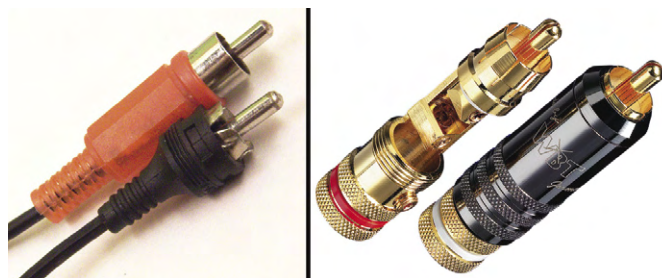


W sierpniowym EP rozpoczęliśmy niezwykle Kurs Audio. Niezwykły, bo dotyczący nie tylko zagadnień technicznych, ale również psychologicznych i emocjonalnych, wszak audio jest dziedziną zainteresowań nie tylko elektroników, ale też melomanów i dziwnych stworów nazywanych audiofilami, którzy kochają sprzęt, a nie mając na ogół solidnej wiedzy technicznej, wyznają niekiedy „czarną magię”. Po omówieniu w EP8/2008 klas wzmacniaczy zajmiemy się teraz fenomenem odrodzenia techniki lampowej, przedstawimy też punkt widzenia audiofila na temat wzmacniaczy. Mimo, iż nie żałujemy miejsca na ten kurs (w tym miesiącu 25 stron), jednak zostało jeszcze parę ważnych tematów do omówienia w następnym wydaniu EP.

Lampa kontra tranzystor,

czyli rzecz o pysznych naleśnikach Pani Basi

Zostałem poproszony o napisanie artykułu na temat *Lampa kontra tranzystor*. Gdy jednak zacząłem zastanawiać się nad zagadnieniem i układać plan artykułu okazało się, że jest to tylko wierzchołek góry lodowej. Rozwazałem, czy aby artykuł nie powinien mieć tytułu: *Elektronicy są z Marsa, audiofile z Wenus*, w nawiązaniu do tytułu znanej książki, którą mam na półce, ale której nie przeczytałem. Moja żona, która kilkakrotnie namawiała mnie do jej przeczytania, powołuje się na tę książkę jako dowód tezy, że mężczyźni nie potrafią zrozumieć kobiet (i chyba na odwrót też, ale to nie jest tematem naszych rozmów).



Fot. 1.

Lampa czy tranzystor? – to przecież jedna z głównych osi sporów i niekończących się dysput. Takich osi jest zresztą w technice audio dużo więcej, żeby wspomnieć niekończące się dyskusje o wyższości słabego lokalnego sprzężenia zwrotnego nad silnym globalnym.

Chciałbym podzielić się własnymi przemyśleniami na te tematy, choć oczywiście nie uważam, że to wyczerpie rozległy jak ocean temat jakości dźwięku oraz parametrów sprzętu audio.

Ja jestem elektronikiem z zamiłowania i wykształcenia. Elektronika, w tym technika audio, zajmuję się od ponad 30 lat, dość dobrze rozumiem parametry techniczne, potrafię je zmierzyć. Wykonałem niejeden układ elektroakustyczny, w tym niemało wzmacniaczy. Przyznaję się bez bicia, że nie słyszę różnicy dźwięku po zmianie metrowej długości kabelka połączeniowego między odtwarzaczem i wzmacniaczem. Oczywiście nie potrafię też po dźwięku poznać, jakiej firmy i jakiej jakości są wtyczki Chinch zastosowane w tym kabelku – patrz fot. 1. Nie podejmuję się też dyskusji o różnicy między zniekształceniami 0,05% i 0,005%.

Taki już jestem. I dobrze mi z tym. I jeśli tylko mam trochę czasu, to z przyjemnością słucham muzyki, korzystając z posiadanego sprzętu, którego marki i ceny nie zdradzę. Najlepszy, a właściwie najdroższy sprzęt,

jakiego w życiu słuchałem, to instalacje *Teuerste Anlage der Welt*, prezentowane na berlińskich wystawach IFA – przykład na fot. 2.

Na podstawie moich doświadczeń stwierdzam, że problemu *lampa czy tranzystor* nie da się zawęzić do dwóch stron sporu. Zagadnienie jest wielopłaszczyznowe, a linia podziału nie oddziela wcale podejścia ściśle technicznego od emocjonalnego. Nie mogę opowiedzieć się za jedną ze stron sporu, ponieważ moim zdaniem... nie ma „dwóch stron konfliktu”, nie ma nawet prawdziwego konfliktu, ani sporu.

Jest jedno wielkie nieporozumienie i mnóstwo bezsensownych rozważań, przypominających dyskusję nad tym czy *jeden kilometr jest dłuższy od piętnastu minut, czy nie*.

Zabierając się do pisania tego artykułu wcale nie zakładałem koncyliacyjnego podejścia. Niemniej stawiam tezę, że tak naprawdę, to konfliktu nie ma, a przynajmniej być nie powinno. Uważam, że jeśli już trzeba mówić o stronach czy stronnictwach, to ewentualnie należałoby mówić nie o dwóch grupach, tylko o trzech, a nawet pięciu czy sześciu. Nie będę więc konfrontował *złotouchych audiofilów*, którzy podobno słyszą nawet rodzaj i producenta wtyczek chinch włączonych między odtwarzaczem a wzmacniaczem, z doświadczonymi znawcami problemów technicznych, wiedzącymi wszystko o parametrach technicznych sprzętu. Te dwie grupy główne tylko na pozór stoją we wzajemnej opozycji, a tak naprawdę, cały szum i problem robi grupa trzecia...

Już wyjaśniam, o co mi chodzi.



Fot. 2.

Naleśniki Pani Basi

Nie chcę przytaczać znanego przykładu o badaniu składu chemicznego w celu określenia jakości i porównania różnych gatunków wina. Przytoczę inny przykład, moim zdaniem lepszy.

Ōtóż spektrometr masowy (spektrometr mas) to znakomite i precyzyjne narzędzie badawcze. Kto nie wie, co to jest, niech poszuka w Internecie – przykład widma masowego, pokazany na rys. 3 pochodzi z Wikipedii. Ale czy użycie takiego znakomitego przyrządu jest najlepszym sposobem na porównanie jakości potraw w barze mlecznym i restauracji pięcogwiazdkowego hotelu?

No, może rzeczywiście spektrometr byłby pomocny do szukania toksyn, gdyby się okazało, że jedzenie zostało zatrute. Ale generalnie spektrometry do oceny jakości jedzenia nie stosujemy. Zachwycamy się natomiast rewelacyjnymi naleśnikami w barze mlecznym Pani Basi. Zapewne zachwycamy się też obiadem w restauracji hotelu Hilton.

Czy naleśniki od Pani Basi są lepsze, czy gorsze od krewetek z Hiltona?

Ja osobiście nie lubię krewetek, ani żadnych owoców morza. Mi prawdopodobnie bardziej pasowałyby naleśniki, nawet podane na stole przykrytym ceratowym obrusem. Ale niewątpliwie znalazłoby się grono osób, które podkreślą, że w barze u Pani Basi talerze bywają wyszczerbione, widelce są blaszane, a kwiatki na stolikach – plastikowe. Za to w Hiltonie – to jest szyk: tam kelner kłania się w pas, a fantastyczny wystrój wnętrza i gustowne lampy swym niepowtarzalnym blaskiem wytwarzają niepowtarzalny nastrój. I nieważne, że te krewetki są takie czy inne – w takim otoczeniu wszystko smakuje. A jeśliby nawet nie smakowało, to i tak jest wspaniale. Bo przecież obiad to nie tylko kwestia napełnienia żołądka i reakcji kubków smakowych...

Jeszcze raz pytam: jak porównać, czy smaczniejsze są naleśniki u Pani Basi czy krewetki w Hiltonie?

Głupie pytanie?

No właśnie! Pytanie jest rzeczywiście beznadziejnie głupie, ponieważ o ogólnej ocenie posiłku nie decyduje jedynie jego skład chemiczny. W grę wchodzi mnóstwo innych, podkreślam – niezmiernie ważnych czynników. Ogromne znaczenie mają przecież upodobania, przyzwyczajenia, gust, nastrój, otoczenie, sposób podania, towarzystwo, prestiż, a także kwestie finansowe.

Nie ma sposobu „obiektywnej” oceny i porównania posiłków. W tej kwestii albo zdajemy się na absolutnie subiektywną opinię tego czy innego smakosza, albo sami oceniamy i po prostu wiemy, co nam bardziej smakuje. Warto pamiętać, że dla niektórych rarytasem jest sok z dżdżownic lub pieczeń z kota czy węża w chińskiej restauracji. To, co jest przysmakiem dla jednych, może budzić obrzydzenie drugich.

Czy to znaczy, że nie ma obiektywnych sposobów pomiaru?

Owszem są obiektywne metody i są one potrzebne, a nawet niezbędne, choćby dla takich państwowych organów jak Sanepid czy Inspekcja Handlowa (dawniej PIH). Mamy przecież normy określające dopuszczalną

zawartość szkodliwych substancji w artykułach spożywczych. Istnieją też proste sposoby na sprawdzenie, czy klient nie jest oszukiwany, czy receptura i gramatura znajdują odzwierciedlenie w potrawach na stole. Można łatwo sprawdzić, czy aby kotlet nie jest za mały i czy nie za mało jest „cukru w cukrze”. Tu przypomina się pochodzący z roku 1962 film *Gangsterzy i filantropi*, gdzie „Aptekarz”, jako przypadkowy kontroler, czerpał przez czas jakiś profity ze swej społecznie użytecznej działalności – fot. 4 pokazuje dwie klatki z tego filmu.



Fot. 4.

Przedstawiciel Inspekcji Handlowej zgodnie z ustawą z dnia 15 grudnia 2000 r. o Inspekcji Handlowej, ma dbać o *ochronę praw i interesów konsumentów*, a przedstawiciel Sanepidu ma w sumie dbać o zdrowie konsumentów. Wyszkoleni przedstawiciele tych instytucji w razie potrzeby są w stanie przeprowadzić rozmaite złożone analizy próbek jedzenia i picia. Mają do dyspozycji stosowny sprzęt i laboratoria. Może nawet w razie potrzeby, mogliby skorzystać ze wspomnianego wcześniej spektrometru masowego. Wykryją zagrożenia i uchronią klienta przed oszustwem czy zatruciem. A przynajmniej mogą doprowadzić do ukarania sprawcę problemu.

Wracając do elektroniki i dźwięku, wypadałoby przypomnieć oczywistą prawdę. Prawdę jak najbardziej obiektywną: praca inspektorów polega wprawdzie na kontroli produktów spożywczych, ale ich zadaniem nie jest rozstrzyganie, czy naleśniki w barze mlecznym Pani Basi są lepsze od krewetek w Hiltonie. Czy lepsze są potrawy wegetariańskie, przyrządzane bez soli na parze, a może lepsze są słone, ciężkie sosy, a do tego duży kawał tłustego mięsa? A co to w ogóle znaczy „lepsze”? Czy lepsze ma znaczyć *smaczniejsze*, czy lepsze to *zdrowsze*, a może lepsze to *droższe*?

Czy ktokolwiek przy zdrowych zmysłach oczekuje od pracowników Sanepidu czy Inspekcji Handlowej ostatecznych opinii o wyższości jednych potraw nad drugimi. Ich zadaniem jest obiektywny pomiar parametrów, ale ma to niewiele wspólnego z oceną smaku i ostatecznej jakości.

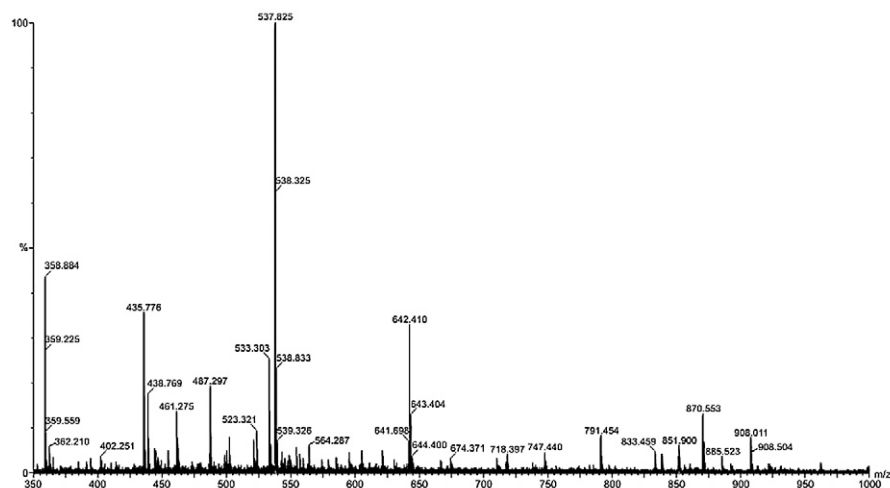
Nie znaczy to, że tacy inspektorzy, kontrolerzy czy analitycy nie mają swojego zdania na temat potraw. Zapewne mają swoje upodobania i preferencje. Ale te upodobania nie mają nic wspólnego z ich pracą zawodową. Inspektor nie musi, ale może być smakoszem. Jedno wcale nie wyklucza drugiego. A z drugiej strony smakosz wcale nie musi być wykwalifikowanym inspektorem i laborantem. I zwykle nie jest.

Czy mam ciągnąć tę analogię dalej?

Podobnie jest przy ocenie muzyki i systemów audio. Także i tutaj istnieją potrzeby i są sposoby na sprawdzenie, czy „karta potraw” zgadza się z rzeczywistością podaną klientowi.

I tu doszliśmy do najbardziej gorącego punktu naszych rozważań: metody techniczne, podobnie jak w przypadku artykułów spożywczych, mają pozwolić na sprawdzenie, czy nie doszło do oszustwa i czy to, co otrzymuje klient, zgadza się z kartą dań i recepturą. Aż tyle i tylko tyle.

I podobnie jak w przypadku potraw, ocena tego co jest lepsze, nie jest domeną techników, tylko smakoszów.



Rys. 3.

To skąd problem? Otóż w przypadku naleśników w barze Pani Basi i krewetek w Hiltonie chyba dla każdego jest oczywiste, że nie trzeba się spierać, ani nawet dyskutować. Przecież w grę wchodzi tak wiele czynników...

Tymczasem sytuacja w kwestii sprzętu audio i jakości dźwięku jest w sumie bardzo podobna, a wywołuje niezliczone zażarte dyskusje i polemiki.

I tu obok smakoszy dźwięków oraz zawodowych „inspektorów” dźwięku pojawia się trzecia grupa. Trzecia grupa, robiąca krecią robotę i zachowująca się gorzej, niż V kolumna. Ta trzecia grupa robi problem, którego w rzeczywistości nie ma. Wszystko z powodu głęboko zakorzenionego, często nieświadomionego przekonania, że jakość dźwięku, czy nawet jakość sprzętu należy oceniać za pomocą środków technicznych.

Andrzej i Danusia

Oto kolejny przykład. Wśród dość liczego grona swoich bliskich i znajomych mam artystę, konkretnie artystę malarza. Także moja żona, która powołuje się na książkę Johna Graya *Mężczyźni są z Marsa, kobiety z Wenus*, od czasu do czasu maluje dla przyjemności.

Co istotne, mój przyjaciel, artysta malarz próbuje mi czasem wytłumaczyć, z marnym zresztą skutkiem, zagadnienia koloru w malarstwie impresjonistów – fot. 5 pokazuje kilka obrazów Claude’a Moneta z serii *Katedra w Rouen*, obejmującej 30 wido-ków tej samej katedry. Andrzej czuje kwestie koloru zupełnie inaczej niż ja. Rozmawiamy całkowicie różnymi językami, choć ja kolory rozróżniam, zajmuję się przecież hobbystycznie fotografią. To odmienne podejście, nie tylko zresztą do koloru, niejednokrotnie dało o sobie znać także w innych dziedzinach. W wielu kwestiach nie możemy się dogadać, ale to wcale nie prowadzi do konfliktu. Jesteśmy od lat zaprzyjaźnieni i nasze rodziny spędzają ze sobą dużo czasu. Szanujemy wzajemnie siebie i swoje podejścia do różnych dziedzin życia.

Podobnie nie mam wspólnego języka w sprawach audio z jego żoną, która jest zawodowym muzykiem – flecistką, a zupełnie nie zna się na elektronice. Nawet gdy rozmawiamy o harmonicznych, ona określa je zupełnie inaczej niż ja. Dla mnie liczą się konkretne częstotliwości podane w hercach, a ona opowiada o zaletach nierównomiernego temperowania, o Bachu i jego „oszustwie” równomiernego temperowania, które dziś jest standardem. I tłumaczy mi, dlaczego niektórzy proszą stroiciela, żeby trochę „oszukiwał” przy strojeniu pianina czy fortepianu.

Co istotniejsze dla głównej myśli tego artykułu, ja nie bardzo rozumiem, dlaczego ona potrafi zachwycać się dźwiękiem ze starej czarnej płyty odtwarzanej na gramofonie z wkładką piezo, albo z płyty CD odtwarzanej na fatalnej jakości sprzęcie z hipermarketu, kosztującym może z 300 złotych, może mniej.

Czy potrafię to wyjaśnić?

Chyba nie, a na pewno nie do końca.

Jej nie przeszkadza szum, obcięte pasmo i zniekształcenia. Ona po prostu słyszy i zwraca uwagę na coś zupełnie innego niż ja. Nie było nigdy takiej okazji, ale przypuszczam, że gdyby każdy z nas miał zakupić sobie dobry sprzęt audio, to nasze wybory byłyby zupełnie różne. I nawet nie śmiem się domyślać, jakimi kryteriami ona kierowałaby się przy wyborze. Czy jej wybór byłby gorszy?

Właściwości i parametry

Co miałoby być najważniejsze przy wyborze sprzętu? Parametry techniczne? Opinie innych? Własne odczucia? A może kluczowym celem jest



Fot. 5.

zadowolenie użytkownika? Jakie znaczenie mają przy tym właściwości ucha?

Nie jestem ekspertem, ale twierdzę, że nie chodzi jedynie o ucho. Jestem przekonany, że mówiąc w uproszczeniu, każdy z nas ma inną czułość, wrażliwość, a powiedziałbym nawet „nieliniowość ucha”. A tak naprawdę, nie chodzi jedynie o parametry techniczne naszego organu słuchu, młoteczka, kowadełka, strzemiączka, ślimaka czy organu Cortiego. Analogicznie jak w przypadku smakowania potraw, w grę wchodzi też nasz mózg i przetwarzanie sygnałów elektrycznych z ucha, a także przetwarzanie na wyższym poziomie, mianowicie cała sfera emocjonalna i psychiczna.

Ponadto, podobnie jak „najsprawiedliwiej rozdzielony jest rozum”, bo nikt nie przyzna się, że ma go za mało, tak też niewiele osób przyzna, że nie ma wiedzy, słuchu i wrażliwości muzycznej. I co istotne, niełatwo to udowodnić, albo też temu zaprzeczyć.

Może nie jest tu dobrą analogią fakt, że nasz kolega Włodek w ogóle nie czuje zapachów, natomiast nasz pies Fedor ma węch około tysiąc razy czulszy od przeciętnego człowieka. Jestem przekonany, że w przypadku zmysłu słuchu „rozrzut możliwości” też jest ogromny, być może wcale nie mniejszy, niż przepaść między Włodkiem a Fedorem w zakresie węchu.

Z jednej strony mamy tzw. „słuch cyfrowy”. Nazwa ładna, tylko nikt nie chwali się, że ma „słuch cyfrowy”. Cyfrowy, czyli zerojedynkowy, a więc posiadacz takowego słuchu doskonale potrafi rozróżnić:

nie grają = 0

grają = 1.

Ale tylko tyle – nic więcej. Dawniej „słuch cyfrowy” nazywano *pierwszym stopniem muzykalności* lub mówiono, że danej osobie *słoń na ucho na-depnął*.

Trudno określić szczyty możliwości słuchu na przeciwnym biegunie. Tym bardziej, że w grę oprócz mierzalnych właściwości dotyczących czułości, w grę wchodzi także wrodzone i nabyte zdolności. I tak osoba będąca zawodowym muzykiem będzie zwracać uwagę na subtelne szczegóły, które świadczą o mistrzostwie wykonania. Wspomniana Danusia, będąca zawodowym muzykiem, słyszy i zwraca uwagę na coś, czego ja nie dostrzegam i oczywiście nie umiem ocenić. Miłośnik muzyki symfonicznej będzie się zachwycał atmosferą nagrania koncertowego, a nawet szumem z widowni. Ekscentryczny miłośnik muzyki elektronicznej będzie pewnie oczekiwał krystalicznej czystości i przejrzystości obrazu dźwiękowego. Amator rapu, którego noga nigdy nie powstała i nie postanie w filharmonii, będzie zawsze narzekał na niedostateczny i zbyt mało wyrazisty bas. Zwolennik muzyki rockowej z zachwytem będzie opowiadał o riffach i fuzzach tego czy innego gitarzysty. To, co dla mnie jest koszmarnym przykładem przesterowania wzmacniacza o niedużej mocy, dla niego będzie pięknym lampowym dźwiękiem. Fascynat CarAudio i tuningu będzie oczekiwał, że jego instalacja zapewni natężenie dźwięku większe, niż startujący odrzutowiec. Wreszcie młody, napalony miłośnik kina domowego i gier komputerowych będzie zwracał uwagę przede wszystkim na siłę poruszających trzewia dźwiękowych efektów specjalnych.

