Konštrukcia zosilňovacích stupňov

1, Voľba typu elektrónky

Zo všetkých typov a druhov elektrónok je najvhodnejšie zvoliť ~~minimálne~~ pentódy (ne lineárny je ovonený zosilňovač). Pre menované zosilňovače ~~je prípustná voľba pentód namiesto triody~~ sa v poslednom čase prípustí voľba pentód miesto triod najmä z týchto dôvodov:

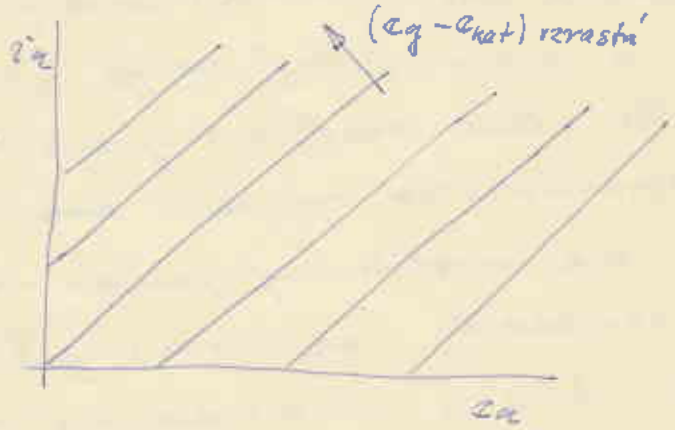
1,1. „Millerov efekt" triody je zodpovedný za efektívny vzrast kapacity mriežka-katóda. Millerov efekt je spôsobený elektródovými kapacitami medzi anódou a mriežkou, ktorá sa nabíja a vybíja prúdom zo zdroja mriežkového napätia. Uvažujme zmenu napätia mriežky proti katóde jeden volt. Ak je zosilnenie triódového stupňa m, celková zmena napätia na parazitnej kapacite anóda-mriežka bude (1+m) voltov. Zdroj mriežkového napätia, kapacita anóda-mriežka a anódová sieť (obvod) ~~je celý~~ sú všetky v sérii a prúd, ktorý nabíja kapacitu anóda mriežka teče všetkými týmito súčasne. Z zdroja mriežkového napätia ~~má~~ sa nedopadalo, že má dostatočný prúd na nabíjanie tej kapacity na (1+m) krát násobné napätie, ktoré je ekvivalentné k napájacieho prúdu do kapacity (1+m) ná-

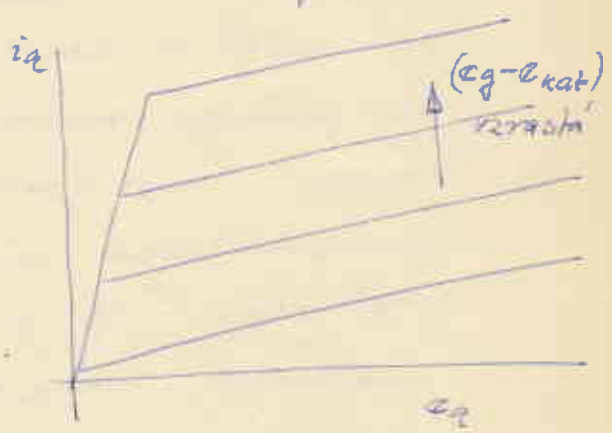
rovnej hodnoty. Účinok je prakticky rovnaký ako vstupnej impedancie paralelne zapojeného sériovo-rezonančného systému (obr. 4.3).

Efektívny vzrast parazitnej kapacity vzhľadom na zem a mriežky elektrónky bude vzrastať anódové ~~pomocnate~~ ~~oneskorenie~~ čerpaj konštanty predošlej elektrónky v skutočnom kaskádovom zapojení. Toto je normálne nezanedbateľné, ~~zhoršuje~~ zmenšuje zisk stupňa pri vysokých frekvenciách a v kaskádovom zmysle znižuje zisk sériovo-rezonančnej slučky.

Millerov efekt je značne zmenšený v pentóde účinkom elektrostatického stienenia tienicou mriežkou, ktorá môže zmenšovať kapacitu anóda-mriežka cca 300 násobne.

1.2. Pre tie isté hodnoty vnútorného odporu, v pentódy možno dostať v mnoho vyšší zisk stupňa v porovnaní s triódou. Toto vyplýva z väčšieho diferenciálneho anódového odporu pentódy. (viď nasledujúce obrázky)





V snímovazlovom zapojení je vždy lepšie dosiahnuť minimálny počet zosilňovacích stupňov a zrejme, že dosiahnutie potrebného zisku A slovom je potrebný menší počet pentód než triód.

1.3. Pre tú istú hodnotu hladných vysokých napätí pentóda ~~[illegible]~~ má väčšiu kapacitu snímacích signálov ako trioda. To platí len vtedy, keď sa berú vysokofrekvenčné pentódy.

Napájacie jednotky tvoria stále najťažšiu a najrozmernejšiu časť elektronického zariadenia a zmenšenie potrebných hladných napätí je vždy výhodné a hospodárne.

1.4. Účinnosť pentódového výkonového zosilňovača je podstatne vyššia než triódového stupňa konštruovaného na ten istý výkon. Keď pracujú dvojice elektroniek v push-pulle, eliminujú pentódy prvky skreslenia druhou harmonickou, výhoda v hospodárnosti je ešte zrejmejšia.

Obvod sa používa miesto pentódy na jej výšku zem a napájanie stiemcej mriežky – trioda. Existujú prípady, kde zmena anódového napätia má malé, vyžadované malým anódovým zaťažením ako napr. pri kábelom alebo katódovým sledovačom (obr. 9.1), kde anódové napätie je konštantné.

