

Professzionális csőmérő, több alaplámpával

Dr. Simoncsics László okl. villamosmérnök,
simoncsics.laszlo@t-online.hu

Ha körülnézünk a csőmérők piacán, találhatunk egy- és többműszeres készülékeket, sőt olyanokat, amelyekhez csak külső műszer csatlakoztatható. Minden megoldásnak voltak és vannak előnyei és hátrányai. A fiatalabb olvasók kedvéért közöljük az elektroncsövek működésével kapcsolatos alapfogalmakat (felhasználva a félvezetők tárgyalása során megszokott terminológiát), röviden ismertetjük az amatőr csőmérők történetét, majd néhány – a gyűjtők és a szerző birtokában lévő – gyári csőmérő leírását adjuk.

A cikkben leírt csőmérő öt alaplámpás tartalmaz, és egy váltóáramú feszültségmérő kívülről is csatlakoztatható, ennek megfelelően kényelmes vele dolgozni. A használatához a Rádiotechnikában néhány évvel ezelőtt ismertett kártyás adaptert kell csatlakoztatni, ezen található a mérendő csövek foglaltai.

Bevezetés

A csöves vevőkészülékek idején egy magára valamit adó javítóműhely nem működhetett csőmérő nélkül. Az amatőrök pedig vagy készítettek egy mérési összeállítást vagy ellátogathattak a (Bp. V. ker.) Petőfi Sándor utcába, a Magyar Posta csőmérő szolgálatához, ahol profi mérőberendezéssel ingyen(!) – régi szép idők – elvégezték a csövek ellenőrzését [1]. Nem csoda, hogy a csőmérésnek és a vizsgáló műszereknek kiterjedt szakirodalma volt, és még mostanában is jelent meg összefoglaló mű ebben a témában [2].

A csöves Hi-Fi erősítők népszerűsége következtében a használható csőmérőket az építők nagyon keresik, ezért ezek árai az utóbbi időben az égig emelkedtek, így annak, akinek szüksége van rá, érdemes gondolkodnia az

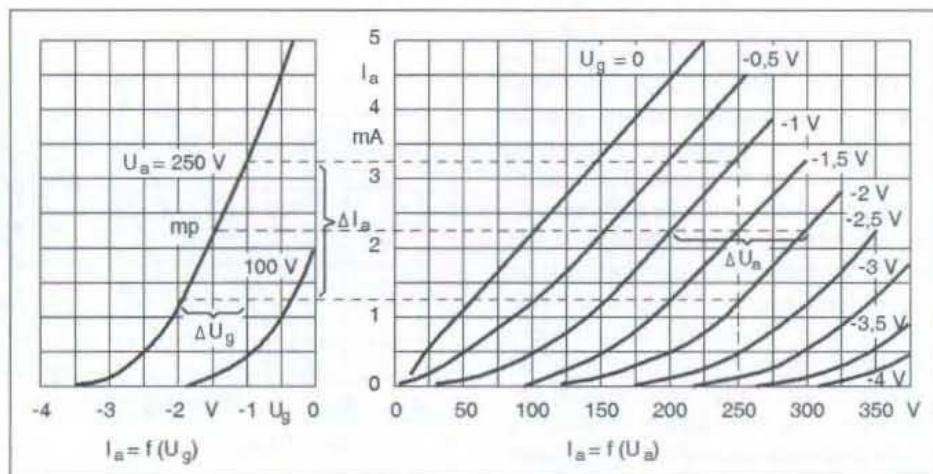
otthoni építésen, legyen bármilyen időigényes munka. Itt kell még megindokolnom a sok műszer használatát. Egy alaplámpás nagyságrendileg ezer forintba kerül, egy komolyabb csőmérő ára ennek kb. százszorosa. Ennek megfelelően nem érdemes az alaplámpákkal takarékoskodni, mert a több műszer a kényelmet és a mérés eredményének jobb áttekinthetőségét szolgálja, emellett csökkenti a sok átkapcsolásból adódó hibalehetőséget is.

Az olvasó felvetheti: a szerző korábban több egy alaplámpás csőmérő leírását közölte. Igen, de ezek a diódának kötött elektroncső alacsony feszültségen történő emisszióját mérik, arra szolgálnak, hogy a katód állapotáról adjanak információt. Muzeális vevőkészülékek csöveinek ellenőrzésére ezek a könnyen megépíthető műszerek többnyire megfelelnek. A cikkben néhány ilyen emissziómérőt is említünk.

A másik féle csőmérő, amelynél egy műszer elegendő a zárlat, anód-

áram és segédáram mérésére az, ahol a mérés közvetlenül váltóárammal történik. Az egyenirányítást maga a mérendő cső végzi. Ilyen elven működik – az általam sokat emlegetett – lengyel ELPRO P507 típusú műszer. A tápfeszültség csak fokozatosan kapcsolható, és a transzformátornak biztosítania kell, hogy az a terheléstől (100 mA-ig) független legyen.

Egyenirányított anód- és segédáramfeszültséggel mérő csőmérőknél – még ha szabályozott feszültségű stabilizált tápegységeket alkalmazunk –, célszerű az elektródafeszültségeket mérni. Mivel minden vizsgálatot ezzel kezdünk, kényelmi szempontból beépítünk egy műszert az elektródazárlat és átvezetés, egyet az anód- és a segédáram-, egyet az előfeszültség mérésére. Az anód- és a segédáram mérő műszer lehet közös, de feltétlenül szükséges a fűtőáram bekapcsolás során történő mérése. Sok hibára lehet következtetni ennek meg-



1. ábra. Az ECC83 trióda statikus karakterisztikái

figyeléséből. Csak egy dologra kell figyelni: a váltóárammérőn ne legyen jelentős feszültségesés (ezért alkalmazunk áramváltót). Ez már eddig öt alapműszer. Mivel a fűtőfeszültséget a cső behelyezése előtt kapcsolóval állítjuk be, nem építünk be feszültségmérő műszert, de külső műszerrel ellenőrizhetjük a beállítás helyességét.

