

Gyorsfűtésű kisfogyasztású elektronsugárcsővek katódjának fejlesztése

DR. SZEKERES BÉLA
Tungsram Rt.

ÖSSZEFOGLALÁS

Laboratóriumunkban kifejlesztettünk egy gyorsfűtésű kisfogyasztású elektronsugárcső katódját, elsősorban tranzisztoros áramkörökben való alkalmazás céljaira. A katód direktfűtésű, fűtési ideje 1—1,5 másodperc, fűtőteljesítmény-szükséglete 400 mW. Áttekintést kívánunk adni a tervezéssel kapcsolatos elméleti megfontolásokról. Részletesen analizáljuk matematikailag a katód termikus viszonyait, amelyhez számítógép segítségét is igénybe vettük.

1. Bevezetés

A tranzisztorok, félvezető diódák és újabban az integrált áramkörök megjelenése lehetővé tette könnyű, hordozható, gyorsműködésű és kisfogyasztású berendezések kifejlesztését, amelyek telepről is működtethetők. Ma már csaknem minden csőfunkció megoldható félvezetővel is. Az ilyen készülékek a bekapcsolás után már néhány milliszekundum elteltével működőképeseek, és óriási előnyük, a kis elektromos teljesítmény szükséglet. Ha azonban egy ilyen készülék akár csak egy elektronsövet is tartalmaz, akkor a félvezetők előnyös gyorsasága máris elveszett, mert kizárólag az elektronsó katódjának fűtési ideje határozza meg a készülék bekapcsolásától a működőképesség eltelt időt. Ezenkívül egyedül a katód fűtése annyi elektromos teljesítményt igényelhet, mint az egész tranzisztoros áramkör.

Ismeretes, hogy a katódsugárcsőnek még ma sincs megfelelő félvezető eszköz kiváltója, ezért az ilyen hibrid berendezések létrehozása jelenleg elkerülhetetlen. Gondoljunk pl. a teljesen tranzisztorizált tv-vevőkészülékekre, különféle monitorokra, képtelefonokra, oszcilloszkópokra, orvosi diagnosztikai készülékekre, mint pl. az elektrokardiográf (EKG) és az elektroencefalográf (EEG). A felsorolt készülékekre megállapításaink mind vonatkoznak.

Az ismert katódsugárcső típusok fűtési ideje 1 percnél is lehet. Fogyasztásuk 2—6 W közötti érték. Nyilvánvaló, hogy pl. a képtelefon esetén ilyen hosszú várakozási idő nem engedhető meg. Ugyanez fokozott mértékben vonatkozik az orvosi vizsgálóberendezésekre. Tv-készülékeknél szintén természetes igény, hogy a hanggal egyidőben jelenjen meg a kép is. A hordozható teleses készülékek kifejlesztése pedig nem is lehetséges a szokásos nagyfogyasztású katódsugárcsővekkel.

2. Fejlesztőmunka célkitűzése, nemzetközi eredmények

Az említett igények arra készítették az elektronsöves szakembereket, hogy a félvezetővel versenyezve, olyan korszerű katódsugárcsőveket fejlesszenek ki, amelyek a gyors működés és kis fogyasztás szempontjából azokkal egyenértékűek legyenek, és így jól beilleszkedjenek egy teljesen tranzisztorizált áramkörbe.

Külföldön már számos cég megoldotta ezt a problémát, és gyárt gyorsfűtésű katódsugárcsőveket. Ezeket a megoldásokat szabadalmak védik. Ismeretesek a japán SONY CORPORATION [1], továbbá a TOSHIBA [2], valamint az amerikai SYLVANIA [3] cégek szabadalmi. Gyorsfűtésű katódok alkalmazása teret nyert a tv-képsövekben is [4]. Ilyen kiélezett katódkonstrukciók megvalósítása a probléma számításokkal történő ellenőrzését teszi szükségessé [5].

