

Czy moc jest z nami?

definiowanie mocy wyjściowej wzmacniaczy

Pisząc jakiś czas temu artykuł o końcówkach mocy (MiT 9/2007), próbowałem rzucić trochę światła na kwestię definiowania pojęcia mocy wyjściowej tego typu urządzeń. Niniejszy artykuł z założenia ma służyć nieco bardziej wnikliwej analizie powyższej kwestii. Uznałem bowiem, że nadal wielu użytkowników aparatury nie bardzo wie, jak sensownie interpretować dane producentów w kontekście deklarowanej przez firmy mocy wyjściowej. Kwestia ta nabiera dziś coraz większego znaczenia, choćby z racji łatwego zauważalnego procesu ciągłego wzrostu mocy wzmacniaczy oraz z uwagi na rozwój nowoczesnych technologii. Te bowiem, w pewnej mierze, obligują do nieco odmiennego potraktowania tematu, niż miało to miejsce w czasach minionych.



Normy techniczne – czy wciąż obowiązują?

Może na początek prosta definicja: czym jest „znamionowa moc wzmacniacza”?

Jest to moc, którą wzmacniacz może wydzielić na znamionowej impedancji obciążenia przy danej częstotliwości lub w danym paśmie częstotliwości, bez przekroczenia określonego współczynnika niekształceń nieliniowych, w ciągu 10 min.

Definicja pochodzi z dość starej Polskiej Normy z lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Myślę, że warto poświęcić kilka zdań na temat przepisów obowiązujących obecnie, gdyż od strony formalnej trochę się zmieniło – jak zobaczymy, zmiany te nie są zbyt korzystne dla konsumentów.

Do 31 grudnia 1993 roku stosowanie PN (Polskich

Norm) było obowiązkowe – pełniły one rolę przepisów, a nieprzestrzeganie ich postanowień było traktowane jako naruszenie prawa.

Od 1 stycznia 1994 roku stosowanie PN jest dobrowolne, przy czym do 31 grudnia 2002 istniała możliwość nakładania obowiązku stosowania PN przez właściwych ministrów i w określonych przypadkach.

Od 1 stycznia 2003 stosowanie PN jest już całkowicie dobrowolne.

Widzimy więc, że zniknął dość ważny czynnik „naciśku” na nierzetelnych producentów, którzy mogą teraz podawać dowolne dane na temat swoich wyrobów, nie narażając się na żadne formalne konsekwencje z tytułu odstępstw od co prawda istniejących, ale nieobligatoryjnych norm. Ktoś mógłby zapytać, czy w takim razie z racji akcesji Polski do UE nie należało-

by kierować się normami europejskimi?

Otóż Normy Europejskie nie są powszechnie dostępne (nie można nabyć Normy Europejskiej), są natomiast dostępne w implementacjach krajowych. W każdym kraju członkowskim UE i EFTA (European Free Trade Association – Europejskiego Stowarzyszenia Wolnego Handlu – dop. Red.) teksty norm krajowych wprowadzających Normy Europejskie są takie same (Polska Norma wprowadzająca Normę Europejską ma oznaczenie **PN-EN**, niemiecka **DIN-EN** itd.) Poza tym ich stosowanie również nie jest obowiązkowe. Jak wiadomo, wiele produktów z interesującej nas działki pochodzi spoza Unii, najczęściej z Chin, a w odniesieniu do nich trudno w ogóle mówić o jakichś unormowaniach, więc – jak widać, od tej strony raczej nie uda się już niestety „dyscyplinować” producentów. Dlatego tak ważne jest,

żeby przeciętny użytkownik, nabywając konkretny wyrób, potrafił choćby z grubsza ocenić, czy deklarowane przez wytwórcę dane techniczne są zgodne ze stanem faktycznym.

