● مهندس نورالدین چیلان
کارشناس آموزش معاونت صدا

همپوشی صدا (Audio Masking)

در صورت حضور چند صدا به طور هم زمان، صدای قوی تر صدای ضعیف تر را می پوشاند و مانع از وضوح شنود می شود. هرچه فرکانس صداها به یکدیگر نزدیک تر باشد، این همپوشی بیشتر و تشخیص صدای ضعیف دشوارتر است.

صدای بلندتر به علت دامنه بیشتر، صدای کوتاه تر (منحنی خط چین) را می پوشاند و مانع از شنود آن می شود.

امروزه در طراحی دستگاه های صوتی دیجیتال، به منظور کاستن از حجم داده ها از پدیده همپوشی بهره می گیرند.

پاسخ فرکانسی

پاسخ فرکانسی دستگاه صوتی، نشان دهنده قابلیت دستگاه برای بازتولید سیگنال اصلی است. پاسخ فرکانسی علاوه بر تطبیق با مشخصات شنوایی گوش، با امکانات فنی تجهیزات استودیو نیز باید مطابقت داشته باشد.

در شرایط آرمانی، پاسخ فرکانسی دستگاه را «خطی» می انگارند، یعنی دستگاه صوتی قادر است کلیه فرکانس های صوتی را به یک نسبت تولید کند. انحراف از شرایط آرمانی منجر به واپیچش خطی صدا (Linear Distortion) می شود.

تأثیر پاسخ فرکانسی بر شنوایی

در فیزیک کلاسیک گفته می شود، گوش انسان صداهای موجود در حوزه فرکانسی ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز راتشخیص می دهد. اما این گفته عمومیت ندارد و بسیاری از مردم کل این حوزه و به ویژه فرکانس های بالا رانمی شنوند.

در نمودار زیر، توانایی مردم در شنود کل حوزه فرکانس‌های صوتی نشان داده شده است. توجه کنید که درفرکانس‌های فراتر از ۱۴ کیلوهرتز، میزان اطلاعات صوتی کاسته می‌شود و تنها معدودی از افراد فرکانس‌های فراتر از ۱۴ الی ۱۵ کیلوهرتز را می‌شنوند. حد بالای حوزه فرکانس صوتی، یعنی ۲۰ کیلوهرتز، به واقع قابل شنیدن نیست.

تعریف پاسخ فرکانسی

در شرایط آرمانی دستگاه‌های استودیویی باید بتوانند در کل حوزه فرکانس‌های صوتی با بهره یکسان عمل کنند.

روش معمول برای نشان‌دادن عملکرد دستگاه، رسم نمودار پاسخ فرکانسی دستگاه است که تغییرات بهره یا تراز سیگنال خروجی را در حوزه فرکانس نشان می‌دهد. در این نمودار محور فرکانس را برحسب گام‌های لگاریتمی درجه‌بندی می‌کنند.

نمودار حوزه فرکانس صوتی: تراکم خطوط نماینده تعداد افرادی است که فرکانس‌های مختلف را می‌شنوند.

با توجه به این نمودار، در سیستم‌های صوتی، ارسال فرکانس‌های کمتر از ۴۰ هرتز و بیشتر از ۱۵ کیلوهرتز، نه تنها غیر ضروری است، بلکه مفید هم نیست.

نکته مهم این است که کلیه تجهیزات استودیو بتوانند کل حوزه صوتی را با بهره مساوی دریافت کنند. دراین صورت، تناسب اصلی بین فرکانس‌ها حفظ می‌شود و صدای اصلی به خوبی باز تولید خواهد شد. به چنین سیستمی، سیستم صوتی «با وفاداری بالا» (High Fidelity) و یا به اختصار «Hi-Fi» می‌گویند.

