

ROZRUCH KOLEM nf ZESILOVAČŮ aneb POSLECH KONTRA TECHNICKÉ PARAMETRY

Při celkové hodnocení přenosových vlastností a schopností jednotlivých článků zvukového reprodukčního zařízení se vždy považují za nejdůležitější a nejvíce ovlivňující poslechový dojem elektromechanické měniče - gramofonová přenoska a reproduktorová soustava. I když v případě dobrého návrhu nadřazenost elektronických částí zůstává, tvrdšího diskuse posluchačů s technickými pracovníky vývoje a výroby o patrném vlivu zesilovačů i s vynikajícími naměřenými parametry /nerovnatelně lepšími než u měničů/ tuto pověst přinejmenším posouvají. Posluchačům se zdá, že zvuk některých zesilovačů je "detailnější", "transparentnější", s lepším podáním prostoru za stereofonní bází a přenosem přechodových jevů a vůbec "muzikálnější", než zvuk jiných, které mají stejné nebo i horší, ale jinak vynikající hodnoty zkreslení a několika nulami za desetinnou čárkou. Při tom žádný zesilovač nemá podle těchto lidí se "zlatými ušima" všech "pět pě", spíše vždy pouze některé z nich. Technici o hodnotě těchto tvrzení pochybují, obviňují posluchače z podléhání psychoakustickým vlivům, subjektivnosti, jejich poslechové testy nepovažují za reprezentativní, zdůrazňují nemožnost rozpoznat subtilní rozdíly, zamaskované zkreslením poslouchaných snímků. Zdůrazňují rovnocennost dobře navržených zesilovačů, odmítají tvrzení o existenci dnes neznámých druhů zkreslení jako mytické, do stejné kategorie řadí i pojem "muzikálnost". Stojí za pozornost, že z počátku hrály víceméně solo posluchačské hlasy, doprovázené nanejvýš podivem techniků; teprve v poslední době se vyskytla přesnější formulovaná stanoviska, diskuse skepticky odmítající jako nepodloženou [1]. Postupem doby značný počet techniků začal stále více dávat za pravdu posluchačům a vyvíjet snahu rozporná stanoviska objektivně vysvětlit na základě hlubšího rozboru funkce zesilovačů. Stejně tak někteří technici orientovaní posluchači snaží se svou amatérskou zájmovou činností zaměřit na měření zesilovačů /jejich vybavení nelze ovšem za amatérské považovat/.

/Aby nedošlo k nedorozumění; označení posluchač a technik nelze absolutizovat a generalizovat. V článku je používáno pro rozlišení diskutujících stran./

Hlavním přínosem celé diskuse je patrně zvýšený zájem o hlubší rozbor funkce zesilovačů. Jak se dalo očekávat, diskuse probíhá především v zemích, kde je hi-fi technika nejvíce rozvinuta - z Anglie se rozšířila na USA a Japonsko. V minulém roce se polemické články tohoto druhu objevily i na stránkách sovětského časopisu Radio. Rovněž podle očekávání se diskuse prakticky neprojevovaly v NSR, pro kterou je charakteristický neotřesitelný spotřebitelský, a tudíž netvůrčí přístup k hi-fi. Diskuse poslala inženýry a vědecké pracovníky zpět do laboratorů a vývojových dílen, začaly se objevovat návrhy na nové měřicí postupy i nové prvky v obvodech zesilovačů, aplikované v konstrukcích především malých výrobků. To vše probíhá ovšem v podmínkách kapitalistické společnosti, s čehož vyplývá šláplivé střídání a utajování návrhů a výsledných zapojení. To k urychlení dalšího vývoje příliš nepřispívá. Řada zesilovačů je složena z hermeticky zapouzdřených modulů, které mohou skrývat stejně dobře objevené jako všeobecně známé obvody. Na druhé straně se při dnešním vysokém stupni poznání dané problematiky nadá předpokládat, že by bylo možno najít převratné nové typy zapojení, spíše půjde o zdokonalování známých principů. Z nemnoha publikovaných zapojení a z informací, které lze získat,

je zřejmé pouze to, že při řešení zesilovačích stupňů se téměř bez výjimky aplikuje technika operačních zesilovačů. Vstupní části mají tedy podobu diferenciálních zesilovačů se zdroji konstantního proudu /i v dalších stupních/ nebo jsou osazeny polem řízenými tranzistory. Výstupní stupně pracují ve třídě A v komplementárním zapojení, které se často aplikuje v celé zesilovací jednotce. Kromě nízkofrekvenčního zesilovače pro přenosku, kde se zvýšená pozornost věnuje přizpůsobení vstupu a zavedení zpětné vazby s korekčními členy, obsahují předzesilovače vysokofrekvenční zesilovač, který až na výjimky nemá tonové korekce. U výkonových zesilovačů je snaha po komplementárním zapojení od vstupu po výstup ještě více patrná. Koncový stupeň má obvykle velký počet tranzistorů v paralelním nebo sériově paralelním zapojení. Objevily se dvě nové třídy zapojení: G /Hitachi/ s odstupovaným napájecím napětím sériově řazených tranzistorů a H /Soundcraftsmen/ s dvoustupňovým velikostí napájecího napětí podle úrovně signálu. Zapojení třídy A plus /Technics/ má řízení velikosti napájecího napětí kontinuální. Vedle toho se objevily praktické aplikace zapojení třídy D /Infinity, Sony/. Bez očekávaného ohlasu zůstaly zatím koncové stupně s tranzistory V-FET /Sony, Hitachi/. Zvláštní pozornost se věnuje napájecím částem výkonových zesilovačů. Typickým znakem jsou mohutné rezervy energie /kondenzátory kolem 100 GF pro zesilovače 2 x 200 W/. K pokroku došlo i v oblasti integrovaných obvodů. Za vhodné i pro náročná použití se považují typy TDA1034 a jeho obdoba NE5534 /Signetics/, dále LM318 /National Semiconductor/ a nová generace IO s tranzistory fe na vstupech CA3140 /RCA/, NE536 /Signetics/ a série TLO80 /Texas/.

Vrátme se ale zpět k diskusi. Uvedené zvukové rozdíly zesilovačů jsou i podle posluchačů poznatelné pouze za předpokladu špičkové kvality všech článků reprodukčního zařízení i zdrojů signálu. Nelze však zapomínat, že kvalitní gramofonových přenosků a reproduktorových soustav se v posledních 10 až 15 letech značně zlepšila, takže například relativní rozdíly proti zesilovači, pokud jde o zkreslení a kmitočtovou charakteristiku, se snížily. To, že, nelze tak docela tvrdit o gramofonové desce. Pro srovnávací poslech je proto nejvhodnější originální záznam na kvalitním magnetofonu, pořízený za účasti budoucích posluchačů reprodukce. S ohledem na kvalitu u nás dostupných zařízení není vliv zesilovače na poslechový dojem tak kritický. Domníváme se ale, že je vždy účelné alespoň vědět o tom, co se děje jinde, a získat tak podněty pro vlastní činnost v rámci daných možností.