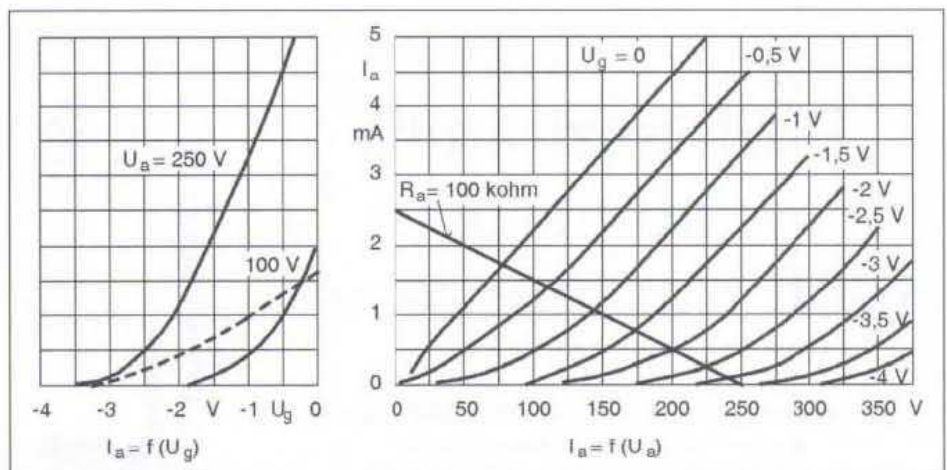
Elméleti alapok

A korabeli szakirodalomban számtalan leírás található az elektroncsövek működéséről. Készültek gyári kiadványok a laikus közönség számára, amelynek megértéséhez semmilyen előképzettség nem szükséges [3], továbbá magasabb szintűek a szakemberek részére. Az egyik legjobb, amelyik már a korszerű technológiák ismeretében született, rádiós tankönyv, amelynek tanulmányozását mindenkinek ajánlom [4].

A továbbiakban ismertetjük azokat a tudnivalókat, amelyek a csőmérő működésének megértéséhez szükségesek, mert az említett kiadványok már nem mindenki számára hozzáférhetők.

Az elektroncső működése

Az elektroncső működése azon alapszik, hogy az izzó fémekből elektronok lépnek ki (Edison-effektus). Ezek mozgása levegőben akadályozva van, de vákuumban szabadon mozognak, és engedelmessé válnak a rájuk ható elektromos vonzó (pozitív töltés) vagy taszító (negatív töltés) erőknek. A félvezetőknél megszokott terminológiát alkalmazva: az elektroncsövekben kizárólag az elektron a töltéshordozó, ellentétben a félvezetők esetében fellépő elektron és pozitív töltéshordozó (lyuk) vezetéssel. Az elektroncső lényegében egy légüres edény, amelyben legalább két elektróda van. Az izzó test a *katód*, amelyből az elektronok lépnek ki, és az ezt körülvevő, általában hengeres fémlemez, az *anód*, amely pozitív feszültségénél fogva magához vonzza az elektronokat. A félvezető diódával ellentétben, a kételektródás csőben, a *diódában* nincsenek kisebbségi töltéshordozók, ezért nem folyik visszáram, vagyis ha a katódhoz képest az anód negatív, a cső tökéletes szigetelőként viselkedik. Van viszont egy átmeneti tartomány, ezt hívjuk *indulóáram tartománynak*, ahol a katód és anód feszültségkülönbsége nulla vagy kismértékben negatív, mégis mérhetünk gyenge anódáramot. Ezt nevezzük *induló-*



2. ábra. Az ECC83 trióda dinamikus karakterisztikái

áramnak. Ennek az az oka, hogy az izzószálból kilépő elektronok, mint egy elektronfelhő veszik körbe az izzószálat, és a legkülső elektronok még nulla vagy kismértékben negatív feszültség esetén is elérik az anódot.

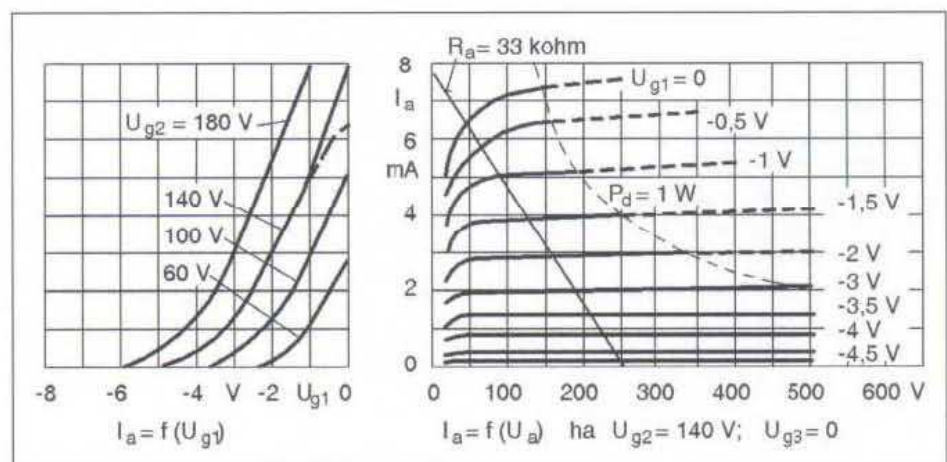
Az a katód a legjobb, amelyik a legalacsonyabb hőmérsékleten a legtöbb elektront tudja kibocsátani, *emittálni*. *Közvetlen fűtésű* (telepes) csöveknél az emittáló réteget közvetlenül az izzószálra, *közvetett fűtésűeknél* (hálózati) ezt a réteget az izzószáltól elszigetelt katódhengerre viszik fel. Az elektroncső működését, élettartamát főleg a katód határozza meg, ezért a csőhibák nagy része a helytelen használat (aláfűtés, a megengedett katódáram túllépése stb.) vagy a huzamos igénybevétel miatti *emissziócsökkenés* következménye.