محدودیت دستگاه‌های صوتی

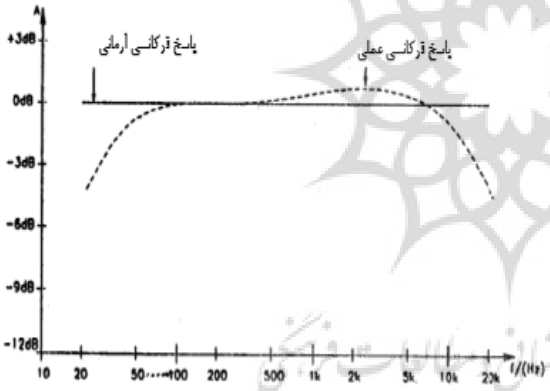
سیگنال‌های صوتی تقریباً هشت اکتاو را در بر می‌گیرند که حوزه بسیار وسیعی است. اما برخی از دستگاه‌های صوتی قادر به دریافت کل این حوزه نیستند؛ بنابراین ساختار فنی دستگاه‌های صوتی، عامل تأثیرگذار مهمی برکیفیت صدا به شمار می‌آید.

به‌عنوان مثال، صدای ضبط شده به‌وسیله یک دستگاه کاست صوتی کوچک، کیفیت مطلوب صدای ضبط شده به وسیله دستگاه ضبط مغناطیسی نواری را ندارد.

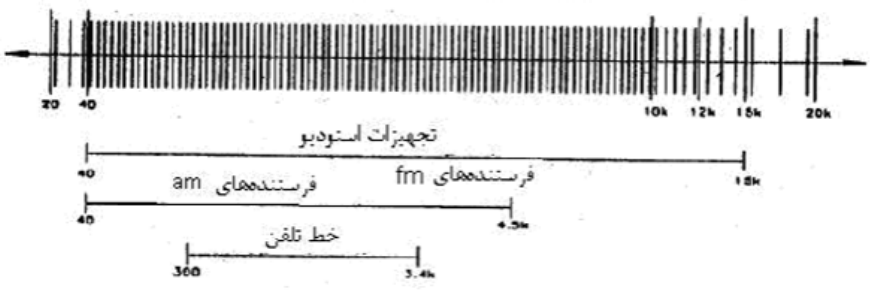
به این ترتیب، حوزه فرکانسی دستگاه صوتی محدودیت مهمی در بازتولید کل حوزه صوتی است.

منحنی پاسخ فرکانسی آرمانی، یک خط راست به موازات محور فرکانس است که از نقطه ۰ dB می‌گذرد. در این حالت، پاسخ فرکانسی دستگاه را خطی یا «تخت» (Flat) می‌نامند.

پاسخ فرکانسی دستگاه‌های استودیو، بسته به کیفیت وساختارشان، از حالت آرمانی فاصله دارد.



نمودار پاسخ فرکانسی دستگاه



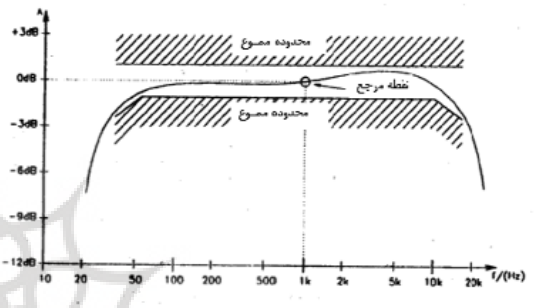
حوزه فرکانسی دستگاه‌های مختلف به ساختار فنی آنها بستگی دارد.

به‌منظور تعیین کیفیت پاسخ فرکانسی، محدوده‌ای مجاز برای تغییرات پاسخ فرکانسی دستگاه در نظرمی‌گیرند. اگر منحنی پاسخ فرکانسی در محدوده مجاز باقی بماند، مطلوب است و در غیر این صورت نامطلوب.

محدوده مجاز تغییرات پاسخ فرکانسی دستگاه نسبت به نقطه‌ای به نام «نقطه مرجع» تعیین می‌شود. نقطه‌مرجع، نقطه‌ای در مرکز منحنی در فرکانس یک کیلوهرتز است که امتداد آن محور عمودی را در ۰ dB قطع می‌کند.

-- بهره یا تراز سیگنال در فرکانس یک کیلوهرتز را تراز ۰ dB می‌گویند.

۰ dB -- نقطه مرجع برای کلیه فرکانس‌هاست



منحنی پاسخ فرکانسی در محدوده مجاز تغییر می‌کند و پاسخ دستگاه مطلوب است.

معمولاً محدودیتی برای تغییرات پاسخ فرکانسی در دو طرف طیف فرکانس صوتی درنظر نمی‌گیرند، زیرا:

-- حوزه‌های فرکانسی بسیار پایین یا بالا در کیفیت صدا چندان تأثیر نمی‌گذارد.

