

Elektronikus megjelenítő eszközök képminőség-jellemzőinek elméleti és mérési problémái

NEUMAYER BÉLA—ÁDÁM JÁNOS
Tungsram Rt.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektronsugárcsővek képalkotási tulajdonságainak ismerete elsődleges fontosságú kérdés. Jellemzésük frekvencia karakterisztika görbesereg segítségével történhet, melyek mérés révén exakt módon meghatározhatók. Jelen cikkben egyrészt a frekvenciakarakteristikák származtatásának főbb elméleti problémáit foglaljuk össze, másrészt ezek mérés útján történő meghatározásához alkalmas, gyakorlatban kipróbált mérési eljárást mutatunk be.

1. Bevezetés

Különböző megjelenítő eszközök képalkotási tulajdonságának pontos ismerete elsődleges fontosságú, mivel ezeket az eszközöket alfanumerikus és grafikai szimbólumok megjelenítésére használják.

Az elektronsugárcsővek esetében e tekintetben további speciális problémák jelentkeznek, mivel ezeknek a képminősége az elektronnaláb intenzitásától és a képernyőn elfoglalt helyzetétől is függ.

Úgy tűnik, hogy a relatíve sok mérési eljárás ellenére napjainkig meglehetősen sok nyitott mérési probléma maradt, és a különböző eljárások közül a választás nem könnyű feladat.

2. Az elektronsugárcsővek képalkotási mechanizmusa és az apertúra elmélet

Az elektronsugárcsővekben a videojel által szállított képi információnak optikai jellé történő átalakítása a vezérelt elektronnaláb és az ernyő-tulajdonságok (struktúra, fénypor stb.) együttes hatására jön létre, melyet még különböző ergonómiai hatások is befolyásolnak. Ezt a transzformáló struktúrát dinamikus apertúráként lehet kezelni.

Az esetben, ha ismerjük ezen dinamikus apertúra intenzitás eloszlását, vezérlési feltételeit az ernyőfelület pontjaiban, továbbá az elektronnaláb letapogatási sebességét (1. ábra), az eszköz frekvencia karakterisztikáját bármely kiválasztott pontban meg tudjuk határozni.

Az 1. ábrában (ξ, η) az ernyő vizsgált $P(x, y)$ pontjában az apertúra (világító pont) saját koordinátáit jelöli. Legyen $i_P(\xi, \eta)$ az intenzitás eloszlási függvény és $i_T(t)$ az apertúra P pontbeli időfüggése. Ekkor a teljes $i_{P,T}$ apertúrafüggvény a következőképpen származtatható:

$$i_{P,T} = i_P(\xi, \eta) i_T(t) \quad (1)$$

Válasszuk i_T -t a következőképpen

$$i_T(t) = I_0 + I_{\sim} \sin \omega t \quad (2)$$

ahol

$\omega = 2\pi f$ a mérőjel körfrekvenciája

f a mérőjel frekvenciája

t az idő

I_0 a meghajtási egyenáramú szint

$I_{\sim} (\ll I_0)$ a meghajtó jel amplitúdója

Ha a letapogatási sebesség v és feltételezzük, hogy $t=0$ időpillanatban $x=0$, a 2. egyenletet az alábbi formába írhatjuk át:

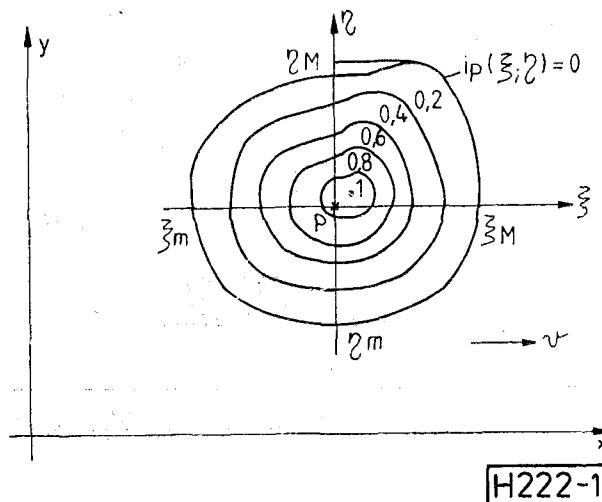
$$i_T = I_0 + I_{\sim} \sin 2\pi \frac{x}{h} \quad (3)$$

ahol $h = \frac{v}{f}$ a fényváltójel hullámhossza a képernyőn.