Elektroncső paraméterek

Az elektroncső általánosan használt paramétereit és azok mérési módját az egyrácson csővel, a *triódával* kapcsolatosan ismertetjük. Ha az előbb tárgyalt

diódába az anód és a katód közé egy harmadik elektródát, *rácsot* teszünk, az erre kapcsolt feszültség polaritásával és nagyságával az anódáramot *vezérelni* tudjuk. Ezért hívjuk ezt *vezérlő rácsnak*. A rácstra a katódhoz képest általában negatív feszültséget kapcsolunk, amelyet növelve egyre kisebb anódáram folyik, mert a rác taszító hatásának következtében egyre kevesebb elektron tud a katódról az anódhoz jutni. Azt a negatív rácfszültség értéket, amelynél az anódáram éppen nullává válik, a cső *lezáró feszültségének* nevezzük. Továbbra is a félvezetős analógiát alkalmazva, az elektroncső működése leginkább az n csatomás, záróréteges térvezérlésű tranzisztor (jFET) működéséhez hasonlít, ahol a katód a source-nek (szörzsnek, forrásnak), a rác a gate-nek (gétnek, kapunak) és az anód a drainnek (drénnek, nyelőnek) felel meg. Ugyanúgy megvalósítható a teljesítmény nélküli vezérlés, a rezgés-keltés és a kapcsoló funkció.

A csőparaméterek mérésének megértéséhez ismernünk kell az anódáram,



3. ábra. Az EF86 pentóda karakterisztikái

anódfeszültség és a rácfszfültség közötti összefüggéseket mutató *jelleggörbét* vagy *karakterisztikákat*. Az 1. ábrán bemutatjuk egy közkedvelt trióda (ECC83) anódfáram-rácfszfültség, $I_a = f(U_g)$ karakterisztikáját (paraméter az anódfeszültség), mellette az anódfáram-anódfeszültség, $I_a = f(U_a)$ karakterisztikát (paraméter a rácfszfültség). Mivel mind a két karakterisztika ugyanannak a három értéknek (I_a , U_a , U_g) a kapcsolatát mutatja, ténylegesen csak egy görbeseregre van szükségünk, a másik ebből már megszerkeszthető. A cső munkapontját az $I_a = f(U_g)$ karakterisztika egyenes szakaszán vesszük fel, az ehhez tartozó értékek a munkaponti anódfáram, rácfszfültség stb. értékek. A karakterisztikából a három leghasználatosabb *csőjellemező* meghatározható.

Csőjellemezők

A meredekség: egységnyi rácfszfültség változáshoz tartozó anódfáram változás, konstans (állandó) anódfeszültség mellett. Matematikai kifejezése:

$$S = \Delta I_a / \Delta U_g \quad (U_a = \text{const.})$$

A belső ellenállás: egységnyi anódfáram változáshoz tartozó anódfeszültség változás, konstans rácfszfültség mellett. Kifejezése

$$R_b = \Delta U_a / \Delta I_a \quad (U_g = \text{const.})$$

Az erősítési tényező: egységnyi rácfszfültség változáshoz tartozó anódfeszültség változás, konstans anódfáram mellett:

$$\mu = \Delta U_a / \Delta U_g \quad (I_a = \text{const.})$$

Használatos még az erősítési tényező reciproka, az áthatás ($D = 1/\mu$). Két ismert paraméterből a harmadik az ún. Barkhausen-formula segítségével kiszámolható:

$$SR_b D = 1,$$

vagy más alakban

$$SR_b = \mu,$$

amely feltételnek az azonos munkapontban mért csőjellemezők esetében teljesülnie kell.

Statikus csőjellemezők meghatározása szerkesztéssel

Az 1. ábrán felrajzolt karakterisztikák segítségével a csőjellemezőket szerkesztéssel is meghatározhatjuk. A konstans paraméter megadja, hogy melyik tengelyre kell merőlegest szerkesztenünk, vagy melyik görbe mentén mozognunk. A meredekség meghatározásához pl. az $I_a = f(U_g)$ karakterisztikában a 250 V anódfeszültség értékhez tartozó görbén a -1 V és -2 V rácfszfültség között leolvassuk az anódfáram

változás értékét (2 mA), a meredekség tehát 2 mA/V. Természetesen ugyanezt kell kapnunk, ha a $I_a = f(U_a)$ karakterisztikában a 250 V-nál húzott függőleges egyenes mentén olvassuk le ezeket az értékeket.

A belső ellenállás meghatározásánál az $I_a = f(U_a)$ karakterisztikában a -1 V-os rácfszfültség görbén haladva leolvassuk az 50 V anódfeszültség változáshoz tartozó anódfáram változást (1 mA), a belső ellenállás tehát 50 kohm.