-- بسیاری از دستگاه‌ها در این حوزه‌ها نمی‌توانند پاسخ فرکانسی خطی تولید کنند.

هرچه کیفیت دستگاه بهتر باشد، محدوده مجاز در منحنی پاسخ فرکانسی، باریک‌تر است. در برگه‌مشخصات فنی دستگاه‌ها، حوزه بهینه پاسخ فرکانسی و نقاط شکست منحنی و انحراف از محدوده مجاز قیدمی‌شود. به‌عنوان مثال مشخصات منحنی فوق چنین نوشته می‌شود:

۱ dB (: ۱۰ zkH تا ۱۰۰ zH

۲ dB-، ۱۵ zdB ۱+: kH تا ۴۰ zH

تجهیزات استودیو، به‌ویژه دستگاه‌های ضبط صوت نواری و کاست، تمایل به ایجاد واپیچش خطی دارند.از این رو سرویس منظم و با دقت دستگاه‌ها عامل مهمی برای دریافت پاسخ فرکانسی مطلوب است:

-- هدهای دستگاه ضبط و غلتک‌های راهنمای نوار را همواره تَمیز نگاه دارید.

-- دستگاه‌ها، به‌ویژه ضبط صوت‌ها را به‌طور مرتب سرویس کنید.

واپیچش صوتی (Sound Distortion)

واپیچش صوتی، خواه خطی و خواه غیرخطی، مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر صدا، در جهت افت کیفیت آن‌است و همواره از عیوب زیر حکایت می‌کند:

- کارکرد نادرست دستگاه
- ناهمخوانی فاحش دستگاه
- عیب فنی دستگاه

نکته مهم: پیدایش واپیچش صوتی در استودیو نشانه مهمی از عملکرد نادرست دستگاه‌هاست که‌رسیدگی فوری می‌طلبد.

البته هر قطعه از تجهیزات و دستگاه‌های استودیو اندکی واپیچش ایجاد می‌کند. در شرایط کاری، میزان این واپیچش باید به‌گونه‌ای کم شود که شنیده نشود. بسته به حساسیت گوش شنونده و نوع موسیقی، واپیچش صوتی فراتر از ۱٪ تا ۳٪ قابل شنیدن است. آواهای خالص مانند سیگنال آزمون و نت‌های پیانو، بیشترین حساسیت را نسبت به واپیچش صوتی نشان می‌دهند. موسیقی ارکستری یا گفتار حساسیت کمتری نسبت به واپیچش صوتی دارد.

در جدول زیر درصد واپیچش مجاز دستگاه‌های صوتی نگاشته شده است

نوع دستگاه	واپیچش مجاز (به درصد)
میکروفن‌ها	۰/۰۱ تا ۰/۱
صدامیزها و تقویت کننده‌ها	۰/۱ تا ۰/۵
دستگاه پخش صوت	۱
دستگاه ضبط صوت نواری	۰/۱ تا ۰/۵
دستگاه ضبط صوت کاست	۱ تا ۵
فرستنده‌ها	۱
گیرنده‌ها	۱
بلندگوها	۱ تا ۵

در صورت تجاوز از حداکثر تراز تعیین شده دستگاه، میزان واپیچش صوتی به شدت افزایش می‌یابد که درنهایت به برش قله‌های موج صوتی (Clipping) منجر می‌شود که در این حالت، میزان واپیچش گاهی به ۳۰٪ ویا حتی به بیشتر از این حد نیز می‌رسد.

از این رو، برای اکثر دستگاه‌های استودیو، حاشیه‌ای امن برای تعدیل تراز‌ها و جلوگیری از فرامدولاسیون تعیین می‌کنند که اصطلاحاً به آن ناحیه فرازین (HeadRoom) می‌گویند.

تراز ناحیه فرازین به تناسب نوع دستگاه متفاوت است:

نوع دستگاه	تراز ناحیه امن فرازین
صدامیزها و تقویت صوت نواری	۱۵ dB تا ۲۰ dB
دستگاه‌های ضبط صوت نواری	۶dB
دستگاه‌های ضبط صوت کاست	۶dB
فرستنده‌ها	۰dB

با توجه به جدول بالا، مشاهده می‌کنید که فرستنده‌ها و دستگاه ضبط صوت نواری (یا کاست) نسبت به فرامدولاسیون از حساسیت بیشتری برخوردارند. بنابراین در ارسال سیگنال به این دستگاه‌ها به ویژه باید مراقب بود تراز سیگنال در محدوده تعیین شده قرار گیرد و فراتر نباشد.