Počátky diskuse o zvuku zesilovače se datují už do doby před více než 15 lety, kdy nastoupily tranzistorové zesilovače. Hlavní překážka, omezený ztrátový výkon, byla poměrně rychle překonána zavedením křemíkových tranzistorů a zdokonalením jejich chlazení, i když problémy tepelné disipace nebyly zcela vyřešeny, jak o tom svědčí používání paralelně řazených tranzistorů pro zajištění bezpečného provozu při vysokých výkonech. Díky lepší vlastnostem tranzistorů se už v prvních zesilovačích lehce dosáhlo oproti elektronkám nižšího zkreslení při jmenovitém výkonu. Přesto se brzy začalo hovořit o nepřijemném "tranzistorovém" zvuku, který se projevoval zejména při menších výkonech - skutečné i naměřené hodnoty zkreslení tu byly podstatně vyšší než u dobře navržených elektronkových zesilovačů. Nedalo mnoho práce zjistit příčinu v nepřijemné vlastnosti třídy B a AB, přechodovém zkreslení. Jeho charakter je sluchu velice nepřijemný, i při malých hodnotách se signál "obohacuje" výrazně o liché harmonické složky [2]. Dnes lze problém považovat za vyřešený díky zavedení pravých komplementárních párů tranzistorů opečné polarizace spolu se zdokonalováním obvodových řešení.

Po určitém uklidnění se ale námitky proti "tranzistorovému" zvuku začaly objevovat znovu. Došlo k poměrně silnému oživení zájmu o elektronkové zesilovače, patřičně využitěho řadou výrobců. Korunu všemu nasadilo pak tvrzení některých posluchačů, že slyší rozdíly ve zvuku různých tranzistorových zesilovačů a přibližně identickými a vynikajícími naměřenými parametry. Protože "na každém šprochu...", začaly se hledat důvody a původ těchto rozdílů. Je třeba hned říci, že toto hledání nepřineslo zatím převratné výsledky, i když jsou náznaky, že diskuse už překročila svůj vrchol. Dochází k určitému uklidnění, zejména s nástupem nových konstrukcí zesilovačů. Ukazuje se, že tranzistorové zesilovače jsou i podle "nejzlatějších" uší schopny vyrovnat se elektronkovým ve všech hlediích, a to i pokud jde o podání kritického středního a vyššího pásma kmitočtů, když o lepším přenosu nejlubšího pásma nebylo nikdy pochyb. Také už jediný specializovaný výrobce, Audio Research, přešel na výrobu tranzistorových zesilovačů zhruba před rokem.

Fokusme se udělat malou inventuru hledisek, považovaných za rozhodující pro subjektivní kvalitu zvuku [37]. Přechodové zkreslení, o němž už bylo řeč, je jedním z nich, a je všeobecně uznávané, což už neplatí o většině dalších.



Zejména při srovnávání tranzistorových a elektronkových zesilovačů se často poukazuje na rozdílné vlastnosti v oblasti jmenovitého výkonu a přechodu do limity. Co do zkreslení mají elektronkové zesilovače přechod podstatně mírnější [4], a i po překročení maximálního výkonu stoupá zkreslení pomaleji než u zesilovačů s tranzistory. Subjektivně přípustné překročení výkonové rezervy je tudíž u tranzistorového zesilovače značně omezeno. S tímto jevem jsou i u nás dostatečně zkušenosti: Elektronkový zesilovač vzbuzuje při poslechu dojem větší hlasitosti než tranzistorový o stejném jmenovitém výkonu /subjektivní poměr výkonů se uvádí 3:1/. Svou roli hraje i poměrně malá účinnost dnešních reproduktorových soustav s uzavřenými osvětlicemi. Účinnost proti dříve používaným soustavám klesá desetkrát i více, tedy ve větším poměru, než v jakém vzrostly výkony běžně používaných zesilovačů. Zesilovače by ovšem neměly být provozovány v podmínkách vedoucích k přebuzení. Tento požadavek je však v praxi málokdy splněn, zvláště při reprodukcí rockové hudby /o její živé produkci ani nemluvě/. Jak uvidíme dále, požadavky na výkonovou rezervu jsou u hudebního signálu značné. S výkonem zesilovače souvisí otázka možného vlivu elektronických pojistek a jiných ochranných obvodů výstupních tranzistorů. Při špatném návrhu mohou fungovat nepřiznivým způsobem. I dokonalá ochrana, je-li k činnosti nucena hudebním signálem, ovšem nutně ovlivní dynamiku.

Subjektivní dojem z poslechu může být značně závislý na charakteru praktické zátěže zesilovače. Impedance reproduktorových soustav není v celém předávaném pásmu konstantní, na některých kmitočtech může klesnout až na zlomek jmenovité hodnoty. Svou roli hraje charakter zátěže /kapacitní, induktivní/, při čemž poměry bývají zvláště složité u nejdokonalejších soustav. Na typ zátěže mohou pak jinak stejné zesilovače reagovat odlišným způsobem.

Další vliv lze hledat v linearitě zesilovačů. Nejde však o běžně měřené harmonické a intermodulační zkreslení ve středním pásmu; ta jsou díky kvalitním tranzistorům umožňujícím zavést silné zpětné vazby téměř beze zbytku potlačit. U některých zesilovačů však při vyšších kmitočtech roste zkreslení až na celá procenta u 20 kHz oproti tisícinám procent při 1 kHz. Důsledkem může být silná kmitočtová intermodulace [37].

Dále se uvádí, že nezáleží ani tak na absolutní hodnotě harmonického zkreslení, jako spíše na jeho spektrálním složení [37] - zesilovače se zkreslením všemi vyššími harmonickými /do 10. až 20./ s rovnoměrně klesající úrovní /6 až 10 dB/okt/ mají prý "muzikálnější" zvuk. Jsou-li potlačeny sudé harmonické, zesilovač zní "tvrdě". Je-li pokles rychlý /silná zpětná vazba/, takže chybí složky nad 3. harmonickou, zvuk je "plochý". U některých zesilovačů se spektrální složení vyšších harmonických s úrovní signálu mění, takže dynamika programu může zvuk "modulovat" [37]. Měření obou autorů vychází ze základního signálu 200 Hz /Higara při výkonu 3 W, King při jmenovitém výkonu s úrovní až do -70 dB/. Zesilovače se zkreslením 2 %, ale s rovnoměrným spektrem, byly hodnoceny při poslechu lépe než zesilovače s 0,02 %, jejichž spektrum bylo nevhodné [17]. Mimochodem, Higara [17] hledá stejné příčiny i v rozdílech zvuku gramofonových přenosů.

Diskutovaným bodem je též otázka šifky přenášeného pásma; existují dva diametrálně odlišné přístupy k řešení. Jeden zdůrazňuje potřebu šifky pásma až několik MHz, druhý poukazuje na možné nedostatky příliš širokého pásma a doporučuje maximálně 35 až 50 kHz. Tím se dostáváme k dynamickým hlediskům funkce zesilovače: Šifka pásma při přenosu signálů s malou úrovní úzce souvisí s trváním doby čela impulsního signálu, kterou lze podle [37] nebo [39] spočítat ze vztahu

$$t_r = \frac{0,35}{f_3} \cdot 10^3 \quad [\mu s; kHz] \quad //$$

Kmitočet f_3 je běžným způsobem definovaný horní mezní kmitočet /takový kmitočet, při kterém je pokles 3 dB proti úrovni ve středním pásmu/. Přímě lze t_r měřit s deformací obdélníkového signálu po přechodu zesilovačem, když se na náběhové hraně určí doby, odpovídající 10 a 90 % úrovní, a změřit se jejich časovou odlehlost. Signál při tom musí mít jen takovou úroveň, aby zesilovač s jistotou pracoval v lineární oblasti.