5.2 Konštrukcia pre špecifikovaný zisk

Elektronka EF91 je schopná dávať zisky cca 350 s kladným napätím batérie 250V. Konštrukciu stroja možno meniť pre získať zvolené hodnoty zisku a všetky ostatné zisky možno obdržať aj neveľmi veľa kombinácií zmien napätí na elektródach elektrónky.

Kladné anódové napätie je normálne filtrované s dôrazom na predpokladané maximum spracovávaného signálu a hranica tolerancie presnosti predpätia (odst. 5.3). Dolná medza jígeľ anódového napätia je daná záverným napätím (odst. 1.9) a horná hranica zakrivením charakteristiky kde sa anódový prúd blíži k nasýteniu. Kladná hodnota bývá o málo vyššia ako stred medzi kladným napätím zdroja a napätím katódy, napr. +130 V pri kladnom napätí +250V a uzemnenej katóde. Anódový skok 100 V sa nahrabe z vrchu sa potom obdrží bez zvláštneho skreslenia.

V záujme zaistenia dobrého zisku ~~fgdosg~~ stupňa, má byť nasytená vodivosť t.j. vnútorný odpor čo najnižší a zároveň z ekonomického hľadiska ale je to uvádzané v odst. 8.1, kde veľký zisk stupňa odporúda vysokému zisku celého zosilňovacieho systému. Vyšetrenie charakteristík vnútorného odporu ukazuje, že zkrat je maximálny pre malé hodnoty napätia medzi mriežkou katódy v oblasti

v oblasti mriežky aleb záporného napätia. Prítomnosť mriežkových prúdov všeobecne nedovoľuje kladné napätie cca -1,4 V a všeobecne používané minimum je -1,6 V, ~~ale~~ ktoré sa považuje za bezpečnú hranicu. V prípade jednotlivého stupňa, kde závery mriežk. napätie môžu byť porušené s hodnotou -1,6 V, ~~=~~ predstavuje napätie -1,6 V najnižšiu hranicu, ktoré môže mriežkové napätie dosiahnuť v určitom okamžiku.

Hranica maximálneho prípustného anodového prúdu dosiahne pracovné podmienky za pre pentódu EF 91 s uzemnenou katódou a kladné napätie +270 V beriem pri maxim. prúde, charakteristické krivky (prejdené s ekvivalentnými zaťažovacími charakt.) dávajú

$e_{g1} = -1{,}6\,V$ $\quad e_{g2} = +220\,V$ $\quad e_a = +130\,V$

$i_a = 10\,mA$ $\quad R_a = 12\,k\Omega$ $\quad g_m = 2{,}6\,mA/V$

Zisk je 90 násobný, s zohrnutím účinku diferenciálneho anodového odporu. Tieto podmienky predstavujú základný stavebnicový blok s konštrukciou zosilňovačov, kde je potrebná maximálna výstupná výška. Zaťažovací odpor R_a nemal by nikdy menší než 12 kΩ. Kde je potrebný menší zisk aleb menšia anodová časová konštanta, najlepšie podmienky sa dosiahnu vždy použitím katódnej výstupnej väzby. (obr. 8.8.2)

Kde je potrebný vyšší zisk stupňa, kladný anodový prúd sa zmenší a zaťažovací odpor sa zväčšuje. Napätie mriežka-katóda ostáva

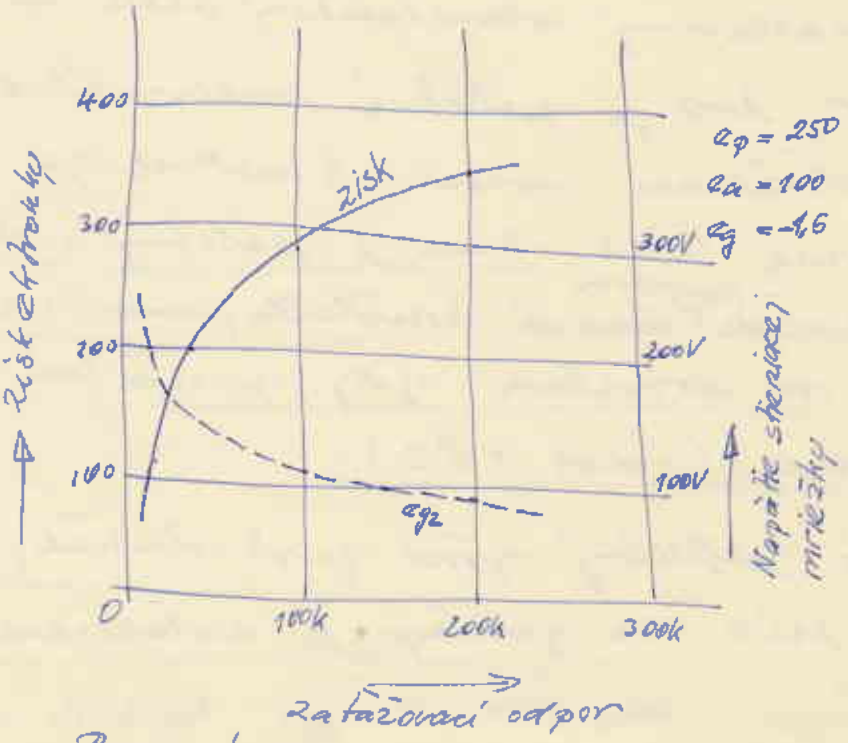
nezmenené pri svojej najhladnejšej hodnote a zmenšenie anódového prúdu sa dosiahne zmenšením napätia clonej mriežky. Toto zpôsobuje, že napätie -1,6 V sa stáva relatívne bližším k ~~nasýtenia~~ zablokovaniu a zmenšenie vnútorného odporu sa musí tolerovať. Typické stredné nastavenie pracovných podmienok pre EF 91 je

$e_{g1} = -1{,}6\,V$ $\quad e_{g2} = +155\,V$ $\quad e_a = +130\,V$

$i_a = 4\,mA$ $\quad R_a = 30\,k\Omega$ $\quad g_m = 4{,}5\,mA/V$

dávajúci zisk 130 násobný.

