

Vážení zákazníci,

dovolujeme si Vás upozornit, že na tuto ukázkou knihy se vztahují autorská práva, tzv. copyright.

To znamená, že ukázka má sloužit výhradně pro osobní potřebu potenciálního kupujícího (aby čtenář viděl, jakým způsobem je titul zpracován a mohl se také podle tohoto, jako jednoho z parametrů, rozhodnout, zda titul koupí či ne).

Z toho vyplývá, že není dovoleno tuto ukázkou jakýmkoliv způsobem dále šířit, veřejně či neveřejně např. umístováním na datová média, na jiné internetové stránky (ani prostřednictvím odkazů) apod.

redakce nakladatelství BEN – technická literatura
redakce@ben.cz



nažháváním elektronek, takže nedochází k neúměrnému přetěžování filtračních kondenzátorů při náběhu anodového proudu. Polovodičový usměrňovač vytvoří stejnosměrné napětí na filtračních kondenzátorech okamžitě po zapnutí, kdežto odběr do zátěže začne až po nažhavení elektronek.

3.2 ZÁKLADNÍ ZAPOJENÍ ZESILOVAČE S ELEKTRONKOU

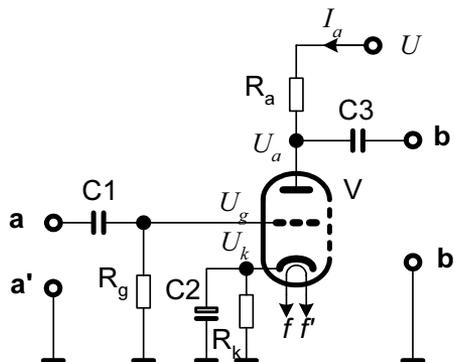
Na obr. 3.2 je uvedeno typické základní zapojení elektronkového zesilovače. Jedná se o zapojení triody (zde je použita jedna **trioda** z dvojité triody, třeba typu ECC83) v zapojení se společnou katodou, tzn. katoda je společnou elektrodou jak pro vstupní, tak pro výstupní obvod. Hodnoty kondenzátorů C1 až C3 se stanoví s ohledem na kmitočet přenášených signálů. Je-li dána velikost napájecího napětí U , naším úkolem nyní bude navrhnout hodnoty odporů R_a , R_k (resp. R_g) tak, aby zesilovač pracoval pokud možno v lineární oblasti charakteristiky elektrony (tedy s malým zkreslením).

Z katalogových údajů o elektronce (v našem případě ECC83) vyplývají hodnoty typického pracovního bodu: napětí na anodě $U_a = 250$ V, napětí na mřížce $U_g = -2$ V, anodový proud $I_a = 1,2$ mA, strmost $S = 1,6$ mA/V a zesílení $\mu = 100$.

Lze předpokládat, že v klidovém pracovním bodu elektrony pracující jako lineární zesilovač bude optimální, aby na anodě elektrony bylo napětí rovno polovičnímu napájecímu napětí. To znamená, že i hodnota zatěžovacího odporu R_a v anodě musí být rovna hodnotě anodového odporu v pracovním bodě R_P – viz vztah (2.7), tzn.

$$R_a = R_P = \frac{U_a}{I_a} = \frac{250}{0,0012} = 208\,333\ \Omega, \quad (3.1)$$

prakticky můžeme zvolit nejbližší hodnotu v řadě, např. 220 k Ω .



Obr. 3.2 Základní zapojení elektrony jako zesilovače

Typ odporu R_a musíme zvolit s ohledem na vyzářené teplo, tedy na ztrátový výkon. Velikost maximální hodnoty ztrátového výkonu na odporu R_a vypočteme ze vztahu:

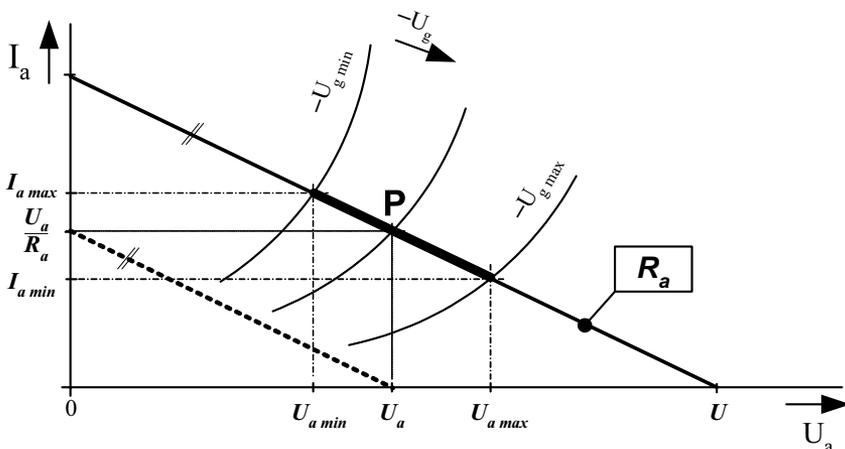
$$P_{Ra} = \frac{U_a^2}{R_a} = \frac{250^2}{220\,000} = 0,284 \text{ W.} \quad (3.2)$$