Je třeba poznamenat, že snahy o velice malé hodnoty doby čela, které se uplatnily především v inzerovaných specifikacích, nemají patrně valný smysl. Mohou naopak při jinak nedokonalém návrhu zesilovače znamenat i zhoršení jeho vlastností /zkreslení signálů vyšší úrovně, zhoršení šumových parametrů, náchylnost k interferencím/. Účelné není ani neúměrné překračovat požadavky, dané skutečnými zpracovávanými signály, u nichž lze počítat s dobou čela asi 20 μs /tomu by odpovídal kmitočet $f_3 = 18 kHz$ /. Pro návrh zesilovače lze doporučit hodnotu t_r větší než asi 7 až 13 μs [37], přičemž je nutno brát ohled na rychlost přechodu, k čemuž se ještě dostaneme.



Nelze zapomenout ani na schopnost zesilovače přenášet tranzientní, impulsní signály bez překmitů a s rychlým návratem na přenášenou úroveň. Vše ovšem souvisí se vším - i zde se uplatňuje vliv charakteru zátěže.

Požadavek rozšířit pásmo směrem dolů se řešil konstrukcí zesilovačů s přímou vazbou na reproduktorovou soustavu, když výstupní kondenzátory a velkou kapacitou byly obviněny z nepříznivých účinků. Zdá se, že tato kritika byla nepodložená nebo přinejmenším značně přehnaná [37]. Pokud jde o šifku pásma jako celek, budiž diskuse dojem, že se dost důsledně nerozlišují vlastní schopnosti zesilovače a kmitočtový obsah signálu. Rozhodne-li se konstruktér pro určitou šifku pásma, bude jistě záležet na metodách, které bude při jejím dosažení aplikovat. Usmá-li nutnost potlačit například subsonické složky /"očistění" signálu přenosky od složek, vyvolaných nerovinností povrchu gramofonové desky/, bude záležet na tom, ve kterém zesilovací stupni příslušný filtr zařadí. Rovněž strmost, druh a zařazení v filtru i kompenzačních obvodů hraje svoji roli.

O šifce pásma se hovoří i v souvislosti s diskusí fázového zkreslení a časového zpoždění, i když ta se objevuje spíše kolem reproduktorových soustav. U zesilovačů se obvykle zdrazňuje nepříznivý a rozpoznatelný vliv nelineárního, zejména nemonotonního průběhu fázového posunu v závislosti na kmitočtu, popřípadě rozdílného v obou stereofonních kanálech /hovoří se o "rozmazání" zvukového obrazu/.

Při poslechu a hodnocení zesilovače, je-li zdrojem signálu gramofonová deska, se může především projevit vliv předzesilovače pro přenosku. V této souvislosti se poukazuje na přebuzení signálem z dnešních vysoce modulovaných desek, přičemž je nutno brát ohled na záznamovou charakteristiku. /Schopnost přenést bez omezení 100 mV při 1 kHz je patrně dostatečná hodnota; některé konstrukce umožňují až 500 mV/. Dále se uvádí možný vliv interakcí mezi impedancí přenosky a předzesilovače. Nejde jen o jeho prostou vstupní kapacitu, ale o komplikovaný vztah mezi ziskem bez zpětné vazby, šifkou pásma a vstupní impedancí a dále s korekcí RIAA. Zvuk mohou ovlivnit také infrasonické kmitočty, šum a zkreslení tranzientních signálů. Těmto otázkám byla v poslední době věnována zvýšená pozornost [10]. Srovnávací poslech vyžaduje, aby korekce RIAA měly co nejpřesnější průběh; všeobecně se uznává, že rozpoznatelné jsou již odchylky 0,5 dB.

Pozornosti neušel ani napájecí zdroj. Kromě úvah o výhodách a nevýhodách stabilizovaných a jednoduchých konstrukcí se diskuse týká hlavně významu odděleného napájení obou kanálů stereofonního zesilovače. U některých zesilovačů se společným zdrojem lze zjistit přeslechový signál, jehož hlavní podíl činí složky zkreslení, pocházející ze sousedního kanálu.

Se značným despektem se hledí na obvody tónových korekcí, které mohou zvuk ovlivnit i při středních polohách. Korekce se vůbec vynechávají nebo se pasmatuje na možnost jejich úplného vyřazení z cesty signálu. To platí i o "javor" připojených obvodech, například o výstupu pro magnetofon. Příslušné výstupy se často opatřují přípošobovacím /oddělovacím/ zesilovacím stupněm. Došlo dokonce i na pasivní součástky a propojovací kabely. Z odporů jsou co do podílu na zkreslení lepší drátové a s kovovou vrstvou než uhlíkové, z kondenzátorů polyesterové, polystyrénové a polypropylenové, za nimi polykarbonátové a sídlové, za špatné jsou označovány keramické typy a vůbec nejhorší jsou elektrolytické včetně tantalových [11]. U propojovacích kabelů [12] se klade důraz na použití totožných typů vodičů /živého i zemního/, které by měly být složeny z velkého počtu drátů malého průřezu /hovoří se i o skín efektu/. Při požadavku na co největší průřez začínají kabely k reproduktorům připomínat zahradní hadice. Ale tím jsme se nebezpečně přiblížili oblasti hříbí humoru. Raději se vrátíme ke zbylým dvěma, bezesporu nejdiskutovanějším vlivům na zvuk zesilovače. Jde o tranzientní intermodulační zkreslení /TIM, TID, DIM/ a zkreslení mezní rychlosti průběhu /SID/.

V obou případech jde o rušivé jevy, týkající se funkce zesilovačů při zpracování signálů vysoké úrovně, a v obou případech jde o dlouhou známá hlediska návrhu zesilovačů. Oživení zájmu vyvolala snaha o získání objektivních podkladů pro hodnocení zesilovačů, které by lépe vystihovaly dynamické podmínky zpracovávání hudebních signálů, když se podklady, získané za statických podmínek /harmonické a intermodulační zkreslení/, ukázaly jako nedostatečné.

Diskuse kolem TIM, kterou vyvolala především série článků Otaly ¹³ a Leache ¹⁴, je velice živá, ale značně nepřehledná, a to i pokud jde o samotný pojem. Snad postačí uvést, že jde o problematiku funkce zpětnovazebních systémů, o vliv nedostatečné šířky pásma a míry přebuzení v prvních stupních zesilovačů se zpětnou vazbou. Často se uvádí populární výklad, že TIM je způsobeno zablokováním vstupního stupně zesilovače přebuzením v důsledku zpoždění signálu ve smyčce zpětné vazby. Zdůrazňuje se, že TIM vzniká aplikací zpětné vazby v míře nepřiměřené vlastnostem zesilovače, s čímž však mnozí nesouhlasí. V podstatě je to jev, který poslechové připomíná přechodové zkreslení ¹⁵. Podrobný rozbor vzniku TIM je mimo možnosti tohoto článku. Hlubší zájemce musí podrobně prostudovat citované prameny, v nichž jsou pochopitelně uvedeny ještě další odkazy. Zatím jedinou metodu měření TIM lze najít rovněž mezi citacemi ¹³: Na vstup zkoušeného zesilovače se přivedou sinusový a obdélníkový signál s poměrem maximálních amplitud 1:4 a o kmitočtech 15 kHz, resp. 3,18 kHz. Obdélníkový signál je přitom upraven dolní propustí se širšími 6 dB/okt a mezním kmitočtem 30 nebo 100 kHz. Na výstupu se kmitočtovým analyzátozem změní devět hlavních složek IK zkreslení, hodnota TIM vzniká dělením jejich středních geometrické hodnoty velikostí sinusového signálu. Metoda se považuje za dost hrubou a její podmínky za neodpovídající reálným poměrům hudebního signálu.