Oczywiście taka różnorodność możliwości i oczekiwań nie jest problemem. Idźmy jednak krok dalej: Czy tak różnorodna grupa w ogóle może znaleźć wspólną płaszczyznę dyskusji i oceny? Czy tą wspólną płaszczyzną miałyby być wyniki pomiarów technicznych?

Czy grupa smakoszków będzie dyskutować o rozkoszach podniebienia w oparciu o wyniki badań laboratoryjnych z Sanepidu i Inspekcji Handlowej? Czy dobrą podstawą ich dyskusji byłby wykres z rys. 3?

Śmiej się, że nie. A ty co o tym sądzisz?

A oto moja główna teza: tak naprawdę nie powinno być konfliktu w dziedzinie oceny sprzętu audio. Przecież oprócz parametrów technicznych, które są potrzebne i mają istotne znaczenie, w grę wchodzi upodobanie, przyzwyczajenia, gusty, a często niestety także ambicje, kompleksy, snobizm i głupota.

Niewątpliwie parametry techniczne sprzętu audio pozwalają wykryć grube niedoskonałości, podobnie jak kontrole produktów spożywczych mogą dostarczyć informacji, czy produkt jest świeży i czy zawartość talerza odpowiada recepturze. Analiza biologiczna może też określić zawartość bakterii. Obecność najrozmaitszych bakterii w pożywieniu jest naturalna. Organizm sobie z nimi doskonale radzi, o ile tylko nie ma ich zbyt dużo. Zresztą i my w swoim wnętrzu hodujemy niemałe zastępy bakterii – florę jelitową. A może i Ty pijesz głośno reklamowany Actimel, którego zaletą są właśnie żywe kultury bakterii? Istnieją normy i wartości graniczne, opracowane na podstawie starannych badań. Normy te mówią między innymi, jakie ilości i jakich bakterii nie mają negatywnego wpływu na organizm. Oczywiście, można próbować zniszczyć wszystkie bakterie, co do jednej, na przykład za pomocą silnego ultrafioletu, promieni Roentgena czy promieniowania radioaktywnego.

I tu kilka pytań do przemyślenia:

Czy rzeczywiście jest prawdą, że dzięki systemowi immunologicznemu zdrowy organizm w ogóle nie zauważa niewielkiej zawartości bakterii? Czy prawdą jest, że sterylne warunki i pożywienie trzeba zapewniać tylko chorym?

A jak się to ma do rozmaitych niedoskonałości i zniekształceń w sprzęcie audio?

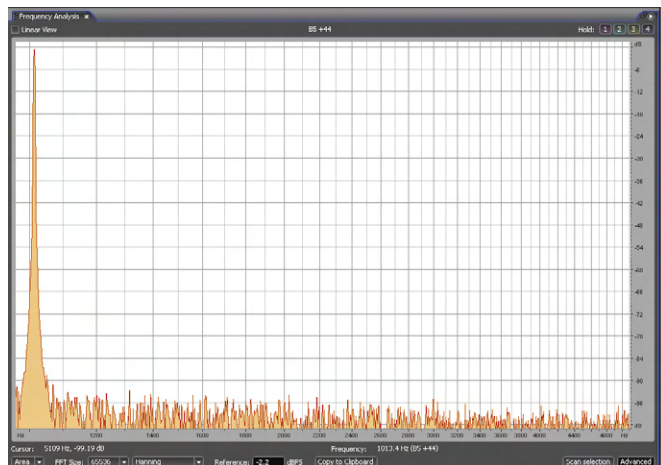
Na przykład w naukowych źródłach można znaleźć informacje, że człowiek nie jest w stanie zauważyć zniekształceń nieliniowych na poziomie niższym niż, i tu jedni mówią 1 procent, inni 0,5%, jeszcze inni że 2%. Czy przez analogię z wszechobecnymi bakteriami można powiedzieć, że taki poziom zniekształceń dźwięku jest doskonale tolerowany przez każdego zdrowego człowieka, a tylko chorym potrzebna jest większa sterylność. Czy tylko chorym potrzebny jest sprzęt o „sterylnych” zniekształceniach 0,05% i mniejszych, jak na rys. 6?

Chorym?

Zdrowe i niezdrowe podejścia

Tak! I tu dochodzimy do drugiej istotnej tezy. Inspektorzy sanitarni są zazwyczaj zdrowi, smakosze też. Chora jest wspomniana wcześniej trzecia grupa. Są to ludzie ewidentnie chorzy, a ich gorączka przejawia się w temperaturze wypowiedzi i polemik.

I tu słowo wyjaśnienia. Nie potępiam prawdziwych **audiofilów**, przepraszam, skreślam słowo – nie potępiam prawdziwych melomanów.



Rys. 6.

Celowo przekreśliłem słowo **audiofil**. Moje dotychczasowe doświadczenia i lektura doprowadziły do tego, że słowo **audiofil** i **audiofilski** źle mi się kojarzą – z kimś, kto tak naprawdę jest ignorantem, nie rozumie problemów technicznych, nie ma też wrażliwości muzycznej, a co najgorsze, oprócz niedouczenia, charakteryzuje się dużą dozą zarozumiałości i kłótności.

W tym miejscu przepraszam wszystkich **prawdziwych audiofilów**, którzy po prostu cieszą się muzyką, i którzy nie są zacierzwieni, nie są skłonni do chwaleń się, tłumaczenia, przekonywania, polemik, czy udowadniania racji. Takich prawdziwych audiofilów szanuję, i to niezależnie od ich wiedzy technicznej. Jednak z uwagi na swoje skojarzenia, chętniej nazywam ich melomanami czy smakoszami dźwięku.

Wcześniej wspominałem o pięciu grupach. Otóż skłonny jestem mówić o (1) „zimnych inspektorach sanitarnych”, dla których liczy się tylko „szkiełko i oko”, dla których ostatecznym wyznacznikiem są liczby – wyniki pomiarów technicznych. Choć nie jest to w pełni trafne utożsamienie, można byłoby tu wspomnieć o naukowcach uniwersyteckich oraz inżynierach i technikach zajmujących się profesjonalnymi systemami nagłośnienia rozmaitych obiektów i imprez.

Następną grupą byłoby (2) prawdziwi melomani, którzy „słuchają sercem”, dla których najważniejsze jest, czy dźwięk im się podoba, i którzy zupełnie nie przejmują się cyferkami. Melomani gotowi są przyznać, że nie znają się na szczegółach technicznych. Prawdziwy audiofil wcale nie musi szczegółowo rozumieć, co to jest THD, THD+N, IMD, TIM, SR, S/N, itd.

Niemniej doświadczony inżynier akustyk może być melomanem. W pracy zawodowej będzie zajmował się rozmaitymi „cyferkami”, natomiast w zaciszu domowym będzie cieszył się ulubioną muzyką. Nie ma tu żadnej sprzeczności.

Kolejną, dość liczną grupą, są (3) **pseudoaudiofile**. Cechą charakterystyczną, a właściwie głównym wyznacznikiem tej grupy jest po pierwsze silne przekonanie, że niczym starożytni gnostycy, posiadli wyższy stopień wtajemniczenia i że łączą wiedzę techniczną ze znakomitą słuchem i wrażliwością muzyczną. W praktyce okazuje się, że ich wiedza techniczna jest żałośnie powierzchowna. Po drugie, mają nieprzepartą chęć do uzewnętrzniania swych przekonań i do zażartych sporów. Są to ludzie uważający, że połknęli wszystkie rozumy, chorobliwie dyskutujący o tym, na czym się praktycznie nie znają i nie czują.

W odniesieniu do osób z tej trzeciej grupy od razu nasuwa się określenie **pseudoaudiofil**.

Pół biedy, gdyby pseudoaudiofile byli, niczym *enfant terrible*, jednak oryginalni i w jakimś stopniu twórcy. Niestety, najczęściej mamy tu do czynienia z brakiem wiedzy, z żenującą wręcz ignorancją oraz z bełkotem pseudotechnicznym – powtarzaniem zasłyszanych haseł i sloganów.

Niestety, ta trzecia grupa jest dość liczna, o czym można łatwo się przekonać na licznych forach internetowych, a niestety nawet w czasopiśmie.

Dwie kolejne duże grupy to niezdecydowani. Mam nadzieję, Czytelniku, że i Ty należysz do którejś z tych dwóch grup. Niektórym (4) bliżej do wspomnianych inspektorów, innym (5) bliżej do „słuchających sercem” melomanów. W każdym razie członkowie grup (4) i (5) nie są zacierzwieni ani skłonni do sporów czy popisowania się swą wiedzą. Są przede wszystkim ciekawi, interesują się tematem, zbierają informacje i praktyczne doświadczenia. Chcą szczerze zgłębić problem dźwięku i sprzętu audio. Niestety, znaczna część informacji, które do nich docierają, to wspomniane pseudotechniczne bełkot. Z drugiej strony, praktyczne doświadczenia odsłuchowe, zdobywane na targach i wystawach, często są bardzo ułomne. Problem w tym, że na większości takich imprez prezentuje się sprzęt rzekomo lub naprawdę znakomity, ale prezentuje się w warunkach urągających wszelkim zasadom dobrego odsłuchu. Albo w małych salkach czy pokojach hotelowych o fatalnych właściwościach akustycznych, a często w wielkich halach, gdzie poszczególne stoiska są oddzielone ściankami z dykty lub nawet tkaniny. Niestety, większość zainteresowanych nie ma okazji posłuchać sprzętu najwyższej jakości w dobrych, a nawet tylko godziwych warunkach. Jaka jest wartość takich doświadczeń odsłuchowych?

I wreszcie można byłoby wyróżnić szóstą grupę, a nawet podzielić ją na kilka podgrup. Chodzi o ludzi, którzy zarabiają pieniądze na produkcji czy dystrybucji sprzętu audio. Część z nich to bardziej czy mniej rzetelni redaktorzy, którzy piszą na temat sprzętu audio, część to rzetelni producenci i handlowcy, część to konstruktorzy i handlowcy wyraźnie nawiedzeni taką czy inną odmianą „mistycznego ducha audiofilskiego”, a wreszcie część to cyniczni oszuści nastawieni tylko na zysk. Ci ostatni dla zrobienia wrażenia na naiwnych, a zasobnych snobach, mają usta pełne naukowo brzmiących określeń i sloganów. I to działa, podobnie jak bajce o wielce delikatnych, niewidzialnych szatach króla. Niestety, nader często brakuje tego dziecka, które powiedziałoby głośno, że król jest nagi. W ostatnich latach widzimy wprawdzie zmniejszenie zainteresowania hajendowymi instalacjami, niemniej nadal jest to znaczący biznes, w którym fakty i jakkolwiek pojmowana prawda obiektywna wcale nie mają kluczowego znaczenia. W grę wchodzi też zaspokojenie oczekiwań klientów różnego autoramentu. I rynek ma dla każdego coś miłego. Nieprzypadkowo jeden z producentów kosztownych wzmacniaczy stwierdził niedawno w rozmowie ze mną, że wzmacniacz robi się pod klienta, pod jego oczekiwania, i że techniczne parametry nigdy nie są najważniejsze.

Czy w takim gąszczu faktów, poglądów, mitów, możliwości, oczekiwań, potrzeb i czego tam jeszcze, w ogóle można znaleźć jakąś „prawdę obiektywną”, a choćby tylko wspólną płaszczyznę dyskusji?

Śmiem twierdzić, że nie. Jednak jeszcze raz powtarzam, że moim zdaniem nie ma powodu do konfliktu. Nie trzeba się spierać i udowadniać swoich racji.

Tu pojawia się jednak sensowne w swej istocie pytanie: Czy naprawdę fantastycznie rozwinięta współczesna technika nie potrafi odpowiedzieć na pytania, na czym polega fenomen „lampowego dźwięku”? Czy naprawdę nie można audiofilskich określeń z pogranicza magii opisać i zmierzyć za pomocą obiektywnych parametrów? A może problem jakości dźwięku i sprzętu audio jest tak skomplikowany, że nawet współczesna nauka i technika nie potrafi zgłębić tych zagadnień?

Odpowiedź nie jest prosta. Spróbujmy jednak przyjrzeć się bliżej tym zagadnieniom. Zajmijmy się też kilkoma powszechnymi mitami i fałszywymi wyobrażeniami. Natomiast w obszernym artykule w następnym numerze EP szeroko omówione zostaną parametry techniczne sprzętu audio.

Zauważ, że dopiero teraz przechodzimy do tytułowego tematu:

Lampa czy tranzystor

Lampy elektronowe to w sumie dość proste elementy. Wynalezione w pierwszych latach XX. wieku, znalazły zastosowanie we wzmacniaczach w drugiej połowie lat 20. i królowały tam ponad 40 lat. W ciągu tych kilkudziesięciu lat powstały różne odmiany lamp i najróżniejsze rozwiązania układowe. Lampy zostały dokładnie zbadane, a co ważne, liczna grupa naukowców i inżynierów przez ten czas „zjadła zęby” na ich właściwościach i subtelnościach.

Tranzystor został wynaleziony w ostatnich dniach roku 1947 (fot. 7), jednak nie od razu został wykorzystany we wzmacniaczach mocy. Pierwsze tranzystory były bardzo niedoskonałe. Ponadto przez pierwsze dziesięciolecie królowały tranzystory germanowe PNP. Z kilku względów nie była to okoliczność sprzyjająca stosowaniu tranzystorów we wzmacniaczach mocy. Dopiero począwszy od drugiej połowy lat 60. pojawiały się rozwiązania tranzystorowych wzmacniaczy mocy konkurencyjne względem lampowych.

Trzeba pamiętać, że w latach 60. i 70. lampy elektronowe (fot. 8) były dobrze poznanymi „klasycznymi” elementami. Znały się najrozmaitsze sposoby poprawy parametrów wzmacniaczy, stosowano interesujące rozwiązania wykorzystujące triody, pentody, a także tetrody klasyczne i strumieniowe. W tamtym czasie tranzystory były mało znanymi, nieproszonymi, niedoskonałymi intruzami, wdzierającymi się do tego uporządkowanego, ułożonego świata lamp. Począwszy od lat 60. zarówno lampy

jak i tranzystory miały swoich gorących zwolenników i zapiekłych przeciwników. Już wtedy wśród innych czynników, w grę wchodziły z jednej strony przyzwyczajenia i rutyna, a z drugiej ciekawość i pęd do nowości. W każdym razie już w latach 60. i 70. ukształtowały się i mocno okopały na swych pozycjach dwa obozy: zwolenników wzmacniaczy lampowych oraz tranzystorowych.

Lampy miały swoje istotne wady, w tym małą trwałość, duży pobór prądu, konieczność pracy przy wysokich napięciach i stosowania transformatorów. Wzmacniacze tranzystorowe nie miały takich wad, ale miały inne. Z czasem ich parametry stawały się coraz lepsze.

Siłą rzeczy we wzmacniaczach lampowych i tranzystorowych stosowano odmienne rozwiązania. Jedną z istotnych cech wzmacniaczy tranzystorowych było ich duże „wzmocnienie własne”, co pozwalało stosować silne ujemne sprzężenie zwrotne i w ten sposób poprawiać parametry.

Jednak zarówno w latach 60., jak i w pierwszej połowie lat 70. było jasne, że wzmacniacze tranzystorowe brzmią gorzej od lampowych. Nie były to jedynie uprzedzenia czy złośliwe opinie zazdrosnych specjalistów od lamp. Rzeczywiście wzmacniacze lampowe grały lepiej. Pojawiły się



Fot. 7.



Fot. 8.

rozmaite opinie, dlaczego „dźwięk lampowy” jest lepszy od „tranzystorowego”. I część z tych opinii była prawdą. Na pewno prawdą były wnioski dotyczące nasycenia.

Wzmacniacz robi się pod klienta, pod jego oczekiwania, i że techniczne parametry nigdy nie są najważniejsze

Nasycenie i przesterowanie

Trzeba pamiętać, że ówczesne wzmacniacze miały niewielką moc rzędu kilkunastu, najwyżej kilkudziesięciu watów. A w wielu przypadkach potrzebny był jak najgłośniejszy dźwięk. Nic dziwnego, że takie wzmacniacze pracowały z pełną mocą, na granicy przesterowania, albo wręcz w przesterowaniu. I tu wychodziła istotna różnica: przesterowanie we wzmacniaczach lampowych było „miękkie” i wynikało z wysokich napięć pracy i sposobu nasycania lamp. Występujące z konieczności przesterowanie wzmacniacza było często traktowane jako coś naturalnego, a nawet pozytywnego, żeby wspomnieć pierwsze wzmacniacze lampowe słynnych gitarzystów rockowych. Produkowane od roku 1948 pierwsze wzmacniacze tak zwanej tweedowej serii z wytwórni słynnego Clarence’a Leonidasa Fendera, lepiej znanego jako Leo Fender, miały moc od 3 W (!) do 75 W. Fot. 9 pokazuje nieco późniejszy model piecyka gitarowego Fendera, też

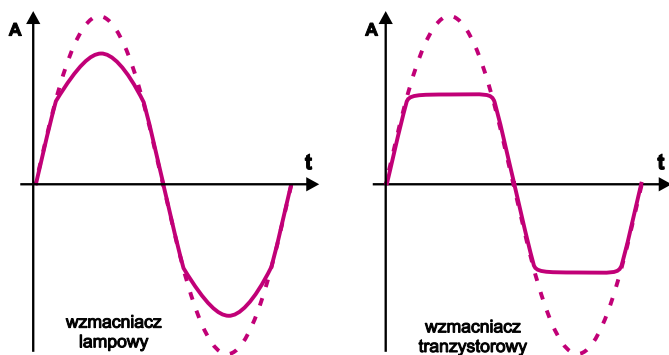


Fot. 9.

jak widać w „tweedowej” obudowie. Amerykańskie wzmacniacze Fendera, a przynajmniej rozwiązania układowe były później kopiowane przez znanego brytyjskiego wytwórcę Jima Marshalla, czego przykładem może być pierwszy wzmacniacz Marshalla o oznaczeniu JTM45, produkowany od roku 1962, będący kopią Tweed Bassman (5F6-A) Fendera z roku 1959 – rys. 10.

Zależnie od konstrukcji wzmacniacza lampowego, właściwości podczas przesterowania były różne, co dawało inny efekt i co miało ogromne znaczenie dla gitarzystów. Jak pokazuje rys. 10, w tamtych czasach wzmacniacze były bardzo proste i ich właściwości przy przesterowaniu zwykle nie były celowo dobierane – wynikały z właściwości elementów i konfiguracji układowej. Tu można jednak wspomnieć o rozróżnieniu wzmacniaczy klas AB1, AB2, różniących się z technicznego punktu widzenia brakiem lub obecnością prądu siatki przy przesterowaniu, co też miało wpływ na dźwięk. W każdym razie kwestia nasycenia i dźwięku wzmacniaczy lampowych podczas przesterowania to szeroki temat. O ile praca w nasyceniu we wzmacniaczach lampowych dawała różne interesujące efekty, o tyle w praktycznie wszystkich wzmacniaczach tranzystorowych przesterowanie dawało jednakowy skutek.

Najlepsze wzmacniacze gitarowe to wzmacniacze lampowe, gdyż ich „miękkie” przesterowanie daje specyficzne zniekształcenia, wzbogacające dźwięk



Rys. 11.

Powodowało po prostu ostre obcinanie wierzchołków, co oznaczało dużą zawartość nieprzyjemnych dla ucha harmonicznych. Różnica pokazana jest w dużym uproszczeniu na rys. 11.

Tu leży źródło powszechnej opinii, że najlepsze wzmacniacze gitarowe to wzmacniacze lampowe. Jak najbardziej: specyficzne zniekształcenia podczas przesterowania są tam dodatkowym atutem wzbogacającym dźwięk.