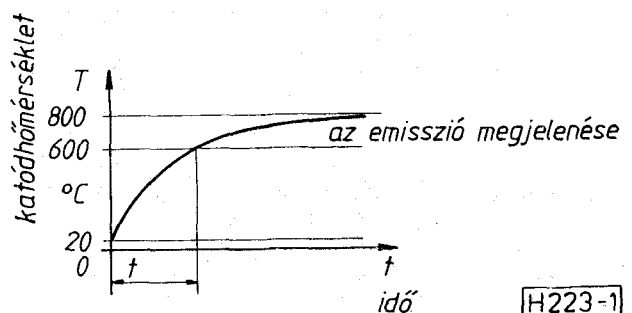
A külföldhöz hasonlóan, nálunk is megindult a fejlesztőmunka, de mi más utakat kerestünk [6]. A tervezést megelőzte a katód termikus viszonyainak matematikai vizsgálata. Tekintsük át röviden az ezzel kapcsolatos megfontolásainkat:

3. A fűtési idő definíciója és kiszámítása

Ismeretes a katód fűtésének differenciálegyenlete

$$K_T \frac{\partial T}{\partial t} + K_S(T^4 - T_0^4) + K_V(T - T_0) = N \quad (1)$$

ahol T a katódhőmérséklet, T_0 a szobahőmérséklet (Kelvin-fokokban) $N = U \cdot I$ a katódba bevezetett elektromos fűtőteljesítmény, valamint t az idő. Az (1) egyenlet kifejezi, hogy a katódban felhal-



1. ábra. A fűtési idő definíciója a katód felmelegedési görbéje alapján

Beérkezett: 1986. VI. 2. (Δ)

mozott hő, valamint a környezet felé elsugárzott és elvezetett hő összege, minden időpillanatban egyenlő a bevezetett elektromos fűtőteljesítménnyel. A K_T , K_S és K_V állandók termikus szempontból egyértelműen jellemzik a katódot. Az egyenlet megoldása megadja a katód felmelegedési görbéjét (1. ábra).

A görbe alapján mi a következőképpen definiáltuk a felfűtési időt: felfűtési időnek nevezzük azt az időt, amikor egy 800 °C üzemi hőmérsékletű katód, a bekapcsolástól számítva eléri a 600 °C -os hőfokértéket. Az ily módon definiált felfűtési idő a katód K_T , K_S , K_V állandóitól függ. Különösen egyszerű formulák adódnak a felfűtési időre két speciális határesetben. Az első esetben $K_S=0$, vagyis a katód hőszugárzását elhanyagoljuk a hővezetéséhez képest. A második esetben $K_V=0$, ez a hőszugárzásra beállított katód esete.

$$t_f = 1060 \frac{K_T}{N} \quad (K_S=0 \text{ és } N=N_v) \quad (2)$$

és

$$t_f = 673 \frac{K_T}{N} \quad (K_V=0 \text{ és } N=N_s) \quad (3)$$

Természetesen a valóságban ezek az esetek csak közelítőleg valósíthatók meg. A két esetben a formulák lényegében azonosak. Mindkét esetben az adódik, hogy a felfűtési idő egyenesen arányos a katód fémalkatródszeinek hőkapacitásával és fordítva arányos az elektromos fűtőteljesítménnyel.

4. A termikus tervezés alapelve

A fűtőteljesítmény növelésével tehát a felfűtési idő csökkenthető. Azonban a tervezés szempontjából nagyon lényeges észrevétel, hogy a hőszugárzásra beállított katódnál a teljesítmény növelése magával vonja a hőkapacitás növekedését is, mivel mindkét paraméter a felülettel arányos.

Ebből következik, hogy a hőszugárzásra beállított katódnál a felfűtési idő kizárólag a katódmagfém vastagságától függ, mégpedig kb. annyi másodperc, ahányszor 10 mikron vastag a magfém (1. táblázat).

Látható, hogy a fenti út nem járható, mert 1 másodperc felfűtési időhöz, irreálisan vékony, 10 mikronos magfém tartozna.

