

Elektroakustický simulátor ticha

M. OPLATKA • J. PISCHINGER

Úvodní poznámka redakce: Následující článek je původní práce, která vznikla na základě kusých informací ze zahraničních pramenů (viz seznam na konci článku). Poněkud se vymyká obvyklé náplni našeho časopisu. Snaha o ozdravení životního prostředí, zvláště však kulturní

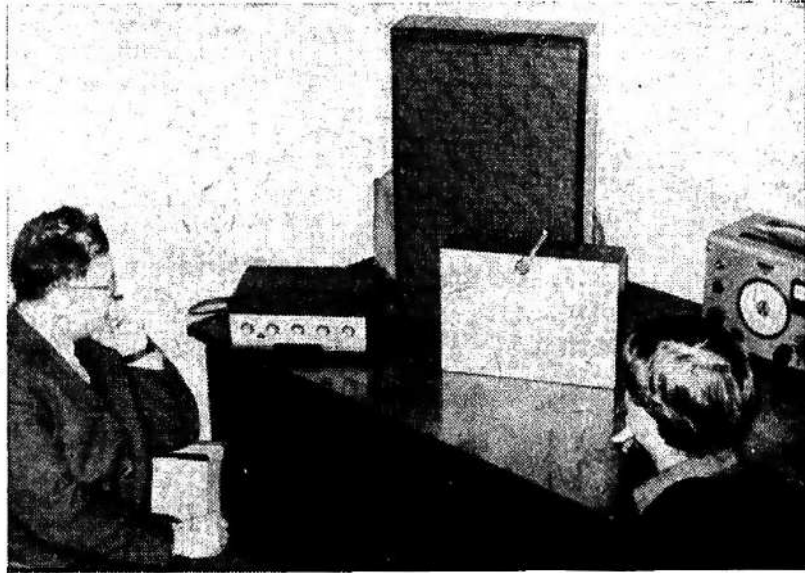
Úvod

Čtenářům je jistě známa snaha po ozdravení lidského prostředí bojem proti nadměrnému hluku, který nás s větší či menší intenzitou trvale obklopuje. Škodlivost nadměrného hluku je vědecky prokázána. Tak např. v [1] dokazuje akad. C. Trakon škodlivé účinky hluku pásů tanků a obrněných transportérů na lidský organizmus, Rovněž nepřiměřeně hlasitý poslech hudby, zejména big beatu, vykazuje nepříznivý vliv na celou psychickou soustavu člověka [2]. V příštích letech se stane hluk nepřítelem číslo jedna a boj proti němu prvotním úkolem vyspělých států.

Základní princip

Každý hluk je charakterizován dvěma veličinami: hladinou hluku a spektrem. Přesné změření těchto veličin a hlavně spektrálního rozložení hluku je základem pro konstrukci simulátorů ticha. Uvedme jako jednoduchý příklad hladinu hluku 90 dB a rovnoměrné spektrum (všechny kmitočty slyšitelného pásma jsou v hluku zastoupeny rovnoměrně). Potlačit tento hluk znamená, vyzářit vhodnou reproduktorovou soustavu stejnou hlukovou hladinou (90 dB), ale v opačné fázi než má rušivý hluk. Podmínka opačné fáze musí být splněna pro celé slyšitelné pásmo kmitočtů. Už z tohoto jednoduchého názoru vyplývají požadavky na zesilovač a reproduktorovou soustavu – dokonalý průběh kmitočtové a fázové charakteristiky v pásmu alespoň slyšitelných kmitočtů.¹⁾

