

Dióda, trióda, tetróda a pentóda...

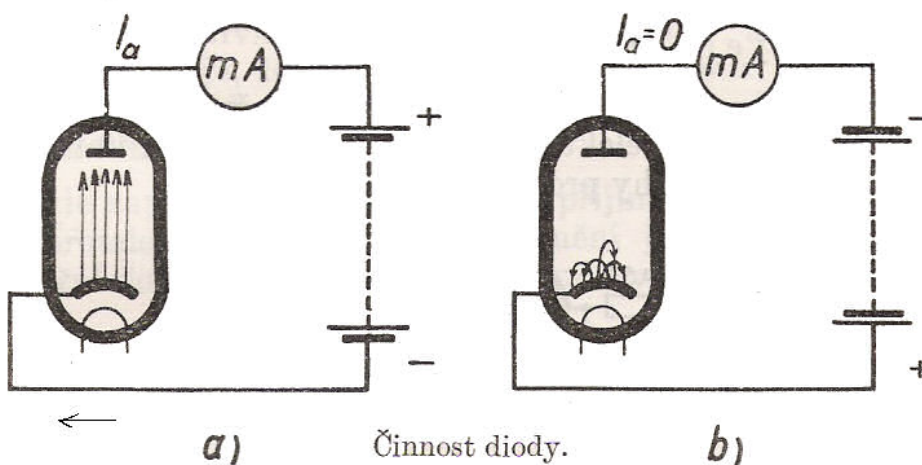
Publikované: 30.11.2006, Kategória: Elektrónky

www.svetelektro.com

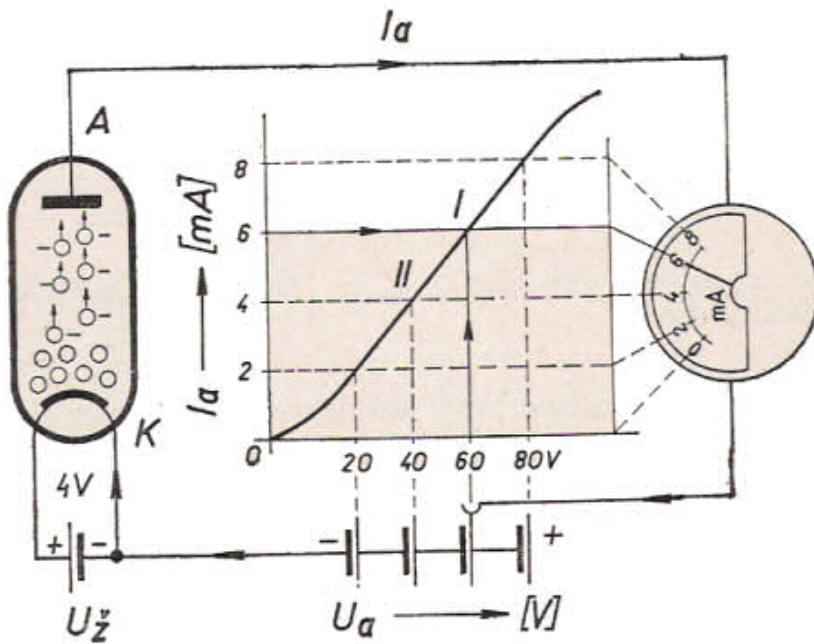
Dnes si vysvetlíme činnosť diódy, triódy, tetródy a pentódy. Tieto vymenované systémy elektrónok sa delia vlastne podľa počtu elektród. Dióda má dve pracovné elektródy (žeravenie sa neberie do úvahy, slúži len na aktiváciu katódy), trióda už má tri a to anódu, riadiacu mriežku (v angličtine Grid) označujeme ju G a nakoniec aj katódu. Tetróda má 4 elektródy a to katódu, riadiacu mriežku G1, pribudla takzvaná tieniaca mriežka G2 a anódu. Poslednú elektrónku ktorú si dnes predstavíme je so systémom pentódy. Čiže 5 elektród a to katóda, riadiaca mriežka G1, tieniaca mriežka G2, a pribudla tu takzvaná hradiaca alebo inak povedané brzdiaca mriežka G3 no a samozrejme anóda. Všetko si postupne objasníme.



Dióda Vznikla asi tak, že sa začal skúmať Edisonov efekt a na čo by sa dal využiť. Prišlo sa na to že táto dvojelektrodová elektrónka usmerňuje striedavý prúd. Ak pripojíme na anódu kladný pól zdroja +, na katódu záporný pól zdroja - a zaradíme Ampérmeter (miliAmpérmeter), tak ak je elektrónka v poriadku a žeravenie pracuje, určite nám Ampérmeter ukáže výchylku. A naopak ak pripojíme na anódu záporný pól zdroja - a na katódu kladný pól zdroja +, tak Ampérmeter neukáže výchylku ostane na 0. Pozri obrázok:



Dióda nemá zosilňovaciu schopnosť, no doteraz sa využíva na usmernenie striedavého napätia v drahých elektrónkových zosilňovačoch, neskôr si o tom povieme viac. Ako pracuje dióda a jej vlastnosti v obvode nám najlepšie znázorní takzvaná VA charakteristika (Volt-Ampérová charakteristika). Na obrázku máme znázornený miliAmpérmeter, ktorý sa vychýli tým viac, čím vyššie je napájacie napätie:



Principiálne zapojenie na určenie charakteristiky diódy

Z Ohmového zákona vyplýva, že $U = I \cdot R$ z toho si môžeme vyjadriť vnútorný odpor diódy čiže $R_i = U_a / I_a$, kde R_i je vnútorný odpor elektrónky (nielen diódy), U_a je napätie na anóde a I_a je prúd, ktorý prechádza anódou (anódový prúd). Z tohto plynú zaujímavé vlastnosti v porovnaní z dnešnou kremíkovou diódou napríklad typu 1N4007 (1A, 1000V). Dióda potrebuje na svoju činnosť žeraviaci prúd, bez žeravenia nevedie dióda žiadnym smerom. Kremíková dióda nepotrebuje žeravenie, čiže určite je účinnejšia ako vákuová dióda. Ďalšou závažnou vlastnosťou vákuových diód je to, že majú omnoho vyšší vnútorný odpor oproti kremíkovým diódam. Ak sa pozrieme na obrázok vyššie, tak z VA charakteristiky vyplýva nasledujúci fakt, že $R_i = U_a / I_a$, zoberme napríklad pri napätí 60V na anóde, prúd podľa VA charakteristiky je 6mA. $R_i = 60V / 0,006A$ čiže $R_i = 10\,000$ ohmov resp. 10kOhm. To je dosť vysoká hodnota. Existujú však vákuové diódy, ktoré majú vnútorný odpor aj 200Ohmov. Vždy je potrebné si zistiť aký má dióda vnútorný odpor a aký prúd znesie. Nie je totiž problém usmerniť s vákuovou diódou usmerniť aj 10A prúd. Veď ak máme diódu s 200 Ohmovým vnútorným odporom tak nám stačí 2000V na anódu a usmerňujeme 10A. Problém je v tom, že každý typ diódy má rôznu katódu podľa určenia na použitie. Či už priamo žeravenú alebo nepriamo. Každá má určitú emisnú schopnosť. Ak prekročíme prúdovú hustotu vyššie ako je uvedené v katalógu danej elektrónky, dôjde ku podstatnému zníženiu životnosti vákuovej diódy resp. k poškodeniu systému. Veľkosť emisnej schopnosti katódy sa dá zhruba odhadnúť podľa tvaru katódy, teda čím má väčšiu plochu, tým viacej elektrónov emituje a umožňuje usmerňovať vyšší prúd. Platí aj to, že čím viac je katóda elektrónky schopná emitovať elektróny, tým nižší má vnútorný odpor. Dióda má teda usmerňovacia schopnosť. Poznáme dvojcestný a jednocestný usmerňovač. Začneme jednocestným s vákuovou diódou. Na tomto obrázku je naznačená schéma a princíp usmerňovania:

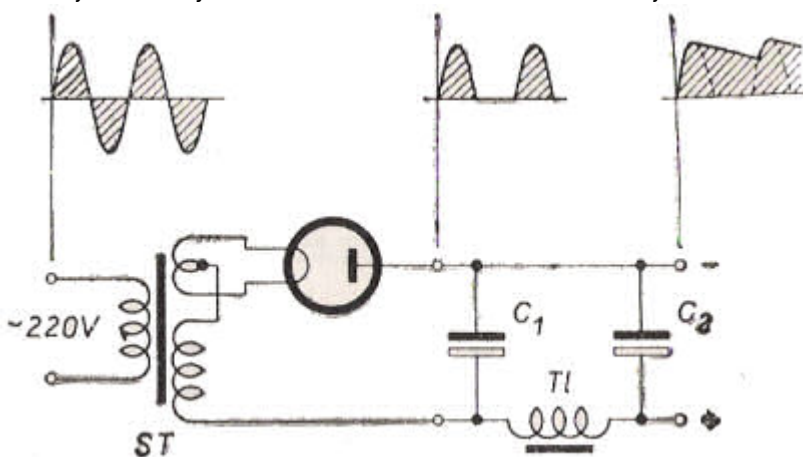
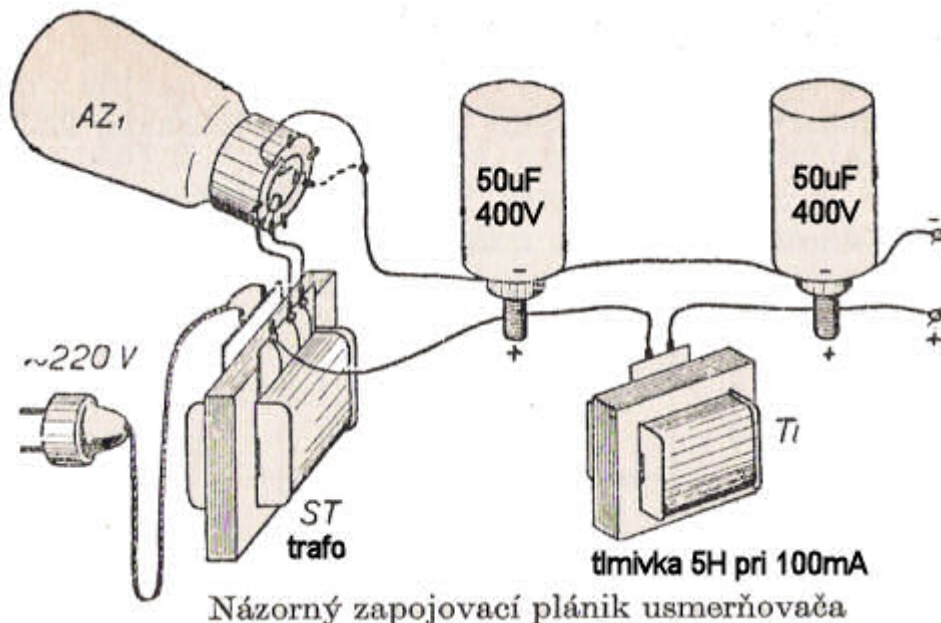
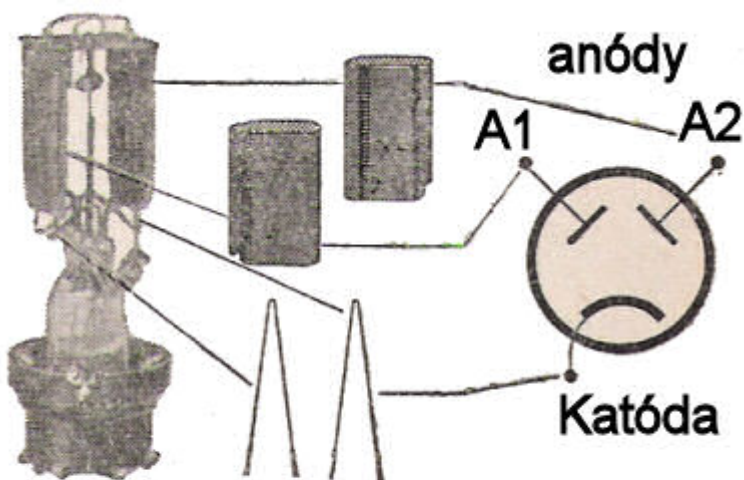


Schéma jednocestného elektrónkového usmerňovača

A jeho názorný zapojovací plánik:

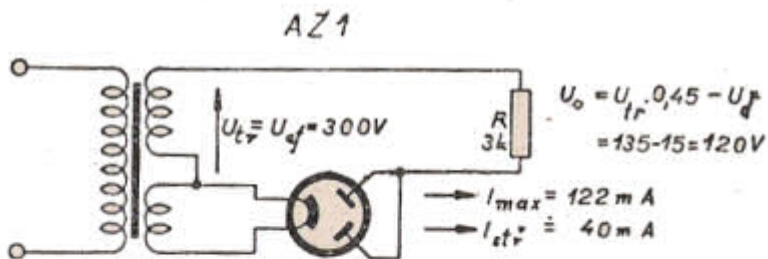


Teda vákuová dióda potrebuje žeravenie \square to je zabezpečené vinutím z transformátora na tento účel. Jeho napätie sa určí podľa typu diódy. Ak je to priamo žeravená katóda, tak sa spojí s pracovným vinutím, ktorého napätie chceme usmerniť. Teda zapojili sme katódu. Ak je to nepriamo žeravená katóda, tak žeraviace napätie nie je spojené s pracovným vinutím. S pracovným vinutím je spojená katóda. Za diódou nasleduje ako inak vyhladzovací kondenzátor. Jeho úkolom je v čase keď sínusoida prechádza nulou zabezpečiť aby nekolísalo napätie a tým aby sa napätie nemenilo v čase a teda aby to bol vyhladený jednosmerný prúd. Prečo je tam tlmivka? Kondenzátor Má určitú kapacitu. Ak má vákuová dióda pomerne veľký vnútorný odpor. Kondenzátor sa nestihne nabiť na maximálnu hodnotu striedavého napätia a teda predsa na ňom vznikne nepatrné ale predsa nežiaduce kolísavé napätie. Aby sme ho úplne vyhladili, využíva sa na to tlmivka s veľkou indukčnosťou typicky 5H a viacej. Tlmivka má schopnosť udržať si napätie keď sa prúd znižuje a preto dopĺňa kondenzátory. Na výstupe máme vyfiltrované napájacie jednosmerné napätie. Pre jeho výpočet platí nasledujúci vzťah: $U_j = U_s \cdot \sqrt{2}$ (druhá odmocnina z 2) teda klasicky vzorec, ktorý nám z efektívneho napätia, ktoré nameráme na sekundárnom pracovnom vinutí transformátora, ukáže aké dostaneme napätie po usmernení na svorkách kondenzátora. U_j je jednosmerné napätie po usmernení na kondenzátore, U_s je efektívne striedavé napätie. Tento typ usmernenia je dosť nevýhodný. Dôvody sú tieto: neusmerňuje obidva pól vlny striedavej sínusoidy, čo je dosť neefektívne. Ďalšou skutočnosťou proti je to, že pre filtráciu po usmernení je potrebný dosť veľký filter. V takom zmysle, že indukčnosť cievky musí byť čo najvyššia a veľkosti kondenzátorov len také ako predpisuje katalóg. Teda ak zoberieme do úvahy to že kvôli životnosti diódy nemôžeme použiť veľké kapacity filtračných kondenzátorov a je jasné, že sa potom nezbavíme striedavej zložky po usmernení. Pretože frekvencia je 50Hz a keď zápornú pól vlnu odrežeme vznikne veľká medzera. Neostáva nám nič iné ako použiť dvojcestný usmerňovač. Dvojcestný usmerňovač v zapojení s kremíkovými diódami je o mnoho jednoduchšie realizovať oproti vákuovým diódam. Keď si zoberieme ako príklad Graetzov mostík. Pri vákuových diódach sa dvojcestné usmernenie rieši pomocou dvojitého vinutia transformátora. Pri dvojitom vinutí nám stačia dve diódy. Konštrukčne je to vyriešené tak, že baňka elektrónky obsahuje dve diódy zo spoločnou katódou ako je to znázornené na tomto obrázku:

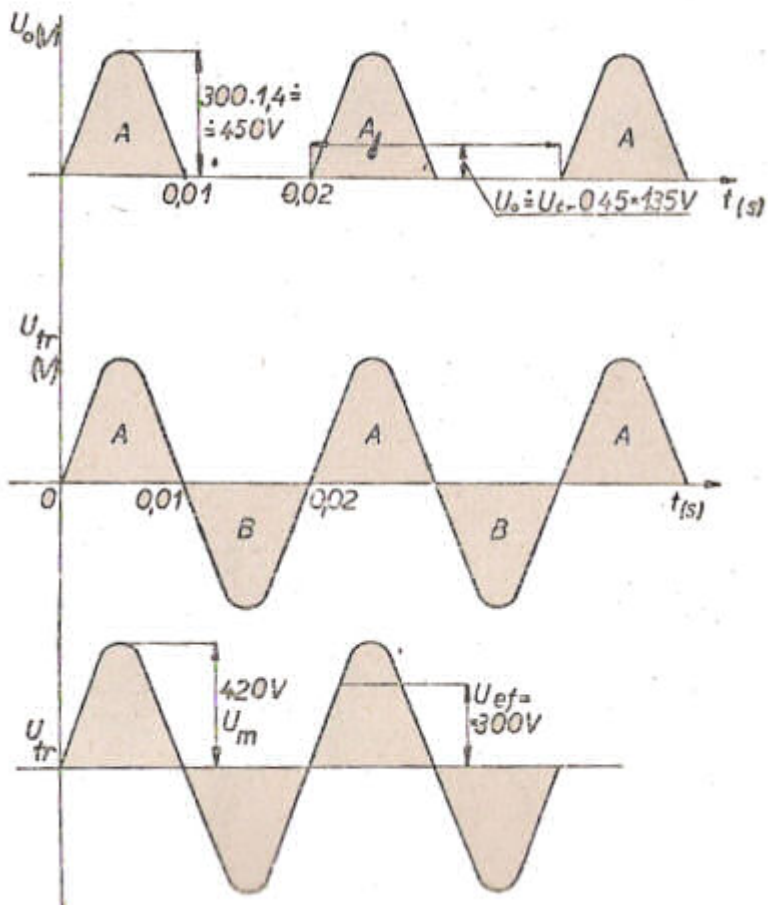


Konštrukcia a značka dvojcestnej usmerňovacej elektrónky (AZ1)

Na ďalšom obrázku je schéma jednocestného usmerňovača s takouto vákuovou diódou:

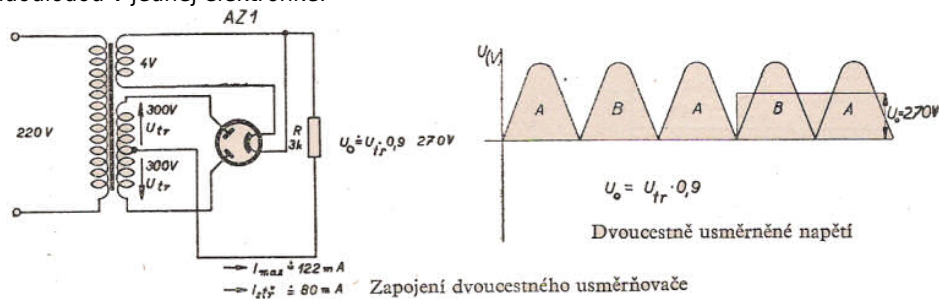


Zapojení usměrňovače

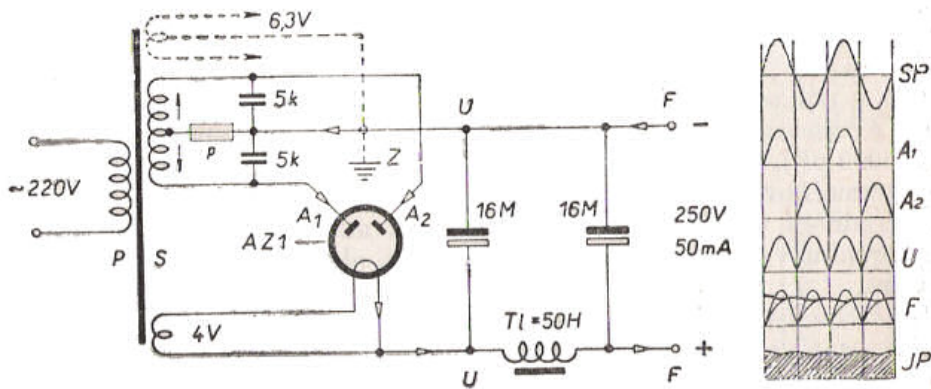


Priebehy napätí na usmerňovači.