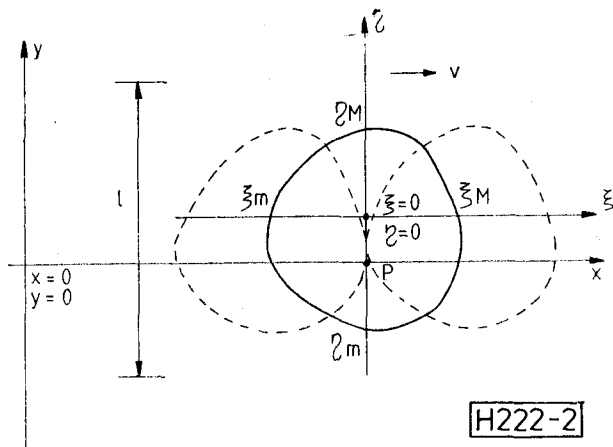
Ha a fényemisszió és az ernyőfelület egységére jutó elektronenergia közötti kapcsolat lineáris, a $P(x, y)$ pont g_P gerjesztése a következőképpen írható (2. ábra)

$$g_P(x, y) = C \int_{\xi_m}^{\xi_M} i_P(\xi; \eta) i_T\left(\frac{x-\xi}{v}\right) d\xi \quad (4)$$

ahol C átalakítási tényező; ξ_m és ξ_M jelentése a 2. ábrán adott.

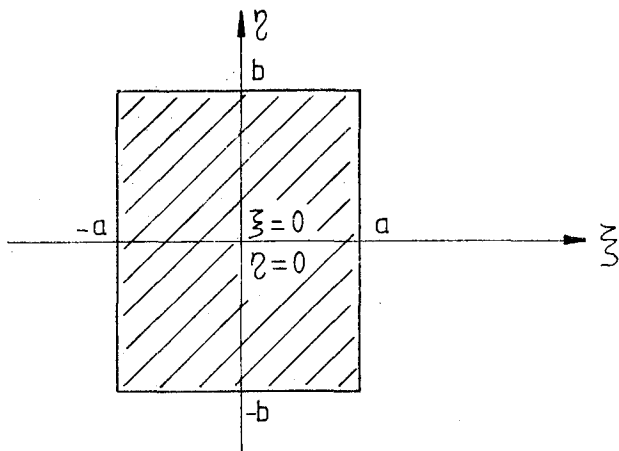


1. ábra. Elektronsugárcső fénypontjának fényesség-eloszlása



2. ábra. A képernyő P pontjának fényfoltja a letapogathatóság határhelyezeteinek feltüntetésével

H222-2



3. ábra. Egyenletes átlátszóságú, téglalap alakú apertúra

H222-3

A gyakorlat számára kényelmesebb az „l” tv vonalszélességre számított g átlaggyerjesztés megadása az x pontban

$$g(x, y) = C' \int_{\xi_m}^{\xi_M} \int_{\eta_m}^{\eta_M} i_p(\xi; \eta) i_T \left(\frac{x - \xi}{v} \right) d\xi d\eta \quad (5)$$

ahol

$$C' = \frac{C}{l}; \quad \eta_m \text{ és } \eta_M \text{ jelentése a 2. ábrán adott.}$$

A tényleges apertúrakarakteristikák az (5) egyenletből származtathatók.

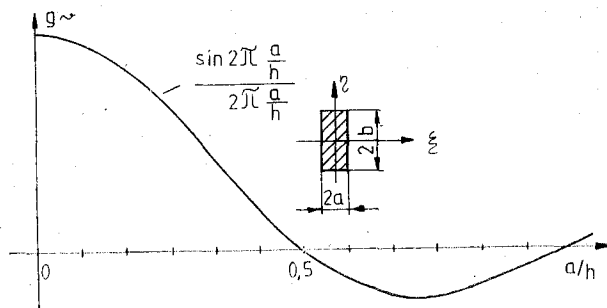
Példaként vizsgáljuk meg az egyenletes átlátszóságú, $2a \times 2b$ méretű téglalap keresztmetszetű apertúra tulajdonságait (3. ábra).

Esetünkben

$i_p = A = \text{állandó}$ és i_T ugyanaz, mint a 3. egyenletben adott.

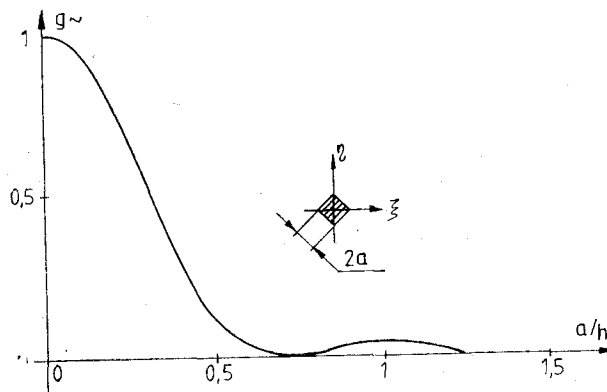
Számítások elvégzése után

$$g = g_0 + g' \sim \frac{\sin 2\pi \frac{a}{h}}{2\pi \frac{a}{h}} \sin 2\pi \frac{x}{v}$$