برای اندازه‌گیری تراز سیگنال ارسالی به این دستگاه‌ها باید از سنجشگر تراز قله صدای برنامه (PPM) استفاده کرد که در مقایسه با سنجشگر واحد حجم صدا (VU-meter) از دقت بیشتری برخوردار است.

تعریف واپیچش صوتی

واپیچش سیگنال صوتی همواره به علت کارکرد نادرست یک یا چند دستگاه ایجاد می‌شود. در واپیچیده‌سازی سیگنال، دستگاه معیوب سیگنال ناخواسته‌ای را به سیگنال اصلی می‌افزاید. به بیان فیزیکی، این سیگنال افزوده دارای فرکانس‌هایی است که ضریب صحیحی از سیگنال اصلی است که به آنها، هارمونیک‌های سیگنال می‌گویند.

بنابراین می‌توان گفت در واپیچش صوتی، هارمونیک‌ها پدید می‌آیند و بسته به نوع و علت واپیچش، شکل هارمونیک‌ها متفاوت است.

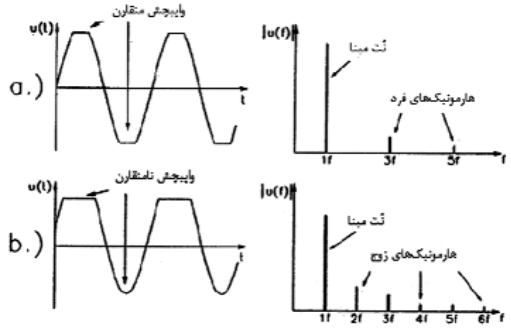
به طور کلی، دو نوع واپیچش مشاهده می‌شود:

واپیچش متقارن: در واپیچش متقارن، قله نیم موج‌های مثبت و منفی به یک میزان برش می‌یابند و موج واپیچیده دارای تقارن است.

-در واپیچش متقارن تنها هارمونیک‌های فرد تولید می‌شود. (مثلاً هارمونیک‌های سوم، پنجم، هفتم و...)

واپیچش نامتقارن: در واپیچش نامتقارن، نیم موج‌های مثبت و منفی، برش‌های ناهمسان می‌یابند و موج حاصل فاقد تقارن است.

- در واپیچش نامتقارن افزون بر هارمونیک‌های فرد، هارمونیک‌های زوج نیز پدید می‌آید (مثلاً هارمونیک‌های دوم، سوم، چهارم و...)



نمودار موج سینوسی واپیچیده: -موج سینوسی با واپیچش متقارن (قله‌های موج به یک میزان برش یافته‌اند). در طیف موج، تنها هارمونیک‌های فرد مشاهده می‌شود و نت مبنا بزرگ‌ترین دامنه را دارد.

-موج سینوسی با واپیچش نامتقارن. در طیف موج، فرکانس‌های فرد و زوج مشاهده می‌شود و نت مبنا بزرگ‌ترین دامنه را دارد.

به این ترتیب برای تعیین میزان واپیچش، نخست دامنه هارمونیک‌ها را جمع هندسی کرده و سپس دامنه کل هارمونیک‌ها را با دامنه سیگنال اصلی مقایسه می‌کنند:

$$\text{واپیچش} = \frac{\sqrt{U_{f2}^2 + U_{f3}^2 + U_{fn}^2}}{U_{f1}} \times 100$$

$$\text{واپیچش} = \text{ضریب} \times \left(\frac{Distortion}{100} \right)$$

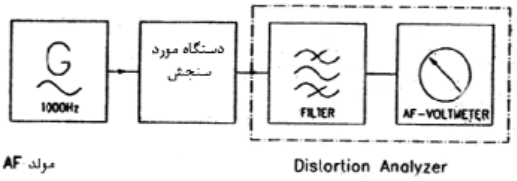
در رابطه بالا Uf1 ولتاژ سیگنال در فرکانس مبناست.

Uf2 الی Ufn ولتاژهای هارمونیک دوم الی n ام است.

