

S elektronikami se setkáváme prakticky denně. Z drtivé většiny oborů elektroniky byly elektronky spolehlivě a účelně vytlačeny polovodiči, nicméně obrazovka běžného CRT PC monitoru, na kterém si možná právě teď čtete tento úvodník, není nic jiného, než speciálně upravenou elektronkou. Koncový stupeň vysílače, z něhož posloucháte vysílání svého oblíbeného Radiožurnálu, je osazen elektronikami, při jejichž spatření /a hlavně měřících přístrojů, které ukazují, co do nich teče/ se tají dech. Rovněž koncové stupně velkých televizních vysílačů bývalé sítě 1. programu, ze kterých sledujete svou oblíbenou Novu, jsou osazeny speciálními elektronikami, které ale s běžnou elektronkou mají společný jen název a princip činnosti /u klystronů ani ten princip ne/. Další elektronkou, kterou máte přímo doma v kuchyni, je Vaše oblíbená a bezporuchová mikrovlnná trouba Samsung, ve které je zdrojem kmitočtu 2,4GHz a výkonu 800-1200W právě speciální elektronka - magnetron. Konečně k Vám elektronky pronikají i v hudbě - řada kytaristů zvukových jmen tvoří zvuk svých jedovatých riffů právě na elektronkových zesilovačích, oblíbených pro svůj charakter a barvu zvuku. Elektronky umožnily rozvoj komunikace, radiotechniky a elektroniky tak, jako průmysl a doprava ovlivnily parní stroj, spalovací motor nebo elektromotor. Takže pokud se chcete dozvědět, jak ty žhnoucí skleněné trubky ve Vašem kytarovém kombu /či jiném elektronkovém přístroji/ vlastně pracují, čtěte dál.

1. Co je to elektronka

Elektronka je elektronický aktivní prvek, pracující na principu řízení toku elektronů, vytvořeného tepelnou emisí ve vakuu. Původní název "lampa", který se používá občas i dnes, byl odvozen od samotného vzhledu prvku a také zkratkou plného označení elektronová lampa - první elektronky byly totiž jen upravenými žárovkami a vypadaly velmi podobně. Moderní označení "elektronka", hovorově "lampa" které se udrželo až dodnes, lépe vystihuje jak samotnou funkci prvku, tak i princip činnosti. Podle druhu a funkce má elektronka dvě a více elektrod /nepočítaje žhavicí přívody/, umístěných ve vzduchoprázdné skleněné či kovové baňce. Tyto elektrody jsou přes zátavy ve skle vyvedeny mimo baňku a podle druhu provedení jsou buď přímo kontaktními kolíky, případně /u starších nebo výkonnějších typů/ připájeny k různým druhům patič. Patice je pak speciálním tmelem /podobně jako u žárovek/ přitmelena k baňce a tvoří tak kompaktní celek.

Elektronky jsou také prvky v praxi velmi odolnými proti nešetnému zacházení /z elektrického hlediska/ a krátkodobě odolávají i značným přetížením. Zkrat na výstupu plně vybuzeného elektronkového zesilovače mu většinou nijak neublíží, v zapnutém a funkčním elektronkovém zesilovači či přijímači se lze takřka beztržně štourat šroubovákem či měřicími hroty a trefíte-li to "správné" místo, odmění se Vám za to řádným kopancem, popáleným prstem od vysokého ss anodového napětí nebo upálenou špičkou dotyčného šroubováku - to když jím vybijete elektrolyty řádu desítek až stovek uF, naládaných ovšem na napětí 300-800V.

Přijdete-li s elektronikami do styku, chovejte se k nim s patřičnou úctou /bezespou si ji zaslouží/, třeba i při odnášení dědečkova starého elektronkového rádia na smetiště dějin /tedy do kontejneru/. Je to možná přístroj, který vydržel hrát třeba padesát let a po několika doslova drobných zásazích /zvláště u přijímačů renomovaných značek/ by toho byl schopen i dnes. Ze zaprášené dědečkovy půdy právě snesené rádio velmi nedoporučuji okamžitě připojit do sítě a zkoušet, zda náhodou nehraje. Lze se dočkat pouze zápachu z pálicího se síťového trafa, případně při větším štěstí i exploze filtračních kondenzátorů. Těch bývá v přístroji i několik a vybuchnou-li současně, dokáží odervat horní desku dřevěné skříňky přístroje, případně na tváři vyrobí brázdu na pár stehů.

Nikterak se nebudu tajit tím, že kromě šestnáctiletých zelenookých zrzek je mým dalším koníčkem - poslední dobou zanedbávaným ve prospěch toho prvního - příležitostný sběr a restaurování elektronkové zesilovací techniky. Chovám totiž velkou úctu jak k těmto krásným zrzavým zázrakům přírody, tak i k umu a technické invenci našich dědů a pradědů - konstruktérů, zvláště těch předválečných.

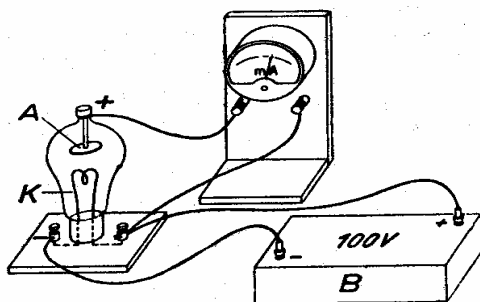
2. Princip funkce elektronek a historie

Na jev, který při své činnosti elektronky využívají, přišel zcela náhodou Thomas Alva Edison při pokusech se svými žárovkami. Edison se snažil vypátrat příčiny krátké životnosti jeho žárovek a černání baněk, přičemž do pokusné žárovky zatavil nad vlákno ještě jednu pomocnou kovovou destičku. Na vlákno připojil tehdy obvyklé ss napětí 100V a mezi vlákno a pomocnou destičku zapojil citlivý galvanometr /mikroampérmetr/. Zjistil, že pokud je na pomocnou destičku připojen záporný potenciál zdroje, galvanometr neukazoval žádný proud.

Jakmile byl ale na destičku připojen kladný pól, procházel z vlákna na pomocnou destičku a tím také praktickým vzducho-prázdnem baňky jistý proud. Sám Edison si tento jev nedovedl vysvětlit a objasnil jej až J. Thomson, který na tomto principu později zkonstruoval první použitelný usměrňovač. Takto vytvořený systém byla vlastně elektronka o dvou elektrodách, tzv. **dioda**. V Anglii navrhl profesor J.A. Fleming, inspirovaný Edisonem a Thomsonem, diodovou elektronku k detekci vf signálů /GB Pat.24850, 16.11.1904/, která jako detektor fungovala výborně a tak Flemingovy diody byly od r. 1905 vyráběny sériově společností Edison-Swan Electric Co.

V roce 1907 dělal pokusy s ilegálními kopiemi Flemingových diod - za což si vysloužil od Fleminga žalobu - Američan Lee de Forest, který do baňky vložil mezi žhavicí vlákno a anodu ještě další elektrodu v podobě drátěné síťky a zjistil, že přikládáním napětí různé polarity a velikosti mezi drátěnou mřížkou a vlákno lze v poměrně širokých mezích ovlivňovat proud, tekoucí od vlákna k anodě. Zjistil také, že malé změny napětí mezi mřížkou a vláknem vyvolávají velké změny proudu mezi vláknem a anodou. Ani de Forest nedokázal tento jev uspokojivě vysvětlit, ale zcela správně vyvodil, že takto uspořádaný systém elektrod vlastně může zesilovat. Tak byla na světě první **trioda** - elektronka o třech elektrodách. Sám Lee de Forest ani netušil, že jde o nejzásadnější objev v historii radiotechniky. De Forestovy triody byly ale bohužel velmi nespolehlivé a nestabilní, protože v době jejich vzniku ještě nebylo možno vyčerpávat baňky na tak vysoký stupeň vakua, jak to ke své činnosti elektronky potřebují. Nevědělo se také nic o odplynování použitých materiálů, emisních schopnostech vzácných zemin atd. V roce 1912 Američan rakouského původu F. Lowenstein /jeden z asistentů Nikoly Tesly/ zdokonalil triodu natolik, že již byla schopna zesilovat nf signály, případně i vytvořit stabilní oscilátor. Přitom zjistil, že pro správnou činnost a nezkraslený zvuk musí mít mřížka proti katodě záporné předpětí. Lowenstein si nechal tato zapojení patentovat a v roce 1918 od něj tyto patenty odkoupila americká společnost General Electric a dále triodu zdokonalovala. Začátkem r.1912 usilovně hledala telefonní společnost American Telephone & Telegraph /AT&T/ účinný zesilovač, vhodný pro nasazení na telefonních linkách. 1.12. získal H. Arnold, mladý fyzik pracující u společnosti Western Electric, příležitost k výzkumu ještě poměrně nedokonalých triod. Arnold byl obeznámen s vakuovou technikou a elektronovou emisí a na rozdíl od de Foresta ihned rozpoznal možnosti triod a přišel na to, jak elektronku vylepšit. Původní kovovou katodu nahradil kyslíčnickovou, zlepšil vakuum i mechanickou stabilitu systému a už uprostřed prosince měl k dispozici triodu, která byla schopna provozu s anodovým napětím až 200V a mnohonásobným zesílením. O deset měsíců později už mohla společnost AT&T vybavit telefonní linky Washington - New York účinnými elektronkovými zesilovači a odkoupit od de Foresta, nacházejícího se ve finanční tísní všechna autorská práva a patenty zapojení zesilovačů s triodami. V zimě 1913 dělal pokusy s triodami mladý Američan E.H. Armstrong, který objevil a nechal patentovat vf zpětnou vazbu, se kterou bylo možné konstruovat přijímače s daleko vyšší citlivostí. První společností, které poskytl Armstrong práva na

využití tohoto patentu, byla 6.10.1914 firma Telefunken, která na podobném zapojení již usilovně pracovala a Armstrongův patent jí pomohl značně urychlit vývoj a sériovou výrobu citlivých přijímačů.