Zvolíme odporové tělísko na zatížení 0,5 W. Pro elektronky s větším proudem se může jednat o odpory na zatížení v řádu wattů.

Na obr. 3.3a je do anodové charakteristiky elektronky znázorněna konstrukce **zatěžovací přímky** (angl. *load line*). Necht' klidový pracovní bod P je určen souřadnicemi $[U_a; I_a]$. V tomto bodě bude podle vztahu (3.1) hodnota zatěžovacího odporu R_a v anodě rovna hodnotě anodového odporu v pracovním bodě R_p . Nejprve sestrojíme pomocnou přímku jako spojnici bodů $[U_a; 0 \text{ mA}]$ a $[0 \text{ V}; I_a]$, kde U_a , resp. I_a jsou hodnoty typického pracovního bodu P . Zatěžovací přímka v pracovním bodě P je potom rovnoběžka s touto pomocnou přímkou, která prochází pracovním bodem P . Průsečík zatěžovací přímky s osou napětí U_a vyznačuje napájecí napětí U . Na této zatěžovací přímce se nacházejí odpovídající provozní hodnoty U_a a I_a v daném zapojení v závislosti na změně U_g . Pokud zajistíme, aby rozkmit napětí na mřížce U_g byl jen v intervalu $\langle U_{g \min}; U_{g \max} \rangle$, potom se pro dané zapojení zesilovače využívá jen část zatěžovací přímky (na obrázku vyznačena silněji v okolí pracovního bodu P).

Poznámka:

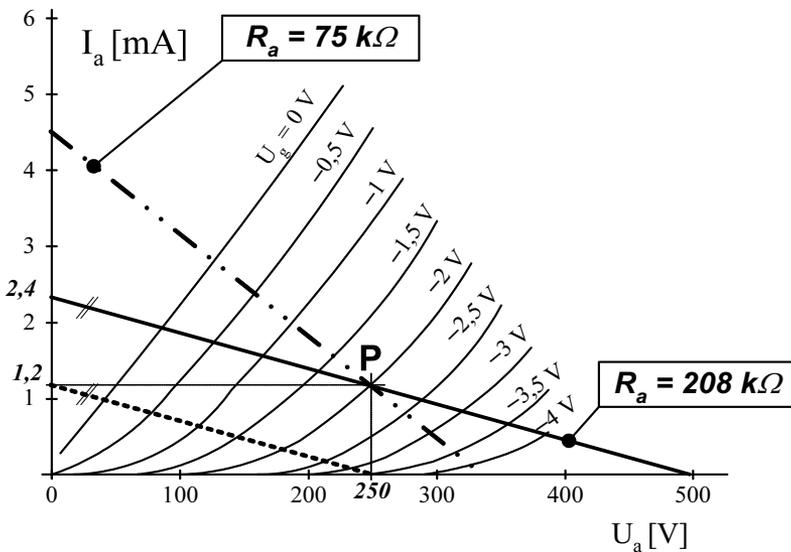
Charakteristiky elektronek jsou v katalogu uváděny pro napětí U_a měřené mezi anodou a katodou, takže pro případy elektronek s větším předpětím mřížky vytvářeným katodovým odporem musíme mít toto na paměti a o hodnotu katodového napětí zvýšit vypočtenou nebo zjištěnou hodnotu U .



Obr. 3.3a Zatěžovací přímka v anodové charakteristice elektronky – obecný případ

Na obr. 3.3b je zakreslena zatěžovací přímka do anodové charakteristiky elektronky ECC83. Podle katalogových údajů sestrojíme pomocnou přímku jako spojnici bodů [250 V; 0 mA] a [0 V; 1,2 mA], což podle vztahu (3.1) odpovídá hodnotě $R_a = 208\,333\ \Omega$. Nyní sestrojíme zatěžovací přímku jako rovnoběžku pomocné přímky procházející pracovním bodem P . Průsečík zatěžovací přímky s osou napětí U_a vyznačuje potřebné napájecí napětí $U = 500\text{ V}$, průsečík přímky s osou proudu I_a vyznačuje maximální proud $I_a = UIR_a = 2,4\text{ mA}$.

