

Bezpečný provoz ozvučovacích systémů



1. Úvod

Tato příručka chce poskytnout znalosti z oblasti ochrany reproduktorových systémů před poničením, které může být způsobeno přebuzením zvukového systému.

2. Jakým způsobem nastává poškození reprosystémů?

V dřívějších dobách bylo poměrně snadné určit, kdy už systém je či není přebuzen, dalo se to snadno poznat pomocí těchto ukazatelů: Reprosoustavy zkreslovaly, limity „pumpovaly“, u zesilovačů blikala kontrolka CLIP v rytmu hudby, a indikátor vybuzení svítil jako „vánoční stromeček“. V dnešní době to však vypadá, že je těžké poznat, kdy už se dostáváme do problémů a velice snadno se nám ovládní zvukového systému může vymknout z ruky. Proč se tak děje?

Jedním z očividných důvodů jsou zesilovače. Ačkoliv se rozměry zesilovačů neustále zmenšují, jejich výkon značně roste. Zesilovače s trvalým výkonem řádově 800 nebo 1000 W / 8 Ohmů jsou pro dnešní dobu typické. Kromě toho konstruktéři zesilovačů zvyšují okamžitý špičkový výkon. Okamžitě špičkové napětí 140 V je samozřejmostí pro současné zesilovače, ale např. zesilovač Electro-Voice TG7 dodává podstatně více (180 V špičkového napětí). To je signál o špičkovém výkonu 4000 W při zátěži 8 Ohmů!

Jaká je výhoda tak velkého špičkového výkonu? Díky tomu máme k dispozici mimořádný dynamický rozsah, pouze však za podmínky, že se reprosystém umí vypořádat s tímto špičkovým výkonem.

Vysoká hodnota výkonu představuje pro reproduktory dva těžké úkoly. První z nich je zpracovat špičky signálu bez trvalého mechanického poškození, které může být způsobeno jak z jedné signálové špičky nebo z dlouhodobého zatížení. Druhý úkol spočívá v dobré kvalitě signálu i při reprodukci těchto výkonových špiček.

Vývojáři Electro-Voice neustále pracují na zlepšování výkonnosti reproduktorů. Využívají k tomu současný software a měřicí systémy. Rovněž věnují velkou pozornost poslechu reprosoustav. Reproduktory pak mají nejnižší možné zkreslení i při vysokých úrovních.

Vývojoví pracovníci také věnují spoustu času testování reproduktorů až do poškození s použitím speciálních testovacích signálů, které u reprosystémů odhalí mechanické a teplotní limity.

Bez ohledu na to, jak jsou reprobedny silné, může kdokoliv nastavit úroveň ještě vyšší, a tím tak způsobí jejich poškození. Tomu mají zabránit limity. Pokud je limiter správně nastaven, chrání reprosystém před úrovněmi signálu, které mohou způsobit poškození reproduktorů.

Protože nikdo nezná mezní limity reproduktorů lépe než jejich konstruktéři, byly vyvinuty algoritmy pro limitaci špičkové hodnoty na každý model reproduktoru. Pokud jsou algoritmy aplikovány do správně kalibrovaného audio řetězce, budou chránit každý reproduktor ze systému od nárazových špiček vysokých úrovní.

Obvody digitálních limiterů disponují vlastnostmi, které analogové limity nemají. Digitální limiter „vidí do budoucna“ a zná, co přijde před tím, než se signál dostane do zesilovače. Umí tak reagovat na špičku signálu uvnitř jedné vzorkovací periody (20,8 us, při vzorkování 48 kHz).

Tak funguje např. Peak Anticipation Limiter (PAL) „předvídající“ špičkové úrovně od Electro-Voice. Tyto limity redukují špičky signálu jen v nezbytných případech. To má za následek minimální dopad na reprodukováný hudební materiál. U většiny programového materiálu se neprojeví zasahování limiteru do signálu až do redukce zisku o 10 dB.

V čem tedy spočívá problém?

Zvukoví technici si v průběhu let navykli na určité podněty, které signalizují, že je systém provozován přes limitní hodnoty. Jedná se o:

- Slyšitelné zkreslení z přebuzených reproduktorů
- Pumpování limiterů
- Slyšitelné zkreslení ze zesilovačů (ořezávání)
- Svítí kontrolka CLIP na zesilovači
- Rozsvěcují se LED diody indikující limitaci

Rozvojem technologie firmy Electro-Voice v oblasti reprosystémů a nových digitálních limiterů s ochranným algoritmem, ale tyto indikace přebuzení nejsou tak zřejmé.