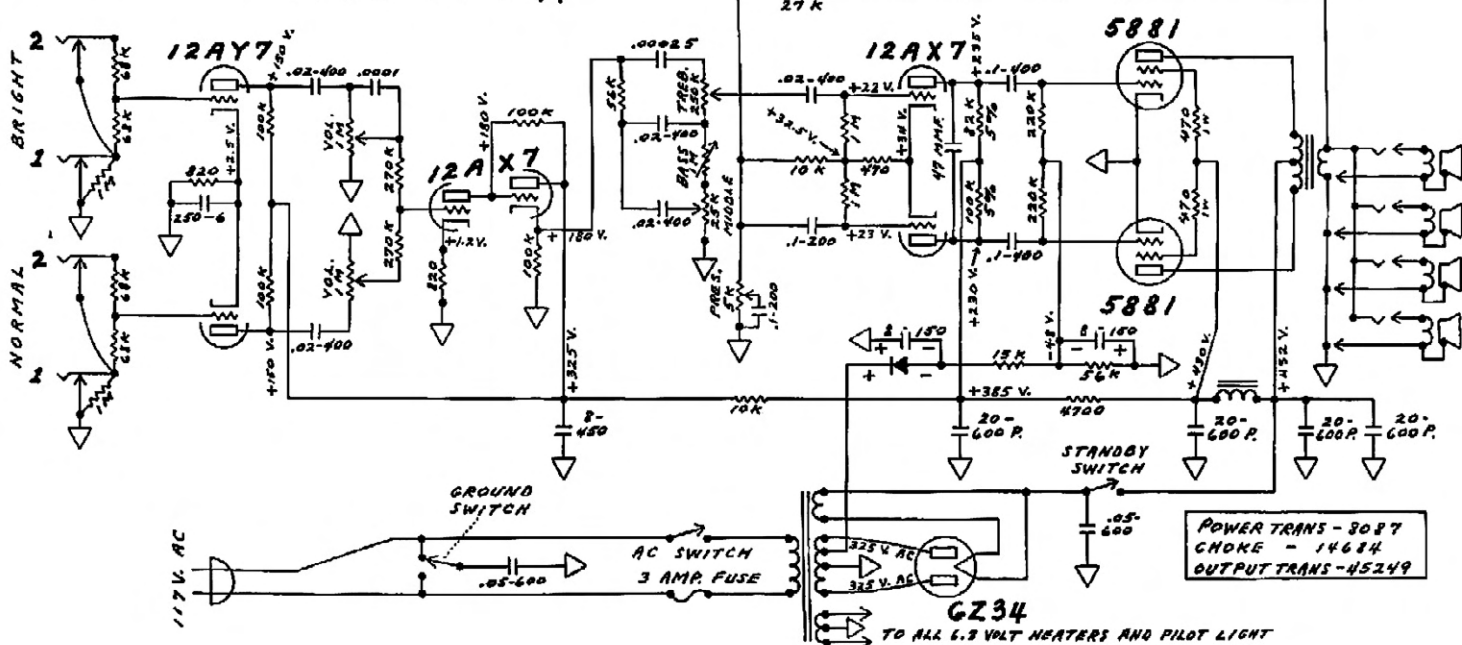
Ale właściwości podczas przesterowania nie były jedyną kwestią.

TIM

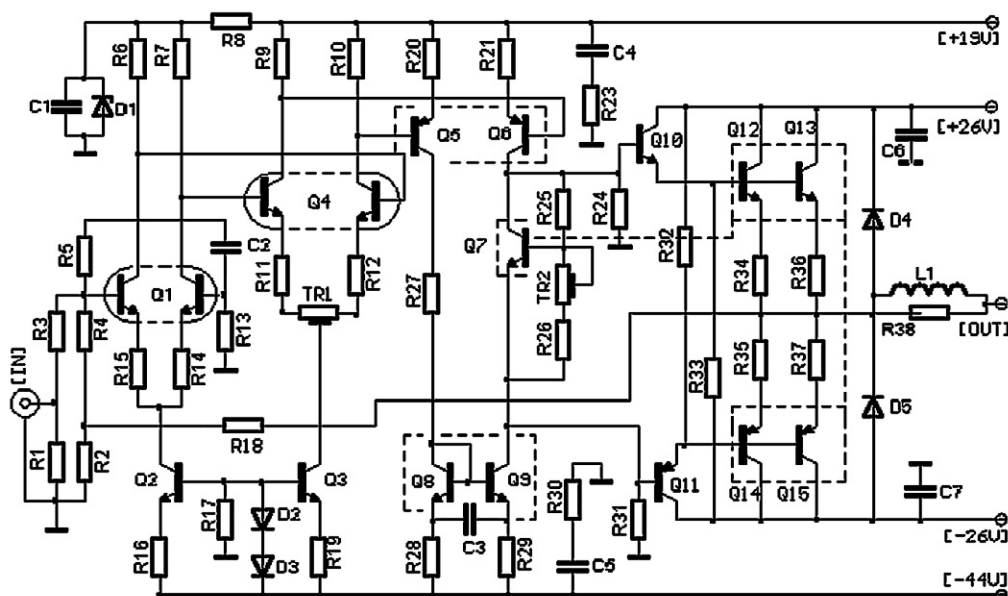
Wzmacniacze lampowe miały lepszy dźwięk także poniżej progu przesterowania. I przez kilka lat nie znano odpowiedzi, dlaczego tak jest. Nadal powstawały liczne teorie, niektóre zgoła fantastyczne, z pogranicza magii.

Wreszcie w czerwcu roku 1972 fiński uczony, dr Matti Otala, opublikował w czasopiśmie *Audio Engineering Society Journal* (Volume 20, Number 5, str 397-399) wiekopomny artykuł „Circuit design modifications for minimizing transient intermodulation distortion in audio amplifiers”.

FENDER “BASSMAN” SCHEMATIC MODEL 5F6-A



Rys. 10.



Rys. 12.

Wyjaśnił tam, że przyczyną problemów ówczesnych wzmacniaczy tranzystorowych są specyficzne zniekształcenia, nazwane TIM (Transient InterModulation distortion). Na marginesie można wspomnieć, że zniekształcenia TIM są znacznie bardziej, mniej więcej dziesięciokrotnie bardziej odczuwalne, niż „zwykłe” zniekształcenia harmoniczne (THD). Nieco później dr Matti Otala wraz ze współpracownikiem (Jan Lohstroh) zaproponowali rozwiązanie układowe wzmacniacza tranzystorowego, pozbawionego wcześniejszych wad. W roku 1975 norweska wytwórnia *Electrocompaniet* (istniejąca do dziś) wypuściła na rynek 25-watowy „The 2 Channel Audio Power Amplifier” zwany także „The Otala Amplifier”. Rys. 12 pokazuje jego nieco uproszczony schemat. Wzmacniacz ten został szybko okrzyknięty rewelacją zarówno w Europie, jak i w Ameryce.

Wydawać by się mogło, że Matti Otala na początku lat 70. ostatecznie położył kres opinii o wyższości wzmacniaczy lampowych. Jego tranzystorowe wzmacniacze audiofile po obu stronach Atlantyku uznali za znakomite, a z czasem na rynku pojawiły się jeszcze lepsze rozwiązania wzmacniaczy, także na tranzystorach bipolarnych.

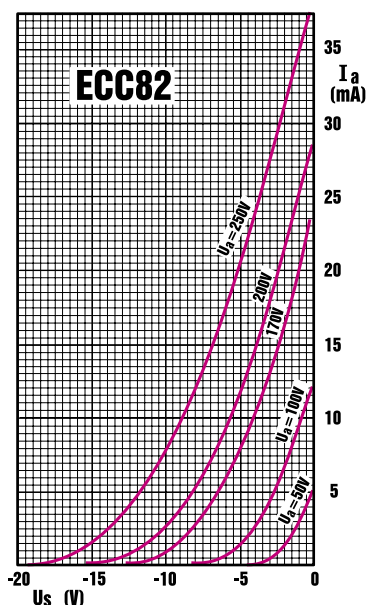
Jednak z wcześniejszych czasów w literaturze pozostało mnóstwo wzmianek i rozważań o wyższości lamp i „lampowego dźwięku”, a w ciągu poprzedniego dziesięciolecia mocno utrwaliła się opinia, że wzmacniacze lampowe mają lepszy dźwięk od tranzystorowych. Ponadto nie wszyscy zajmujący się wzmacniaczami uznali wnioski Otali za prawdziwe. Tak czy inaczej, nawet coraz lepsze wzmacniacze i opinie o nich do dziś nie zmyły odium ciężącego na tranzystorach. Co bardzo istotne, z czasem we wzmacniaczach mocy wykorzystano tranzystory MOSFET, o charakterystykach podobnych do lamp. I to powinno doprowadzić do definitywnego zakończenia dyskusji o wyższości wzmacniaczy lampowych nad tranzystorowymi. Nie skończyły się. Zanim zajmiemy się tranzystorami polowymi i ich rolą w sporze, musimy poruszyć inny temat.

Parzyste i nieparzyste

Od dawna panuje opinia, że „wzmacniacze lampowe są lepsze, ponieważ wytwarzają parzyste harmoniczne, a tranzystorowe gorsze, bo wytwarzają harmoniczne nieparzyste”.

Trzeba wyraźnie stwierdzić, że taka „gładka”, uproszczona opinia jest nieprawdziwa i to z kilku powodów. Przyjrzyjmy się temu bliżej.

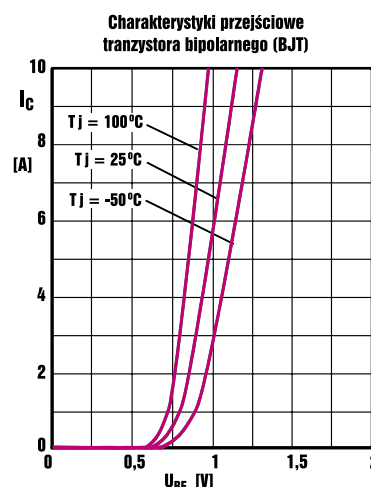
Być może wpływ na powstanie wspomnianej opinii miał też fakt, że po angielsku harmoniczne parzyste nazywane są *even*, a nieparzyste *odd*, a słowo *odd* kojarzy się z czymś złym. W języku polskim nie ma takiego skojarzenia, ale niewykluczone, że ten szczegół miał wpływ na opinie o „lampowym dźwięku”.



Rys. 13.

Mówi się, że charakterystyka lampy jest kwadratowa i to powoduje powstawanie parzystych harmonicznych. Wbrew wyobrażeniom największych dyletantów, żadna z charakterystyk lamp nie jest podobna do kwadratu czy prostokąta. Jeśli chodzi o fakty, to charakterystyka przejściowa lamp przypomina wykres funkcji kwadratowej ($y=x^2$) – na rys. 13 przykładowe charakterystyki przejściowe popularnej triody ECC83.

Natomiast zgodnie z równaniem opisującym prąd kolektora, charakterystyka przejściowa tranzystorów bipolarnych dość dokładnie przypomina wykres funkcji wykładniczej ($y=a^x$) – patrz rys. 14.

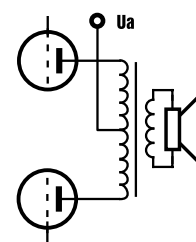


Rys. 14.

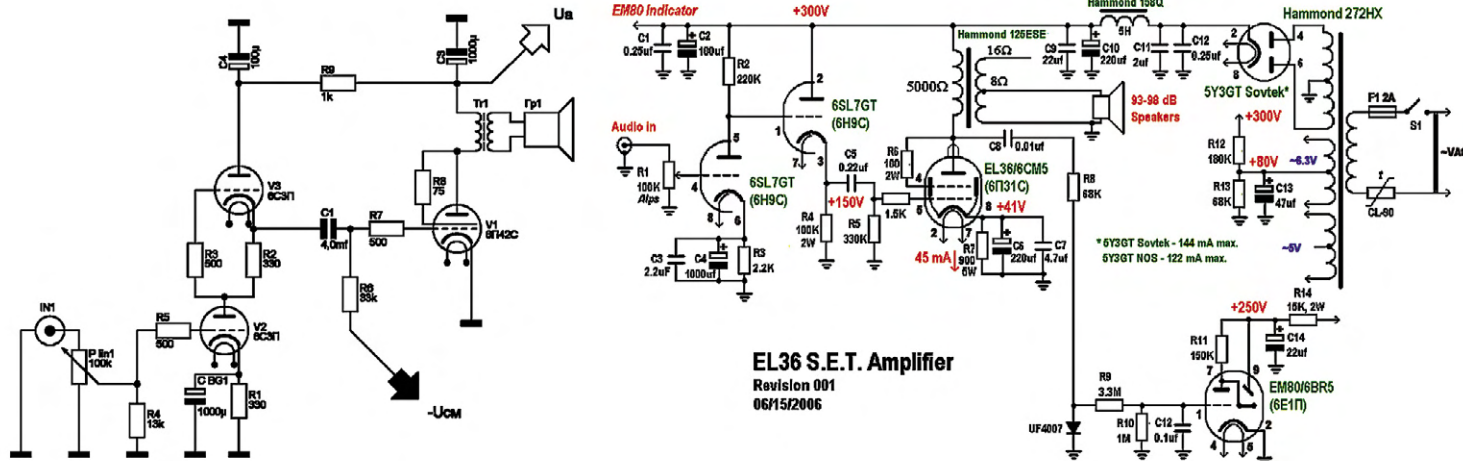
I tu trzeba sprostować uproszczone wyobrażenie o „kwadratowej” lampowej charakterystyce. Otóż zniekształcenia wprowadzane przez lampę oznaczają pojawienie się nie tylko parzystych harmonicznych, ale też nieparzystych. Faktem jest jedynie to, że w zniekształceniach wytwarzanych przez lampę udział parzystych harmonicznych jest znacznie większy niż w tranzystorach bipolarnych. Tylko tyle.

Elektronicy, którzy usiłują znaleźć ziarno prawdy w obiegowych poglądach o „lampowcach” i parzystych harmonicznych, mają jeszcze jeden problem. Otóż faktem jest, że lampy mają w przy-

Z grubsza biorąc oznacza to, że w obu przypadkach na sygnale wejściowym wykonywana jest jedna z opisanych operacji matematycznych, a efektem tego jest deformacja przebiegu i pojawienie się rozmaitych zniekształceń. Od dawna znany jest fakt, że charakterystyka „kwadratowa” powoduje powstanie znacznej ilości parzystych harmonicznych, natomiast wykładnicza – nieparzystych. Można to zresztą precyzyjnie wyliczyć, wykorzystując zaawansowaną matematykę, w tym transformację i rozkład na szeregi.



Rys. 15.



Rys. 16.

bliznieniu „kwadratową” charakterystykę i że wytwarza więcej parzystych harmonicznych niż tranzystor. Problem jednak w tym, że dotyczy to pojedynczych lamp i wzmacniaczy lampowych *single ended* (SE). Natomiast we wzmacniaczach przeciwobnych (*push-pull*) następuje częściowa kompensacja zniekształceń i co najważniejsze, kompensacja ta dotyczy właśnie parzystych harmonicznych. O stopniach wyjściowych wszystkich wzmacniaczach lampowych *push-pull*, zbudowanych mniej więcej jak na rys. 15, nie można więc mówić, że są źródłem parzystych harmonicznych! A właśnie tak zbudowane są stopnie wyjściowe przeważającej większości wzmacniaczy lampowych!

O znaczącej obecności parzystych harmonicznych można byłoby mówić jedynie we wzmacniaczach *single ended*, choć oprócz parzystych wytwarzają one też nieparzyste. To jest jeden z powodów, dla których co bardziej świadomi zwolennicy lamp konstruują najróżniejszego rodzaju układy *single ended*, pomimo ich małej mocy związanej z koniecznością pracy w klasie A. Dwa przykłady, ściągnięte z jakiejś rosyjskiej strony znajdziesz na rys. 16. Oba przedstawiają wzmacniacze SE, a więc klasy A. Drugi zawiera dodatkowo lampę wskaźnikową, tzw. magiczne oko.

Nieprzypadkowo obecnie stosowane są rozmaite „lampowe ocieplacze dźwięku”, budowane zazwyczaj na jednej lampie, pracującej właśnie w jakiejś odmianie układu SE. Warto też nadmienić, że niektórzy konstruktorzy sztucznie wprowadzają „parzyste zniekształcenia” we wzmacniaczach tranzystorowych przez zastosowanie dodatkowych obwodów z nieliniowymi elementami. Może to wyglądać jak karykatura podstawowej idei, niemniej w nowszej literaturze można też znaleźć informacje, że niektórzy w poszukiwaniu „lampowego dźwięku” wprowadzają specyficzne dla lamp zniekształcenia za pomocą zaawansowanej obróbki cyfrowej sygnału, z wykorzystaniem szybkich procesorów DSP. To jednak oddzielny, szeroki temat.

Podsumowując: wbrew potocznej opinii, zniekształcenia większości wzmacniaczy lampowych, realizowanych w układzie *push-pull*, to przede wszystkim harmoniczne nieparzyste! O znaczącym udziale parzystych harmonicznych można mówić tylko w prostych wzmacniaczach SE. Błędnie więc argument o dominacji czy znaczeniu parzystych harmonicznych we wszystkich wzmacniaczach lampowych.

Tranzystory polowe

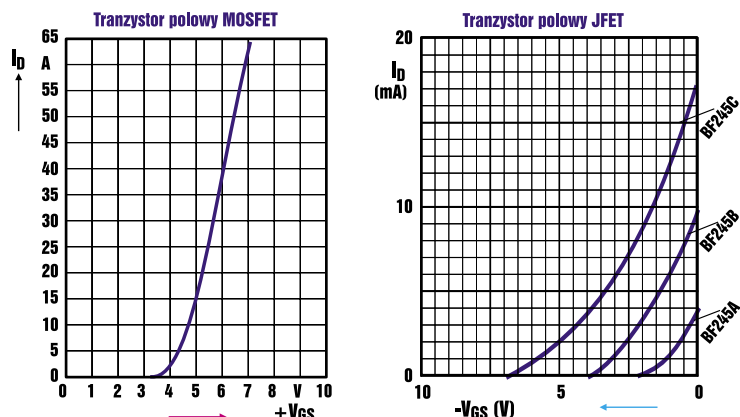
Problem „lampowego dźwięku”, a w szczególności parzystych i nieparzystych harmonicznych, powinien zostać już dawno wyjaśniony dzięki tranzystorom polowym. Otóż tranzystory polowe, zarówno te złączowe JFET, jak i te z izolowaną bramką MOSFET, mają charakterystyki bardzo podobne do lamp. Rys. 17 pokazuje charakterystyki tranzystorów JFET i MOSFET. Oznacza to, że podobnie jak lampy, tranzystory polowe też wytwarzają więcej parzystych harmonicznych, niż tranzystory bipolarne. Logika podpowiada, że popularne MOSFET-y też powinny dawać „lampowy dźwięk”.

I w zasadzie są to znane fakty, jednak co ciekawe, rzadko podejmowano rzetelne próby skonfrontowania lamp i MOSFET-ów. Bardzo niewiele się o tym mówi, a ściślej biorąc, problem podobieństwa lamp i tranzystorów polowych jest przemilczany. A przynajmniej nie podejmuje się prób logicznego i „technicznego” wytłumaczenia dlaczego lampy i tranzystory polowe rzekomo miałyby dawać odmienny dźwięk. A tylko o lampach mówi się, że dają „cieplejszy dźwięk”. Wniosek: tranzystory polowe nie potwierdzają pokutujących od dawna audiofilskich mitów o parzystych harmonicznych.

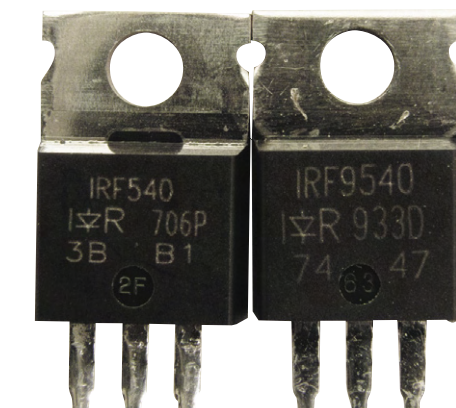
Przy okazji warto przypomnieć inny szczegół. Pod koniec XX. wieku przez co najmniej kilka lat wielkim zainteresowaniem cieszyły się „wzmacniacze mocy na HEXFET-ach”. Mnóstwo osób sądziło nawet, że te HEXFET-y to jakieś specjalne, nowe elementy do najwyższej klasy wzmacniaczy audio. Tymczasem mamy tu do czynienia z przykładem skutecznej polityki marketingowej. HEXFET-y nie są specjalnymi elementami. To zwy-

Od Redakcji

Nazwa HEXFET dotyczy tranzystora MOS o specjalnej technologii produkcji, charakteryzującej się heksagonalnym kształtem struktury tranzystora, co daje szereg zalet, m.in. bardzo małą rezystancję dren – źródło w stanie przewodzenia. A więc w ogólnym sensie fizycznym jest to tranzystor MOS, ale nazwa HEXFET nie jest pustym chwytym marketingowym lecz oznacza bardzo pomysłowe i unikalne rozwiązanie technologiczne.

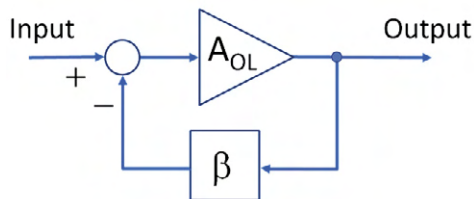


Rys. 17.



Fot. 18.

czajne tranzystory MOSFET firmy International Rectifier (IR), reklamowane właśnie pod handlową nazwą HEXFET – patrz fot. 18. Ani HEXFET-y, ani wzmacniacze audio na HEXFET-ach nie naśladowały lamp czy wzmacniaczy lampowych. „Hexfetowe” wzmacniacze były klasycznymi wzmacniaczami tranzystorowymi AB, w których w stopniu wyjściowym pracowały te MOSFET-y mocy.



Rys. 19.

NFB

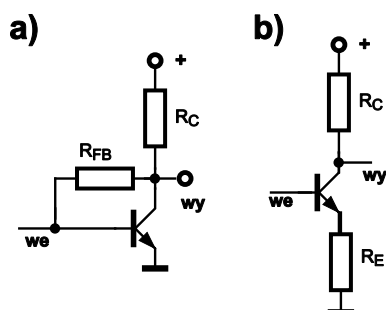
Kolejnym zagadnieniem, słabo rozumianym, a za to nader szeroko dyskutowanym, jest problem ujemnego sprzężenia zwrotnego – NFB (Negative FeedBack). Idea jest w sumie bardzo prosta: część sygnału z wyjścia doprowadzamy z powrotem na wejście tak, żeby odjęła się ona od sygnału wejściowego. Ilustruje to rys. 19.