Tým, že sme ich zapojili paralelne, sme nížili vnútorný odpor diódy a môžeme ju viac zaťažiť väčším prúdom. Ale to nevyrieši náš problém s filtráciou 50Hz brumu. Na nasledujúcom obrázku je znázornená schéma dvojcestného usmerňovača s duodiódou v jednej elektrónke:



A ďalšia schéma ukazuje zapojenie dvojcestného usmerňovača aj s filtrom:

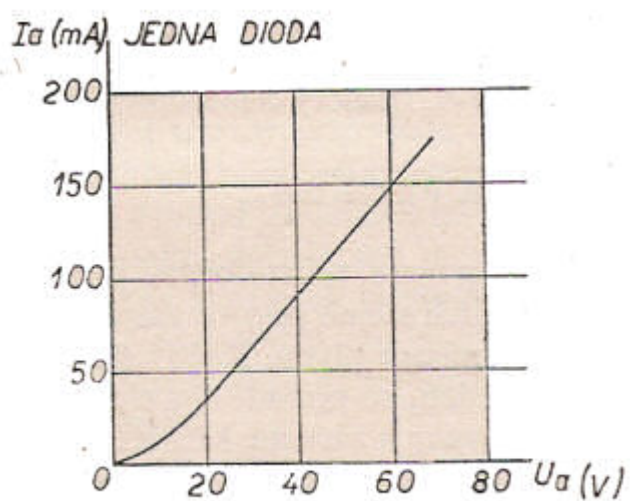


Dvojcestný usmerňovač s filtrom

Popis schémy dvojcestného usmerňovača s vákuovou diódou (na schéme je typ AZ1 resp. AZ11). Všimnime si transformátor. Primárne vinutie je štandard 220V dnes 230V. Sekundárne vinutie je rozdelené do troch sekcií. Jedna tvorí vinutie 4V a čiarkovane 6,3V. Druhú sekciu tvorí pracovné takzvané anódové napätie ešte pred usmernením. 4V a 6,3V tvoria napájanie žeraviacich vlákien a teda súvisia s činnosťou elektrónok iba tak, že im nažhavia žeraviace vlákna. Nič viac nič menej. Jedno je preto 4V, pretože táto elektrónka teda AZ1 má podľa katalógu žeraviace napätie práve spomínaných 4V. 6,3V čiarkovane je preto, lebo sa to netýka priamo AZ1, ale je to žeravenie pre ostatné elektrónky v zapojení. A 6,3V preto lebo takéto napätie je štandardné žeraviace napätie pre väčšinu malých sklenených novalových elektrónok. Treba si ešte všimnúť ako dochádza k dvojcestnému usmerneniu. K tomu nám pomôže obrázok napravo. Na dve rôzne anódy A1 a A2 idú dve navzájom posunuté o 180 stupňov pól vlny. A na katóde sa nám teda objaví pulzujúce napätie o frekvencii 100Hz s minimálnou medzerou medzi pól vlnami. Určite menšou ako pri jednocestnom usmernení. To bol aj účel. Teraz je filter o niečo účinnejší, pretože jednak sa nám zdvojila frekvencia z 50Hz na 100Hz a jednak sú pól vlny tesne za sebou. Stačia nám potom nižšie kapacity filtračných kondenzátorov a nižšia indukčnosť cievky. Na tomto obrázku je ukážka dvojcestnej vákuovej diódy:



A Volt-Ampérová charakteristika usmerňovačky duodiódy AZ11:



Charakteristika diódy AZ11

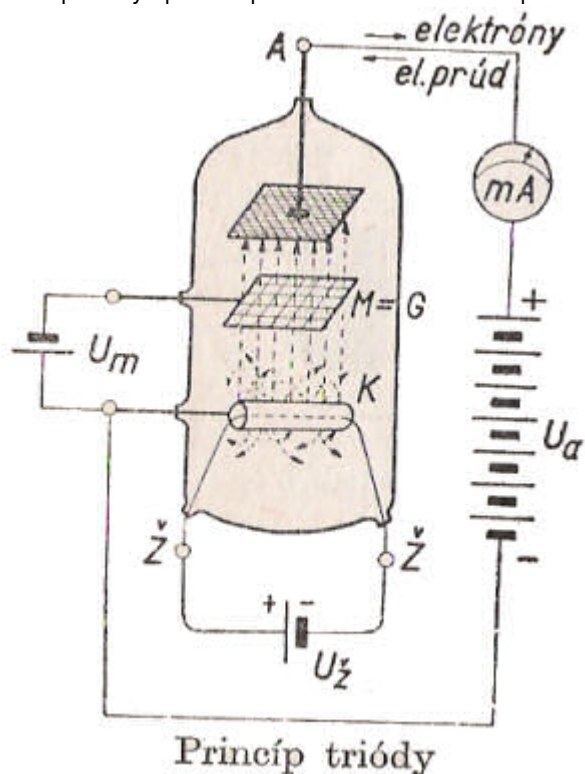
Z VA charakteristiky diódy AZ11 je vidno, že ma pomerne vhodný vnútorný odpor a hodí sa dobre na dvojcestný usmerňovač. Vákuové diódy sa nepoužívali len na usmerňovanie striedavého prúdu, ale aj na detekciu vysokofrekvenčného prúdu v rozhlasových prijímačoch. Konkrétne na detekciu AM a FM signálu. Na tento účel sa využívala buď dióda v systéme pentódy v jednej baňke alebo s triódou v baňke. Alebo ako dvojité dióda, každá s osobitnou vlastnou katódou. Tieto sa zas využívali na detekciu FM v diskriminátoroch a na meracie účely. Neskôr sa však začali používať germániové diódy s omnoho lepšími