Jako vhodné způsoby potlačení TIM se uvádějí kritéria, která však nejsou všeobecně uznávána; o nutnosti některých bodů se dost pochybuje: Otaly považuje za nutné, aby výkonová šířka pásma byla alespoň 20 kHz a stupeň zpětné vazby ne větší než 20 až 30 dB. To popírá Ohlsson ¹⁵, který uvádí, že TIM se neuplatní, pokud výkonová šířka pásma /-3 dB/ je větší než šířka při nízkých úrovních signálu, určená obvykle dolní propustí na vstupu. Obě šířky jsou určeny navzájem nezávislými činiteli, takže míra přebuzení je úměrná stupni zpětné vazby za podmínky, že závislost zisku na šířce pásma je stále, stejně jako hodnota kmitočtu f_p , nad kterou dochází k prudkému vzrůstu harmonického zkreslení. Kmitočet f_p je určen maximální rychlostí přeběhu sinusového signálu. Pro zabránění vzniku TIM je podstatné, aby kmitočet f_p byl vyšší než mezní kmitočet vstupního filtru. Při návrhu zesilovače je třeba vyhnout se silné kompenzaci, použít co nejmenšího počtu zesilovacích stupňů /pokud možno ne víc než dva/ s co nejvyšším možným ziskem na nízkých kmitočtech, podpořeným aplikací obvodů na jeho zlepšení. Obvodové řešení by mělo využívat proudových zdrojů, emitorových sledovačů apod. se zanedbatelným fázovým posunem na vysokých kmitočtech.

V tomto Leach s Otalou zcela souhlasí, volí jen jiná slova a záseady doplňuje: Zdůrazňuje nutnost navrhnout zesilovač tak, aby se i při otevřené smyčce zpětné vazby zaručila co nejlepší linearita a šířka pásma alespoň v rozsahu akustických kmitočtů. To vyžaduje silné místní zpětné vazby v každém stupni. Příznivé potom je, že zpětná vazba z výstupu na vstup nemusí být silná. Místní proudové vazby poskytnou rezervu zisku na všech stupních. Kompenzace doporučuje s kondenzátorem v emitorových obvodech tranzistorů.

Leachova hlavní návrhová hlediska jsou:

- všechny vnitřní stupně zesilovače provozovat ve třídě A, výstup ve třídě AB s dostatečně vysokým klidovým proudem /10 mA a více/ pro potlačení přechodového zkreslení;
- vstupní stupeň navrhnout s dostatečně vysokým kolektorovým proudem, aby se zabránilo přebuzení tranzienty /pozor ovšem na šum/;
- pro zmenšení nelinearity a nároků na zpětnou vazbu navrhnout všechny stupně asymetricky jako komplementární;
- pro dosažení optimální šířky pásma s otevřenou smyčkou zpětné vazby zapojit budící a výkonové tranzistory jako emitorové sledovače, první budiče připojit na napěťový, nikoli na proudový zesilovací stupeň;



- na všech stupních použít tranzistory s co největším mezním kmitočtem /2 až 4 MHz u výkonových, 40 až 200 MHz u ostatních/;

- vstup opatřit filtrem RC s hraničním kmitočtem na konci akustického pásma.

Leach své teoretické úvahy realizoval praktickou konstrukcí, která si získala dosti příznivců.

Na základě vlastních úvah se Sundquist ¹⁶ domnívá, že místo obtížného návrhu celého zesilovače s šířkou pásma bez vazby větší než jakou má předzesilovač stačí, aby šířku pásma určil jeho první zesilovací stupeň. Šířka pásma se pak může volit menší, což dovolí použít běžného způsobu kompenzace kondenzátory mezi kolektory a bázemi. Lze například aplikovat proudové zdroje v kolektorech nebo velice malý kolektorový proud vstupního stupně. Druhý způsob ovšem vyžaduje, aby následující stupeň měl vysokou vstupní impedanci s malou vstupní kapacitou; jinak se překročí proudové požadavky na první stupeň a vznikne TIM. Následující stupeň pak lze navrhovat podle doporučení Otaly a Leache. Podle Sundquista dovolí tato metoda zavést silnější zpětnou vazbu, takže zkreslení budou malé. Prakticky však Sundquist zesilovač nerealizoval.

Druhá hlavní předmět diskuse je mezní rychlost přeběhu S /slew rate; V/ us/, často se vyskytuje i pojem zkreslení, vyvolaného malou hodnotou přeběhu /SID/. Stále více se ukazuje, že celý problém TIM jako vyjádření dynamických schopností zesilovače bude patrně možno vhodněji charakterizovat na základě rychlosti přeběhu, která se ostatně v diskusích o TIM objevovala od samého počátku.

Rychlost přeběhu se vztahuje na funkci zesilovače při zpracování signálů za plného vybuzení. Nelze ji proto dávat do souvislosti s dobou čela t_r , která je definována pro malé signály /zesilovač v lineární oblasti/. Například zesilovač s šířkou pásma $f_p = 20$ kHz má dobu čela $t_r = 17,5$ us. Záleží na hodnotě rychlosti přeběhu S , jakou úroveň je zesilovač schopen zpracovat. Při $S = 1$ V/us to bude zřejmě 17,5 V plného rozkmitu, při $S = 4$ V/us pak 70 V. Tento mechanismus omezování šířky pásma si lze představit na modelu, složeném z ideálního zesilovače s nekonečnou šířkou pásma, před kterým je zařazena dolnofrekvenční propust, určující šířku pásma a dobu čela při nízkých úrovních signálu. Za ideálním zesilovačem si potom představíme mechanismus /obvod/ omezující přeběh, který určuje šířku pásma při plném vybuzení /nebo při plném výkonu/ a rychlost přeběhu S .

Rychlost přeběhu zesilovače je definována jako maximální míra změny výstupního napětí ve voltech za mikrosekundu. Je určena fyzikálním vztahem mezi konkrétním proudem obvodu I , daným návrhem /typicky jeho prvním stupněm/ a kapacitou obvodu C /obvykle kapacitou kompenzačního kondenzátoru nebo záteže/. Potom $S = I/C$. Například pro $I = 100$ uA a $C = 50$ pF je $S = 2$ V/us. Existuje jednoduchý vztah k odhadu šířky pásma f_p po omezení rychlosti přeběhu:

$$f_p = \frac{S}{2\pi U_g} \cdot 10^3 \quad \left[\text{kHz; V/us, V} \right] \quad /2/$$

Ve vzorci značí U_g špičkové výstupní napětí. Známe-li naopak hodnotu f_p , a předepíšeme-li U_g , můžeme určit potřebnou hodnotu přeběhu

$$S = 2\pi f_p U_g \cdot 10^{-3} \quad \left[\text{V/us; kHz, V} \right] \quad /3/$$