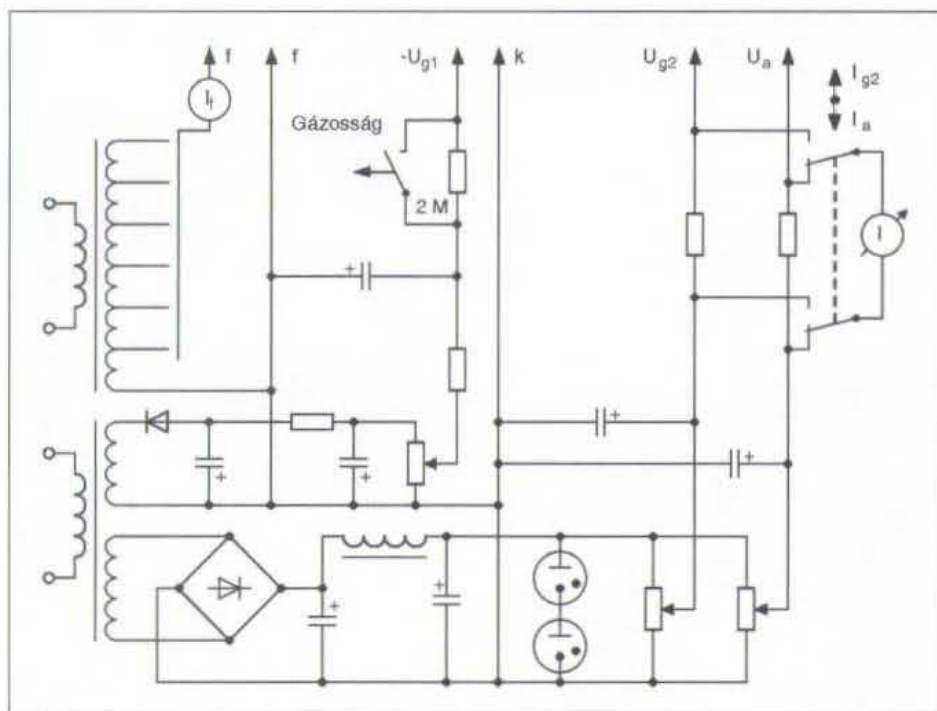
Az erősítési tényező meghatározásához ugyanebbe a görbeseregbe húzunk egy vízszintes vonalat, pl. -1 V rácfszfültségnél, és leolvassuk az egységnyi rácfszfültség változáshoz tartozó anódfeszültség változást (100 V), tehát az erősítési tényező 100.

Ellenőrzés: 2 mA/V · 50 V/mA = 100, tehát helyesen jártunk el. Látható az is, hogy az erősítési tényező (dimenzió nélküli szám) általában egynél nagyobb, a reciprokát, az áthatást százalékban szokták megadni.

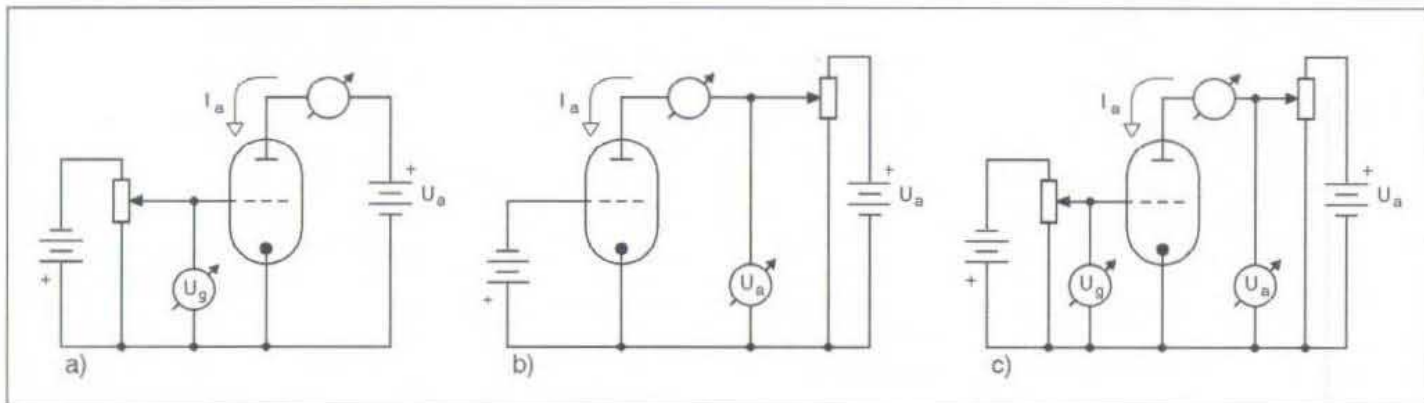
Sajnos, az eddig tárgyalt ún. *statikus csőjellemezők* nem veszik figyelembe azt, hogy a cső erősítési képességét -, mármint azt a tényt, hogy egy adott rácfszfültség változáshoz tartozik egy anódfáram változás -, csak akkor tudjuk kihasználni, ha az anódkörbe egy ellenállást, ún. *munkaellenállást* iktatunk. Minél nagyobb feszültségerősítést akarunk elérni, annál nagyobbra kell a munkaellenállást választanunk. Ebből adódik, hogy vezérlés közben nem lesz állandó az anódfeszültség, hanem az anódfáram értékével fordítottan változik. Azokat a csőjellemezőket, amelyek ezt a tényt figyelembe veszik, *dinamikus csőjellemezőknek* nevezzük. Előre kell bocsátanunk, hogy a tervezés és felhasználás szempontjából a *dinamikus csőjellemezők* az érdekesek, a csőmérők pedig a *statikus csőjellemezőket* mérik, mert azok függetlenek az alkalmazott kapcsolástól.