روش اندازه‌گیری میزان واپیچش دستگاه

برای اندازه‌گیری میزان واپیچش، نخست یک موج سینوسی ناب و بدون هارمونیک به ورودی دستگاه موردسنجش اعمال می‌شود. فرکانس این موج را معمولاً ۱۰۰۰ هرتز و با دامنه معین (مثلاً تراز استاندارد استودیو) درنظر می‌گیرند. سپس در خروجی دستگاه، سیگنال را از یک پالایه (فیلتر) می‌گذرانند و فرکانس مبنا را از هارمونیک‌های ایجاد شده جدا می‌سازند و ولتاژهای فرکانس مبنا و هارمونیک‌ها را اندازه‌گیری کرده و با استفاده از روابط ریاضی بالا، میزان واپیچش ایجاد شده به وسیله دستگاه را محاسبه می‌کنند. در سیستم‌های نوین این

محاسبه به گونه خودکار و به وسیله رایانه صورت می‌پذیرد.



نویز (Noise)

نویز، بنابر تعریف، به هرگونه سیگنالی اطلاق می‌شود که به سیگنال اصلی افزوده شود. نویز صرفاً یک مشکل الکترونیکی نیست و به علل مختلف ایجاد می‌شود، از جمله:

نویز آکوستیکی: مانند نویز پس زمینه در صدابرداری زنده

نویز مکانیکی: مانند عبور نوار کثیف از مقابل هدهای دستگاه ضبط صوت

نویز مغناطیسی: مانند مغناطیس‌شدگی نوار در نسخه برداری

نویز محیطی: مانند تخلیه الکتریکی، هوم به علت تداخل با برق شهری و تداخل الکترومغناطیسی کابل‌ها

نویز الکترونیکی: مانند نویز حرارتی عناصر مدار، تداخل بین عناصر الکتریکی و هوم ناشی از منبع تغذیه

نویزها اخلال‌های گوناگونی تولید می‌کنند که برای حذف یا کاهش آنها، روش‌های مختلفی اتخاذ می‌شود. نویز شدید می‌تواند به علت خرابی دستگاه یا اتصال ناقص و یا استفاده نادرست از دستگاه تولید شود. بنابراین صدابردار و بخش تعمیرات و مهندسی هر دو در حذف آن سهیم‌اند.

معمولاً علت نویز را می‌توان از صدای آن تشخیص داد:

هیس، ناشی از نویز نوار، نویز تقویت کننده (نویز حرارتی) و پایین بودن تراز سیگنال است.

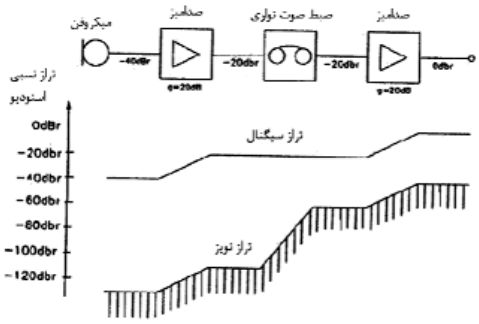
هوم، ناشی از تداخل برق شهری، اتصال ناقص زمین دستگاه، ورودی‌های نامتعادل و خرابی منبع تغذیه است.

ترق تروق، ناشی از نوار خش‌دار یا کثیف، تماس ناقص نوار و پتانسیومترهای کثیف است.

آشکار است که تشخیص علت نویز و اتخاذ تصمیم مناسب برای برطرف‌سازی آن به تجربه و مهارت گروه تولید و فنی بستگی دارد؛ البته همواره مقدار معینی «نویز طبیعی» وجود دارد که حذف آن ممکن نیست. دستگاه‌ها و تجهیزات استودیویی باید چنان تنظیم شوند که در شرایط کاری، نویز تولید شده به وسیله آنها قابل شنود نباشد.

یکی از علل ظهور نویز، تراز ناکافی سیگنال است. هرچند ترازهای فراتر از تراز استاندارد استودیو سهم عظیمی در ایجاد نویز دارند، اما ترازهای پایین نیز، نویز قابل توجهی تولید می‌کنند.