Na vztahu /3/ je založen jeden způsob měření rychlosti přeběhu: Do zesilovače se zavádí sinusový signál o horním mezním kmitočtu zesilovače a jeho amplituda se zvyšuje, až začne rychle růst zkreslení výstupního signálu, jehož tvar se začne měnit na trojúhelníkový. /Jinou možností je zvyšovat kmitočet signálu, jehož úroveň na výstupu odpovídá maximálnímu vybuzení./ Lepší měřicí metodou je použití obdélníkového signálu 10 kHz, jehož úroveň se zvyšuje do plného vybuzení /tvar se změní z exponenciálního na lichoběžníkový/. Potřebné hodnoty pro určení $S = \Delta U / \Delta t$ jako sklonu náběhu nebo doznívání signálu se odečtou na osciloskopu. Tato metoda, jejíž podrobnosti publikoval Jung ¹⁷, dovoluje určit hodnotu S pro pozitivní i negativní přeběh. Shoda obou hodnot naznačuje dokonalejší funkci zesilovače. Jednoduchým



testem, zda se zesilovač blíží ke své schopnosti přeběhu, je ověření fázového posunu v závislosti na amplitudě signálu při kmitočtu na horním konci pásma: fázový posun nesmí být závislý na amplitudě signálu.



King [17] tvrdí, že pokud hodnota šifky pásma f_p podle vzta-
hu $f_p/2$ je větší než šifka pásma f_3 , nemůže při přenosu tranzientů dojít k sil-
nému zkreslení. Podmínka $f_p/2 > f_3$ je ovšem v souladu s požadavky, které se
v souvislosti s TIM uvádějí.

Jung [17] se ale domnívá, že je třeba hlubšího rozboru. Kozdílnost šifek
pásma f_p a f_3 spočívá v tom, že f_p souvisí s nelinearitou zesilovače, s dyna-
mickým přebuzením, kdežto f_3 se vztahuje k funkci filtrů RC a netýká se
žádných přidružených nelinearit, pouze samotného poklesu kmitočtové charak-
teristiky. Jungovo měření řady typů integrovaných operačních zesilovačů po-
tvrđilo nejen platnost vztahu $f_p/2$, ale ukázalo, že zkreslení začíná vzrůstat
už od kmitočtu o tři oktávy nižšího než f_p . Z hodnoty řádu tisícina procenta
dosáhne při f_p asi 1 %, což už lze považovat za silné působení nelinearity
souvisejících s rychlostí přeběhu. Snížením amplitudy výstupního napětí se
sice v příslušném poměru hodnota f_p zvýší, avšak celkový charakter průběhu
zkreslení v závislosti na kmitočtu zůstane zachován. Z toho plyne důležitý
poznatek, že kvalita zesilovače není dána pouze hodnotou rychlosti přeběhu,
nýbrž její hodnotou ve vztahu ke skutečným pracovním podmínkám, tedy k úrov-
ni zpracovávaného signálu. Jinak řečeno, funkce zesilovače závisí na tom, ja-
kou měrou se v provozu přibližuje k mezím daným jeho rychlostí přeběhu a šif-
kou pásma f_p pro plné vybuzení. Nesymetrický průběh /různé hodnoty S pro po-
zitivní a negativní náběh/ vyvolá varžet zkreslení při kmitočtech ještě niž-
ších než 3 oktávy pod f_p . Žele mají značný vliv i nelinearity, které působí
při neinvertní zapojení zesilovače. I když má toto zapojení nižší rych-
lost přeběhu než zapojení invertující, dává se mu obvykle přednost pro vyš-
ší vstupní impedanci. Zapojení pro zvýšení hodnoty S /volbou kompenzace/ lze
toto zhoršení potlačit, ne však zcela odstranit, protože varžet zkreslení
neustává již od kmitočtu asi o 5 oktáv pod $f_p/2$. Tento jev není typický pro
všechny IO /trpí jím zejména typy 741, 748, 301/, existují dobře navržené
operační zesilovače, jejichž chování je v invertující i neinvertní zapo-
jení přibližně shodné.

Měření, které zahrnuje několik desítek IO a řadu výkonových zesilovačů
a byla doplněna poslechovými testy, ukázala důležitost rychlosti přeběhu na
kvalitu zesilovače. Naznačilo, že kritérium $f_p/2 > f_3$ při plném vybuzení musí
být splněno s dostatečnou mírou bezpečnosti. Výsledky měření platí jak pro
harmonické, tak IM zkreslení podle běžné metody i podle CCIF /dva signály
1:1 o vysokém kmitočtu na konci akustického pásma, difference kmitočtů 100 Hz
až 1 kHz/. Platí i pro zkreslení TIM podle Otaly.

Při poslechových testech, při nichž byly IO vkládány do cesty signálu
a provozovány při maximálním rozkmitu ± 10 V, se ukázalo, že v případě IO
s hodnotami $S = 4$ V/us nebyl jejich vliv znatelný. Na hranici rozpoznatelnos-
ti byly typy s $S = 2$ až 4 V/us, při nižších S se postupně projevovalo zabarve-
ní zvuku, rozmázení tranzientů, až k ostrému, "rozřezanému" zvuku u typů
s $S = 0,5$ V/us. Jung uvádí třídění IO do 5 skupin. Ze zjištěné souvislos-
ti mezi zkreslením a rychlostí přeběhu se vymykala pouze část měřených ob-
vodů. Vedle typů 356 a 357 to byly zejména IO s "posílenou" hodnotou S /ty se
ale vyznačují zase jistým druhem přechodového zkreslení/.

Ve zkreslení, vyvolaném omezenou přeběhovou schopností zesilovače, nevidí
Jung nic "tranzienčního" - objeví se spojitě i při sinusových signálech vyš-
ších kmitočtů. Jstečnost, že toto zkreslení se vyskytuje u přechodových je-
vů v hudbě, má svůj původ v charakteru signálu, ne v mechanismu zkreslení.
Jung doporučuje, aby obvod měl za všech možných podmínek zátěže rychlost
přeběhu minimálně 0,5 až 1 V/us na každý volt špičkového výstupního napětí.
Ze zátěží je nutno uvažovat zejména korekční členy RIAA a kapacitní zátěž
výkonového zesilovače jako složku impedance reproduktorové soustavy včetně
možného působení elektronických pojistek na zesílení. Při dodržení té-
to podmínky bude zkreslení zesilovače zanedbatelné /řádu 0,001 %/. Další pod-
mínkou je ovšem asymetrie $S/20$ % a rovnoměrná přenosová charakteristika.
Toto kritérium lze přibližně vyjádřit jako $f_p = 4f_3$. Například zesilovač
s požadovaným maximálním výstupním napětím $U_s = 10$ V by měl mít nejméně $S =$
 5 V/us, výkonový zesilovač 100 W/8 Ω pak nejméně $S = 20$ V/us apod.

Potvrdí-li se Jungova zjištění v praxi, stanou se diskuse c vy-
znamu zpětné vazby v podstatě zbytečné a zpětná vazba zůstane
významným prostředkem k potlačení zkreslení. To platí i o dal-
ších, podle Junga nepodložených doporučeních malá zkreslení a
co nejširší přenosové pásmo při otevřené smyčce zpětné vazby.