Dinamikus karakterisztika szerkesztése

A 2. ábrán berajzoltuk az anódfáram-anódfeszültség karakterisztikába a 100 kohm munkaellenállásnak megfelelő *munkaegyenest*. Ennek segítségével rajzolhatjuk meg a dinamikus anódfáram-rácfszfültség karakterisztikát (az ábrán szaggatott vonallal jelölve). Ha ezek segítségével olvassuk le az áram-és feszültségváltozások értékeit, kapjuk a dinamikus csőjellemezőket. 1 V előfeszültség változáshoz pl. 0,5 mA



4. ábra. A csőmérők általános tömbvázlata



5. ábra. A csőjellelmzők mérése

anódáram változás tartozik, tehát a dinamikus meredekség csak $0,5 \text{ mA/V}$. A tényleges feszültségerősítés számításánál figyelembe kell venni, hogy a munkaellenállással párhuzamosan kapcsolódik a belső ellenállás, vagyis ha a munkaellenállás azonos a belső ellenállással, a feszültségerősítés fele a cső erősítési tényezőjének.

Többrácsos csövek előnyei

A trióda karakterisztikájából kiolvasható néhány hátrányos tulajdonsága is: amennyiben nagy az erősítési tényezője, kis negatív rácsfeszültségnél lezár, tehát kicsi a kivezérlési tartománya, viszonylag kicsi a belső ellenállása. De ami a nagyfrekvenciás erősítés szempontjából a legnagyobb baj, hogy nagy a rács-anód kapacitása. Ezért használják a többrácsos elektroncsöveket. A *tetródat*, a négyelektródás vagy kétrácsos elektroncsövet úgy kapjuk, hogy még egy rácsot helyezünk a vezérlőrács

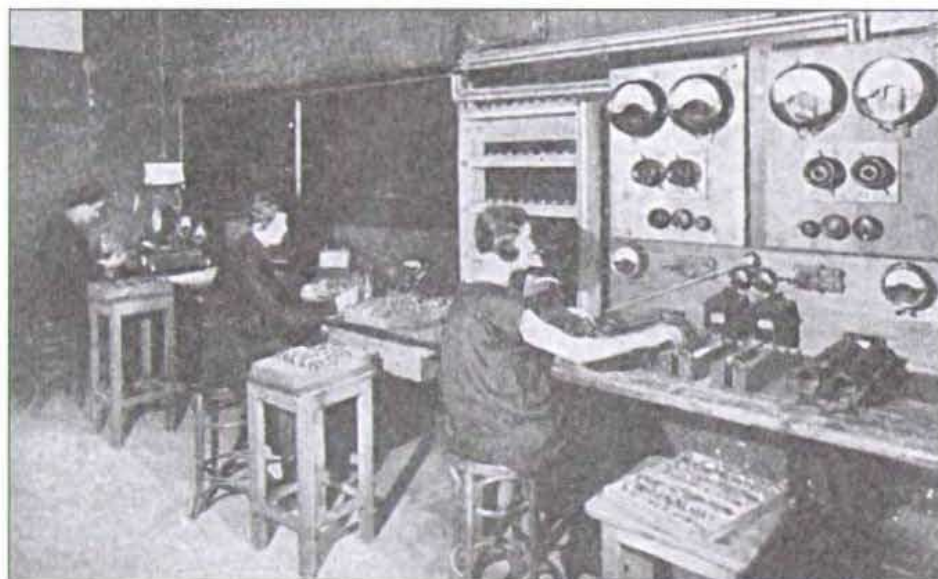
és az anód közé. Azt fix pozitív feszültségre kapcsoljuk, amely feszültség nem változik a kivezérléssel. Ezt az újabb rácsot nevezzük *árnyékoló rácsnak* vagy *segédrácsnak*. Amennyiben a tetróda anódfeszültsége a kivezérlés során kisebbé válik, mint a segédrács feszültség, az anódból kiváltott szekunder elektronok nem az anód felé fordulnak vissza, hanem a segédrácsra vándorolnak. Ez a kis anódfeszültség tartományban a karakterisztika görbülését, a kimenőjel erős torzítását okozhatja. Ezt a jelenséget egy további rács az ún. *fékezőrács* beépítésével lehet megakadályozni, amelyet többnyire katódpotenciálra kapcsolnak.

Az ötelektródás elektroncső a *pentóda*, amelynek a triódához képest három nagyságrenddel kisebb a rács-anód kapacitása. A 3. ábrán látható egy közkedvelt pentóda, az EF86 karakterisztikája. Figyeljük meg, hogy az anódáram milyen kevésbé függ az anódfeszültség értéktől, és hogy az $I_a = f(U_{g1})$ karakte-

risztikában a paraméter a segédrács feszültség (U_{g2}). A belső ellenállás 2 Mohm , amely érték a munkaellenállás mellett elhanyagolható, ezért a pentóda erősítését az SR_a képlet segítségével számolhatjuk, ahol R_a a munkaellenállás. Tehát 500-szoros erősítés könnyen elérhető, szemben a trióda 50-szeres erősítésével. A háromnál többrácsos elektroncsöveket (*hexóda*, *heptóda*, *októda*) a csőmérők pentódnak kapcsolva mérik, ezért ezekkel itt nem foglalkozunk.

Az elektroncsövek technológiájának fejlődése

Azért, hogy a gyűjtő tudja, mit várhat a mérendő csőtől, szükséges röviden az elektroncsőgyártás technológiai fejlődését ismertetnünk. Ez a folyamat a huszadik század első felét ölelte fel, a második felében már a félvezető technológia dominált. A fejlesztés előbb főleg a



6. ábra. Végellenőrzés a Kremenetzky gyárban (fotó 1925-ből)



7. ábra. Mérőműszer a húszas évek végétől (a szerző gyűjtése)



8. ábra. Utánépített nagyáramú emissziómérő

katódanyagok tökéletesítésére irányult, majd a csövek nagyfrekvenciás paramétereinek javítása érdekében a méretek csökkentése és a belső konstrukció módosítása került előtérbe.