vysokofrekvenčnými vlastnosťami a úplne vytlačili vákuovú diódu. Prečo sme sa potom zaoberali touto vykopávkou. J asi preto, že píšeme článok o elektrónkach a nezačať pri diódach by bolo hlúpe. A aj preto lebo sa predsa do dnes využívajú v špičkových elektrónkových audio zariadeniach. Porovnajme si dnešné kremíkové usmerňovacie diódy a elektrónkové vákuové diódy. Kremíkové sú, nad slnko jasné, účinnejšie ako vákuové. Usmerňujú veľké prúdy pri malých rozmeroch. Čo pri vákuových s princípu nie je možné. Znesú prakticky rovnaké podmienky ako elektrónkové čo sa týka vysokých napätí. Elektrónky, všeobecne, sú ľahko mechanicky zničiteľné a vyžarujú veľa stratového tepla. No napriek tomu ich niektorí výrobcovia dodnes používajú v drahých HiFi zosilňovačoch. Prečo je tomu tak. Na to existuje pomerne jednoduchá odpoveď. Kremíková dióda má veľmi nelineárny priebeh VA charakteristiky, kde je najviac nelineárna pri ohybe, teda niekde pri 0,7V. Od tohto napätia začína prudko stúpať prúd v závislosti od napätia. Tým, že kremíková dióda má nízky vnútorný odpor a je schopná pretlačiť väčší prúd, tak pri striedavom napätí 50Hz sa 50 krát za sekundu prechádza touto nelineárnou charakteristikou. Dochádza teda ku skresleniu pól vln sínusoidy a vznikajú vyššie harmonické frekvencie zo základného 50Hz. Teda celé násobky: 50Hz, 100Hz, 150Hz atd. Samozrejme amplitúda s každou ďalšou harmonickou rýchlo klesá. No napriek tomu sa môže tento rušivý jav prejavíť v zosilňovači audio signálu. Čiže takéto zariadenie má nižší odstup užitočného signálu (napríklad audio) od rušivého. To je hlavný dôvod doterajšieho využívania vákuových diód v nízkofrekvenčných elektrónkových zosilňovačoch. Nehovoriac, o väčšej elegancii, pretože vákuová dióda nie je malá, zvyčajne je na šasi a vidno ju. Platí sa za to bohužiaľ vyššou spotrebou elektrického prúdu a cenou. Môj prístup k vákuovým diódam je neutrálny, ani pre ani proti. Kto ako chce. Osobne ale odporúčam využívať kremíkové diódy z radu 1N4007 (1A, 1000V) alebo ak použijete väčšie filtračné kondenzátory tak radšej diódu 1N5406 (3A, 600V) aby sa pri zapnutí zdroja neprebili. Napájací transformátor odporúčam istiť trubičkovou poistkou aspoň 500mA T (pomalý typ kvôli filtračným kondenzátorom). Pri konkrétnej konštrukcii na to ešte upozorním. A usporiadanie odporúčam klasický Graetzov mostík zo štyrmi kremíkovými diódami. Ak niekto chce experimentovať z vákuovými diódami musí si ich najprv zohnať. V obchode sa dajú kúpiť od firmy JJ. Ak bude treba pomôcť zo zapojením treba dať otázku do diskusného fóra. Rád poradím. Použitím kremíkových diód sa vyhneme mnoho konštrukčným problémom. Porovnajme si len veľkosť obidvoch diód a rozhodnite sa.

Zosilňovacie elektrónky.

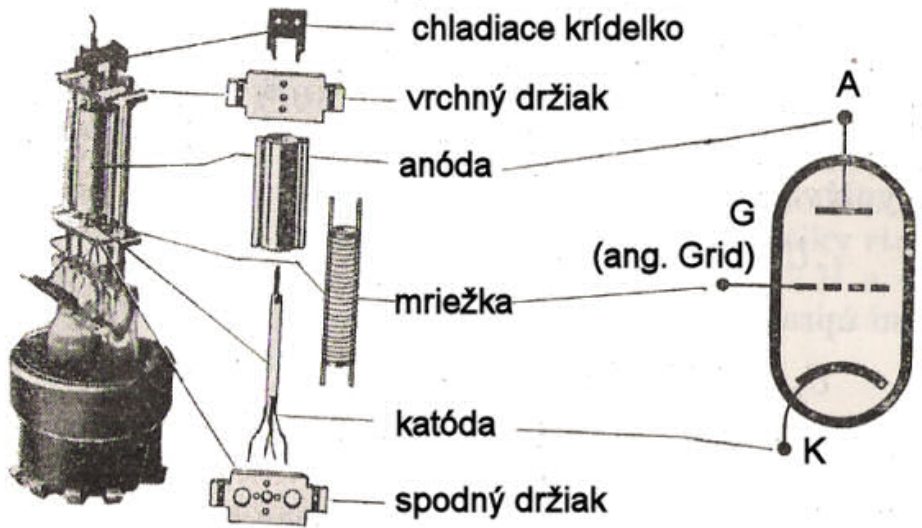
Trióda

Je odvodená od diódy. Má tri elektródy. Anódu, G \square mriežku a katódu. Trióda vznikla po roku 1906 a skonštruovali ju konštruktéri von Lieben a Lee Forest. Robili pokusy s diódou a po vložení mriežky prišli na triódu, ktorú ďalej vyvíjal Bonč-Brujevič v bývalom ZSSR. Kým teda dióda usmerňuje elektrický prúd, trióda usmerňuje aj zosilňuje prijaté prúdy. Princíp triódy opíšeme pre názornosť na kresbe primitívnej triódy:

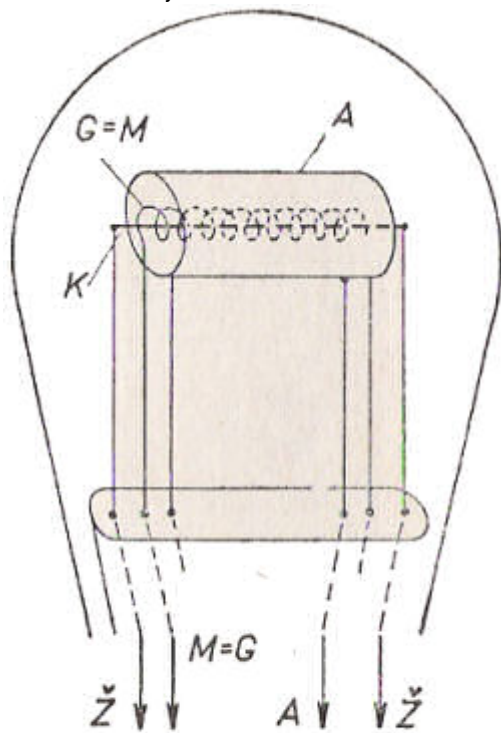


Nepriamo žeravená katóda vysiela \square emituje elektróny, ktoré tvoria okolo katódy priestorový náboj. Časť sa vracia späť na katódu a časť prejde mriežkou na anódu, prípadne časť elektrónov prejde na mriežku, ak je kladná. Trióda má tri prúdové obvody: žeraviaci, anódový a mriežkový. Každý obvod má svoje napätie (zdroje prúdu). Žeraviace napätie U_z dodáva potrebný žeraviaci prúd z transformátora alebo žeraviacej batérie. Tento prúd je potrebný k žeraveniu katódy pre vznik emisie elektrónov. Medzi katódou a anódou je anódové napätie U_a ako to bolo pri dióde. Avšak anódové napätie pre triódu musí byť jednosmerné. Inak by nepracovala správne. Čiže anódové napätie je medzi anódou a katódou triódy. Toto napätie priťahuje elektróny od katódy ku anóde. Prechádzajú vákuom od katódy cez mriežku m G (M) ku anóde. Nový a tretí obvod je mriežkový obvod, ktorý tvorí mriežkové napätie U_m medzi mriežkou G a katódou K. Mriežkové napätie pozostáva väčšinou

zo záporného stáleho napätia a zo striedavého napätia, ktoré treba zosilniť. Vplyv mriežky na anódový obvod nude zrejmi z charakteristík triódy, no najprv si ukážeme konštrukciu triódy s nepriamo žeravenou katódou:



Obrázok staršej konštrukcie:



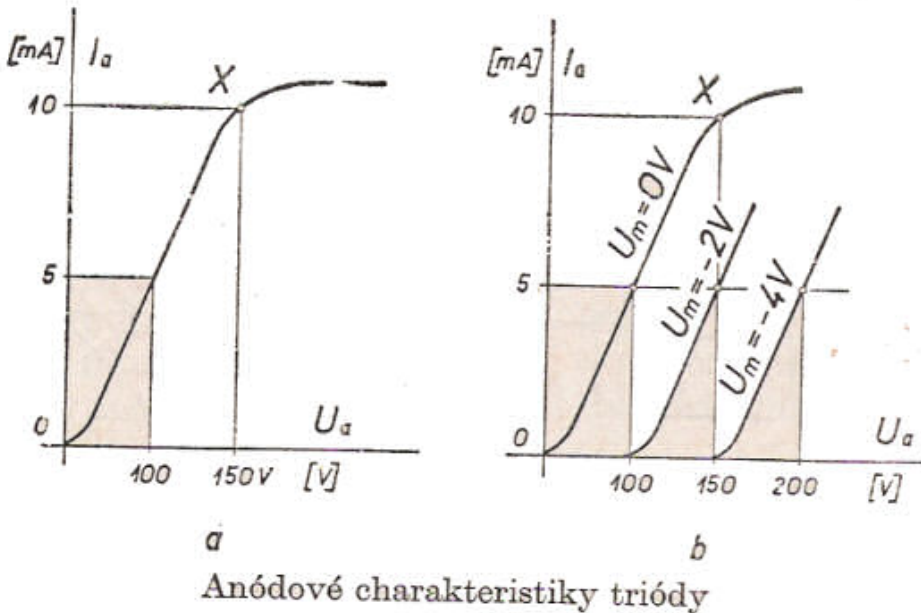
Stará konštrukcia priamo žeravenej triódy

A obrázky reálnej triódy RD25 (vysokofrekvenčná trióda, ktorá sa používala vo vysielateľoch):

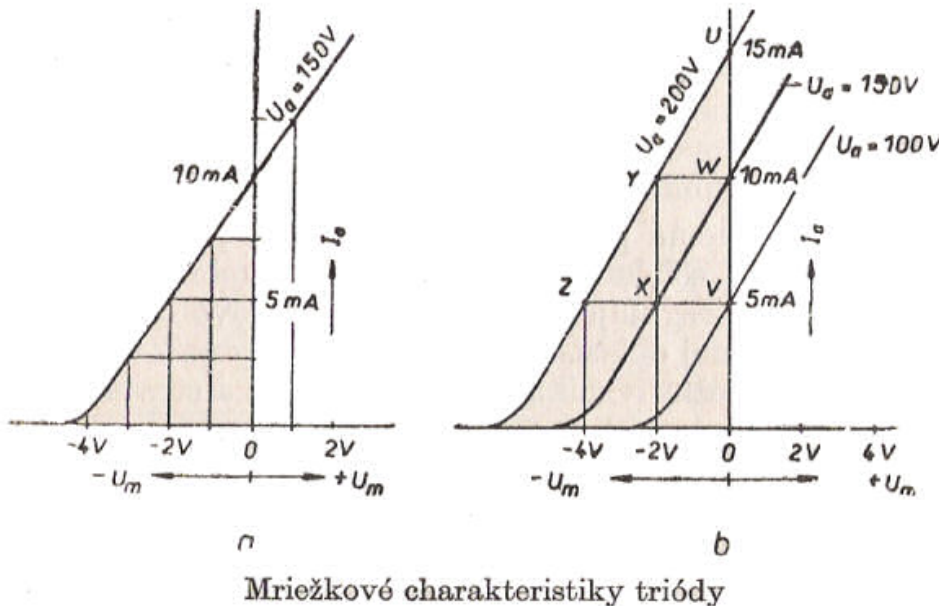




Volt \square Ampérové charakteristiky triódy Sú dvojaké: anódová a mriežková. Mriežku G môžeme považovať za akúsi ďalšiu anódu, ktorá je bližšie ku katóde má otvory (je to mriežka \square siečka z drôtu) to je hlavný rozdiel medzi anódou a mriežkou. Ak má mriežka kladný náboj, tak elektróny z katódy vystupujú na mriežku a aj na anódu, ak má anóda tiež kladný potenciál. Prechádza mriežkový prúd, obvod katóda mriežka sa správa ako obyčajná vákuová dióda. Ako náhle nadobudne mriežka záporný náboj (voči katóde), elektróny prestávajú prúdiť nielen obvodom diódy mriežka \square katóda, ale aj obvodom katóda \square anóda. A to aj napriek tomu, že anóda nad mriežkou má kladný potenciál voči katóde. Čím sa to vysvetľuje. Je to tým, že mriežka je zápornejšia ako elektróny na katóde a tým pádom sú od mriežky odpudzované a nedostanú sa vyššie ku anóde. Pretože mriežka je bližšie ku katóde. Veľkosťou záporného napätia na mriežke voči katóde riadime veľkosť prúdu prechádzajúceho z katódy na anódu triódy. To je celý princíp. Preto sa nazýva riadiaca mriežka. Poďme teda na jej charakteristiky. Tu je príklad anódovej charakteristiky triódy:



Graf vľavo nie je jednoznačný pretože z neho nevieme aké napätie je na riadiacej mriežke, preto si musíme nakresliť krivky pre jednotlivé záporné napätia riadiacej mriežky voči katóde. Tieto krivky potom nanášame do grafu pomocou nameraných hodnôt anódového prúdu na zvislej ose a anódového napätia na vodorovnej ose. Určuje nám závislosť anódového prúdu I_a od anódového napätia U_a . Zhruba môžeme povedať, že závislosť je priamo úmerná až do bodu nasýtenia X. Čiže koľkokrát je vyššie U_a toľkokrát je vyšší I_a . Z grafu je vidno, že trióda má po bod X takmer lineárny tvar. Anódovú charakteristiku môžeme zistiť aj z katalógu výrobcu danej triódy. Ďalší graf nám predstavuje mriežkovú charakteristiku:



Mriežková charakteristika nám určuje závislosť anódového prúdu I_a od premenlivého striedavého mriežkového napätia U_m , pri konštantnom (stálom) anódovom napätí U_a . Čo všetko sa dá zistiť z mriežkovej charakteristiky:

Vnútorý odpor $R_i = U_a / I_a$

Strmosť Každá krivka v grafe má určitý sklon teda strmosť.

Vypočíta sa takto: $S = (\text{zmena anódového prúdu}) / (\text{zmena mriežkového napätia}) S = (\text{zmena } I_a) / (\text{zmena } U_m)$, kde I_a je anódový prúd a U_m mriežkové napätie. Napríklad ak máme strmosť $S = 10\text{mA/V}$, tak ak sa zmení mriežkové napätie U_m o 1V tak anódový prúd sa zmení o 10mA.

Zosilňovací činiteľ V katalógu sa udáva ako grécke písmeno μ (ja použijem u pre podobnosť).