- Reprodukory jsou konstruovány pro použití se současnými vysoce výkonovými zesilovači a aktivně redukují zkreslení vzniklé nárazovými špičkami signálu.
- Redukce špiček v digitálním limiteru je za běžného chodu neslyšitelná a postřehnutelná teprve při výrazném přebuzení.
- Digitální limity jsou tak rychlé, že téměř nedochází k limitaci v zesilovačích a tím ani ke slyšitelnému clippingu.
- Vysoká rychlost digitálních limiterů také způsobuje, že indikace CLIP na zesilovačích se rozsvítí velmi zřídka nebo jenom blikne.
- Redukce zisku je velice rychlá, proto se indikátory redukce mohou rozsvítit jen na krátký okamžik, a to vyžaduje velkou pozornost obsluhy.

Ačkoliv tyto změny představují technický pokrok, mohou také způsobit snadné a nechtěné přebuzení zvukového systému. Limity špičkové hodnoty redukují škodlivé špičky v signálu a ořezávání zesilovače bez obvyklých slyšitelných a vizuálních příznaků. Nicméně střední hodnota výkonu signálu vzroste a systém se dostane do přebuzení. Tento výkon pak může přesáhnout mez, kdy způsobí teplotní poškození měniče. To je ten hlavní problém.

3. Snížení hlasitosti

Klíčem k ochraně před přebuzením je věnovat pozornost indikátorům udávající limitaci špičkové hodnoty. Pozorný uživatel sníží úroveň signálu, jestliže se opakovaně aktivují limity. Tento manuální zásah je ochranou před vzrůstem dlouhodobé hodnoty středního výkonu, která je příčinou teplotního přehřátí.

Většina hudebního materiálu aktivuje limity jako první na nízkých a vysokých kmitočtech. Je nepravděpodobné, aby střední kmitočty aktivovaly limitaci, úroveň signálu by se musela podstatně zvýšit. Úroveň se musí zredukovat, pokud kterýkoliv ze tří pásem jeví příznaky limitace. (Pokud je ještě použitý subbas, bere se jako 4. pásmo).

V případě digitálních procesorů DC-One od Electro-Voice, jsou limity špičkové hodnoty monitorovány LED diodami na předním panelu. Každé pásmo má na svém výstupu LED diodu, která indikuje aktivní stav limiteru. Jestliže se pro jakékoliv frekvenční pásmo rozsvítí LED dioda po dobu delší než 20 % z celkového času, úroveň signálu by měla být snížena.

V případě digitálních procesorů řízených softwarově, jsou limity špičkové hodnoty monitorovány na displeji v softwaru. Každé pásmo má na svém výstupu display, který indikuje aktivní stav limiteru. Ačkoliv je redukce zisku limiterem v softwarově řízeném procesoru stejně tak rychlá jako v procesorech zmíněných výše, zobrazení limitace v softwaru není tak rychlé jako indikatory LED přímo na procesoru v racku, protože rychlost obnovy dat pro zobrazení stavu indikace je omezena síťovým připojením. Softwarová indikace má tedy nízkou citlivost pro zobrazení přebuzení. Proto by měla být úroveň signálu stažena, jakmile se kterýkoliv ze softwarových indikátorů limitace i jen příležitostně rozsvítí.

4. Na co si ještě dávat pozor?

4.1 Aktualizujte Váš firmware a software

Za účelem kvalitního zpracování signálu a vysoké spolehlivosti systému se ujistěte, že máte vždy poslední verzi softwaru a firmwaru. Digitální zpracování signálu firmou Electro-Voice je neustále zdokonalováno.

4.2 Používejte správný limitační práh pro dané zesilovače

Rozdílné zesilovače požadují rozdílné nastavení úrovní limiteru. Je to z důvodu, že ne všechny zesilovače mají stejný zisk a ne všechny ořezávají při stejném vstupním napětí.