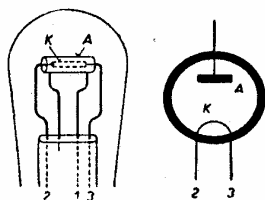
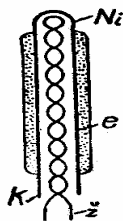
Edisonův pokus

3. Konstrukční uspořádání elektronek

Základem každé elektronky je skleněná či kovová vysoce vyčerpaná baňka /s případnou příměsí netečných plynů nebo rtuť/ a z elektrod. Elektrody jsou **katoda**, **anoda** a podle druhu elektronky také několik **mřížek**.

Katoda je nejdůležitější částí elektronky. Katodou může být v podstatě každý kov, který je rozžhavením na cca 800°C schopen emise elektronů. Jde o co největší počet emitovaných elektronů, čili o potřebnou **emisi**, vzniklou při vysoké teplotě. Většina běžně používaných kovů ale vysokými teplotami velmi měkne a ztrácí mechanickou pevnost. Z dostupných kovů se tedy nejlépe hodí wolfram, který má při vysokých teplotách ještě dostatečnou pevnost. Wolframová vlákna se používají hlavně u vysílacích elektronkách největších výkonů. Pro běžné zesilovací a usměrňovací elektronky má samotný wolfram malou účinnost a proto se u speciálních elektronkách kombinuje s thoriem. Tato kombinace má už poměrně vysokou schopnost emise elektronů, ale je velmi citlivá na přezhavení, kdy se thorium podstatně rychleji odpařuje a katoda tím ztrácí účinnost. Nejvyšším vývojovým stupněm takovýchto **přímožhavených** katod je wolframové vlákno pokryté **kysličníky** thoria, barya nebo vápníku. **Přímožhavené zesilovací elektronky** je nutno žhavit pouze ss napětím, protože st napětí by modulovalo tok elektronů z katody /vlákno se střídavě ohřívá a chladne/ a v signálu by se objevil nesnesitelný brum. Výjimkou jsou elektronky, které se zesilovacího procesu přímo neúčastní, např. usměrňovací diody. **Přímožhavené zesilovací elektronky** lze žhavit st proudem pouze tehdy, účastní-li se zesilovacího procesu ve dvojčinném zapojení /nf koncový stupeň/, kde se v přesně symetrickém výstupním transformátoru brumové složky odečítají /Telefunken/. Některé původně přímožhavené výkonné koncové elektronky, které jsou vyráběny dodnes, mají katody upraveny jako nepřímžhavené, tj. žhavicí vlákno v trubičce, které není od trubičky izolováno, ale je dokonce s trubičkou /katodou/ spojeno. Tím je získána potřebná tepelná setrvačnost a zachována kompatibilita při výměně ve starších přístrojích. Příkladem takto upravené elektronky byla dnes již nevyráběná AD1n z výroby Tesly a u které kvůli pseudopřímému žhavení musel být žhavicí proud zvýšen až na dvojnásobek. Proto byly vyvinuty elektronky s nepřímým žhavením, na malé výjimky dodnes používané. U **nepřímžhavené elektronky** je žhavicí vlákno vinuto bifilárně /protisměrně/ pro potlačení vlastní indukčnosti, izolováno keramickým tmelem nebo kysličníkem hliníovým a vloženo do žáruvzdorné trubičky, zhotovené z niklu s přísadou hořčíku, která je pokryta emisní vrstvou kysličníků barya či stroncia a teprve tvoří katodu. Celek má poměrně velkou tepelnou setrvačnost, umožňuje tedy žhavit vlákno st proudem bez modulace průchozího signálu a navíc je žhavicí vlákno od vlastní katody odizolováno. Teprve tato konstrukce katod umožnila rozvoj zesilovací techniky. Poslední funkční součásti i té nejjednodušší elektronky -diody- je **anoda**, která obklopuje v jisté, přesně nastavené vzdálenosti katodu. Je to nejvíce viditelná a největší z elektrod, protože musí rozptýlit poměrně velký ztrátový výkon, způsobený dopadem elektronů z katody - procházejícím proudem. Bývá vyrobena buď z hustého pletiva, nebo plechu speciálního složení, někdy ještě s přidávanými chladicími křídly. Vysílací a speciální elektronky velkých výkonů mají chladicí žebra vyvedena ven mimo elektronku, případně se jejich anody chladí průtokem vody.

Katoda, anoda a další elektrody musí mít zajištěnu vzájemně neměnnou polohu, čehož se dosahuje zvláštními můstky a držáky ze slídy nebo keramiky a celek je uvnitř baňky fixován opěrnými destičkami a křídélky. Tento elektrodový systém je tedy umístěn v baňce, ze které má být co nejdokonaleji vyčerpan vzduch. Nejdokonaleji proto, že zbytky vzduchu by mohly být tokem elektronů ionizovány, tok elektronů odchýlen a tím by se stala činnost elektronky velmi nestabilní. Nepatrný zbytek /několik málo molekul/ vzduchu, který nedokáže vyčerpat ani nejdokonalejší vývěvy, se odstraní tzv. **getrem**. Na některý z přívodů /nejčastěji anody/ se ještě před zatavením do baňky bodovým svarem připevní malá vanička, obsahující kovové magnezium. To se ve vf peci nebo vn impulsem zapálí a magnezium při hoření spotřebuje všechny případné zbytky vzduchu. Rozprášené a spálené magnezium pak vytvoří zevnitř na baňce charakteristické zrcátko. Některé starší a zvláště citlivé elektronky byly proti elektrostatickým polím a světlu stíněny a chráněny speciálním kovovým nástřikem, který měl /podle výrobce/ i různé barvy. Výhodné byly /a některé dodnes jsou/ starší elektronky s kovovou baňkou, které mají mnohem lepší mechanické i elektrické vlastnosti, které kromě toho mohou být daleko menší, než jejich skleněná obdoba. Celý systém je v těchto elektronkách uložen horizontálně na krátkých pevných nosnících, takže elektronka má stálejší parametry, malé sklony k mikrofonii a snadno se stíní pouhým ukostřením baňky. Některé americké i ruské elektronky se v tomto kovovém provedení dodnes vyrábějí.



Nepřímožhavená katoda

Původní uspořádání a schém. značka
přímožhavené jednoduché diody

4. Dioda

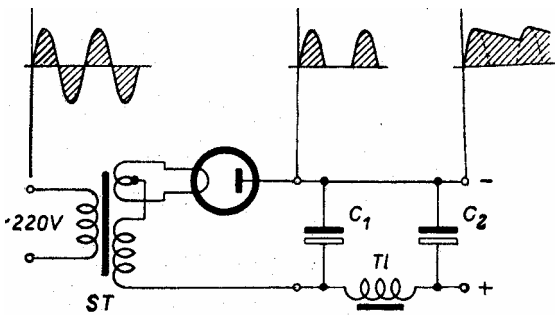
Nejjednodušší elektronkou je dioda, která má pouze dvě pracovní elektrody - **katodu**, které může být podle provedení a doby vzniku přímo či nepřímožhavená a **anodu**. V přímožhaveném provedení je žhavicí vlákno/ pokryté emisní vrstvou/ přímo katodou - tedy žhavicí obvod je galvanicky spojen s anodovým obvodem se všemi omezeními a důsledky. V nepřímožhaveném provedení je /ale nemusí být/ žhavicí vlákno odizolováno od vlastní katody. Přímožhavené elektronky obecně a zvláště usměrňovací diody zdrojů potřebují každá samostatně, dobře odizolované žhavicí vinutí, kdežto nepřímožhavené diody a usměrňovače je možno žhavit z jednoho společného vinutí s ostatními nepřímožhavenými elektronkami v přístroji. Rozhodujícím faktorem je zde výrobcem udávaná napěťová pevnost izolace vlákno-katoda. Katodu plně obklopuje anoda, která může mít tvar pravidelné, oválné či hranaté trubky. Podle provedení, účelu použití a výkonu může být anoda vyrobena z různých materiálů /plech, drátěná síťovina/ a mít různou velikost - vždy je to však nejbližší a největší elektroda vzhledem k baňce.