Ďalšie zhoršenie zisku, ktorý môže byť obdržaný, je vzrastajúci relatívny účinok diferenciálneho anódového odporu s vyššou hodnotou zaťažovacieho odporu. Všeobecné výsledky sú uvádzané grafmi v obr. 5-1, zisk je kreslený v závislosti od anódového zaťažovacieho odporu.



obr. 5-1 Pracovné podmienky pentódy EF 91

Knižka často sleduje pomer $\frac{g_m}{i_a}$ elektrónky. Zanedbajúc diferenciálny anódový odpor, zisk je daný vzťahom $g_m R_a$, a dosadiac

$$R_a = \frac{e_p - e_a}{i_a}$$

najde sa, že zisk je rovný spádu napätia na zaťažovacom odpore násobený pracovnou hodnotou $\frac{g_m}{i_a}$

$$G = g_m R_a$$

$$G = g_m \cdot \frac{e_p - e_a}{i_a}$$

$$\boxed{G = \frac{g_m}{i_a}\left(e_p - e_a\right)}$$

Knižka ukázané v obr. 5-1 je zjednodušené pre ľubovoľné anódové zaťažovacie odpory, keďže hospodárnosť je prvoradá, ako u prístrojov napájaných z batérie, tu sa obyčajne berie zaťaženie pre cca 50 kΩ. Knižka sa modifikuje alebo voľbou nižšieho kladného anódového napätia alebo záporomejším mriežkovým predpätím. Kde je kolísanie mriežkového napätia malé a je možné presné predpätie anódy (odst. 5,3), možno použiť kladnú hodnotu +80 V, ktorá dáva minimálny a maximálny zisk 125- resp. 300- násobný. Záporomejšie mriežkové predpätie nepôsobí výrazný zisk pri maximálnom prúde, hoci požaduje vyššie napätie stiesnenej mriežky, ale zapríčiňuje značne nižšiu hodnotu g_m pri nižších prúdoch.

Typické nastavenie pracovných podmienok, blízkych maximálnemu zisku, je

$e_{g1} = -1{,}6\,V$ $\quad e_{g2} = +93\,V$ $\quad e_a = +100\,V$

$i_a = 0{,}68\,mA$ $\quad R_a = 220\,k\Omega$ $\quad g_m \doteq 2\,mA/V$

dávajúce merený zisk 355-násobný. Vnútorný odpor je vypočítaný za predpokladu diferenciálnej anódovej impedancie rádu $1\,M\Omega$.

5.3. Elektronka s napätiami a bez zdrojov

Technika napájania elektroniky má za úlohu priniesť na elektródy potrebné napätia a prúdy a podržať ich pokiaľ možno konštantné pri stárnutí prípr. výmene elektroniky. Nie je nikdy kontrolovať všetky napätia a prúdy súčasne, hoci to robia charakteristiky elektroniky a účel napájania je nastaviť tie isté fixné parametre, ktoré majú mnohé napätia, a pripustiť ostatné k nastaveniu rovnováhy. Toto nastavenie nedie k účinkom zápornej spätnej väzby, kde kladné napätie alebo prúd je požadovaná stála hodnota.

Schéma na obr. 5,2 je napájaná z batérie s nízkou impedanciou, a všetky napätia elektród s výkonom na katódu sú pevné. Anódový prúd i_a a prúd stien. mriežky i_{g2} sú určené pracovnou charakteristikou elektroniky. Výmena elektroniky by sa. menili tieto prúdy o cca ±30%, pretože z ekonomických dôvodov výroby u miniatúr-

vyber elektrónov lepšie prispôsobiť nie je možné.

Zmeny žiarenia, ~~môžu to~~ spôsobené najmä fluktuáciou napätia sú ekvivalentné efektívnemu napätiu mriežka-katóda a môžu značne meniť prúdy.

V obvode, ktorý má v anóde zaťažovací odpor tieto všetky účinky sa objavia ako nepriaznivé posunutie klúdového anódového napätia. Prúd sa všeobecne zvýši, pretože má za následok zníženie nominálneho klúdového anódového napätia a tým aj zmenšenie kapacity spracovaného signálu (rast. 5.2). Ďalšie nižší rozsah klúdového anódového napätia, ktoré môže byť zaistené pomocou napájania, tým vážne sú možné napäťové výkyvy.

Kde sa stupeň bude používať v jednosmernom zosilňovači, opatrenia, ktoré by sa urobili k zníženiu zosilnenia týchto prúdov sa menia - ich mriežkových napätí budú tiež zmenšovať nízkofrekvenčné signály. V jednosmerných zosilňovačoch je použiť stabilizované všetky napájacie zdroje napätia a zvlášť zdroje žiarenia. Je žiadúce udržať stálu teplotu elektrónik konštantnú. Z stupňov používaných v striedavých zosilňovačoch sa žiada v určitom rozsahu veľký zisk (pri pracovných frekvenciách) a zmenšený zisk pri nízkych frekvenciách (rast. 5.6)

Dva najviac používané presné napájacie systémy sú ukázané na obr. 5-3 a 5-4. Na obr. 5-3 je predpokladané, že potrebné pracovné