Souvislost mezi mezní hodnotou rychlosti přeběhu zesilovače a tím, co se
dnes označuje za tranzienční IM zkreslení, podrobně rozebírá také Baxandall
[18]. Nesouhlasí však s velkou bezpečností pro S podle Jungova doporučení,
a na základě vlastního rozboru komerčních programů /deska, magnetofonový pá-
sek, FM rozhlas/ uvádí, že bezpečné postaći hodnoty $S = 0,03$ až $0,05$ V/us
ne i V špičkového výstupního napětí. Dá se očekávat, že tento rozpor povede
k dalšímu obohacení diskuse.

L I T E R A T U R A :

Greiner [19] se pokusil o sjed-
nocení diskusovaných hledisek kon-
statováním, že jde v podstatě o zá-
ležitost přebuzení, známou po dlou-
há léta, takže se lze jen divit,
proč mnozí konstruktéři tak dlouho
zanedbávali aplikaci základních
previdel. Je nutno si uvědomit, že
zpracovávaný signál, zvuk, je sta-
tistické povahy, vyžaduje tedy am-
plitudové špičky a rozsahy kmitoč-
tů, které bez zbyteku nelze v praxi
zvládnout. Občas se proto některá
složka celého systému dostane do
stavu přebuzení buď v důsledku vy-
skytu signálu s enormní amplitudou,
nebo v důsledku jeho nadměrné rych-
losti. Naštěstí není zesilovač nucen
zpracovávat signály v původním,
živém tvaru; na jeho vstupu se ob-
jeví signál již v omezené formě
po předchozím zpracování. Požadavky
na zesilovač od vstupu pro gramo-
fonovou přenosku až po regulátor
hlasilosti lze určit [10], a lze
je považovat za dané. Neuvažováním
ovládání regulátoru však může v dal-
ších stupních ležet k přemrštěným
požadavkům, a tím ke zkreslení signálu.
Při přebuzení jsou pracovní podmín-
ky zesilovače i jeho napájecího zdroje
změněny. Při návratu do normálu
/zkouší se klíčováním signálem +5 a 0
dB/ se u špatně navržených zesilovačů
objeví zkreslení na počátku přechodu,
které je sluchem snadno a s nejbostí
postřehnutelné. /Závisí na druhu přetí-
žení zesilovače, zda je napáťové nebo
proudové, spolupůsobit mohou elektro-
nické pojistky./ Zlepšení přinesl pří-
movázané a komplementární zesilovače.

Vedle tohoto hrubého typu zkreslení existují mírnější případy okamžitého
přebuzení, jejichž původ Greiner rozlišuje pouze podle toho, zda nastanou
z titulu amplitudy nebo kmitočtu signálu. Aby k nim nedošlo /přesněji řečeno,
aby k nim statisticky mohlo dojít pouze v 0,1 % doby trvání programu/, do-
poručuje Greiner špičkovou rezervu zesilovače alespoň 17 dB nad průměrnou
úroveň signálu, tj. padesátinásobnou rezervu výkonu. Stejně kritérium platí
i pro kmitočtové přebuzení, tedy pro hodnotu rychlosti přeběhu. Výběr nebo
navrh zesilovače musí proto vycházet z konkrétních podmínek posluchače, pře-
devším z účinnosti reproduktorových soustav, z velikosti ozvučovaného pro-
storu a požadované hlasilosti.

Otázky kmitočtového přebuzení jsou ožehavé u všech zpětnovazebních systé-
mů, Greiner se ale domnívá, že velké míra zpětné vazby je sama o sobě pů-
vodcem zkreslení, nýbrž že pouze může zhoršit vzniklé případy přebuzení v dů-
sledku omezené šifky pásma zesilovače bez vazby. Kmitočtové přebuzení může
být vyvoláno dvěma mechanismy vnitřního přebuzení - amplitudovým přebuzením
a omezenou rychlostí přeběhu /oba mohou být vyvolány izolovaným signálem,
údaj IM zkreslení je zbytečný/. Rychlost přeběhu zesilovače musí splňovat
požadavky zpracovávaného signálu co do napětí i kmitočtu. Jinak řečeno, šifka
pásma zesilovače a otevřená smyčka zpětné vazby musí být větší než šifka

bTč

[illegible]

Audio, video a společnost

```

.....
::                                     ::
::   GRAMOFONOVÁ DESKA               ::
::   A JEJÍ NEMOCI                   ::
::                                     ::
::                                     ::
.....

```

Za ta léta, co recenzuji gramofonové desky, jsem už zažil hodně, i když výrobě stereofonních desek, které

čenuje práce jen více péče.
 dáám povrchu; byl jsem k tomu
 , co to znamená, když se

sovany ve velkých seriích,
aby byl dostupný širokému
musí dát líbit všelijaké za-
třetí, a konečně zaštvrté:
febytku rozhodně nelze mlu-

mských podpatků a gramofono-
n však je, že obojí se vyrá-
těné a důkladněji připravove-
totiž nebylo onoho praskání,
oslech a vytrvalostí hodnou
ladina základního šumu, která

A&V

Mezi závaty menší důležitosti patří šum, pokud je kontinuální. Ten rozhodně ruší méně než šum periodicky zesilující, popřípadě drhnutí na otčuku. Příčiny jsou různé, dost často zvlněný výlisek. Zvlnění samo sice dobré raménko zvládne, ale následky /někdy i zkreslení hudby/ přece jen slyšíme. Časté jsou v poslední době i jakési ozvěny /říká se jim různé: prokopírování, zasněže, preecha/. Slyšíme je někdy před dynamickou špičkou, v nájezdu /ještě než vůbec začne deska "hrát"/, ale i mezi hudbou, jindy je slyšíme i po takové špičce. Občas jsou slyšet před i po. Příčin tu je zřejmě víc, záleží na tom, jak silné toto jistě nepříjemné rušení je. Naše naděje, že získáme lepší desku, jsou tu mizivé. Také středové otvory, hlavně excentrické nebo jen příliš velké /anebo obojí/ - dokáží udušat z hudby, z jejích držených tónů, páchnou kořičinu. Tu bývá přece jen pomoc: můžeme získat desku z jiného lisu. reklamujeme-li tuto závadu a je-li skutečně značná.

Kapitolou pro sebe je "oceňování" povrchových závd. Ne snad jen co do množství /ojedinělé, několik, série, na otočku, po celé ploše/, ale pokud jde o jejich rušivý účinek. Nejde o měřítko absolutní, ale vždy o to, do jaké míry je hudba rušena právě v daném místě. Stává se, že desky s vyšší úrovní hlesitosti mívají "lepší" povrch. Projevuje se tu prostě jen maskovací efekt. Samozřejmě, nejlíp je na tom ten hudební žánr, který může být hrán od začátku do konce ve forte. Nejhůř je na tom hudba vážná, a z ní zase hudba komorní, z nástrojů pak klavír /ohrožovaný výrobním procesem i po zvukové stránce/.

A perspektiva?
Nezbývá, než se vrátit k onomu zaprvé, zedruhé... na začátku článku.

2. Ekonomické hledisko není zanedbatelné. Aby totiž deska mohla být masovým zbožím, nelze očekávat, pokud jde o kvalitu, nic více než kompro-

3. Dejme tomu, že dostanete desku nepoškozenou neodborným zacházením /včetně dopravy/ a řádně "vychlazenou", tedy rovnou. Důležité pak je, na čem ji budete přehrávat. Majitelů skutečně dobrých reprodukčních zařízení je stále ještě ménšina, tato ménšina však naneštěstí nedává o sobě příliš vědět: desky se obecně reklamují málo. Kárávý hlas recenzenta je

často obyčejně "co chcete, vždyť na titul, který jste tak znečistil, jsme měli všeho všudy pět reklamací"... to není demagogie, mají pravdu! Náprava je evidentní povinností členů hifi-klubů. Je ovšem třeba obracet se na správné místo, tedy na výstupní kontrolu Gramofonových závodů. Loďnice u Berouna. Jako jednotlivci, popřípadě jako ZO Svazarmu - hifi-klub, dostoupí-li pohroma u nějakého titulu náležitě výše a postihneme-li většinu členů /kopii na vedení Supraphonu, Pantonu či Opusu/.