Pro ochranu reproduktorů je práh limiterů Electro-Voice nastaven tak, aby se redukoval zisk, když okamžité napětí na terminálových svorkách reprosoustavy je dostatečně velké, že by způsobilo poškození reproduktorů. Výstupní napětí zesilovače je ale závislé na jeho zisku. To znamená, že limitní práh musí odpovídat zisku zesilovače. Uvedme příklad, kdy limitní práh je nastaven pro ochranu reprosoustavy při použití zesilovače se ziskem 32 dB. Pokud by měl zesilovač zisk 38 dB a byl zapojen místo předešlého zesilovače bez změny nastavení limitního prahu, pak tento druhý zesilovač bude dodávat špičkové úrovně signálu o 6 dB vyšší než je reprosoustava schopná bezpečně zpracovat (čtyřnásobný výkon !!!).

Navíc, práh limiteru Electro-Voice je nastaven tak, aby bránil zesilovač před limitací signálu. Úroveň signálu, při které dojde k ořezávání je dána vstupní citlivostí zesilovače. Například, limitní práh je nastaven jako ochrana před ořezáváním u zesilovače, který má plný výstup při vstupní úrovni 0dBu. Pokud bude zesilovač se vstupní úrovní 0 dBu nahrazen zesilovačem se vstupní úrovní 6 dBu beze změny limitního prahu, druhý zesilovač bude využit jen do 1/4 ze svého výstupního výkonu.

Použití nesprávného prahu limitování má za následek poškození reprosoustav, ořezávání signálu v zesilovači nebo snížení výstupního výkonu.

4.3 Nesnižujte úroveň analogovými regulátory na výstupu procesoru nebo potenciometry na vstupu zesilovače

Snížení úrovně pomocí výstupního potenciometru na jednotce digitálního audio procesoru, nebo snížení úrovně potenciometrem na vstupu zesilovače, má za následek efektivní snížení zisku zesilovače. To znamená, že doporučený práh limitace neodpovídá zesilovači a jsou způsobeny problémy zmíněné výše. Za určitých okolností lze toto snížení hlasitosti akceptovat. Například, může být potřebné snížit výkon zesilovačů jdoucích do reprobeden, které vykrývají první řadu publika a tím tak dosáhnout rovnoměrné hodnoty akustického tlaku v poslechovém prostoru. To je akceptovatelné, třebaže limity neodpovídají těmto zesilovačům se sníženým výkonem. Ale nikdy by se neměly zesilovače zeslabovat pro celý systém.

4.4 Nepřebuzujte vstup digitálního procesoru

Jak je zmíněno výše, pokud jsou limity na výstupu procesoru příliš aktivní, měla by být redukována úroveň signálu ještě před limiterem. Nicméně, pokud bude dále zvyšována úroveň na mixážním pultu, může být vstup digitálního procesoru přebuzen stejně jako reprosoustavy.

Je nutné dávat pozor na přebuzení vstupu digitálního audio procesoru. To může způsobit obdélníkový průběh signálu, který bude předáván dál přes zesilovač až do reproduktorů. Protože jsou signálové špičky ořezávány, špičky v hladině akustického tlaku jsou též ořezány. Pokud se bude zvučka snažit zvýšit úroveň hlasitosti přidáváním na mixpultu, vzroste úroveň na reproduktorech na takovou hodnotu, která zapříčiní teplotní selhání.

Mějte na paměti, že snižováním vstupního zisku na vstupních digitálních regulátorech procesoru se nesníží ořezávání na vstupu. Ořezávání nastává hned na začátku audio řetězce při převodu A/D.

Ořezávání signálu na vstupu je zobrazováno na předním panelu jednotky pomocí LED diody označené CLIP. Indikace CLIP v řídicím softwaru na počítači není tak rychlá jako na předním panelu jednotky digitálního procesoru. Je to dáno rychlostí síťového připojení.

Kdykoliv je zjištěno, že je signál na vstupu ořezáván, měla by se snížit úroveň.

4.5 Nepoužívejte kompresory na výstupních kanálech audio procesoru

Kompresory jsou často používány pro redukci dynamiky audio signálu, pro vytvoření uměleckého záměru. Nejlepší je implementovat kompresory do individuálního vstupního kanálu a ne do celého zvukového systému.