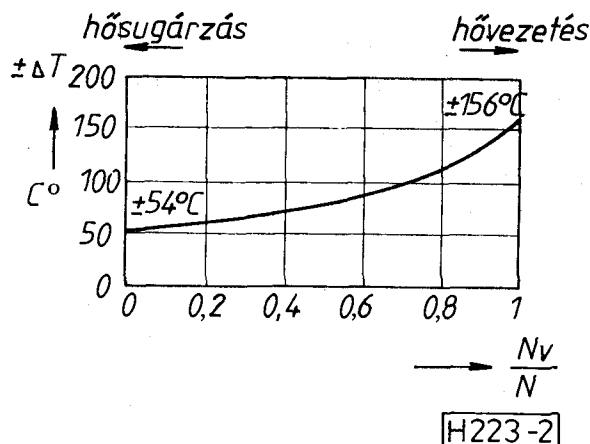
Hővezetésre beállított katódok esetében viszont tetszőlegesen rövid felfűtési időket is el tudunk érni, mert a fűtőteljesítmény megnövelése, ez esetben nem vonja maga után a katód hőkapacitásának növekedését.

Kimondhatjuk tehát az alapvetően fontos szerkesztési elvet, hogy az 1 másodperc felfűtési ide-

1. táblázat

A katódmagfém vastagságának hatása a felfűtési időre, hőszugárzásra beállított katódnál

Katódmagfém-vastagság	Felfűtési idő
0,01 mm	1 mp
0,1 mm	10 mp
1 mm	100 mp



2. ábra. $\pm 20\%$ fűtőteljesítmény-ingadozás hatására bekövetkező katódhőfok-ingadozást ábrázoltuk, a hővezetési veszteség és az össz elektromos teljesítmény hányadosa N_v/N függvényében

jú katód csak úgy valósítható meg, ha termikus beállításában a hővezetés jelentős hányadot képvisel.

5. Katódhőfok stabilitása

A következő ábrán (2. ábra) láthatjuk azonban, hogy a katód teljesen hővezetésre való beállítása, hőstabilitás szempontjából kedvezőtlen. Ugyanis pl. $\pm 20\%$ fűtőteljesítmény-ingadozás esetén a katódhőmérséklet ingadozása elméletileg $\pm 156\text{ °C}$, míg ezzel szemben hőszugárzásra beállított katódnál mindössze $\pm 54\text{ °C}$.

Ugyanis a katód hőegyensúlyának beállta után, $\partial T/\partial t=0$ esetén az (1) egyenletből származtatható a stabilitás formulája:

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{K_s(T^4 - T_0^4) + K_v(T - T_0)}{4K_s T^3 + K_v T} \frac{\Delta N}{N} \quad (4)$$

ahol $T = 1073\text{ K}^\circ$ (800 °C) és $T_0 = 293\text{ K}^\circ$ (20 °C). Hővezetésre beállított katódnál (4)-ből adódik

$$\frac{\Delta T}{T} = 0,727 \frac{\Delta N}{N} \quad (5)$$

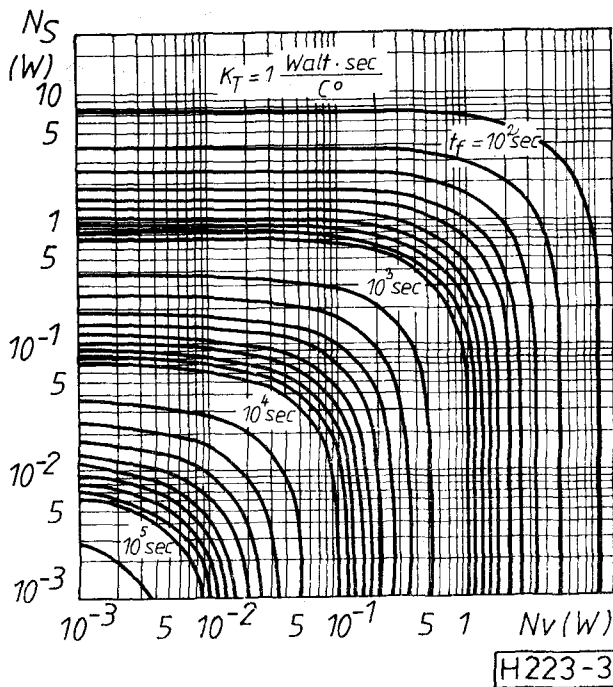
míg hőszugárzásra való beállításnál (4)-ből