¹⁾ Ideální by bylo, aby horní mezní kmitočet reproduktorové soustavy a zesilovače sahal daleko za hranici slyšitelnosti. Zvuky nad asi 16 000 Hz sice neslyšíme, ale podle názoru psychofyziologů mohou i ony nepříznivě ovlivňovat lidský organizmus. Mechanismus této interakce není ještě zcela prozkoumán, ale můžeme ho zřetelně pozorovat. Tak např. kmitočet mazacího oscilátoru magnetofonu, pokud nevhodná konstrukce umožní vznik magnetostrikčních kmitů jádra oscilátorové cívky s dostatečně tuhou vazbou na okolní prostředí, často způsobuje nervovou labilitu řady fonamatérů. (Magnetofony B4 tento nedostatek nemají – pozn. red.)



stránka této problematiky, se hi fi hnutí v nejednom bodě dotýká. Tato skutečnost, celospolečenský význam řešení problému nadměrného hluku, a v neposlední řadě též překvapující výsledný efekt, byly hlavní důvody, které nás vedly k otištění tohoto příspěvku. Pokyny ke stavbě mají jen informativní charakter. Zkušenější amatéři i profesionálové si s konstrukcí

jistě poradí. Pokud by byl o stavbu podobného zařízení větší zájem, uvažujeme o vydání samostatného stavebního návodu. Výrobním podnikům, které by uvedené zařízení chtěli dodávat na objednávku, poskytneme podrobné podklady a vysvětlivky. Upozorňujeme však, že průmyslová výroba je vázána na souhlas autorů této práce.

Výpočet potřebného výkonu zesilovače pro kompenzaci hluku lze nejlépe osvětlit na příkladě. Mějme reproduktorovou soustavu o charakteristické citlivosti 85 dB, což bývá typická hodnota. K potlačení hluku např. 90 dB je zapotřebí akustického tlaku asi 91 dB, přihlížíme-li ke ztrátám. Pro výpočet potřebného výkonu platí vztah

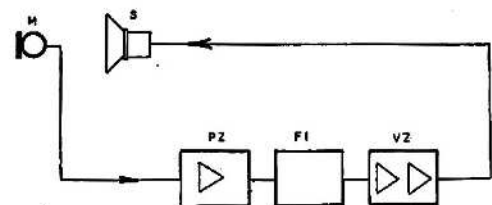
$$P = 10^{\frac{K}{10}} \quad [W; dB],$$

kde K značí rozdíl mezi potřebným akustickým tlakem a charakteristickou citlivostí reproduktorové soustavy (v našem případě 6 dB). Dosazením skutečných hodnot dostáváme pro uvažovaný případ potřebný výkon zesilovače 4 W. Připomínáme znovu, že předpokládáme rovnoměrné hlukové spektrum, což je případ v praxi neobvyklý a slouží nám jen k objasnění principu simulátoru ticha (viz obr. 1).

Rušivé zvuky jsou zachycovány mikrofonom M. Po zesílení vzniklého signálu v předzesilovači PZ se obrátí fáze hlukového signálu v invertoru FI (přesně o 180°) a takto zpracovaný signál se zesiluje na potřebný výkon v zesilovači VZ, který napájí reproduktorovou soustavu S. (Při prvních pokusech jsme použili zesilovač Transiwatt 3 s vloženou sadou invertorů mezi předzesilovač a koncový stupeň. Jako vhodná soustava se ukázala KE 30.) Protože reprodukováný hluk má opačnou fázi než hluk přijatý mikrofonom, dochází (při nastavení správné hlasitosti) k vektorovému sčítání jednotlivých dílčích kmitočtů hlukového spektra a výsledným efektem je objektivní pocit ticha.

Skutečné provedení

V případě přirozeného hluku, který má zpravidla značně nerovnoměrné spektrum, se situace poněkud komplikuje. Je třeba zajistit možnost regulace jednotlivých komponent spektra. Těch je ovšem nekonečně mnoho, což by vedlo k nekonečnému počtu regulačních prvků (např. potenciometrů). Naštěstí nedokonalost lidského ucha připouští určité aproximace. Celé pásmo slyšitelných kmitočtů rozdělíme na konečný počet subpásem. Kolem hustoty dělení se v odborných kruzích často diskutovalo [3]. Nám se plně osvědčilo rozdělit pásmo 20 Hz až 20 kHz na 8 dílů po