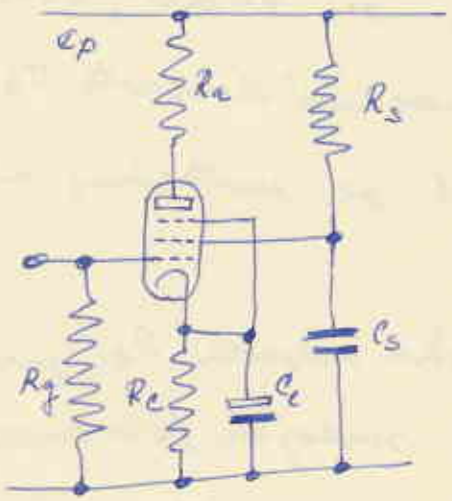
podmienky, určujúce napätie stiesnenej mriežky e_{g2} je značne nižšie ako napätie anódy e_p a rozdiel napätia $(e_p - e_{g2})$ sa ztráca na odpore R_S. Keď je R_S podstatne vyšší ako impedancia stiesnenej mriežky, ako je tomu v normálnom prípade, stiesnenou mriežkou možno predpokladať prúd

$$i_{g2} = \frac{e_p - e_{g2}}{R_S}$$

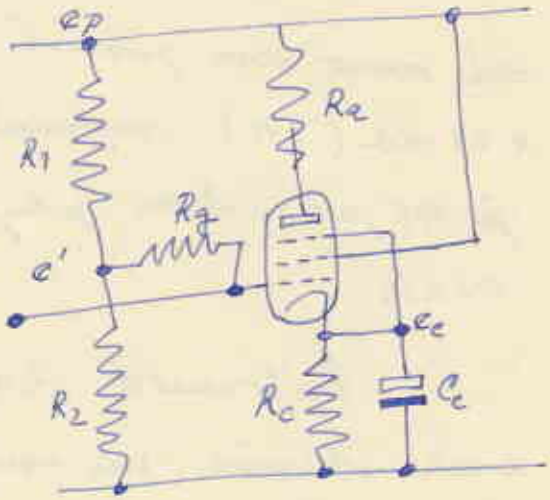
zmena elektrony môže prekročiť len zmenu do 10 V v napätí e_{g2}, pretože $(e_p - e_{g2})$ leží obyčajne medzi 30 a 200 V. Anódový prúd a prúd stiesnenej mriežky majú v pentóde približne konštantný pomer (nezávisí) v širokom rozsahu pracovných podmienok a stabilizovaný prúd druhej mriežky má za následok prúdový stabilizovaný anódový prúd. Pomer medzi oboma prúdmi je okolo 4 v najmenších pentódach a cca 10 v väčších výkonových tetródach. Treba R_S je závislý od jej konštrukcie, ktorý určuje vzťah prúdov. Mriežkové predpätie sa koná na odpore R_c a musí sa ponechať správna hodnota keďže prúd elektrony je stabilizovaný a nesprávna hodnota ~~na~~ R_c má za následok nesprávne predpätie.

Plný ríst striedavého zosilňovača sa ustaví zapojením blokovacích kondenzátorov C_c a C_S. Počas výkyvov zmien prúdu elektrony kondenzátory dodávajú prúd na príslušných elektród a udr-

žují kladové napätia. Hoć ich možno považovať, že majú mätu impedancie pri pracovných frekvenciách v porovnaní s priebežnou impedanciou elektródy. ~~Tento~~ Zisk stupňa pri nulovej frekvencii uvažujúc len účinok odporu R_s je dvojnásobok a priblížuje k zisku tej samej pentódy zapojenej ako triéda. Ak kladný anodové napätie a napätie druhej mriežky sú približne rovnaké, napr. 130V pomer odporov R_a a R_s bude v opačnom pomere ako prúdy i_a a i_s. Zmeny predpätia riadiacej mriežky g spôsobujú napäťové zmeny na anóde a druhej mriežke rovnakej veľkosti a nevoláva za žiadne diferencie, keď sú zapojené ako triéda alebo nie. Pri stvorení signálov napätia stieniacej mriežky je držané konštantné kondenzátorom C_s a elektronka sa nemení k činnosti ako pentóda.



obr. 5-3
Konšt. prúd druhej mriežky

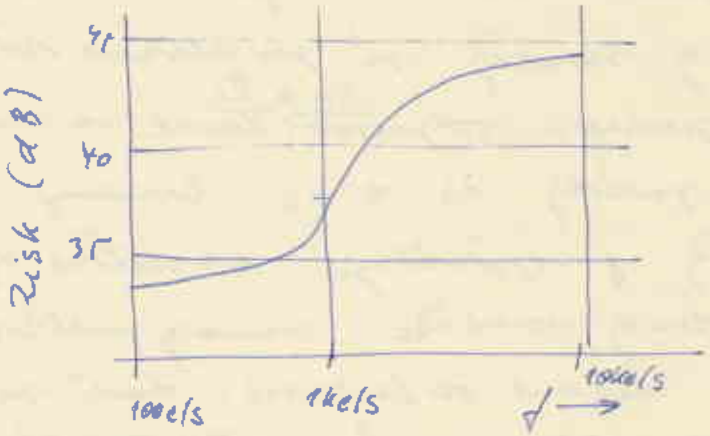


obr. 5-4
Stupeň s konšt. napätím katódy.

Vznikl charakteristika zisk - frekvence ilustrující přenos je nakreslená na obr. 5-5. Elektronka je typu EF91 s těmito údaji:

$R_a = 47\ k\Omega$ $\qquad$ $R_S = 180\ k\Omega$

$e_g = -1{,}6\ V$ $\qquad$ $C_S = 1200\ pF$



Pro elektronku CV2135 s hodnotami

$R_a = 270\ k\Omega$, $e_g = -1{,}6\ V$, $R_S = 1{,}8\ M\Omega$

~~má~~ ~~asi~~ dva zisková skoky při 44 db (x160) a 21 db (x11). Nominální hodnota C_S je 0,1 μF, kde vlný zisk je patrný od asi 50 c/s.