Ujemne sprzężenie zwrotne powoduje zmniejszenie wzmocnienia wypadkowego, ale co bardzo ważne, poprawia inne parametry, w tym redukuje rozmaite zniekształcenia. Czym większa jest redukcja wzmocnienia, tym bardziej redukowane są zniekształcenia. Czym większe „wzmocnienie własne” (A_{OL} na rys. 19) ma „goły wzmacniacz”, tym silniejsze może być sprzężenie zwrotne i lepsza może być poprawa innych parametrów.

Ujemne sprzężenie zwrotne może być traktowane niemal jako panaceum na problem zniekształceń. I nie protestuj, jeśli w tej kwestii dotychczas miałeś inne wyobrażenia. Ujemne sprzężenie zwrotne jest ogromnym dobrodziejstwem o rewelacyjnych skutkach. Dzięki niemu naprawdę można do niemierzalnych wartości redukować zniekształcenia, w tym nieliniowe (THD), intermodulacyjne (IMD), a nawet po części zniekształcenia TIM. Trzeba tylko mieć szybki wzmacniacz o jak największym „wzmocnieniu własnym”, i obciąż go pętlą silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego. Wyniki będą rewelacyjne.

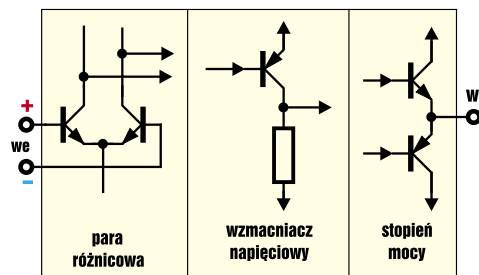
To dlaczego ujemne sprzężenie zwrotne ma tak złą sławę?

Znów trzeba sięgnąć do historii oraz wziąć pod lupę samą ideę ujemnego sprzężenia zwrotnego. Otóż ujemne sprzężenie zwrotne było wykorzystywane co najmniej od lat 30. XX wieku do poprawy parametrów wzmacniaczy, najpierw lampowych, potem tranzystorowych. Zanim jednak dojdziemy do sedna problemu, parę słów wprowadzenia.



Rys. 20.

to tzw. równoległe napięciowe sprzężenie zwrotne. We wzmacniaczu z rys. 20b też występuje ujemne sprzężenie zwrotne, a to dzięki obecności rezystora emiterowego R_E . Jest to tzw. szeregowo prądowe sprzężenie zwrotne. Gdy wzrasta prąd emitera, rośnie spadek napięcia na rezystorze R_E , zatem maleje U_{BE} i stosownie maleje prąd emitera. To sprzężenie zwrotne powoduje zmniejszenie wzmocnienia, ale polepszenie liniowości, czyli zmniejszenie zniekształceń. W obu przypadkach mówimy o **lokalnym** ujemnym sprzężeniu zwrotnym, obejmującym jeden stopień.



Rys. 21.

Nie ma problemu, jeśli sprzężenie zwrotne obejmuje tylko jeden stopień. Tymczasem ogromna większość wzmacniaczy, czy to budowanych z pojedynczych tranzystorów, czy w postaci układów scalonych, ma budowę pokazaną w uproszczeniu na rys. 21. Zazwyczaj są to właśnie wzmacniacze trzystopniowe, gdzie pierwszy stopień to para różnicowa. W drugim pracuje albo pojedynczy tranzystor, albo nieco bardziej złożony obwód. Dwa pierwsze stopnie zapewniają duże wzmocnienie napięciowe. Trzecim stopniem jest symetryczny wtórnik, gdzie tranzystory pracują w układzie OC, więc nie wzmacnia on napięcia, tylko prąd. Para różnicowa pełni też rolę układu odejmującego sygnał sprzężenia zwrotnego od sygnału wejściowego.

W praktyce zarówno wzmacniacze mocy, jak i wiele wzmacniaczy operacyjnych pracują jako tak zwane wzmacniacze nieodwracające. Ujemne sprzężenie zwrotne zrealizowane jest za pomocą dzielnika napięcia, składającego się z dwóch rezystorów. Wtedy schemat blokowy wygląda jak na rys. 22. Obwód sprzężenia jest wyróżniony kolorem czerwonym.

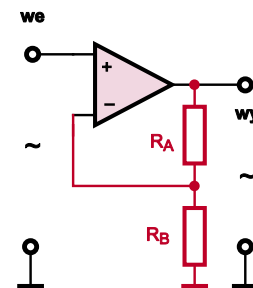
Zdecydowana większość wzmacniaczy lampowych przeciwobnych (push-pull = PP) też ma budowę trzystopniową.

W pierwszym stopniu zamiast pary różnicowej (nazywanej dawniej parą z długim ogonem – *long tailed pair*) pracuje lampka, trioda lub pentoda. „Dodatnim” wejściem jest siatka tej lampy, a „ujemnym” – jej katoda.

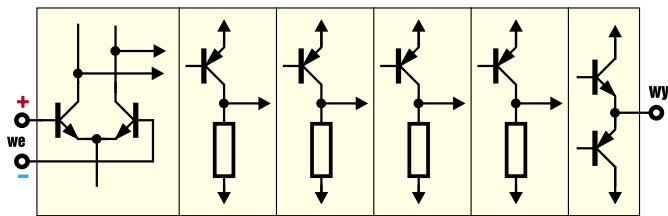
W omawianych trzystopniowych wzmacniaczach tranzystorowych i lampowych pętla sprzężenia obejmuje cały wzmacniacz, więc mówimy o **globalnym** ujemnym sprzężeniu zwrotnym.

Jeśli duża część sygnału wyjściowego doprowadzona jest z powrotem na wejście, to mówimy o silnym, inaczej głębokim sprzężeniu. Jeśli z kolei mała część sygnału z wyjścia jest doprowadzana na wejście, wtedy mówimy o słabszym lub płytszym sprzężeniu. We wzmacniaczach lampowych wygląda to inaczej, ale we wzmacniaczach tranzystorowych sprawa głębokości sprzężenia jest prosta – głębokość sprzężenia zwrotnego zależy od stosunku podziału dzielnika sprzężenia zwrotnego. A jeśli wzmocnienie „gołego wzmacniacza” jest bardzo duże, wtedy wzmocnienie wypadkowe z pętlą sprzężenia zwrotnego wyznaczone jest właśnie przez stosunek podziału dzielnika: R_A/R_B , a ściślej $R_A/R_B + 1$. Oznacza to, że przy najsilniejszym sprzężeniu wzmocnienie praktycznie jest równe jednoci, czyli... wzmacniacz nie wzmacnia napięcia. Warto przy tym pamiętać, że głębokość sprzężenia zwrotnego tylko pośrednio związana jest z wartością wzmocnienia. Głębokość ujemnego sprzężenia zwrotnego nie wskazuje na wzmocnienie, tylko raczej na stopień redukcji wzmocnienia w stosunku do „wzmocnienia własnego”, ale nie sposób podać tu konkretnej reguły, i to z kilku względów.

Podstawowa idea jest jednak prosta: mamy wzmacniacz o dużym „wzmocnieniu własnym” i pętlę globalnego ujemnego sprzężenia zwrotnego. **Czym większe jest wzmocnienie „gołego” wzmacniacza tym lepiej, bo zredukowany przez pętlę „nadmiar wzmocnienia” powoduje poprawę innych parametrów.** Czym większa redukcja „wzmocnienia własnego” tym mniejsze są zniekształcenia. Proste i jasne, prawda?



Rys. 22.

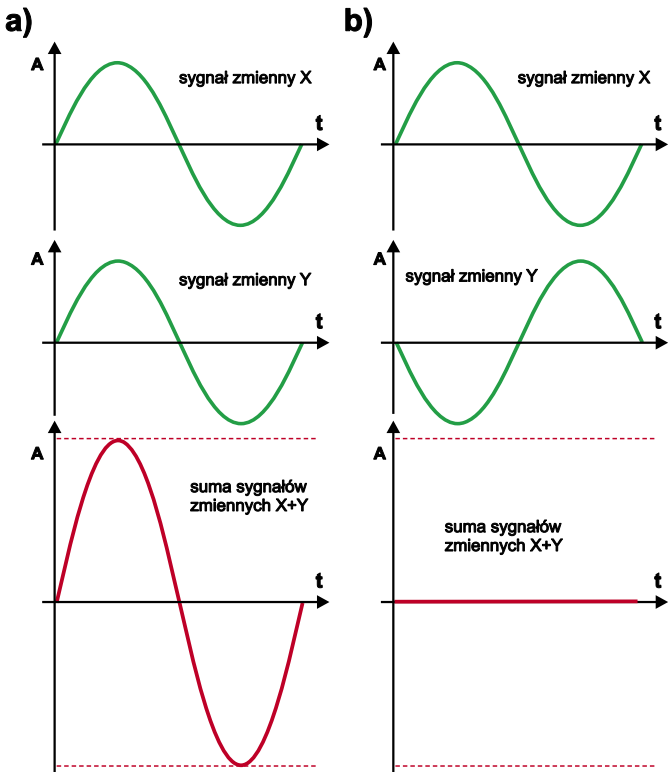


Rys. 23.

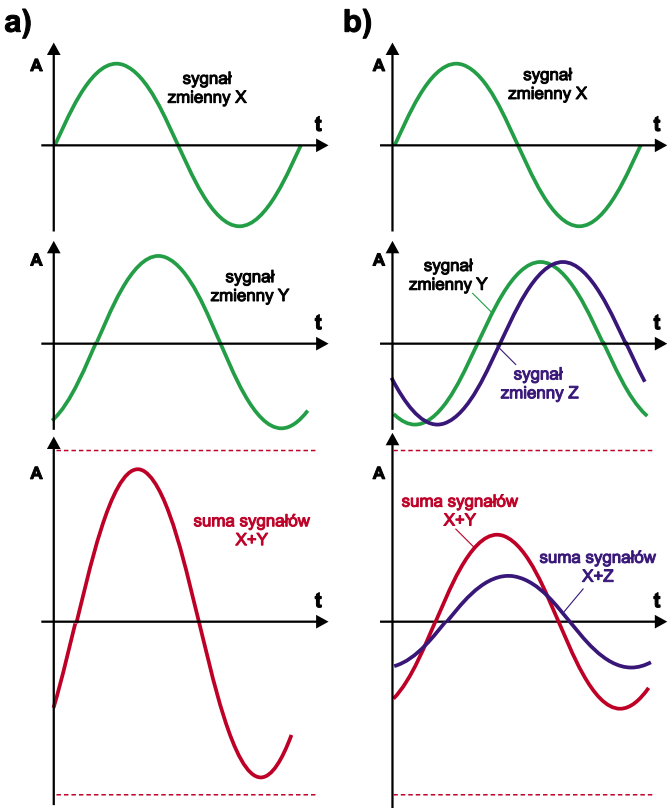
I tu początkujący, nieświadomi zagrożeń, proponują realizację wielostopniowego wzmacniacza o ogromnym wzmocnieniu według idei z rys. 23. Nic z tego – to się nie uda! Otóż dla prawidłowego działania wzmacniacza, sprzężenie zwrotne rzeczywiście MUSI BYĆ UJEMNE. Niestety, nie jest to wcale takie oczywiste.

Kłopot z fazą

W przypadku sygnałów zmiennych dodawanie i odejmowanie dotyczy wartości chwilowych. We wzmacniaczu z ujemnym sprzężeniem zwrotnym według idei z rys. 22, mamy do czynienia z odejmowaniem, które jest realizowane przez parę różnicową z rys. 21. Jednak prościej będzie pokazać problem na przykładzie dodawania. Nie ulega wątpliwości, że jeśli dodamy dwa jednakowe napięcia zmienne (rys. 24a), to otrzymamy sygnał dwukrotnie większy, bowiem przy tej operacji chwilowe wartości obu sygnałów dodają się. Ale jeśli dodamy dwa przebiegi według rys. 24b, czyli zsumujemy ich wartości chwilowe, to okaże się, że wynik dodawania... jest równy zeru! Wygląda na to, że w istocie układ sumujący stał się układem odejmującym! W praktyce bardzo często mamy też do czynienia z sytuacjami pośrednimi. Rys. 25 pokazuje dodawanie przy dwóch pośrednich fazach przebiegów X, Y. Jak widać, przy pośrednich wartościach przesunięcia fazowego wynikiem dodawania, czy też odejmowania dwóch przebiegów o jednakowej amplitudzie jest przebieg o niezerowej amplitudzie i o fazie zależnej od faz odejmowanych przebiegów. I właśnie taka sytuacja dodawania czy odejmowania przesuniętych przebiegów zmiennych występuje we wzmacniaczach, gdzie mamy obwód odejmujący od sygnału wejściowego sygnał z pętli sprzężenia zwrotnego. Należy tu podkreślić, że nie chodzi tu wcale o właściwości układu



Rys. 24.



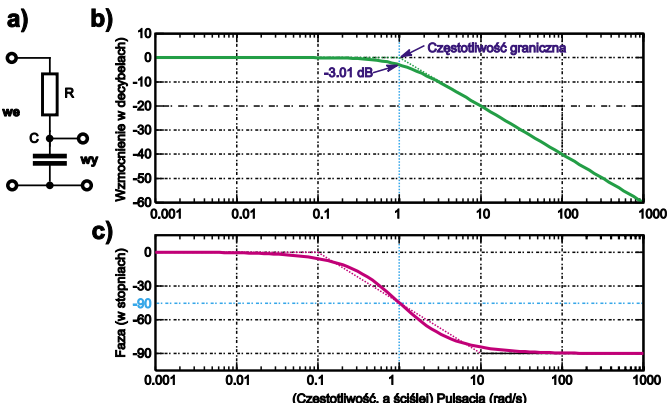
Rys. 25.

odejmującego, tylko omówione właśnie elementarne cechy sumowania i odejmowania przebiegów zmiennych.

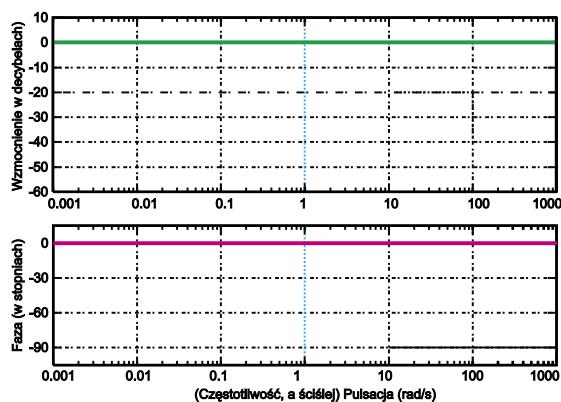
Czy już widzisz, dlaczego musimy się mocno przejmować możliwością zmiany sprzężenia z ujemnego na dodatnie?

Przecież z czymś takim mamy do czynienia w praktycznie każdym wzmacniaczu. Choć w różnych realizacjach wzmacniaczy rozmaicie realizowane jest dodawanie czy odejmowanie sygnałów, w każdym wzmacniaczu sprzężenie zwrotne z ujemnego może się stać dodatnie, zależnie od przesunięcia fazy sygnału sprzężenia zwrotnego względem sygnału wejściowego. Skąd miałyby się brać takie przesunięcia fazy?

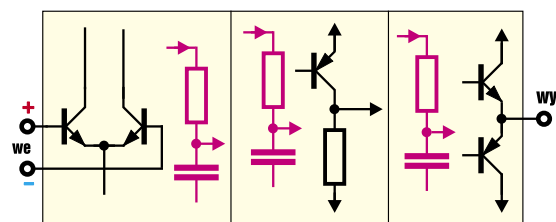
Tak, słusznie domyślasz się, że ma to związek z pojemnościami i niedoskonałą szybkością elementów. Pojedynczy obwód RC z rys. 26a jest dzielnikiem napięcia, który z uwagi na malejącą reaktancję kondensatora tłumi sygnały o wyższych częstotliwościach, co w skali logarytmicznej pokazane jest na rys. 26b. Zatem ze wzrostem częstotliwości maleje sygnał wyjściowy. Co jednak równie ważne, wraz z częstotliwością zmienia się też faza sygnału wyjściowego. Informację o fazie pokazuje rys. 26c. Pojedynczy obwód RC może przesunąć fazę sygnału co najwyżej o niecałe 90 stopni, ale dwa podobne obwody mogą przesunąć fazę o blisko 180 stopni. Nie mogą przesunąć dokładnie o 180 stopni, bo nastąpiłoby to



Rys. 26.



Rys. 27.



Rys. 28.

przy nieskończonej wielkiej częstotliwości, przy której amplituda sygnału wyjściowego byłaby równa zero. Ale na przykład trzy obwody RC mogą bez problemu przesunąć fazę o 180 stopni i stłumić amplitudę sygnału wyjściowego tylko kilkakrotnie. Tym bardziej cztery lub więcej takich ogniw RC może łatwo przesunąć fazę o 180 stopni. A jeśli to nastąpi, to zgodnie z wcześniejszymi informacjami, sprzężenie zwrotne z ujemnego stanie się dodatnie. Wtedy wzmacniacz stanie się generatorem.

W grę wchodzi znany z podręczników warunek fazy i amplitudy: wzmacniacz z pętlą sprzężenia zwrotnego staje się generatorem, jeśli całkowite wzmocnienie jest większe od jedności przy częstotliwości, przy której przesunięcie fazy wynosi pół okresu, czyli 180 stopni. Inaczej mówiąc, warunkiem powstania drgań (tzw. kryterium stabilności Nyguista) jest to, żeby przy częstotliwości, przy której przesunięcie fazy wynosi 180 stopni, czyli przy której występuje czyste dodatnie sprzężenie zwrotne, wzmocnienie było nie mniejsze niż 1. Zjawisko to nazywamy też *samowzbudzeniem wzmacniacza*. Na wyjściu wzmacniacza pojawi się przebieg o dużej częstotliwości, który uniemożliwia prawidłowe wykorzystanie wzmacniacza. Z takim zjawiskiem spotkali się prawie wszyscy elektronicy zajmujący się wzmacniaczami.

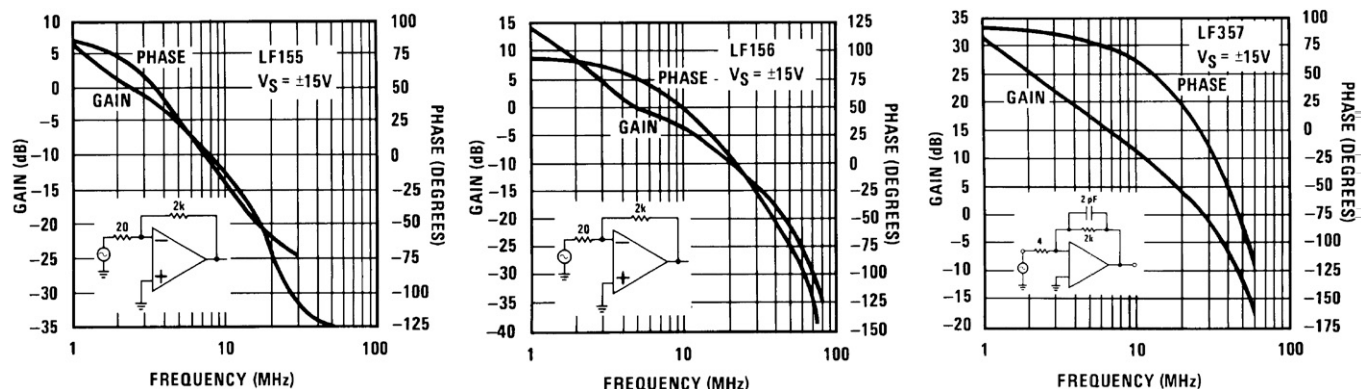
wzmacniacz z pętlą sprzężenia zwrotnego staje się generatorem, jeśli całkowite wzmocnienie jest większe od jedności przy częstotliwości, przy której przesunięcie fazy wynosi pół okresu, czyli 180 stopni

We wzmacniaczach nie mamy ewidentnych obwodów RC, przesuwających fazę. Jednak wraz ze wzrostem częstotliwości dają o sobie znać rozmaite szkodliwe pojemności (i w mniejszym stopniu indukcyjności), których nie widać na schematach ideowych. Są to zarówno wszelkie pojemności montażowe, jak też wewnętrzne pojemności w tranzystorach. Ponadto w grę wchodzi też inne właściwości tranzystorów, powodujące rozmaite opóźnienia, co jest równoznaczne z przesunięciem fazy. Nie wchodząc w szczegóły stwierdzimy, że w kolejnych stopniach wzmacniacza występuje przesunięcie fazy i że czym wyższa częstotliwość, tym to przesunięcie fazy jest większe. Ponadto wspomniane pojemności powodują zmniejszenie wzmocnienia przy większych częstotliwościach.