Je-li katoda nažhavena, její emisní vrstva začne emitovat elektrony, které vyletují do praktického vakua baňky a nad katodou tvoří tzv. elektronový mrak. Připojením anody ke kladnému potenciálu /vzhledem ke katodě/ začne anoda záporně nabitě elektrony přitahovat a to tím více, čím má anoda vyšší kladné napětí - protéká proud. Připojíme-li k anodě záporný potenciál, anoda záporně nabitě elektrony odpuzuje a proud diodou neteče. Dioda tedy propouští proud jen jedním směrem /od katody k anodě/ a je tedy schopna pracovat jako usměrňovač. Z charakteristiky diody vyplývá, že po dosažení určité /výrobcem stanovené/ velikosti kladného anodového napětí proud už dále nestoupá, ale zastaví se na tzv. hodnotě nasyceného proudu. Anoda totiž už přitáhla veškeré elektrony letící z katody. Další zvyšování anodového napětí má za následek jen zvyšování rychlosti přitahovaných elektronů, jejichž kinetická energie se po dopadu na anodu mění ve škodlivou tepelnou ztrátu. Anoda je svou plochou schopna vyzářit jen určitý, výrobcem stanovený a nepřekročitelný ztrátový výkon, jehož zvyšování vede k rozžhavení a zkroucení anody, následným přeskokům a sršení, zhoršení vakua, případně úplné destrukci elektronky. Maximální anodový proud je tedy určen pouze výrobcem a je kompromisem mezi dlouhodobou emisní schopností katody, výkonovou ztrátou anody a dovolenou povrchovou teplotou konkrétní elektronky. Výrobce jej určuje v katalogu spolu s hodnotami žhavicího napětí, proudu, způsobu žhavení, max. přípustné anodové napětí, proud a např. u diod pro zdroje jsou udány i redukční faktory pro různé druhy zátěže /odporová, kapacitní, induktivní/, případně i max. hodnotu následujícího filtračního kondenzátoru. V katalogu udané maximální hodnoty anodových napětí a proudů jsou ovšem s ohledem na životnost a spolehlivost elektronky vždy mnohem nižší, než jsou např. krátkodobé emisní schopnosti katod a výkonové ztráty anod. Tak se může stát, že např. elektronka s povoleným maximálním proudem 100mA ve zkratu nebo při několikanásobném přetížení propustí proud i 1A a tak např. zdemoluje odformované elektrolytické kondenzátory dlouho nepoužívaného zdroje. Zapojíme-li diodu do obvodu střídavého proudu, chová se tedy jako usměrňovač. Pro dvoucestné usměrnění ve zdrojích je třeba dvou diod, které byly výhodně konstruovány ve společné baňce - u některých typů se zcela oddělenými systémy, u některých se společnou katodou. Uvnitř baňky se dvěma oddělenými systémy byly vývody žhavicích vláken spojeny paralelně /někdy dokonce sériově/, oddělené katody při nepřímožhaveném provedení spojeny a vyvedeny společně. Můstková zapojení usměrňovačů se mimo speciální výjimky /kruhový modulátor/ nikdy nepoužívala. Vždy bylo jednodušší a hlavně tehdy levnější navinout dvojnásobek závitů vinutí síťového transformátoru a vyvést střed, než sice jednoduché vinutí, ale s dvojnásobným průřezem a potřebou čtyř jednoduchých výkonných diod a dalších tří samostatných a dobře od sebe odizolovaných žhavicích vinutí. Navíc by přineslo použití můstkového usměrňovače s vakuovými diodami komplikaci v podobě dvojnásobného úbytku napětí, který není u vakuových diod zanedbatelný. Napěťový úbytek na vakuové usměrňovací diodě je proti polovodičovým značný a činí podle typu, druhu a zatížení 10-60V. Pro vyšší usměrněné proudy a nižší úbytky napětí byly zkonstruovány tzv. usměrňovací výbojky, což jsou /už ne vakuové/ usměrňovací diody plněné rtuťovými parami nebo směsí netečných plynů. Výboj vzniklý ve rtuťových parách má usměrňovací efekt, úbytek napětí je mnohem nižší. Pro snadné zapálení výboje byly větší typy těchto výbojek doplněny pomocnou zapalovací anodou, umístěnou blíže ke katodě. Tato pomocná anoda byla u některých /menších/ typů spojena s hlavní anodou přes pomocný rezistor již uvnitř baňky, u větších a výkonnějších typů vyvedena zvlášť. U velmi výkonných typů rtuťových usměrňovacích výbojek bylo totiž nejdříve nutno nažhavit mohutné žhavicí vlákno a několik minut vyčkat, až se odpaří případná zkondenzovaná rtuť. V opačném případě mohlo dojít / a také docházelo/ ke vzniku zpětného oblouku, zkratu a při nevhodném jištění i k výbuchu elektronky, případně škodám na připojených zařízeních. Zapalování výboje zajišťovaly ve vhodném okamžiku kombinace časových a tepelných spínačů. Tento druh usměrňovacích výbojek se vyráběl i pro proudy řádu stovek ampérů a až do nástupu germaniových polovodičových usměrňovačů se používaly v měničích elektrických trakcí, nabíječích akumulátorů a v menším provedení i ve výkonných zesilovačích a vysílačích. Několik příkladů usměrňovacích diod:

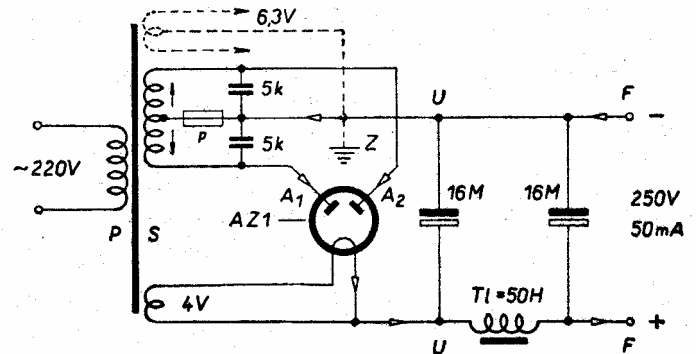
AX50 - dvojitá přímožhavená usm. dioda pro síťové zdroje plněná rtuťovými parami, 275mA/2x500Vef, žhavení 4V/3,75A, úbytek na výboji max. 15V, spec. kolíková patice, použita např. v nf zesilovačích firem Philips, REL Electrum Brno, Tesla KZ50, konstrukce a výroba Philips 1940

PV200/600 - dvojitá přímožhavená usm. dioda pro síťové zdroje plněná směsí netečných plynů, 200mA/2x500Vef, žhavení 4V/2A, úbytek na výboji 18-25V, spec. kolíková patice, použita např. v zesilovačích Tesla KZ25, rozhlas. ústřednách, konstrukce a výroba Tungsram 1943

- DCG4/1000- jednoduchá přímožhavená usm. dioda pro síťové zdroje výkonných zesilovačů a malých vysílačů, plněná rtuťovými parami, 250mA/3,5kVef, žhavení 2,5V/5A, patice se závitem E27 a anodou na čepičce baňky, použita např. v rozhl. ústřednách Tesla RU a malých AM vysílačích, konstrukce Sator 1944
- AZ11 - dvojitá přímožhavená usm. dioda pro síťové zdroje, vakuová, 60mA/2x500Vef, žhavení 4V/1,1A, patice 5+3 kolíky, používána ve stovkách typů rozhl. přijímačů až do r.1958
- GZ34 - dvojitá nepřímžhavená usm. dioda pro síťové zdroje, vakuová, 250mA/2x550Vef, žhavení 5V/1,9A, patice oktál, používána např. v řadě typů kytarových zesilovačů firmy Fender i v zesilovači Tesla AZK401
- EAA91- dvojitá nepřímžhavená dioda se samostatnými systémy a společným žhavením, vakuová, 2x9mA/2x150Vef, žhavení 6,3V/0,3A, patice heptal - celoskleněné miniaturní provedení, určena pro detekci, demodulaci a jako malý usměrňovač
- EZ81 - dvojitá nepřímžhavená usm. dioda pro síťové zdroje, vakuová, 150mA/2x350Vef, žhavení 6,3V/1A, patice noval-celoskleněné provedení, určena pro malé zesilovače a velké luxusní rozhl. přijímače s velkým odběrem anod. proudu
- 6Z31- dvojitá nepřímžhavená usm. dioda pro síťové zdroje, vakuová, 70mA/2x350Vef, žhavení 6,3V/0,6A, patice heptal-celoskleněné miniaturní provedení, určena pro běžné rozhl. přijímače střední až nižší třídy
- PY82- jednoduchá nepřímžhavená usm. dioda, vakuová, 180mA/250Vef, žhavení sériové 300mA/19V, určena pro anodové zdroje starších televizorů



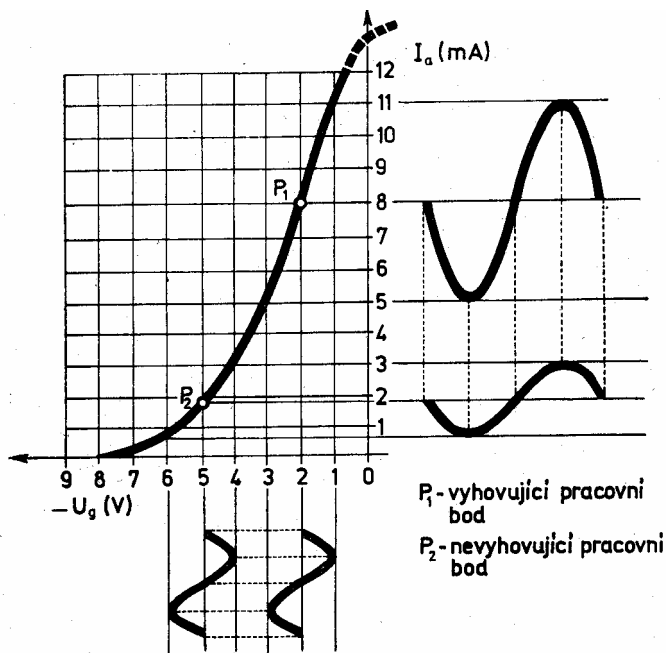
Zapojení jednocestného usměrňovače s jednoduchou přímožhavenou vakuovou diodou



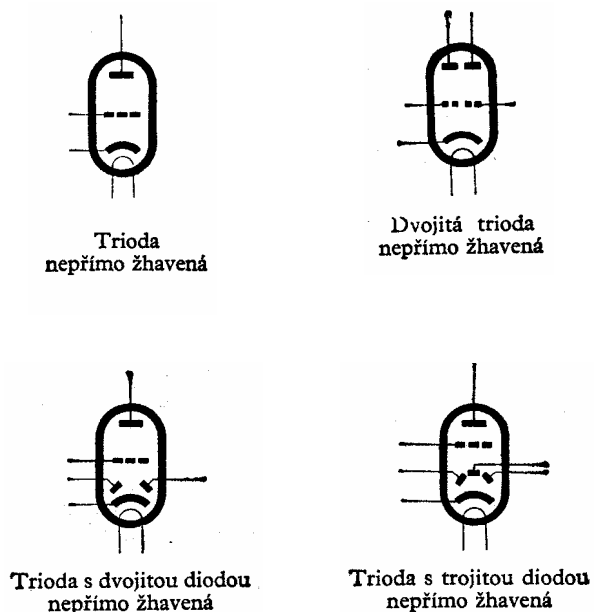
Zapojení dvoucestného usměrňovače s dvojitou přímožhavenou vakuovou diodou