A&V

4. Gramofonových desek u nás ještě není dost. Svědčí o tom fakt, že na trhu ani není udržována stálá zásoba základních titulů. To také působí na posuzování kvality. U nedostatečného zboží se spíše hledí na to, aby vůbec bylo.

Teoreticky má gramofonová deska značné rezervy nejen co do kvality zvuku, ale i pokud jde o povrch. Prakticky lze časem a při vyvinutí dostatečného tlaku - i v rámci pravidel, o nichž byla výše řeč - dosáhnout zlepšení hmoty do té míry, aby tolik neomezovala dynamiku, aby "nešpinila" zvukový obraz a aby také práce s ní byla lehčí. Tedy ovšem nastupuje technologie i výrobní praxe, kde budou jistě také značné rezervy. Zlepšení by se tu mělo projevit především menším zkreslením a také zklidněním povrchu do té míry, aby se "esteticky" poslech /tedy nikoli jen poslech informativní/ stal pravidlem, a ne jako dosud jen výjimkou.

.....
:: JAK UDĚLAT VÝUKOVÝ DIAFILM ::
.....

Cílem příspěvku je upozornit na některé technické možnosti při přípravě a zhotovování kreseb a při praktické výrobě diazopozitivů.

Obecně k realizaci diafilmu lze říci, že v přípravné etapě stanovujeme cíle, které má diafilm splňovat. Cíle musí být jednoznačné a konkrétně formulované, jedině tak můžeme najít formy, kterými je naplníme. Potom shromažďujeme obrazový materiál, tj. knihy, učebnice, citáty, výstřižky z časopisů, fotografie, prospekty apod. Následuje zpracování osnovy, nejlépe ve formě bodového scénáře s využitím dostupného materiálu. Většinou se pro výukový diafilm nepodaří sehnat všechny obrazový materiál, převážnou část musíme zhotovit sami, alespoň v návrhu. Teprve potom zpracujeme doprovodný komentář. Uvádění statistických údajů

Velmi často je vhodné uvést v diafilmu různé statistické údaje. Vždy by měly být názorné a měly by využívat různých výrazových možností. K dispozici máme liniové, sloupkové, kruhové, proudové a obrázkové /figurální/ diagramy.

Liniové diagramy /obr.1/

udávají řadu vztahů mezi dvěma rozměrovými měřítky. Kreslí se obvykle v pravouhlých souřadnicích. Závislost mezi veličinami, které chceme zdůraznit, můžeme vhodně upravit, například stlačením měřítka časové osy apod.

Sloupkové diagramy /obr.2/

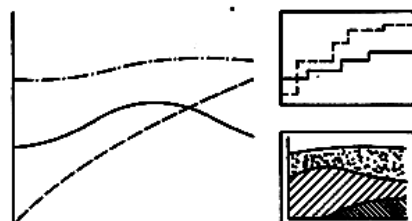
jsou vhodné pro porovnání různých prvků /vodorovné sloupky/ nebo pro statistické vztahy /svislé sloupky/ v různém časovém údobí.

Kruhové diagramy /obr.3/

ukazují dělení celků přímou metodou. Má-li některý segment zvláštní důležitost, můžeme ho z kruhu "povyšnout".

Proudové diagramy jsou vhodné pro znázornění organizační struktury /schéma řízení podniku, etapy výrobního procesu/ i pro zjednodušená funkční schémata přístrojů. Údaje můžeme uvádět v pravouhlých souřadnicích, jednotlivé bloky navzájem propojujeme čarami, které znázorňují vazbu nebo nadřazenost.

obr.1

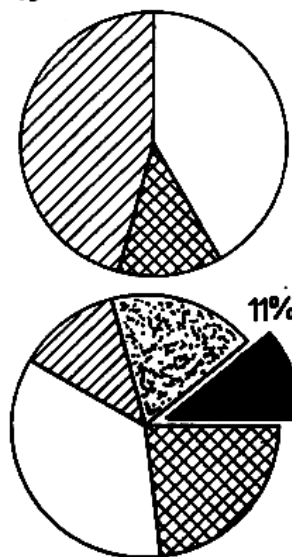


Obrázkové /figurální/ diagramy

/obr.4 a 5/ můžeme použít pro vyjádření jednoduchého porovnání nebo vztahu s využitím symbolů /osob, vozidel atd./ Skutečnosti, které takto znázorníme, ihned upoutají pozornost, jsou srozumitelné a názorné. Nevýhodou je, že nemohou podávat detailní informaci o daném vztahu jako třeba grafy.

U všech kreseb je třeba zajistit co nejlepší čitelnost a srozumitelnost doprovodného textu. Proto se snažíme o co nejmenší počet písmen nebo číslic na obrázcích. Na vyjádření číselných údajů používáme v hojné míře grafické prostředky. Sestavujeme-li legendu, napíšeme si ji nanečisto celou, a pak se pokoušíme vyloučit zbytečný obsah. Pochopitelně nesmíme oslabit původní informaci. Pro rychlé popisování hotových grafů a diagramů používáme s výhodou suchých obtisků propisot nebo transtype.

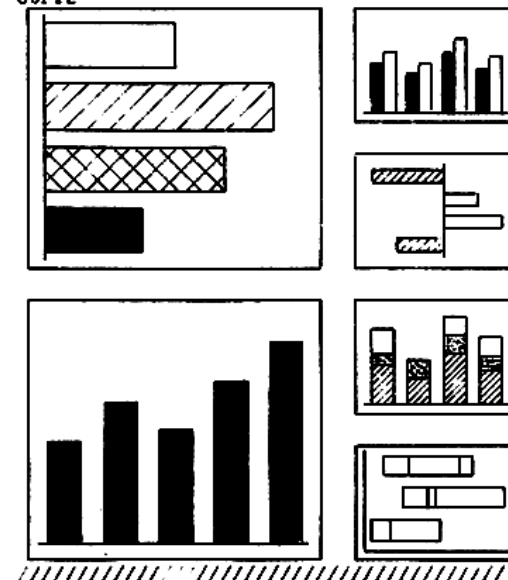
obr.3



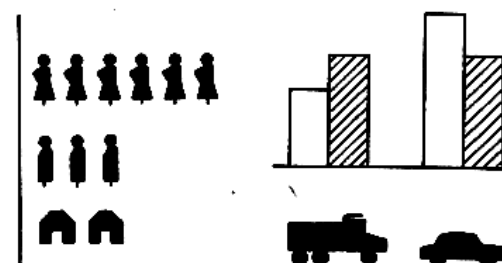
.....

A&V

obr.2



obr.4 a 5



Zpracování kreseb

Kresby připravujeme na bílém nebo barevném papíře. Pro čitelnost a srozumitelnost má velký význam ton a zabarvení kresby vůči pozadí. Průzkumem bylo zjištěno, že nejlépe čitelná je bílá kresba na černém pozadí, pro barevný diazopozitiv i pastelové kresby na tmavším pozadí.