Dla dociekliwych i dla chcących zapoznać się aktualnymi normami w zakresie wzmacniaczy elektroakustycznych podam teraz aktualnie obowiązującą polską normę, która jest dokładnym odpowiednikiem normy europejskiej o symbolu IEC-60628-3. W Polsce funkcjonuje ona pod nr PN-EN 60628-3:2004 i można ją nabyć w Polskim Komitecie Normalizacji i Miar (również drogą elektroniczną) za „jedyne” 130,78 PLN (brutto). Jest to dość obszerny dokument, bo liczy 55 stron, a na jego publiczne cytowanie należy uzyskać specjalne zezwolenie. Powiem więc tylko własnymi słowami, że jeśli chodzi o definicję mocy znamionowej wzmacniacza audio, to w zasadzie niewiele się zmieniło w stosunku do norm z końca ubiegłego wieku, tyle że współczesne przepisy bardziej szczegółowo definiują różne warunki i metody pomiarowe dla różnych rodzajów mocy, jak np. moc długotrwałą, moc krótkotrwałą, moc ograniczoną temperaturą itd. Warto też dodać, że norma ta zawiera np. opisy klasy wzmacniaczy, co może być przydatne dla osób, które intryguje ten modny ostatnio temat. Oczywiście norma podaje również metody pomiarów wszelkiego typu zniekształceń, jakie mogą występować we wzmacniaczach, a nawet zawiera oddzielny rozdział dotyczący połączeń symetrycznych. Dla konstruktorów i pasjonatów jest cennym źródłem wiedzy i najnowszych uregulowań technicznych w zakresie szeroko pojętej techniki wzmacniania i dystrybucji sygnałów audio.

Skąd bierze się moc? Trochę teorii

Zastanówmy się teraz przez chwilę, skąd bierze się moc i z czego wynika, że w konkretnym przypadku ma taką a nie inną wartość, wyrażoną w ogólnie znanej jednostce wat [W]. Przekonamy się też, że dla celów marketingowych wat wawowi nie równy... Moc wydzielona na obciążeniu jest prostym iloczynem prądu i napięcia według klasycznego wzoru:

$$P=U \times I$$

Ponieważ na ogół nie stosuje się pomiarów przy pomocy amperomierzy, moc wyliczamy ze wzoru:

$$U^2/R$$

czyli podnosimy napięcie zmierzone na obciążeniu do kwadratu i dzielimy przez znamionową impedancję obciążenia. Jak wynika ze wzoru, moc wzrasta z kwadratem napięcia, jasne więc jest, że to właśnie parametry napięciowe i wydajność prądowa zasilacza oraz stopni końcowych decydują o tym, jaką mocą dysponuje wzmacniacz.

Chciałbym wyraźnie podkreślić, że w żadnym wypadku nie można mówić o jakiegokolwiek mocy – czy to RMS, czy muzycznej, chwilowej czy jakiegokolwiek innej, która byłaby większa niż maksymalne możliwe do osiągnięcia napięcie wyjściowe na podłączonym

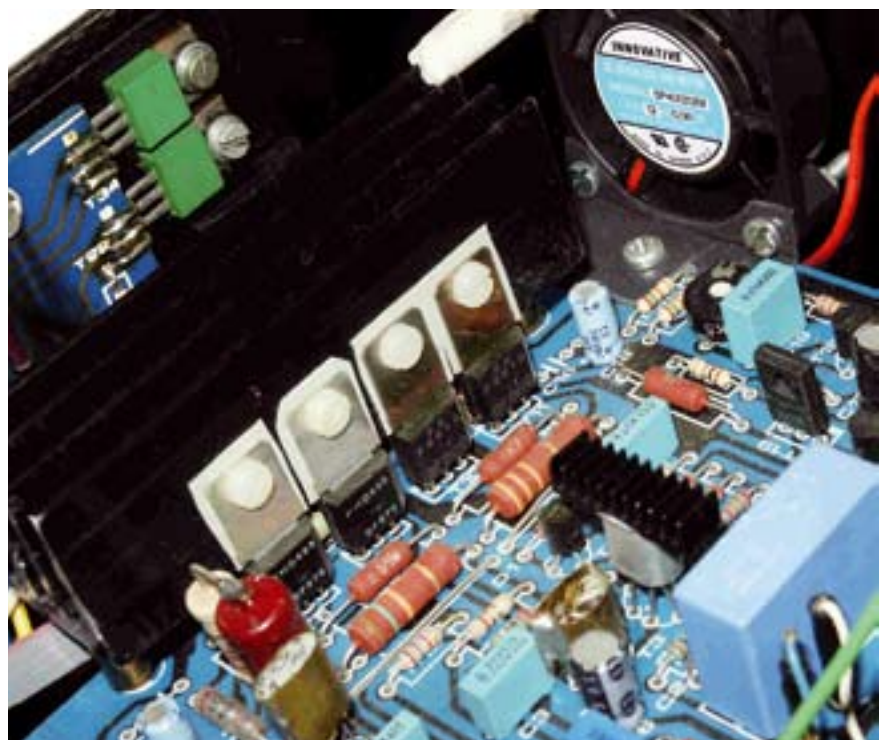
do wzmacniacza głośnika. Żaden wzmacniacz nie odda bowiem, nawet w ułamku sekundy, większej mocy, niż wynika to z napięcia wyjściowego, jakim dysponuje. W klasycznych końcówkach z zasilaniem transformatorowym można wyliczyć tę moc (z pewnym przybliżeniem), znając napięcie wyjściowe na uzwojeniach wtórnych. We wzmacniaczu „idealnym”, w którym nie występowałyby żadne straty, moc na wyjściu byłaby równa połowie napięcia zasilania