5. Trioda

Trioda je první, nejstarší a nejjednodušší elektronkou, která poskytuje zesílení. Jak sám název napovídá, jde o elektronku tříelektrodovou, jež má oproti dvouelektrodové diodě elektrodu navíc. Jmenuje se **řídící mřížka** /grid/, vždy je označována jako **g1** a na schématické značce triody je kreslena uprostřed, mezi katodou a anodou. Ve skutečném provedení má tvar hustší či řidší šroubovice z niklového či molybdenového, někdy pozlaceného drátu o průměru od jednotek do desítek μ , se stoupáním závitů od desítek do stovek μ . Tato šroubovice je buď samonosná, nebo je vytvořena ovíjením a přibodováním kolem dvou až pěti silnějších nosných drátů, které tvoří kostru mřížky a určují pevnost a stabilitu při práci ve vysokých teplotách okolo žhavé katody. Takto vytvořenou pevnou šroubovicí je přesně a soustředně obklopena trubička katody s emisní vrstvou, pomocné a středící prvky ze slídy či keramiky pomáhají udržovat konstantní vzdálenost od katody. Takto vytvořený celek katoda-mřížka je opět v jisté, přesně definované a nastavené vzdálenosti obklopen plechovou anodou. Je to zvnějšku elektronky vždy nejlépe viditelná elektroda, má podobu válce či pravouhlého profilu. Řídící mřížka je u většiny běžně používaných triod poněkud blíže ke katodě, vinutí mřížky může mít i proměnné stoupání závitů či proměnnou tloušťku drátu. Tímto způsobem lze poměrně snadno dosáhnout specifických vlastností každého typu /bude podrobně rozvedeno u pentod/. Takto vytvořené triodové systémy mohou být uloženy v jedné baňce i dva, žhavicí vlákna bývají různě spojena a vyvedena, ale jednotlivé elektrody triod jsou již vyvedeny na přívodní kolíky většinou samostatně. Podle použití /nf,vf,oscilátor/ mají elektrody na patici různá pořadí - to z důvodu vzájemných mezielektrodových kapacit a vazeb, případně na některém z volných kolíků vyvedeno stínění mezi oběma systémy. Princip funkce triody a zesilovací efekt byl už popsán ve 2. odstavci, zaměříme se tedy jen na specifické vlastnosti, funkční omezení a praktické použití triod. Pro lepší orientaci zopakujeme: mřížkou můžeme v širokých mezích ovlivňovat tok elektronů směrem k anodě, tedy vlastně anodový proud. Má-li mřížka nulový potenciál, proletí všechny elektrony k anodě, triodou teče plný proud, daný anodovým napětím, zatěžovacím odporem a vnitřním odporem triody. Přivedeme-li však na mřížku záporný potenciál /napětí vzhledem ke katodě/, elektrony letící z katody budou odpuzovány zpět a na anodu jich doletí podstatně méně - anodový proud klesne. Při dostatečně velkém /ale relativně malém-jednotky až desítky V/ anodovém proudu zcela zanikne - elektronka je uzavřena. Trioda má tedy již tři proudové obvody : žhavicí, anodový a mřížkový. Mřížkové předpětí /záporný potenciál vzhledem ke katodě/ lze ale získat několika způsoby a ne vždy je k tomu nutný samostatný zdroj napětí. Způsoby získávání záporného mřížkového předpětí a jejich charakteristické vlastnosti budou podrobně rozebrány ve stati o koncových zesilovačích výkonu. Nejlépe zachycuje závislost **záporného mřížkového předpětí** a anodového proudu tzv. mřížková charakteristika triody na následujícím obrázku :



Mřížková charakteristika triody



Schématické značky triod

Spodní i horní část charakteristiky je zakřivena. Konec dolní zakřivené části odpovídá zcela zaniklému anodovému proudu vlivem vysokého záporného předpětí řídicí mřížky, konec zahnuté horní části odpovídá maximálnímu anodovému proudu s nulovým předpětím. Maximální anodový proud je dán konstrukcí elektronky, anodovým napětím a zatěžovacím odporem v anodě. Střední část křivky můžeme považovat téměř za přímku a nazýváme její **pracovní rozsah**, na kterém je umístěn **pracovní bod** triody.

Z charakteristiky vyplývá, že poměrně malá změna napětí U_g vyvolá změnu anodového proudu I_a . To není u všech elektronek stejné, je to dáno druhem elektronky, vnitřním uspořádáním i pracovním bodem. Pro možnost výpočtů a vzájemného srovnání se zavedlo několik veličin, z nichž první je **strmost S**. Je to vlastně směrnice sklonu přímkové části mřížkové charakteristiky, která udává, o kolik se zvýší či sníží anodový proud při změně napětí na mřížce o 1V, jako takovou ji můžeme vypočítat: $S = \Delta I_a / \Delta U_g$, jednotkou je miliampér na volt, protože anodové proudy většiny běžných elektronek se pohybují v rozsahu od jednotek do stovek mA.

Druhou charakteristickou veličinou je **průnik D**, jehož převrácenou hodnotou je zesilovací činitel μ . Pro vysvětlení obou veličin je nutné si připomenout, že nejen velikost napětí mřížky ovlivňuje anodový proud, ale má na něj vliv i velikost anodového napětí. Dáme-li do poměru $\Delta U_g / \Delta U_a$, které by vyvolaly stejnou změnu I_a v opačném smyslu/ anodového proudu I_a , dostaneme průnik D. Průnik je tedy poměr mezi změnami záporného mřížkového předpětí a kladného anodového napětí, které se vyrovnávají v účincích na velikost anodového proudu, protékajícího elektronkou. Jak již bylo řečeno, je převrácenou hodnotou průniku **zesilovací činitel μ** .

Poslední ze základních charakteristických údajů o elektronce je její **vnitřní odpor R_i** . Tento odpor je pouze smluvenou veličinou, která platí pro přímkovou část anodové charakteristiky elektronky, a to v oblasti jejího pracovního bodu. Vyplývá z Ohmova zákona, který sám je vlastně rovnicí přímky - nemůže proto platit pro zakřivenou část charakteristiky. Vnitřní odpor elektronky zjistíme tak, že při stálém záporném mřížkovém předpětí měníme anodové napětí a tím i anodový proud. Poměr změn těchto veličin má podle Ohmova zákona význam odporu: $R_i = \Delta U_a / \Delta I_a$. Vnitřní odpor elektronky není tedy konstantní, ale mění se podle nastavení pracovního bodu, přičemž ani anodový proud a napětí /tím i max. výkonová ztráta anody/ nesmí překročit maximální hodnoty, stanovené výrobcem elektronky. Vnitřní konstrukcí elektronky lze dosáhnout různých charakteristik, přičemž pro každé specifické použití /spínač, zesilovač/ má každá konkrétní elektronka přizpůsobenou konstrukci.

Mezi veličinami S - strmost, R_i - vnitřní odpor a D - průnik elektronky platí Barkhausenova, nebo také tzv. "srdeční rovnice": $S \cdot R_i \cdot D = 1$. Tato rovnice skutečně platí, protože dosadíme-li za jednotlivé veličiny, všechny hodnoty jmenovatelů a čítenelů ve zlomcích se navzájem vykrátí. $\Delta I_a / \Delta U_g \cdot \Delta U_a / \Delta I_a \cdot \Delta U_g / \Delta U_a = 1$.

K první nežádoucí vlastnosti triody patří tzv. **Millerův jev** nebo Millerova kapacita. Je to kapacita mřížka-anoda, jejíž působení je vlastně násobeno zesilovacím činitelem elektronky a paralelní zpětnou vazbou přeneseno do mřížkového obvodu. Výsledné chování je takové, jako by byla Millerova kapacita zapojena mezi mřížkou a katodou. K této kapacitě se navíc ještě přičítá vlastní, skutečná kapacita mřížka-katoda. Tato kapacitní vazba nedovolí maximální možné zesílení, protože vlivem vysoké Millerovy kapacity se trioda spolehlivě rozkmitá. Ale i při stabilním provozním režimu je Millerova kapacita omezujícím faktorem. Vysoká kapacita mřížka-anoda, transponovaná na mřížkový obvod totiž vyžaduje buzení triody ze zdroje s malým vnitřním odporem, aby nedošlo k poklesu zesílení na vysokých kmitočtech.

Druhou negativní vlastností triody je tzv. **zpětné působení anody**. Trioda totiž v provozu nemá stálé anodové napětí, přestože napájecí napětí obvodu s triodou je konstantní. V anodovém obvodu je totiž zařazen zatěžovací odpor, na kterém vzniká proměnný úbytek napětí podle měnícího se napětí na mřížce. Proměnné napětí na anodě triody totiž působí proti účinkům řídicí mřížky a tím zmenšuje zesílení. Např. pokud snížíme záporné napětí řídicí mřížky, tak díky snížení anodového napětí nevzroste anodový proud tolik, kolik by odpovídalo stálému anodovému napětí, kdyby nebyl zařazen zatěžovací odpor.

Třetí negativní vlastností triod je poměrně **malý vnitřní odpor**, který sice u napěťových zesilovacích stupňů omezuje maximální rozkmit na zatěžovacím odporu a tím celkové zesílení stupně, ale díky nízkým pracovním odporům přispívá k větší odolnosti triodových zesilovacích stupňů proti různým kapacitním vazbám a indukovanému brumu. U výkonových zesilovačů s triodami jakékoli třídy je ale malý vnitřní odpor vlastností spíše vítanou. Správné přizpůsobení nizkoimpedanční zátěže /reproduktorů/ výstupním transformátorem je tím totiž jednodušší, transformátor vychází jednodušší z hlediska nižšího počtu závitů primárního vinutí a vnitřních kapacit vinutí.

K pozitivním vlastnostem triod patří bezesporu **podstatně menší šum** proti ostatním druhům elektronek, takže se hodí k zesilování i velmi slabých signálů. Také **zkreslení** správně navržených zesilovacích stupňů s triodami je obecně vzato menší, v případně zkresleném signálu převládají **sudé harmonické**, které jsou nedokonalému lidskému uchu příjemnější, nežli liché harmonické ve zkresleném signálu ze zesilovacích stupňů s jinými druhy elektronek.

Všechny tyto negativní vlastnosti triod lze spolehlivě odstranit přidáním dalších mřížek mezi g1 a anodu, čímž vznikly další druhy elektronek se zcela odlišnými vlastnostmi.