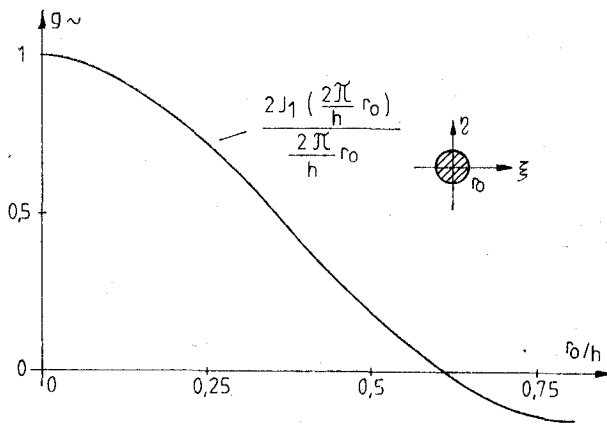
H222-4

4. ábra. Egyenletes átlátszóságú, téglalap alakú apertúra válaszfüggvénye a szinuszos intenzitás vezérlésre (szinusz válaszfüggvény)



H222-5

5. ábra. 45°-kal elforgatott egyenletes átlátszóságú négyzet alakú apertúra szinusz válaszfüggvénye



H222-6

6. ábra. Egyenletes átlátszóságú kör alakú apertúra szinusz válaszfüggvénye

$$= g_0 + g' \sim \frac{\sin 2\pi \frac{a}{h}}{2\pi \frac{a}{h}} \sin \omega t \quad (6)$$

ahol $g_0 = 2ACaI_0$ $g' = 2ACaI_0$

Az optikai jel váltakozó komponensének jellegét, azaz az apertúra szinuszos vezérlésre adott választ a 4. ábra mutatja be. Mint látható ez $\frac{\sin x}{x}$

jellegű függvény szerinti és a 3. egyenlet szerint h felületi hullámhossz helyett az f frekvencia függvényében is ábrázolható.

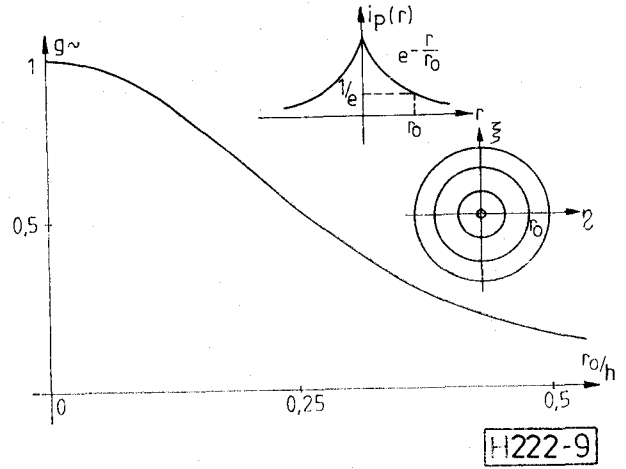
Az 5—13. ábrán néhány, a gyakorlat számára jelentősnek ítélt apertúra szinusz válaszfüggvényét (g_{\sim}) mutatjuk be. Az apertúra jellemzőit az egyes ábrákon feltüntettük. Az 5., 6., 10. és 11. ábra apertúrája egyenletes átlátszóságú. Az 5. ábrán bemutatott apertúra négyzet alakú, a letapogatás irányában 45° -kal elforgatva. A 6. ábrabeli kör, a 10.-é ellipszis alakú, míg a 11.-é parabolákkal határolt.

A 7., 8., 9. ábrán látható apertúrák körszimmetrikusak az ábrán feltüntetett sugármenti intenzitáseloszlással.

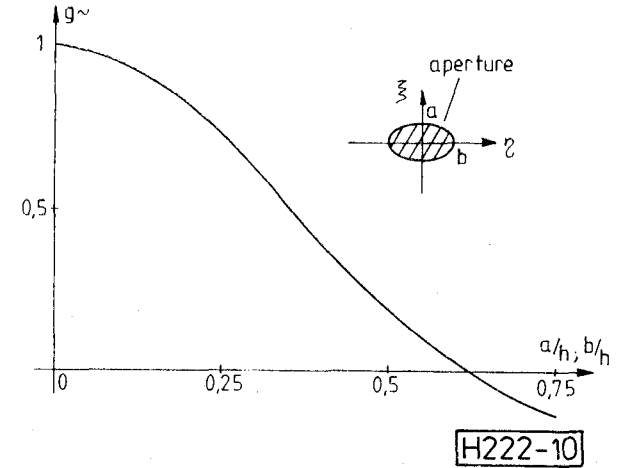
A 11. és 12. ábrán olyan apertúrákat adtunk meg, amelyeknek a letapogatás tengelye mentén mérhető átlag intenzitáseloszlása az ábrán adott $\cos^2 \frac{\pi}{2r_0} \xi$; ill. $\sin^2 \frac{\pi}{r_0} \xi$ függvénnyel jellemzett.