podniesionego do kwadratu i podzielonego przez impedancję obciążenia. Niestety, w każdym urządzeniu powstają nieuniknione straty, które w efekcie powodują, że rzeczywista moc jest zawsze mniejsza.

Tak więc przykładowo, jeśli napięcie na uzwojeniu wtórnym transformatora wynosi 2x50 V (układ symetrycznego zasilacza), to moc takiej końcówki, przy założeniu sprawności w klasie AB na poziomie ok. 60%, można szacować na ok. 180 W na impedancji obciąż-



Do niedawna jednym z najbardziej kosztownych elementów wzmacniacza byłaby jego zasilacz, a przede wszystkim transformator sieciowy, który w końcówkach dużej mocy potrafił ważyć kilkanaście kilogramów.



Nawet jeśli wzmacniacz pracuje w klasie D, górną granicę jego możliwości wyznaczają parametry tranzystorów wyjściowych.



Wzmacniacze pracujące w klasie H mają wyższą efektywność niż tradycyjne końcówki klasy AB, niemniej przy dużych mocach odprowadzenie energii wytraconej w postaci ciepła stanowi wyzwanie dla konstruktorów.

żenia 8 Ohm. (50×50/8, pomnożone przez 60%). Ten sposób wyliczenia mocy jest obarczony oczywiście pewnym błędem i, jak wspomniałem, stosować go można wyłącznie do szacowania mocy w końcówkach z tradycyjnym zasilaczem, uwzględniając w szacunkach fakt, że zasilacz wnosi straty własne, tym większe, im mniejsza jest impedancja obciążenia. Dlatego moc, którą wyliczymy za pomocą tej uproszczonej metody będzie zazwyczaj nieco większa niż moc faktyczna, a dodatkowo na mniejszych impedancjach praktycznie wzór jest bezużyteczny, ze względu na znaczne zazwyczaj spadki napięcia zasilacza. Niemniej jednak, pozwala ona na zgrubne oszacowanie, czego możemy się spodziewać po wstępnych oględzinach, nie mając możliwości lub umiejętności przeprowadzenia testów pomiarowych.

Klasa H – nic tajemniczego

Odczytując napięcia podane dla uzwojenia wtórnego transformatora sieciowego współczesnych wzmacniaczy, coraz częściej możemy zaobserwować, że zasilacz sterowany jest nie z dwóch, ale z czterech symetrycznych uzwojeń i wtedy schemat wyprowadzeń głównych uzwojeń prądowych może wyglądać przykładowo tak: 25V-0-25V oraz 50V-0-50V. Tak skonfigurowane wyjścia po stronie wtórnej będą świadczyć o tym, że dany wzmacniacz pracuje w popularnej od jakiegoś czasu klasie H.