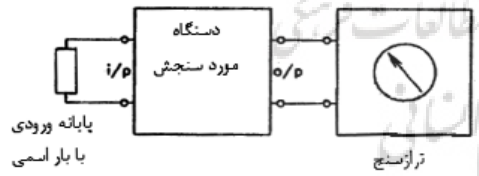
یکی از روش‌های ایجاد نویز شدید عمدی (غوغا) در یک برنامه، پایین آوری ترازهای سیگنال است. شایان ذکر است که ترازهای فراتر از تراز استاندارد استودیو، واپیچش صوتی پدید می‌آورند و ترازهای پایین، نویز قابل شنود تولید می‌کنند.



نمودار زنجیره ترازهای استودیو، تراز نویز دستگاه ضبط صوت نواری پایین است. بنابراین نسبت سیگنال به نویز کاسته شده است. اگرچه تراز سیگنال در تقویت کننده توان افزایی می‌شود، نویز نیز به همان نسبت تقویت می‌شود، بنابراین نسبت سیگنال به نویز ناچیز است.

روش‌های اندازه‌گیری نویز

در دستگاه‌های صوتی حرفه‌ای، میزان نویز به وسیله ترازسنج اندازه‌گیری می‌شود. به‌طور معمول، ترازسنج‌هایی با حساسیت حداقل -۶۰ dB تا -۸۰ dB برای سنجش نویز کفایت می‌کند. تراز نویز را از اندازه‌گیری تراز سیگنال در خروجی دستگاه، در حالی که سیگنال ورودی صفر است، به دست می‌آورند. دراین حالت، سیگنالی در ورودی وجود ندارد، بنابراین سیگنال خروجی در واقع نویز تولید شده به وسیله دستگاه است.



اندازه‌گیری تراز نویز دستگاه، سیگنال ورودی صفر است و سیگنال خروجی میزان نویز را نشان می‌دهد.

به طور معمول، کیفیت نویز آفرینی دستگاه را با نسبتی به نام **نسبت سیگنال به نویز** می‌سنجند. بنابر تعریف، نسبت سیگنال به نویز، تناسبی است بین حداکثر تراز عملیاتی (operation level) دستگاه و تراز نویز.

مثال:

تراز نویز اندازه‌گیری شده: -dB۶۲

حداکثر تراز سیگنال: dB۶+

نسبت سیگنال به نویز: S = N/dB۶۸

تراز نویز از شاخص های دستگاه است درحالی که، حداکثر تراز عملیاتی با توجه به استاندارد ایستگاه پخش رادیویی تعیین می‌شود. بنابراین، **نسبت سیگنال به نویز برای برخی از دستگاه‌ها عدد ثابتی نیست.**

نسبت سیگنال به نویز متصدی دستگاه را در تشخیص حوزه پویش (دینامیک رنج) موجود کمک می کند.

همچنین، برخی از سازندگان دستگاه‌های تجاری نسبت سیگنال به نویز را نسبت تراز نویز به تراز برش (ونه حداکثر تراز عملیاتی دستگاه) درنظر می گیرند و به این ترتیب، حوزه ایمنی دستگاه را نیز به نسبت سیگنال به نویز می افزایند.

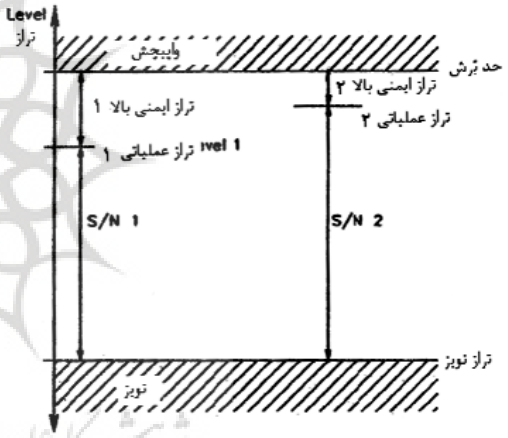
مثال:

تراز نویز اندازه گیری شده: dB۶۲-

حداکثر تراز سیگنال: dB۶+

تراز برش: dB۱۴+

نسبت سیگنال به نویز: S = N/dB۷۶



نمودار نسبت های مختلف S/N در دو تراز عملیاتی. توجه کنید که تراز نویز در دو حالت مقدار ثابتی است.

«ووو» و «پرپر» (WOW and FLUTTER)

«ووو» و «پرپر» حاکی از معیوب شدگی صدای اصلی است که تنها در ضبط های مکانیکی رخ می دهد و تنها شامل دستگاه های ضبط و پخش نواری و یا کاست است.

