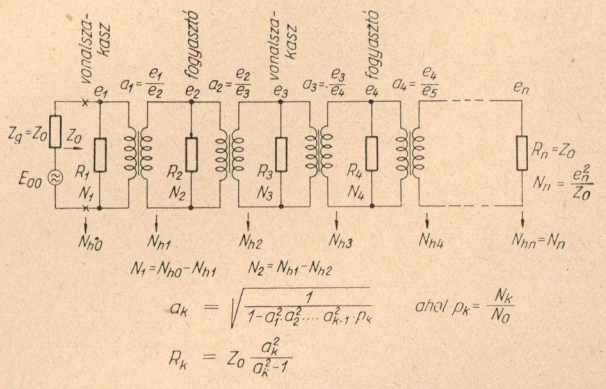
Az utolsó csúsztatás $l_4 = 69$ km-nél jelzi jelen esetben, hogy ott zárható $R_0 = Z_0 = 100\,\Omega$ a távvezeték az utolsó 1 watt felhasználására.

Ha a számított értékek alapján felrajzoljuk egy ilyen felfűzött rendszer elektromos viszonyait (5. ábra), akkor rögtön szembeötlik, hogy a tényleges R_k fogyasztók közti vonalszakaszok N_{vk} veszteségei szintén helyettesíthetők lennének a szakasz kezdeti e'_{hk} feszültségre méretezett

$$R_{vk} = \frac{e'^2_{hk}}{N_{vk}}$$



6. ábra. Szintdiagramm-modell bemérése



7. ábra. Elektromos szintdiagramm-modell

ellenállásokkal és a megfelelő

$$a_{vk} = \frac{e'_{hk}}{e_{h,k+1}}$$

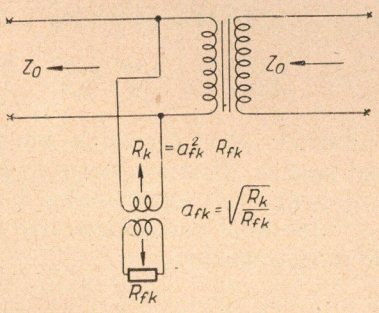
feszültségáttételű transzformátorral.

A 6. ábrán számpéldánkra alapított ilyen elektromos szintdiagram-modell értékeit látjuk, ahol a vonalveszteségeket is fogyasztókkal és felfűző transzformátorokkal lehetett helyettesíteni a 4. ábrából közvetlenül leolvasható értékekből.

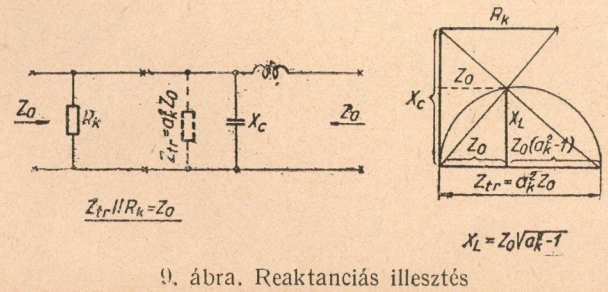
Ennek az a jelentősége, hogy egy kiterjedt bonyolúlt hálózat modellje laboratóriumi asztalon előre összeállítható és minden elektromos érték megmérhető.

A modellnek teljesen általános alakot is adhatunk (7. ábra) tetszés szerinti $N_1, N_2, \ldots N_k, \ldots N_n$, teljesítmény leszívásra Z_0 bemenő impedanciára, $R_n = Z_0$ lezárásra. Az összefüggéseket az ábrán megadtam erre az általános esetre azok érdekében, akik tisztán számítással akarnák a feladatot elvégezni.

Ha a tényleges fogyasztó ellenállása R_{fk}, ami lehet $\lessgtr Z_0$, és R_k impedanciával kell becsatlakoznia az előírásos N_k teljesítmény leszívása végett,



8. ábra. Elágazás ($R_{fk} \neq R_k$ fogyasztók bekötése)



9. ábra. Reaktanciás illesztés

pl. ez lehet más Z_k hullámellenállású tápvezeték leágazás is, akkor a szokásos

$$a_{fk} = \sqrt{\frac{R_k}{R_{fk}}}$$

áttételű illesztő transzformátorral csatlakozunk be (8. ábra).

Lényegesen egyszerűbb és olcsóbb a modell szerkezete, ha nem széles sáv átvitelére akarjuk elkészíteni, hanem csak egy alapfrekvenciára. Ilyenkor a felfűző transzformátorok helyett reaktanciás illesztéssel dolgozhatunk (9. ábra). Minden eddigi számítási vagy modellszerkesztési eljárás marad és a transzformátorok helyett két illesztő reaktancia fog szerepelni, amelyek értékét, adott frekvencián grafikusan a_k ismert értékével rendkívül egyszerűen kapjuk meg.

A négypólusok elméletéből ismert, hogy két $R_1 > R_2$ ellenállás reaktanciás illesztését

$$X_L = \sqrt{R_2 (R_1 - R_2)}$$

és

$$X_c = \frac{R_2^2 + X_L^2}{X_L^2} \cdot X_L$$

összefüggések alapján lehet számítani, ahol X_L mindig a kisebb ellenállással kerül sorbakötve.

Mi ezt $R_2 = Z_0$ és $R_1 = a_k^2 Z_0$ áttranszformálásra ($a_k > 1$) akarjuk felhasználni, azaz a transzformáló reaktanciáknak:

$$X_L = \sqrt{Z_0 (a_k^2 Z_0 - Z_0)} = Z_0 \sqrt{a_k^2 - 1}$$

kell lennie, és:

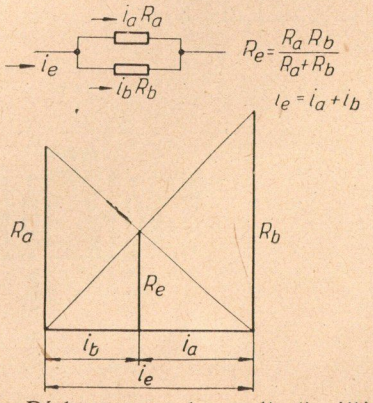
$$X_c = X_L \frac{R_2^2 + X_L^2}{X_L^2} = X_L \frac{Z_0^2 + Z_0^2 a_k^2 - Z_0^2}{Z_0^2 a_k^2 - Z_0^2} =$$

$$= X_L \frac{a_k^2}{a_k^2 - 1}$$

értékű legyen.

A 9. ábrán — jobb oldalt — a két függvény egyszerű szerkesztését láthatjuk.

A módszer még tovább fejleszthető azzal, hogy X_c végében egy merőlegest állítunk; a kezdőpontot és X_L végét összekötő egyenes kimetszi azt az R_k ellenállásértéket, ami az áttranszformált $a_k^2 Z_0$ értékkel ismét Z_0 értéket ad mint eredő értéket (10. ábra).



10. ábra. Párhuzamosan kapcsolt ellenállások

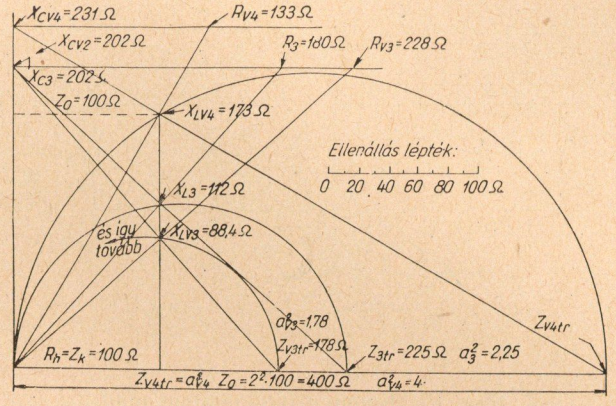
Az R_k és az egész számítás helyessége úgy is ellenőrizhető, hogy

$$R_k = Z_0 \frac{a_k^2}{a_k^2 - 1} = \frac{e_k^2}{N_k}$$

összefüggéseknek is egyezniök kell.

A 11. ábrán a számfeladatunk tényleges szerkesztése a fentiek szerint jól követhető az utolsó lépésekre.

Alábbi táblázat a 6. ábra reaktanciás illesztéses kiviteli értékeit adja $\omega = 5000\ \text{sec}^{-1}$ ($\nu = 800$ Hz) esetére. Ezzel a 12. ábrán a teljes felépítés szemlélhető; elmaradnak a transzformátorok és a szintdiagramm műszerrel bemérhető:



11. ábra. Reaktanciás illesztés és az illeszkedő terhelések grafikus számolása

	Szakasz teljesítmény watt	a_k	a_k^2	$a_k^2 - 1$	$\sqrt{a_k^2 - 1}$	$X_2 = Z_0\sqrt{a_k^2 - 1}$	L mH	$\frac{a_k^2}{a_k^2 - 1}$	$X_c = L\frac{a_k^2}{a_k^2 - 1}$	C μF	R_k ohm
V_1	36	1,25	1,56	0,56	0,748	74,8	15	2,78	208	0,96	278
R_1	15	1,143	1,31	0,31	0,567	56,7	11,4	4,23	240	0,84	427
V_2	24	1,4	1,96	0,96	0,98	98	19,6	2,04	200	1,0	204
R_2	9	1,25	1,56	0,56	0,748	74,8	15	2,78	208	0,96	278
V_3	7	1,33	1,78	0,78	0,884	88,4	17,7	2,28	202	0,99	228
R_3	5	1,5	2,25	1,25	1,12	112	22,4	1,8	202	0,99	180
V_4	3	2	4	3	1,731	173	34,6	1,33	231	0,87	133
R_μ	1										
Össz. 100 watt											

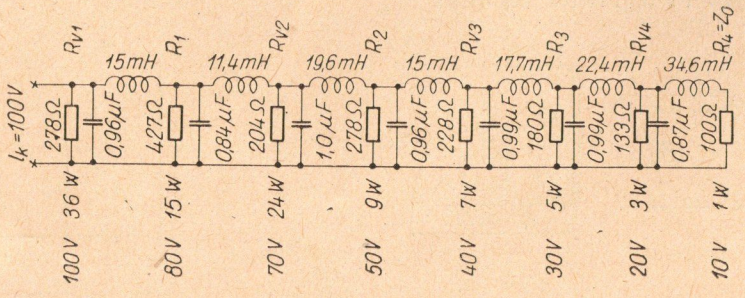
Az illeszkedő leszívó ellenállások értéke természetesen bárminő gerjesztő feszültség esetén azonos marad, csak a mérhető teljesítmények csökkennek négyzetes arányban, de egymáshoz képest azaz a p_k értékei változatlanok maradnak. Így pl. a szintdiagrammot kis feszültséggel ($e_k = 10$ V) is felvehetjük ill. megmérhetjük s akkor a rendszer kis, $^1/_2$ wattos ellenállásokból és kis, jó Q értékű önindukciós tekercsekből is felépíthető. Az aránylag pontosan elkészített lánc a következő eredményeket adta:

	e_{V1}	e_1	e_{V2}	e_2	e_{V3}	e_3	e_{V4}	e_n
Mért tényleges, V	10,2	8	6,8	4,6	3,6	2,8	1,8	0,9
Névleges számított, V	10	8	7	5	4	3	2	1

Az eltérés gyakorlatilag elhanyagolható, kisebb mint — 1 dB, ami hétszeres reaktanciás transzformáció után — tekercs veszteségeket nem is számítva — nagyon jó modell-eredménynek számít. Ha az áttételeket vizsgáljuk láncszemről-láncszemre a következő képet kapjuk:

	a_{V1}	a_1	a_{V2}	a_2	a_{V3}	a_3	a_{V4}
Névleges (számítás)	1,25	1,143	1,4	1,25	1,33	1,5	2
Tényleges (mérés)	1,27	1,17	1,48	1,28	1,29	1,55	2
Hiba, %	+1,5	+2,3	+5,6	+2,3	−3,1	+3,3	±0

A számértékek arra engednek következtetni, hogy a reaktanciás illesztést nagyon jól kézben lehet tartani és az áttételezést sokkal könnyebben lehet finom határokkal módosítani, mint a transzformátorok menetszámait.



12. ábra. Reaktanciás illesztéssel mérhető szintdiagramm

Gyors csillapítás- és erősítésszámítás becsléssel

Dr. RADVÁNYI LÁSZLÓ

A híradástechnikai gyakorlatban nagy könnyebbség, ha a csillapítás- és erősítésértékeket gyorsan és könnyedén tudjuk átszámítani feszültség- vagy teljesítményviszonyokra. A becslés gyorsasága gyakran kívánatosabb, mint a pontosság és a hirtelen fejből megállapított közelítő érték sokszor jobban kisegít bennünket, mint ha a több jegyig pontos adatnak táblázatban kellene utána néznünk, különösen ha a szükséges táblázat nincsen kéznél. Az alábbiakban ezért néhány könnyen megjegyezhető közelítő adatot foglalunk össze, amelyek kis gyakorlattal jól használhatók a csillapítás- és feszültségviszonyok becsléséhez. (Teljesítményviszonyokkal külön nem foglalkozunk, csupán megjegyezzük, hogy a feszültségviszonnyal számszerűen azonos teljesítményviszonyokhoz fele akkora csillapítás érték tartozik.)

A jobb tájékozódás érdekében a közelítő értékek mellett mindenhol megadjuk a gyakorlatilag pontosnak tekinthető értéket és a közelítő érték hibáját. Becsléseinket javíthatjuk, ha közelítő érték mellett a hiba nagyságrendjét és előjelét is megjegyezzük.

Mivel a fejszámolás és a közelítések megjegyzése a decibel-értékekkel egyszerűbb, elsősorban ezekkel foglalkozunk. Már itt megjegyezhetjük, hogy a néper-értékre való áttérés a dB számérték egy tizedének 15%-os növelésével történhetik (6 dB = 0,69 N).

1. Számolás decibelekben

Decibelekben való gyors számoláshoz az alábbi táblázatban megadott értékeket ajánlatos megjegyezni, bár kezdetként elegendő a táblázat 2—4. sorának (1,5, 2 és 2,5-nek megfelelő értékek) a fejbentartása is.

I. tábláza

Feszültség-arány	Közelítés (dB)	Pontos érték (dB)	Hiba (dB)
1,25	2	1,9382	+0,0618
1,5	**3,5**	3,5218	**—0,0218**
2	**6**	6,0206	**—0,0206**
2,5	8	7,9588	+0,0412
3	9,5	9,5424	—0,0424
4	12	12,0412	—0,0412
5	**14**	13,9794	**+0,0206**
6	15,5	15,5630	—0,0630
7	17	16,9019	+0,0981
7,5	**17,5**	17,5012	**—0,0012**
8	18	18,0618	—0,0618
9	19	19,0849	—0,0849
10	**20**	20,0000	**0**

Az I. táblázat anyagát úgy használjuk, hogy feszültségviszonyból csillapítást számítva az adott viszonyt (esetleg közelítően) törzstényezőkre bontjuk és a megfelelő dB értékeket összeadjuk. A felbontásban hányadosok is szerepelhetnek, amikor is a nevezőben álló számnak megfelelő dB érték levonandó.

Példa: Hány dB-nek felel meg 170-szeres feszültségviszony?

I. becslés:

$$170 \approx 168 = 7.6.4$$

Ennek megfelelően

$$(17 + 15{,}6 + 12)\ \text{dB} = 44{,}5\ \text{dB}.$$

$$(= 4{,}45 + 0{,}67 = 5{,}12\ \text{N})$$

II. becslés:

$$170 = 10 \cdot 17 \approx 10 \cdot \frac{5 \cdot 10}{3}$$

Ennek megfelelően

$$(20 + 14 + 20 - 9{,}5)\ \text{dB} = 44{,}5\ \text{dB}.$$

A pontos érték 44,6090 dB, a hiba 0,109 dB.