Aby měla trioda největší zesílení a nejmenší zkreslení, je nutno nastavit na řídicí mřížce takovou velikost záporného předpětí, aby se pracovní bod nacházel přibližně ve středu přímé části křivky. Toto napětí musí být za všech okolností stálé, zvláště u zesilovačů výkonu s výkonnými a strmými koncovými elektronkami /nejen triodami/, kde může nadměrný pokles záporného předpětí nebo jeho kolísání zapříčinit prudký vzrůst anodového proudu a poškození výkonových elektronek. Poloha pracovního bodu je dána také třídou, ve které zesilovací stupeň s triodou pracuje. Na obrázku mřížkové charakteristiky je P1 vlastně pracovní bod, odpovídající stálému anodovému proudu třídy A. Pro tuto třídu také platí průběhy a rozkmit budicího a výstupního střídavého napětí i velikost výstupního napětí při různých nastaveních pracovního bodu. Z charakteristiky je zřejmé, že zesilovací stupeň třídy A má velikost budicího napětí omezenou takto : kladná půlvlna signálu se sčítá se záporným mřížkovým předpětím až k nule, maximálnímu anodovému proudu elektronkou a další zvyšování budicího napětí již vyvolá nežádoucí průtok mřížkového proudu, tepelné zatížení mřížky a zatížení zdroje budicího napětí. Nemá-li navíc zdroj budicího signálu schopnost dodat určitý výkon, hrozí v konečném důsledku tzv. **zkreslení mřížkovým proudem**. Velikost záporné půlvlny budicího signálu je vlastně omezena opět součtem se záporným mřížkovým předpětím a tudíž zánikem anodového proudu. Tato omezení u třídy A se týkají jak jednočinného, tak dvojjinného zapojení zesilovacího stupně a napěťových i výkonových stupňů. V hudební elektronice se tohoto druhu zkreslení a triod zhusta využívá k vytvoření zkresleného zvuku kytar s charakteristickým zabarvením a může být zapojeno za sebou i několik takto přebuzených napěťových zesilovacích stupňů. **Ve dvojjinném stupni třídy A zesiluje každá z elektronek obě půlvlny budicího signálu**, výsledné výkonové zesílení se sčítá v obou polovinách symetrického výstupního transformátoru. Oba stavy /chování při kladné a záporné půlvlně budicího signálu/ bohužel u třídy A nejsou symetrické a tak buzení jednočinných zesilovacích stupňů ve třídě A je omezeno buď velikostí záporného mřížkového předpětí, případně zánikem anodového proudu. Nastavení pracovního bodu třídy A je tak vlastně jedním velkým kompromisem. Podaří-li se vybrat vhodný typ elektronky a umístit pracovní bod do středu přímkové části křivky, pak má takový zesilovací stupeň nejnižší zkreslení a největší linearitu. Daní za to bývá u jednočinných koncových zesilovačů výkonu třídy A poměrně vysoký stálý anodový proud, průtok ss proudu výstupním transformátorem /který musí mít vzduchovou mezeru proti přesycení/, značné nároky na filtraci zdroje anodového napětí a účinnost nepřevyšující 20% u triod a 40% u tetrod a pentod. Jedinou "výhodou" je snad to, že zdroj anodového napětí pro jednočinný koncový zesilovač sice musí být dobře vyhlazen, ale nemusí být tak "tvrdý", protože odběr anodového proudu je víceméně konstantní. Dvojjinné koncové zesilovače třídy A mají výhodu vyššího výkonu a odstranění ss magnetizace jádra výstupního transformátoru, protože anodové proudy v primárním vinutí působí proti sobě a jejich výsledný účinek se ruší. Jinak ale díky stálému a vysokému klidovému odběru zůstávají velké nároky na filtraci anodového zdroje, menší již na jeho "tvrdost". Výjimkou z tohoto stavu jsou některé velmi robustní typy výkonových elektronek /většinou svazkové tetrody, bude popsáno dále/, u kterých výrobce díky konstrukci dovoluje průtok mřížkového proudu. Pak musí zdroj budicího signálu /invertor/ mít poměrně malý vnitřní odpor a být schopen dodávat do řídicích mřížek jistý výkon. Potom je možno použít podstatně větší rozkmit budicího signálu, účinnost u dvojjinného zapojení s triodami vzroste až na 50%, s tetradami až na 75%, ovšem nároky na konstrukci výstupního transformátoru /malý ss odpor/ i tvrdost a filtraci napájecích zdrojů jsou značné. Pak hovoříme o pracovní třídě B1, která je na pracovním rozsahu charakterizována umístěním prac. bodu do dolního ohybu charakteristiky.

U zesilovacích stupňů třídy B /vždy dvojjinných/ je situace kolem velikosti budicího signálu na řídicích mřížkách a velikosti záporného předpětí poněkud příznivější, protože každá z elektronek zesiluje jen jednu půlvlnu budicího signálu, které jsou pak sečteny opět v symetrickém primárním vinutí výstupního transformátoru. Pracovní bod je u třídy B umístěn na patě dolního ohybu charakteristiky /vysoké záporné mřížkové předpětí/, elektronkami tedy neprotéká bez signálu téměř žádný proud. Elektronky je pak možno budit signálem o rozkmitu až do velikosti záporného mřížkového předpětí /každá půlvlna/. Protože se ale při průchodu sinusovky nulou každá z elektronek střídavě zcela uzavírá, nastává velké a slyšitelné zkreslení, které nazýváme **přechodové zkreslení**. Účinnost dvojjinných stupňů třídy B či AB s triodami je proti třídě A poměrně vysoká, teoreticky 50%, prakticky cca 40%. Aby byla zachována možnost velkého rozkmitu výstupního signálu a špiček, jsou opět nároky na tvrdost zdroje anodového napětí a malý vnitřní odpor výstupního transformátoru značně vysoké. Protože např. s pentodami dosahuje dvojjinné zapojení ve třídě B teoretické účinnosti až 78,5%, používalo se všude tam, kde nevedlo zkreslení při malých amplitudách, využívalo se spíše plného výkonu a naopak se požadoval malý odběr /a tím i malé tepelné zatížení/ bez buzení.

Posuneme-li /záporným předpětím řídicí mřížky/ pracovní body elektronek dvojjinného stupně těsně nad dolní ohyb charakteristiky, bude bez budicího signálu elektronkami protékat jistý klidový proud, který sice účinnost tohoto zapojení mírně zhorší, ale odstraní přechodové zkreslení, protože elektronky ani bez signálu nezůstanou zcela uzavřeny, při malých signálech pracují vlastně ve třídě A a teprve při vyšším vybuzení přecházejí do třídy B. Pak hovoříme o pracovní třídě AB.

6. Tetroda

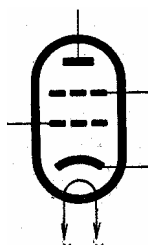
Již začátkem 20. let minulého století hledali konstruktéři elektronek způsob, jak vlastnosti triody dále zlepšit. Nároky posluchačů rozhlasu na citlivost, selektivitu a nízký výkon neustále stoupaly, díky nepřímožhaveným elektronkám mohlo být kolem r. 1926 zavedeno síťové napájení a tak bylo běžné, že přijímač střední třídy obsahoval 5-6 triod, větší a luxusnější přijímače pro movité zákazníky obsahovaly až 12 triod různých provedení. Monstra s 10 až 12 triodami byla velká, těžká a vyznačovala se nepředstavitelnou spotřebou /až 150W/. Je jasné, že při takovém počtu zesilovacích stupňů, řazených za sebou, nebylo jednoduché zajistit stabilitu a reprodukovatelnost takových zapojení.

Uvedené hlavní nevýhody triody /Millerův jev, zpětné působení anody, malý vnitřní odpor/ kolem roku 1926 z větší části odstranili vývojáři firmy Philips. Mezi řídicí mřížku g1 a anodu vložili další mřížku, kterou připojili na vyšší kladné napětí. Pro rozhlasovou techniku to byl téměř stejný převrat, jako objev triody. První, **řídicí mřížka g1** má stejnou funkci jako u triody, přidaná mřížka se nazývá podle své hlavní funkce **stínící mřížka g2**. Ve schématickém znaku se kreslí stejně, jako g1, umístěna je /ve schém. znaku i fyzicky/ mezi g1 a anodou, provedení prakticky totožné s g1, tedy soustředná drátěná šroubovice, pouze s použitím tlustšího drátu. Od tohoto okamžiku také spatřila světlo světa neměnná tradice označování, kreslení a počítání mřížek - ve vzestupném pořadí od katody k anodě, tedy po směru toku elektronů. Čtyři aktivní elektrody, tedy **tetroda**.

Druhá, stínící mřížka g2 je tedy připojena na vyšší kladné napětí, umístěna těsně za g1 /tedy dále od anody/ a proto má na tok elektronů podstatně větší vliv, než anoda. Mřížka g2 má tedy jakýsi další pomyslný zesilovací činitel, přestože nemění tok elektronů tak, jako mřížka řídicí. Na tok elektronů, letících z katody totiž působí díky mřížce g2 daleko vyšší pole, než tomu bylo u triody. Tok elektronů je takto velmi urychlen a jak poznáme dále, nemusí to být vždy výhodné.

Hlavním účinkem stínící mřížky je oddělení zpětného působení anody na mřížku - anodové napětí při činnosti sice kolísá, ale napětí na stínící mřížce g2 je konstantní. Výsledkem je přibližně desetinásobné zesílení oproti triodě. Jak už bylo uvedeno, trioda má jako napěťový zesilovač poměrně nevýhodný malý vnitřní odpor. U tetrody se dosáhlo značného zvýšení vnitřního odporu tím, že mřížka g2 je blíže ke katodě než k anodě a má tak na tok elektronů podstatně vyšší vliv, než anoda. Změna napětí na anodě plus stále kladné napětí g2, děleno vyvolanou změnou anodového proudu dává podstatně vyšší vnitřní odpor, proti triodě rovněž přibližně desetinásobný. Třetí, hlavní nevýhodu triody, Millerův jev, téměř bezzbytku odstranila stínící mřížka g2 tak, že svým stínícím účinkem ruší škodlivou kapacitní vazbu mezi g1 a anodou.

Při funkci tetrody ovšem vznikl také jeden nežádoucí jev, který nakonec způsobil, že **tetroda ve své základní funkční podobě víceméně zanikla**. Elektrony letící z katody, urychleny polem stínící mřížky, získaly takovou rychlost a energii, že při dopadu na anodu způsobily vyražení dalších elektronů z anody. Pokud bylo z nějakého důvodu okamžitá hodnota napětí na anodě nižší, než na stínící mřížce / např. velké střídavé napětí na anodě /, vyražené - **sekundární** - elektrony byly přitaženy stínící mřížkou, případně / při ještě vyšším anodovém napětí / vyrazeny mimo prostor elektrodového systému. Tento jev, nazývaný **sekundární emise**, způsoboval velké nepravdivosti na anodové charakteristice, přetěžování stínící mřížky a elektronka se při určitých úrovních signálu chovala "nevyzpytatelně".