تأثیر شنودی «ووو» و «پرپر»

«ووو» و «پرپر» از بدترین عیوب صدا شمرده می شود. نمونه آن صدایی است که از یک دستگاه کاست باکیفیت نامطلوب شنیده می‌شود. در چنین ضبط هایی، شنونده، تغییرات فرکانسی را تجربه می کند که بسیار ناخوش آهنگ اند.

دو واژه آوایی «ووو» و «پرپر» توصیف صدای حاصل از این دو پدیده است:

-- اگر تغییرات فرکانس کُند (کمتر از ده سیکل بر ثانیه) باشد، به آن «ووو» (WOW) می گویند.

-- اگر تغییرات فرکانس تُند (بیشتر از ده سیکل بر ثانیه) باشد، به آن «پرپر» (FLUTTER) می گویند.

تفکیک «ووو» و «پرپر» ضروری است، زیرا این دو عیب معمولاً به علت های مختلفی رخ می دهند.

علل پدید آمدن «ووو:»

-- آلودگی یا چسبندگی غلتک های راهنمای نوار

-- کشش نادرست نوار

-- خرابی سیستم ترمز نوار

-- نادرستی فشار غلتک های راهنمای نوار

-- مرطوب و چسبنده بودن نوار

علل پدید آمدن «پرپر:»

-- آلودگی چرخ لنگر (capstan)

-- آلودگی غلتک فشارنده (pinch roller)

-- سرعت ناهماهنگ موتور و مشکلات بلبرینگ

-- ساییدگی و فرسایش غلتک ها

فهرست بالا نشان می دهد که عیوب «ووو» و «پرپر» بیشتر به علت نگاه‌داری نادرست دستگاه رخ می دهد وغالباً با تمیز نگاه داشتن و سرویس کردن منظم دستگاه برطرف می شود.

توجه کنید که کلیه دستگاه‌های ضبط صوت آنالوگ همواره اندکی «ووو» و «پرپر» تولید می کنند که به ساختار ذاتی دستگاه مرتبط است و رفع آن ممکن نیست. اما در شرایط متعارف کاری، این مقادیر باید قابل اغماض باشند و شنیده نشوند.

«ووو» و «پرپر» همواره نشانگر اشکال فنی جدی است و اقدام فوری می طلبد.

تعاریف «ووو» و «پرپر»

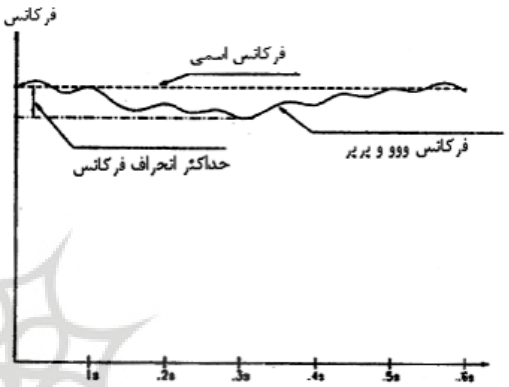
از جنبه فنی، «ووو» و «پرپر» مدولاسیون فرکانسی سیگنال اصلی است. در این مدولاسیون، انحراف فرکانس ازمقدار اسمی، نشانگر شدت «ووو» و «پرپر» و فرکانس مدولاسیون معرف تناوب «ووو» و «پرپر» است.

برای اندازه گیری «ووو» و «پرپر» نخست سیگنالی با فرکانس ثابت بر روی نوار ضبط می شود. سپس به وسیله دستگاه پخش صوت، این سیگنال را پخش می کنند و انحراف فرکانس آن را در هنگام پخش اندازه می گیرند. نسبت حداکثر انحراف فرکانس از فرکانس اصلی به شکل درصد محاسبه می شود.