Přítomnost katódového odporu R_e zmenšuje zisk stupně při ~~snížení~~ malých frekvencích zavedením sériový záporný zpětný vazby (odst. 4.4). Vzrost vstupního napětí o Δe_g bude způsobovat vzrost anodového proudu o Δi_a a vzrost katodového napětí o Δe_c.

$$\Delta i_a = S(\Delta e_g - \Delta e_c)$$

$$\Delta e_c = R_c(\Delta i_a + \Delta i_s) = \frac{R_c \Delta i_a}{1-f}$$

kde f je zlomok katódového prúdu, ktorý dodáva druhá mriežka. Eliminujúc Δe_c, efektívna strmosť S' je daná výrazom

$$S' = \frac{\Delta i_a}{\Delta e_g} = \frac{S}{1+A'} \qquad (1)$$

kde $A' = S\frac{R_c}{1-f}$. Frekvenčný menovateľ má tiež istý tvar ako na obr. 5-5. Pre pracovné podmienky mnohonásobnej elektrónky (CV 138) EF91 s

$$R_c = 500\,\Omega \qquad C_c = 0{,}1\,\mu F$$

dáva dve hodnoty zisku 34 db a 44 db a ~~pri~~ frekvencie pre polovičný menovateľ, kde je zisk 39 db (×90) objavujú sa pri 5,6 c/s. Normálna hodnota C_c je 50 pF, kde je potrebný nízky zisk pri frekvenciách pod 50 c/s.

Obvod na obr. 5-4 je vhodný vtedy, keď je potrebný veľký stúpavý prúd elektrónky a je potrebné použiť plné kladné napätie buď na druhú mriežku bez motivizly (decoupling). Sériová záporná spätná väzba pri nízkych frekvenciách je zaručené vradením katodovej záťaže R_c, ktorej hodnota je normálne vyššia ako je potrebné len vytvoreniu mriežkového

predpätia. Mriežový zvod R_g je pripojený na napätie e' odporového deliča $R_1 R_2$, zapojeného medzi kladnú líniu a zem. Hodnota odporu R_c je ~~...~~ urobené dostatočne veľkou pre zisk pri najmenšom 5-násobný, možno túto považovať za záťaž elektrónky, reprezentujúcu časť zosilňovaného ~~sig~~ zisku. Katodové napätie e_c nadobúda rovnovážnu hodnotu, kde napätie mriežka – katóda ($e_g - e_c$) rozhoduje katodovému prúdu elektrónov $\frac{e_c}{R_c}$. Činnosť je totožná aj v katodovom sledovači, popísanom v ~~...~~ 9.1. Požadované katodové napätie je e', ktoré je v stálom pomere k prúdu elektrónky, závisiacom od R_c. Aj v prekážajúcom systéme, predpokladá sa že e_g je konst. a e_a je nastavené stabilným anodovým prúdom.

Typické hodnoty pre EF91 pracujúcu napriamo pri 250 V kladnej línii sú

$$i_a = 10\,mA, \quad i_{g2} = 2{,}5\,mA, \quad e_g = -2\,V, \quad S = 7{,}5\,mA/V$$

$$R_a = 12\,k\Omega, \quad R_c = 1\,k\Omega \qquad R_1 = 270\,k\Omega, \quad R_2 = 12\,k\Omega.$$

Rozsah ~~fluk~~ fluktuácií je redukovaný činiteľom $(1 + AB)$. S $B = 1$, pri 100% zapoj. spätnej väzbe, kde hodnoty dávajú

$$1 + AB = 1 + (7{,}5\,mA/V)(1000\,\Omega) = 8{,}5$$

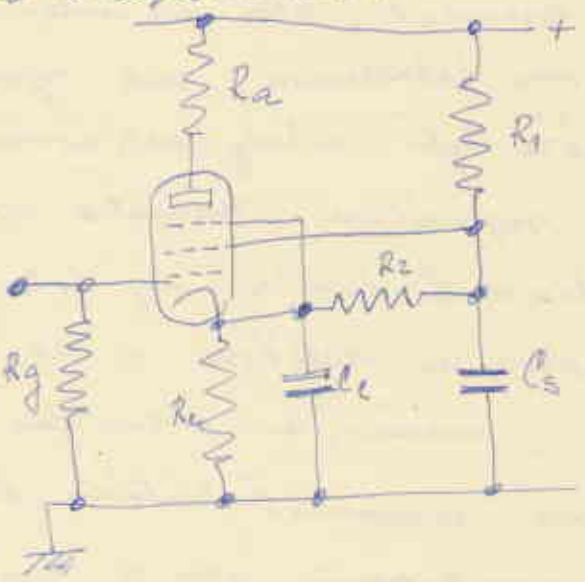
Napätie sú

$$e_a = 130\,V \qquad e_c = 12{,}5\,V \qquad e' = 10{,}5\,V$$

Keď je potrebné nastaviť katódové napätie na približne polovinu klapkovej línie, R_g možno vynechať a R_1 a R_2 majú byť úmerné tak, že efektívna impedancia mriežka-zem je taká, aká sa vyžaduje. Keď by bolo potrebné zvýšiť hodnotu R_1 okolo 10 MΩ, bolo by potrebné použiť odpory s vyššími hodnotami, ktoré majú malú stabilitu a toleranciu. Ak sa má zabrániť, aby brumové napätie z klapkovej línie, nemíralo na mriežku, použije sa filter medzi R_1+R_2 a R_g. Plný zisk sa dosiahne pre stredné napätie kondenzátorom C_c.