$$\frac{\Delta T}{T} = 0,250 \frac{\Delta N}{N} \quad (6)$$

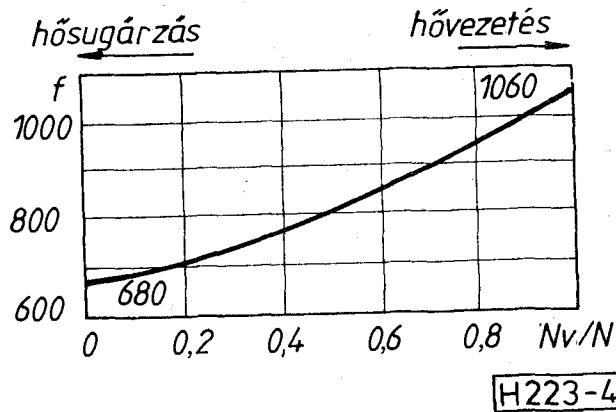
Általános esetben, amikor a katód hőszugárzása és hővezetése egyaránt jelentős, a felfűtés differenciálegyenletét számítógéppel oldottuk meg. A megoldásokat a következő ábrán láthatjuk (3. ábra). A görbék logaritmikus léptékben vannak ábrázolva. A vízszintes és függőleges tengelyekre a hővezetés (N_v) és a hőszugárzás (N_s) wattértékeit vittük fel. Egy-egy görbe azonos felfűtési időhöz (t_f) tartozik. Természetes az N_v és az N_s hővezetési és hőszugárzási teljesítmények összege a hőegyensúly beállta után egyenlő a betáplált össz elektromos teljesítménnyel, azaz

$$N_v + N_s = N \quad (7)$$

amely egyébként az (1) formulából következik.



3. ábra. Az (1) egyenlet számítógépes megoldásával kapott görbék. A vízszintes tengelyre a hővezetési (N_v), míg a függőlegesre a hőszugárzási veszteségeket (N_s) vittük fel. Egy-egy görbe mentén a felfűtési idő állandó és az egységnyi (N_T) katódhőkapacitásra vonatkozik



4. ábra. Az f faktor az N_v/N függvényében

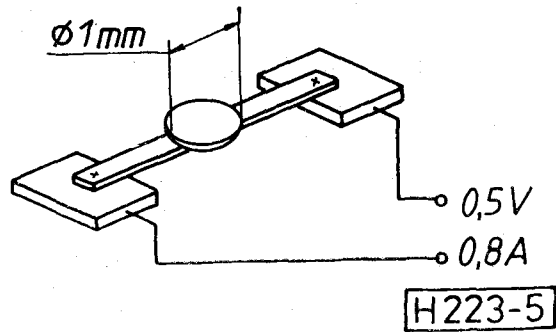
A görbék egyenes szakasza azt jelenti, hogy ott az egyik fajta hővesztés, a másikhoz képest legalább két nagyságrenddel kisebb.

A 3. ábrával szemléltetett eredmények egyetlen görbével egyszerűbben is ábrázolhatók, ha definiáljuk az f faktort, az alábbi módon. A (2) és (3) formulák alapján