Hipotetyczny idealny wzmacniacz trzystopniowy według wcześniejszego rys. 21, zawierający tylko trzy „czyste stopnie wzmacniające” miałby niezależnie od częstotliwości wzmocnienie i zerowe przesunięcie fazy – rys. 27. Rzeczywisty wzmacniacz możemy potraktować jako połączenie „czystych stopni wzmacniających” i szkodliwych obwodów przesuwających fazę i zmniejszających wzmocnienie, mniej więcej według rys. 28. We wszystkich rzeczywistych wzmacniaczach wzmocnienie wszystkich poszczególnych stopni maleje ze wzrostem częstotliwości właśnie w ten sposób, a przesunięcie fazowe sygnału wyjściowego względem wejściowego zwiększa się. Przykładowa charakterystyka wypadkowa takiego wzmacniacza, zależnie od właściwości poszczególnych stopni, mogłaby wyglądać jak któryś z trzech wykresów na rys. 29. Na rys. 29 przedstawione są charakterystyki amplitudowe i fazowe „gołych” wzmacniaczy operacyjnych LF155...157, niemniej wzmacniacze mocy audio mają podobne charakterystyki. Gdy jednak do „gołego wzmacniacza” dodamy pętlę sprzężenia zwrotnego w postaci dwóch rezystorów, jak na rysunku 22, to mówiąc najprościej, dla małych częstotliwości sprzężenie zwrotne istotnie będzie ujemne, ale ze wzrostem częstotliwości wzmacniacz wprowadza coraz większe przesunięcie fazy

i dla jakiejś częstotliwości przesunięcie fazy wyniesie dokładnie 180 stopni, czyli sprzężenie zwrotne z ujemnego stanie się dodatnie. I jeśli przy tej częstotliwości wzmacniacz będzie miał wzmocnienie równe lub większe od jedności (kryterium Nyguista), to zamieni się w generator. W rzeczywistości problem jest dużo bardziej skomplikowany z uwagi na wpływ pętli sprzężenia.

Nie jest to wysana z palca teoria - zjawisko takie występuje w każdym wzmacniaczu, ale nie w każdym powoduje kłopoty.



Rys. 29.

Dawniej konstruktorzy mieli do dyspozycji tranzystory, powiedzmy eufemistycznie, „o umiarkowanej jakości i szybkości”. Sygnał przechodzący przez wzmacniacz ulegał opóźnieniu, związanemu właśnie z niedoskonałą szybkością półprzewodników i występowaniem rozmaitych pojemności. Dziś mamy do dyspozycji znacznie szybsze tranzystory, niemniej problem samowzbudzenia nadal występuje.

Owszem, dobrze byłoby zastosować wzmacniacz wielostopniowy, ale w praktyce okazuje się on bardzo „narowisty” i nie sposób opanować jego skłonności do samowzbudzenia. Korzystniej jest zastosować jak najszybszy wzmacniacz z mniejszą liczbą stopni, gdzie pierwsze dwa, a co najwyżej trzy stopnie powinny mieć jak największe wzmocnienie. W sumie projektowanie wzmacniaczy to wyższa szkoła jazdy, wymagająca dużej wiedzy i doświadczenia.

I tu wspomnijmy o kolejnych mitach.

„Powolne” tranzystory?

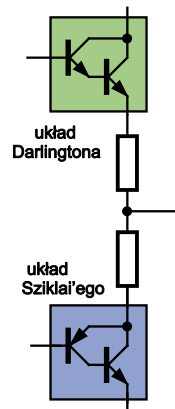
Ograniczona szybkość tranzystorów rzeczywiście jest podstawową przyczyną problemów, niemniej można tu spotkać błędne wyobrażenia i uprzedzenia.

I tak na przykład wiadomo, że „darlingtony”, czyli elementy, zawierające w jednej obudowie dwa tranzystory w układzie Darlingtona, mają generalnie mniejszą szybkość, niż zwykłe, „pojedyncze” tranzystory. Hasło „mniejsza szybkość” prowadzi niektórych do wniosku, że we wzmacniaczach audio dobrej klasy nie należy stosować „darlingtonów”, bo wzmacniacz będzie wolniejszy i gorszy niż w przypadku zastosowania pojedynczych tranzystorów.

Szermierze takiego poglądu pomijają fakt, że przecież stopień wyjściowy wzmacniacza dużej mocy musi dostarczyć do głośnika prąd rzędu 10A, a tranzystory mocy mają wzmocnienie prądowe rzędu kilkudziesięciu. Stąd konieczność łączenia dwóch, a nawet trzech tranzystorów w układzie Darlingtona lub Sziklai’ego – patrz rys. 30. Czy zastosować dwa oddzielne tranzystory, czy fabrycznego „darlingtona”, gdzie dwa tranzystory zostały umieszczone na jednej płytce keramowej?

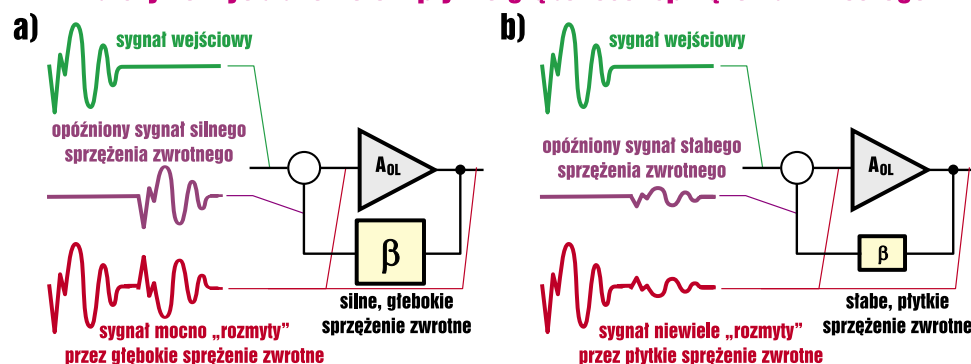
Owszem, mogą występować różnice między tranzystorami różnych typów i wytwórców, jednak nie można generalizować i twierdzić, że układ Darlingtona złożony z dwóch pojedynczych tranzystorów jest lepszy od układu Darlingtona, fabrycznie zamkniętego w pojedynczej obudowie.

Drugi ewidentny mit też dotyczy niedoskonałej szybkości, a właściwie opóźnień w torze wzmacniacza. Faktem jest, że sygnał przechodzący przez wzmacniacz ulega opóźnieniu, a przez to zmienia się jego faza, jednak jak wskazywały wcześniejsze rozważania, nie są to duże opóźnienia. Tymczasem niektórzy wyobrażają sobie, że znacznie opóźniony sygnał z wyjścia wzmacniacza przechodzi przez obwód sprzężenia zwrotnego i dodaje się do sygnału wejściowego, rozmywając go. Oczywiście

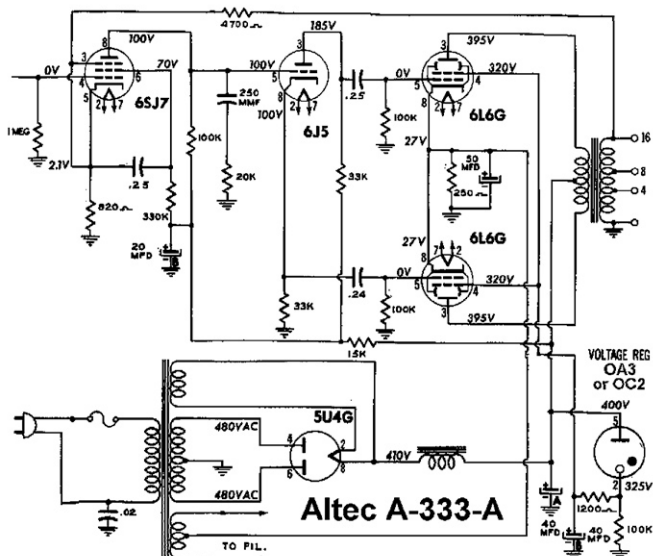


Rys. 30.

Falszywe wyobrażenie o wpływie głębokości sprzężenia zwrotnego



Rys. 31.



Rys. 32.

pseudoaudiofile łączy to z głębokością sprzężenia zwrotnego. Jeśli sprzężenie jest słabe, czyli mała część sygnału trafia z wyjścia na wejście, to ich zdaniem, zgodnie z rys. 31a, „rozmycie” ma być mniejsze. Przy silnym sprzężeniu zwrotnym, „rozmycie” miałoby być większe – jak wskazywałby rys. 31b.

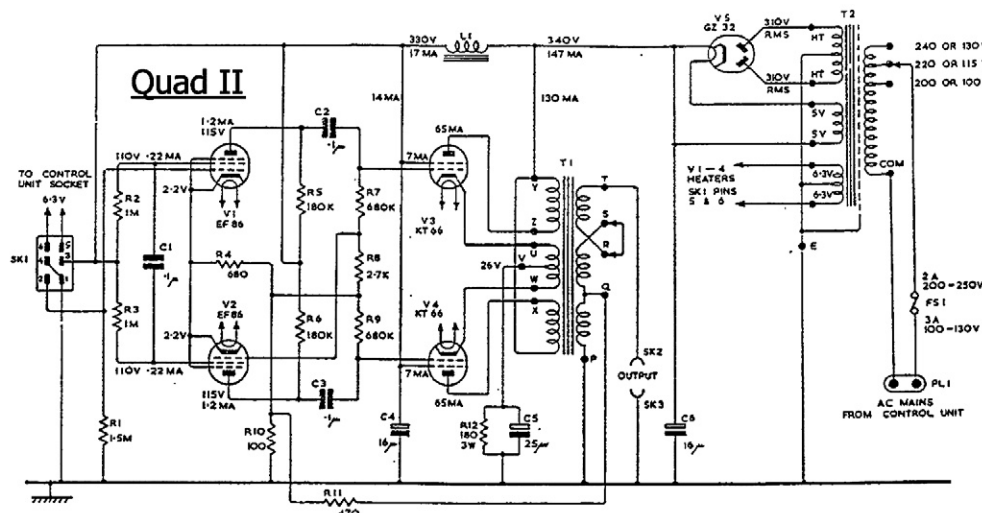
Takie wyobrażenia są naiwne i z gruntu fałszywe. Nie może tak być, bo wzmacniacz wcześniej stałby się... generatorem. Owszem, problem opóźnień, a ściślej problem przesunięcia fazy, istnieje, ale nie mogą to być duże opóźnienia (są mniejsze niż połowa okresu najwyższej częstotliwości pasma wzmacniacza) i na pewno nie powodują „nakładania” i „rozmywania” dźwięku według rys. 31. W praktyce zjawiska owocujące charakterystykami jak na rys. 29 spowodują co najwyżej zniekształcenia fazowe w zakresie wyższych częstotliwości pasma akustycznego, a zmniejszający się „zapas wzmocnienia” przy wyższych częstotliwościach spowoduje gorsze właściwości w zakresie najwyższych tonów.

Lokalne czy globalne?

Wśród pseudoaudiofilów zakorzeniona jest opinia, że silne ujemne sprzężenie zwrotne szkodliwie wpływa na jakość dźwięku. Mówi się, że wzmacniacze lampowe dlatego mają lepszy dźwięk, że występuje w nich słabe sprzężenie zwrotne. Niedouczeni twierdzą nawet, że we wzmacniaczach lampowych w ogóle nie ma ujemnego sprzężenia zwrotnego. Jest to nieprawda. W prawie każdym wzmacniaczu, z wyjątkiem zupełnie najprostszych *single ended*, jak te z rys. 16, występuje ujemne sprzężenie zwrotne.

Nieco bardziej świadomi mówią, że problemem nie jest *lokalne*, tylko *globalne* sprzężenie zwrotne, między wyjściem wzmacniacza, a jego wejściem. Warto jednak wiedzieć, że w ogromnej większości wzmacniaczy

lampowych występuje globalne sprzężenie zwrotne z wyjścia na wejście. Większość wzmacniaczy lampowych to wzmacniacze przeciwobne (push-pull) i zazwyczaj występuje w nich obwód globalnego sprzężenia zwrotnego z uzwojenia wtórnego transformatora głośnikowego na katodę pierwszej lampy. Na rys. 32 widać klasyczny przykład obecności globalnego sprzężenia zwrotnego we wzmacniaczu lampowym sprzed wielu lat (Altec A-333-A), natomiast rys. 33 pokazuje schemat



Rys. 33.



Fot. 34.

słynnego do dziś wzmacniacza Quad II o mocy 15W. Seria wzmacniaczy QUAD (Quality Unit Amplifier Domestic) została wypuszczona na rynek na początku lat 50. przez firmę *Acoustical Manufacturing Co. Ltd.* Petera Jamesa Walkera. QUAD II to monoblok opracowany w roku 1953, bez płyty czołowej, przeznaczony pierwotnie do zabudowy. Miał on współpracować z przedwzmacniaczem, tunerem radiowym czy gramofonem (adapterem). Z czasem okazało się, że wartością samą w sobie jest też wygląd tego surowego w swej prostocie bloku – patrz fot. 34. QUAD II do dziś cieszy się



Fot. 35.

popularnością, a dawna firma Walkera, od lat 90. znana jako Quad, do dziś ma w swojej ofercie ten prosty, 15-watowy wzmacniacz w wersji luksusowej – patrz fot. 35.

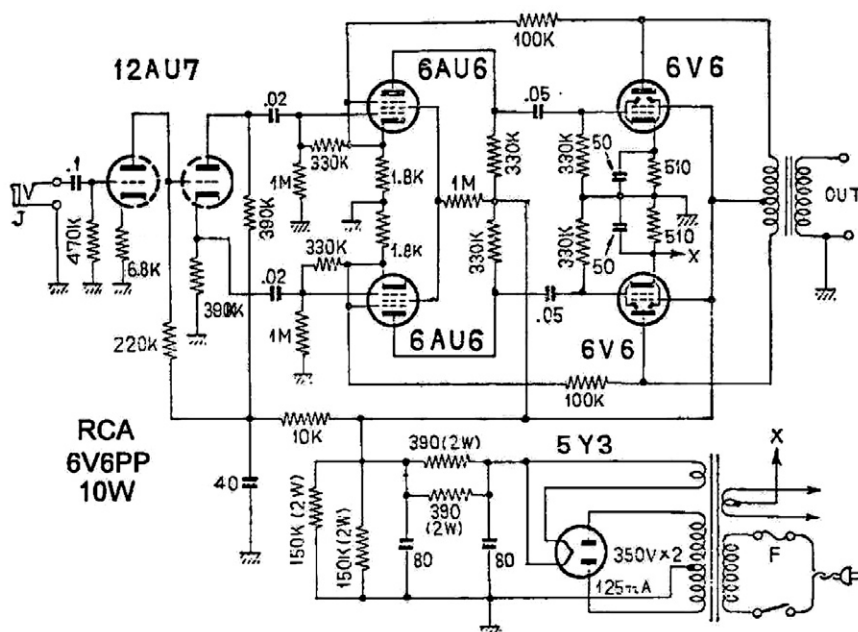
Tylko w nielicznych wzmacniaczach push-pull nie ma takiego globalnego sprzężenia zwrotnego – przykład na rys. 36, gdzie w dziesięciowatowym czterostopniowym wzmacniaczu RCA 6V6PP są realizowane tylko sprzężenia lokalne, obejmujące jeden, co najwyżej dwa stopnie.

Jeśli chodzi o siłę, czy głębokość globalnego sprzężenia zwrotnego, to rzeczywiście, w prostszych rozwiązaniach, gdzie jest mało

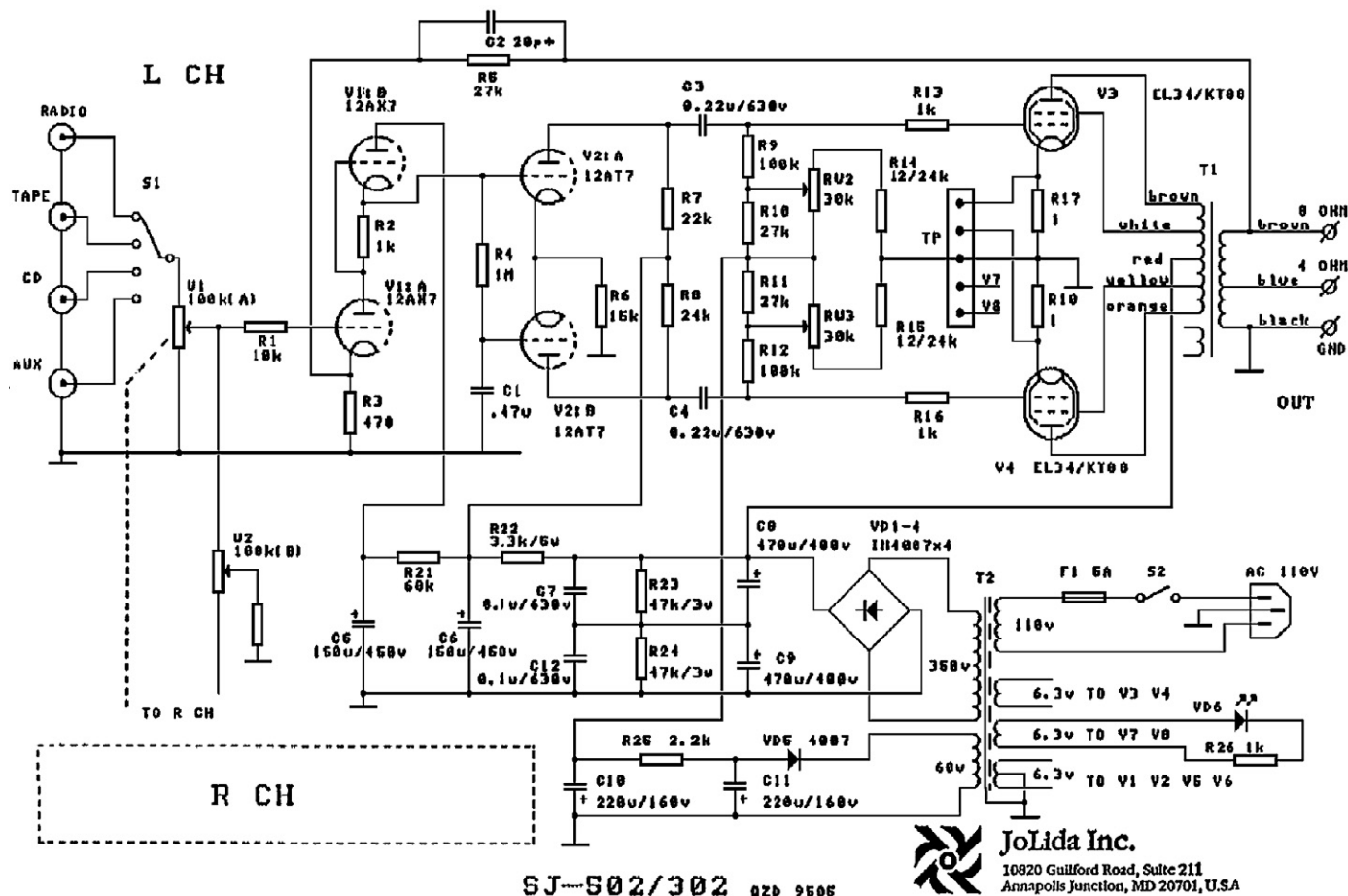
lamp, to z uwagi na niezbyt duże „wzmocnienie własne wzmacniacza”, ujemne sprzężenie zwrotne, które przecież redukuje wzmocnienie, siłą rzeczy musi być słabsze. Nie ma innego wyjścia. Jeśli „wzmocnienie własne” wzmacniacza jest małe, to po prostu nie można wprowadzić silnego ujemnego sprzężenia zwrotnego, bo wzmocnienie spadłoby do jedności i wzmacniacz przestałby wzmacniać.

Jednak w rozbudowanych wzmacniaczach z wieloma lampami „wzmocnienie własne” jest dość duże, a tym samym sprzężenie zwrotne może być silne – na rys. 37 jest przedstawiony przykład współczesnego wzmacniacza lampowego (z wejściem CD).

Sprężenie globalne poprawia niedoskonałości transformatora głośnikowego, a lokalne nie. Dlatego we wzmacniaczach lampowych z reguły sygnał globalnego sprzężenia pobiera się z wyjścia transformatora głośnikowego. Globalne sprzężenie zmniejszając zniekształcenia, zwiększa ryzyko samowzbudzenia. Biorąc rzecz w uproszczeniu: problem jest, ponieważ wzmacniacz „z natury” jest nieliniowy i także niezbyt szybki, a my chcemy „wycisnąć z niego” jak najlepszą pracę w pełnym pasmie akustycznym. Wprawdzie nigdy nie nastąpi sytuacja z wcześniejszego rys. 31, jednak przy najwyższych częstotliwościach pasma akustycznego przesunięcie fazowe może być rzędu 90 stopni, a nawet więcej. Wtedy w górnej części pasma akustycznego mamy do czynienia ze zniekształceniami fazowymi i skłonnością do samowzbudzenia.



Rys. 36.



Rys. 37.

W niektórych wzmacniaczach wykorzystane jest jednocześnie lokalne sprzężenie, linearyzujące charakterystykę poszczególnych stopni oraz globalne. Wtedy lokalne sprzężenie obniża wzmocnienie poszczególnych lamp i siłą rzeczy z uwagi na mniejsze „wzmocnienie własne wzmacniacza”, słabsze musi być globalne sprzężenie z głośnika do katody pierwszej lampy.