Az 1920-as évek elején – az izzólámpához hasonlóan – a magas hőfokon emittáló *wolfram fűtőszál* alkalmazták, ezeket akkumulátorokról táplálták. A csövek fűtőáram felvétele 4 V fűtőfeszültség mellett 0,5 A volt. Ebben az időben még minden fokozatban ugyanazt a csőtípust használták. A Tungstam H2 és H3 típusjelzéssel gyártott wolframkatódos triódákat, ezekkel ma már csak múzeumokban találkozhatunk. A húszas évek közepén tértek át a *tóriumos wolfram fűtőszál* használatára. Ezekkel a fűtőteljesítmény felvételt az előző tizedére lehetett leszorítani. Megindult az a folyamat, hogy a vevőkészülék egyes fokozataihoz (nagyfrekvenciás erősítő, audion, végerősítő) a gyártók eltérő paraméterű és típusjelű csöveket ajánlottak, a triódák mellett megjelentek az ún. kétrácsos (*tértöltésrácsos*) csövek, de még mindig nagyon alacsony volt a katód telítési árama és a csövek meredeksége. A Tungstam 1925 és '27 között MR jel-

zéssel nagy mennyiségben gyártott ilyen csöveket. Ebből az időszakból a gyűjtőknel már megtalálható néhány példány. Az említett hátrányok kiküszöbölésére a fejlesztők óriási erőfeszítéseket tettek, hogy gyakorlatba átültessek Wehnel német tudósnak a század elején tett felfedezését. Ő megállapította, hogy az alkáli földfémek oxidjai már alacsony hőmérsékleten is jelentős emisszióval bírnak.

A húszas évek végén a Philips kutatóinak, majd a magyar *Winter Ernőnek* sikerült olyan katódgyártási technológiát kialakítani, amelynél az emittáló réteg vékony fém bárium, és ez a cső működése során folyamatosan pótlódik. A harmincas évek eleje óta az ún. *oxidkatódokat* alkalmazzák, ezeknél a magfémre háromkomponensű alkáli-földfém oxidok kristályait viszik fel (BaO, SrO, CaO), és ezek formálása során alakul ki a felületen az emittáló réteg. Ezen katódanyagok használata már lehetővé tette a közvetett (váltóáramú) fűtésű, nagymeredekségű és nagyteljesítményű végerősítő csövek, a tetródák, pentódák, sokrácsos keverőcsövek és összetett csövek fejlesztését és gyártását.

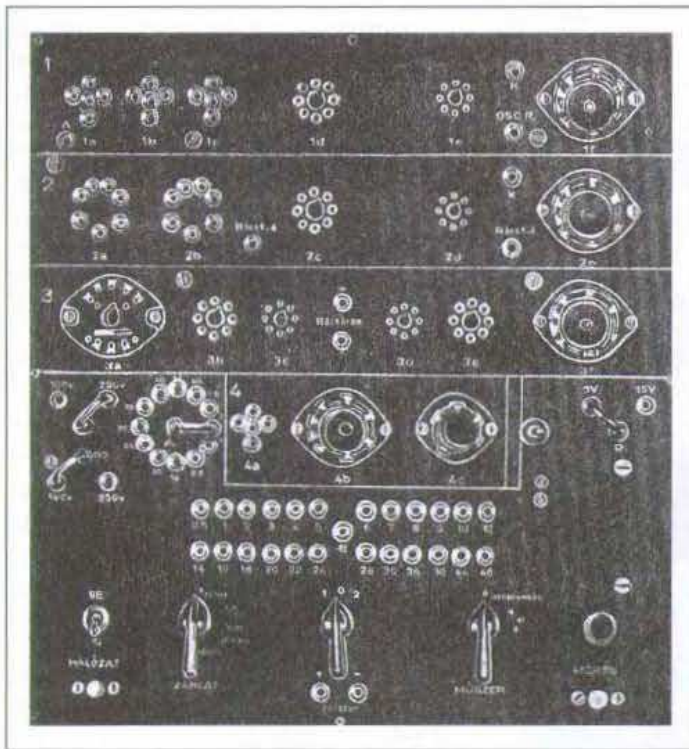
A harmincas évek végén az FM rádiózás és a televíziózás iránti igény, meg a radartechnika fejlődése ösztönözte a szakembereket a csövek belső szerkezetének megújítására. Korábban az ún. *üveglapítós* technológiát alkalmazták, ennek során az izzólámpagyártáshoz hasonlóan az elektróda kivezetéseket egy melegen összelapított üvegcsőbe fogták be. Ezeket forrasztották a különféle (csapos, körmös, oktál stb.) bakelit csőfej érintkezőihez, a rácskivezetést a legtöbb csónél a ballon tetején helyezték el. A hosszú kivezetések megnövelték az elektróda kapacitásokat, és rontották a csövek nagyfrekvenciás tulajdonságait. A Philips által kifejlesztett új konstrukciójú *színüveg csöveknél* egy préseltüveg tárcsában körkörös elhelyezett krómvas kivezetésekre rögzítették a belső szerelvényeket, a bakelit csőfej elmaradt, és a kivezetések képezik a csőlábakat. A színüveg csöveknél nincs felső kivezetés. Hasonló szerkezetű a német acélcsövek és az amerikai oktálcsövek nagyobb része is. A „21-es sorozatú” csövek (pl. ECH21) után további méretcsökkenést jelentett a *rimlock* (peremcsapos, pl. ECC40), a *novál* (pl. ECC83) és a *miniatűr* (pl. 6AQ5) színüveg csövek megjelenése.

