

3.19. Elektroncsövek, termikus eszközök

3.19.1. Elektroncsövek

A tranzisztor feltalálása (1948) előtt erősítőelemként és egyenirányítási célra *elektroncsöveket* használtak. Az első tranzisztorok csak kis frekvenciákon dolgoztak, és kis teljesítményűek voltak, ezért évtizedekig kétséges volt, hogy az elektronika minden területén ki tudják-e szorítani az elektroncsöveket. Mára csak a professzionális adóberendezések nagyteljesítményű végfokozataiban használnak speciális csöveket, és a TV vevőkészülékek ill. monitorok képcsöveit is felváltják a más rendszerű képvisztaadó eszközök (LCD, TFT, stb.).

A félvezetők az amatőr rádióállomások berendezéseiben is felváltották az elektroncsöveket, ugyanakkor nagy számú régi, de működőképes csöves berendezés van még amatőrkézen. Amatőr készítésű adóban gyakran csöves a végerősítő. Sokan használnak csöves (gyári) teljesítményerősítőt is, mivel a korszerű, félvezető végerősítők magas árak miatt nehezen hozzáférhetőek. Mindez indokolja, hogy az elektroncsövek működéséről is ejtsünk néhány szót.

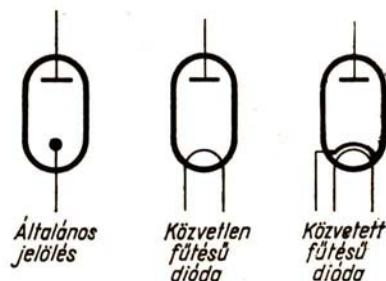
A legegyszerűbb elektroncső a **dióda**. A dióda villamos áram által izzított, elektronokat emittáló *katódból*, és az elektronokat felfogó *anódból* áll. A dióda elektródái légritkított (10^{-6} Hgmm, 10^{-4} Pa) üvegburában helyezkednek el. (A katódot izzító áramot egy *fűtőszálon* vezetik keresztül. Ha a fűtőszál maga emittálja az elektronokat, azaz maga a katód, *közvetlen fűtésű* csőről beszélünk, ha pedig a fűtőszál szerepe csak az, hogy a körülötte hengeresen elhelyezkedő katódot izzítsa, *közvetett fűtésű* csőről van szó.)

Ha az anódra a katódhoz képest pozitív feszültséget kapcsolunk, az elektrosztatikusan magához vonzza a katódból kilépő elektronokat, így az elektroncsövön keresztül áram indul meg. A negatív töltésű elektronok a katódtól az anód felé haladnak, így az áram iránya (a pozitív töltések elképzelt haladási iránya) az anódtól a katód felé mutat.

Ha az anódra a katódhoz képest negatív feszültséget kapcsolunk, az taszítja a katódból kilépett elektronokat. Nagyon kis negatív anódfeszültség esetén még néhány elektron eljut az anódra, a negatív anódfeszültség növelésével viszont az anódfeszültség megszűnik, a cső lezár.

Ilyen formán az elektroncső dióda az anódnak a katódhoz képesti feszültségétől függően ugyanúgy „nyit” vagy „zár”, mint a félvezető dióda.

Az elektroncső dióda általános jelölését, illetve a közvetlen és közvetett fűtésű dióda rajzjelét az 1. ábra mutatja.



1. ábra

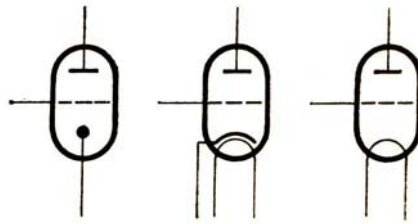
Ha a katód és az anód közé egy harmadik elektródát, *rácsot* helyezünk, három elektródás csőhöz jutunk, melynek neve **trióda**. A katódhoz képest pozitív anódfeszültség mellett a trióda rácsára adott feszültséggel befolyásolható az anódfeszültség értéke. Ha a rácsra (a katódhoz képest) negatív feszültséget kapcsolunk, az elektrosztatikusan taszítja a katódból kilépő elektronokat, így akadályozza azokat az anód felé haladásban. Minél nagyobb a rács negatív feszültsége, annál kevesebb elektron jut az anódig, és egy adott (az anódfeszültségtől függő) negatív rácsfeszültségnél pedig már egy elektron sem jut át, az anódfeszültség 0 lesz, a cső lezár. Nagyobb anódfeszültség esetén a cső lezárásához negatívabb rácsfeszültség tartozik.