V prípade jednosmerného zosilňovacího stupňa, žiadny z uvedených spôsobov napájania sa dá použiť, ale ak ~~ide o~~ stačí zisk s nulovou frekvenciou, pre vysokofrekvenčný zisk nemôže byť nikdy realizovaný s prvkami sa meniacimi signálmi. Napätie anódy mriežky nižšie než kladné línia by bolo možné dosiahnuť odporovým deličom s najnižším možným odporom, určeným zbytkovým prúdom línie. Často je vhodné uzemniť katódu elektrónky jednosmerného zosilňovača, ako je popísané v odst. 5-5, inak možno použiť obvod podľa obr. 5-6. Prúd deliča R_1 a R_2 predráda tiež cez R_c zmenšujúc hodnotu potrebného katód. odporu a nato zavádza jednosmerné zápornú spätnú väzbu, ~~bez akýchkoľvek kondenzátorov, pomocný zisk by~~. Zapojenie v skutočnosti obsahuje malú kladnú spätnú

väzby už nepostačujú na správnu činnosť stupňa. Blokovanie sa stále používa, vzhľadom ak stupeň je častou spätnoväzbového jednotranného zosilňovača. Bez uvádzaných kondenzátorov, neodporúča zisk by sa objavoval pri tej istej frekvencii pri všetkých identických stupňoch, ktoré každý by bol v skutočnosti blokovaný parazitnou kapacitou. Tento kvantitný vzrast zisku dopravádzaný fázovým posunutím by mohol ohrozit stabilitu zosilňovača, vzhľadom ak neexistuje impulzné mätné väzba. Je lepšie mať tieto prechodné frekvencie pod kontrolou konštruktéra. Táto otázka je podrobnejšie rozdiskutovaná v nasledujúcich kapitolách.



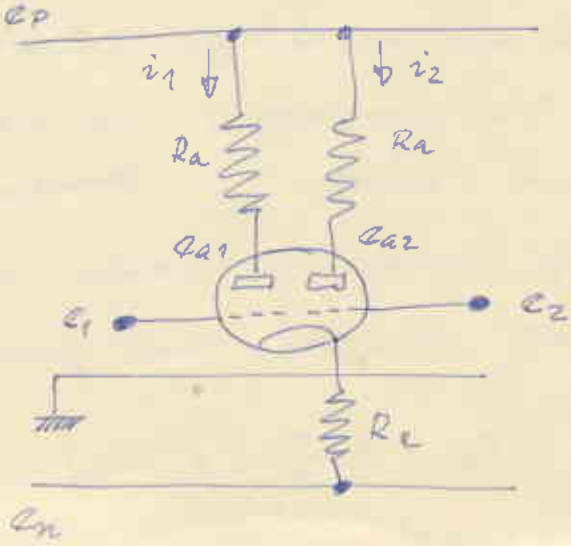
obr. 5–6
Zapojenie jednoduchého stupňa

Jednoduchý stupeň typu ako na obr. 5-6 môže byť zhotovený tak, že dáva zisk 200 x pri nulovej frekvencii s napatím kladnej línie 250 V. To je približne použiteľné maximum, ktoré sa môže využiť pre jedno-

meraný zosilňovač ~~po napätím kroky 210V.~~ Keďže drift sa taktiež zosilňuje a objavuje sa ako pomer skúšobného anódového napätia. Experimenty na EF 91 ukazujú okolo ± 0,15V drift pre 10% zmenu žeravacieho napätia. Táto fluktuácia je dovolená len zlá ako kolísanie žeravacieho napätia, ktoré spôsobuje cca ±75mV drift alebo ± 15V pomer skúšobného ústupného napätia so ziskom 200 nameraný. Ako sú výhody záporne spätnej väzby jasné, nadostatočný jednosmer. zosilňovač by tiež mal celkový zisk obmedzený na cca 200 x, s ktorým nel. ostatku driftu.

5.4. Long-tail-pair (dvojica sledovačov)

Pre ostatné stupne jednosmerných zosilňovačov sa používajú rôzne obvody charakterizované zníženým driftom v porovnaní s jednoduchou elektrónkou. Najjednoduchší je ukázaný na obr. 5-7, známy ako „long-tail-pair".



obr. 5-7

Spoločný katódový odpor R_e je „sledovací" odpor a je pripojený na záporné napätie od −50 do −300 V. ~~Potom~~ Obvod pracuje nasledovne. Predpokladajme, že obe elektrónky pracujú v lineárnej oblasti; napätie mriežky proti katóde každej bude stále 2 V a bude zotrvávať na tejto hodnote v rozmedzí celého času aleb tak približne počas pracovného cyklu. Celkový kľúdový prúd pre obe elektrónky automaticky je preto daný vzťahom $\frac{e_k+2}{R_e}$ a rozdelí sa rovnako medzi obe elektrónky keď boli identické. Malý kľúdový zvrat kľúdového napätia e_1 zmení prúd v ľavej elektróde čo má za následok, že temer rovnaká zmena prúdu vznikne v ~~ľavej~~ pravej elektróde takže celkový prúd ostane temer ten istý. Ak e_2 je pevné, spoločné napätie katódy musí stúpnuť podľa zmeneného prúdu v pravej elektróde a na identické elektrónky napätie mriežka-katóda preto dosiahne polovinu vzrastu napätia e_1 pričom sa efektívna strmosť zmenší na polovinu. Situácia sa môže porovnať ~~s katodovým~~ s dvomi katódovými sledovačmi majúcimi spoločnú katódu. Každý predstavuje efektívny katódový impedanciu približne $\frac{1}{S}$, tým zmenšuje na polovinu dvojnú efektívnu strmosť (rozd. 5.3). Považujúc výstupné napätie jednej anódy, je vidieť, že závisí od rozdielu napätí mriežok proti zemi