Vypočíta sa takto: $u = (\text{zmena anódového napätia}) / (\text{zmena mriežkového napätia}) U = (\text{zmena } U_a) / (\text{zmena } U_m)$, kde U_a je anódové napätie a U_m je mriežkové napätie. Ak je napríklad $u = 25$, tak to znamená, že ak sa zmení mriežkové napätie U_m o 1V zmení sa anódové napätie U_a o 25V.

Prienik Napätie anódy pri zosilňovacom činiteľi $u = 25$ má tok elektrónov 25 krát menší vplyv než mriežka. Anóda preniká mriežkou na katódu s 25 krát menším vplyvom ako mriežka. Čiže $1 : 25 = 0,04$ krát. Je to v podstate prevrátená hodnota zosilňovacieho činiteľa a označujeme ho D . Udáva sa v %.

Vypočíta sa takto: $D = 1/u$, kde D je prienik a u je zosilňovací činiteľ triódy.

Barkhausenov vzorec dostaneme ak vynásobíme všetky tri predchádzajúce veličiny, teda:

$$S \cdot R_i \cdot D = S \cdot R_i \cdot (1/u) = 1$$

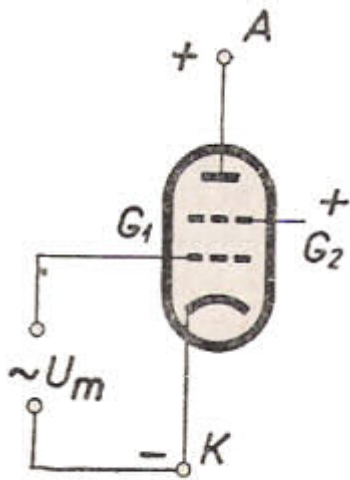
Pomocou tohto vzorca si môžeme dopočítať tretiu veličinu ak poznáme dve z katalógu. Rôzne typy triód pre rôzne použitie na obrázku:



Na čo sa teda používa trióda? Jednoznačne na zosilnenie slabého striedavého signálu. Trióda má určitú analógiu s tranzistorom typu NPN. Kde báza je mriežka, kolektor je anóda a emitor je katóda. Akurát je trióda budená napätím no a tranzistor potrebuje určitý výkon. Preteká prúd bázou aby sa otvoril. Čiže trióda by sa dala skôr prirovnať ku polom riadeným tranzistorom typu JFET a MOSFET. Ktoré na otvorenie nepotrebujú budiaci výkon a prúd prechádzajúci bázou ako pri bipolárnom tranzistore. Sú riadené veľkosťou napätia na svojej riadiacej elektróde ako trióda. Trióda sa síce používa na zosilňovanie slabých signálov, no bohužiaľ ju nemožno použiť vždy. Jednou z najväčších nevýhod je pomerne nízke zosilnenie. Pri bežných triódach môžeme počítať s maximálnym zosilnením 50. Ďalšou nemalou nevýhodou je že smerom k vyšším frekvenciám sa toto zosilnenie dosť značne znižuje a pri istej frekvencii už trióda nezosilňuje vôbec. Prečo je to tak? Vychádza to už z konštrukcie systému triódy. Ide o parazitné medzielektródové kapacity. Trióda má tieto parazitné kapacity medzi anódou a mriežkou, medzi mriežkou a katódou. Najhoršia je tá medzi anódou a mriežkou. Pretože platí takýto vzťah: $C_{vstupná} = C_{gk} + C_{ag} \cdot (1 + u)$, kde $C_{vstupná}$ je zdanlivá vstupná kapacita, C_{gk} je reálna kapacita medzi mriežkou a katódou, C_{ag} je reálna kapacita medzi anódou a mriežkou a u je zosilňovací činiteľ triódy. Parazitné kapacity elektród sa dajú zistiť z katalógu výrobcu. Napríklad máme duotriódu ECC83 a jedna jej trióda má takéto parametre: $C_{gk} = 1,8\text{pF}$, $C_{ag} = 1,7\text{pF}$ a zosilňovací činiteľ $u = 100$, teraz to dáme dokopy podľa vzorca: vstupná kapacita $C = 1,8 + 1,7 \cdot (1 + 100) = 1,8 + 171 = 172,8\text{pF}$ (piko Farad) Takáto vstupná kapacita je dosť vysoká na to aby nám pekne znepriemnila stavbu napríklad nízkofrekvenčného napäťového zosilňovača. Ide o to že zo stúpajúcou frekvenciou nám bude klesať zosilnenie. Pretože táto kapacita C_{ag} je vlastne záporná spätná väzba. Nehovoriac už o vysokofrekvenčnom zosilňovači. Aj napriek týmto nedostatkom sa trióda dnes ešte vyrába a používa. V čom to je. Je to preto, lebo trióda zo všetkých zosilňovacích elektróniek (tetródy, pentódy, atď.) má najnižšie skreslenie. Má nižšie skreslenie ako bipolárny či iný tranzistor. Jedná sa o nelineárne skreslenie. Je to skreslenie, ktoré vzniká zakrivenou (nelineárnou) prenosovou VA charakteristikou danej zosilňovacej súčiastky. A ak sa lepšie pozriete do charakteristiky triódy či už anódovej alebo mriežkovej. Má trióda veľmi blízko ku lineárnej charakteristike. A to je na nej tá najcennejšia vlastnosť. Nízke skreslenie. Preto ju majú radi hlavne hudobníci a gitaristi. Trióda aj pri prebudení neorezáva sínusoidu signálu ako iné zosilňovače, ale ju pekne zaokrúhľuje. Ďalšou zaujímavou vlastnosťou triódy je jej nízky vlastný šum. To sa využívalo na VKV a televíznych pásmach, kde trióda, síce s nízkym zosilnením u maximálne 10, spracúvala veľmi slabé signály na vstupnom obvode za anténou. Ak by tam bola elektrónka s väčším počtom elektród, mala by vyšší šum a ten šum by prekryl užitočný signál. Zosilnenie tam nehrá hlavnú rolu, pretože ak elektrónka zosilňuje slabé signály, tak aj šum a tak by sa to prekrylo a nebolo by to vhodné na ďalšie spracovanie signálu. Čiže z toho nám vyplynulo to, že čím viac mriežok elektrónka má, tým väčší šum bude mať. V katalógu sa miera šumu udáva hodnotou ekvivalentného šumového odporu Re_{kv} . Znova platí, že čím nižší je tento ekvivalentný šumový odpor, tým má daná elektrónka väčšiu šancu zosilniť slabý signál rádovo mikro Volt a neprekryť ho vlastným šumom. Trióda sa v týchto VF obvodoch využívala ako aditívny zmiešavač. Elektrónka z nízkym šumovým číslom je napríklad E88CC alebo ECC88 alebo PCC88. Neskôr si vysvetlíme značenie. Triódy sú vhodné aj na stavbu oscilátorov a generátorov. Využíva sa tam ich spätnoväzbová kapacita. Nie je problém ju rozkmitať aj na 100MHz či vyššie. Triódové rádioprijímače boli vo svojej dobe veľmi nákladné, pretože jeden prijímač obsahoval niekedy aj 10 triód čo nie je málo. Nehovoriac o spotrebe prúdu a účinnosti. Hľadali sa ďalšie možnosti ako zvýšiť zosilnenie, ako znížiť parazitnú kapacitu C_{ag} a celkovo účinnosť.