Klidové předpětí mřížky (angl. *grid bias*) může být nastaveno pevně z jiného napájecího zdroje (angl. *fixed bias*), nebo úbytkem napětí na katodovém odporu (angl. *cathode bias*). V prvním případě přivádíme na mřížku elektronky záporné předpětí ze zvláštního zdroje (baterie, další zdroj záporného napětí apod.). Ve druhém případě zajistíme katodovým odporem vhodné velikosti (viz dále), aby napětí



Obr. 3.3b Zatěžovací přímka v anodové charakteristice elektronky – elektronka ECC83

na katodě bylo kladnější než na mřížce. Druhý případ je častější pro svoji jednoduchost řešení. V případě, že napětí na mřížce U_g bude proti katodě zápornější (v našem případě je $U_g = -2\text{ V}$), mřížkový proud je zanedbatelný ($I_g = 0$). Pro dosažení potřebného předpětí mřížky $U_g = -2\text{ V}$ musí být tedy na katodě napětí rovno $+2\text{ V}$ (katoda má proti mřížce kladnější potenciál). Hodnotu katodového odporu R_k pak vypočteme podle Ohmova zákona ze vztahu:

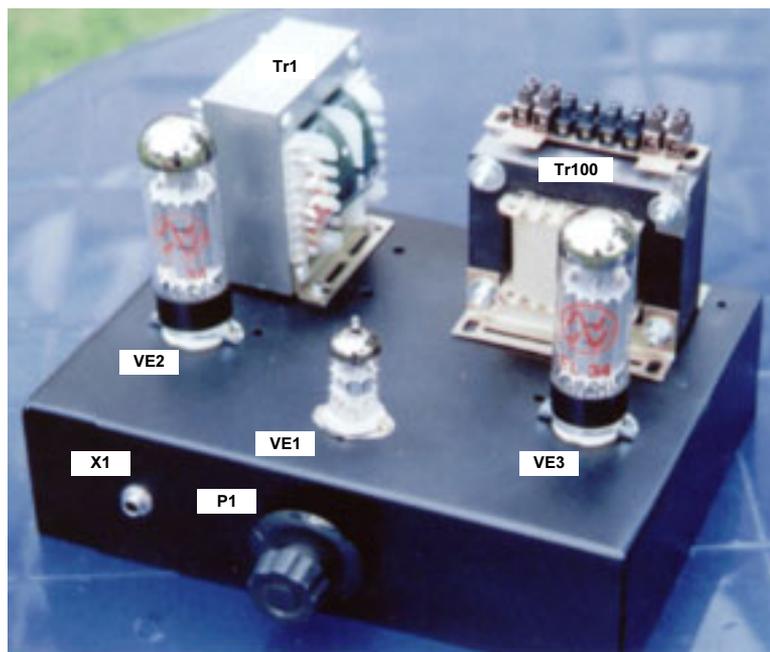
$$R_k = \frac{U_g}{I_a} = \frac{2}{0,0012} = 1666,7\ \Omega, \quad (3.3)$$

zvolíme hodnotu $1,5\text{ k}\Omega$.

Při podrobnější prohlídce zapojení je zcela evidentní, že zapojení vzniklo rozšířením jednočinného koncového stupně z *obr. 4.5*. Vstupní signál je přiváděn ze vstupního konektoru X1 přes oddělovací kondenzátor C1 na mřížku první triody VE1a. Po zesílení je pak přes kondenzátor C3 přiveden na první mřížku první výkonové elektronky VE2. Vazbou přes katody je signál přiváděn na druhou triodu VE1b, která pracuje jako invertor, a odtud na první mřížku druhé výkonové elektronky VE3. Tím je zajištěno, že každá z koncových elektronek zesiluje signál opačné polarity, takže dojde ke znásobení zesilovacího účinku. Elektronky VE2 a VE3 tvoří dvojčinný koncový stupeň v ultralineárním zapojení.

Impedance primárního vinutí výstupního transformátoru Tr1 (vývody 1–3, resp. 3–5) musí odpovídat katalogové hodnotě zatěžovacího odporu v anodě, tj. cca 3 k Ω . Druhé mřížky obou pentod jsou zapojeny na odpovídající odbočku výstupního transformátoru (vývod 2, resp. 4), která je na 43 % závitů od středu vinutí (vývod 3), tj. jedná se o ultralineární zapojení. Sekundár je přiveden na výstupní konektor X2 (OUTPUT), do něhož se připojuje reproduktor Re.