obr. 1

10 Hz v části pásma 20–100 Hz, na 9 dílů po 100 Hz v části pásma 100–1000 Hz a na 19 dílů po 1000 Hz ve zbytku pásma 1–20 kHz. Regulaci výkonu v příslušném subpásmu lze s výhodou spojit s fázovým invertorem pro to které pásmo. Každé subpásmo má vlastní fázový invertor. To je nevyhnutelné z toho důvodu, protože optimální funkci invertoru lze zajistit jen v poměrně úzkém pásmu kmitočtů. Zapojení soustavy invertorů (pro jednoduchost nakresleny jen dva) je na obr. 2.

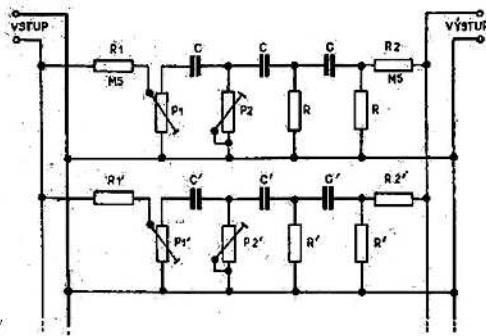
Potenciometr P1 v každém invertoru slouží k regulaci útlumu příslušného subpásma, pomocí P2 nastavujeme invertor na střed subpásma. Odporů R1 a R2 oddělují vlastní fázovací obvody od vnějších vlivů. Velikosti C a R se pro jednotlivé invertory liší v závislosti na kmitočtu středu subpásma. Hodnota C se volí 1M pro oblast od 20 do 100 Hz, M1 pro 100–1000 Hz a 10 k pro 1–20 kHz. Hodnota R se vyjádří ze základního vztahu

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{10} \cdot RC} \Rightarrow R = \frac{1}{2\pi \sqrt{10} Cf} \quad [\Omega; F, Hz],$$

kde f je frekvence středu subpásma. Hodnota potenciometru P2 je dána $P2 = 1,3 R$, na hodnotě P1 příliš nezáleží, stačí splnění podmínky $P1 \geq 10 R$. R1 a R2 jsou pro všechny invertory M5.

Vypočítané hodnoty součástek nejsou kritické. Postačí vzít hodnotu z vyráběné řady nejbližší hodnotě vypočítané. Na způsobu montáže invertorů příliš nezáleží. Nejvýhodnější je umístit všech 70 potenciometrů na dlouhou lištu, vždy P1 a P2 pod sebe. Je výhodné zachovat pořadí subpásem (např. vlevo nízké kmitočty a vpravo vysoké), usnadní nám to uvádění do chodu.

Po instalaci jsme zjistili, že útlum celého



obráz. 2

kompletu inverterů je tak vysoký, že signál z výstupu nevybudil následující výkonový zesilovač. Nezbylo, než mezi invertery a koncový stupeň zařadit další předzesilovač (PZ' na obr. 3). Vypomohli jsme si částí druhého kanálu Transiwattu 3.

Uvádění do chodu

Zde uvedeme několik poznámek, které mají možným následovatelům usnadnit zvládnutí dosud neobvyklého zařízení.

Předpokladem úspěchu je malá vzdálenost mezi mikrofonem a reproduktorovou soustavou (označena *d* na obr. 3). Jako maximální hodnota se ukázalo 250 mm. Tím se ovšem zvyšuje nebezpečí akustické zpětné vazby a rostou požadavky na mikrofon. Jako nemožné se ukázalo použití mikrofonu s kulovou směrovou charakteristikou. Lépe vyhoví úzce směrový mikrofon. Pokud je zdroj hluku bodový, je vše v pořádku. Potíže nastanou při větším počtu zdrojů hluku, navíc prostorově

rozložených. Tady nezbývá než použít několika směrových mikrofonů a natočit jejich osy směrem ke zdrojům hluku. (Mikrofony propojíme paralelně.) Mimořádně výhodné je použití většího počtu miniaturních špiónážních mikrofonů č. 2314 téhož typu, jaký byl 21. ledna 1969 objeven v bytě známého českého spisovatele Václava Havla [6]. Tyto kvalitní a citlivé mikrofony však asi budou většinou zájemců nedostupné.