Csőhibák

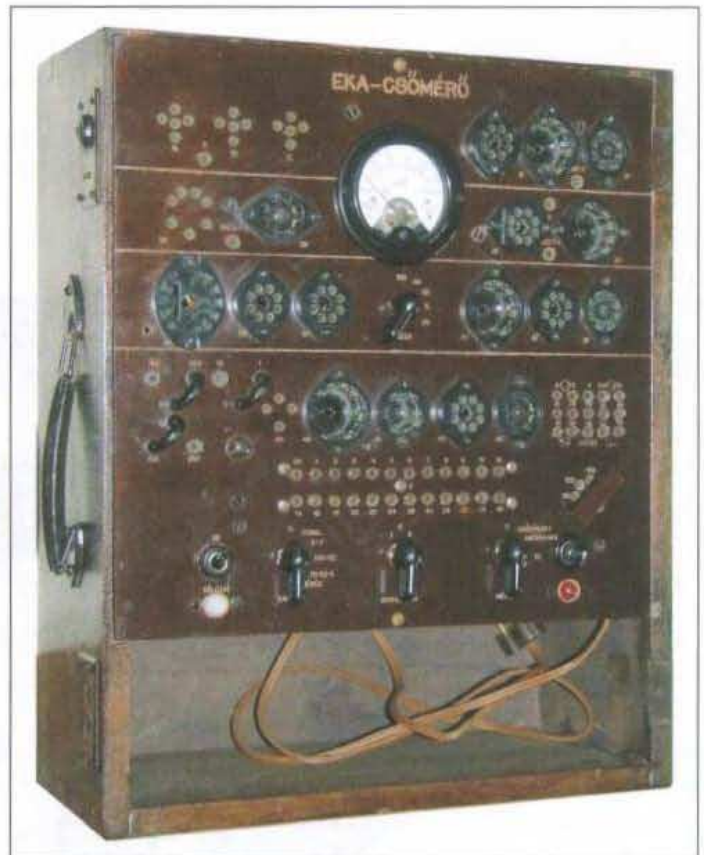
Az elektroncsöveknél kétféle hiba fordulhat elő: egyrészt ún. *katasztrofális* hiba, vagyis zárlat vagy szakadás, másrészt *degradációs* hiba, amely a (helyes vagy helytelen) használat során a katódban elkerülhetetlenül végbemenő folyamat következménye. A viszonylag ritka gázosság az előző csoportba soroljuk, mert technológiai hiba következtében lép fel.

Amikor csövet vásárolunk, feltételezhetjük, hogy a minőségellenőrzés során, bizonyos tűréshatáron belül teljesítette a katalógusban megadott paramétereket. Ha az elektródák nem szakadtak, zárlatosak, vagy a cső nem gázos, akkor a paraméterek megváltozását a katódban lejátszódó folyamatok okozzák. Lévéen a geometria által meghatározott csőtényezők, a meredekség, erősítési tényező, amelyeket a gyártás során az elektróda távolságokkal, a rács menetemelkedésével stb. állították be, egyébként változatlanok.

Az előbb említett oxidkatódoknál az emissziót az oxid felületéről folyamatosan párolgó és arra kijutó fém báriumréteg egyensúlya biztosítja. A ré-



9. ábra. A Tungram csőmérő első változata [12]



10. ábra. Tungram – EKA csőmérő (a szerző gyűjtése)

teg tartós kialakulásához a katód hőmérsékletét az előírt értéken kell tartani. Magasabb hőmérsékleten a bárium gyorsabban párolog és nem tud az oxidból megfelelő mennyiségben redukálódni, alacsony hőmérsékleten nem tud a felületre kidiffundálódni. Ugyancsak szükséges a báriumatomok felszínre jutásához, hogy bizonyos katódáram folyjék.

Erre bizonyíték, hogy nagyon sok kombinált végerősítő cső (EBL21) pentóda része jó, ugyanakkor a dióda elvesztette emisszióját. A demodulátor diódán ugyanis nagyon kis áram folyik. A hiba kialakulását még az is elősegíti, hogy a dióda a katód hidegebb végén helyezkedik el.

Ugyancsak kis katódáram folyik a kisteljesítményű triódák, pentódák és keverőcsövek esetében, és a legtöbb hálózati készüléknél a csövek tartósan aláfűtéssel üzemelnek.

Régóta ismert tény, hogy ezeknek a csöveknek az emissziója javítható, ha néhány percig másfélszeres fűtőfeszültséggel és a megengedett katódáram tízszeresével formáljuk azokat. A 30%-ra lecsökkent meredekség a kezelés után 60–80%-ra növekszik. Erre mindig gondoljunk, mielőtt egy legyengült közvetett fűtésű csövet (a hulladékudvarban) kidobunk.

Telepes csöveknél sokkal nagyobb a valószínűsége a túlfűtésnek, ezért ezek között sokkal több „süket”, teljes

emisszióhiányos csövet találunk. Ehhez hozzájárul a fűtőszálra felvitt igen vékony oxidréteg is.

Csőmérők működési elve

Az eddigiekből következik, hogy a csőmérők felépítése és működése attól függött, mely területen és milyen célra kívánták alkalmazni azokat. A gyártó cégeknél megtalálható volt – a katódsugárcsöves karakterisztika rajzolóktól az adott típushoz tartozó mérőautomatákig, amelyek egy felfűtéssel a cső összes paraméterét mutatták, – szinte minden célműszer.