A számításból eredő következtetések az alábbiakban összegezhetők:

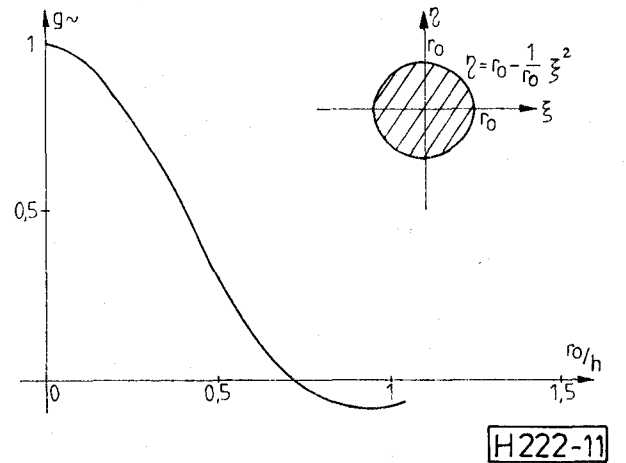
— a válaszfüggvény szinuszos tagjának amplitúdófüggvénye a kérdéses apertúra frek-



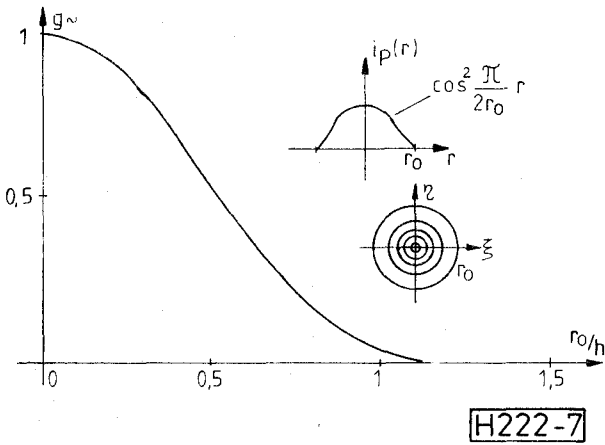
9. ábra. e^{-r/r_0} jellegű átlátszósággal rendelkező kör alakú apertúra szinusz válaszfüggvénye



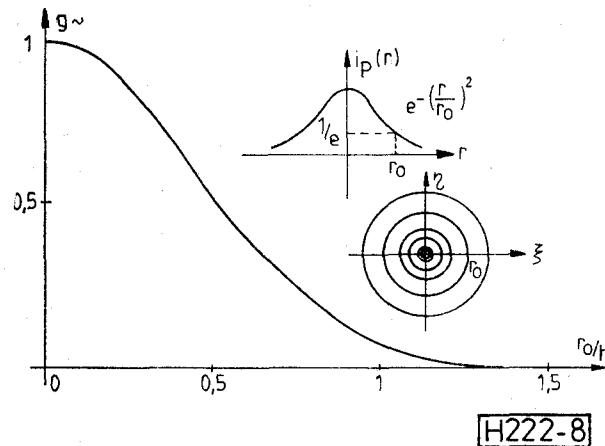
10. ábra. Egyenletes átlátszóságú ellipszis alakú apertúra szinusz válaszfüggvénye



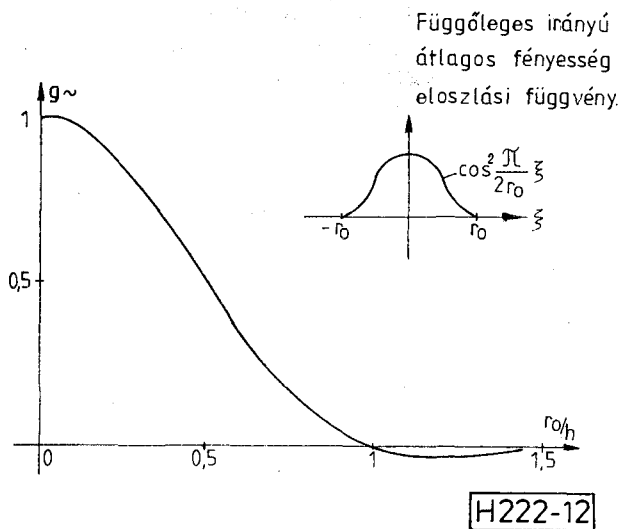
11. ábra. Parabolákkal határolt egyenletes átlátszóságú apertúra szinusz válaszfüggvénye



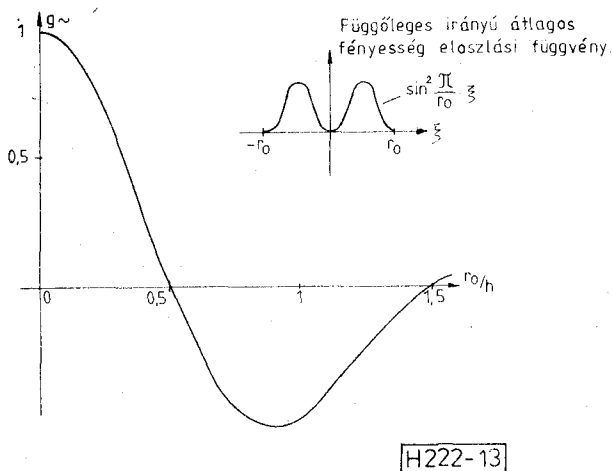
7. ábra. $\cos^2(\pi/2r_0)r$ jellegű átlátszósággal rendelkező kör alakú apertúra szinusz válaszfüggvénye