Tetróda

Vyššie uvedené chyby triódy sa odstránili mriežkou G2, ktorá sa vložila za riadiacu mriežku G1. Ako vidno na tomto schematickom obrázku:



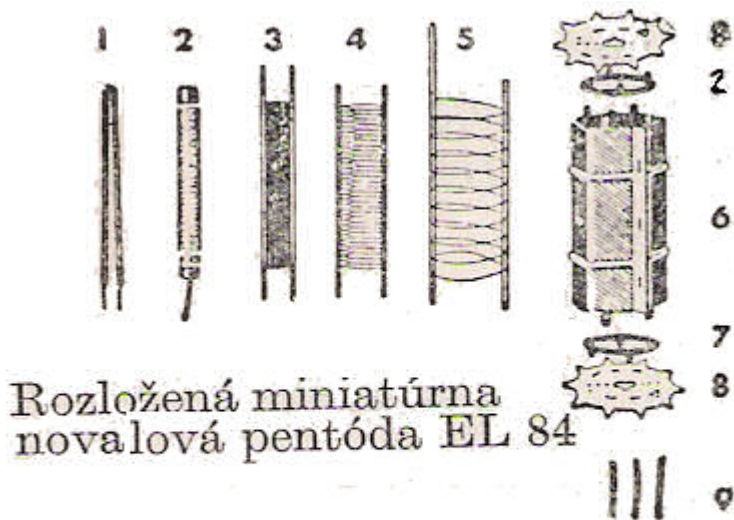
Tetróda

Teda tetróda má tieto 4 elektródy. Katódu, riadiacu mriežku G1, tieniacu mriežku G2 a anódu. Tieniaca sa vola preto, lebo elektricky zatienila mriežku G1 pred anódou a tým pádom klesla kapacita C_{ag} na minimum rádo vo na 0,01pF a menej. To je jedná z výhod tetródy. Ďalšou výhodou je zvýšenie zosilnenia oproti trióde. Pretože mriežka G2 sa pripája na konštantné kladné napätie vysoké ako anóda a zvýšila tak vplyv na tok elektrónov. Je bližšie ku katóde než anóda a teda sa viac elektrónov dostane skrz prvú mriežku. To má veľký dopad na zosilnenie. Pričom sama o sebe tvorí ako keby anódu triódy za riadiacou mriežkou. Trióda má oproti tetróde nevýhodný malý vnútorný odpor. Pri tetróde sa zväčšenie vnútorného odporu dosiahlo druhou mriežkou G2. Ri sa pohybuje od 50kOhm až 2MOhm. A platí, že čím vyšší vnútorný odpor, tým väčšie napäťové zosilnenie signálu môžeme dosiahnuť. Obrázok vysokofrekvenčnej zväzkovej duotetródy QQE03/12:



No pri tetróde sa objavila ďalšia chyba a preto vývoj zosilňovacích elektróniek neostal dlho pri tetródach. Pri väčšom zosilnení, keď je veľké anódové napätie dosahujú elektróny veľkú rýchlosť a energiu. Pri dopade na povrch anódy vyrazia z povrchu ďalšie elektróny takzvané sekundárne elektróny. V krajnom prípade idú elektróny na tieniacu mriežku G2 nielen z

katódy ale aj z anódy. Lebo v istom okamihu môže byť anóda s menším potenciálom než tieniaca mriežka G2. Elektróny zo sekundárnej emisie z anódy sa nesmú dostať na tieniacu mriežku G2 a ďalej. Čomu sa zabránilo vložení ďalšej mriežky G3. Tetróda sa väčšinou používala v koncových stupňoch vysielacov, pretože sa dala najlepšie prispôsobiť k záťaži a odovzdať tak najväčší možný VF výkon. Triódy majú nižší vnútorný odpor ako tetródy a pentódy majú zase vyšší vnútorný odpor ako tetródy.



1 — žeraviace vlákno, 2 — rúročka katódy, 3 — riadiaca mriežka, 4 — tieniaca mriežka, 5 — hradiaca mriežka, 6 — anóda, 7 — tieniace pliešky, 8 — spájacie pliešky, 9 — spájacie drôtičky

Pentóda

Je zložená už z piatich elektród. Katóda, riadiaca mriežka G1, tieniaca mriežka G2, hradiaca mriežka G3 a Anóda. Tieniaca mriežka G3 odstráni sekundárnu emisiu, ktorá vznikala pri vyššom zosilnení tetródou a znemožňovala využiť zdroj anódového napätia na maximum. Hradiaca mriežka sa väčšinou spája s katódou aby mala jej potenciál. Tak zabráni sekundárnym elektrónom z povrchu anódy prechádzať späť ku tieniacej mriežke G2, tým že má nižší potenciál ako anóda. Pentóda má o niečo väčší zosilňovací činiteľ, vnútorný odpor a menšiu kapacitu C_{ag} a spätné pôsobenie anódy než tetróda. Na obrázku je schematická značka pentódy s hradiacou mriežkou G3 pripojenou ku katóde:

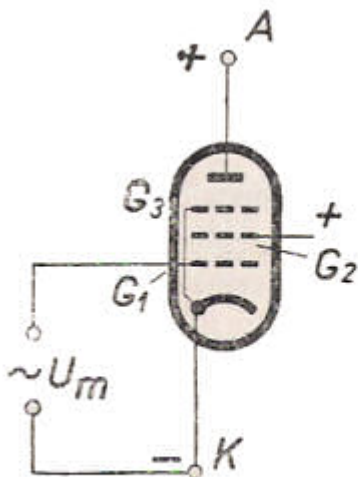


Schéma pentódy

Ak porovnáme pentódy a triódy, tak zistíme že triódy majú nižšiu účinnosť a nižšie zosilnenie než pentódy. Ale na druhej strane majú pentódy vyššie skreslenie. Ak teda staviame audio zosilňovač, tak sa to snažíme riešiť pomocou triód na vstupe a ako koncový stupeň volíme pentódy. Celo-triódový zosilňovač dáva najlepšie výsledky, no je najdrahší aj náročný na stavbu a má veľkú spotrebu prúdu. Zosilňovač riešený pentódami je, za pomoci spätných väzieb, tiež vynikajúci s trochu horšími parametrami pri skreslení, ale na druhej strane je úspornejší nielen na materiál, cenu ale aj náročnosť stavby. A je aj efektívnejší teda nebude mať takú spotrebu prúdu ako pri celo-triódovom. Na obrázku sú bežné koncové nízkofrekvenčné pentódy EL34 používané v dnešných elektrónkových zosilňovačoch v koncovom stupni:



Na tomto obrázku je vysokofrekvenčná pentóda EF80 :



Týmto končím ďalší článok, tuším druhý v poradí, v našom seriály o elektrónkach. V nasledujúcom článku sa zoznámime zo značením elektrónok, kde na webe je katalóg a čo je dobré z neho vyčítať.