$$e_{a2} \doteq +\frac{m}{2}(e_1-e_2) \qquad (2)$$

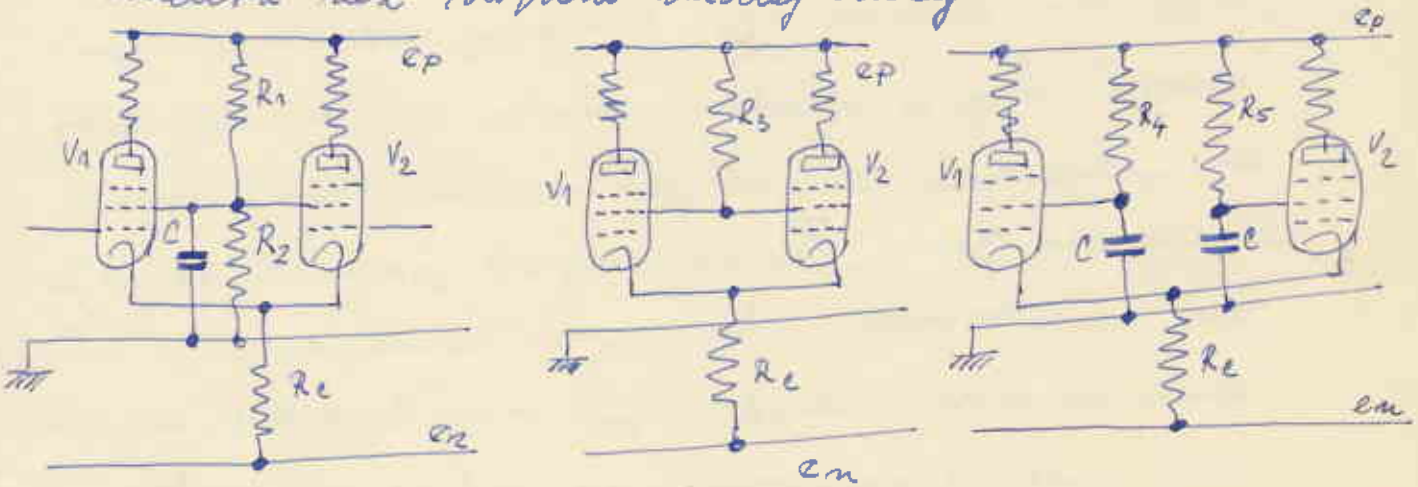
kde m je stupňový zisk jednoduchej triódy s uzemnenou katódou

až sú tie elektrónky umiestené v jednej banke a používajú to samé žhavenie napätie, alebo lepšie, tú samú katódu, drift každej elektrónky bude približne rovnaký a bude sa rušiť. Zlepšenie, ktoré sa dosiahne, sa dá porovnať s driftom jednoduchej elektrónky a predstavuje 10 násobok.

Keď sa použijú vhodné „long-tail-pair"-y, všetky stupne v jednosmernom zosilňovači musia byť „long-tail-pair". V dôsledku nízkeho zisku vlastného triódam a v dôsledku strát v jednosmerných väzbách, je ťažko zaručiť zisk stupňa väčší než 10, keď by zosilnený ~~vstupný~~ drift vstupného stupňa bol približne rovný driftu, ktorý by dával druhý stupeň s jednoduchou elektrónkou. Jedna alternatíva je použiť dvojitú pentódu, ktorá by dávala celkový zisk 50, počítane so stratami väzieb, v ktorom prípade príspevok driftu jednoduchou elektrónkou druhého stupňa by bol len 1/5 vstupného stupňa, uvažujúc 10-násobné redukcia driftu „long-tail-pair"-ou. V súčasnej době neexistujú vhodné dvojité pentódy, keďže ich použitie by bolo obmedzené len na jednosmerné zosilňovače uvedeného typu. Frekvenčnejšie jednosm. zosilňovače s vibrátorom, chopperom / menič-om, sú lepšie v móde. Drift majú v mikrovoltoch, zatiaľ čo iné sú v milivoltoch, ale sú o mnoho drahšie ako čisto elektronické obvody.

Dve ~~ga~~ samostatné pentódy použité ako ~~pentódy~~ diferenčné elektrónky (long-tail-pair) budú dávať redukciu driftu stojaca za to. Long-tail-pair na dýčajne vlastnosť dávať zisk bez skreslenia fázie ak je to treba, z mriežky 1 bez dióde 2. Toto je výhodné v spätnoväzbovej aplikácii, kde je potrebný dvojstupňový zosilňovací stupeň ~~bez~~ skúmaním fáze.

Je nevyhnutné sterostlivosť pri napájaní diferenčného stupňa (l.t.p.), lebo nevyhovujúce napájané podmienky sú zapríčinené nepresnosťou. Uvažujúc len pentódové diferenciálne stupňe, bez ujmy na všeobecnosti, keďže analýza sa dá rovnako dobre použiť na triódy, ak sa stienica mriežka pentódy považuje za anódu triódy, ukázané sú tri spôsoby napájania druhej mriežky na skúškach 5-8, 5-9 a 5-10. Predpokladá sa že napätie druhej mriežky je v 100 až 200 Voltov menšie než napätie hlavnej línie.



obr. 5.8
nízko-impedančné zapojenie druhej mriežky

obr. 5.9
Horizontálne zapojenie druhej mriežky

obr. 5.10
Vysoko-impedanč. zapojenie stien. mriežky

Obvody sa rozdelujú do dvoch kategórií, podľa toho stieniaca mriežka je napájaná od zdroja prúdu napätia alebo prúdu (odst. 1.5). Odpory R_1 a R_2 sú nízke v porovnaní s impedanciou stieniaca mriežka – katóda a v obr. 5-8 sa predpokladá, že stieniace mriežky sú napájané zo zdroja napätia. Obvody na obr. 5-9 a 5-10 používajú zdroj konštantného prúdu (odst. 5-3) kde R_3, R_4 a R_5 sú zapojené v prúdovom odporovom stieniaca mriežka – katóda.