8. ábra. $e^{-(r/r_0)^2}$ jellegű átlátszósággal rendelkező kör alakú apertúra szinusz válaszfüggvénye



12. ábra. ξ irányban $\cos^2(\pi/2r_0)\xi$ átlagos intenzitáseloszlású apertúra szinusz válaszfüggvénye



13. ábra. ξ irányban $\sin^2(\pi/r_0)\xi$ átlagos intenzitáseloszlású apertúra szinusz válaszfüggvénye

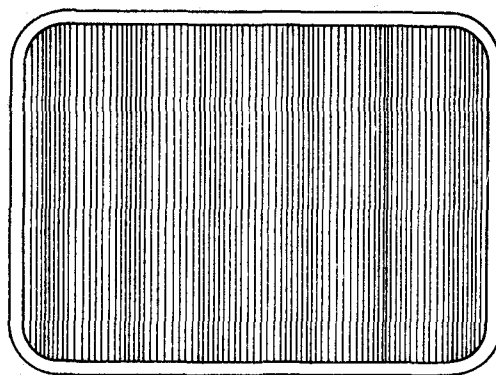
venciakarakterisztikája,

- ezen amplitúdófüggvények általában rendelkeznek negatív tartományokkal is,
- a fáziskarakterisztika diszkrét, az amplitúdófüggvény előjelétől függően 0° vagy 180° ,
- a sáv szélesség fordítottan arányos az apertúramérettel,
- kaskád apertúrák eredő válaszfüggvénye az egyes apertúrák válaszfüggvényeinek szorzata,
- az apertúra az információ döntő részét a válaszfüggvény első pozitív tartományában tartalmazza.

3. Frekvenciakarakterisztikák mérése

A számítás útján származtatott frekvenciakarakterisztikák mérés útján is előállíthatók.

A mérés végrehajtása úgy történik, hogy a vizsgált megjelenítő eszköz vezérlő elektródájára, az ott beállított egyen szintre egy szinuszos vezérlőjelet szuperponálunk a 2. egyenletnek megfelelően.



H222-14

14. ábra. A képernyő fényesség eloszlása a vízszintes eltéréssel szinkronban lévő szinuszos vezérlőjel hatására

A szinuszjelet szolgáltató generátornak

- hangolhatónak (folyamatosan vagy diszkrét lépésekben),
- a mérési tartományban állandó amplitúdójúnak,
- a vizsgált irányú letapogatással (vízszintes, ill. függőleges) szinkronban kell lennie.

Vízszintes irányú frekvenciaátvitel vizsgálata esetén a szinuszjeles meghajlás a képernyőn egy álló, függőleges csíkozású fényességeloszlási ábrát fog eredményezni, mint ahogy az a 14. ábrán látható.

Ezt az optikai váltakozó jelet egy megfelelő optoelektromos rendszerrel lehet kiértékelni. Az egyenfényességszint változtatásával egy frekvenciaátviteli válaszfüggvényesereg nyerhető, melyre jellegzetes példát a 15. ábra mutat. Itt B_1 , B_2 és B_3 az ernyőfényesség egyenszintjeit jelöli. A fényességszintet növelve — elektronsugárcső esetén — a fénypontméretek nőnek, ennek megfelelően az első zórushelyhez tartozó frekvenciaérték csökken.

Bizonyítható, hogy az így nyert karakterisztikasereg az elektronsugárcsővek képalkotási tulajdonságait jól jellemzi.

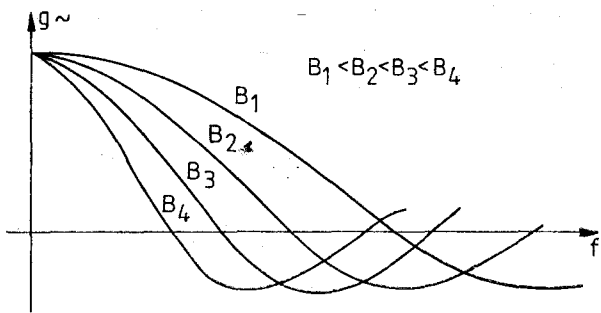
4. A frekvenciakarakterisztikák és a képalkotási tulajdonság közti összefüggés