Az I. táblázat hibái 0,1 dB-n belül vannak, így a hiba még öt tényező használata esetén is fél decibelen belül marad, de annál rendszerint jóval kisebb. A táblázatban a különösen jó közelítéseket kiemeltük. A II. táblázatban példaként az I. táblázatból adódó néhány igen jó közelítést állítottunk össze.

II. táblázat

Feszültségarány	Közelítés (dB)	Pontos érték (dB)	Hiba (dB)
63 (7×9)	36 (17+19)	35,9868	+0,0132
75 (7,5×10)	37,5 17,5+20)	37,5012	—0,0012
84 (2×6×7)	38,5 (6+15,5+17)	38,4856	+0,0144
126 (2×7×9)	42 (6+17+19)	42,0074	—0,0074
168 (4×6×7)	44,5 (12+15,5+17)	44,5060	—0,0060

Decibelértékből feszültségviszonyra való számításhoz nem árt tudni, hogy 0,5 dB felfelé mintegy 6, lefelé mintegy 5,5%-os, 1 dB pedig felfelé mintegy 12, lefelé mintegy 11%-os feszültségeltérést jelent, bár az I. táblázatból majdnem minden értéket becsülhetünk.

Példa

Mekkora feszültségviszonynak felel meg 13 dB?

I. becslés

14 dB-nek megfelelő feszültségviszony:	5
ebből le 11%	—0,55
	4,45

II. becslés:

12 dB-nek megfelelő feszültségviszony : 4
ehhez + 12% +0,48
4,48

III. becslés:

13 dB = (19 — 6) dB

Ennek megfelel: $\frac{9}{2} = 4{,}5$

Pontos érték (táblázatból): 4,4668

I. becslés hibája: 0,38%
II. „ „ 0,30%
III. „ „ 0,75%

Állítsuk össze a 30—40 dB tartomány 1 dB lépéses becslését a becslés módjának megadásával (III. táblázat).

III. táblázat

dB érték	Becslés módja	Feszültségviszony		Hiba %
		becsült	pontos	
30	18 +12	32	31,623	1,17
31	15,5+15,5	36	35,481	1,44
32	14 +18	40	39,811	0,49
33	31 + 2	45	44,771	0,51
34	20 +14	50	50,119	0,24
35	17 +18	56	56,234	0,42
36	17 +19	63	63,096	0,15
37	20 +17	70	70,795	1,14
38	20 +18	80	79,433	0,71
39	20 +19	90	89,125	0,93
40	20 +20	100	100,000	0

A 34 dB becslése 2 × 14 dB alapon is végezhető, ami 49-et ad közelítő értékként. Látjuk, ez a becslés már sokkal durvább, hibája mintegy 2%. Ennek oka az, hogy — mint azt az I. táblázat mutatja — e becslés alapjául vett közelítésnek a hibája viszonylag nagyobb, mint azoké, amelyeket a III. táblázatban használtunk a becsléshez. Ez a példa is mutatja, hogy becsléseink jobbak lesznek, ha általában a jobb közelítések alapulvételére törekszünk. Másfelől azonban éppen e példából azt is megállapíthatjuk, hogy a gyakorlati esetek zömében a durvább becslés is elfogadható tájékoztatást ad.

2. *Számolás néperekben*

Néperekben való számolás esetén alapvető az e^x függvény sorbafejtéséből kis néperértékekre az a közelítés, amely szerint minden 1 cN lépés 1%-nak felel meg. E közelítés pontossága a ± 4 cN tartományban 0,1%-on belül van.

A gyakorlatból az előfordulás sűrűsége miatt hamarosan megjegyezzük a 2 és 10 feszültségviszonynak megfelelő 0,7 N és 2,3 N értékeket.

Ezen értékek mellett jó közelítésekként használhatjuk az 1,1 N-t és 3 N-t, mint 3-nak és 20-nak a megfelelőit (IV. táblázat):

IV. táblázat

Feszültségviszooy	Közelítés (N)	Pontos érték (N)	Hiba (cN)
2	0,7	0,6932	+0,68
3	1,1	1,0986	+0,14
10	2,3	2,3026	—0,26
20	3	2,9957	+0,43

V. táblázat

N	Feszültségviszony		Hiba %
	közelítő	pontos	
0,5	1,65	1,6487	+0,14
1,0	2,7	2,7183	—0,68
1,5	4,5	4,4817	+0,41
2,0	7,4	7,3891	+0,15
2,5	12	-12,1825	—1,52
3,0	20	20,086	—0,43
3,5	33	33,115	—0,33
4,0	55	54,598	+0,73
4,5	**90**	90,017	**—0,02**
5,0	148 (150)	148,413	—0,28 +(1,07)
5,5	245 (250)	244,69	+0,13 (+2,17)
6,0	400	403,43	—0,86
6,5	**666**	665,14	**+0,13**
7,0	1100	1096,63	+0,31
7,5	1800	1808,0	—0,44
8,0	3000	2981,0	+0,63
8,5	4900 (5000) (8000)	4914,0	—0,28 (+1,72) (—1,29)
9,0	**8100**	8103,1	**—0,04**

VI. táblázat

Feszültségviszony	Közelítés (N)	Pontos érték (N)	Hiba (cN)
10	2,3	2,3026	—0,26
20	3,0	2,9957	+0,43
30	**3,4**	3,4012	**—0,12**
40	3,7	3,6888	+1,12
50	3,9	3,9120	—1,20
60	4,1	4,0943	+0,57
70	4,25	4,2485	+0,15
80	4,4	4,3820	+1,80
90	**4,5**	4,4998	**+0,02**
100	4,6	4,6052	—0,52
200	**5,3**	5,2983	**+0,17**
300	5,7	5,7037	—0,37
400	6,0	5,9915	+0,85
500	6,2	6,2146	—1,46
600	6,4	6,3969	+0,31
700	6,55	6,5511	—0,11
800	6,7	6,6846	+1,54
900	6,8	6,8024	—0,24
1000	6,9	6,9077	—0,77
2000	**7,6**	7,6009	**—0,09**
3000	8,0	8,0064	—0,64
4000	8,3	8,2940	+0,60
5000	8,5	8,5172	—1,72
6000	**8,7**	8,6995	**+0,05**
7000	8,85	8,8536	—0,36
8000	9,0	8,9872	+1,28
9000	9,1	9,1050	—0,50
10 000	9,2	9,2103	—1,03

E néhány érték már elegendő alap a becsléshez. Ennek bemutatására álljon itt a következő példa:

Példa:

Hány N-nek felel meg 170-szeres feszültségviszony?

Becslés:

$$170 = 10 \cdot 17 \approx 10 \frac{50}{3} + 2\% = 10 \frac{100}{3 \cdot 2} + 2\%$$

Ennek megfelelően

$$(3 \cdot 2{,}3 - 1{,}1 - 0{,}7 + 0{,}02)\,\mathrm{N} = 5{,}12\ \mathrm{N}$$

(A pontos érték: 5,136 N, a hiba 1,6 cN.)

Ha a gyakorlatban sűrűn kell néperekben számolnunk, érdemes memóriánkban a 0,5 N osztású skálának megfelelő feszültségviszony-értékeket és a 10, 100 és 1000 osztású viszonyskálának megfelelő néperértékeket is elraktározni. Érdekes, hogy ezen viszonylag jól megjegyezhető kerekített értékek hibája az 1 cN-t ritkán és alig haladja meg, noha 0,1 N-nél finomabb (0,05 N) közelítés csak 70, 700 és 7000 megfelelőinéi fordul elő. Az V. és VI. táblázat adataiból a gyakorlattal az emlékezőtehetség általában automatikusan kiválasztja magának a megjegyzésre méltó értékeket. Egyébként a VI. táblázat a IV. táblázat adataiból is felépíthető.

Példa:

Hány N csillapítás felel meg 70 feszültségviszonynak?

Becslés:

$$70 \approx \sqrt{\frac{10^4}{2}}$$

Ennek megfelelően

$$\frac{1}{2}(4 \cdot 2{,}3 - 0{,}7)\,\mathrm{N} = 4{,}25\ \mathrm{N}$$

Könyvszemle

Dr. Ing. **Otto Henkler**: *Übertragungstechnik im Fernmelde-Weitverkehr* (Átviteltechnika a nagytávolságú távközlőforgalomban). VEB Verlag Technik, Berlin, 1956. 3 kötet, 1054 old.

A magyar híradástechnikai szakemberek is nagy várakozással tekintettek a szakirodalomból jól ismert nevű szerzőnek évekkel ezelőtt tervbe vett nagy, átfogó kézikönyve felé. *Otto Henkler* és 25 társszerzője alapos és a mi számunkra is fontos munkát végeztek el, amikor az átviteltechnika széles területének tudományát feldolgozták és 3 kötetben tankönyvszerűen, elméleti és gyakorlati vonatkozásait összefogva közreadták.

A könyvsorozat I. kötetében az átviteltechnika elméleti alapjaival ismerkedik meg az olvasó (az idevonatkozó magasabb iskolai tanulmányok összefoglalásaként), elsősorban a passzív áramkörök elméletével. Ezen belül rezgéstant, lineáris hálózatok (2- és 4-pólusok) elméletét — kb. 50 oldalnyi szűrőelmélettel — valamint az átviteli jellemzők más irodalomban alig található jó összefoglalását találjuk. Végül 100 oldalas vezetékelméleti fejezetet kapunk sok gyakorlati táblázattal és diagrammal. Különösen kiemelkedő az áthallásokról szóló részlet, amely sok újat is tartalmaz.

A mű II. kötete az átviteltechnikai alkatrészekkel, áramköri és szerkezeti egységekkel valamint a különféle berendezésekkel foglalkozik. A viszonylag rövid (a több mint ezer oldalból alig 80 oldalas) alkatrész-fejezet minden lényeges mérnöki adatot tartalmaz s DIN szabványok birtokában jól használható. A szerkezeti rész ennél jóval bővebb. Ez elméleti és gyakorlati erősítő-fejezetet, szabályozókról, szűrőkről és kiegyenlítőkről szóló gyakorlati fejezeteket (a fontosabb megoldási módok analízisévalamint modulátor, oszcillátor, frekvenciasokszorozó áram köröket tárgyaló fejezeteket tartalmaz. Legemlít ésre méltóbb a bőséges és igen kitűnő modulátor-rész, amit máshol meg nem található részletességgel dolgozott itt ki szerzője, akiről köztudomású, hogy a modulátorok legjobb szakembere.

A kötet berendezésekről írott része a magyar átviteltechnikusok számára kevesebbet tartalmaz; általában kevés korszerű távbeszélő- és távíróberendezést ismertet

A III. kötet tárgyalja röviden a nagyfeszültségű vezetékeken való hírközlési módszereket és a rádióhullámokon továbbított sokcsatornás összeköttetések általános tervezési elveit. Igen tanulságos a hálózatokról, azok felépítéséről és fő tervezési irányelveiről írott rész. Ezután rövid fejezetben megismerkedhetünk a német hang- és vivőfrekvenciás postai állomások üzemeltetési módszereivel. A mű további része (kb. 150 o.) méréstechnikával foglalkozik. Előbb a legkülönfélébb átviteli jellemzők mérésének elvi módszereit, majd az NDK-ban e célra megvalósított mérőműszereket ismerteti a szerző. Befejezésül — sajnos túl röviden — az átviteltechnikai berendezések tápárammal való ellátásáról kapunk vázlatos tájékoztatást.

A köteteket gondos tárgymutató egészíti ki, a III. kötet végén pedig igen értékes és bőséges (36 o.) irodalmi jegyzéket találhatunk.

O. Henkler könyve nagyon jó szolgálatot tesz a magyar átvitel-technikusok szakmai tudásának fejlesztése terén. Csak az a kár, hogy mérnökeink, technikusaink részére csaknem megfizethetetlenül drága (majdnem 400 Ft az ára).

Lajkó Sándor

Higroszkópos érszigetelésű PVC köpenyű kábelek

IPOLYI KÁROLY, Posta Kísérleti Intézet

A világviszonylatban fennálló ólomhiány kényszerítővé tette, hogy az ólomköpenyes kábeleket a gyengeáramú távbeszélő hálózatban is csak az elkerülhetetlenül szükséges esetekben használják, tehát földalatti létesítményeknél. A földfeletti hálózatban, főképpen az épületeken belüli szereléseknél a magyar posta is kénytelen volt áttérni a műanyagköpenyű kábelekre.

Az első ilyen kábeltípust falikábelként és alközponti kábelként alkalmazták. Az akkor fennálló technológiai és egyéb adottságok miatt e kábelek higroszkópos érszigeteléssel készültek. A kábeleknél megtartották az addig alkalmazott teljes belső szerkezetet, az ólomköpenyt azonban egyéb megoldással helyettesítették. E kábelek felépítése a következő volt: 0,5 vagy 0,6 mm átmérőjű vörösréz vezetőerek 1 papír és 1 pamut szigeteléssel. Az egyesített kábelsodraton 2 papírszalag burkolat volt. A kábellélek viaszos anyag itatást kapott. Ezután jött rá az alumíniumfólia és a bitumenes anyaggal itatott papírszalag réteg, erre került a PVC köpeny.

Az üzem e kábeltípust szívesen fogadta. A kábelek minősége ellen hosszú ideig panasz nem merült fel. Kb. 2—3 év eltelte után azonban a panaszok gyakoribbak lettek. Az ellenőrző mérések szerint a kábelerek kezdeti legalább 100 MΩ · km szigetelési ellenállás értéke kb. 0,1—1,0 MΩ · km-re esett.

Valamennyi hírközlő kábelnek, s így a PVC köpenyű kábeleknek is az üzemi követelményt kielégítő elektromos szigetelést kellene biztosítani. A higroszkópos érszigetelésű kábelekről tudjuk, hogy szigetelési ellenállásuk az erek szigetelő anyagainak nedvességfelvétele függvényében csökken. A nedvességfelvételt megakadályozni, illetve késleltetni lenne hivatott a PVC köpeny és az alatta levő alumíniumfólia réteg. Folytonos PVC köpeny esetében sem érhető el, hogy az érszigetelő anyagok valamelyes nedvességet ne vegyenek fel, mert minden műanyagnak, s így a PVC-nek is bizonyos mértékű vízgőzáteresztőképessége van. Tökéletes vízgőz át nem eresztés csak fémköpenyű kábeleknél lehetséges. A műanyagköpenyű kábeleknél azok vízgőzáteresztőképessége, diffúziója folytonos görbét mutat anélkül, hogy a köpenyburkolat észrevehetően megsérült, vagy romlott volna.

Hogy e kábeltípus tényleges értékét megtudjuk, a PVC köpenyen keresztül történő vízgőzdiffúziót és az e hatásra bekövetkező elváltozások vizsgálatát tettük kutatás tárgyává.

Egy műanyag diffúziós állandója azt jelenti, hogy egy 1 cm élhosszú kockánál 1 mm Hg nyomáskülönbség mellett 1 óra alatt mennyi vízgőzmennyiség megy át. A diffúziós állandó dimenziója = vízmennyiség g/cm² felület/cm hossz/óra mm Hg.

A kábelek köpenyanyagára elvileg vizet át nem engedő, nulla vízáteresztőképességű anyag volna kívánatos. A nulla matematikailag $10^{-\infty}$. A valójában a műanyagköpenyű kábeleknél a kitevő aránylag egy nem nagy nagyságrendű szám. Az 1 táblázat mutatja különböző szerves szigetelőanyagok diffúziós állandó értékeit.