Schématická značka tetrody

Tetrody jsou vyráběny dodnes, výhradně ve výkonových verzích a provedení, které se nazývá **svazková tetroda**. U svazkové tetrody se nevýhody běžné tetrody odstraňují takto: Funkci jakési "brzdy" a záchytné sítě pro zbloudilé elektrony zde tvoří potenciálové minimum, vytvořené prostorovým nábojem a u některých konstrukcí je ještě doplněn "bezpečnostní" plechový rámeček mezi g2 a anodu, spojený s katodou vnitřním spojem. Aby toto vše bylo možné, nejsou proto / na rozdíl od ostatních elektronek / dráhy elektronů, letících od katody k anodě, do jisté míry náhodné, nýbrž jsou soustředěny a dopadají na anodu v přesně vymezených svazcích. Svazková tetroda je tím poměrně náročná na výrobu, protože závity řídicí a stínící mřížky musí být přesně v zákrytu. Používá se proto pouze ve výkonovém provedení a kvůli stabilitě systému jsou použity i robustnější elektrody, než např. u běžných výkonových pentod. Nejtypičtějším zástupcem svazkové tetrody je populární americká elektronka 6L6, případně její skleněná varianta 6L6G a mírně upravená poslední varianta 6L6GC. V bývalém Československu se svazkové tetrody vyráběly také, rovněž pouze jako výkonové. Byly zastoupeny např. dosti nevydařenými typy 6L31, 6L41, zdařilou, avšak atypickou 6L50, dále pak televizními PL/EL/36, PL/EL/81. Svazkové tetrody běžného komerčního provedení jsou výhodné tím, že s nimi lze dosáhnout značného anodového proudu při poměrně nízkém anodovém napětí. Jsou proto konstruovány do anodového napětí max. 500V, spíše s vyšším dovoleným katodovým proudem a anodovou ztrátou. Anodové napětí vyšší než 600V by již mohlo způsobit narušení funkce potenciálového minima a tím spouštění sekundární emise. Výkonové tetrody mají rovněž robustněji konstruovanou řídicí mřížku / kvůli mech. pevnosti a stabilitě zákrytu s g2 / a tak mohou pracovat i ve třídě B1, tedy s průtokem mřížkového proudu. Jak již bylo uvedeno v odst. 5., buzení do této třídy ovšem vyžaduje velmi nízký vnitřní odpor budiče a jeho schopnost dodávat určitý výkon. Budič /invertor/ tedy musí být osazen výkonovými elektronkami. Takto byly např. řešeny a zapojeny koncové zesilovače s výkonovými triodami Tesla RD200B pro drátový rozhlas, případně modulátory vysílačů s výkonovými tetrodami RE125 a RE400.

7. Pentoda

Tetroda se ve své základní funkční podobě komerčního využití /díky svým nečinnostem/ nikdy nedočkala. Byla sice vyvinuta zvláštní obměna tetrody, tzv. dvoumřížková elektronka, nazývaná i elektronka se sekundární katodou nebo násobič elektronů, ve které se vývojáři snažili nějak rozumně využít sekundární emise tetrody. Vznikla tak kolem r. 1934 elektronka Philips EE1 či EEP1, původně vyvinutá pro citlivé krátkovlnné přijímače. Tato elektronka mohla díky sekundární katodě pracovat jako zesilovací stupeň s poměrně vysokým zesílením a zároveň i jako obraceč fáze /invertor/. Pokud je mi známo, byla komerčně použita pouze v jediné aplikaci a to v nf zesilovači Philips 2864, kde fungovala jako předzesilovač pro mikrofon i jako invertor pro dvojitý koncový stupeň. Protože ale v provozu vyžadovala poměrně přesné nastavení pracovního bodu i napětí na jednotlivých elektrodách, byla brzy výroba této elektronky zastavena a princip opuštěn.

Prakticky souběžně s vylepšováním obecné tetrody a vývojem svazkové tetrody vznikla kolem roku 1929 přidáním další, v pořadí už třetí mřížky **pentoda**, tedy elektronka s pěti funkčními elektrodami. Třetí mřížka, označovaná **g3** a nazývaná **hradicí** nebo **brzdící** mřížkou, byla instalována mezi stínící mřížku g2 a anodu, jejím úkolem je vracet pokud možno všechny sekundární elektrony, vyražené z anody, zpět. Musí být proto připojena na podstatně zápornější potenciál než anoda a stínící mřížka, obvykle se spojuje s katodou nebo jiným záporným potenciálem, podle charakteru zapojení a funkce. Výkonové pentody pro nízkofrekvenční koncové stupně mají brzdící mřížku g3 spojení s katodou již uvnitř elektronky vnitřním spojem a toto spojení se někdy ve schématickém znaku ani nekreslí. V některých případech jsou výkonové svazkové tetrody kresleny stejným znakem, jako "pravé" pentody, tedy se třemi mřížkami ve znaku. Velmi často pak dochází k situacím, kdy je v principu svazková tetroda považována za pentodu, např. Tesla 6L31 nebo evropské EL36, EL81, což je ještě umocněno znakem L v označení druhu. U některých výkonových svazkových tetrod je dokonce vyveden na zvláštní kolík i brzdící plechový rámeček, paradoxně /a chybně / opět označený jako g3. U nízkofrekvenčních pentod je na patici společný spoj katody s brzdící mřížkou označen jako kg3 či cg3, pokud je u výkonových svazkových tetrod takový spoj uvnitř elektronky, je označen shodně. Vlastní konstrukční provedení brzdící mřížky je velmi podobné až shodné s provedením stínící mřížky. Pouze u speciálních a velmi výkonných pentod může být brzdící mřížka g3 stejného, ale i robustnějšího provedení, jako stínící mřížka g2. Takto vytvořená elektronka má zcela odstraněnu sekundární emisi, odstraněn vliv anody na g2 i g1, ještě poněkud vyšší vnitřní odpor proti tetradě, vyšší zesílení a prakticky odstraněn Millerův jev. Vstupní kapacity pentod jsou při vhodné konstrukci velmi nízké, je možno je bez obav z rozkmitání použít k zesilování i velmi vysokých kmitočtů. Díky velmi vysokému vnitřnímu odporu pracují signálové pentody tzv. nakrátko, v podřízpusobení oproti triodě, která musí mít vzhledem k nízkému zesílení a nízkému Ri pracovní odpor velmi pečlivě zvolen.

Kolem roku 1932 měli už konstruktéři rozhlasových přijímačů k dispozici poměrně dokonalou elektronku, která jim umožňovala vyrábět přístroje s vynikající citlivostí a stabilitou, na nízkofrekvenčních koncových stupních ovšem zůstávaly osvědčené výkonové triody. Kolem roku 1933 byly zkonstruovány první použitelné výkonové pentody /Telefunken/ a objeveno směřování se superheterodynovým principem rozhlasových přijímačů. Tento princip si vynutil další vývoj, příp. modifikace pentod a vznikaly tak elektronky se čtyřmi až šesti mřížkami /pentagrid, hexoda, heptoda, oktoda/, určené pro směřování přijímaného kmitočtu s kmitočtem oscilátoru, případně tato mnohamřížková elektronka pracovala současně jako směšovač i oscilátor.

Na další vývoj a zdokonalování elektronek měly obrovský vliv přípravy Německa na 2. světovou válku kolem roku 1936. Armáda si byla velmi dobře vědoma důležitosti radiotechniky a radioelektronického boje ve válce a tak byly již během let 1934-1938 do Německa soustředěny týmy nejlepších odborníků, kteří usilovně pracovali na vývoji a výrobě dokonalých radioelektronických prostředků. Po vypuknutí války byly i "civilní" radiotechnické laboratoře a firmy téměř v celé Evropě donuceny pracovat na výrobě a vývoji vojenské radiotechniky. Válka sama, ačkoliv byla zatím nejkrvavějším konfliktem v historii lidstva /Hitler a zfanatizovaný německý národ zavinili 60 miliónů mrtvých, z toho 25 miliónů civilistů/ ale paradoxně přinesla mnohem rychlejší pokrok ve vývoji elektronek i radiotechniky. Bylo třeba konstruovat komunikační prostředky na velké vzdálenosti, pracující na kmitočtech, kde doposud protistrana nepracovat nemohla, vyvíjet speciální zaměřovací a sledovací techniku pro raketové střely, bombardéry, létající později výhradně v noci a samozřejmě také prostředky radioelektronického boje-selektivní rušiče apod. Se všemi požadavky armády na práci při vysokých kmitočtech, odolnost proti vlivům prostředí, životnost a v neposlední řadě také kompaktní konstrukci se vypořádali vývojáři firmy Telefunken zcela změněnou konstrukcí elektronek, začaly se objevovat miniaturní celoskleněné ořesuvzdorné elektronky s malým žhavicím příkonem, velkou strmostí, zesílením a dlouhou životností. Příkladem takové konstrukce by mohla být např. legendární německá vojenská univerzální pentoda RV12P2000 konstrukce Telefunken, jejíž vlastnosti zůstávaly i dlouho po válce nepřekonané a jejíž systém byl mnoha dalšími výrobci kopírován. Vojenská univerzální pentoda RV2P800 se ss žhavením 2V z jednoho článku olověného akumulátoru se vyráběla ve speciálním krytu s gumovými vložkami, který ji zároveň stínil, chránil před poškozením a zabraňoval svým měkkým uložením mikrofoničností. Konstrukce většiny těchto / na onu dobu/ fantastických elektronek vznikla již kolem roku 1936, kdy se v civilní sféře teprve začaly uplatňovat elektronky typu E s lamelovou paticí a rozměry menší lahve od limonády...

Skvělé vojenské pentodě RV12P2000 se mohla vyrovnat /vlastnostmi a rozměry/ až asi v roce 1952 miniaturní heptalová pentoda 6F36, ovšem za cenu značně vyššího žhavicího příkonu a podstatně nižší životnosti. Vojenskou výkonnou vysílací pentodu LS50 používají vysílající radioamatéři dodnes, buď v originální verzi s německou orlicí, případně její perfektní ruskou kopii GU50. Posledním příkladem budiž fakt, že některé amatérské poválečné rozhlasové přijímače, osazené elektronkami RV12P2000 z německých válečných skladů, fungují bez výměny elektronek uspokojivě dodnes. Bývalá československá armáda po válce úspěšně a bez poruch používala německou spojovací techniku až do konce 50.let minulého století a i dnes se v rušených armádních skladech nacházejí na tuto techniku náhradní díly. Pováleční konstruktéři Tesly a podřízených vývojových pracovišť /VÚS, Tesla Elspoj, Radiospoj/ brali německou, ale i britskou válečnou produkci jako vzor a nezdědka docházelo k kopírování celého přístroje, pouze osazeného novějšími poválečnými elektronkami. Ovšem dosti často byly "novější" elektronky a "civilní" přístup ke konstrukci kopie příčinou katastrofální nespolehlivosti celého přístroje, v několika případech ani nemohlo dojít k nasazení takovýchto přístrojů do "ostrého" provozu v armádě.