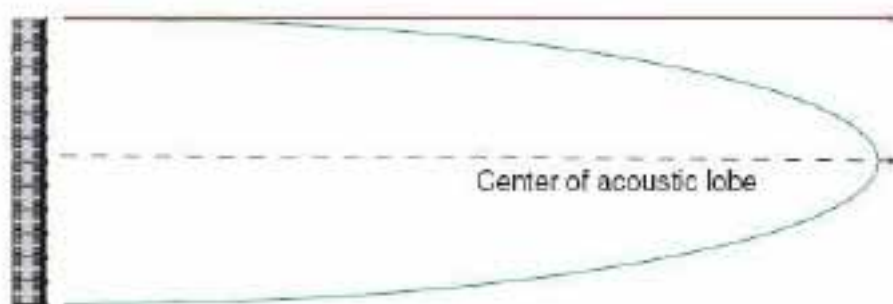
Kompresí signálu na výstupu procesoru redukuje hladinu akustického tlaku, což dává podnět zvu-

kaři, aby zvýšil hlasitost a dostal se tak na požadovanou hladinu SPL. Jelikož je dynamický rozsah zkomprimován, hodnota středního výkonu vzroste. Tento nadměrný výkon vstupující do reproduktorů má za následek teplotní poškození.

4.6 Používejte software pro optimální nasměrování reprosoustav

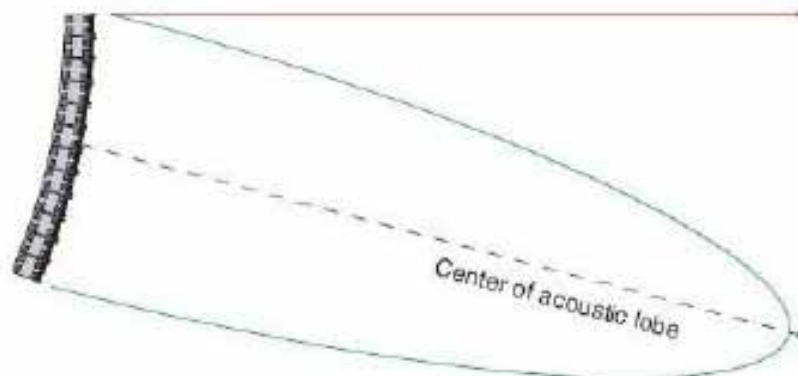
Jedna z výhod line-array systémů je zvýšená možnost přizpůsobení vertikálního vyzařování na poslechový prostor a dosažení rovnoměrného tlaku. Počet prvků line-array umožňuje uživateli dosáhnout velmi úzkého vertikálního vyzařování. To může být v uzavřeném prostoru použito pro minimalizaci zvukové energie odrážející se od stropů apod. a pro dosažení velkého akustického tlaku na velké vzdálenosti při ozvučování venkovního prostranství. Prospěch z tohoto užitku bude pouze tehdy, pokud budou reprobedny správně nasměrovány. Pokud budou nasměrovány nesprávně, výsledek může být katastrofální.

Jestliže jsou nasměrovány správně, line-array je excelentní nástroj při použití na venkovních festivalech, kde poslechový prostor je velká a rovná plošina. Nicméně, jedna z chyb, kterou uživatelé dělají je špatné nasměrování reprobeden. Výsledkem může být velmi úzký vertikální vyzařovací svazek, který je směřován nad hlavami posluchačů, viz obrázek 1. To pak vede zvukaře ke zvýšení úrovně hlasitosti až začne být systém přebuzen. Je to marný pokus o získání většího SPL na poslechovém prostranství (poškození reproduktorů).



Obrázek 1: Směrování příliš vysoko

Pokud je směrování paprsku příliš nízko, hladina SPL bude nedostatečná v zadních částech poslechové plochy a v předních částech bude naopak příliš velká.