Z uwagi na jej duże rozpowszechnienie warto wiedzieć, że ta tajemnicza literka nie oznacza bynajmniej jakiejś bardzo wyrafinowanej, „kosmicznej” technologii. Tak na prawdę, jest to klasyczna, znana od początków ery wzmacniaczy tranzystorowych klasa AB, tyle że wzbogacona o układy kluczowania napięcia zasilania. Dzięki temu zasilacz może dostarczać dwóch (a czasem nawet trzech) napięć do sterowania stopniem wyjściowym, dostosowując je do aktualnego zapotrzebowania na moc. Ponieważ przełączanie następuje bardzo szybko, jest zupełnie niesłyszalne, a końcówka ma nieco większą sprawność (mniej się grzeje) i lepszą dynamikę. Ponieważ – jak już wiemy, moc na wyjściu rośnie z kwadratem napięcia, to łatwo wyliczyć, że w sytuacji jego podwojenia moc wzrośnie czterokrotnie – ot i cała

„ideologia” klasy H.

Tego typu konstrukcja jest obecnie tak często stosowana, że wypiera już klasyczną klasę AB z rynku, co oczywiście jest tendencją pozytywną i godną naśladowania, gdyż w zasadzie ma same zalety, a pozbyła się już wad okresu „dziecięcego”.

Kilka słów na temat mocy „muzycznej”

Warto sobie uświadomić, że tzw. moc „muzyczna” to nic innego, jak moc znamionowa, tyle że mierzona przy chwilowym, krótkotrwałym obciążeniu wzmacniacza. Jeśli wzmacniacz wyposażony jest w dobry stabilizator napięcia, moc muzyczna będzie równa znamionowej. Jeśli natomiast (tak jak to ma miejsce w klasycznych końcówkach mocy) będziemy wykorzystywać zasilacze niestabilizowane, moc muzyczna będzie większa od mocy znamionowej – tym bardziej, im „słabsze” parametry będzie miał zasilacz, gdyż pod obciążeniem jego napięcie będzie malało w mniejszym lub większym stopniu.

W związku z powyższymi, mam nadzieję, zrozumiałymi dla czytelnika prawami fizyki, spróbujemy się teraz zastanowić, skąd biorą się liczne przekłamania i nieporozumienia w kwestii definiowania mocy urządzeń będących w ofercie różnych producentów. Skupimy się oczywiście na rynku sprzętu profesjonalnego, pomijając litościwym milczeniem sprzęt domowy oferowany w marketach.

Skoro przyjęliśmy słuszne założenie, że praw fizyki nie da się przeskoczyć, warto wiedzieć, jakie tricki stosują producenci, aby móc pochwalić się mocą większą niż konkurencja. A ponieważ ta nie śpi, wyścig trwa i póki co, końca jego nie widać...

Rzetelne informacje i nowoczesne technologie

Pierwszym popularnym sposobem na uzyskanie „dobrego wrażenia”, jest podawanie mocy urządzenia bez sprecyzowania, o jaką moc chodzi. Takiego sprzętu w ogóle bym nie klasyfikował, gdyż jego producent, nie ograniczony żadną definicją, może podawać dowolne wartości, które uzna za odpo-

wiednie dla celów marketingowych.

Dużo lepszą sytuację mamy wtedy, gdy podawana jest moc RMS, dawniej określana jako sinus. Warto w tym miejscu dodać, że od strony matematycznej wyliczanie pierwiastka średniokwadratowego (Root Mean Square) pozwala otrzymać faktyczną moc bez względu na to, jaki kształt ma sygnał pomiarowy (może to być również sinus). Ale to również może być informacja niezbyt precyzyjna, jeśli nie wiemy, jak ją zmierzono, czyli np. w jakim przedziale czasu. Jeśli bowiem moc RMS wzmacniacza jest w stanie oddać zaledwie w ciągu ułamka sekundy, to w zasadzie mamy do czynienia z mocą chwilową (impulsową), a nie ciągłą mocą znamionową, która powinna być mierzona w dłuższym okresie, np. w ciągu 10 minut. Tak zdefiniowaną moc możemy określić jako ciągłą (continue RMS). Należy wspomnieć, że dawno temu spotykało się czasem wzmacniacze, których moc producent określał jako 24h cont. power, co, jak łatwo się domyśleć, oznaczało możliwość pracy z pełnym obciążeniem w praktycznie nieograniczonym czasie. No, ale jak to mówią bracia Czesi: „to se ne vrati”...