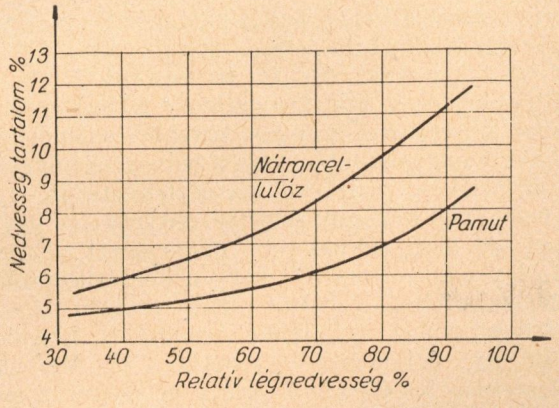
1. táblázat. Szigetelő anyagok diffúziós állandói

Szigetelő anyag	Diffúziós állandó $D \cdot 10^{-8}$ g · cm^{-1} h^{-1} Hg mm^{-1}
Parafin	0,04
Földiviasz	0,06
Polietilén	0,12
Poliizobutilén B 200	0,20
Kemény PVC	0,8
Bitumen (*B* kiöntőanyag)	1,1
Stiroflex	1,3
Guttapercha	1,5
Keménygumi	1,5
Polistirol	2,0
Lágyított PVC	3,5
Vulkanizált lágygumi	5...7
Buna S	11
Poliakrilsaveszter	16
Celluloztriacetát	84
Cellofán	200

A diffúziós állandó értéke különböző eljárásokkal számszerűen meghatározható, az így nyert adatokból elméleti számítással is elég jó megközelítéssel következtethetünk a kábel elektromos szigetelés szempontjából való élettartamára.

A kábelköpenyek diffúziós állandójának mérésére újabban az *E. Müllertől* eredő igen szellemes megoldást használják. Müller megállapította, hogy egy pamuttal szigetelt vezető érpár szigetelésének veszteségi szöge a felvett vízmennyiség függvényében logaritmikus görbét mutat. A diffúziós állandó meghatározására szolgáló kísérleti berendezésben a diffúziót közvetlenül a kérdéses műanyagból készített csőbe helyezett pamutszigetelésű érpáron vizsgálta, annak tg δ mérésével.

E vizsgálatok lebonyolítása azonban előkísérletek sorozatát kívánta, míg az érpár szigetelésének víztartalma és a veszteségi szöge közötti összefüggést megállapítjuk. Bonyolult a probléma azért is, mert a szóban forgó kábeleknél a vízzáró szerkezet nem egyrétegű, nemcsak a műanyag köpenyből áll, hanem ez alatt még bitumenes anyaggal itatott papír- és alumíniumfólia réteg is van, sőt a kábellélek viaszos anyaggal van itatva, mely a higroszkópos érszigetelés vízfelvételét késlelteti. A diffúzió mértékét ez esetben nem lehet elemenként számításba venni, mert a kábeltípus tartósságát a teljes zárószerkezet együttes állandója jellemzi. A Müller-féle megoldás alkalmazása azért is nehézségbe ütközne, mert kábeleinknél az erek szigetelése nemcsak pamuttal, hanem papír- és pamut rétegekkel történt, a két anyag együttes eredőjéből adódik a szigetelési ellenállás, ezért az összehasonlító érpárat is hasonlóan kellene készíteni.



1. ábra. A pamut és a nátroncellulóz víztartalma a levegő relatív légnedvességtartalmának függvényében

Célszerűnek látszott ezért, ha e kábelek vizsgálatára más módszert keresünk.

Egy kábelköpeny diffúziós állandója a *Fick*-féle törvényből levezethető következő összefüggéssel számítható:

$$D = \frac{G}{2\,l\,\Delta p\,t\,\pi} \ln \frac{d_k}{d_b},$$

amely egyenletben D a diffúziós állandó, G az átdiffundált víz mennyisége g-ban, l a kábelköpeny hossza cm-ben, Δp a belső és külső gőznyomáskülönbsége Hg mm-ben, t az idő órákban, d_k és d_b a köpeny külső és belső átmérője.

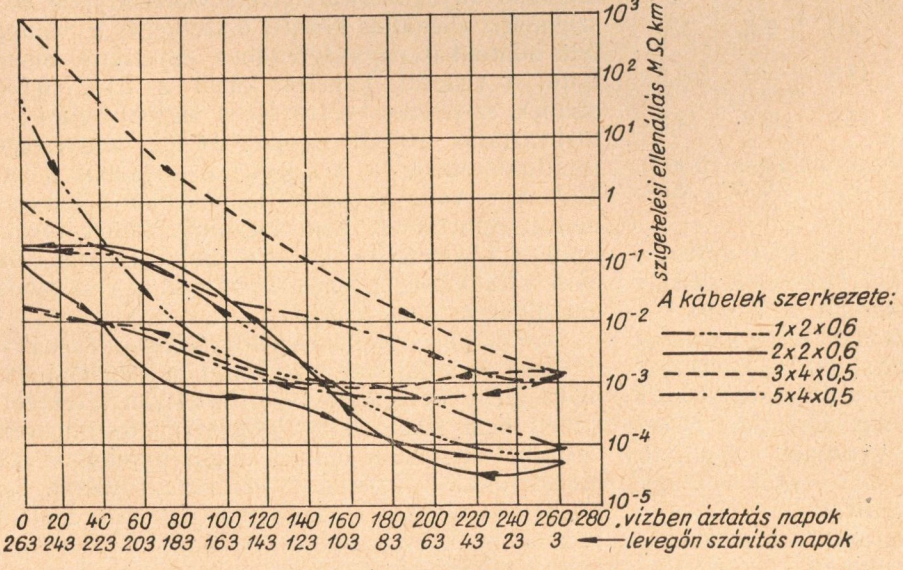
Ha tehát a kábelt vízbe áztatjuk, szigetelés és tg δ mérésekkel megállapíthatjuk az elektromos értékek változását; a kábelből pedig időközönként egy-egy darabkát levágva, a higroszkópos szigetelő anyagok nedvességtartalmának meghatározásával mérhetjük a kábelekbe diffundált víz mennyiségét. E módszerrel az elektromos értékek változása és a kábel szigetelő anyagai által felvett víz mennyisége közötti összefüggés is megállapítható.

A vizsgálat végrehajtása során a vízben ázott kábelekből időközönként egy darabot levágtunk. A PVC köpenyt lehúzva, a burkoló papírrétegeket és az azokat lekötő pamutfonalakat gyorsan lebontottuk és egy Erlenmeyer-lombikba tettük. Az erekről az érszigetelő papír- és pamutrétegeket lebontani nem lehetett, mert e műveletnél a szigetelőrétegek nedvesség-tartalma változást szenvedhetett volna, ezért a szigetelt ereket helyeztük az Erlenmeyer-lombikba. Xylolt öntve a lombikba, a víztartalmat *Dean—Stark* módszer szerint való desztillálással meghatároztuk. E vizsgálatnál nem tudtuk külön megállapítani, mennyi vizet tartalmazott a papír és mennyit a pamut érszigetelés.

A papír és pamut egyazon légnedvesség mellett különböző mennyiségű vizet köt le. *Korn* és *Burgstaller* adatai szerint a pamut és a nátroncellulóz papíranyag víztartalmát a relatív légnedvesség függvényében az 1. ábra mutatja. Ezen adatnál hiányzik, hogy a mérések milyen hőfokon történtek. Valószínű azonban, hogy ezek 15—18 C° körüli értékekre vonatkoznak. Eszerint a pamut ugyanazon légnedvesség mellett a nátroncellulóz anyagnál kevesebb nedvességet tart lekötve. A pamut és a nátroncellulóz anyag különböző nedvességtartalma következtében a kábeleken mért szigetelési ellenállás és a meghatározott nedvességtartalom közötti összefüggés nem adható meg pontosan, mert az erek nem egynemű szigetelő anyaggal voltak burkolva és mert a vizsgált kábeleken a papír-pamut aránya az érszigeteléseken nem volt azonos.

A kísérleti célra négy különböző kezdeti szigetelési ellenállással és így érszigetelő anyagaiban különböző nedvességet tartalmazó PVC köpenyű kábeleket választottunk $1 \times 2 \times 0{,}6$; $2 \times 2 \times 0{,}6$; $3 \times 4 \times 0{,}5$ és $5 \times 4 \times 0{,}5$ szerkezetekben. E kábelek közül tehát kettő igen kis keresztmetszetű volt. A szigetelési ellenállás $1 \times 2 \times 0{,}6$-os kábelnél 45 MΩ · km, a $2 \times 2 \times 0{,}6$-osnál 0,1 MΩ · km, a $3 \times 4 \times 0{,}6$-osnál 1000 MΩ · km, az $5 \times 4 \times 0{,}5$-nél 1 MΩ · km volt.

E kábeleket 263 napig vízben áztattuk. A vízben áztatást addig folytattuk, míg a kábelek szigetelése 100, ill. 1000 Ohm · km nagyságrendre esett. E méréseknél figyelmen kívül hagytuk a kábel belsejében levő vízgőzök parciális nyomását és azt, hogy a kábelbe hatoló vízgőz nyomása valójában nagyobb volt, mint a mérési hőfokon telített vízgőznek a nyomása, mert a vízfürdőben a kábelre nehezedő vízoszlop súlyát is számításba kellett volna venni. Ez utóbbi adat figyelembe nem vevése a mérési adatokat a valóságosnál kedvezőtlenebbnek tüntetheti fel. A 2. ábra a kábelek szigetelési ellenállásának, a 3. ábra a tg δ értékeknek változásait mutatja. A kábelek egyéb adatait,



2. ábra., A szigetelési ellenállás változása 263 napig tartó vízben áztatás és utána szobalevegőn történő szárítás hatására

mint a PVC köpeny falvastagság értékeit, a kábel külső átmérőjét, az érszigetelésben a papír és pamut mennyiségi arányát, az érszigetelés papír- és pamutanyagai által felvett víz %-os mennyiségét, a burkolópapír szigetelések által felvett víz %-os mennyiségét, a szigetelési ellenállás értékeit az egyes vízmeghatározások időpontjában és a diffúziós állandó értékeit a 2. táblázatból láthatjuk. A táblázatból hiányzik a burkoló papírszalagok eredeti nedvességtartalma, ezt annakidején nem határoztuk meg.

2. táblázat. A kábelek vízbeáztatási kísérleteinek adatai

A kábel szerkezete	1×2×0,6	2×2×0,6	3×4×0,5	5×4×0,5
A köpeny falvastagsága, mm	1,1	1,0	1,4	1,6
A köpeny külső átmérője, mm	7,5	7,7	11,1	12,5
Az erek szigetelésében a papír százalékos mennyisége	22,0	40,0	26,5	41,0
Vízbetevéskor az erek szigetelésének víztartalma %	3,5	7,8	2,2	5,9
Vízbetevéskor a szigetelési ellenállás MΩ · km	45,0	0,1	1000	1,0
A vízbeáztatás ideje napokban	63	62	73	74
Víztartalom az erek szigetelésében %	7,2	10,5	4,8	7,25
Víztartalom a burkolópapír rétegekben %	10,0	10,6	7,8	9,1
Szigetelési ellenállás MΩ · km	0,02	0,0014	2,7	0,062
Diffúziós állandó · 10^{-8}	0,66	0,38	0,63	0,60
A vízbeáztatás ideje napokban			165	166
Víztartalom az erek szigetelésében, %			5,9	9,1
Víztartalom a burkolópapír rétegekben %			8,6	11,1
Szigetelési ellenállás MΩ · km			0,040	0,0073
Diffúziós állandó · 10^{-8}			0,38	0,65
A vízbeáztatás ideje napokban	201	203	236	250
Víztartalom az erek szigetelésében, %	11,9	14,8	8,1	9,6
Víztartalom a burkolópapír rétegekben %	12,7	14,9	12,0	12,8
Szigetelési ellenállás MΩ · km	0,00054	0,00010	0,0026	0,0012
Diffúziós állandó · 10^{-8}	0,41	0,31	0,42	0,55

Irodalmi és egyéb adatok szerint a PVC diffúziós állandója kb. 3,5 · 10^{-8} értékű. Méréseink szerint a PVC kábelek diffúziós állandói 0,31 · 10^{-8}—0,66 · 10^{-8} értékek között változtak, tehát a viaszos itatás és az alumíniumfólia alkalmazása következtében a kábeleknek a PVC köpenyre vonatkoztatott diffúziós állandója kb. egy nagyságrenddel növekedett. A diffúziós állandó egyezőnek mondható mind a négy vizsgált kábelnél, bár ezeket nem egy időpontban, nem egy gyár készítette.

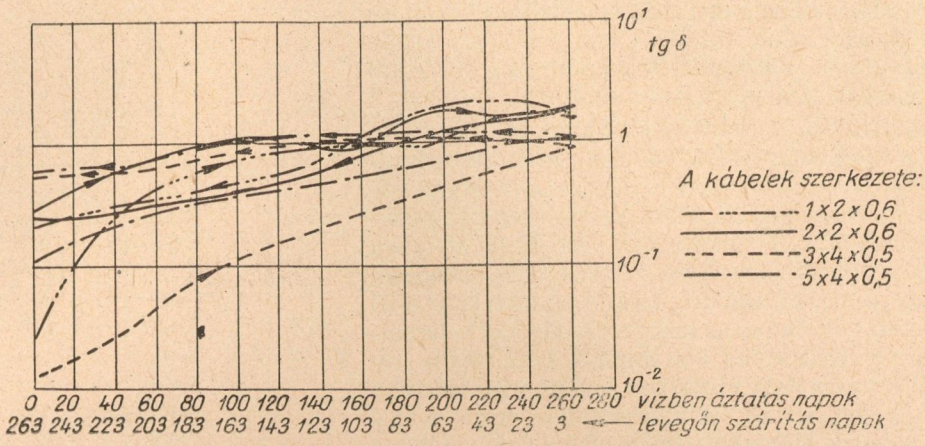
A vizsgálati adatokból láthatjuk, hogy a kábelek szigetelésromlása fordított arányban volt a kábel átmérőjével, ill. érszámával. Minél kevesebb eret tartalmazott a kábel, annál meredekebb a szigetelési ellenállás görbe esése, annál meredekebb a tg δ érték növekedése. Ez természetes is, mert a köpenyfelület a kábel sugarával, térfogata pedig ennek négyzetével arányos. Kisebb érszámú kábeleknek a nagyobbakhoz képest lényegesen nagyobb a diffúzióban résztvevő köpenyfelülete és így e kábelek higroszkópos szigetelő anyagai is ugyanazon idő alatt sokkal több nedvességet vehetnek fel. Így válik érthetővé, hogy a kezdetben sokkal jobb szigetelést (45 MΩ · km) mutató 1×2×0,6-os kábel szigetelése hamarább leromlott, mint az induláskor gyengébb (1 MΩ · km) szigetelésű 5×4×0,5-ös kábel és hogy az induláskor 1000 MΩ · km szigetelési ellenállás értékű 3×4×0,5-ös kábel az áztatási kísérlet végén az 5×4×0,5-ös kábellel vált egyenlő szigetelésűvé. A 263 napos áztatás után a kisebb (1×2×0,6 és 2×2×0,6) és a nagyobb (3×4×0,5 és 5×4×0,5) kábelek egymás közt nagyságrendben azonos szigetelési ellenállás értékeket értek el.