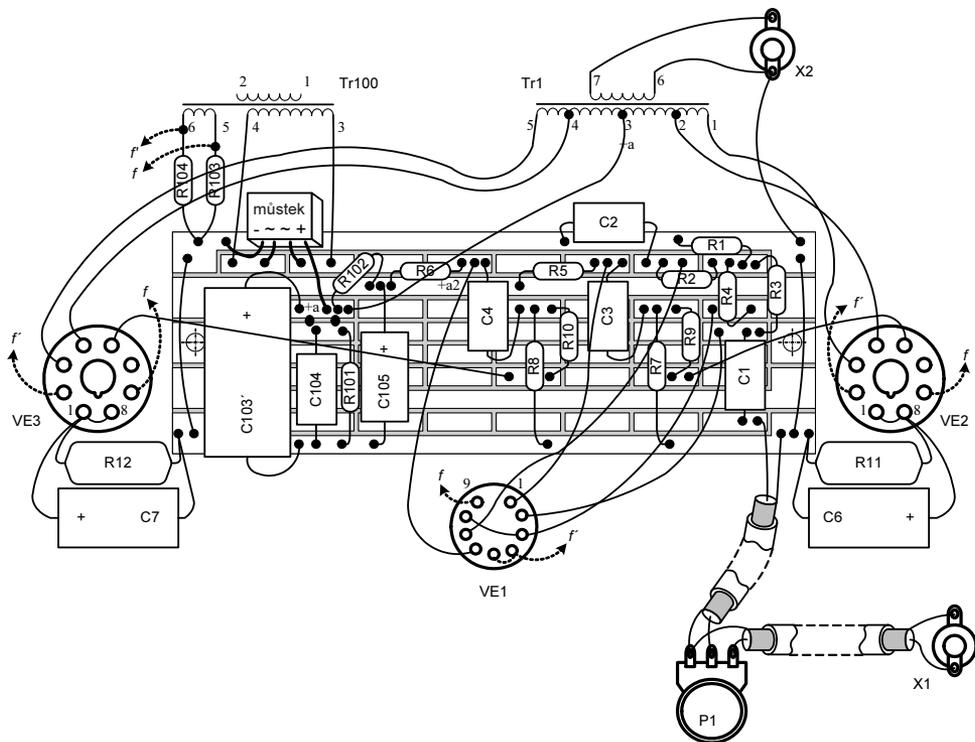
Zapojení napájecího zdroje zde není uvedeno, neboť je shodné se zdrojem z *obr. 4.5*. Zesilovač opět můžeme postavit na univerzálním šasi z *obr. 4.3*, pohled na osazený zesilovač je na *obr. 4.12*. Elektronka VE1 (ECC83) je opět umístěna v objímce noval, obě koncové elektronky EL34 v objímkách oktál.



Obr. 4.12 Osazení šasi zesilovačem s dvojčinným koncovým stupněm

Obdobně jako v případě jednočinného zesilovače můžeme všechny součástky připájet na univerzální desku, příklad osazení je uveden na obr. 4.13. Odporů R11 a R12 musíme dimenzovat na zatížení 5 W a obdobně jako u zapojení zesilovače z obr. 4.7 je raději umístíme mimo desku. Ostatní odpory mohou být na zatížení 0,5 W, kondenzátory musí být pro napětí 400 V (v případě vyššího napájecího napětí je třeba tuto hodnotu zvýšit), kromě C6 a C7, které postačí pro napětí 63 V (tyto kondenzátory můžeme umístit paralelně s odpory R11 a R12). Spojení provedeme obdobně jako u zesilovače z článku 4.1.2.

Na závěr pečlivě zkontrolujeme spoje podle schématu (opět připomeňme, že použité napájecí napětí je poměrně vysoké a životu nebezpečné!). Elektronky osadíme až po ujištění, že všechna napájecí napětí jsou v pořádku. Potom zasuneme elektronky do patič a po nažhavení znovu změříme napětí na anodách a katodách elektronek. Je-li vše v pořádku, měl by být v reproduktoru (o impedanci nejméně 4 Ω s výkonem alespoň 5 W připojeném na výstupní konektor X2) slyšet slabý brum, který se musí výrazně zvětšit, když se dotkneme například špičkou šroubováku mřížky triody VE1a. Tím máme prakticky vyhráno, zesilovač pracuje většinou na první pokus. Pokud tomu tak není, zkontrolujeme napětí na anodách (příp. mřížkách) elektronek. Chybu většinou hledáme v chybějícím spoji nebo vadné součástce.



Obr. 4.13 Rozmístění součástek zesilovače s dvojčinným koncovým stupněm