A rács a katóddal tulajdonképpen egy diódát alkot (melynek a rács az „anódja”). Ha a rácsfeszültség a katódfeszültséghez képest negatív, ez a dióda le van zárva, azaz nem folyik rajta áram: a rácsáram ilyenkor 0. Ekkor a rácsra kapcsolt feszültséggel rácsáram nélkül vezérelhetjük az anódfeszültséget, tehát a cső vezérléséhez nincs szükség bemenő teljesítményre (csak feszültségre).

Ha a rács a katódhoz képest pozitív feszültségre kerül, vonzza az abból kilépő elektronokat, ami egyrészt segíti azokat az anód felé haladásban, így növeli az anódfeszültséget, másrészt a rács-katód „dióda” is kinyit, és rácsáram folyik. (Ez az üzemi teljesítményerősítők esetében kedvező és szokásos, a rácsáramos AB osztályú üzemet AB₂ osztálynak nevezik.)

A trióda ugyanúgy alkalmas erősítésre, mint a tranzisztor: anódjával munkaellenállást kapcsolnak sorba, melyen a (rácsfeszültséggel vezérelt) átfolyó anódáram feszültséget ejt. Az elektroncsöves erősítő földelt katódú, földelt rácsú, vagy földelt anódú (katódkövető) kapcsolásban dolgozhat (megfelel a tranzisztoros erősítő földelt emitteres, földelt bázisú, ill. földelt kollektoros üzemének).

A trióda általános jelölését, ill. a közvetett és a közvetlen fűtésű trióda rajzjelét a 2. ábra mutatja.

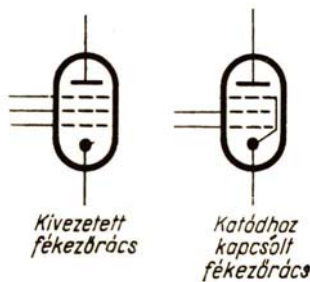


2. ábra

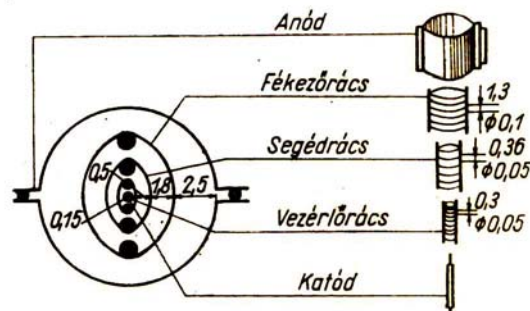
A trióda rácsa és anódja közé helyezett, pozitív feszültségre kapcsolt újabb ráccsal (*segédrács*) csökkenthető az anód és a vezérlőrács közötti kapacitás, valamint az anódfeszültségnek az anódáramra gyakorolt hatása. Az így létrejött négyelektrodás csövet **tetródának** nevezik. A tetróda hibája, hogy az anódhoz közeli, pozitív potenciálú segédrács hatására az elektronok felgyorsulnak, nagy energiával csapódnak az anódba, és bizonyos anódfeszültség tartományban abból elektronokat ütnek ki (szekunder emisszió), azaz az anódfeszültség növelésekor e tartományban az anódáram csökken.

Ez a hiba a segédrács és az anód közé helyezett, katódpotenciálra kapcsolt *fékezőrács* beépítésével küszöbölhető ki, amely az anód felé haladó elektronok sebességét csökkenti. Ez, az ötelektrodás elektroncső a **pentóda**. A pentóda elektródái: (fűtőszál), katód, vezérlőrács, segédrács, fékezőrács, anód. A pentóda anódárama kevésbé függ az anódfeszültségtől, anódfeszültség/anódáram karakterisztikája hasonló a tranzisztor kollektorfeszültség/kollektoráram karakterisztikájához.

A pentóda áramköri rajzjelét a 3. ábra, szerkezeti felépítését a 4. ábra mutatja.



3. ábra



4. ábra

Az elektroncsöves erősítőfokozatokat általában triódákkal, (esetleg javított kivitelű, a pentódához hasonló karakterisztikájú ún. sugártetródákkal), vagy pentódákkal építik meg.

Gyakran egy üvegburába két vagy több elektroncsövet is beépítenek (ikercsövek).

Speciális célokra több elektrodás csövek is készülnek. Ilyen pl. a keverési célra szolgáló trióda-heptóda ikercső, melyben a heptódának két vezérlőrácsa van: a katódhoz közelebbire vezetik a keverendő jelet, a távolabbi pedig a csövön belül össze van kötve a helyi oszcillátorként használandó trióda rácsával. A két vezérlőrács ill. az anód és az ahhoz közelebbi vezérlőrács között további rácsok találhatóak.