W przypadku wzmacniaczy beztransformatorowych sytuacja wygląda nieco inaczej, bo co prawda moc nadal zależy od maksymalnego, możliwego do osiągnięcia napięcia wyjściowego, ale nie występują już wtedy pewne ograniczenia, wynikające z właściwości transformatora i klasycznego zasilacza. Rozszerza to znacznie możliwości aplikowania różnych zabiegów konstrukcyjnych, gdyż w takim wypadku mamy do dyspozycji pełne napięcie sieci, co powoduje, że osiągnięte moce mogą mieć bardzo duże wartości, ale w krótkich impulsach. Dodatkową zaletą tego typu konstrukcji jest ich znacznie wyższa sprawność, czasem przekraczająca nawet 90%, a co za tym idzie, mniejsze problemy z chłodzeniem. W oczywisty sposób przekłada się to na mniejsze gabaryty i masę. Jednak nawet w tych supernowoczesnych wzmacniaczach o faktycznej mocy i tak zawsze decyduje wydajność prądowo-napięciowa stopnia wyjściowego, czyli np. parametry użytych tranzystorów.

Jeśli już wspomniamy o tych wyrafinowanych kon-

strukturalnie, to jak zapewne zauważyli co bardziej dociekliwi pasjonaci techniki estradowej, moc tych wzmacniaczy deklarowana przez producenta na wyjściach głośnikowych często jest dużo większa niż nominalna moc pobierana z sieci, wynikająca chociażby z wartości bezpiecznika sieciowego. Oczywiście nie wymyślono perpetuum mobile, chodzi tylko o to, że dzięki zaawansowanej technologii udaje się konstruować układy, będące w stanie oddać olbrzymią moc w krótkich impulsach, a jednocześnie aplikuje się we wzmacniaczach bardzo rozbudowane systemy kontroli pracy urządzenia, które nie pozwalają na przekroczenie „realnych” możliwości końcówki, czyli np. uniemożliwiają ciągłą pracę z bardzo dużą mocą. Tego typu podejście ma swoje racjonalne uzasadnienie, z uwagi na charakter sygnałów przebiegów muzycznych, ale niestety dość mocno komplikuje możliwość weryfikacji podawanych danych technicznych.

Ale wracając do definiowania mocy w tradycyjnym rozumieniu: kolejnym sposobem na jej określenie może być podanie mocy RMS i dodatkowo mocy określanej jako „program power” w czym celują niektóre firmy amerykańskie. Z grubsza rzecz biorąc, jest to moc, jaką wzmacniacz może oddać przy sterowaniu jego wejścia „typowym sygnałem muzycznym”, czyli przebiegami impulsowymi, zmiennymi w czasie i w amplitudzie. Połączenie tych dwóch definicji (mocy programowej i RMS) w odniesieniu do tego samego urządzenia, daje nam już pewien obraz jego faktycznych możliwości. Większość wytwórców określa zazwyczaj moc programową na poziomie dwukrotnie wyższym niż RMS.

Wielu użytkowników wzmacniaczy mocy zauważyło zapewne, że zazwyczaj jest tak, że na niższych opornościach obciążenia (np. na 4 Ohm) moc rośnie nieproporcjonalnie mniej, tj. praktycznie nigdy nie jest dwukrotnie większa niż na obciążeniu 8 Ohm. Jest to związane z ograniczoną wydajnością zasilacza lub (i) z działaniem układów zabezpieczeń prądowych, nie pozwalających na przekroczenie danej mocy na wyjściu.