Az elmélettel egyezésben, ha egy eszköz komplex frekvenciakarakterisztikája ismert és az a vezérlőszintektől független, a $b(t)$ képtartalom az $i_i(t)$ videojelből a következőképpen származtatható:

$$b(t) = \int_{-\infty}^{\infty} Cg(f)I_i(f)e^{j[\varphi(f)+2\pi ft]} df$$

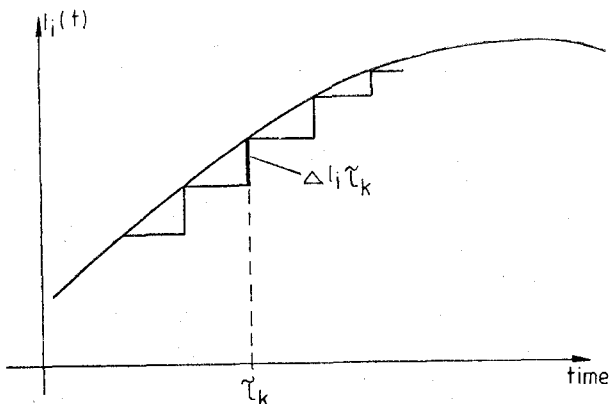
ahol $I_i(f)$ az $i_i(t)$ függvény Fourier integrálja, $g(f)$ az eszköz amplitúdó, $\varphi(f)$ a fáziskarakterisztikája, C átalakítási tényező, j a komplex egységvektor.

Az esetben, ha a frekvenciakarakterisztika vezérlési szintfüggő $i_i(t)$ -t a 16. ábra szerint lépcső-



H222-15

15. ábra. Monitorcső tipikus mért frekvenciakarakterisztikája



H222-16

16. ábra. Videojel lépcsőfüggvénnyel történő közelítése

függvényekkel kell közelíteni. Ekkor a számításokhoz az egyes lépcsősintekhez tartozó — 15. ábrabeli — görbeseregeket kell használni.

Ekkor a $b(t)$ optikai jel a következőképpen származtatható:

$$b(t) = F^{-1} \left\{ \lim_{\substack{\Delta i \tau_k \rightarrow 0 \\ n \rightarrow \infty}} \sum_{k=0}^n C_i \Delta i \tau_k G_i \tau_k(f) \frac{e^{-j2\pi f \tau_k}}{2j\pi f} \right\}$$

ahol

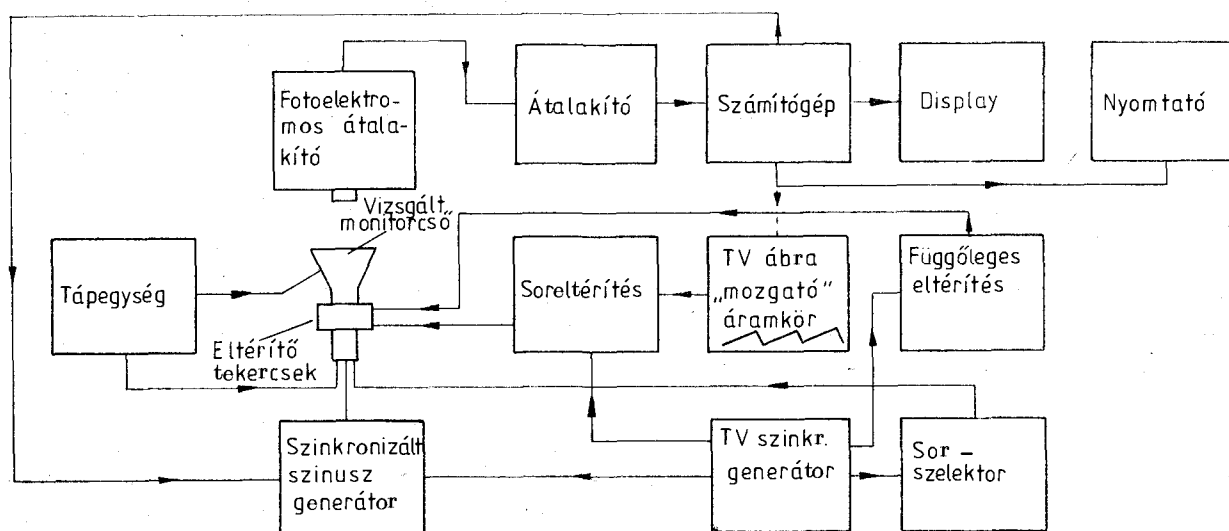
τ_k, i, τ_k jelentése a 16. ábrából következik
 $G_i \tau_k$ a τ_k -nál mérhető B_i fényességszinthez tartozó komplex frekvenciakarakterisztika,
 F^{-1} az inverz Fourier integrál.

E módon az optikai jel jelen esetben is előállítható.