Při vlastním uvádění do chodu je v zásadě možné obejít se bez měření spektra. Nastavení jednotlivých regulátorů úrovní subpásem je však potom značně pracné. Výhodnější je vyjít ze změřeného rozložení intenzity hluku ve spektru a regulátory předběžně nastavit na potřebnou úroveň (měřným mikrofonem měříme signál asi 1 m před reproduktorovou soustavou, mikrofon odpojen a simulátor buzen tónovým generátorem). O absolutní hodnotu celkové úrovně se přitom nemusíme starat. Ta se nastaví najednou regulátorem hlasitosti zesilovače. Zbytekový hluk pak odstraníme jemným dostavováním potenciometrů P1. K dosažení co nejdokonalejšího ticha je někdy nutné mírně posunout středy subpásem potenciometry P2.

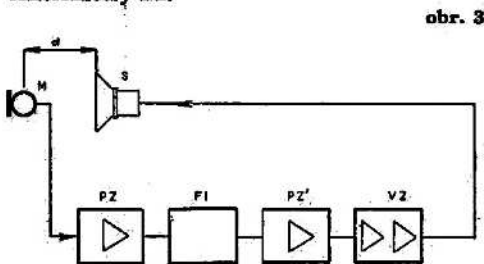
Závěr

Zařízení jsme předváděli řadě lidí. Bylo zajímavé, že někteří jedinci si po předvádění stěžovali na nepříjemný pocit osamocení až úzkosti z ticha. Je to pochopitelné. V současné době už zřetelně probíhá akomodační konformistický proces přizpůsobení se hluku a výrazné ticho mohou citlivější subjekty pocítovat jako nepříjemné. Tím spíše je na čase, aby se s výrobou podobných zařízení začalo co nejdříve. Na tomto poli mohou právě amatéři vykonat mnoho práce na realizaci a propagaci simulátorů ticha.

Závěrečná pozn. redakce: Jsmé vděční autorům článku za prolomení umělé hráze, kterou kolem simulátorů ticha vytvořily vojenské ústavy. Je sice zřejmý nesmírný význam tohoto vynálezu ve vojenském (maskování hluku tanků, letadel apod.), ale zdraví naší populace je přednější. Děkujeme touto cestou všem, kteří na příslušných místech vymohli souhlas k otištění tohoto článku. A na adresu těch vojenských „odborníků“, kteří zuby nehty lpěli na utajení, chceme poznamenat, že jen zdravá generace může v eventuální válce nadšeně a uvědoměle bojovat.

LITERATURA

- [1] Žurnál dlja akustikov v armiji, č. 7/68
- [2] Nachrichten, č. 10/68
- [3] Frekvencia - Salagsebesség, č. 5, 9/68
- [4] Žolnief elektroakustičny, č. 8/68
- [5] Narodna akustika, č. 8/68
- [6] Práce (list ROH) ze 30. ledna 1969, str. 3



obráz. 3

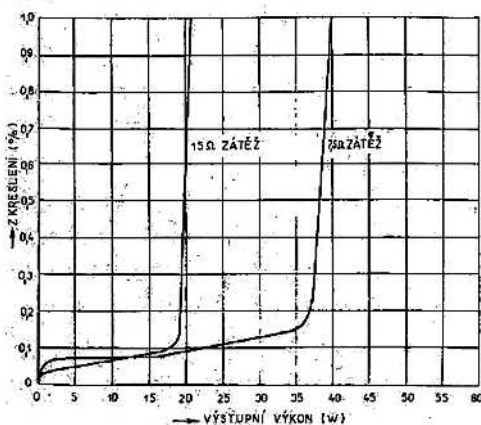
Zajímavý koncový stupeň FERRANTI

JIŘÍ HORSKÝ

Provedení koncových stupňů výkonových zesilovačů se již prakticky ustálilo a doporučovaná zapojení jednotlivých firem se liší pouze v nepodstatných podrobnostech. Originálním způsobem je řešen obvyklý beztransformátorový koncový stupeň v 30 W zesilovači Ferranti APM 110.