W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę na swego rodzaju paradoks. Z punktu widzenia efektów czysto akustycznych, wzmacniacz o bardziej „miękkim” zasilaniu, czyli taki, którego napięcie mocno spada przy obciążeniu, może czasem sprawiać wrażenie bardziej dynamicznego, gdyż będzie bardziej akcentował szybkie impulsy, które są normalnym zjawie-

niem w sygnale muzycznym. Jednak rzeczywista wydajność prądowa takiej końcówki raczej dyskwalifikuje ją do stosowania np. do zasilania zestawów basowych, które z powodu rozkładu częstotliwości w widmie, pochłaniają większą część energii całego sygnału. W efekcie dużego spadku napięcia na zasilaczu, przy obciążeniu mocno energetycznym (np. ciężka muzyka rockowa), taki wzmacniacz będzie się (mówiąc popularnym językiem) „dusił”. Bas może stać się mało konkretny, „zamulony”, choćby dlatego, że z deklarowanych przez producenta watów realnie będziemy mieli do dyspozycji np. zaledwie połowę. Przy pracy na niskich opornościach obciążenia, taki oszczędnie zaprojektowany wzmacniacz będzie pracował na granicy swoich możliwości, co może dość łatwo doprowadzić do jego uszkodzenia, lub co najmniej do zadziałania zabezpieczeń. Oprócz tego, przy pracy na niskich opornościach zaczynają już grać rolę rezystancje kabli głośnikowych, które wpływają na tzw. Damping Factor wzmacniacza, czyli na parametr, który ma duży wpływ na tłumienie rezonansów własnych współpracujących ze wzmacniaczem głośników.

Warto również wiedzieć, że wzmacniacze konstruowane przy użyciu tranzystorów MOSFET, nawet bez udziału wyrafinowanych zabezpieczeń, same potrafią zmniejszyć moc wyjściową w miarę wzrostu temperatury stopnia końcowego, gdyż taką właściwość mają właśnie MOSFET-y.

Pełna informacja

Idealna byłaby sytuacja, gdyby producent wzmacniacza podał nam np. następujące parametry urządzenia:

1. **moc RMS** na akceptowalnych przez końcówkę opornościach obciążenia, podając jednocześnie, w jakim czasie wzmacniacz jest w stanie oddać taką moc w sposób ciągły;
2. **moc muzyczną** (program power) według definicji, którą podałem wyżej;
3. **chwilową moc szczytową** (w określonym przedziale czasu, np. 5 ms).

Gdybyśmy znali powyższe dane (zakładając, że są one rzetelne), zniknęłaby większość wątpliwości, ale z przykrością trzeba stwierdzić, że era tak opisywanych urządzeń odeszła już chyba do przeszłości. Firmy prześcigają się w deklaracjach i pobożnych życzeniach, a prawdziwą rzadkością jest natrafie-

nie na wzmacniacz, w którego specyfikacji są tak sprecyzowane kryteria pomiaru, a już na pewno nie możemy na to liczyć przy zakupie sprzętu z grupy budżetowej.

Pomiar mocy – czynność niezbyt skomplikowana

Jeśli już o pomiarach mowa, to zatrzymam się jeszcze na chwilę na kwestii, jak poprawnie zmierzyć moc urządzenia. Jestem o to dość często pytany, a temat jest dość popularny, również na forach internetowych, więc myślę, że warto mu poświęcić trochę uwagi.

Zmierzenie mocy klasycznego, transformatorowego wzmacniacza nie stanowi specjalnego problemu, o ile posiada się podstawową wiedzę w dziedzinie elektroniki oraz oscyloskop, generator i ewentualnie miernik zniekształceń nieliniowych (harmonicznych). Jeśli chodzi o zaawansowane, specjalizowane przyrządy pomiarowe, w rodzaju urządzeń firmy Audio Precision lub o stosowanie programów komputerowych, to nie ma zupełnie konieczności sięgania po takie narzędzia. Służą one jedynie do pomiarów o bardzo dużej dokładności, w powtarzalnych cyklach produkcyjnych i zapewniam, że „zwykły” pomiar możemy wykonać z powodzeniem samodzielnie. Oczywiście mówię o „klasycznej” metodzie badania, przy sterowaniu wejścia wzmacniacza sygnałem sinus lub ewentualnie przebiegiem prostokątnym, dla zmierzenia „szybkości” zmian napięcia na wyjściu wzmacniacza (parametr slew rate). Tak więc, aby określić moc, wystarczy podać na wejście badanej końcówki sygnał z generatora (dobrze, jeśli będzie on miał niewielkie własne zniekształcenia) i obserwować przebieg sygnału na oscyloskopie, na podłączonym do wyjścia wzmacniacza obciążeniu, które symuluje pracę głośnika. Ten ostatni człon naszego toru pomiarowego może być dość trudny do wykonania, szczególnie gdy zechcemy mierzyć duże moce, rzędu kilowatów. Ponieważ trudno jest zdobyć pojedyncze rezystory o tak dużej mocy, dość często łączy się większą ich ilość równolegle tak, aby łączna rezystancja była zbliżona do wartości typowej dla głośnika. Przy okazji uzyskujemy wtedy mniejszą indukcyjność, co zbliża warunki testu do pomiaru na „czystej rezystancji”. Dawniej niektóre firmy podawały, że moc mierzono właśnie na „czystej rezystancji”, czyli na