5. Mérési eljárás

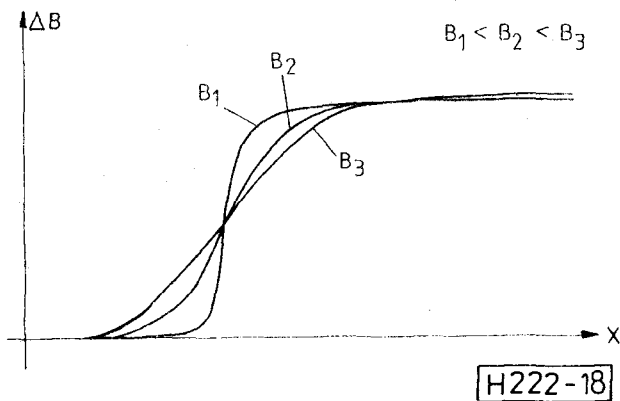
Monitor és képcsövek frekvenciakarakterisztikáinak mérésére egy mérési eljárás került kidolgozásra, melynek tömbvázlatát a 17. ábra mutatja.

A csövet működtető áramkörök igen hasonlóak egy TV-készülék megfelelő áramköreihez, de a stabilitási követelmények lényegesen magasabbak. A 14. ábrabeli álló szinuszos optikai ábrát egy, az eltéréssel szinkronozott kis amplitúdójú szinuszgenerátor szolgáltatja. Kiértékelhetőség céljából az ábra vizsgált részletét — amely célszerűen egyetlen kiválasztott sor részlete — egy optikai rére képeztük le, mely mögött egy opto-elektro-nikus átalakító eszköz található. Az ábrarészlet és a rés egymáshoz képesti elmozgatását egy a kérdéses eltérést adott lassú fűrészt eltérítő áram segítségével biztosítottuk. Az optikai jel

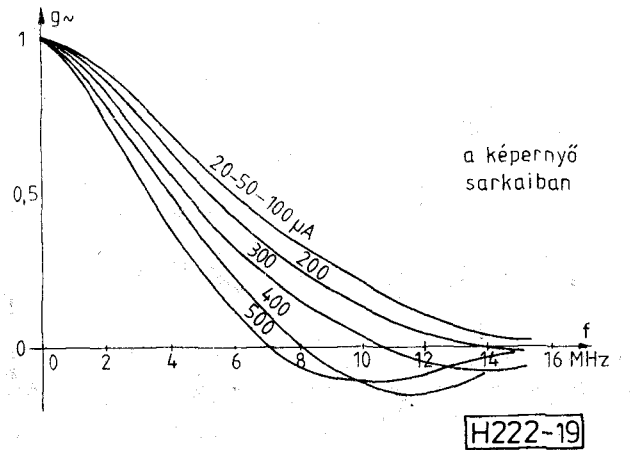
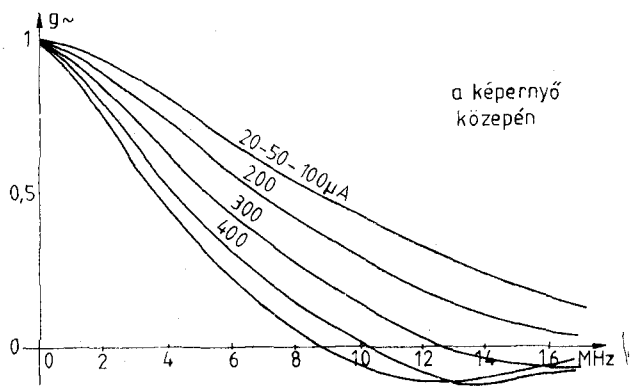


H222-17

17. ábra. Monitorcső frekvenciakarakterisztika mérőberendezés egyszerűsített tömbvázlata



18. ábra. Ugrásjelgerjesztésekre adott optikai válaszfüggvények

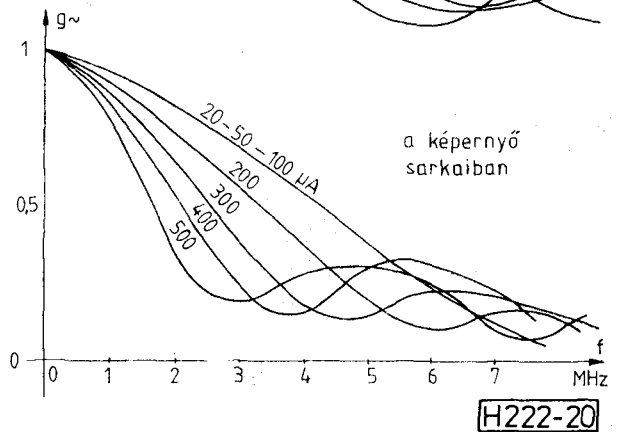
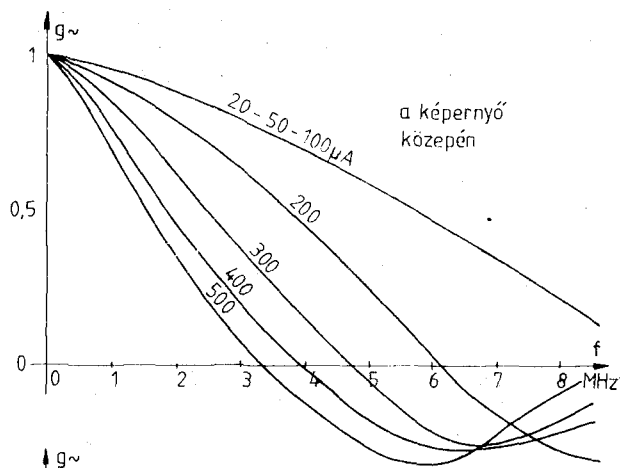