Výborné vlastnosti zapojení ukazují obr. 1 a obr. 2.

obráz. 1

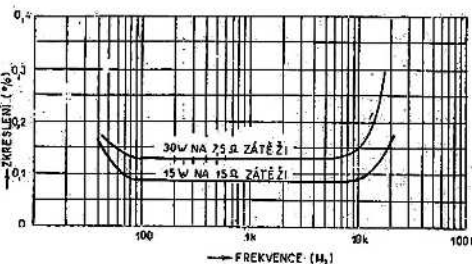
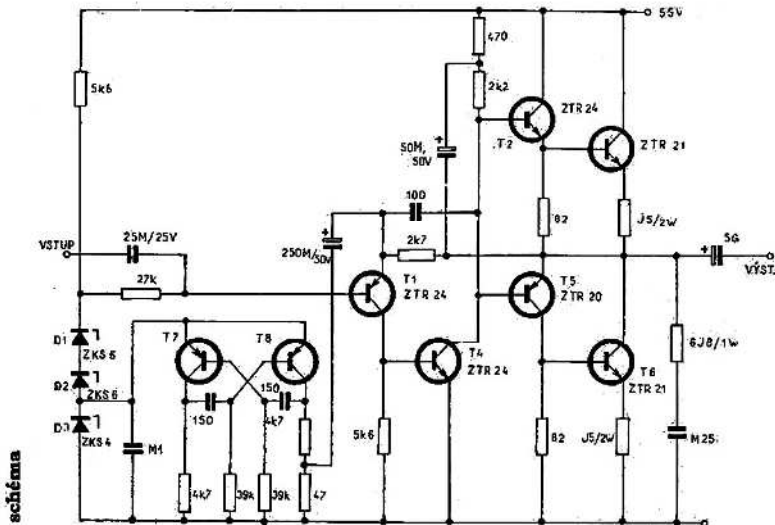


Koncový stupeň je obvyklý beztransformátorový typ s komplementární dvojicí v budiči. Napětí báze tranzistoru T1 (27 V) je určeno stabilizátorem se Zenerovými diodami D1, D2, D3. Tím je rovněž určeno ss napětí na výstupu a není nutno je ručně dostavovat. Multivibrátor T7 a T8 pracuje asi na 100 kHz a část jeho napětí je přiváděna na zpětnovazební dělič zesilovače, tvořený odpory 2k7 a 47 Ω mezi výstupem, emitorem tranzistoru T1 a zemí, aby se snížilo přechodové zkresení pro malé signály.

Nf signál je superponován na obdélníkový signál z multivibrátoru, kterým je přepínán z horního na spodní pár výstupních tranzistorů frekvencí 100 kHz. Aby zpětnovazební smyčka pracovala efektivně, a z důvodů odstranění vnějších vlivů, má předzesilovač malý výstupní odpor (1 kΩ).

LITERATURA

Ferranti High Fidelity Audio Designs.



obráz. 2

Pozn. redakce: Uvedené vtipné zapojení koncového zesilovače Ferranti má ovšem některé nevýhody. Přepínací kmitočty multivibrátoru 100 kHz není sice slyšitelný, ale při provozu zesilovače s tunerem či magnetofonem se mohou projevit rušivé hvězdy vznikající interferencí s kmitočty místního oscilátoru tuneru nebo magnetofonu. To je jeden z hlavních důvodů, proč se toto zapojení příliš neujalo.