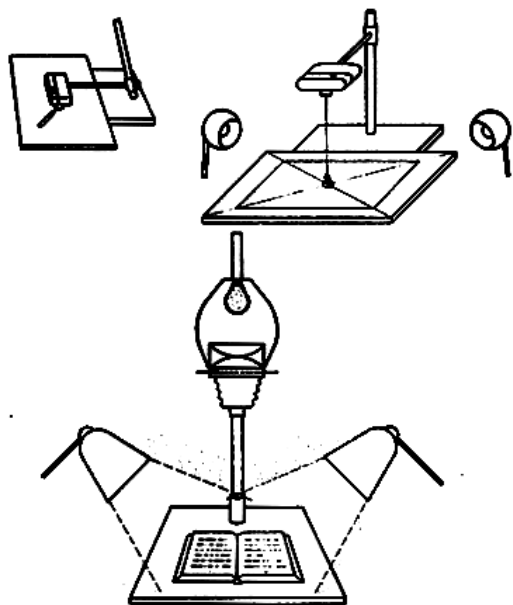
Pro fotografické zpracování může být velikost kresby v jakémkoli měřítku, ale v rozměrové relaci. Bude-li kresba příliš malá, pak budou i po zmenšení

čáry a písmo na obrázcích silné a budou působit "neohrabaně". Doporučená velikost předloh je 36 x 24 cm nebo formát A4. Technické výkresy, které chceme použít jako podkladový materiál pro diapozitiv, můžeme pro názornost zjednodušit: zakreslíme detailně důležité prvky, ostatní kreslíme jen jako obrysy, pokud možno se vyhýbáme legendám, které raději zařazujeme do komentáře k diafilmu.

A&V

Osvětlení kreseb při fotografování

Nejjednodušší je připevnit kresbu na rysovací prkno a fotografovat venku při denním osvětlení, které je svým složením a rovnoměrností nejpříznivější /rozptýlené denní světlo, nikoli přímé slunce/. Kusíme-li zhotovovat snímky v interiéru, použijeme dva, při velkých formátech čtyři reflektory umístěné tak, aby směřovaly ke kresbě v úhlu 45° /obr.6/. Dobře poslouží obyčejné kancelářské stolní lampy s matovými žárovkami /asi 100 W/. Častou chybou je špatné umístění reflektorů příliš blízko předlohy, kterou tak na krajích přesvětlíme. O rovnoměrnosti osvětlení se přesvědčíme tak, že podržíme tužku či pravítko kolmo uprostřed kresby a porovnáme délku, směr a intenzitu stínů. Používáme-li blesku, umísťujeme ho raději dále od kamery, popřípadě rozptýlíme světlo průsvitkou /matové sklo, pausovací papír apod/. Budeme-li za stejných podmínek zhotovovat více reprodukcí, vyplatí se zhotovit nebo improvizovat jednoduché pomocné zařízení k uchycení fotografického přístroje a předlohy.



obr.6

ně šikmá plocha operátu způsobí skávnost čar, deformaci převodnosti atd., což se na velkém obraze při promítání výrazně projeví.

Použití barevných filtrů

U černobílých fotografií pomáhá filtr při reprodukci různých barev na vyvážené odstíny černé a šedé. Například chceme-li reprodukovat zobrazení z knihy, kde jsou bílé čáry na modrém pozadí, nebude bez filtru rozlišení kresby dostatečné. Volíme panchromatický film a červený filtr. Podrobnější informace hledejte v odborné fotografické literatuře.

Technika výroby diapozitivů

Diapozitiv obsahující krátkou psanou nebo kreslenou zprávu, jednoduchý vzorec či diagram můžeme zhotovit i tak, že píšeme přímo na matový povrch filmu 24 x 36 mm. Psát musíme ostrým perem nebo speciálním popisovačem /obr.7/. Na film můžeme psát i psacím strojem, a to tak, že vložíme film mezi dva archy karbonového papíru a píšeme strojem bez pásky. Před psaním je dobré film odmastit.

Když nepotřebujeme větší počet kopií, lze předlohu snímat na černobílý inverzní film. Po speciálním vyvolání je pak přímo použitelný jako diapozitiv. Někdy lze též využít negativní snímek, chceme-li, aby třeba výkres vy-

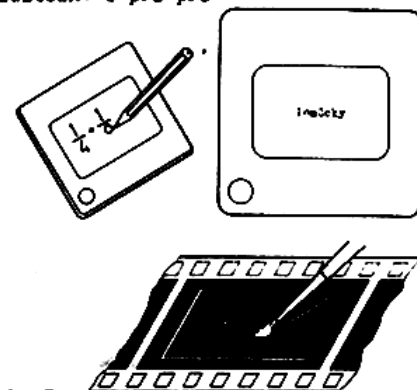
šel bílými čarami na černém pozadí. Předností negativních diapozitivů je, že umožňují dodatečné vybarvení určitých čar nebo celých ploch transparentními barvami nebo lihovými popisovači /fix/. Při promítání negativních snímků není vidět prach, obrázky jsou kontrastní a dobře viditelné i při promítání za denního světla.

A&V

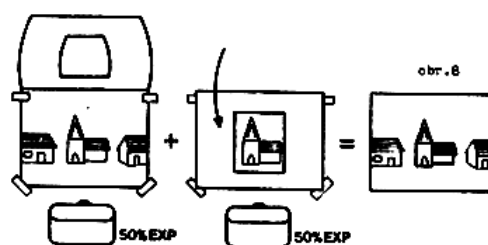
Zvýraznění určitých ohraničených částí předlohy můžeme dosáhnout ryze fotografickou cestou. Obr.8 je dostatečně výmluvný.

Připomenutí
fotografických
"figlů"

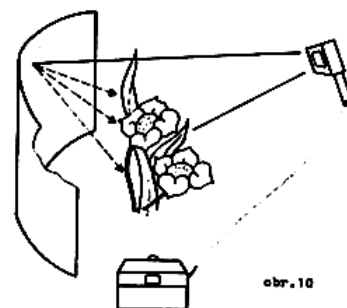
Rychle se pohybující objekt fotoaparátem sledujeme, ve vhodném okamžiku expozujeme /obr.9/. I s jedním bleskem dosáhneme rovnoměrného osvětlení objektu využitím pomocných "reflektorů", třeba jen z velké kladívkové čtvrtky /obr.10/. Osvětlení místnosti okny denním světlem pro účely snímku "zrovnoměrníme" odraženým světlem blesku podle obr.11.



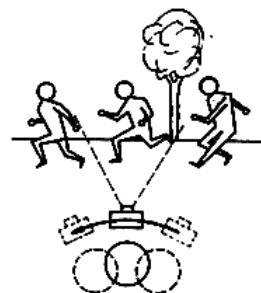
obr.7



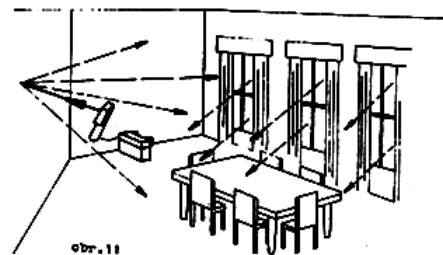
obr.8



obr.10



obr.9



obr.11