Nowoczesne wzmacniacze coraz częściej wyposażane są w cyfrowe układy przetwarzające sygnał bądź monitorujące stan końcówki.



Przy większej ilości użytkowanych jednocześnie wzmacniaczy, niebagatelną rolę odgrywają ich gabaryty i masa.

obciążeniu bezindukcyjnym, co określało precyzyjnie warunki pomiaru. Taki zresztą pomiar zaleca przywoływana przeze mnie nowa norma.

Tak więc, gdy podłączymy już nasz zestaw pomiarowy do wzmacniacza, należy ustawić jego regulatory wzmacnienia na maksimum i stopniowo zwiększać poziom sygnału wejściowego. W momencie, gdy obserwujemy obcinanie wierzchołków sinusa, sprawdzamy, jakiemu napięciu na obciążeniu to odpowiada, i już możemy wyliczyć moc wyjściową, dzieląc napięcie przez oporność obciążenia. Oczywiście możemy odczytać amplitudę bezpośrednio z ekranu oscyloskopu, ale wygodniej jest użyć miernika, posiadającego funkcję pomiaru True RMS. Ostrzegam, że zwykle, tanie multimetry mogą dawać spore przekłamania, zwłaszcza gdy będziemy mierzyć moc na wyższych niż sieciowa częstotliwościach.

Warto wiedzieć, że to, co obserwujemy na oscyloskopie jako zniekształcenie przebiegu, odpowiada może już kilku procentom zniekształceń, więc pomiar tego typu jest bardziej „liberalny” niż gdybyśmy podłączyli równolegle z oscyloskopem miernik zniekształceń harmonicznych i zwiększali moc tylko do momentu, gdy zniekształcenia nie przekroczą akceptowalnej wartości, czyli ok. 1%. Przy okazji możemy również zbadać, jaką czułość ma testowany wzmacniacz, przez proste odczytanie napięcia na wejściu, przy którym wzmacniacz osiąga nominalną moc. Jeśli będzie to np. 0,775 V RMS, to oznacza, że nominalna czułość końcówki wynosi 0 dBu. O ile badany wzmacniacz posiada wbudowany limiter, możemy nie zaobserwować zniekształcenia sinusa, tylko zauważymy, że po prostu amplituda napięcia na oscyloskopie nie rośnie, mimo zwiększania napięcia na wejściu. To będzie właśnie punkt, w którym zaczyna działa limiter, i więcej mocy ze wzmacniacza w tych warunkach pomiaru nie „wydusimy”. Zmniejszając oporność obciążenia (np. z 8 na 4 Ohm) zauważymy, że przy tym samym napięciu wejściowym sygnał będzie już najczęściej zniekształcony, nawet gdy w badanym urządzeniu jest wbudowany limiter. To zupełnie normalne zjawisko związane ze wspomnianą już wcześniej ograniczoną wydajnością zasilacza lub prądowymi ograniczeniami stopnia wyjściowego. Pa-

trząc na to zjawisko od strony wejścia wzmacniacza, można stwierdzić, że czułość wzmacniacza rośnie dla mniejszych impedancji obciążenia.

Wtedy należy zmniejszyć napięcie wejściowe lub ograniczyć moc przy pomocy wbudowanych we wzmacniacz potencjometrów do momentu, gdy sygnał znów będzie pozbawiony zniekształceń. Po sprawdzeniu napięcia na wyjściu będziemy wiedzieć, na co stać nasz wzmacniacz, gdy będzie pracował pod większym obciążeniem.