A tg δ értékek a szigetelési ellenállással közel arányosan változtak. Az arányosság fennáll a szigetelési ellenállás, a tg δ és az érszigetelés nedvességtartalma között is. A papírburkolatban mindig több nedvesség volt, mint az érszigetelésben. Ez természetes is, mert a diffúzió folyamán először a PVC köpeny, majd az alatta levő papírréteg, azután az alumíniumfólia alatti papír rétegek vették fel fokozatosan a nedvességet, legutoljára pedig a kábelerek szigetelő rétegei. Az érszigetelésben azért is kevesebb a nedvességtartalom, mert mint már említettük, ugyanazon légnedvesség mellett a pamut a nátroncellulóz papír anyagnál kevesebb nedvességet köt meg.

A kísérleti eredményeink kiértékeléséhez felhasználhattuk *P. O. Schupp* méréseit, mely szerint az ólomköpenyes kábeleknél tisztán papír érszigetelés esetén a papír nedvesség tartalma és egy érpár szigetelési ellenállása között a 4. ábrán látható összefüggés áll fenn.

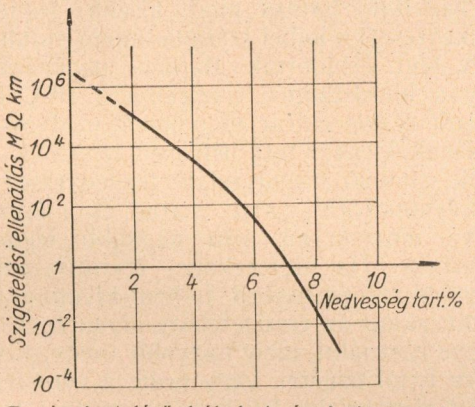
Kísérleti adataink szerint az erek papír-pamut szigetelő anyagai által felvett vízmennyiség és a szigetelési ellenállás közötti összefüggés a Schupp-féle adatokkal nagyságrendben egyezőnek mondható. A vizsgált kábelek közül a 2×2×0,6-os ereinek szigetelése vette fel a legtöbb vizet; a vízbeáztatás 203-ik napján 14,7% nedvességet találtunk, mikor is a szigetelési ellenállás 0,0001 MΩ · km volt. Későbbi időpontban e kábelnél nedvességtartalmat nem mértünk. Minél tovább romlott a szigetelési ellenállás, annál inkább csökkent a különbség a burkoló papír és az érszigetelés nedvességtartalma között.

A PVC köpenyű kábelek szigetelésromlásának és diffúziós állandójának vizsgálatát a kábelek maximális igénybevételével végeztük. Ilyen szerkezetű kábelt nem alkalmaztak földalatti létesítményeknél, ahol állandóan telített vízgőz nyomással számolhattunk. E kábeleket általában épületek belsejében és részben szabadban használták. Szabadban a budapesti sokéves átlagadatok alapján a levegő relatív légnedvesség tartalmának középértéke 72%. Szabadban a kábelek tehát átlagban



3. ábra. A tg δ változása 263 napig vízben áztatás és utána szobalevegőn történő szárítás hatására

ilyen relatív légnedvesség hatásának vannak kitéve. Ennyi légnedvesség mellett Korn és Burgstaller adatai szerint a papír 8,5%, a pamut pedig 6,2% nedvességet vehet fel. Ez azt jelenti, hogy a kábel szigetelési ellenállása század megohm · km nagyságrend körül lehet, ha érszigetelő anyagai a külső levegő nedvességtartalmával teljes egyensúlyba kerülhetnek. Valójában a beépített és részben a raktározott kábelek szigetelési ellenállás értéke 0,1



4. ábra. Papírszigetelésű kábel 1 érpárjának szigetelési ellenállása a papírszigetelés nedvességtartalmának függvényében (*P. O. Schupp* adatai)

MΩ · km, kivételesen 1 MΩ · km érték körül stabilizálódott. A kábelek higroszkópos anyagainál a nedvességfelvétel talán inkább az abszolút légnedvesség függvénye lenne. Téli időszakban a légnedvesség általában magasabb, mint nyáron, de ez nem jelenti, hogy a levegő páratartalma abszolút értékben a nyárinál nagyobb. A téli és nyári nagymérvű hőfokkülönbség következtében tehát a relatív légnedvesség nem ad helyes adatot a levegő valódi páratartalmára. Nyáron a nagyobb relatív légnedvesség sokkal veszélyesebb, mert a higroszkópos érszigetelő anyagok több nedvességet vehetnek fel. Ez teljes összhangban van az üzem tapasztalataival, hogy a PVC kábelek szigetelésromlás okozta meghibásodása nagyobb részben a nyári hónapokra esik.

A kísérleteink azt is bebizonyították, hogy higroszkópos érszigetelésű PVC köpenyű kábelt csak épületen belüli szerelésekhez szabadna használni. E kábeltípus diffúziós állandója nem elég kicsi arra, hogy a kábelnek valamelyes nagyobb légnedvességű térben tartós védelmet tudna nyújtani és meg tudná akadályozni, hogy a papírpamut érszigetelés számottevő nedvességet ne vegyen fel. Ily fajta falikábel rendszernél kb. 10^{-10} diffúziós állandó érték lenne kívánatos, ez azonban az alkalmazott megoldással nem érhető el Kísérleteinknél a kábel villamos értékeinek és a. higroszkópos szigetelések nedvesség tartalmának változásait figyeltük a vízbeáztatás hatására. Tisztázni kellett azt is, mi történik, ha a vízben áztatott kábeleket levegőn, szobahőmérsékleten szárítjuk, leadják-e a kábel érszigetelő anyagai a felvett nedvességtartalmukat.

A 263 napig vízben áztatott kábeleket a laboratóriumban laza karikákban felfüggesztve helyeztük el. A helyiség a téli időszakban gyengén fűtött volt. Az átlagos rel. légnedvesség tartalom 40—70% lehetett. Időközönként vizsgáltuk a száradó kábelek szigetelési ellenállását és a tg δ értékeit. A nedvességtartalom meghatározását mellőztük, nehogy a kábelek a vizsgálatok céljaira elhasználódjanak.

A vizsgálat első periódusában az elektromos értékek tovább romlottak, az érszigetelés tehát még további nedvességet vett fel. A kábel érszigetelő anyagai a nedvességet a vízzel telített PVC köpenyből és a kábelt burkoló papírrétegekből vették. Ki kellett először a kábel belsejében a nedvességtartalomnak egyenlítődni, mielőtt a száradás megindulhatott.

A kábel átmérőjétől függően 30—100 nap múlva indult meg az érszigetelés száradása, melyet az elektromos értékek javulása mutatott. Az 1×2×0,6 és 2×2×0,6 szerkezetű, tehát a legkisebb átmérőjű kábelek száradása 200 nap múlva már annyira jutott, hogy a szigetelési ellenállásuk a 0,1 MΩ · km-t elérte. A 3×4×0,5 és 5×4×0,5 szerkezetű kábeleknél a száradás rendkívül lassú volt, 200 nap alatt csak a 0,1 MΩ · km értéket közelítették meg. További szárítás alkalmával a szigetelés már csak csekély mértékben javult, úgyhogy a kisebb átmérőjű kábelek lényegileg a tized, a nagyobb átmérőjűek pedig a század MΩ · km szigetelési ellenállás körül állandósultak. Érdekes tény, hogy a

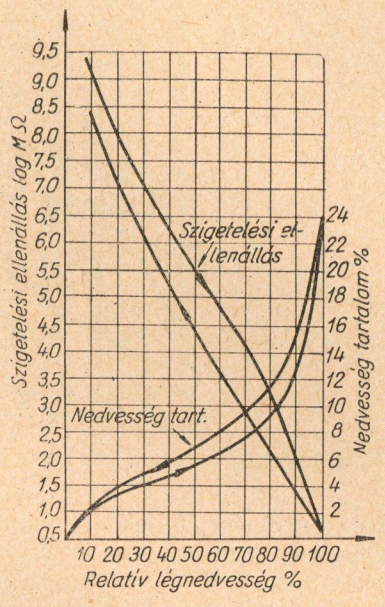
2×2×0,6-os kábel, melynek szigetelési ellenállása vízbetevéskor csak 0,1 MΩ · km volt, a levegőn szárítás után a kezdeti értékné l jobb ,0,2 MΩ · km szigetelési ellenállás értéket mutatott.

Az áztatási és szárítási kísérletek azt mutatják, hogy a kisebb átmérőjű kábelek sokkalta érzékenyebbek az átnedvesedésre, a szigetelés leromlására, de ha huzamosabb időre száraz helyre kerülnek, száradásra is lehetőségük van. Ezzel szemben a vastagabb kábeleknél az átnedvesedés lassabban következik be, de ezt még lassabban követi a kábel száradása, olyannyira, hogy átnedvesedett, leromlott szigetelésű kábel kiszáradása a normális tárolási és használati viszonyok között gyakorlatilag nem következhet be. A higroszkópos érszigetelésű PVC kábelek lényegileg tehát előbb vagy utóbb a környezet átlagos légnedvességtartalmára állnak be. E szempontból sokkal kedvezőbbek azok a helyek, ahol a kábel teljes felületén száradhat és a száradását a szél is elősegítheti. Ezzel magyarázható, hogy a budai hegyvidéken több éve beépített higroszkópos érszigetelésű PVC légkábelek még jól üzemképesek. Természetesen, ha a kábel olyan helyre kerül, ahol állandó nyirkos környezetben van, elég gyorsan benedvesedhet.

E kábeltípus száradását késlelteti, hogy a levegőnek mindig van bizonyos mennyiségű vízpára tartalma. A külső levegő pedig mindig tartalmaz nedvességet, ezért a száraz kábellélek felé a vízgőzdiffúzió mindig lehetséges. Ha az érszigetelés felvett már bizonyos nedvességtartalmat, a kábel belsejében a nedvességtartalomtól függő vízgőznyomás áll be. Ha a külső levegő nedvességtartalma annyira lecsökken, hogy a kábel belsejében a vízgőz nyomása nagyobb, mint a külső levegő vízgőzéé, a kábel belsejéből kifelé irányuló diffúzió indul meg, a kábel száradása megkezdődik. A felhasználási körülmények között a kábel belsejében levő vízgőz és a külső levegő vízgőz tartalmának nyomáskülönbsége általában kis értékű, ezért a fordított irányú diffúzió, a kábel száradása csak korlátolt mértékben lehetséges.

A kábel szigetelésének javulását késlelteti, hogy a száradásnál a cellulóz anyagok deszorpciós görbéje az abszorpciós görbével szemben bizonyos hiszterézist mutat. Az 5. ábrán láthatjuk *Walker* 25 C°-on mért adatait a pamut nedvességabszorpciójára és deszorpciójára a növekvő és csökkenő légnedvesség függvényében és az ezen relatív légnedvesség értékekhez tartozó szigetelési ellenállás értékek logaritmusát, melyet félhüvelyk hosszú, 50/2 metrikus finomságú pamutfonalakon határozott meg.

Hogy a deszorpció meginduljon, a külső légnedvességnek 12—14%-kal alacsonyabbnak kell lennie. Míg tehát a nedvesedés, az abszorpció a legkisebb légnedvességkülönbségre megindul, a száradás csak késleltetve lehetséges. Ha a pamutfonalra vonatkozó Walker-féle görbéket megfigyeljük, azt is láthatjuk, hogy a deszorpciós folyamatnál a szigetelési ellenállás ugyanazon légnedvesség



5. ábra. A nedvességabszorpció és deszorpció és a szigetelés ellenállás közötti összefüggés. 50/2 metrikus finomságú, fél hüvelyk hosszú pamutfonal 25 C°-on történő vizsgálata (*Albert C. Walker* adatai)

mellett kb. 1 nagyságrenddel alacsonyabb. A deszorpció késleltető hatása miatt kisebb légnedvesség csökkentésnél a kábel száradása nem indulhat meg.

A fent előadottak alapján megállapíthatjuk, hogy a higroszkópos érszigetelésű PVC köpenyű kábelek csakis száraz, nagyobb légnedvesség ingadozásnak ki nem tett helyeken lennének használhatók, ahol az átlagos relatív légnedvesség az egész év folyamán 75% alatt marad és a kábel nincs kitéve időszakosan sem nagyobb légnedvesség hatásának. Ha higroszkópos érszigetelésű kábelt nagyobb légnedvességű térben kívánnánk alkalmazni, akkor az érszigetelésre olyan textilanyagot kellene használni, mely nagyobb nedvességfelvétel esetén is jól szigetel, vagy pedig a vörösréz vezető ereket zománclakkal kellene megvédeni és a minimális szigetelést e réven biztosítani. A zománcozott vörösréz erű higroszkópos érszigetelésű kábelek vizsgálatáról más alkalommal számolok be.

Köszönettel tartozom munkatársaimnak *Horvai Jenő, Mátyás Ferenc, Farkas Vilmosné* és *Dadányi Margit* technikusoknak, akik lelkiismeretes munkája tette lehetővé, hogy e kutatás megtörténhetett.

IRODALOM

P. O. Schupp: Über die Wasserdurchlässigkeit von Kunststoffmanteln für Fernmeldekabel. Europäischer Fernsprechdienst 1940, 110—116. oldal.

Albert C. Walker: Moisture in Textiles. The Bell System Technical Journal 1937, 228—246. oldal.

R. Korn—F. Burgstaller: Papier- und Zellstoff-Prüfung, Berlin Springer Verlag 1944, 102—106. oldal.

E. Müller: Ein Messverfahren zur Bestimmung der Diffusionskonstanten von Kabelmänteln aus Thermoplasten. Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins 1950, 77—81. oldal.

Műszaki leírások készítése

IZSÁK MIKLÓS

1. Bevezetés

A híradástechnikai gyártmányok rendszerint bonyolult és kényes berendezések, amelyeket használatbavétel előtt a felhasználóknak részletesen meg kell ismerniök. Működésüket, kezelésüket alaposan meg kell tanulniok, mert a gyártmány jó minősége szakszerű kezelés nélkül nem biztosítja a garantált előírásoknak, tehát a vevő várakozásainak megfelelő megbízható, kielégítő működést. A vevő a berendezést az azzal együtt szállított műszaki dokumentációkból ismeri meg. A műszaki dokumentációk ezért a gyártmányok szerves részeinek tekintendők, amelyeket ugyanolyan jó minőségben kell elkészíteni, mint magát a gyártmányt. A világos és tetszetős kivitelű műszaki dokumentáció emeli a gyártmány értékét, a gyártó mű tekintélyét. A nehezen érthető, hiányos, hanyag kivitelű dokumentáció viszont rossz fényt vet az előállító vállalatra, sőt kétkedést is támaszthat a gyártmány minőségével és megbízhatóságával szemben.

A műszaki dokumentáció legnehezebb és egyben legdöntőbb része a műszaki leírás. Elkészítéséhez tökéletes és mindenre kiterjedő szabályok felállítása a tárgyak különböző természete miatt nyilvánvalóan nem lehetséges. Vannak azonban olyan tulajdonságok, amelyekkel minden jó műszaki leírásnak rendelkeznie kell. E cikk célja az olyan általános érvényű alapelvek tárgyalása, amelyek ismerete és követése, párosulva a mérnök alapos szakismeretével, jó műszaki leírások készítésére vezet.

Bár az alábbiakban a gyártmányokhoz mellékelt műszaki leírásokról lesz szó, az ismertetett szempontok nagy része értelemszerűen jól alkalmazható rövid ismertető leírások, kereskedelmi ismertetések, sőt előadások vagy cikkek készítésénél is.