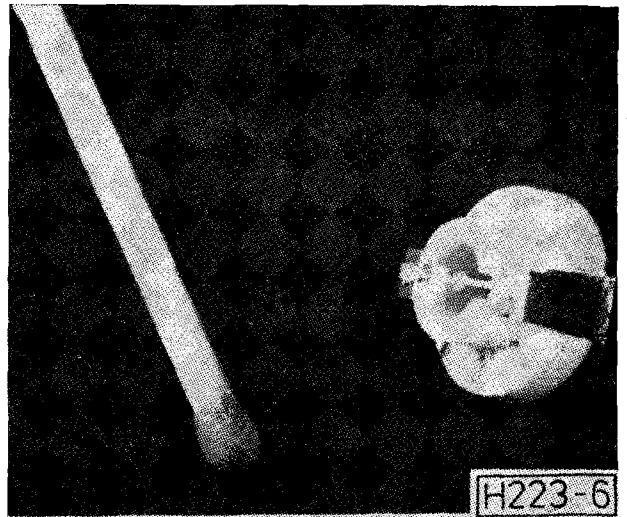
$$t_f = f \frac{K_T}{N} \quad (8)$$

ahol N most az össz elektromos teljesítményt jelenti. Az f faktort ábrázolhatjuk az N_v/N függvényében (4. ábra).

A tervezésnél helyes kompromisszumot kell találnunk a hővezetés és a hőszugárzás arányára. A katód akkor lesz gyorsfűtésű és mégis stabil hőfokú, ha a 3. ábrán a görbék hajlott szakaszát választjuk. Ott a görbék hajlott szakasza annak az esetnek felel meg, amikor a katód hőelvezetése és



5. ábra. A katódszalag és tárcsa perspektivikus rajza



6. ábra. A megvalósított katódkonstrukció

hőszugárzása azonos nagyságrendbe esik. A 2. és a 4. ábra egybevetéséből még szemetűnőbben láthatjuk ugyanezt, vagyis a hőstabilitás és a felfűtési idő közötti optimális kompromisszum kb. az $N_v \approx N_s$ esetén valósul meg.

6. Katódkonstrukció

Katódkonstrukciónk lényegében egy termikus szempontból gondosan méretezett fémszalag (5. ábra), ami az átfolyó áram hatására felizzik, és hőjét átadja a szalag közepére erősített nikkel tárcsának, amely az emissziós oxidbevonatot hordozza.

A fémszalag hőtágulását egy feszítő rugórendszer hivatott kiegyenlíteni, ezáltal biztosítjuk a katód és a Wehnelt-elektroda közötti távolság állandóságát. Az izzószál anyagául nagy ellenállású fémötvezetek, pl. kobanik, hasztelloy B, nikróm, stb. jöhetnek számításba, hogy előírt fűtőáram esetére is nagy keresztmetszetek adódjanak, és ezáltal a konstrukció mechanikailag kellő szilárdsággal rendelkezzen. Katódkonstrukciónk fényképét a 6. ábrán láthatjuk.

7. Elektromos paraméterek

Katódunk fűtőfeszültsége 0,5 V, fűtőárama 0,8 A, amelyek szokatlan értékek. Tranzistoros áramkörökben azonban ilyen táplálás könnyen megvalósítható. A viszonylag kis feszültség és nagy

áram követelményeként a foglalat esetleges kontaktushibái nagyobb mértékben zavarhatnak. Ezért a jó érintkezésre különös gondot kell fordítani.

8. Eredmények

A kifejlesztett katód számos katódsugárcső típusban kipróbálást és alkalmazást nyert. A több ezer óras üzemelési idők, a rázóvizsgálatok, valamint az olyan terhelésvizsgálatok, ahol több százezer ki-be kapcsolásnak vetjük alá a csöveket, mind jó eredményt adtak. A paraméterek nem mutattak lényeges változást és a meghibásodási százalék a kívánt szint alatt maradt.

I R O D A L O M

- [1] Electron Emitting Device and Method of Assembling the Same. English Patent, No. 1, 192.067 (1970)
- [2] Directly Heated Cathode Member for an Electron Tube. English Patent, No. 1, 203.707 (1970)
- [3] Resilient Support Means for Directly Heated Cathode. English Patent, No. 1, 216.583 (1970)
- [4] Television: „Instant warm-up” heater speeds picture tube turn-on. *Electronics*, 42, 39 (1969)
- [5] *W. Junge*: Schnellheizkathoden. *Die Telefunken-Röhre*, Ht. 45, 41 (1965)
- [6] *B. Szekeres*: Consideration of Thermic Problems in the Design of Quick-Heating Cathodes for Electron Ray Tubes. *Tungsrám Technical Review*, No. 1, p 35—41, (1979)