A szervizek és kisiparosok, valamint az amatőrök részére gyártott csőmérők felépítése többnyire a 4. ábrán látható tömbvázlatot követi [5]. Egy nagyteljesítményű hálózati transzformátor biztosítja az összes szükséges fűtőfeszültséget, amelyet egy fokozatkapcsoló segítségével lehet beállítani. A transzformátor gondos tervezést igényel, mert a fűtőfeszültség a legnagyobb terhelés (vevőcsöveknél kb. 6,3 V, 2 A) esetén sem eshet 10%-nál többet a névleges érték alá, és üresjáratban (gyakorlatilag a telepes csövek mérésénél) sem mehet 10%-kal fölé. A fűtőáramot egy műszer méri, amelyen elha-

nyagolhatóan kicsi a feszültségesés (nem kis követelmény!).

Az anód és segédrács feszültségeket stabilizált nagyfeszültségű tápegység biztosítja. Ehhez rendszerint, a méretek csökkentése érdekében, külön hálózati transzformátort alkalmaznak, amelynek egyik tekercse, egyenirányítás után, biztosítja a szükséges előfeszültséget. A megfelelő előfeszültség kiválasztását kalibrált potencióméter teszi lehetővé. Az anód- és segédrácsfeszültség beállításához olyan nagyáramú osztót kell készíteni, hogy legalább 100 mA terhelésig a feszültségek ne változzanak jelentősen. Ebben az esetben az elektróda feszültségeket nem kell mérni, csak a kapcsolót vagy potenciómétert a megfelelő értékre állítani. Egy műszer méri átkapcsolhatóan az anód-, illetve a segédrácsáramot. A gyártók számára a legnagyobb gondot a megfelelő minőségű fokozatkapcsolók biztosítása jelenti, ezért a fűtő és az elektróda feszültségek beállítását is gyakran dugaszoló kapcsolókkal oldják meg.

A legtöbb mérő működése azon alapszik, hogy a cső új állapotban jó volt, tehát csak azt kell ellenőrizni, ami a használat során elromolhatott: az elektróda zárlatot, a gázosságot és a katód állapotával összefüggő paramétere-



11. ábra. W 17A csőmérő (a szerző gyűjtése)

ket, a csőjellemtzők pillanatnyi értékét. A blokk-sémán látható a gázosság mérésének módja.

A csőben lévő pozitív ionok jelentősen megnövelik a rácsáramot. Egy nagyértékű ellenálláson átfolyó ionáram a beállított értéknél pozitívabbá teszi az előfeszültséget, ezért a nyomógomb működtetése után, amellyel a 2 Mohm értékű ellenállást a rácskörbe iktatjuk, az anódáram megnövekedéséből észlelhetjük a gázosságot.

Az elektródazárlatot ellenállásmérés elve alapján, felfűtött állapotban, negatív anódfeszültség mellett mérik. Ez lehetővé teszi, hogy nemcsak zárlatot, de elektróda átvezetést is mérhetünk. Az átvezetés a leggyakrabban közvetett fűtésű csőveknél a katód és a fűtőszál között jön létre.

Az eddig ismertett nehézségeket a gyakorlottabb amatőrök még le tudják győzni. Ami a legtöbb házi készítésű csőmérőnél hiányzik, az a kézikönyv (katalógus) vagy kártyarendszer, amely a 3 – 5000 különféle csőtípus bekötését és elektróda feszültségeinek beállítását tartalmazza. A gyári csőmérőkhöz ezt mellékelik.

A mérhető csövek száma attól függ, hányféle foglalatot helyeztek el a csőmérőn. Amennyiben az egyes foglalatpontokhoz peremmeghajtású fokozatkapcsoló rendel hozzá az elektróda hozzávezetések, a katalógus írja elő

az adott csőtípus-hoz szükséges beállítás, tartalmazza a fokozatkapcsoló állásának kódszámát, a beállítandó elektróda feszültségeket, a mérendő fűtő-, anód- és segéd-rácsáramot. Összetett csőveknél a két csövet külön beállításban kell mérni, kivéve az azonos beállítású ikercsőveket, ahol a két csőfél anódja átkapcsolható.

A másik elterjedt rendszernél minden csőhöz egy lyukkártya tartozik, amelyet a készülék megfelelő helyére illesztve, a lyukakba rövidre záró dugókat

helyezve végezhetjük el az elektróda kivezetések hozzárendelését a foglalatpontokhoz.

A kártyák feliratai rendszerint megadják a beállítandó elektróda feszültségeket és a mérendő áramokat.

Csőjellemtzők mérése

A legtöbb esetben nem elégszünk meg azzal, hogy az előírt munkapontban lemérjük az áramokat, hanem a csőjellemtzők abszolút és relatív értékére is kíváncsiak vagyunk. A csőjellemtzők definíciójából adódik az a mérési lehetőségük, amelyet *differentiahányados módszernek* neveznek. Az ismertett csőmérő megfelel egy olyan mérési összeállításnak, ahol a negatív rácsfeszültség és a pozitív anódfeszültség a kívánt tartományban szabályozható, valamint az anódáram értéke egy műszeren leolvasható, ezzel az összes csőjellemtzőt meg tudjuk mérni.

Az 5. ábrán felrajzoltuk a mérések elvi kapcsolási rajzát. A meredekség mérésnél (ez az a) részlet) konstans anódfeszültség mellett a munkapont környékén egy voltal változtatjuk a rácsfeszültséget és leolvassuk az anódáram változást. A belső ellenállás mérésénél (ld. a b) részleten) addig változtatjuk az anódfeszültséget, míg egy milliampert változik az anódáram. Ahány volt a változás, annyi kohm a belső ellenállás. Az erősítési tényező mérésénél (5.c ábra) leolvassuk az anódáram értékét, majd egy voltal változtatjuk a rácsfeszültséget, ezután annyit változtatunk az anódfeszültségen, hogy az előbb leolvasott anódáram



12. ábra. W 18N csőmérő (Csernus László gyűjtése)