2. A műszaki leírás rendeltetése

Műszaki leírásainkat berendezéseinkkel együtt bocsátjuk a rendelő rendelkezésére. Céljuk ennélfogva az, hogy a rendelő szakszemélyzete a műszaki leírásból a szállított berendezés működését és az alkatrészek rendeltetését különösebb fejtörés nélkül világosan megértse, a berendezést minden további tanulmányozás nélkül üzembe helyezhesse és helyesen használni tudja, képes legyen azon az előforduló hibákat megtalálni és képes legyen azt szakszerűen karbantartani.

A műszaki leírást rendszerint már az ajánlattételnél, vagy a kereskedelmi tárgyaláson felhasználják. A műszaki leírás szakszerű és tetszetős kivitelétől is függhet a rendelés elnyerése.

3. A leírás színvonala

A műszaki leírásokat technikusok és mérnökök számára írjuk. Színvonaluk ezért olyan legyen, hogy megértésükhöz a szakmai technikusi képzettség lehetőleg elegendő legyen. Ha az ennél magasabb színvonalú tárgyalási mód valahol nem kerülhető el, a lényeget akkor is tegyük felfoghatóvá a technikusok számára is. Semmi esetre se legyen a tárgyalási mód nagyképű, ellenkezőleg, törekedjünk mindig az egyszerű magyarázatra, ami azonban nem mehet a szabatosság rovására és különösen nem mehet át népszerű stílusba.

4. Nyelvezet és fogalmazás

A műszaki leírást világos és logikus gondolatfűzéssel, szabatos, tömör, könnyen érthető szövegezéssel kell felépíteni. A következő legfontosabb alapelveket szögezhetjük le.

Szabatos legyen. A pongyola kifejezések megnehezítik a megértést, félreértésekre, vitákra adhatnak alkalmat. Nem szabatos pl. a következő mondat: „Az X jelfogó és a hozzátartozó Y ellenállás f Hz ütemben szaggatja az F frekvenciát." Ehelyett valószínűleg a következő fogalmazás a helyes: „Az X jelfogó érintkezői kb. f Hz frekvenciával szaggatják az Y ellenálláson át folyó F frekvenciájú áramot."

Alkalmazzuk az elfogadott szakkifejezéseket. Ne mondjunk pl. frekvenciatorzítást csillapítástorzítás helyett. Ugyanarra a fogalomra az egész leírásban ugyanazt a szakkifejezést használjuk, mert a többféle szakkifejezés megzavarja az olvasót és még inkább a fordítót. Ne mondjunk pl. egyszer „csillapítást", másszor „veszteséget". Különösen fontos, hogy a szakkifejezések szabatosak legyenek. Nem szabatos pl. a „transzformátor áttétele", vagy a „szint" kifejezés, mert többféle áttétel és szint van.

A mértékegységekre a szabványos rövidítéseket alkalmazzuk, amelyek után pontot tenni nem szabad.

A leírás minden mondata, sőt minden egyes szava feleljen meg pontosan a valóságnak. A leírás okmány, amelynek minden adatáért a szállító vállalat felel. Állításainknál ezért ne bízzuk magunkat memóriánkra, vagy logikánkra, hanem minden egyes állításunkról hitelesen győződjünk meg.

Ne felejtsük el, hogy a gépíró is követhet el hibát. A sokszorosításra váró leírást a legnagyobb gonddal nézzük át, a sajtóhibákért is mi vagyunk felelősek.

Nyelvezete magyaros, világos, egyszerű és gördülékeny legyen. Igyekezzünk gondolatainkat magyarosan, sőt irodalmi stílusban kifejezni, hogy a leírás ne csak helyes, hanem szép is legyen.

Gyakori hiba a szenvedő alak alkalmazása, pl. „Az áramkör ellenállással van lezárva", ehelyett: „Az áramkört ellenállás zárja le". Sokan használják az „úgy..., mint..." kifejezést, amikor nem összehasonlításról van szó, a „mind..., mind..."

kötőszavak helyett. Gyakori hiba, hogy mondatokat „azonban" vagy „tehát" kötőszavakkal kezdenek.

Vigyázzunk a vessző alkalmazására. A felesleges vagy hiányzó vessző félreértésekre adhat okot.

Lehetőleg kerüljük a határozatlan névelő használatát, mert az rendszerint nem magyaros. Ne használjuk a közönséges beszédben megtűrt rövidítéseket, mint trafó, kondi stb.

Ne használjunk idegen szavakat, ha vannak jó magyar kifejezések is.

Fordítsunk nagy gondot az új bekezdések alkalmazására. A bekezdés azt jelenti, hogy a gondolatmenetnek azt a részét befejeztük, és most olyan rész következik, amely nincs az előzőkkel egészen szoros logikai kapcsolatban. Ebből következik, hogy az új bekezdés nem kezdődhet az előzőkre való olyan hivatkozással, mint pl. „Ezért...", „Ezek az áramkörök..." vagy „A berendezés tehát..." stb.

Mondataink legyenek egyszerűek és közvetlenek. Ne fogalmazzunk pl. így: „A rezonancia beállítása forgókondenzátor segítségével történhetik". Egyszerűbb és gördülékenyebb a következő fogalmazás: „A rezonanciát forgókondenzátorral állíthatjuk be".

Kerüljük a hosszú körmondatokat, mert ezek rendszerint nehezen érthetők. Gondoljunk arra, hogy leírásaink legnagyobb részét idegen nyelvekre lefordíttatjuk. Minél egyszerűbb a mondatszerkesztésünk, annál kevesebb értelemzavaró hibát fog a fordító elkövetni.

Tömör legyen. Kerüljük a felesleges terjedelmességet, mert ez az olvasást fárasztóvá teszi és gyakran eltereli a lényegről a figyelmet. Kerüljük pl. az ilyenfajta mondatokat: „Térjünk most rá az *X* áramkör ismertetésére". Ehelyett inkább osszuk a fejezetet alfejezetekre és adjuk a szóbanforgó résznek a következő címet: „*X* áramkör". Másik példa: általában helytelen az ilyenféle bevezetés: „Mielőtt az *x* berendezés ismertetésére rátérünk, előbb meg kell ismerkednünk az *y* szerelvény működésének az elvével". Ehelyett rendszerint így fejezhetjük ki magunkat tömörebben: „Az *x* berendezés működése azon az elven alapszik, hogy az *y* szerelvény...".

Ne közöljünk felesleges részleteket.

Hiba a túlzott tömörség is. Gyakran előfordul például, hogy fontos közlendőket jelentéktelennek látszó mellékmondatokba, sőt egyetlen jelzőbe sűrítenek bele. Így lényeges adatok kerülhetik el a figyelmet, sőt előfordulhat, hogy később már a szerző is átsiklik az ilyen részeken és nem veszi észre, ha az ilyen elbujtatott állítás hibás. Nézzük pl. a következő mondatot: „A viszonylagos szintek vizsgálata végett a 600 ohmmal lezárt áramkör bemenetére így és így beállított oszcillátort kapcsolunk." Ha a lezárásról előzőleg nem beszéltünk, akkor ez a fogalmazás helytelen, mert a lezárással kapcsolatos fontos teendőt egy jelzővel intézi el. Ehelyett ilyen fogalmazás volna helyesebb: „A viszonylagos szintek vizsgálata végett zárjuk le az áramkör kimenetét 600 ohm + 1% indukciómentes ellenállással, és kössünk az áramkör bemenetére..."

Tömör fogalmazás helyett ne alkalmazzunk távirati stílust. Ilyen pl. a következő fogalmazás: „*K1* riasztó kulcs. *C1* anódköri szűrő". Az egymást követő túlságosan rövid mondatok darabossá teszik a leírást, akadozóvá a gondolatfűzést. Csúnya mondatszerkesztés pl. a következő: „A jelet a cső rácsára vezetjük. A felerősített jel transzformátoron halad át. A kimenetet az *U*-jelű hüvelypárról vehetjük le."

Gondolatfűzése logikus legyen. Világosan, rendszerezve és könnyen érthetően csak úgy tudjuk kifejezni magunkat, hogy mondanivalóokat logikus sorrendben írjuk le. Gondoljuk át előre, miről akarunk a soron következő részben írni és vezessük végig ezt a gondolatot egyenesen, minden kitérő nélkül. Ha a leírás jobbra-balra, előre-hátra csapong, az olvasó elveszti a megértés fonalát.

Példa: Valamely erősítő működését akarjuk ismertetni. Ha az egyik részletben a jel útját kívánjuk leírni a bemenettől a kimenetig, akkor ebben a részben *csak* erről írjunk, de ne térjünk ki például a fűtőkör vagy a hibajelző áramkör ismertetésére. Törekedjünk arra, hogy ne legyen szükséges az egyes részletekre visszatérni. Helytelen pl. a következő szöveg: „A felerősített jel a *C* kondenzátoron, az *A* változtatható csillapításon, a *T* transzformátoron és az *U1—U2* hüvelyparokon át az *X—Y* szorítókra jut. A *C* kondenzátor az egyenáram útját reteszeli. A *T* transzformátor *5—6* tekercselése az *U3—U4* hüvelypárhoz vezet. Az ide dugaszolt fejhallgatóval a jel közvetlenül megfigyelhető. A csillapítás változtatásával a kimenet abszolút szintje 1 és 2 N között beállítható. Az *U1—U2* hüvelypár vizsgálati célokra való." Ehelyett helyesebb a következő fogalmazás: „A felerősített jel az egyenáramot reteszelő *C* kondenzátoron és a *T* transzformátoron át az *A* csillapításba jut. Ennek változtatásával az *U1—U2* vizsgáló hüvelypárra adott jel abszolút szintje 1 és 2 N között beállítható. E hüvelypárról a jel az *X—Y* szorítókra jut.

A *T* transzformátor *5—6* tekercselése az *U3—U4* hüvelypárhoz csatlakozik. Az ide dugaszolt műszer...".

Eljárások leírásánál minden műveletet a maga helyén, az elvégzés sorrendjében mondjunk meg. Helytelen pl. az, ha valamely mérési eljárás ismertetése után írjuk le a mérés előkészítését. Ehelyett a logikus sorrend a következő: a berendezés előkészítése, az alkalmazandó mérőeszközök felsorolása, a mérés elve, a mérési eljárás. A helyes gondolatfűzés elkerülhetővé teszi a leírás egyes részeinek megismétlését vagy azt, hogy abbahagyott gondolatokhoz később visszatérjünk.

A leírás áttekinthetőségét növeli, ha egy-egy gondolatmenet befejezése után új bekezdést alkalmazunk. A bekezdés alkalmat ad arra, hogy az olvasó itt megálljon és az addig olvasottakat átgondolja. Az előbbi példa erre is tanulságos.

Segíti a logikus fogalmazást és egyben növeli az áttekinthetőséget, ha a leírást fejezetekre, sőt azokat esetleg alfejezetekre bontjuk. A későbbi utalások

kedvéért és a logikus felépítés kihangsúlyozására célszerű a fejezeteket és alfejezeteket decimális számozással ellátni.

Utalás a rajzokra. A kapcsolatos rajzokra minden esetben világosan és egyértelműen utaljunk. Célszerű módszer a fő hivatkozott rajzok felsorolása a fejezet címe alatt, pl.:

4.1. *Adó erősítő*
Elvi kapcsolás: ....
Egyszerűsített elvi kapcsolás: ....
Elrendezési rajz: ....

Ez a módszer javítja a leírás áttekinthetőségét, de természetesen nem teszi elkerülhetővé a szövegközti utalásokat, pl.: (lásd ...).

5. A leírás felépítése és felosztása

Jól áttekinthető a műszaki leírás, ha a berendezést először csak nagy vonalakban ismertetjük, inkább csak működési elvek tekintetében. Ezután térjünk át a most már könnyebben megérthető részletes ismertetésre, majd a berendezés felszerelésére, üzembehelyezésére és karbantartására.

A részletes ismertetés során először az egész berendezést tárgyaljuk, az alkalmazott egységeknek a szerepét és azok összefüggéseit mondjuk el. Ezután sorra vesszük az egységeket.

A leírást ne szakítsuk meg hosszas levezetésekkel, általános jellegű ismertetésekkel (pl. a negatív visszacsatolásról). Az ilyen részleteket inkább függelékben közöljük. Ide valók azok a táblázatok, diagrammok stb. is, amelyek az elszórtan említett azonos jellegű adatokat áttekinthetően összefoglalják (pl. anódáramok táblázata, jelfogók beállítási utasításai, ellenállások' színjelzése, vizsgálati jegyzőkönyv formulák stb.).

Fentiek tekintetbevételével osszuk fel az anyagot részekre, ezeket szakaszokra, majd fejezetekre, esetleg még tovább alfejezetekre. Példaképpen egy elképzelt berendezés műszaki leírásának a felosztását mutatjuk be néhány magyarázó megjegyzéssel.

X—Y rendszer műszaki leírása

Tartalomjegyzék.

Mellékelt rajzok és fényképek jegyzéke.
Mellékelt leírások jegyzéke.

1. Általános ismertetés.
   1.1. A leírás tárgya.
   1.2. Fő jellemzők.
      1.21. Elvi működés.
      1.22. Hatótávolság.
      1.23. Szabályozó áramkör.
      stb.
      1.2*n*. Áramellátás.
2. Részletes áramköri ismertetés.
   2.1. Hangfrekvenciás áramkörök.
      2.11. Végződő áramkör.
      2.12. Hívó és távválasztó áramkör.
      stb.
   2.2. Adó áramkör.
   2.3. Vevő áramkör.
   2.4. Szabályozó áramkör.
   ...
   2.*x*. Műszaki adatok.
      2.*x*1. Végállomás.
      2.*x*2. Középállomás.
3. Felépítés.
   3.1. Konstrukció.
   3.2. A berendezés részei.
4. Egységek.
   4.1. ... adó erősítő.
      4.11. Általános ismertetés.
      4.12. Áramköri ismertetés.
      4.13. Műszaki adatok.
   4.2. ... vevő erősítő.
      4.21. Általános ismertetés.
   ...
5. Áramellátó berendezés.
   5.1. Általános ismertetés.
   5.2. Részletes leírás.
   5.3. Műszaki adatok.
6. A berendezés felszerelése.
7. Üzembehelyezési utasítás.
   7.1. Előkészítés.
      7.11. Általános tudnivalók.
      7.12. Az üzembehelyezéshez szükséges mérőkészülékek és eszközök.
   7.2. Előzetes vizsgálatok.
   7.3. Üzembehelyezés.
   7.4. Végső beállítás.
   7.5. Végső ellenőrzés.
8. Karbantartás.
   8.1. Általános elvek.
   8.2. Napi vizsgálatok.
   8.3. Heti vizsgálatok.
   ...
9. Függelék.

Megjegyzések

Ad 1. Az általános ismertetés arra való, hogy abból az olvasó az egész berendezést nagy vonalakban megismerje. Célszerű, ha erre a célra egyszerűsített tömbvázlatokat és a nagyvonalú megértést megkönnyítő egyéb rajzokat készítünk. A jól elkészített általános ismertetés rendszerint alkalmas arra is, hogy egyes kiegészítésekkel (fő műszaki jellemzők, tervezési tudnivalók, kérdőív stb.) abból rövid műszaki, vagy kereskedelmi jellegű ismertetőt készíthessünk.

Ad 1.1. Tömören, néhány mondatban leírjuk a berendezés lényegét és alkalmazási területét.

Ad 1.2. A fejezetek terjedjenek ki a berendezés minden fontos tulajdonságára.