Zapojenie na konštantný prúd podľa obr. 5-9 a 5-10 nie sú vždy ľahké pre časté nastavovanie pracovných klíčových podmienok. Rovnako, hoci klíčové prúdy V_1 a V_2 môžu byť presne známe, čiernu úplne malých odporových tolerancií sa vždy odrážajú ako prúdy katódového napätia a teda ako prúdy mriežkového predpätia. Za nedávna v dôsledku toho, že prúdy obych ~~elektrónok~~ anódových mriežok sú nedané do katódy. Napätie, 2. mriežka – katóda, musí nejsť rovnakú hodnotu kde celkový anódový plus prúd je rovný prúdu „stiahnutia". Pomalá fluktuácia ktoréhokoľvek prúdu musí byť kompenzovaná rovnakou zmenou napätia na elektrónke, aby vyrovnala prúdy. Zmena napätia elektrónky, s konštantným prúdom, sa naopak odráza ako zmena napätia mriežka-katóda, zapríčiňujúca v každom prípade odchýlku od zadanej hodnoty – 1,6 V. Chyba – 5% v odporu R_c

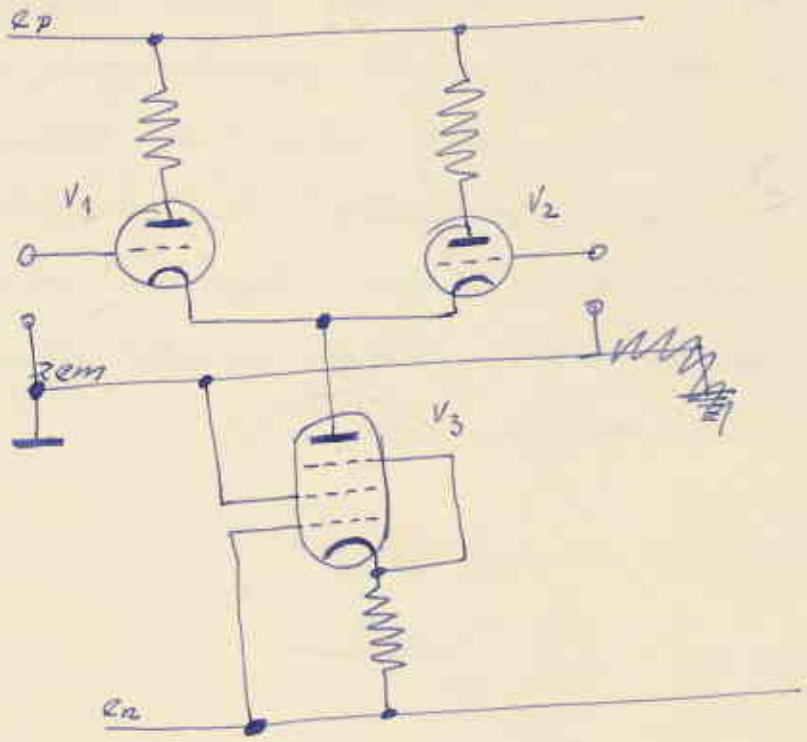
nosník. spôsobuje o 5% väčší prúd tečúci cez každú elektrónku. Ak ~~potom~~ má za následok zmenu v napätí druhej mriežky neutrody posunie v -10V, ak hlavný výstup v R_4 a R_5 (obr. 5-10) bol 200. So ziskom 2. mriežky 20, toto sa rovná ako zmena v napätí mriežky záporná +0,5V, znižujúca napätie z nominálnej hodnoty -1,6V na -1,1V. Zmenšenie predpätia môže spôsobiť že elektrónka bude pracovať v oblasti prúdových mriežkových prúdov, najnepríjemnejší stav veci, vyplývajúci z 5% tolerancie R_c. Zmeny v pozit. alebo zápornom napätí majú rovný vplyv.

Treba ~~j~~ treba poznamenať, že tento efekt sa objavuje v troch dif. stupňov (ob. t. 7), tak sa používajú prvé zaterminované odpory. Vhodný obvod ilustrujúci toto je ~~na obr.~~ používaný v odst. 9,2. Obvod na obr. 5-9 má výhodu vlastnosti, že pri rovnakých elektrónkach (identických) netečie žiadny stred. prúd cez R_3 a na napätie signálu ~~tiecej~~ tiečiacej mriežky je vedené do zdroja. Blokovací kondenzátor môžu mať vynechať v prípadoch, kde nie je riziko parazitnej spätnoväzobnej väzby.

Analýza dif. stupňa (l. t. 7) má je podaná keďže je potrebných 6 simultánnych rovníc, pričom sa hľadajú e_{a1}, e_{a2}, i_{a1}, i_{a2}, i_c, e_c pri zadaných e_1, e_2, e_p a e_n.

Prepnacovaný dif. stupeň (l. t. 8), ktorý predstavuje presný subtrakčný ~~mieš~~ zmiešovač (odst. 4.2)

je ukázaný na obr. 5.11.



obr. 5.11. Presný dif. stupeň

Sledovací prúd (vypúšťa sa v katód. odpore) dodáva pentóda V_3 a jej vysoký diferenciálny anódový odpor zaistuje, že elektrony dif. stupňa V_1 a V_2 v skutočnosti sú napájané zo zdroja prúdu (obr. 1.10). Prúd vrátený z jednej elektróny druhej musí byť teraz ovplyvnený vplyv vrátenému prúdu druhej elektrony, na katódové napätie nemôže mať vplyv celkový prúd. Obľúbená aplikácia je aj subtraktívny meranie pre sériovú snímanie vážku (ostr. 4.4). Vstup je nedený na jednu mriežku a snímacie napätie na druhú, a na každej anóde sa objaví napätie rovné m/2 krát rozdiel mriežkových napätí.

S nekonečným ziskom slučky, anódu napája-

jiní zvyšok zoniňovaného stredu ostáva na ~~stálom~~ nevyrovnanom napätí (vzt. 4.4). Toto pôsobí prúd v elektróne a aro celok je fixovaný prúd neutódovým sledovacím prúdom je fixovaný aj v druhej elektróde. Zmeny miestnych napätí sú exaktne rovnaké, keď elektrony majú rovnaký zoniňovací faktor, keď len diferencia v meracích podmienkach počas cyklu bude zmenou v spoločnom katódovom napätí.