3.19.2. Nagyteljesítményű elektroncsöves fokozatok

Elektroncsöveket ma már (új konstrukcióban) az amatőr gyakorlatban is csak nagyteljesítményű fokozatokban szokás felhasználni.

SSB üzemben „lineár” erősítő alkalmazása szükséges, ahol a kimenő teljesítmény a bemenő teljesítménnyel arányos. Ezért a végerősítő csöveket AB osztályú üzemben szokás használni. Ha a vezérlőrács feszültsége mindig a negatív feszültségtartományban mozog, AB₁, ha pedig pozitív értéket is felvehet, rácsáramos, AB₂ osztályról beszélünk.

Az elektroncsöves végerősítő fokozatok anódfeszültsége több ezer V lehet, ami különleges elővigyázatosságot igényel e fokozatok üzemeltetések, javításakor. Az anódfeszültségre feltöltött, a tápfeszültséget szűrő ELKO-k a kikapcsolás után percek elteltével is töltött állapotban lehetnek, és megérintésük halálos áramütést okozhat. Gyári készülékekben gyakran biztonsági kapcsolókat építenek be, melyek az áramütés-veszélyes részeket takaró lemez eltávolításakor a nagy feszültségre töltődő ELKO-t rövidre zárják, kisütik.

Az elektroncsöves fokozatok be- és kimenetei nagyobb impedanciájúak, mint a félvezetőseké. Ezért a bemenet és kimenet illesztett (50 Ω-os) lezárásához az impedanciát áttranszformáló *illesztő fokozatok* szükségesek. Ez az oka annak, hogy a csöves végerősítővel készült amatőr adók mindig tartalmazzák az antennaillesztő (általában Collins-) szűrőt. Illesztetlen lezárás esetén a reflektált teljesítmény a végcső anódján disszipálódik, azt hevíti. Ha az illesztetlenség nagyfokú, az anód úgy felhevülhet, hogy felizzik, minek következtében az üveg bura is túlmelegszik, képlékennyé válik, és a külső légnyomás az üveget beszakítja, a cső tönkremegy. (Egyes, nagyteljesítményű, amatőr adókban ritkán alkalmazott grafit anódos végcsöveknek megengedett üzemi állapota, amikor az anód meggyvörösösen izzik, ezek a csövek ettől nem mennek tönkre.)

3.19.3. Egyszerű termikus eszközök

Az elektronikus áramkörökben (kivéve az olyan mérőműszereket, melyek feladata épp a hőmérséklet mérése) általában azért van szükség a paramétereiket a hőmérséklettel változtató alkatrészekre, hogy azok felhasználásával ellensúlyozhassuk, kiküszöbölhessük a többi felhasznált alkatrész hőfüggését. (Pl. a tranzisztor munkaponti kollektorárama a hőmérséklettel együtt nő, ha nem teszünk intézkedést e növekedés kompenzálására.)

A rezgőkörök rezonanciafrekvenciájának hő hatására történő változása is kiküszöbölhető, ha alkalmasan választott negatív és pozitív hőmérsékleti együtthatójú (NTK, PTK) LC elemekkel építjük meg azokat.

Tulajdonképpen egy olyan alkatrészről érdemes említést tenni, amely kifejezetten a hőkompenzálást szolgálja, ez a *termisztor* (NTK ellenállás). A termisztor olyan ellenállás (kerámiából készült félvezető), amelynek értéke a hőmérséklet növekedésével csökken. (Névleges értéknek általában a szobahőmérsékleten mérhető értéket adják meg.)

Ha a termisztoron áram folyik keresztül, akkor feszültség esik rajta, a feszültség és áram szorzataként adódó teljesítmény maga is hevíti az eszközt.

A termisztorokat különféle disszipálható teljesítményekre, különböző méretben, kiviteli formában gyártják.

Pl. egy 4NTT0,1 (szobahőmérsékleten névlegesen 0,1 kΩ-os) termisztor mért ellenállása a hőmérséklet függvényében:

Hőmérséklet (C°)	Ellenállás (Ω)
25	117,4
30	98
35	81,2
40	68,7
45	57,3

Példa a termisztor alkalmazására:

A tranzisztor kollektoráramának hőmérsékletfüggése úgy kompenzálható, hogy a bázisosztó alsó tagjával egy megfelelő értékű termisztor kapcsolunk sorba. A hőmérséklet növekedésével változatlan bázis-emitter feszültségnél a kollektoráram növekedne, de a termisztor ellenállása magasabb hőmérsékleten kisebb, ezért a bázisosztón kevesebb feszültség esik, és a kisebb bázis-emitter feszültség hatására a kollektoráram az eredetileg beállított értéken marad.