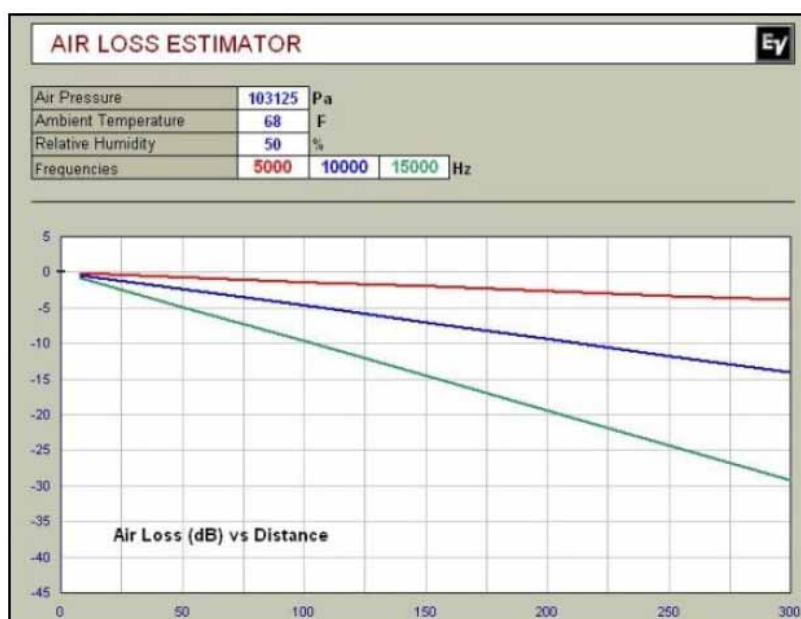


Obrázek 2: Směrování příliš nízko

Electro-Voice vytvořil pro line-arraye predikční software (LAPS), a to ze dvou důvodů. První z nich je umožnit uživatelům docílit rovnoměrného akustického tlaku a odpovídající frekvenční odezvu. Druhým důvodem je vyvarování se potenciálních problémů zmíněných výše. Používáním tohoto softwaru maximalizuje výkonnost systému a minimalizuje poškození reprosoustav.

4.7 Nezvedejte úroveň v EQ na vyšších kmitočtech pro vyrovnání ztrát při venkovním ozvučování

Jednou z vlastností vzduchu je absorpce vysokých kmitočtů, čím vyšší je kmitočet, tím větší je pohltivost. Absorpce je tím větší, čím je vyšší teplota a nižší relativní vlhkost vzduchu. Tento efekt se nevyskytuje v uzavřených prostorách, protože zde vzdálenosti nejsou tak velké jako na venkovních prostranstvích. Venku je absorpce vzduchem nezanedbatelnou skutečností. Například, úroveň signálu na kmitočtu 10 kHz bude utlumena přibližně o 14 dB na vzdálenosti cca 90 metrů, viz obrázek 3.



Obrázek 3: Ztráty volným prostorem při cca 90 m (300 stop)

Nezvedejte úroveň vyšších kmitočtů pomocí ekvalizéru, může to způsobit přebuzení systému na vysokých kmitočtech. Místo toho zvažte použití doplňkových delay systémů umístěných v poslecho-
vém prostoru (obvykle za místem, kde sedí zvukař).

4.8 Používejte měřič SPL - může naměřit více než si myslíte

Náš sluch vnímá zkreslené signály hlasitěji než signály nezkreslené. Protože má nová technologie zvukových systémů menší zkreslení než starší systémy, může se nám zdát, že nové systémy jsou méně hlasité.

Měli bychom vždy monitorovat hladinu SPL, a to nejen z důvodu ochrany lidského sluchu, ale také pro ochranu zvukového systému. Na měřiči SPL zapněte režim „FLAT“ nebo váhový filtr typu C a rychlost odezvy na FAST.

4.9 Nešetřete na výkonových rezervách ozvučovací výbavy

Při výběru vhodné aparatury se často bere v úvahu hlavně rozpočtové omezení, hmotnost, rozměry apod., ale zapomíná se na výkonové rezervy systému. Jestliže se poddimenzuje ozvučovací soustava, je velká pravděpodobnost jejího přebuzení. Buďte velice obezřetní v těchto situacích.

4.10 Porovnání filtrů FIR a IIR

V minulých letech byly v digitálních procesorech dominantní filtry IIR. V současnosti se rozšířily FIR filtry, nabízející mnohem více než filtry IIR, důvody jsou dva. Prvním z nich je, že amplituda a fáze může být řízena precizněji, druhý důvod spočívá v možnosti vytvoření strmějších výhybek.

Je nějaký rozdíl mezi filtry IIR a FIR v ohledu na přebuzení zvukového systému? Z technické stránky zde rozdíl není. Protože je však docíleno kvalitnějšího zvuku s filtry FIR, odposlouchané věci, podle kterých zvukový technik rozpoznal přebuzení, nejsou slyšitelné. FIR filtry jsou potlačeny podstatně více než IIR filtry. To má za následek zvyšování úrovně zvukovým technikem v domnění, že systém ještě není přebuzen. Všechny rady z předešlých sekcí pro minimalizaci možného vzniku přebuzení, lze uplatnit i zde.

Na závěr vám přejeme ostražitost při nastavování systému, dobrý zvuk i posluchače. Ať se vašemu systému vyhne „náhlá smrt“.