Ad 2. E fejezet részletesen ismerteti a berendezés működését tömbvázlatok és egyéb rajzok (pl. frekvenciakiosztási diagrammok alapján), de az egyes szerelvények részleteit nem tárgyalja. Minden ön-

állónak tekinthető áramkört külön fejezet tárgyaljon.

Ad 2x. E fejezet a garantált műszaki adatokat tartalmazza. Készítésénél különösen ügyeljünk a teljes hitelességre, továbbá a szabatos, egyértelmű, jól meghatározott megnevezésekre, amelyek minden félreértést kizárnak.

Ad 3. Helyes, ha nézetrajzokat, körvonalrajzokat, fényképeket mellékelünk.

Ad 3.1. Magát a szerkezeti megoldást rendszerint csak nagy vonalakban ismertetjük, kiemelve ami a kezelőszemélyzet számára fontos, pl. a csövek behelyezésének, az alkatrészek cseréjének a módját.

Ad 3.2. A felsorolásból megállapítható legyen, hogy a teljes berendezéshez, vagy annak bizonyos kiépítéséhez milyen és mennyi önálló keretre stb. van szükség. Esetleg célszerű lehet a nagy egységek tartalmának, pl. a keretek beültetésének felsorolása is.

Ad 4. Minden egység leírása önálló fejezet legyen, amely lehetőleg önmagában is érthető. E fejezetek ezért szerkezetileg hasonló módon építendők fel, mint a teljes leírás. Az „Általános ismertetés" néhány szóval, vagy pár mondattal ismerteti, mi a szóbanforgó egység, hol alkalmazzuk. Ugyanez a fejezet tartalmazza az elvi működés leírását és a fő jellemző tulajdonságok ismertetését. A következő fejezet (pl. „Áramköri ismertetés") írja le az egységet részletesen. A „Műszaki adatok"-ban a működési jellemzőkön kívül (pl. bemenő és kimenő szint, torzítás, fogyasztási adatok stb.) célszerű megadni az egység méreteit és súlyát is.

Ad 5. Ha az áramot nem különálló berendezés szolgáltatja, hanem egy beépített egység, akkor ez az ismertetés ne legyen külön szakaszban, hanem a 4. szakasz egyik fejezeteként szerepeljen.

Ad 6. Célszerű, ha szerelési rajzokat és tipikus alaprajzi elrendezéseket mellékelünk.

Ad 7.11. Ez a fejezet az általános utasításokat tartalmazza (pl. hogyan kell a vizsgálati pontokon bedugaszolni, milyen elnevezéseket fogunk alkalmazni, hogyan kell földelni, a vizsgálati jegyzőkönyveket kitölteni stb.).

Ad 7.12. Felsorolandók az összes szükséges vizsgáló és mérő készülékek fő jellemző adataikkal (mérési terjedelem, pontosság stb.). Célszerű javasolt típusokat is megnevezni gyártmány és árjegyzéki szám szerint. Soroljuk fel e fejezetben a mérőeszközöket is, mint zsinórok, alkatrészek stb.

Ad 7.2. Az előzetes vizsgálatok vonatkozhatnak a felszerelt teljes berendezésre, vagy annak egy részére, pl. egy-egy keretére, vagy a csatlakozó berendezésekre, pl. az antennára, légvezetékre stb. Ennek megfelelően célszerű e részt fejezetekre és alfejezetekre bontani.

Az egyes méréseknél közölnünk kell az előírt értékeket a megengedett eltérésekkel együtt. Arra az esetre, ha a mért érték nem esik az előírt határok közé, lehetőleg mondjuk meg, mi a valószínű hiba és hogyan lehet azt elhárítani. Mellékeljünk jegyzőkönyvi mintákat, amelyek feltüntetik az előírt értékeket és tűréseket, a mérés megnevezését, utalást a 7.2. fejezet megfelelő pontjára. Elegendő üres rovat legyen a mérési eredmények beírására.

Ad 7.3., 7.4. és 7.5. E részek is megfelelő fejezetekre és alfejezetekre bontandók, jegyzőkönyvi minták mellékelendők.

Ad 8.1. A karbantartáshoz szükséges műszereket és mérőkészülékeket rendszerint a berendezést gyártó mű szállítja. Ezért célszerű, ha a felsorolás utal az egyes mérőkészülékek külön műszaki leírására.

Ad 9. Ez a szakasz a leírás megértéséhez szükséges elméleti vagy egyéb ismertetéseket tartalmaz, továbbá az említett táblázatokat, diagramokat stb. (lásd a 4. szakaszt).

5. A műszaki leírás elkészítése és ellenőrzése

A leírás elkészítését célszerűen az anyag felosztásával, a fejezetek és alfejezetek megállapításával kezdjük és csak ezután fogunk az egyes fejezetek részletes megírásához. Sok esetben gyorsíthatjuk a munkát, ha először csak címszavakban felsoroljuk, amiről írni akarunk, és az első fogalmazásnál nem törődünk a mondatok szépségével, sőt esetleg a logikus felépítéssel sem. A fogalmazás részeit ezután helyes sorrendben helyezzük el, és folyamatos gondolatfűzéssel, kicsiszolt mondatokkal az egészet újra írjuk. Általában, különösen kellő gyakorlat hiánya esetén, ezt a második fogalmazványt sem szabad még véglegesnek tekintenünk, hanem ennek gondos átolvasása után kell a végleges szöveget kialakítanunk. Tanácsos átírás előtt néhány napig a kéziratot pihentetni. Így könnyebben fedezzük fel nemcsak a sajtóhibákat, hanem a helytelen gondolatfűzést, a pongyola kifejezéseket, vagy a hiányosságokat is. Átolvasáskor húzzuk ki a felesleges részeket, rövidítsük meg a túlhosszú mondatokat, igyekezzünk a fogalmazást tömörebbé tenni. Nézzük át leírásunkat az olvasó szemével, akinek azt könnyen kell megértenie és az esetleges fordító szempontjából is. Szükség esetén nem szabad sajnálni a fáradságot egyes fejezetek, sőt az egész leírás ismételt átírásától sem. Bonyolult berendezések ismertetésekor ez a munka rendszerint nem is kerülhető el.

Ha mód van rá, már a fogalmazásnál vegyünk igénybe gépírói segítséget. Gépbe vagy gyorsírásba diktálva jobban koncentrálhatunk a leírás lényegére és gördülékenyebb mondatokat alkotunk. Így, kellő előkészítés után, kis gyakorlattal azonnal olyan szöveget diktálhatunk, amely majdnem végleges lehet.

A végleges szöveg gépelésekor ügyeljünk arra, hogy a leírások külső alakja csinos és egységes legyen. Helyes, ha egy jólsikerült leírást mintának nevezünk ki és munka közben ezt állandóan szem előtt tartjuk.

Szárazelemek gazdaságos felújítása

PESTY LÁSZLÓ, Villamosipari Kutató Intézet és PEREGRINY FERENC, Akkumulátor- és Szárazelemgyár

Régi óhaja a telepes rádiótulajdonosoknak és ezenkívül mindazoknak, akik szárazelemeket használnak, hogy az elemeket kimerülésük után valamilyen eljárással ismét használhatóvá tegyék és ezzel a bennük szemmelláthatóan elhasználatlanul maradt anyagokat értékesítsék. Ugyanis már a közönséges zsebelemek szétszedése alkalmával megállapítható, hogy azokban horganyon, barnakövön, grafiton, szénpálcán kívül — hogy csak a legfontosabbakat említsük — sok vegyi anyagnak az áramszolgáltatási folyamat közben csak igen kis százaléka használódik fel, a többi pedig kárba vész. Ezen anyagok legnagyobb részéért azok importja alkalmával súlyos deviza forintokat fizetünk.

A kárbavesző anyagok mennyiségét egy német kutató [1] Németországban 500 millió normál cella gyártásával kapcsolatban 10 millió márkára becsüli. Még tekintélyesebb lehet ez a szám az USA-ban, ahol az 1945 évi termelést 3400 millió normál cellára becsülték. Magyarországon a hazai termelésre vonatkoztatott kárbavesző anyag értékét óvatos becsléssel 2,5 millió forintra becsülhetjük évente. Ez az összeg oly tekintélyes, hogy célszerűnek látszik a népgazdaság számára való — legalább részbeni — megmentésének eszközeire rámutatnunk.

Az elhasznált elemekben visszamaradt anyagok hasznosítására vonatkozó eljárásokat két csoportba oszthatjuk:

1. Ide tartoznak azok a szabadalmak, amelyeknek lényege az elemek felbontása után a bennük levő anyagokat különféle vegyi folyamatok segítségével visszaalakítani és eredeti rendeltetésük céljaira visszavezetni. Dacára a szabadalmak nagy számának [2], tudomásunk szerint ezeket a gyakorlatban nem használják, aminek magyarázata az, hogy oly tömegcikknek, mint a zsebelem, a felbontása, az alkatrészeknek és anyagoknak különkülön való osztályozása, azután ezeknek kémiai regenerálása és újbóli feldolgozása oly nehézségekkel jár, hogy a munkával járó ráfordítás nem áll arányban a várható gazdasági eredménnyel.

2. Ide tartoznak azok a különféle felújítási eljárások, amelyek az elemek felbontása nélkül óhajtják a kellő gazdasági eredményt elérni. Ilyen kísérletek már régebben is történtek, az utóbbi időben mind többen és többen tesznek e tárgykörbe eső újítási javaslatot. Ezek legtöbbször a kérdés műszaki és gazdasági részének alapos ismerete nélkül készülnek, s így az eredmény is ennek megfelelő. Ilyen volt pl. az anódtelepek kályhán való felmelegítése, vagy a zseb- és anódtelepek egyes elemeinek oly módon való felújítása, hogy fedelük átlyukasztása után orvosi injekciós tűvel illetve fecskendővel juttassuk a felfrissítő elektrolitot az elembe stb.

A kérdés gazdasági részét mérlegelve szükségesnek tartottuk, hogy ezzel a kérdéssel kissé behatóbban foglalkozzunk és az ebben a témában rejlő lehetőségeket a csekély mértékben rendelkezésre álló irodalmi adatok felhasználásával, de saját kutatási eredményeinkkel kiegészítve ismertessük.

Irodalmi adatokkal [3] egyetértőleg azt találtuk, hogy az elemek felújításának oly fizikai és elektrokémiai feltételei vannak, amelyekre a legtöbb újító nem gondol és amelyeknek meg nem tartása az eredményt bizonytalanná teszi. Ezek a feltételek részben az elemek üzemi viszonyaival és kihasználásával, részben a felújításnál alkalmazott egyenáramú töltés módozataival függnek össze.

Az elemek regenerálásával kapcsolatos észleleteinket a következőkben foglalhatjuk össze:

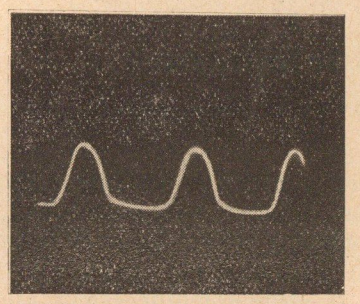
1. a teljesen kimerült — kihasznált, vagy állás közben önkisülés folytán tönkrement, esetleg teljesen kiszáradt — elemek felújítása teljesen céltalan. Az elemekben végbemenő elektrokémiai folyamatok bizonyos fokig megfordítható, reverzibilis folyamatok, de csakis akkor, ha a végkimerüléssel együttjáróan a horganyserleget kemény kristályréteg még be nem borítja és az elektrolit teljesen ki nem száradt. Ilyenkor ugyanis a belső ellenállás rendkívüli megnövekedése következtében semmiféle felújítás sem járhat eredménnyel. Éppen ezért, ha az elemeket egyenáramú töltéssel akarjuk újítani, akkor azokat terhelés alatt mért 0,7—0,8 *volt cellafeszültségnél mélyebben ne süssük ki.* Zseblámpa elemet pl. ne használjunk addig, amíg a lámpa égője már csak vörösen izzik, hanem már megelőzően cseréljük ki felújított elemmel;

2. a telepek és elemek egyenárammal való felújításánál a töltő erőssége minél csekélyebb legyen és inkább a töltési időt nyújtsuk ki. Közönséges zseblámpaelemet kimerülés után 50—70 milliamperral tölthetünk kb. 16—20 órán át. Nagyobb elemeknél az áramsűrűség fokozható az I. táblázat szerint:

I. táblázat

A telep								Javasolt maximális töltőáram* mA
MNOSZ jele	neve	feszültsége, V	tároló képessége, Ao	szélessége, mm	vastagsága, mm	átmérője, mm	magassága, mm	
2B	kis bottelep	3	0,5	—	—	20,5	72	*35*
3C	lapos zsebtelep	4,5	1	61,5	21	—	65	*70*
1D	nagy bottelep	1,5	3	—	—	32	60	*200*
2E	ikertelep	3	5	66	34	—	83	*300*

* *Anódtelepnél* arra a fenti egységre javasolt töltőáramot alkalmazzunk, amellyel egyező méretű (azonos MNOSZ betűjelű) elemekből az anódtelep épült.



1. ábra. Egyutas szelén egyenirányítóval töltött 1,5 voltos zsebelem-cella oszcillográffal készült feszültséggörbéje. Jól megfigyelhetők a fél periódusoknak megfelelő töltési szünetek

3. ha az elemek és telepek az 1. pontban közölt feszültség értékét elérték, ne hagyjuk azokat napokig, esetleg hetekig állni, hanem a felújítást lehetőleg aznap vagy a kisütést követő napon végezzük el.

Általában minél kevesebb árammennyiséget vettünk ki az elemekből és minél gyorsabban kapcsoljuk a telepet a kisütés után töltésre, annál hatékonyabb a felújítás.

4. Végül a töltés módjára vonatkozólag azt találtuk, hogy bár akkumulátorból származó egyenárammal is sikerül a felújítás, jobb eredményeket értünk el, ha a felújítást egyutas szelénelemes egyenirányítóval végeztük. Ennek magyarázatát a töltés oszcillográfon felvett jelleggörbéjében (1. ábra) találhatjuk meg. Úgy látszik, hogy a töltési idővel azonos ideig tartó üzemszünetek, valamint a töltő áramnak a töltő feszültséggel összefüggő változó értéke kedvezően befolyásolja az elektrokémiai folyamat sikeres reverzibilitását. Hallows kutatásai [4], melyeket a mi kutatásaink mindenben megerősítettek, azt mutatták, hogy ha az egyutas szelénelemes egyenirányításnál a 2. ábrán látható kapcsolást alkalmazzuk, eredményünk még kedvezőbb. Itt a szelénelemet 200 ohm ellenállású tekerccsel zártuk. A 3. ábra egy ilyen készülékkel felvett oszcillogramot mutat be.

Kísérleteink azt is mutatták, hogy ha az 1—4. felújítási utasításokat megtartjuk, sem kapunk még azonos gyártási sorozatból származó elemeknél azonos eredményt. A különböző felújítási számot mutató elemekben különböző mennyiségű elektrolitot találtunk. A kisebb mennyiségű elektrolitot tartalmazó elemek regenerálhatósága rosszabb volt. A kisebb elektrolit mennyiség valószínűleg azzal függ össze, hogy a különböző elemek lezárása a külső tértől nem sikerül mindig egyformán és a kevésbé jól lezárt elemek hamarább száradnak ki. Viszont a tökéletesen lezárt elemek regenerálása jól sikerül és a folyamat sokszor megismételhető.