19. ábra. Monitorcső jellegzetes frekvenciakarakteristikája

feldolgozására és a mérés vezérlésére egy személyi számítógépet alkalmaztunk. A rendszer a különböző előre beprogramozható ernyő világossági szintekhez tartozó karakterisztikasereget automatikusan képes felvenni.

Az alkalmazott módszer előnyei:

- egyszerűség,
- a relatív olcsó megvalósíthatóság,
- automatizáltság,
- manuális vezérlési lehetőség,
- nem komplikált segédrendszerek alkalmazásával más mérésekre való adaptálhatóság (spot vizsgálat, felbontásmérés, stb.).



20. ábra. Képcső jellegzetes frekvenciakarakteristikája

Tömeggyártás esetén legtöbbször elégséges a frekvenciakarakterisztika első zérus helyéhez tartozó frekvencia meghatározása (azé a frekvenciáé, amelynél az ernyő vizsgált helyén az ernyő „csikozódása” eltűnik). Ez esetben a teljes mérőrendszer rendkívül egyszerűvé válik és a kiértékelés szabad szemmel is történhet.

Rendszerünk változtatás nélkül alkalmas a monitorcsövek 18. ábrán bemutatott — ugyancsak különböző ernyővilágossági szintekhez tartozó — ugrásátviteli karakterisztika seregének felvételére is. Ez esetben a szinuszos vezérlőgenerátort változtatható „belépési idejű” ugrásfüggvény generátorral kell helyettesíteni.

A 19. és a 20. ábrán tipikusnak mondható képcső, ill. monitorcső frekvenciakarakterisztikákat mutatunk be a képernyő közepén, ill. sarkaiban mérve. Paraméterként a képcső katódárama van feltüntetve.

6. Egyéb mérési eljárások

A fent bemutatotton kívül a gyakorlatban számos egyéb mérési eljárás terjedt el, mint pl.:

- spot fényesség eloszlás-mérés,
- felbontásmérés,
- monoszóp ábrás vizsgálatok,
- speciális tv-jelekkel történő vizsgálat,
- stb.

Kimutatható azonban, hogy az elektronsugár-

csövek jellemzésére legobjektívebb eljárás a fent bemutatott frekvenciakarakterisztika-sereg, valamint az ugrásjel karakterisztika sereg felvétel.

7. Következtetések

A fentiekben bemutattuk az elektronsugárcsővek apertúraelméleten alapuló frekvenciakarakteristikákkal történő jellemzését és megadtunk egy relatíve egyszerű mérési eljárást és elrendezést, amely alkalmas az említett frekvenciakarakteristikák meghatározására. A mérőberendezést egy egyszerű személyi számítógéppel bővítve a mérések felvételének teljes automatizáltsága biztosítható. Tömeggyártási ellenőrző vizsgálatoknál, amikor is a mérés kiértékelése szabadszemmel történhetik, a mérőrendszer rendkívül egyszerűvé és olcsóvá tehető.

Megjegyzés: A közlemény 1986. május 5—7. közt posterelőadáson szerepelt Garmisch-Partenkirchenben a

VDE/NTG által rendezett „Elektronenröhren und Vakuumelektronik” konferencián.

I R O D A L O M

- [1] *O. Schade*: Image Gradation, Graininess and Sharpness in TV and Motion-Picture Systems. Part I—IV. Jour. of SMPTE, Part I. Vol. 56, Febr. 1951, pp. 137—177; Part II. Vol. 58, March 1952, pp. 182—222; Part III. Vol. 61, Aug. 1953, pp. 97—164; Part IV. Vol. 64, Nov. 1955, pp. 593—617.
- [2] *J. R. Rennes, J. A. Ake*: The Averaging Aperture Model of an Electrooptical Scanning System. Part I. Jour. of SMPTE, Vo. 77, July 1968, pp. 717—720.
- [3] Internat. El. Techn. Commission; Techn. Committee. N° 39. El. Tubes and Valves Document 39. 188. Proposal of British Committee for Determination of Display Tube Resolution; July 1965, pp. 1—12.
- [4] *Neumayer Béla*: Tv-képcsövek képminőségének vizsgálata. Tungsram jelentés, 1970. dec. 1—220 old.
- [5] *B. Neumayer, J. Adám*: Some Theoretical Questions and Measuring Method Characterizing the Image Quality of Electronic Display Devices. Elektronenröhren und Vakuumel. Konfer. 5—7. Mai 1986. Garmisch-Partenkirchen.