Przeważnie tego typu pomiarów dokonujemy na częstotliwości 1 kHz, ale oczywiście powinniśmy zmierzyć urządzenie w całym zakresie pasma akustycznego. Przy takim pomiarze używamy określenia „pasma mocy” i podajemy szerokość tego pasma z zaznaczeniem w dB, jakie spadki występują na jego krańcach. Tak więc przykładowy opis w rodzaju: Moc 200 W, w paśmie 20 Hz - 40 kHz (-3 dB) oznacza, że w określonym paśmie przeniesienia wzmacniacz oddaje moc 200 W, przy czym na skrajach pasma spada ona o 3 dB w stosunku do mocy znamionowej, często wyznaczonej uprzednio na typowych 1000 Hz. Mając do dyspozycji generator impulsów, możemy również „pobawić się” w próbę określania mocy szczytowej, poprzez sterowanie wejścia przebiegami w formie paczek impulsów o ustalonym czasie trwania i określonych przerwach między nimi. Zmniejszając czas impulsu, powinniśmy teoretycznie zaobserwować większe niezniekształcone napięcie chwilowe na wyjściu niż to, które zmierzaliśmy w przypadku sterowania przebiegiem ciągłym, ale nie jest to raczej powszechna i popularna metoda badawcza w codziennej praktyce.

Pomiary w rodzaju opisanych powyżej mogą być niemierniarodne przy próbach badania wzmacniaczy wykonanych w technologii cyfrowej, a to z uwagi na specyfikę pracy układów detekcji i sterowania, które czasem traktują sygnał sinus jak coś nienaturalnego albo jak stan awaryjny (np. wystąpienie sprzężenia), i przy takim teście uaktywniają się różnego rodzaju zabezpieczenia i ograniczniki. Jednak nawet w takiej sytuacji można w przybliżeniu określić możliwości mocowe, analizując np. ilość i parametry katalogowe

końcowych tranzystorów mocy. Zakładając bowiem nawet bardzo wysoką sprawność wzmacniacza, powiedzmy w granicach 90% (co sprawia, że tylko 10% mocy wydzielili się w postaci ciepła na radiatorach), i tak nie możemy w dłuższym okresie przekroczyć nominalnej, łącznej mocy użytych tranzystorów oraz nominalnego prądu zadziałania zabezpieczeń, niezależnie od tego, czy będą to bezpieczniki tradycyjne, czy układy elektroniczne. Natomiast to, jak duży będzie zapas mocy w elementach wykonawczych, zależy już od konkretnego producenta i od założeń konstrukcyjnych.

Zapewnienie wysokiej niezawodności urządzenia gra dość ważną rolę w kosztach produkcji i co za tym idzie, stanowi o cenie rynkowej wyrobu. Do niedawna jednym z najbardziej kosztownych elementów wzmacniacza był jego wykonany w tradycyjnej technologii zasilacz, a przede wszystkim transformator sieciowy, który w końcówkach dużej mocy potrafił ważyć kilkanaście kilogramów. Obecnie co prawda odchodzi się powoli od takiej konfiguracji na rzecz układów beztransformatorowych, ale za to bardzo komplikują się systemy sterowania, a samo opracowanie takiej końcówki, stanowi poważnie wyzwanie konstrukcyjne. W efekcie ceny utrzymują się na dość wysokim poziomie, szczególnie w odniesieniu do wyrobów markowych.

Podsumowanie

Na koniec kilka słów podsumowania.

Zapamiętajmy przede wszystkim, że moc KAŻDEGO wzmacniacza jest definiowana przez napięcie wyjściowe na obciążeniu, przez wydajność prądową stopnia mocy i przez zdolność urządzenia do zachowania założonych parametrów w określonym czasie. Skoro już z grubsza wiemy, o co chodzi z tą mocą i jak ją zmierzyć, dysponując podstawowymi przyrządami pomiarowymi, zapraszam za miesiąc, kiedy to przyjrzymy się typowym zabiegom, które stosują producenci, aby wyjść na przeciw zapotrzebowaniu rynkowemu na coraz większe moce sprzętu estradowego.

Piotr Peto
PMP Electronics