Koncová /výkonová/ pentoda



Pentoda s vyvedenou g3

Prakticky nejpoužívanějšími a nejnámějšími pentodami jsou z nevýkonových typů a z masové výroby rozhlasových a televizních přijímačů asi tyto: univerzální klíčová EF22, novalová lineární vř pentoda EF80, pentodový systém elektronek PCF82, PCF86, případně jsou to z "heptalové" éry vř pentody 6F32 a 6F36. Z výkonových nízkofrekvenčních pentod to bude nejspíše pentodový systém elektrony EBL21, ECL82, ECL86, PCL85, PCL86, EL84. V současnosti nejspíše muzikanti a i ortodoxní vyznavači elektronového zvuku používají výkonové elektrony EL84, EL34, v menší míře se v nf technice a pro speciální účely používá i vynikající nevýkonová pentoda EF86 či její dlouhoživotnostní a ořesuvzdorná varianta EF806S, případně univerzální pentoda skvělých vlastností E180F.

7. Vicemřížkové a speciální elektrony

Postupným vývojem pentod a na základě poptávky radiotechnického průmyslu byly vyvinuty další typy elektronek, většinou se specifickým použitím na určitých místech zapojení.

Exponenciální pentoda : jde o vysokofrekvenční pentodu, která má na řídicí mřížce g1 navinuty závity s proměnným stoupáním. Tento druh pentod se používal v řízených mezifrekvenčních zesilovačích, kdy bylo možno pouhou změnou záporného předpětí řídicí mřížky regulovat zesílení elektrony a tím i daného stupně s požadovanou charakteristikou. Toto řízení se používalo hlavně pro AVC /automatické vyrovnávání citlivosti/ rozhlasových přijímačů v závislosti na síle přijímaného signálu. Ze starších elektronek to byla např. EF9, EF14, z novějších typů např. EF183.

Hexoda : čtyřmřížková elektronka se všemi mřížkami vyvedenými zvlášť. Použití jako směšovač ve vstupních částech rozhlasových přijímačů. Samostatně nenašla širšího uplatnění, protože byla nutná další samostatná elektronka pro oscilátor. Vyráběla se krátce po nástupu pentod, např. AH1.

Pentagrid : pětimřížková elektronka, určená pro vstupní díl nenáročných superhetů jako směšovač a oscilátor. Mřížka g5 je uvnitř elektrony spojena s katodou, mřížky g2 a g4 jsou rovněž vnitřním spojem propojeny a vyvedeny na jeden kolík. Mřížky g1 a g3 jsou vyvedeny samostatně. Třetí mřížka má proměnné stoupání a umožňuje tak exponenciální změnu zesílení. Pro některé nečnosti byla výroba pentagridů omezena a později zastavena. Typickým zástupcem takto zapojené elektrony - pentagridu je např. Tesla 6H31.

Heptoda : rovněž pětimřížková elektronka, uvnitř systému propojena g2 a g4 . Systém byl vyvinut pro aplikace v kombinovaných elektronekách pro vstupní díly rozhlasových přijímačů a i jiné použití. Ve společné baňce s heptodou se nacházel i triodový systém pro zapojení jako oscilátor. Nejnámějším a nejpočetnějším zástupcem této kombinace byla elektronka ECH21, případně starší ECH3, ECH4. Z novějších typů obsahovala tuto kombinaci systémů elektronka ECH81, ECH84, televizní typ s desetikolíkovou patičí PCH200 a další.

Oktoda : elektronka se šesti mřížkami, určená rovněž pro vstupy rozhlasových přijímačů jako měnič kmitočtu /směšovač a oscilátor/. Díky složité konstrukci a vzájemným vazbám uvnitř systému byly tyto elektrony dosti problémové a používaly se jen omezeně v některých modelech přijímačů firmy Philips /AK1, EK2/.

Elektronový indikátor : populárně zvaný "magické oko" podle tvaru stínítka prvního provedení této elektrony /AM1, EM1, EM11/.

Jednotné evropské značení elektronek

Znak elektronky je složen ze skupiny písmen a koncových číslic, které udávají druh a velikost žhavicího napětí, způsob zapojení žhavicího obvodu, funkci elektrodového systému, jejich počet a druh patice.

První písmeno ve znaku udává druh, způsob zapojení a napětí žhavicího vlákna :

- A** - st nebo ss napětí 4V, paralelní
- B** - ss proud 180mA, sériové
- C** - st nebo ss proud 200mA, sériové
- D** - ss napětí 1,25 až 1,4V z baterií, paralelní nebo sériové
- E** - st nebo ss napětí 6,3V, paralelní a výjimečně sériové /u typů se žhavicím proudem 300mA/
- F** - ss napětí 13V z autobaterie, paralelní
- G** - st nebo ss napětí 5V, paralelní
- H** - ss napětí 4V ze 2 článků olověného akumulátoru, paralelní
- K** - ss napětí 2V z 1 článku olověného akumulátoru, paralelní
- P** - st nebo ss proud 300mA, sériové, výjimečně paralelní /u typů, kde to připouští výrobce/
- U** - st nebo ss proud 100mA, sériové
- V** - st nebo ss proud 50mA, sériové

Druhé až čtvrté písmeno ve znaku udává stavbu a funkci elektrodového systému. Sdružené systémy /několik elektrodových systémů ve společné baňce/ se označují skupinou písmen v abecedním pořadí. Každý systém má ve znaku své písmeno. Katoda se žhavicím vláknem se považuje za jednu elektrodu. Podle druhu použití mohou být v jednoduchých i sdružených systémech některé elektrody vzájemně propojeny či vyvedeny vícekrát.

- A** - jednoduchá dioda obecně, většinou detekční či pro malé proudy
- B** - dvojitá dioda, většinou detekční, u některých typů oddělené katody
- C** - trioda obecně s výjimkou výkonové
- D** - trioda výkonová
- E** - tetroda nebo dvoumřížkový systém obecně
- F** - pentoda obecně s výjimkou výkonové
- H** - hexoda nebo heptoda s výjimkou pentagridu
- K** - oktoda nebo pentagrid
- L** - pentoda výkonová
- M** - elektronový světelný indikátor / "magické oko"/
- Q** - enioda a speciální typy
- X** - dvojitá výkonová dioda, plněná plynem, společná katoda
- Y** - jednoduchá výkonová dioda, vakuová
- Z** - dvojitá výkonová dioda, vakuová, společná katoda

Skupina číslic ve znaku, umístěná za písmeny udává druh patice, druh baňky a částečně také postupný vývojový typ.

- 1 - 10** - bakelitová patice s 5-8 postranními kontakty , tzv. lamelová nebo P, skleněná baňka, stříbrný, zlatý, rudý vodivý nástřik /AZ1, AD1, EF6, EL6/
- 11-15** - bakelitová patice s 5+3 a vodícím klíčem, tzv. T, kovová nebo skleněná baňka, někdy černý či šedý vodivý nástřik /AZ11, EF12, EL11, ECL11/
- 16-19** - bakelitová patice s lamelami nebo kolíky, speciální typy
- 20-29** - celoskleněná elektronka, patice s 8 tvrdými CrFe kolíky 1,3mm na kružnici 17,5mm, opatřená kovovým lemem s kovovým vodícím klíčem /uzemňuje se/ tzv. loktal, klíčová řada či řada 21 /EF22, ECH21, UBL21/
- 30-39** - bakelitová patice s 8 dutými kolíky 2,36mm na kružnici 17,45mm a vodícím klíčem, tzv. americký oktál nebo jen oktál /EL34, E34L, PL36, GZ34, 6L6GC/
- 40-49** - celoskleněné elektronky s 8 tvrdými CrFe kolíky, kovovým lemem s vodícím výstupkem, tzv. Rimlock , výrobce Philips a Tungstram /ECC40, EL41, EF42/
- 50-59** - speciální typy, různé druhy patic podle způsobu použití /EL51, 6L50, AX50/
- 60-69** - celoskleněné elektronky jako řada 20-29, ale větší a s devíti kolíky /EL60, EZ62/
- 70-79** - celoskleněné subminiaturní elektronky s pájecími drátovými vývody /DM70/
- 80-89** - celoskleněné miniaturní elektronky s 9 měkkými nikl. kolíky 1,09mm na kružnici 11,9 mm, tzv. noval /EF86,ECC83,ECC803S,E88CC,PCL86,PABC80,EM84/
- 90-99** - celoskleněné miniaturní elektronky se 7 měkkými niklovými kolíky 1,05mm na kružnici 9,525mm, tzv. heptal /EF95, EL95, EC92, DL96/
- 100-119** - celoskleněné miniaturní elektronky noval nebo heptal, většinou pro spec. použití /DLL101/
- 120-169** - různé speciální elektronky /většinou Philips a Telefunken/ s různými paticemi podle druhu použití /EL151, EL156/
- 170-179** - různé elektronky s různými paticemi bývalé východoněmecké firmy RFT, určené pro speciální použití /armáda, kosm. výzkum/
- 180-199** - pokračování řady 80-89, většinou novější typy nebo se specifickými vlastnostmi /EF183, PCC189/
- 200-229** - celoskleněné miniaturní elektronky s 10 měkkými niklovými kolíky 1,05mm na kružnici 11,887 mm, tzv. dekal /PCL200, PCF201,PCH200/
- 230-299** - rezerva pro značení upravených standardních typů /EL234, EL236/
- 300-499** - speciální typy elektronek /rezerva pro značení speciálů/
- 500-509** - celoskleněné elektronky s měkkými nikl. kolíky 1,3mm na kružnici 17,45mm, většinou určeny pro použití v televizní technice /PL504, PL509, EL509, PY500/
- 800-809** - pokračování řady 80-89, nejnovější typy, někdy se speciální jakostí a vlastnostmi /PCF802, ECC803S, EL803S, EF806S/

Elektronky speciální jakosti, např. dlouhoživotnostní, ořesuvedorné, s úzkými tolerancemi nebo speciální povrchovou úpravou vývodních kolíků /platina, zlato/ mohou mít zvlášť upravený znak, kdy jsou skupiny písmen a číslic mezi sebou zaměněny, příp. označení elektronky obsahuje ještě na posledním místě písmeno **S**. Písmeno, označující druh, způsob zapojení a velikost žhavicího napětí ale zůstává vždy na 1. místě.