گوش انسان بیشترین حساسیت را نسبت به «ووو» و «پرپر»

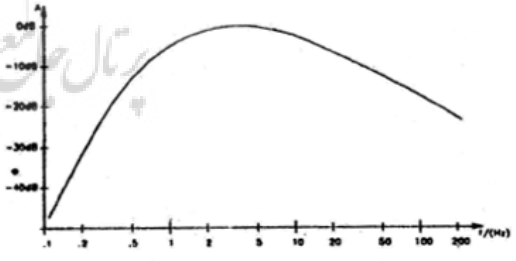
در فرکانس حدود سه کیلوهرتز نشان می‌دهد.بنابر استاندارد CCIR، فرکانس آزمون «ووو» و «پرپر ۳۱۵۰» هرتز است. نوارهای آزمون ضبط شده با این فرکانس، نگهداری می‌شود تا بخش مهندسی و تعمیرات بتواند در هنگام ضرورت از آن استفاده کند.

«ووو» و «پرپر» در فرکانس سیگنال اصلی انحراف ایجاد می‌کنند. بنابر استاندارد CCIR، سیگنال آزمون برای سنجش «ووو» و «پرپر»، ۳۱۵۰ هرتز تعیین شده است. مقادیر «ووو» و «پرپر» از تقسیم حداکثر دامنه انحراف فرکانس بر حداکثر دامنه فرکانس اصلی به دست می‌آید.

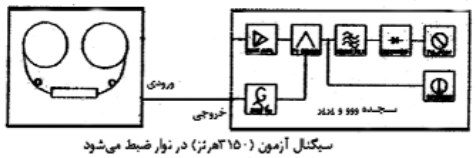


گوش انسان تغییرات فرکانس را بسته به حوزه فرکانس با شنودهای مختلف درک می‌کند. گوش آزارترین تغییرات فرکانسی در حدود فرکانس ۴۰۰۰ هرتز احساس می‌شود. فرکانس‌های فراتر و فروتر گوش را کمتر آزار می‌دهند.

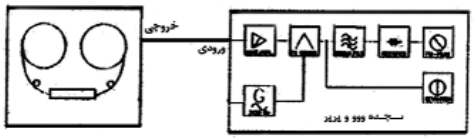
منحنی معیار گوش انسان در دریافت صدای «ووو» و «پرپر»، حداکثر احساس شنوایی در فرکانس چهارکیلوهرتز برانگیخته می‌شود و صداگوش آزار است. حساسیت گوش در فراتر و فروتر از قله چهار کیلوهرتز افت می‌کند.



مقادیر «ووو» و «پرپر» را با سنجشگرهای ویژه اندازه‌گیری می‌کنند. سنجشگر «ووو» و «پرپر» شامل مولدسیگنال آزمون، مدار تحلیل گر دمولاتور FM، یک پالایه توزین (Weighting filter) و نشان‌نمای عقربه‌ای و یادیجیتال است. در صورت در دسترس نبودن نوار آزمون، نخست سیگنال آزمون (۳۱۵۰هرتز) را از سنجشگر دریافت کرده و در نوار ضبط کنید. سپس نوار را به‌وسیله دستگاه پخش کنید و خروجی آن را به ورودی سنجنده «ووو» و «پرپر» اعمال کنید و میزان انحراف عقربک اندازه‌گیری را ثبت نمایید.



سیگنال آزمون (۳۱۵۰هرتز) در نوار ضبط می‌شود



پخش نوار و اندازه‌گیری ووو و پرپر

شیوه اندازه‌گیری «ووو» و «پرپر»
نخست، سیگنال آزمون (۳۱۵۰ هرتز) در نوار ضبط می‌شود.
سپس نوار پخش می‌شود و سیگنال خروجی به‌وسیله سنجشگر «ووو» و «پرپر» تحلیل می‌شود.

سنجنده‌های «ووو» و «پرپر» تندی انحراف فرکانس (drift speed) را نیز اندازه می‌گیرند. در تندی انحراف فرکانس، فرکانس با روندی ثابت تغییر می‌کند. (صدای زیر به تدریج به صدای بم تبدیل می‌شود).

در واقع می‌توان گفت، «تندی» نوعی «ووو» با فرکانس پایین است.

معمولاً، تغییرات ثابت سرعت نوار به‌وسیله گوش قابل تشخیص نیست. اما این تغییرات نشانگر عیب فنی در سیستم رانش دستگاه ضبط صوت نواری و دستگاه پخش صداست. بنابراین، اندازه‌گیری سرعت نوار درهنگام تنظیم و سرویس دستگاه ضروری است.

منبع:
برگرفته از سلسله مقالات «آموزش صدابرداری» ارائه شده در «مرکز آموزش رادیویی دویچه وله».

❖ ❖ ❖