Przez dziesiątki lat wypróbowano rozmaite rozwiązania lokalnego i globalnego sprzężenia zwrotnego. Każde ma swoje wady i zalety. I nie ma jednej jedynej recepty na najlepszy wzmacniacz lampowy. Konstrukcje wzmacniaczy lampowych zawsze są kompromisem między kilkoma sprzeczными czynnikami.

Co ważne, nie ma rzetelnych podstaw do twierdzenia, że ujemne sprzężenie zwrotne samo w sobie jest niekorzystne lub szkodliwe. Problemy w sumie wynikają z dużej nieliniowości elementów czynnych i ze zbyt małej „ogólnej szybkości” wzmacniacza, a nie z obecności ujemnego sprzężenia zwrotnego.

Jeśli jednak wszystkie elementy i obwody wzmacniacza czy to lampowego, czy tranzystorowego, byłyby dużo, na przykład 10- czy 20-krotnie szybsze, to w takim szybkim wzmacniaczu zniekształcenia fazowe wystąpią, ale przy częstotliwościach rzędu 100 kHz czy 200 kHz, a sygnały audio nie mają takich składowych, a zresztą byłyby one niesłyszalne. Natomiast przy częstotliwości 20 kHz przesunięcie fazy byłoby wtedy bardzo małe i nie byłoby powodem jakichkolwiek zniekształceń. Ponadto, we wzmacniaczu o dużej „szybkości ogólnej” nie występują zniekształcenia TIM.

Można stwierdzić, że radykalne zwiększenie szybkości tranzystorowych wzmacniaczy mocy, jakie dokonało się w ostatnich kilkunastu latach, praktycznie usunęło problem opóźnień i związanych z tym zniekształceń fazowych oraz zniekształceń TIM. Ponadto zwiększenie szybkości i zmniejszenie przesunięcia fazy pozwala realizować wzmacniacze o większym „wzmocnieniu własnym”, a wtedy można wprowadzić silniejsze ujemne sprzężenie zwrotne. A silniejsze sprzężenie pozwala redukować zniekształcenia do znikomych, „sterylnych” wartości.

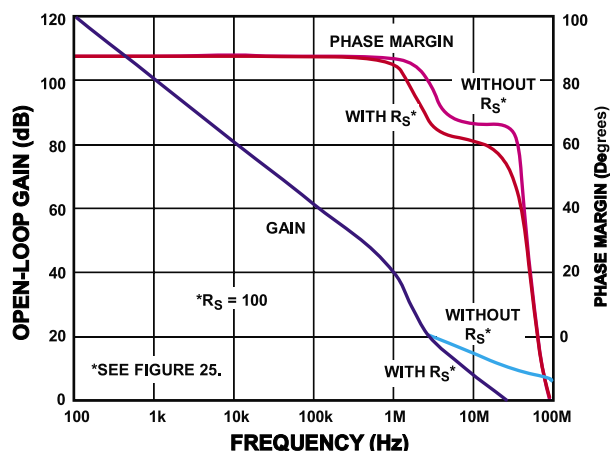
Silne ujemne sprzężenie zwrotne samo w sobie jest więc jak najbardziej pożyteczne. Tylko w starych wzmacniaczach nie spełniało pokładanych oczekiwań, ale tylko dlatego, że te wzmacniacze były zbyt powolne, ewentualnie miały za małe „wzmocnienie własne”. Jednak zapewne dla-

tego, że szczegóły zagadnienia są bardzo złożone, a przez to słabo rozumiane, od lat jak śwąd i dym niesłusznie ciągnie się za pojęciem ujemnego sprzężenia zwrotnego opinia o jego szkodliwości. Jestem przekonany, że właśnie trudności z pełnym zrozumieniem problemu powodują utrzymywanie się takiej opinii do dziś. Chciałbym to dokładniej uzasadnić w następnym śródtytułce.

Ucz się chłopcze, ucz...

W praktyce temat okazuje się daleko bardziej skomplikowany, niż wskazują powyższe uproszczone informacje o sprzężeniu zwrotnym. Każdy, kto próbował zbudować wzmacniacz mocy według własnej koncepcji, natknął się na problem samowzbudzenia, a związane to jest właśnie ze sprzężeniem zwrotnym i przesunięciami fazy. Jedni próbują rozwiązać lub ominąć takie problemy metodą prób i błędów. Trzeba przyznać, iż niektórzy mają w tym zakresie spore doświadczenie praktyczne. Jednak inni napotykając na problem samowzbudzenia czy „poddzwania” próbują na oślep dołączać kondensatory w różne miejsca układu. Często psują tym więcej, niż poprawiają. A gdy to nie skutkuje, w akcie desperacji włączają kondensatory w obwód sprzężenia zwrotnego, czym obcinają pasmo. Likwidują wprawdzie samowzbudzenie, ale kosztem pogorszenia innych parametrów wzmacniacza, a „rewelacyjny” wzmacniacz, doskonale prezentujący się na papierze, w praktyce okazuje się kompletnym knotem. Dlatego hobbyści, nauczani bolesnym doświadczeniem, najczęściej jednak realizują klasyczne, „bezpieczne” schematy z ewentualnymi drobnymi modyfikacjami, a tylko dorabiają do tych drobnych modyfikacji taką czy inną ideologię.

Tu warto dodać, że niektórzy „zatwardziali” praktycy nie rozumiejąc podstaw matematycznych gotowi są z pogardą wypowiadać się o „wymysłach teoretyków” takich jak bieguny i zera. Tymczasem brak wiedzy matematycznej nie pozwala wyjść poza ciasny krąg uproszczonych wyobrażeń. Tacy praktycy kręcą się w kółko w dość wąskim zakresie doświadczeń i intuicji, ale nie mogą z powodzeniem zrobić istotnych kroków w przód. Napotykają „niewytłumaczalne” przeszkody i sądzą, że ocierają się o pogrnicze magii. Tymczasem żadnej magii tu nie ma. Tylko w prostym na pozór wzmacniaczu wskutek sprzężeń zwrotnych występują bardzo skomplikowane zjawiska, których zrozumienie wymaga właśnie rzetelnej wiedzy, między innymi o transmitan-



Rys. 38.

cji, zerach i biegunach – czyli wymaga w sumie znajomości matematyki.

Z drugiej strony akademicy teoretycy, którzy nigdy w życiu nie zbudowali żadnego wzmacniacza, ale którzy na studiach mieli odpowiednie przedmioty i zrozumieli temat transmitancji, zer i biegunów, usiłują w PSpice zamodelować sytuację. Dotyczy to dużej liczby osób po studiach, ponieważ chodzi o zagadnienia z wykładanej też na wielu kierunkach teorii regulacji i automatyki. Przy dokładnej analizie problemu należałoby wykorzystać takie pojęcia jak transformacja Laplace'a i płaszczyzna zmiennej s , transmitancja zespolona, bieguny i zera. Należałoby też badać problem wędrówki biegunów przy zmniejszaniu wzmocnienia.

To zresztą tylko jeden aspekt zagadnienia – nie mówimy tu o kolejnej bardzo ważnej sprawie, mianowicie o maksymalnej szybkości zmian napięć w torze sygnałowym. Właśnie zbyt mała szybkość zmian napięcia w poszczególnych stopniach wzmacniacza była przyczyną powstawania wspomnianych wcześniej zniekształceń TIM. Nieco szerzej zagadnienie omówione zostanie za miesiąc w artykule *Parametry - technika i kuglarstwo* w śródtytuł dotyczącym parametru SR i zniekształceń TIM.

W przypadku wzmacniaczy audio na właściwości, w tym skłonność do samowzbudzenia, oprócz zer i biegunów funkcji przenoszenia, mają wpływ dodatkowe czynniki, jak właściwości obwodów zasilania, a zwłaszcza prowadzenie obwodów masy. W praktyce pojawiają się liczne dodatkowe, szkodliwe obwody sprzężenia zwrotnego właśnie przez obwody zasilania, masy oraz przez pole elektryczne czy magnetyczne. Okazuje się, że samo zrozumienie matematycznych podstaw nie wystarczy, a podejmowane próby symulacji nie odzwierciedlają rzeczywistości i niewiele pomagają. Owszem, wszystko to można byłoby precyzyjnie zamodelować,

tylko po pierwsze byłoby to baaaardzo skomplikowane, a po drugie nie ma skąd wziąć informacji o wszystkich szkodliwych czynnikach.

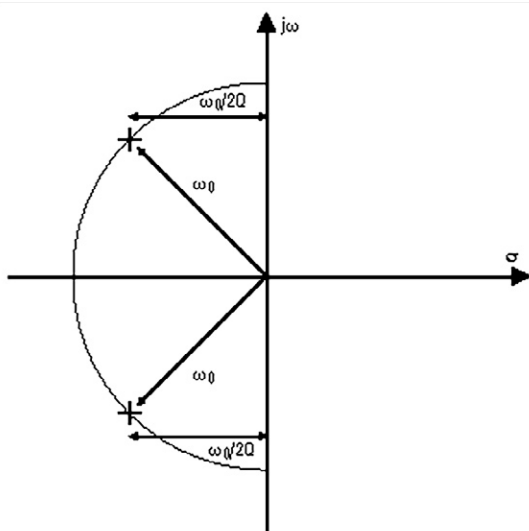
Optymalne jest połączenie teorii z doświadczeniem, by szukać przyczyn i rozwiązań nie na ślepo, tylko w sensownych kierunkach.

Omawiana sytuacja ma ścisły związek z opiniami i polemikami dotyczącymi sprzętu audio. Wcześniej wspominałem o bełkocie technicznym. Wynika on z faktu, że temat właściwości i parametrów wzmacniaczy audio jest w sumie dość skomplikowany. Niewielu rozumie szczegóły, a większość ma jedynie mętne i bardzo powierzchowne wyobrażenie o tych sprawach. Dotyczy to wszystkich napalonych pseudoaudiofilów, którzy nie mają bladego pojęcia o problemach, o których usiłują dyskutować. Przypomina mi się tutaj fragment Biblii, a konkretnie słowa apostoła Pawła z 1 Listu do Tymoteusza 1:6,7 (NW): (...) *niektórzy zwrócili się ku czczej gadaninie, chcąc być nauczycielami (...) lecz nie pojmując ani tego, co mówią, ani tego, o czym stanowczo zapewnniają.*

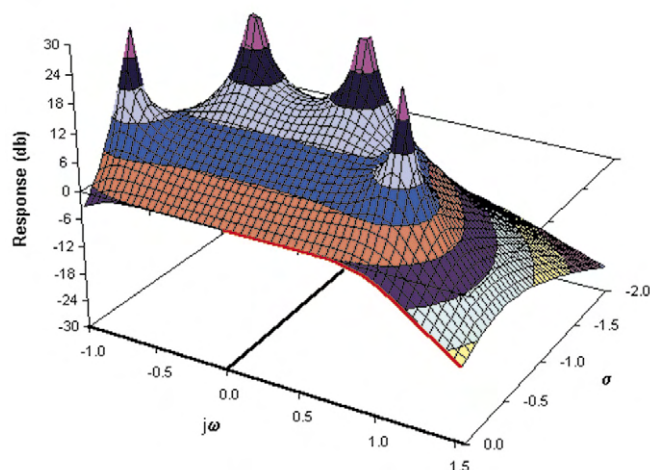
Nietrudno jest bowiem zrozumieć sens wykresów czy charakterystyk Bodego – przykład, dotyczący popularnego ultraniskoszumnego wzmacniacza operacyjnego AD797 pokazano na rys. 38. Wzmocnienie i faza w funkcji częstotliwości – wszystko jasne, prawda?

Jednak wykresy Bodego to niejako przypadek szczególny. Ponadto charakterystyki z rys. 38 dotyczą „gołego wzmacniacza”, a dodanie pętli sprzężenia zwrotnego dramatycznie zmienia sytuację. Przebieg charakterystyki Bodego jest finalnym efektem obecności we wzmacniaczu, powiedzmy w uproszczeniu – obwodów opóźniających RC oraz ewentualnej pętli sprzężenia. Jednak związek tych obwodów oraz pętli sprzężenia zwrotnego z charakterystykami Bodego nie jest wcale prosty. Z uwagi na właściwości, odpowiadające z grubsza obecności we wzmacniaczu szeregu całkujących obwodów RC, jak na rys. 28, matematyczne wyrażenie funkcji przejścia, czyli stosunku sygnału wyjściowego do wejściowego oraz analiza właściwości nie są łatwe, bo należałoby analizować dość złożone równania różniczkowe. Ponadto oprócz kwestii przebiegu charakterystyki amplitudowej i fazowej, w grę wchodzi skłonność do samowzbudzenia. Dla uproszczenia opisu i ułatwienia analizy wykorzystuje się transmitancję operatorową z jej zerami i biegunami. Operujemy na dziwnych zmiennych, których nie da się wyrazić liczbami rzeczywistymi, tylko zespolonymi. Rys. 39 pokazuje często spotykane przedstawienie biegunów i zer.

Klasyczny wzmacniacz niby jest stosunkowo prostym urządzeniem, jednak zrozumienie i opisanie jego właściwości nie jest wcale łatwe. Na przykład nie sposób przedstawić wykresu transmitancji, czyli funkcji transferu na jednym rysunku, nawet trójwymiarowym. Rys. 40, pochodzący z noty aplikacyjnej firmy Maxim, przedstawia przykładowy wykres przestrzenny modułu transmitancji zespolonej (co prawda filtru Butterwortha, ale to nie ma w tym przypadku istotnego znaczenia). Sięgające nieba „kominy” to bieguny funkcji transferu, odpowiadające sytuacji, gdy do zera dąży mianownik równania opisującego operatorową funkcję przenoszenia wzmacniacza.



Rys. 39.



Rys. 40.



Rys. 41.

Ilu pseudoaudiofilów potrafi wyjaśnić, dlaczego przy analizie wzmacniaczy i ich transmitancji operatorowej, w roli zmiennej niezależnej, zamiast czasu czy częstotliwości stosujemy, przepraszam – fachowcy stosują, zmienną zespoloną s ? Jaki sens ma płaszczyzna s – co reprezentują jej obie osie, zwłaszcza „ujemna” część osi pionowej? Czym jest częstotliwość zespolona?

Ilu zagorzałych dyskutantów o ujemnym sprzężeniu zwrotnym rozumie i potrafi wytłumaczyć sens i praktyczne konsekwencje położenia biegunów i zer na płaszczyźnie zmiennej zespolonej s ? Jaki związek z tym mają równania różniczkowe drugiego i trzeciego rzędu? Czym jest oraz kiedy i dlaczego stosujemy kompensację typu *lag* i *lead*?

Kto spośród zapalonych audiodyskutantów byłby chętny przeanalizować wędrówkę biegunów takich funkcji w zależności od głębokości sprzężenia zwrotnego? A przecież właśnie głębokość sprzężenia zwrotnego decyduje o położeniu biegunów, a z kolei położenie biegunów decyduje o skłonności do samowzbudzenia oraz zniekształceniach fazowych i innych właściwościach.

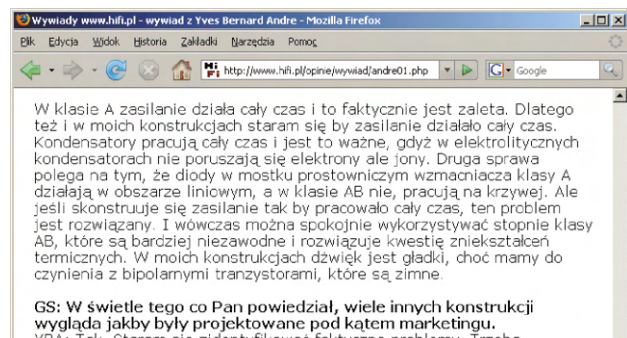
Powyższe pytania dotyczą klasycznych, analogowych wzmacniaczy. Pomijam kwestie cyfrowej reprezentacji i obróbki sygnału oraz kompresji, w tym kompresji stratnej.

Przytaczająca większość zapalonych pseudoaudiofilów, rzekomo mających „wyrobione zdanie” o sprzężeniu zwrotnym, nie ma błędnego pojęcia o takich zagadnieniach. Śmiem twierdzić, że pseudoaudiofile z przekonaniem godnym lepszej sprawy niczym katarynka wygłaszają komunały o parzystych harmonicznym i sprzężeniu zwrotnym tylko dlatego, że są w stanie zrozumieć co najwyżej takie elementarne zagadnienia, a i to z grubsza. Wypowiedzi na forach internetowych, a nawet w czasopiśmie to nader często stek bzdur – trochę określić z pogranicza magii i trochę bełkotu pseudotechnicznego.

Na rys. 41 masz klasyczny przykład beznadziejnej ignorancji uczestnika pewnego forum. Podobne „kwiatki” można byłoby prezentować na pięćki, tuziny i kopy. Poraża nie tylko brak wiedzy szeregowych uczestników dyskusji, ale także albo totalna ignorancja, albo totalnie cyniczne podejście „ekspertów”. Niedawno szukałem czegoś (polskiego odpowiednika dla *crossover distortion*) i przypadkiem wyszukiwarka skierowała mnie na stronę:

www.hifi.pl/opinie/wywiad/andre01.php

Na rys. 42 widać fragment wywiadu z konstruktorem i producentem wzmacniaczy wysokiej klasy, który twierdzi, że diody w mostku prostowym



Rys. 42.

niczym wzmacniacza klasy A działają w obszarze liniowym, a w klasie AB nie, pracują na krzywej.

Z początku byłem przekonany, że to dowcip primaaprilisowy. Podobny jak ja zrobiłem przed kilku laty w kwietniowym numerze Elektroniki dla Wszystkich, w rubryce *Nowości, ciekawostki*, gdzie zamieściłem „audiofilskiego njusa” na temat kabli dających „płynny dźwięk”, a to dzięki obecności rdzenia wypełnionego... *płynną rtęcią* (BTW: nikt nie nadesłał jakiegokolwiek komentarza).

Obserwując fora internetowe oraz czytając literaturę można też odnieść wrażenie, że różnej maści pseudoaudiofile tworzą swoiste religie, a właściwie grupę skłóconych sekt.

Audioreligia i jej sekty

Owszem, trzeba przyznać, że istnieją grupy mające szlachetne intencje, a ich członkowie mają sporo rzetelnej wiedzy. Jednak generalnie sekciarze z gorliwością godną lepszej sprawy zaciekle dyskutują i z lubością oddają się udowadnianiu swych racji. Wydaje się, że niczym świętego Graala poszukują oni idealnego dźwięku, albo idealnego wzmacniacza. Ale to tylko pozory. W poszczególnych sektach wcale nie chodzi o „idealny dźwięk”, tylko co najwyżej o „specyficzny dźwięk”.

Jeszcze inne sekty to towarzystwa wzajemnej adoracji, gdzie już nie chodzi ani o dźwięk, ani o parametry techniczne, ani o nic konkretnego. Wartością samą w sobie jest poczucie przynależności do sekty, znajomość „mowy tajemnej” i gnostycka pogarda dla niewtajemniczonych.

Głównym błędem sekciarzy jest przekonanie, uświadomione lub nie, że istnieje jedna jedyna prawda o audio. Co gorsza, są święcie przekonani, że to właśnie oni tę prawdę znają. Tymczasem akurat w tej dziedzinie nie ma czegoś takiego jak prawda obiektywna.

Błędne wnioski

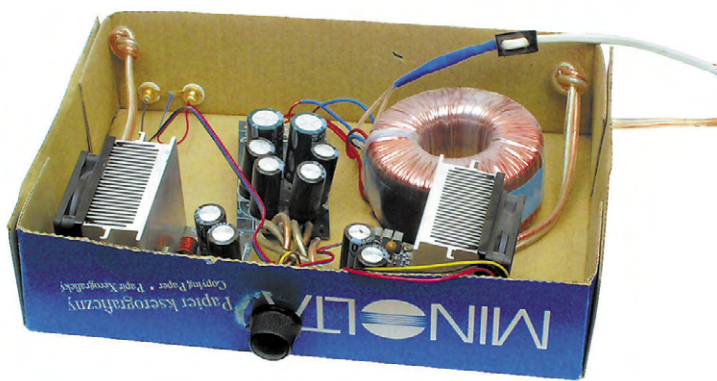
Bardzo często błąd polega na połączeniu, a raczej totalnym pomieszaniu ról inspektora sanitarnego i smakosza dźwięków. Jedna sprawa to pomiar parametrów oraz analiza i interpretacja tak uzyskanych liczb, a druga sprawa to subiektywne odczucia i zadowolenie. W dziedzinie parametrów i liczb też istnieje wprowadzić pole do nadużyć, co opisane będzie w następnym artykule, jednak generalnie, pomiary wykonane według konkretnych norm pozwalają obiektywnie porównać parametry. Ale tylko parametry techniczne.

Owszem, w zakresie najtańszych urządzeń z hipermarketu zachodzi obawa „zatrucia” i wprowadzenia w błąd, więc nie od rzeczy jest zainteresowanie ich parametrami technicznymi, i to nie tylko tymi deklarowanymi w materiałach reklamowych. W przypadku drogich urządzeń fabrycznych najczęściej nie ma to większego sensu. Można zapoznać się z parametrami technicznymi, ale nie powinien to być kluczowy argument przy zakupie sprzętu. Natomiast w przypadku wzmacniaczy czy innych elementów zestawu, samodzielnie realizowanych przez hobbystów, sprawa jest zdecydowanie bardziej skomplikowana. Twórca jest emocjonalnie związany ze swoim dziełem, a tylko w nielicznych przypadkach ma możliwość zmierzyć parametry zgodnie z obowiązującymi normami czy wytycznymi.