Značení starších elektronek TESLA

Podle tohoto klíče byly označovány elektronky TESLA vlastní konstrukce, které neměly ekvivalent v jednotném evropském provedení. Znak je tvořen takto : skupina číslic-skupina písmen-skupina číslic. Označení je vždy tištěno bez rozdělovacích mezer.

První číslice nebo dvojčíslí ve znaku udává zaokrouhlené žhavicí napětí ve volttech.
Skupina písmen uprostřed a jejich přiřazení systémům se shoduje s evropským značením.
Třetí část je skupina dvou až tří číslic. První číslo určuje druh patice, další typ a sérii.

- 1 - patice oktál /řada 30-34 evropského systému/ - 6CC10
- 2 - patice loktál /řada 20-29/ - 6F24
- 3 - patice heptál /řada 90-99/ - 6F31, 6BC32, 6F32V, 12H31, 35L31, 1AF33
- 4 - patice noval /řada 80-89/ - 6CC41, 6L43
- 5 - speciální patice - 6L50, 6Y50, 6L50V
- 9 - pájecí drátové vývody - 1M90

Celé označení může být na konci doplněno písmenem **V** - otřesuvzdorné provedení, příp. **Z** - dlouhoživotnostní.

Značení elektronek Velkého Rudého Bratra

Bolševik zpočátku používal tříznakový způsob značení, velmi podobný americkému. Protože však typů elektronek přibývalo, přidružily se problémy s azbukou, kombinační možnosti systému přestaly stačit a tak se v souběhu se starým značením začal zavádět systém nový, opět podobně jako v Americe. Bohužel docházelo i ke kombinacím starého a nového systému, katalogy a převodní tabulky měli k dispozici jen výrobci finálních přístrojů, nebo stranou, vládou a KGB prověřené opravny. Výsledkem tohoto - pro rudého bratra typického- chaosu, tajnůstkářství a nedůvěry je všeobecný nedostatek informací a parametrů o ruských elektronek ještě v dnešní době. Přitom ruské elektronky byly vyráběny s velkorysostí Rusům vlastní, na materiálu se nijak nešetřilo a tak se stávalo, že ruská kopie nějakého standardního typu vydržela oproti originálu až neskutečně hrubé zacházení a přetížení, se životností až trojnásobnou. Je třeba upozornit, že spousta starších typů má díky rozsáhlé ruské průmyslové špionáži přímé americké ekvivalenty, v některých ohledech dokonce ještě drobně vylepšené. Příklad: ruská dvojitá trioda 6N8S je přesnou kopií známé americké 6SN7, ruská průmyslová výkonová pentoda 6P9 s kovovou baňkou je do detailu shodná s populární americkou 6AG7. Speciální vysílací, oscilátorové a vojenské elektronky mají zase své přímé ekvivalenty ve speciálních německých elektronek, ukořistěných z německé vojenské techniky během 2. světové války a které byly tehdy tím nejdokonalejším v oboru. Příklad : ruská výkonová 40W pentoda pro KV a VKV koncové stupně GU50 je malinko vylepšená německá LS50, část řady GU jsou kopie americké osmičkové řady, řada GI se téměř shoduje s německou LD atd. Naopak některé novější typy vůbec nemají evropský či americký ekvivalent - jsou to originály vytvořené pro konkrétní aplikaci - a pokud ano, je to ekvivalent pouze elektrický a má jinou či jinak zapojenou patici nebo odlišnou baňku. Na tento fakt vždy upozorňuje poznámka v převodní tabulce. Při náhradě standardní evropské elektronky ruským ekvivalentem /příp. i naopak/ v již existujících přístrojích je třeba se mít na pozoru, protože některé funkčně stejné a na první pohled shodně zapojené ruské elektronky mohou mít některé elektrody vyvedeny na patici dvakrát - tam, kde má mít např. evropský originál nezapojené kolíky. Mnoho evropských výrobců totiž používalo neobsazené vývody na objímkách jako opěrné či propojovací body pro další součástky. Tak tomu je např. u ruského typu 6P14P, jenž je přímým /a lepším/ elektrickým ekvivalentem evropské EL84. Při podezření se proto vyplatí orientační kontrola ohmmetrem.

Dále uvedená převodní tabulka není zcela jistě úplná, ale ke hrubé orientaci mezi nejpoužívanějšími typy jistě postačí. Protože ruština již dnes není tak frekventovaným jazykem /kromě Karlovarska/, jsou všechny ruské znaky psány latinkou.

Rusko	Zbytek světa	Rusko	Zbytek světa
1C21P	1S2, 1S2A, Tesla DY86, DY87	1C1S	Tesla 1Y32, 1Y32T
1C11P	Tesla 1Y32, 1Y32T	5C3S	5U4G, GZ31
5C4M	5Y3GT, 5Z4GT, GZ32	5C4S	5Z4G, 5V4G, GZ30, GZ34
6A3P	6BN6	6A2P	6BE6, EK90, Tesla 6H31
6A7	6SA7	6A8	6A8, 6Q8
6G1	6SR7	6B8	6B8, VT93
6G3P	6AK8, Tesla EABC80	6G2	6SQ7
6D3D	559	6G7	6Q7
6D20P	6AL3, Tesla EY83	6D4Ž	9004
6E1P	6BR5, Tesla EM80, EM81	6D14P	Tesla EY88 jiná patice
6E3P	6FG6, Tesla EM84	6E5S	6E5
6Ž1B	CK5702	6Ž1Ž	954
6Ž1P	6AK5, EF95, Tesla 6F32	6Ž2B	CK5639
6Ž2P	6AS6, Tesla 6F33	6Ž2P-E	6AS6W, 5725
6Ž3	6SH7	6Ž3P	6AG5, EF96
6Ž4	6AC7, 6AJ7, Tesla 6F10	6Ž4P	6AU6, EF94
6Ž5P	6AH6, Tesla 6F36	6Ž6S	Z-62-D
6Ž7	6J7	6Ž8	6SJ7
6Ž9P	E80F, Tesla E180F, EF861	6Ž13L	VR-136
6Ž32P	6267, Tesla EF86, EF806S	6Ž38P	6CY5
6Ž51P	6EJ7, Tesla EF184	6Ž52P	nemá

6I1P	6AJ8, Tesla ECH81	6I4P	6V9, ECH200
6K1P	9003	6K1Ž	956
6K3	6SK7	6K4	6SG7
6K4P	6BA6, EF93, Tesla 6F31	6K7	6K7
6K13P	6EH7, Tesla EF183	6L7	6L7
6N1P	6DJ8, 6922, Tesla ECC88	6N2P	Tesla 6CC41
6N3P-E	5670WX	6N3P	Tesla 6CC42 přibližný ekv.
6N5S	6AS7GT	6N4P	12AT7, ECC81
6N8S	6SN7GT, Tesla 6CC10	6N7S	6N7GT
6N12S	5687	6N9S	6SL7GT
6N14P	6CW7, Tesla ECC84	6N13S	6AS7G
6N23P	6DJ8, Tesla ECC88, E88CC	6N15P	6J6, ECC91, Tesla 6CC31
6N27P	6CV8, 6GM8, ECC86	6N24P	6FC7, ECC89
6P3S	6L6, 6L6G	6P1P	6AQ5, EL90, Tesla 6L31
6P7S	6B6G	6P6S	6V6GT, EL11 po úpravě
6P9	6AG7, 6AK7, Tesla 6L10	6P8S	6U6GT
6P14P	6BQ5, Tesla EL84	6P13S	Tesla EL36 jiná patice
6P15P	6CK6, Tesla EL83	6P18P	6DY5, Tesla EL82
6P20S	6CB5	6P31S	6CM5, Tesla EL36
6P33S	6CW5, Tesla EL86	6P33P	Tesla EL86
6P36S	EL500	6P39S	8233, E55L
6P45S	6KG6, EL509	6R4P	6Y9, EFL200
6S1P	9002	6S1Ž	955
6S2P	6J4	6S2S	6J5GT, 6C5GT
6S3B	6K4A	6S4S	6B4G
6S5D	2C40	6S5S	6C5, 6C5GT
6S8S	2C22	6S20S	6BK4
6S51N	7586	6S52N	6CW4, 7895
6S53N	8056, EC1010	6F1P	6BL8, ECF80, Tesla ECF82
6F3P	6BM8, Tesla ECL82	6F4P	6DQ8, 6DX8, ECL84
6F5P	6GV8, Tesla ECL85	6F6S	6F6G
6CH2P	6AL5, EB91, Tesla EAA91, 6B32	6CH2P-E	6AL5W, 5726
6CH6S	6H6GT	6C4P	6X4, Tesla 6Z31
6C5S	6X5GT, EZ35	6C10P	Tesla EY83 jiná patice
6C17S	6AU4GT, 6AX4GT, 6BL4	6C19P	Tesla EY88 jiná patice
9F8P	9A8, PCF80	6E12N	7587
12CH3S	LG1	12S3S	LD1
16F3P	Tesla PCL82	12P4S	12A6
G807	807, QE06/50, QV05/20	G811	811A
G837	837	G1625	1625
GI6B	LD6	GI7B	LD7
GI11B	LD11	GI12B	LD12
GI14B	LD14	GI17	NT99
GI30	3E29, QQV5-P10	GI70B	LD70
GK71	471A	GMI30	6C21
GMI83	5D21, 715C	GS9B	LD9
GS90B	LD90	GU12A	880
GU13	813, QB2/250	GU17	6360, Tesla QQE03/12
GU18	QQV03/20	GU27B	827B
GU29	829B, QQV07/40, C144	GU32	832A, QQE04/20
GU33B	Tesla RE0125XL	GU34B	Tesla RE041XL
GU40B	Tesla RE1, 5XL	GU48	833A, TY4-350
GU50	LS50	GU89A	889A
GU89B	889B, 5667, Tesla RD5XF		