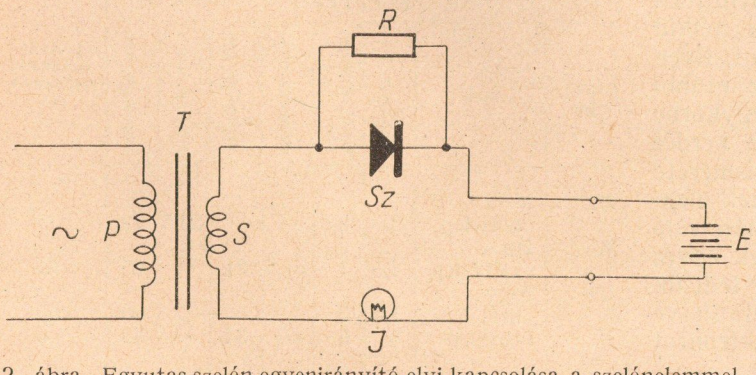
II. táblázat. 1,5 voltos, 33 mm átmérőjű, 97 mm magas nagyothalló fűtőelem teljesítménye regenerálás nélkül és regenerálással

I. elem: kisütések regenerálás nélkül, de szünetekkel

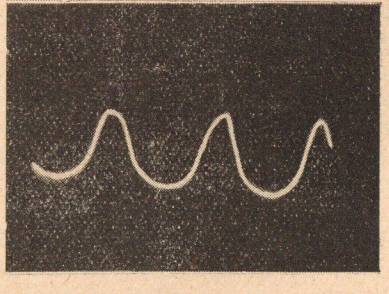
Sorszám	Részlet-kisütés Ao	Szünet tartama óra
1	1,74	20
2	0,49	7
3	0,35	17
4	0,21	46
5	0,28	—
I. elem összesen	*3,07*	

II. elem: kisütések úgy, hogy a kisütést mindig töltés követte

Sorszám	Kisütés Ao	Regenerálás Ao
1	2,3	1,92
2	2,3	0,60
3	0,8	0,60
4	0,3	1,00
5	1,0	0,30
6	0,7	0,70
7	1,7	0,96
8	0,6	1,00
9	0,5	1,20
10	0,5	1,2
11	0,5	1,9
12	0,7	1,0
13	1,3	0,7
14	0,5	0,7
15	0,4	0,7
16	0,4	1,1
17	0,5	0,6
18	0,35	0,2
19	0,35	0,7
20	0,56	0,6
21	0,42	0,7
22	0,35	1,6
23	0,24	—
II. elem összesen	*17,27*	19,98



2. ábra. Egyutas szelén egyenirányító elvi kapcsolása a szelénelemmel párhuzamosan kapcsolt 200 ohmos ellenállás beiktatásával. *T* transzformátor; *P* ennek primer, *S* pedig szekunder tekercse; *Sz* egy 45 mm átmérőjű szeléntárcsa; *R* 200 ohmos huzalellenállás; *I* zseblámpaizzó; *E* zseblámpaelem



3. ábra. Egyutas szelén egyenirányítóval töltött 1,5 voltos zsebelem-cella feszültséggörbéje. Az 1. ábrán szereplő elem töltési feszültséggörbéje a párhuzamosan kapcsolt ellenállás hatására módosul: a 0 vonal feletti egyenfeszültségen kívül a 0 vonal alatt kis váltóáramú komponens is érvényesül

Áramtöltéssel való felújítási kísérleteinket zsebelemeken és botelemeken kívül még nagyothalló készülékekbe való fűtőelemekkel is elvégeztük és az eredmények hasonlóan jók voltak. Aerodyn rendszerű légző elemekkel a kutatások még folyamatban vannak. Eddigi kísérleteink sokat igérőek.

A nagyothalló fűtőelemekkel 1954-ben végzett kísérleteink eredményét a II. táblázatban foglaltuk össze. Ennek adataiból láthatjuk, hogy egy ilyen elem gyári friss állapotában 70 milliamper állandó terhelés mellett kb. egy hét alatt 5 részletben, négyszeri megszakítással 1 volt kisütési végfeszültségig 3,07 amperóra tárolóképességet nyújtott. Ugyanazon gyártási sorozatból származó másik hasonló elem szintén állandó 70 milliamper terheléssel, azonban naponkénti megszakítással, amely megszakítást estétől reggelig tartó töltés követett, 23 nap alatt 17,27 amperórát teljesített. A töltést csupán 40 milliamperral és egyutas szelénelemmel végeztük. Meglepő jó volt ennél az óvatos töltésnél a kisütés és töltés hányadosa, azaz a felújítás hatásfoka, amennyiben 19,98 Ao árammennyiség betöltése mellett a kivett árammennyiség 17,27 Ao, ami 85%-nak felel meg.

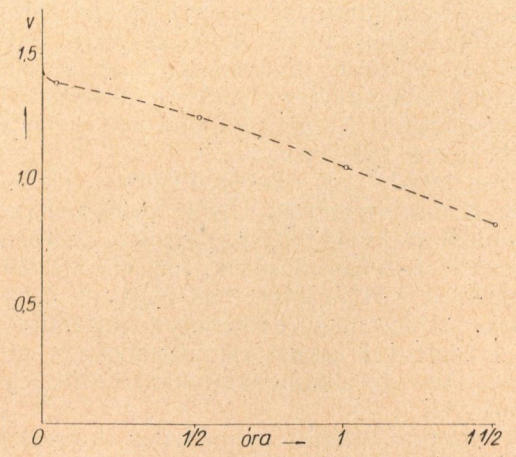
Ezen kísérleteket részben 1955-ben, részben ez évben is megismételtük. Újabb kísérleteinknél az akkumulátorral való töltést az egyutas szelénelemes töltéssel is összehasonlítottuk. Idevágó kísérleteink eredményeit a III. táblázatban foglaltuk össze. Az egyutas szelénelemes egyenirányítóval töltött elemek eredményei sokkal előnyösebbeknek mutatkoztak, mint az akkumulátorokkal töltött elemek eredményei.

A nagyon eltérő eredményben kétségtelenül szerepet játszhatott az összehasonlítás tárgyát képező két elem nem azonos elektrolitmennyisége és

III. táblázat. Akkumulátorral és egyutas szelén egyenirányítóval regenerált 1,5 voltos nagyothalló elemek teljesítménye

Kísérlet időpontja		Kisütés sorszáma	Töltés akkumulátorral				Töltés egyutas szelén egyenirányítóval			
nap	óra		Kisütés tartama óra	E. M. É. volt	Kisütő áram amp.	Teljesítmény Ao	Kisütés tartama óra	E. M. É. volt	Kisütő áram amp.	Teljesítmény Ao
Alapteljesítmény: Friss telepből regenerálás nélkül nyert eredeti teljesítmény										
1956. I. 4.	9	1	6	1,62	0,1	0,6	6	1,62	0,1	0,6
	15			1,18				1,18		
1956. I. 5.	11	1	5	1,30	0,1	0,5	5	1,30	0,1	0,5
				1,26				1,26		
1956. I. 6.	8	1	7	1,24	0,1	0,7	7	1,24	0,1	0,7
				1,20				1,20		
1956. I. 7.	8	1	6	1,20	0,1	0,6	6	1,20	0,1	0,6
	14			1,16				1,16		
1956. I. 9.	8	1	6	1,24	0,1	0,6	6	1,26	0,1	0,6
	14			0,91				0,96		
Alapteljesítmény összesen						*3,0*				*3,0*
Regenerálás:										
1956. I. 19.	8	5	5	1,32	0,1	0,5	5	1,32	0,1	0,45
	13			0,98				0,97		
1956. II. 1.	8	10	5,75	1,32	0,1	0,575	5,75	0,26	0,1	0,57
	13,45			0,92				0,91		
1956. II. 11.	9	15	—	—	—	—*	2,5	1,34	0,1	0,25
	11,30							0,98		
1956. II. 18.	8	20	—	—	—	—	2,25	1,46	0,1	0,22
	10,15							0,98		
1956. II. 26.	8	25	—	—	—	—	2	1,51	0,1	0,20
	10							0,85		
1956. III. 3.	8	30	—	—	—	—	2	1,51	0,1	0,20
	10							0,95		
1956. III. 9.	8	35	—	—	—	—	2	1,56	0,1	0,20
	10							0,80		
1956. III. 16.	8	40	—	—	—	—	1,5	1,52	0,1	0,15
	9,30							0,80		
1956. III. 29.	8	45	—	—	—	—	1,5	1,52	0,1	0,15
	9,30							0,90		
1956. IV. 16.	8	50	—	—	—	—	1	1,52	0,1	0,10
	9							0,91		
1956. IV. 25.	8	55	—	—	—	—	1,5	1,51	0,1	0,10
	9,30							0,92		
Fenti sorszámú kisütések összesen						*1,075*				*2,59*
1—4, 6—9, 11—14, 16—19, 21—24, 26—29, 31—34, 36—39, 41—44, 46—49, 51—54. kisütések						*2,75*				*9,27*
Alapteljesítmény és regenerálás összesen						*6,825* (227,5%)				*14,86* (495%)

* Az akkumulátorral töltött elem a 14. regenerálás után már nem működött.



4. ábra. Pertrix eljárással készült 1,5 voltos, 33 mm átmérőjű, 97 mm magas elem kisütési feszültséggörbéje 100 mA állandó terheléssel 0,87 volt feszültséghatárig az 55. felújítás után. Tároló képesség 0,150 amperóra

lezárása is. Ez utóbbi két tényezőnek a kihatásai eddig pontosan és rendszeresen nem voltak kiértékelhetők.

Az akkumulátorral töltött elem 3,00 Ao kezdeti tárolóképesség leadása után még 14-szer volt felújítható, miközben további 3,825 Ao-t, összesen tehát 6,825 Ao-t, vagyis 227,5%-ot teljesített. Ugyanakkor megindított hasonló elem szelénes egyutas egyenirányítóval szintén 3 Ao-nak talált alapérték után eddig (1956. IV. 23) 55-ször volt felújítható, miközben 14,86 Ao-t, tehát 495%-ot teljesített (4. ábra).

Hasonló kísérleteket végeztünk zsebelemekkel is. Itt is figyelembe vettük az üzemi viszonyokra javasolt 1—4. pontokba foglaltakat. A zsebelemek kb. 1 Ao alapteljesítmény után, valószínűleg ismét az elektrolitmennyiségtől és lezárástól függően, legalább 8—10-szer, kivételes esetekben pedig 21-szer voltak felújíthatók. Természetesen az egymásutáni felújítások csökkenő tárolóképesség értékeket mutattak. Így az említett 21-szer felújított elemnél 70 milliamperrel való töltést és 200 milliamperes kisütést alkalmaztunk. Az elem 22,5 óráig működött 200 milliamper terheléssel, vagyis 4,5 Ao-t szolgáltatott, ami az alapteljesítményt is figyelembe véve összesen 5,5 Ao, tehát 550%-os teljesítmény.

IRODALOM

[1] *Drotschmann*: Trockenbatterien S 367
[2] Többek közt: DRP 418 075,435 748,331 048 It. Pat. 387 208 U. S. A. 1 192 061, 1 412 286 Brit. P. 12 040 stb.
[3] *George Vinal*: Primary Batteries P 117.
[4] *R. Hallows*: Dry-Cell Reactivator. Recharging with Partially Rectified Alternating Current. Wireless Word 1953. VIII. P. 344.

Szemle

Rovatvezető: GÁL ISTVÁN

A *Bell* cég közölte, hogy néhány éven belül üzembe helyezi a jelenleg fejlesztés alatt álló első kísérleti elektronikus távbeszélő központot. Az új rendszerű központ mintegy 2500 előfizetői vonalra készül. Legfontosabb alkotóeleme tranzisztor lesz, amely az eddigi elektromechanikus rendszerek jelfogóját fogja helyettesíteni. Az elektronikus központ-rendszer főelőnye az eddigiekkel szemben a kapcsolási sebesség tetemes megnövekedése, mert a tranzisztor a jelfogónál mintegy ezerszer gyorsabban működik. A nagyobb működési sebesség természetesen sokkal kevesebb kapcsolóelem alkalmazását teszi szükségessé.

Az új elektronikus központ-rendszer megtervezését nemcsak egyszerűen kapcsolóelem-helyettesítés kérdésének tekintik, hanem teljesen újat készülnek bemutatni a mechanikus felépítés és a kábelezés területein is. Gyorsan cserélhető, előre gyártható elemcsoportokat fognak összevonni és előre bekábelezni. Új és kiterjedt riasztórendszer alkalmazását is tervbevették.

*

Szovjet szakemberekkel együttműködve, a Román Népköztársaság atomkutató központot épít. A kísérleti atomreaktor 2 MW teljesítményű lesz. A kísérletek célja az atomenergiának elektromos energiává való átalakítása. A kísérletek rendkívül fontosak, mert Románia jelentős uránérckészletekkel rendelkezik.

*

Egy amerikai cég elkészítette az első telepes zsebmagnetofont A 216×98×48 mm méretű készülék súlya 1,4 kg. Szalagsebesség 4,8 cm/sec, szalaghossz 91 m. A kemény mágneses anyagot hordó poliészter fólia vastagsága 0,025 mm. Természetesen a kis méreteknek egyelőre minőségcsökkenés az ára: az átvitt sáv 200—5000 Hz és így csak beszéd felvételére és leadására használható.

*

Az Egyesült Államok távgépíró szolgálatának most van a 25 éves jubileuma. 1931-ben mintegy 1000 gép kb. 13 000 üzenetet közvetített. Ma már az üzleti forgalom olyan nagy, hogy évente 21 500 000 üzenetváltást bonyolít le mintegy 38 000 állomás. Összehasonlításul érdekes, hogy az 1955. évi napi rekord 95 000 táviratváltás, tehát több, mint hétszerese a kezdő év forgalmának.

*

A Lengyel Népköztársaság kormányhatározata szerint kutatólaboratóriumot állítanak fel a félvezetők fejlesztésére. Feladata lesz a hazai nyersanyagokból való előállítás kidolgozása is. Természetesen biztosítják a programhoz szükséges nyersanyagok (pl. germániumoxid) és segédanyagok megfelelő kitermelését.

*

Eritrea fővárosában Asmarában üzembe helyezték az első afrikai távolbaláto központot.

*

A Szovjetunióban az Ararát fennsíkon 1200 kW teljesítményű naperőmű építését tervezik. Önműködően mozgó, vonatokra szerelt óriási tükörrendszerrel koncentrálják a nap sugarait egy toronyra épített nagy kazánra és így nagynyomású vízgőzt állítanak elő, ami turbinákat fog működtetni. A tervezett erőmű — miután a rendelkezésre álló évi napsütéses órák száma átlagosan 2600 — nemcsak kísérleti célokat szolgálna, hanem, többek között, öntözőművek energiáját is biztosítaná.

Franciaország egymillió dollár értékű távolbalátó berendezést szállít a Lengyel Népköztársaságnak az *Elektrim* külkereskedelmi szerv és a *Radio-Industrie* cég között aláírt szerződés értelmében.

*

A legnagyobb német rádiókiállítást a tervek szerint 1957 augusztus havában Frankfurt am Main-ben rendezik meg.

*

Japánban öt távolbalátó adó működik és a havi vevőkészülék termelés eléri a 20 000 darabot.

*

A *General Electric* cég új elektronikus órát szerkesztett, amely zseblámpa elemmel működik. Az órát a távol húzódó hálózat frekvenciája induktív csatolással szinkronizálja. A szinkronizáló feszültség az órába beépített hangolt ferrit antenna révén háromfokozatú tranzisztoros erősítőbe jut, és így a szinkronizáló jel a működtetéshez szükséges nagyságú lesz.