W Internecie, ale także w publikacjach drukowanych, można spotkać rozmaite opisy amatorskich testów i pomiarów. Niektóre są sensowne i wartościowe. Inne świadczą o szlachetnym podejściu, ale też o braku wiedzy i rozeznania. I tak na przykład, gdy chodzi np. o dwa jednako-



Fot. 43.



Fot. 44.

we wzmacniacze lampowe, różniące się „tylko” głębokością globalnego sprzężenia, czyli wartością jednego czy dwóch rezystorów. Rzeczywiście mogą one grać różnie. Niedouczony „ekspert” powie, że przyczyną jest głębokość sprzężenia zwrotnego, bo przecież wszystko inne jest jednakowe. Taki pogląd pomija fakt, że w przypadku dwóch jednakowych wzmacniaczy zmiana głębokości sprzężenia oznacza też zmianę wzmocnienia, a więc czułości. A to oznacza, że podczas pracy poziomym sygnałów w stopniach wejściowych obu wzmacniaczy będą znacząco różne, a przecież w przypadku lamp wielkość sygnału ma duży wpływ na zniekształcenia. Nie można więc wszystkiego sprowadzać do głębokości sprzężenia. Każdy przypadek jest inny i trzeba brać pod uwagę wszystkie okoliczności, a przynajmniej jak najwięcej okoliczności.

Nie ma też sensu próba pomiarów dźwięku, a właściwie sygnałów z odtwarzacza CD i SACD lub DVD-Audio za pomocą karty dźwiękowej komputera, która według wszelkich oznak ma gorsze właściwości, niż badany odtwarzacz SACD. Wbrew pozorom, dokładne porównanie parametrów technicznych różnych „samoróbek” czy to między sobą, czy z parametrami sprzętu fabrycznego, wcale nie jest łatwym zadaniem.

Tyrania autorytetu

Kolejny niezmiernie ważny aspekt to tyrania autorytetu i kwestie marketingowe. Przypomina się Arystoteles, a ściślej stwierdzenie z jego dzieła, że mucha ma osiem nóg. Nie wiadomo zresztą, czy do jego manuskryptów podczas kopiowania nie wkraść się błąd, ale to inna sprawa. Uczestnicy scholastycznych dyskusji o tym, ile diabłów mieści się na główce szpilki, niejednokrotnie mieli kontakt z tymi owadami i zapewne nie jeden, choćby z nudów policzył, że mucha ma 6, a nie 8 odnóży. W każdym razie przez długie lata Średniowiecza nikt nie odważył się zakwestionować opinii Filozofa przez przedstawienie obrazoburczego wyniku takiego eksperymentu. Przez stulecia najbardziej oświeceni i wykształceni ludzie sądzili, że mucha ma osiem nóg. Ulegli presji autorytetu.

A ilu śmiałków odważy się dziś dyskutować nad słabymi parametrami technicznymi (THD, IMD, DF) wzmacniacza lampowego kosztującego majątek, choćby takiego jak na fot. 43 (*Absolute 845* włoskiej firmy Unison Research w cenie sporo ponad 100000 PLN)

Na ile wpływ na wyniki najrozmaitszych testów ma fakt, kto za takie testy w taki czy inny sposób płaci? Na ile opinia o sprzęcie danej firmy, prezentowana w czasopiśmie, zależy od liczby i cen zamieszczanych tam płatnych reklam tego sprzętu?

Nie zawsze chodzi o pieniądze. Ile osób gotowych jest wystąpić w roli nieskażonego konwenansami dziecka i powiedzieć, że król jest nagi? Czy wypada powiedzieć, że nie słychać różnicy między wzmacniaczem za kilka tysięcy złotych, a „samoróbką” umieszczoną w przysłowiowym pudełku po butach, lub jak w przypadku wzmacniacza z fot. 44, w pudełku po papierze xero? Ile osób w sekciarskim audiośrodku nie boi się druzgocącej krytyki i drwin ze strony osób zarabiających w tej dziedzinie nie małe pieniądze oraz rozmaitej maści pseudoaudiofilów, znanych właśnie z poetyckiego, acz ciętego języka?

Testy odsłuchowe

Kolejna ważna sprawa to testy odsłuchowe. I tu w pełni w grę wchodzi wspomniane wcześniej cechy indywidualne. O ile udaje się jedno-myślnie określić ewentualne grubsze mankamenty, o tyle w przypadku

lepszego sprzętu to, co jeden uzna za wadę, inny potraktuje jako zaletę, albo w ogóle nie zauważy różnicy. Warto zwrócić uwagę, że w wynikach testów odsłuchowych nie przedstawia się wyników pomiarów technicznych, a stosowana przy tym terminologia opisująca subtelne różnice na pewno nie jest techniczna, tylko w pełni artystyczna. Czytając rozmaite recenzje nie sposób oprzeć się wrażeniu, że ich autorzy są przede wszystkim poetami, a ewentualnie w drugiej kolejności znawcami dźwięków i sprzętu audio. Oto przykład z rubryki pod wymownym tytułem *Vanity fair* naszego siostrzanego czasopisma Audio, dotyczący wzmacniacza pokazanego na fot. 45:

Unison Research S6 - wzmacniacz lampowy w finezyjnym włoskim wydaniu. Niemal obowiązkowe elementy z litego drewna to tradycja w produktach z południa Europy, złamanie symetrii i nieprzeładowanie dekoracjami zapobiega barokowej ociężałości. Techniczna i brzmieniowa natura S6 jest typowa dla wzmacniaczy lampowych - nierozwijających wielkich mocy, jednak nasycających muzykę plastycznością i emocjami. Takie urządzenie z pewnością kupuje się nie tylko po to, aby je słyszeć, ale także widzieć, a nawet czuć... ciepło lamp i sentymentalny zapach przypalonego kurzu. (...)

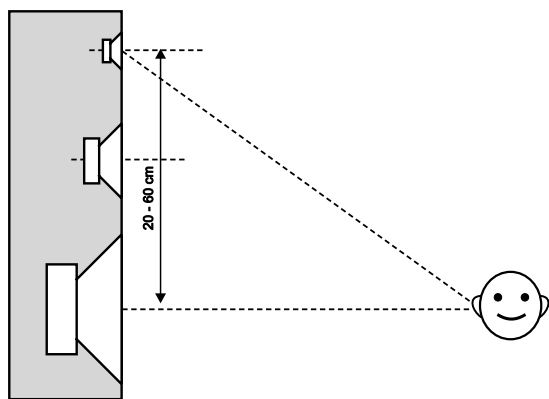
Czy więc te subtelne różnice między urządzeniami i ich dźwiękiem rzeczywiście istnieją i czy można je dostrzec, opisać i porównać? Czy tylko szalbierze pozujący na „złotouchych audiofilów” wywierają na innych presję i narzucają swoje subiektywne opinie wzięte z sufitu? Czy z różnicami w sprzęcie audio jest tak jak z cudem, którego ten, kto nie wierzy, nie zobaczy?

Odpowiedź nie jest prosta. Różnice są. Często znaczące, nawet bardzo duże. Ale różnice w dźwięku wynikają przede wszystkim z właściwości głośników i kolumn. Różnice między wzmacniaczami są już niewielkie, często znikomo małe. Niedoskonałości wzmacniaczy to „mały pikus” w porównaniu z kaprysami głośników i kolumn. Natomiast sprawa parametrów wtyczek i kabli to jedno wielkie oszustwo.

Podkreśmy to: najrozmaitsze zniekształcenia: liniowe, nieliniowe, intermodulacyjne i fazowe, wprowadzane przez głośniki, są nieporównanie większe od niedoskonałości, wprowadzanych przez wzmacniacze i inne elementy toru audio. Może warto tu wspomnieć o problemie zniekształceń fazowych. Pseudoaudiofile dużo na ten temat dyskutują. Wielu twierdzi, że w torze audio nie należy umieszczać żadnego regulatora barwy dźwięku, czy equalizera, ponieważ wprowadzają one zniekształcenia fazowe i to rzekomo także w neutralnym położeniu regulatorów. Nawet gdyby tak było, ucho ludzkie dobrze toleruje zniekształcenia fazowe. Ale nie w tym problem. Usunięcie wprowadzających niewielkie, kilkudziesięciostopniowe przesunięcie fazy korektorów charakterystyki z toru audio



Fot. 45.



Rys. 46.

nie zmienia faktu, że dużo większe zniekształcenia i przesunięcia fazowe zostaną wprowadzone przez kolumny. Warto pamiętać, że długość fali dźwiękowej 10 kHz w powietrzu wynosi nieco więcej niż 3 cm. W kolumnach głośniki wysokotonowe są oddalone od średniotonowych o wiele więcej, więc różnica odległości od uszu słuchacza tweeterów i midrange może być nawet większa od tych 3 cm, co oznacza przesunięcia fazy nie kilkudziesięciu, tylko kilkuset stopni – problem pokazuje w uproszczeniu rys. 46.

Podobnie pomijany jest problem wprowadzanych przez głośniki zniekształceń nieliniowych i innych. A nie są to zniekształcenia rzędu setnych i tysięcznych części procenta, tylko rzędu pojedynczych procentów. Owszem, w literaturze wspomina się o problemie sztywności, szkodliwych drgań i rezonansów membrany głośnika i sposobach ich redukcji przez stosowanie celulozy, kompozytów węglowych i innych egzotycznych materiałów, ale te informacje pojawiają się jedynie przy omawianiu zalet takich czy innych głośników. Natomiast problem poważnej niedoskonałości, w tym nieliniowości wszelkich głośników jest skrzętnie pomijany w bezsensownych pseudoaudiofilijskich dyskusjach o znikomych zniekształceniach wzmacniaczy mocy. Nie zapominajmy o proporcjach!

Ślepe testy czy testy ślepych?

Posiadanie słabszego wzroku wcale nie jest powodem do wstydu. Ja też noszę okulary. Podobnie nie każdy ma jednakowo wrażliwy smak, węch, dotyk. I nie ma problemu. Faktem jest też, że nie każdy ma jednakowo wrażliwy słuch muzyczny, ale nie wiadomo, dlaczego tylko niewiele osób gotowych jest przyznać się do tego przed sobą samym, a tym bardziej przed innymi. Nic więc dziwnego, że osoby chcące uchodzić za audiofilów jak ognia boją się ślepych testów, a zwłaszcza podwójnie ślepych testów. Zwykły (pojedynczy) ślepy test to taki, w którym słuchacz nie widzi sprzętu, który odsłuchuje. Ma przełącznik wybierający np. jeden z dwóch wzmacniaczy. Słuchacz sam obsługuje przełącznik i wie, czy w danej chwili słucha sprzętu A czy B, choć nie wie, który jest który. W podwójnie ślepym teście (double blind test, zwany ABX, rzadziej DBT) w przypadku sprzętu audio w sumie chodzi o to, że słuchacz niczego nie przełącza i nie wie, którego sprzętu słucha. Ktoś trzeci przełącza przełącznik wyboru sprzętu, przy czym nie musi to być sekwencja ABABAB..., ale może być myląca słuchaczy sekwencja w rodzaju ABBABAAABBA... Nic więc dziwnego, że niektórzy pseudoaudiofile, wygłaszający stanowcze twierdzenia o wyższości jednego sprzętu nad drugim bronią poglądu, że ślepe testy są w ogóle niepotrzebne, bo... ostatecznie odsłuch następuje w domu i audiofil widzi sprzęt, którego słucha. Ogólnie biorąc, jest to słaba argumentacja – typowo „pseudoaudiofilijska”, choć zgadzam się w jednym: prawdziwym melomanom nie są potrzebne ślepe testy, ponieważ nie muszą niczego udowadniać ani sobie, ani innym. Ale oni też nie wypowiadają się negatywnie o podwójnie ślepych testach, ponieważ oni nie muszą się niczego obawiać i jest to dla nich co najwyżej interesujący eksperyment.

W argumentacji pseudoaudiofilów, że w normalnych warunkach słuchacz nie tylko słucha, ale i widzi sprzęt, jest ziarno prawdy, ale tak naprawdę potwierdza ono twierdzenie o kluczowym wpływie czynników pozatechnicznych. O ślepych testach można też mówić w gastronomii. Nie są to jednak podwójnie ślepe testy, a co najwyżej proste „testy z zawiązanymi oczami”. Jednak jest to przypadek godny zainteresowania, ponieważ można sobie wyobrazić, że ktoś chciałby przeprowadzić jedynie testy smaku przywołanych na początku naleśników Pani Basi i krewetek

z Hiltona. W tym celu nie tylko zawiązałby osobom testującym oczy, ale też zatkał nosy, żeby porównywali jedynie smak. Wyniki zapewne byłyby przedziwne. Kto nie wierzy, niech przeprowadzi takie testy samego smaku. W przypadku potraw sam smak okazuje się niewiele znaczący w porównaniu z pozostałymi czynnikami, takimi jak zapach, wygląd czy ogólnie otoczenie. W przypadku dźwięków niewątpliwie jest nieco inaczej, ponieważ zmysł słuchu niewątpliwie jest nieporównanie czulszy od zmysłu smaku, niemniej wpływ innych czynników też jest olbrzymi.

Prawdziwa wiedza

Ślepe testy, pojedyncze i podwójne, to ważne narzędzie badawcze dla naukowców z wielu różnych dziedzin. Przeprowadzane są nie tylko dla medycyny, by skutecznie wyeliminować efekt placebo.

Podwójnie ślepe testy sprzętu audio pozwalają wyeliminować wiele subiektywnych czynników, jak sympatie i uprzedzenia, wpływ wyglądu i ceny czy presję autorytetu. Nic dziwnego, że podwójnie ślepe testy sprzętu audio są rzadkością. W sumie nie są na rękę ani producentom sprzętu, ani „złotouchym audiofilom”. Są natomiast powszechnie wykorzystywane w prawdziwych badaniach naukowych. Tu przypomina się stary dowcip o rektorze uniwersytetu. Otóż rektor narzekał, że fizycy ciągle żądają od niego pieniędzy na coraz to nowy, kosztowny sprzęt, gdy tymczasem dla wydziału matematyki wystarczają tylko papier, ołówki i kosze na śmieci, a na wydziale filozofii to nawet kosze nie są potrzebne.

Właśnie, tak jak kosze na śmieci nie są potrzebne filozofom, którzy mogą pisać, co im się żywnie podoba, ponieważ nie podlega jakiegokolwiek weryfikacji, tak jest w dziedzinie radosnej twórczości pseudoaudiofilijskiej. Wbrew obiegowym twierdzeniom, kwestia percepcji muzyki czy parametrów sprzętu wcale nie jest niepoznawalna, czy nie poddająca się naukowemu podejściu i matematycznemu opisowi. Wprost przeciwnie. Wprawdzie są to bardzo skomplikowane zagadnienia, jednak to właśnie rzetelne badania, obejmujące między innymi liczne ślepe testy, doprowadziły na przykład do opracowania skutecznych i na tyle wiernych metod kompresji, że przeciętny słuchacz nie odróżni przekazu skompresowanego od klasycznego. Innym przykładem wyników rzetelnych badań naukowych są najnowsze wzmacniacze impulsowe. Najpierw były to względnie proste wzmacniacze klasy D, których w żaden sposób cyfrowymi nazwać się nie da. Stopniowo pojawiają się kolejne opracowania wzmacniaczy impulsowych, wykorzystujące zaawansowane techniki cyfrowe. Opracowanie coraz szybszych tranzystorów MOSFET, coraz szybszych procesorów sygnałowych i coraz lepszych algorytmów pozwala realizować wzmacniacze impulsowe, które zasługują na miano cyfrowych. Tam wszystkie problemy, także te z nieliniowością charakterystyki, parzystymi i nieparzystymi harmonicznymi, czy z głębokością sprzężenia zwrotnego, rozwiązuje się na drodze cyfrowej. Przykłady były podane w artykule przed miesiącem. I to jest wkład prawdziwej, nowoczesnej nauki w sprzęt audio. To są jednak zagadnienia rozumiane przez wąskie grono tęgich umysłów.

Wracając do koszy na śmieci, filozofów i techniki audio, warto podać kolejną analogię. Otóż przez stulecia, począwszy od starożytnego Babilonu, Egiptu, Grecji, rozmaici filozofowie wysuwali najróżniejsze twierdzenia dotyczące kosmologii i kosmogonii. To filozofowie byli elitą intelektualną dawnego świata. W tamtych czasach matematyków traktowano co najmniej jako nieszkodliwych dziwaków, ewentualnie jako sekciarzy (pitagorejczycy), a potem nawet jak złoczyńców, o czym świadczy wydany w roku 529 n.e. przez bizantyjskiego cesarza Justyniana edykt, a właściwie paragraf w kodeksie praw: *De maleficiis, mathematicis et caeteris similibus* (O złoczyńcach, matematykach i tym podobnych osobnikach).



W antycznych czasach o fizykach w dzisiejszym znaczeniu nikt nie słyszał, a w pewnych kręgach greckie słowo *fizyk* miało zupełnie inne znaczenie i określało kogoś na niższej pozycji niż *psychik*, czy tym bardziej *pneumatyk*. W każdym razie względnie łatwo było zostać filozofem i wypowiadać się w kwestiach zasadniczych, także w zakresie kosmologii, a zwłaszcza kosmogonii, czyli w kwestii pochodzenia świata. W ostatnich kilkudziesięciu latach sytuacja diametralnie się zmieniła. Badania kosmosu z jednej strony, a z drugiej fizyki kwantowej pokazały, że do zbadania kwestii budowy i pochodzenia świata niezbędny jest niezmiernie złożony aparat matematyczny. Ujmując rzecz kolokwialnie, wiodący dotychczas prym filozofowie „wymiękli”, ponieważ nie posiadli niezbędnej wiedzy z zakresu fizyki i matematyki.

Już od czasów Stańczyka wiadomo, że w Polsce (i nie tylko) jest najwięcej medyków, bo każdy ma w kwestiach zdrowia własne zdanie i radę. Później okazało się, że prawie każdy zna się też na piłce nożnej oraz właśnie na tematyce audio.

O ile jednak jeszcze w latach 70. czy nawet 80. można było wygłaszać rozmaite „audioteorie”, których nie sposób było zweryfikować, o tyle ostatnie lata przyniosły gwałtowny postęp nauki, za którym „filozofowie” po prostu nie nadążają. Niestety, niniejszy artykuł świadczy, iż ogół dzisiejszego społeczeństwa w zakresie wiedzy o technice audio pozostał na poziomie wiedzy z przełomu lat 60/70 XX wieku. Można powiedzieć, że gwałtowny postęp przerósł możliwości domorosłych „audioekspertów” i „audiofilozofów”. Ale można ująć to nieco łagodniej: w związku z szalonym postępem nauki i techniki cyfrowej, niemożliwe stało się nadążanie za rozwojem technik audio. Nie trzeba jednak uciekać w świat magii i nie trzeba czuć się zagubionym. Należy pogodzić się z takim stanem rzeczy i po prostu zachować więcej skromności w wypowiedziach na temat współczesnego sprzętu audio.

Ale to nie oznacza, że nie mamy mieć zdania, czy dana muzyka i czy sprzęt pasują nam, czy nie. To przecież zupełnie odrębna kwestia. Możemy też mieć swoją opinię na temat lamp i ich dźwięku.

„Lampowy dźwięk”

„Lampowy dźwięk” to często spotykane hasło i swoisty fenomen. Prawie każdy, kto miał do czynienia ze wzmacniaczami lampowymi jest pod ich wrażeniem. Warto jednak zwrócić uwagę, że gdy mowa o „lampowym dźwięku”, stosuje się przede wszystkim określenia opisowe, dalekie od technicznych, często nacechowane emocjonalnie, takie jak *ciepły, płynny, gładki, przejrzysty, poruszający...* Czasem jednak spotyka się też próby wyjaśnienia istoty lampowego dźwięku na gruncie technicznym.

Już wcześniej częściowo omówiliśmy kwestię parzystych harmonicznych. Owszem, we wzmacniaczach lampowych jest ich więcej, niż w tranzystorowych i niewątpliwie harmoniczne „wzbogacają dźwięk”, a parzyste są przyjemniejsze od nieparzystych. Co najmniej wątpliwe są jednak teorie o *monotonicznie malejących parzystych harmonicznych*. To ewentualnie mogłoby być prawdą w przypadku prostych wzmacniaczy *single ended*, ale jest naciągane w odniesieniu do większości wzmacniaczy lampowych, które przecież mają konstrukcję *push-pull* i zawierają obwód dość silnego sprzężenia zwrotnego.

Wróćmy też do sprzężenia zwrotnego. Lampy elektronowe są w sumie dość prymitywnymi elementami. Wzmacniacze lampowe zawsze zawierają tylko kilka lamp i przez to mają niewielkie „wzmocnienie własne”, a więc z konieczności sprzężenie zwrotne jest tam dość płytkie. Nieuniknioną konsekwencją znacznej nieliniowości lamp i płytkiego

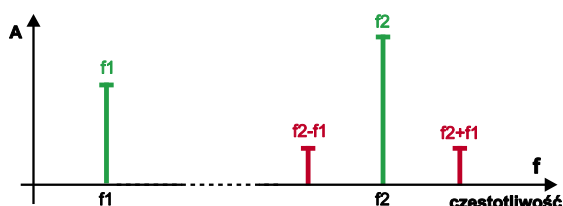
sprzężenia są rozmaite zniekształcenia. I nie chodzi jedynie o harmoniczne, zarówno parzyste, jak i nieparzyste. W grę wchodzi jeszcze inne deformacje sygnału. I to właśnie te zniekształcenia są traktowane jako wzbogacenie i ocieplenie dźwięku. **„Pełniejszy” i „bogatszy” dźwięk wzmacniaczy lampowych to efekt różnorodnych zniekształceń i niedoskonałości.**

Konieczne trzeba rozumieć, że we wzmacniaczach lampowych, oprócz harmonicznych, pojawiają się rozmaite produkty intermodulacji, i to nie tylko intermodulacji, czyli modulacji wzajemnej sygnałów wejściowych. Intermodulacja między składnikami sygnałów wejściowych polega na tym, że wzmacniacz po części staje się modulatorem AM i na jego wyjściu pojawiają się składniki, będące sumą i różnicą składowych wejściowych i ich harmonicznych. **Rys. 47** pokazuje w dużym uproszczeniu podstawową ideę dla dwóch sygnałów. W rzeczywistości sprawa jest bardziej złożona, ponieważ sygnały wejściowe zawierają wiele składowych, które oddziałują ze sobą.

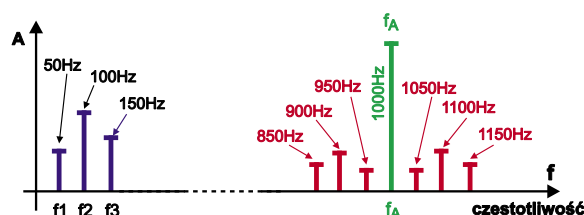
Ponadto we wzmacniaczach lampowych zazwyczaj występują proste, wręcz prymitywne, niedoskonałe obwody zasilania. I nie chodzi o sam przydźwięk sieciowy, czyli obecność składowych 50 Hz i harmonicznych 100 Hz, 150 Hz, itd. Przydźwięk sieci niewątpliwie jest uważany za niepożądany, ewentualnie traktowany jak zło konieczne. Jednak w wzmacniaczu występują też rozmaite intermodulacje przetwarzanych sygnałów właśnie ze składowymi zmiennymi występującymi w obwodach zasilania, czyli z przydźwiękiem sieci. Efektem będzie modulacja amplitudowa sygnałów dźwiękowych składnikami przydźwięku sieci. Czyli przykładowo oprócz tonu 1000 Hz, na wyjściu pojawiają się składniki 1050 Hz, 950 Hz, 1100, 900, i tak dalej, jak pokazuje w uproszczeniu **rys. 48**. W rzeczywistości sygnał muzyczny zawiera nie pojedynczy ton, tylko wiele składowych i wszystkie te składowe jednocześnie podlegają intermodulacji ze składnikami przydźwięku sieci. A to też bez wątpienia w pewnym sensie „wzbogaca” dźwięk. Oczywiście stopień tej modulacji zależy od wielu czynników – czym mniej dopracowany wzmacniacz, tym zniekształcenia te mogą być silniejsze. Przykładowo jednym z mechanizmów jest modulacja strumienia emitowanych elektronów w lampach żarzonych prądem zmiennym 50 Hz, a nie stałym, co bardziej dotyczy lamp bezpośrednio żarzonych, a mniej żarzonych pośrednio.

Niektórzy twierdzą, że we wzmacniaczach lampowych nie powinno się stosować nawet prostowników półprzewodnikowych, a jedynie lampowe. A może właśnie dlatego, że „czym gorzej, tym lepiej”? Techniczna analiza wskazuje, że prostownik lampowy jest prawie pod każdym względem gorszy od diod półprzewodnikowych (zaletą jest tylko opóźnienie związane z nagrzewaniem katody, co tuż po włączeniu zasilania chroni inne lampy przed degradacją). Może właśnie zniekształcenia intermodulacyjne związane z niedoskonałym zasilaczem są istotnym wyznacznikiem „lampowego dźwięku”?

Efektem rozmaitych niedoskonałości obwodów zasilania oraz samych lamp, zwłaszcza triod, może być i bywa niewielka kompresja czy ekspansja sygnału. A to także oznacza zniekształcenia i wzbogacenie dźwięku. Otóż tranzystory i pentody mają „płaskie” charakterystyki wyjściowe, jak pokazują **rys. 49 i 50**. To samo dotyczy tranzystorów polowych w typowych warunkach pracy. Oznacza to, że ich dynamiczna oporność wyjściowa jest duża i że mają charakter źródeł prądowych. Jeśli nawet pojawiają się zakłócenia w obwodach zasilania, to wprawdzie przechodzą one wprost do toru sygnałowego, ale praktycznie nie zmieniają punktu pracy, wzmocnienia i nie powodują modulacji właśnie z uwagi na płaską

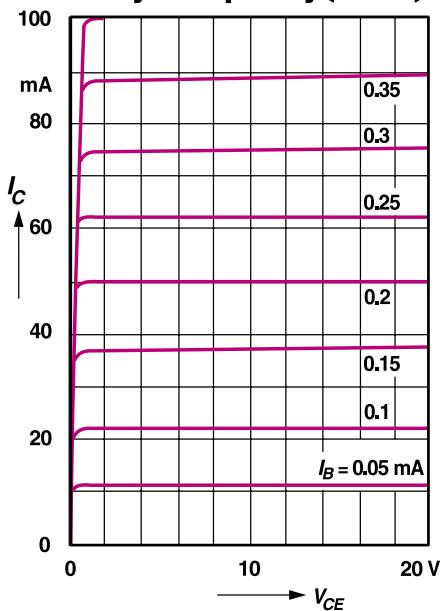


Rys. 47.



Rys. 48.

tranzystor bipolarny (Bc337)

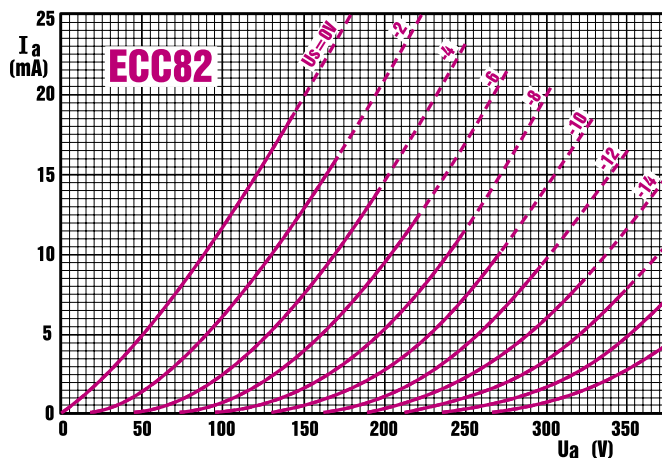


Rys. 49.

Mówi się, że wyznacznikiem, a przynajmniej ważną cechą „dźwięku lampowego” jest mniej dynamiczny bas. Owszem, wynika to z natury lamp, obecności transformatora głośnikowego i słabego globalnego sprzężenia zwrotnego. Efektem jest stosunkowo duża oporność wyjściowa wzmacniacza lampowego, co oznacza małą wartość parametru DF (Damping Factor). Najprościej mówiąc, wzmacniacz lampowy „słabo panuje nad głośnikiem”. Niewiele tłumi rezonanse i inne niedoskonałości głośnika. Znaczenie parametru Damping Factor zostanie nieco szerzej omówione w następnym artykule.

We wzmacniaczach lampowych, zależnie od ich konstrukcji oraz użytych elementów, mogą występować jeszcze inne czynniki i zjawiska wpływające na przetwarzany sygnał. Dźwięk wzmacniacza może zależeć na przykład od jakości użytych elementów. Niewątpliwie lampa lampie nierówna – mówi się o różnicach nie tylko między typami triod, ale też różnicach między triodami tego samego typu, pochodzącymi od różnych wytwórców. Zauważalny wpływ na dźwięk mogą mieć też kondensatory, zarówno elektrolityczne, jak i stałe. Jednak powszechnie spotyka się przesadzone opinie o wpływie kondensatorów, i to nie tylko we wzmacniaczach lampowych. W dużej części jest to świadoma, celowa polityka producentów i dystrybutorów „elementów audiofilskich”, których parametry są niewspółmierne do ceny. Cześć opinii o poprawie jakości dźwięku po wymianie kondensatorów pochodzi od na pozór niezależnych hobbystów. Problem w tym, że prawie nigdy nie mamy do czynienia z porównaniem w tym samym czasie dwóch wersji, z kondensatorami gorszymi i lepszymi. Jest tylko absolutnie subiektywna opinia „przed zmianą było

charakterystykę wyjściową. Zupełnie inaczej jest z triodami. Rys. 51 pokazuje charakterystyki wyjściowe ECC83. W przypadku triod zmiany napięcia zasilania mają znaczący wpływ na wzmocnienie, a to właśnie może oznaczać nie tylko dodatkowe modulacje, ale właśnie pewien stopień kompresji czy ekspansji. Warto też wspomnieć o efekcie mikrofonowania, dotyczącym wielu lamp – drgania i wibracje rozmaitego pochodzenia też mogą wzbogacać dźwięk.



Rys. 51

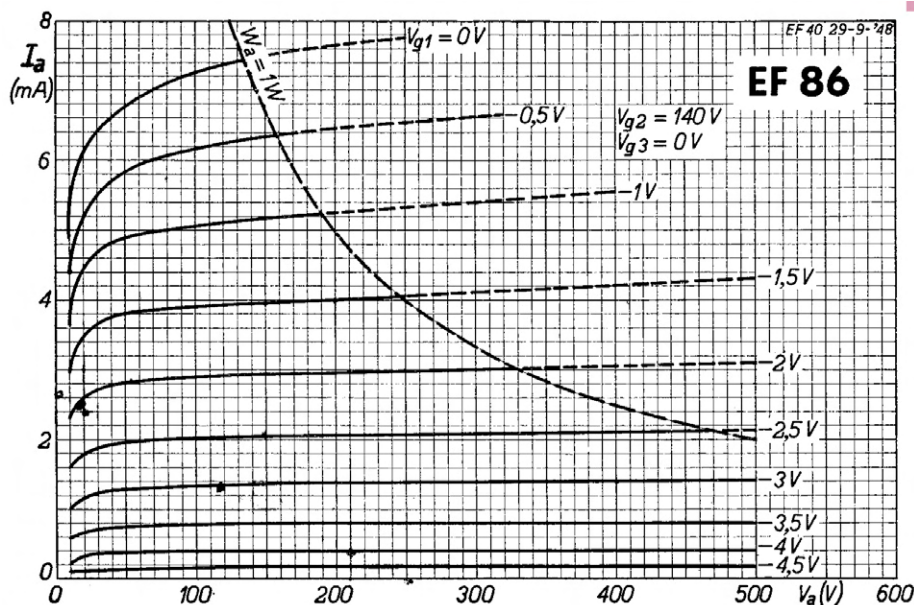
gorzej, po zmianie jest znacznie lepiej”. W takich opiniach ogromną rolę odgrywają czynniki subiektywne, w tym oczekiwania i sugestie, przez co wyniki takich „testów” nie są do końca wiarogodne. Co nie znaczy, że we wzmacniaczach można stosować byle jakie kondensatory.

Oprócz informacji o wątpliwej i dyskusyjnej wartości, spotyka się też twierdzenia ewidentnie nieprawdziwe lub nieaktualne. Nieaktualna jest na przykład opinia, że zaletą wzmacniaczy lampowych jest duża rezystancja wyjściowa. Tak było kiedyś. Dziś ogromną oporność wejściową może mieć wzmacniacz tranzystorowy, zrealizowany zarówno na tranzystorach polowych, jak i bipolarnych. Zresztą duża oporność wejściowa nie jest żadną zaletą, a czasem bywa wadą z uwagi na zwiększoną wrażliwość na zakłócenia przenoszone przez pole elektryczne.

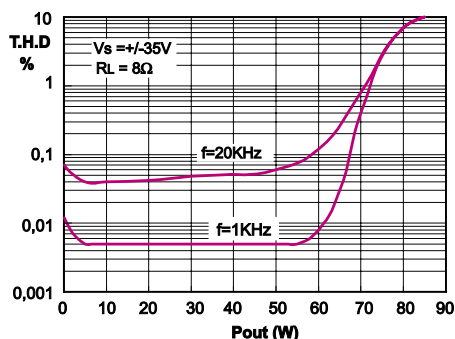
Trudno też zgodzić się z opinią, że powodem „lampowego dźwięku” jest podbicie charakterystyki w zakresie tonów średnich. To mogło mieć uzasadnienie kiedyś, jednak we współczesnych wzmacniaczach lampowych z reguły pasmo jest równomierne, nawet do 20 kHz.

Nieprawdziwy jest dość często spotykany pogląd, że wadą wzmacniaczy tranzystorowych są zniekształcenia „w zerze” (crossover distortion) i że wzmacniacze lampowe nie mają tej wady. Zniekształcenia typu „crossover” występują też w lampowych wzmacniaczach push-pull klasy AB. Zniekształcenia te można zredukować do niemierzalnych wartości we wzmacniaczach z silnym ujemnym sprzężeniem zwrotnym.

Nieporozumieniem jest też twierdzenie, że we wzmacniaczach lampowych poziom zniekształceń jest proporcjonalny do poziomu sygnału i przy małych sygnałach jest równy zero. W takiej opinii jest ziarno prawdy. Istotnie w licznych wzmacniaczach lampowych zniekształcenia proporcjonalnie rosną ze wzrostem wielkości sygnału, z tym że przy małych sygnałach poziom zniekształceń nie jest równy, a co najwyżej w miarę bliski zero. Jednak dotyczy to nie tyle wzmacniaczy lampowych, tylko wszelkich wzmacniaczy pracujących w klasie A, zarówno single ended oraz przeciwsoobnych ze słabym ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Nie dotyczy jednak, zarówno lampowych, jak i tranzystorowych, klasycznych wzmacniaczy przeciwsoobnych (push-pull) klasy AB z silnym sprzężeniem zwrotnym, gdzie poza przypadkiem przesterowania, silne sprzężenie zwrotne powoduje redukcję zniekształceń nieliniowych, praktycznie niezależnie od poziomu sygnału. Przykład zniekształceń wzmacniacza tranzystorowego, na przykładzie popularnej kostki TDA7294, pokazany jest na rys. 52. Wszelkie wzmacniacze lampowe mają dużo większe zniekształcenia.



Rys. 50.



Rys. 52.

Biorąc to wszystko pod uwagę, nie sposób jednoznacznie określić technicznych cech „dźwięku lampowego”. Prawdziwych melomanów nie interesują szczegóły i przyczyny, a tylko skutek i ogólne, subiektywne wrażenie. Profesjonalni „inspektorzy sani-

tarni” mogliby szczegółowo zbadać zagadnienie, ale nie chcą „nurkować w mętnej wodzie”, ani tracić czasu i pieniędzy na pomiary, których wyniki tak naprawdę niewiele interesują. Natomiast pseudoaudiofile kompleksowych i rzetelnych pomiarów ani nie potrafią przeprowadzić, ani nawet nie są nimi zainteresowani, ponieważ wyniki pomiarów obnażyłyby ich nieuctwo.

W literaturze nie można znaleźć rzetelnych i kompleksowych badań technicznych dotyczących istoty „dźwięku lampowego”. Przy odrobinie wysiłku można jednak pozbić sporo wyników sensownych testów technicznych i generalnie zadają one kłam audiofilskim mitom, ale oczywiście gdy to jest niewygodne, są przez zainteresowanych pomijane milczeniem.

Nie ma prostej i jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, czym jest „dźwięk lampowy”. Faktem jest tylko to, że wzmacniacze lampowe dają inny dźwięk, ponieważ występują w nich rozmaite zniekształcenia i niedoskonałości. Na pewno z technicznego punktu widzenia jest to dźwięk „mniej sterylny”, niż w dobrych wzmacniaczach tranzystorowych i scalonych. Na opinię o „lampowcach” i o ich dźwięku ogromny wpływ mają czynniki pozatechniczne.

Nowa jakość

Całość to zwykle coś więcej, niż tylko suma składników. Stuletni zegar ścienny tykający dostojnie i wybijający godziny to coś więcej, niż zestaw trybików i innych dziwnych części (znam się troszkę na tych trybikach, bo w czasie stanu wojennego byłem zegarmistrzem i nawet zdobyłem tytuł czeladnika). Taki stary zegar, jak na fot. 53, tworzy lub pomaga stworzyć niepowtarzalną atmosferę mieszkania. I ta atmosfera nie wynika ze składników zegara – z jego licznych trybików. Zastaw dość prymitywnie wykonanych kółek zębatych, zawleczek, zapadek, sprężynek, zawieszek i popychaczy, plus szkielko i trochę pomalowanych desek ma niebagatelny wpływ na coś niezmiernie ważnego – na nastrój panujący w domu.

Podobnie jest w fizyce. Mamy przekonanie, że jeden elektron nie różni się od drugiego, podobnie proton czy neutron. Ze złożenia pewnej liczby takich nierozróżnialnych cegiełek powstaje coś zupełnie nowego – atom takiego czy innego pierwiastka, który ma specyficzne właściwości. Właściwości tak powstałego pierwiastka nie widzimy w jego elementarnych



Fot. 54.

składnikach. Tak samo jest na następnym etapie. Atomy danego pierwiastka możemy uważać za jednakowe. Z pewnej liczby atomów różnych pierwiastków powstają związki chemiczne, różniące się właściwościami. Tych właściwości nie mają pojedyncze atomy pierwiastków składowych. Znowu powstaje zupełnie nowa jakość, która nie wynika jedynie z cech atomów składowych. To fascynujące zagadnienie z pogranicza nauki, filozofii, a nawet religii.

Jeszcze raz powtarzam, że całość to nie tylko suma części. Dotyczy to też lamp i wzmacniaczy lampowych. Ich (zniekształcony, „bogatszy”) dźwięk to jedna sprawa, a druga, znacznie ważniejsza, to wytwarzany nastrój – zupełnie nowa jakość, tak jak w przypadku starego zegara. I niebagatelne znaczenie ma tu delikatny, ciepły blask żarzących się lamp – fot. 54.

W przypadku wciąż opiniotwórczego pokolenia pięćdziesięcio- i sześćdziesięciolatków w grę wchodzi jeszcze jeden czynnik: wspomnienia z dzieciństwa. Z czasów, gdy nie było setek kanałów cyfrowej telewizji satelitarnej, z początków czarno-białej telewizji, z czasów gdy radio, a w szczególności zakresy fal krótkich, były oknem na świat. Wtedy królowały radia lampowe, często wyposażone w tzw. magiczne oko. Szukanie na różnych zakresach falach krótkich rozmaitych stacji, w tym Wolnej Europy było niepowtarzalnym przeżyciem. Ja sam wspominam z nostalgią tamte czasy, a tak generalnie, to wśród moich rówieśników, a zwłaszcza nieco starszych kolegów, zauważam zaskakująco duży sentyment do wszelkich urządzeń lampowych.

Takie kwestie sentymentalne też odgrywają dużą rolę w przypadku wzmacniaczy lampowych.

Wnioski?

Nie dajmy się zwariować! Nie każdy musi być inspektorem sanitarnym, ale też nie każdy został obdarzony wybitnym słuchem muzycznym. Pamiętajmy, że nawet jak najbardziej obiektywne wyniki pomiarów nie są ostatecznym wyznacznikiem jakości dźwięku i sprzętu. Jeszcze raz warto podkreślić, że z uwagi na liczne wchodzące w grę czynniki, jakość dźwięku i sprzętu można i należy oceniać subiektywnie. Nie ma konieczności dorabiania do takich subiektywnych odczuć „ideologii technicznej”, jak to bywa choćby w przypadku „lampowego dźwięku”.

Dobre współczesne wzmacniacze tranzystorowe, w tym najnowsze wzmacniacze impulsowe, są bardzo szybkie, „przezroczyste”, i żeby wrócić do przykładu z bakteriami w pożywieniu, wręcz „sterylne”. Niewiele tam pozostało do poprawienia, jeśli w ogóle. Natomiast wzmacniacze lampowe zawsze wprowadzają rozmaite zniekształcenia. Jeśli te zniekształcenia są traktowane jako wzbogacenie i ocieplenie dźwięku, to niech tak pozostanie.

Nigdy jednak nie zapominajmy, że najważniejsze są głośniki, głośniki i jeszcze raz głośniki.

Zamiast dyskutować o wyższości Świąt Bożego Narodzenia nad Świątami Wielkiej Nocy (lub odwrotnie), cieszymy się muzyką i sprzętem.

Tak jak szanujemy indywidualne upodobania kulinarne, tak uszanujemy różnorodność w dziedzinie audio. Przyznajmy prawo do wolności także tym, którzy preferują świeżo wyciśnięty sok z dżudźownic, albo pieczeń z kota. A jeśli komuś podoba się wzmacniacz lampowy podświetlany ultrajasnymi niebieskimi diodami LED?

De gustibus non est disputandum. Kropka.

Piotr Górecki



Fot. 53.