*

A berlini *Siemens* nemrég készítette el a tízmilliomodik szelénegyenirányítót. Ma a havi termelés kb. félmillió darabra tehető. A szelénegyenirányító egyre fokozódóan keresett alkatrész lesz, mert az újtípusú rádió és távolbalátó vevőkészülékekben egyre gyakrabban alkalmazzák elektroncsövek helyett. Az új készülékek kb. 90 százaléka már szárazegyenirányítós. A szelén nyersanyagát nagyrészt Svédországból importálják.

*

A tranzisztoros elektronikus készülékek elterjedtsége szükségessé tette az Egyesült Államokban új különleges vizsgáló készülék készítését. A hordozható szervisz készülékkel mind a *pnp*, mind pedig az *npn* tranzisztorok rétegtulajdonságai és egyenáramú erősítése megvizsgálható. Az ilyen vizsgáló készülék használata kizárja a tranzisztorok megsérülésének a lehetőségét.

*

1957-ben Stockholmban rendeznek előreláthatólag ismét egy hullámkörzet-elosztó konferenciát az összes érdekelt állam részvételével. Újra megvizsgálásra kerül az URH-sáv felosztása is.

*

Az *Amperex Electronic Corporation* új egyenirányítócsövet szerkesztett Amperex 6339 néven. Hossza 5 cm, átmérője pedig 2 cm. Az anódfeszültség 16 kV lehet és 200 mA-rel terhelhető. Az egyenfeszültség ilyenkor 14 kV. Üzemben általában vízhűtés szükséges, de — kisebb igények esetén — a vízhűtés el is hagyható.

*

Germánium alapanyagú tranzisztoroknál a bázisvastagságot új eljárással 1 mikronra sikerült leszorítani. Így a határfrekvencia bázisakapcsolással 400—600 MHz, a megengedhető áramsűrűség 2000 A/cm². Az új eljárás szerint a kristályegyedeket arzéntartalmú gázban nagy hőmérséklet hatásának teszik ki. Az új eljárást szilicium tranzisztorokra alkalmazva, az eredmény 4 mikron és 100—200 MHz körül van.

*

Madridban üzembehelyezték az első televíziós adót. 1956 végétől már rendszeres műsort sugároznak egyelőre hetenként 20 órán keresztül. Az adóantenna 70 m magas, az adó csúcsteljesítménye 500 watt. A képadás frekvenciája 55,25 MHz.

*

India jelentős sokcsatornás rádiótelefon összeköttetést rendelt Angliától. A berendezések 48, illetve 24 csatornásak. A terep bejárása és az adók helyének a kijelölése már megtörtént.

*

A *Nyugatnémet Szövetségi Köztársaságban* üzembehelyezték az első kísérleti autó-távíró rendszert. Ezzel lehetővétették, hogy külföldön — egyelőre csak Franciaországban, de ott is csak Párizs—Marseille és Párizs—Calais—Bordeaux viszonylatban — az autós utazók hazulról táviratot kaphassanak. A táviratot az út mentén elhelyezett vevők veszik fel és — éjjel kivilágítva — táblákon jelzik az érdekelt kocsi számát.

*

Az *Egyesült Államok* csőgyártása 1947 óta meghatszorozódott. A csőgyárak adatai szerint az előállított mennyiség 1955-ben 800 millió dollárt tett ki. A vevőcsövek ebben mintegy 42 százalékkal szerepelnek, a katódsugárcsövek 32 százalékos aránya pedig a televízió fejlődésére jellemző. A vevőcsövek 52 százaléka miniatűr kivitelű és ezek száma 1947 óta megtízszereződött. A csőgyártásban foglalkoztatott személyek száma 70 000 és jellemző, hogy 156 csőgyártó van az 1947 évi 51-gyel szemben.

*

Új megoldás szerint az autók hengerébe a benzint az „*Electrojector*"-nak elnevezett berendezés fecskendezi be a legalkalmasabb pillanatban. A megoldás tranzisztoros. A vezérlést a motor hőfoka, a szelepek állása stb. szolgáltatja.

*

Elkészült *Amerikában* az első tranzisztoros távbeszélő kapcsolószekrény, amely sem elektroncsövet, sem lépésenként működő mechanikus kapcsológépet sem tartalmaz. Az új berendezés hadihajó számára készült és 100 helyi vonal és 15 külső összeköttetés csatlakoztatására alkalmas. Egy ilyen kapcsolószekrényhez 4500 tranzisztor és 5000 dióda volt szükséges. Természetesen a berendezés könnyű és kis helyszükségletű, ami hajók esetében elsőrendű fontosságú. A tranzisztoros kapcsolószekrény együttműködtethető bármilyen más rendszerű berendezéssel.

*

Angliában a híradástechnikai kutatómunka a közlések szerint a következő területeken igen aktív: színes televízió, rövidhullámú rádióösszeköttetés az óceánokon át, impulzusrendszerek, diffúziós terjedés. Ugyancsak széleskörű munka folyik ferritanyagok és dielektrikumok fejlesztése terén.

*

A párizsi nagyopera korszerűsíti technikai felkészültségét. A Telefunken cégnél megrendelt korszerű elektroakusztikus berendezések magnetofonokat, erősítőberendezést, keverő- és szabályozópultot, valamint jóminőségű hangszórórendszert tartalmaznak. Ezek tervbevett felhasználása igen változatos. A legkülönfélébb akusztikus hatások, zörejek, valamint hangirányítás az operák előadásának a színvonalát nagymértékben emelni fogják.

*

A *DDR* televíziós adóit ez év elején átalakítják, mert országosan újraszervezik a frekvenciakiosztást. Az átszervezést az egyre szaporodó bel- és külföldi adók teszik szükségessé és csak így biztosítható a jövőben a zörejmentes vétel. A vevőkészülékeket és antennákat is természetesen át kell alakítani, de ezt költségmentesen végzik el. Az adásban a kiesést legfeljebb két hétre tervezik.

*

Egy detroiti mérnök legújabb találmánya az autó önműködő ütközésgátlója. Az akadály közeledtekor egy radar elven keletkező elektromos jel önműködően időben lefékezi a járművet. A berendezés használhatóságáról és áráról még nem történt közlés.

*

Franciaországban jelenleg 26 427 km hosszú távkábel van üzemben. Ezen az áramkörök száma 26 265, vagyis a tulajdonképpeni teljes kábelhosszúság 4 636 000 km. Természetesen az összeköttetések javarésze négyhuzalos és az utóbbi években jóformán csak ezek száma szaporodott.

*

Az 1956 évi *Nobel* díjat *Shockley, Bardeen* és *Brattain*, a *Bell* cég kutatói kapták a félvezetőkkel kapcsolatos eredményeikért. Ezek az eredmények tették lehetővé a tranzisztorok óriási fejlődését.

*

Egy angol társaság olyan géptávíró hálózatot szervezett, amely csaknem az egész földgömböt körülfogja. Az összeköttetés *Londont* Szingapuron át *Sydneyvel*, majd *New-Yorkkal* hidalja át, de leágaztatható sokfelé, így San Francisco vagy Hongkong felé is. A távírókapcsolat azonnali is lehet és főcélja a különböző közlekedési eszközök gyors foglalási lehetőségének a biztosítása.

*

A *bonni* egyetemen üzembehelyezték az első nagyméretű nyugat-németországi rádió-csillagvizsgálót. Az óriási parabola antenna átmérője 25 m, felülete 500 m². A vevő dipól a tükör gyújtópontjában van elhelyezve és a rendszer erősítése a deciméteres hullámokon 75 000-szeres. A kényes mechanikus szerkezetet (egyensúly, mozgatás) több gyár, köztük a volt Zeppelin művek készítették. A berendezés alkalmas az elektromosan nehezen vizsgálható kozmikus sugárzás tanulmányozására is, ami igen kis zajszintet, különleges szűrést és mérési módszereket igényel.

*

A Bell-laboratórium rezgéscsillapítót kísérletezett ki légvezetékekre. A gyakran jól hallható huzalrezgések a huzal anyagának a kifáradásához, majd elszakadásához vezethetnek. Az új rezgéscsillapító a huzalra húzott, csigavonalban felhasított PVC csőből áll. Az alkalmazott cső hossza a csillapítandó rezgések frekvenciájától függ.

*

A *Blaupunkt* művek által kifejlesztett tranzisztoros autórádiót sorozatban fogják gyártani Nyugatnémetországban. A készüléket *Wiesbaden* néven hozzák forgalomba. Ezzel elsőízben jelenik meg nagy tömegben a német piacon kizárólag tranzisztorokat tartalmazó, kis helyszükségletű és fogyasztású vevőkészülék.

*

Indiában a postaminisztérium távközlési kutatóintézetet szervez. A könyvtár nagyrésze már rendelkezésre áll és megrendelték a laboratóriumokhoz szükséges korszerű berendezéseket is. Egyelőre sürgős feladatnak tekintik a hazai távközlési rendszerek színvonalának lényeges megjavítását. Az ehhez a programmhoz szükséges berendezéseket is maguk tervezik meg és készítik majd el. A későbbi tervek is a hazai távközlés fejlesztését célozzák, de már a legkorszerűbb színvonalon.

*

A *Szovjetunióban* új televíziós reléállomás épül Krasznovodszkban. A kisugárzott műsort Baku studiója adja.

*

A *Valvo* cég a stabilizátorcsövekkel szerzett kiváló tapasztalatokra való tekintettel a stabilizátorcsövekre adott garanciát 6 hónapról 12 hónapra emelte fel.

*

Már több több helyen egyidejüleg kipróbálták a csupán 24 mm hosszú, tehát lenyelhető rádiószondát. Ez a miniatür adóberendezés a bélcsatornán keresztülhalad és közben jeleket ad, ami új gyomorvizsgálatokat tesz lehetővé.

*

A Német Szövetségi Köztársaságban a rádióelőfizetők száma 1956-ban érte el a 14 milliót. Ebbe Berlin nyugati részét is bele kell érteni. Más szóval ez azt jelenti, hogy minden 100 lakosra mintegy 26 vevőkészülék jét.

*

Jugoszlávia német rendszerü televizíós vevőkészüléket készül szabványosítani. Kezdetben az egész készü éket kőlföldről akarják beszerezni, de az elképzelés szerint később a vázat és az alkatrészeket importálják csupán és a készülékek összeszerelését, beállítását stb. a jugosz áv ipar fogja végezni. A tervet Metzben 10 tagú jugoszláv műszaki bizottság vizsgálta és tárgyalta meg.

*

Marburgban a vakoknak hangos könyvtáruk van. A könyvek tartalmát rendszeresen magnetofonszalagra veszik fel. Ilymódon jelenleg már mintegy 500 órát kitevő és 55 tételből álló anyag áll a vakok rendelkezésére.

*

Angliában tudományos bizottság vizsgálja felül az az ipari, tudományos és orvosi célokra használt nagyfrekvenciás berendezések állapotát. Céljuk megállapítani azokat az óvintézkedéseket, amelyeket általánosan ell kell majd rendelni, hogy a rádiótávíróberendezések zavartatása elkerülhető legyen.

*

A *Német Demokratikus Köztársaságban* a távolbaláto előfizetők száma 1957-ben mintegy 70 000-re tehető.

*

Délafrikai rendelésre Angliában tranzisztoros vivőhullámú rurál telefonrendszert fejlesztettek ki. A berendezések 24 voltról működnek és keveset fogyasztanak. Az átvitt frekvenciasáv 300—3 400 Hz. A berendezésben a jel/zaj viszony javítására kompandor-expandor aramköröket alkalmaztak.

*

Az egyik német cég már olyan 20 W-os hangerősítőt gyárt, amely kizárólag tranzisztorokat tartalmaz. A készülék működtetéséhez 24 voltos telepre vagy anódpótlóra van szükség. A belső huzalozás nyomtatott áramkörök felhasználásával történt. A működési biztonság olyan, hogy 2 évi garanciát vállalnak.

MAGYAR HÍRADÁSTECHNIKA
Felelős szerkesztő: Lévai Pál — Felelős kiadó: Solt Sándor — Műszaki Könyvkiadó, Budapest, V., Bajcsy Zsilinszky út 22. Telefon: 113—450
Ez a folyóirat MNOSZ és 5602/Á szerint készült
Előfizetés a Posta Központi Hírlapiroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor tér 1. Távb.: 180—850
Előfizetési díjak: számonként 4.— Ft. Csekkszámlaszám: 61.254
42020 — Akadémiai Nyomda, Gerlóczy u. 2. — — Készült 860 példányban — Felelős vezető: Bernát György

Megjelent

A. T. STARR:

RÁDIÓHÍRKÖZLÉS

A könyv korszerűen foglalja össze a rádió-, radar, televízió és impulzustechnika minden ágát, s így világos áttekintést nyújt a hiradástechnika széles területéről. A kézikönyvszerüen megírt könyv méretezésre alkalmas képleteket és számítási módszereket ad.

Külön nagy érdeme, hogy minden fontos elvi összefüggés és képlet egyszerű és szemléletes becslését is közli. Tartalmi felosztása: A távközlés elmélete, a távközlés fizikai korlátai (információelméleti bevezetés). Mikrohullámú technika. Az elektromágneses hullámok terjedése. Antennák. Elektroncsövek (klasszikus, tárcsás, klisztron, magnetron- és haladóhullámú csövek.) Folytonos hullámalakok hálózatelmélete. — Impulzus-hullámalakok hálózatelmélete. — Impulzus-hullámalakok elmélete. A függelék gazdag gazdag matemaiikai anyagot ölel fel.

912 oldal — Ára kötve 150.— Ft.

Fenti könyv beszerezhető, illetve megrendelhető az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN

Szakkönyvesboltok: Budapest, VII., Lenin körút 7.

„Népszava" Műszaki Könyvesbolt Budapest, VII., Lenin körút 17.

Ára : 8.— Ft.

MEGJELENT

J. KAMMERLOCHER:

RÁDIÓTECHNIKUSOK ELEKTROTECHNIKÁJA

I.—II.

Az első kötet az egyenáramú körök alaptörvényeivel, dielektrikumok és vezetők villamos erőterével, mágneses erőterekkel és számításokkal, távvezetékeken fellépő jelenségekkel, végül láncvezetőkkel foglalkozik. A második kötet a váltakozóáramú körök alaptörvényeit, a szimbólikus számítás gyakorlati alkalmazását, a harmonikus analizis numerikus és grafikus módszereit, a Fourier analízist, a frekvenciafüggő áramkörök tárgyalását, végül az amplitudó-, fázis- és frekvenciamodulációt ismerteti.

588 oldal. — Ára kötve 65.— Ft.

GELLÉRT ENDRE:

A RÁDIÓVEVŐKÉSZÜLÉK

3. kiadás.

A szerző részletesen ismerteti a rádiókészülékek alkatrészeit, a hangfrekvenciás erősítést, a rádióadás és vétel lehetőségeit, az állomásválasztás, a demoduláció problémáit, a rádiófrekvenciás erősítést, a szuperheterodin vevőkészülékeket, a vevőkészülékek áramellátását, a rádiókészülékek felépítését, behangolását és minőségi ellenőrzését. Elemzi a gyári készülékek kapcsolását és foglalkozik az ultrarövidhullámú FM vevőkkel.

316 oldal. — Ára fűzve 24.50 Ft.

Fenti könyvek beszerhetők, illetve megrendelhetők az

ÁLLAMI KÖNYVTERJESZTŐ VÁLLALAT KÖNYVESBOLTJAIBAN

Szakkönyvesboltok:

Budapest, VII., Lenin krt 7. „Népszava" Műszaki Könyvesbolt Budapest, VII. Lenin krt. 17.