

# Turbosound T-90

cyfrowa końcówka mocy

tekst

Piotr Peto

PMP Electronics



Kilkrotnie miałem już okazję testować na tych łamach wzmacniacze mocy i przyznam, że każda nowa konstrukcja, która pojawia się w tym celu w moim warsztacie, zawsze wzbudza pewne emocje, choćby z uwagi na fakt, że sam w swoim czasie zajmowałem się wytwarzaniem tego typu urządzeń. Oczywistym jest, że we wszystkich grupach profesjonalnego sprzętu nagłaśniającego obserwujemy ciągle postęp techniczny, ta tendencja nie ominęła także końcówek mocy. Po niepodzielnym panowaniu klasycznych rozwiązań, znanych od dziesięcioleci jako klasa AB, inżynierowie „uszcześliwiają” nas coraz częściej wyrafinowanymi konstrukcjami, znanymi powszechnie pod nazwą wzmacniaczy cyfrowych.

Pisałem już tutaj trochę o różnych rodzajach wzmacniaczy, więc żeby się nie powtarzać, wspomnę tylko o dość często spotykanym nieporozumieniu w dziedzinie tych nowych technologii. Otóż niekiedy mylone są dwie kwestie: zasilacz impulsowy i wzmacniacz pracujący w klasie D. Jest na rynku wcale niemało wzmacniaczy, których nie można nazwać cyfrowymi, gdyż zamiast klasycz-

negu, transformatorowego zasilacza posiadają jedynie przetwornicę impulsową. Natomiast stopień mocy pracuje według reguł znanych od czasów, gdy pojawiły się tranzystory. Oczywiście istnieją różne modyfikacje tych rozwiązań, ale generalnie cały czas poruszamy się w domenie analogowej. Również odwrotna sytuacja (choć rzadziej spotykana), czyli zastosowanie zwykłego zasilacza

w połączeniu z końcówką w klasie D, nie pozwala moim zdaniem na przypisanie takiemu urządzeniu miana w pełni cyfrowego, choć w tym przypadku są już odczuwalne pewne zalety cyfryzacji. Dopiero połączenie tych dwóch technologii, czyli przetwornicy impulsowej i stopnia mocy w klasie D, daje nam podstawy do mówienia o wzmacniaczach, które zdobywają sobie w ostatnich latach coraz więcej zwolenników. Jest kilka firm o uznanej renomie, które opanowały rynek profesjonalny swoimi wyrobami z klasy hi-tech. Każdy zawodowiec zna nazwy takie jak Powersoft, Lab.gruppen i kilka innych, bardziej kojarzonych z szerokim spektrum produkcyjnym niż z samymi końcówkami mocy, jak choćby EV (Dynacord) czy testowana już na tych łamach japońska TOA.

Przedmiotem tego testu będzie produkt z wysokiej półki, firmowany co prawda przez firmę Turbosound opracowany i produkowany we współpracy z inną angielską firmą MC2 - specjalizującą się od lat w wytwarzaniu nowoczesnych wzmacniaczy cyfrowych.



Panel regulatorów i diod kontrolnych schowany jest we wnęce wyfrezowanej w płycie czołowej.

Nie ukrywam, że moc tego wzmacniacza podawana w materiałach reklamowych nieco mnie wystraszyła, gdyż nie posiadam nawet obciążenia, które w sposób ciągły byłoby w stanie taką moc przyjąć, ale mimo to zdecydowałem się podjąć próbę przetestowania tego sprzętu, a efekty testu przedstawiam poniżej.

### Pierwsze wrażenia estetyczne i rzut oka do wnętrza urządzenia

Jak pokazują zdjęcia, konstrukcja wzmacniacza to klasyczna obudowa rack o wysokości 2U, z charakterystycznym niebieskim panelem czołowym i wyfrezowaną w nim nazwą T90. Panel jest wypukły, dzięki czemu między płytą czołową a chassis znalazło się miejsce na umieszczenie gąbki filtrującej zasysane powietrze, którą można w bardzo łatwy sposób wyjąć i po oczyszczeniu włożyć ponownie w przeznaczone dla niej miejsce – bardzo wygodne i pomysłowe rozwiązanie. Po zdemontowaniu aluminiowej pokrywy wierzchniej możemy przyjrzeć się rozbudowanym układom

elektronicznym wzmacniacza, które umieszczone na dwóch głównych i kilku pomocniczych płytkach drukowanych. Od frontu dojrzymy moduły zasilacza impulsowego, który jak to zwykle bywa w takich konstrukcjach, zajmuje znaczącą powierzchnię ze względu na złożoność rozwiązań układowych. Wyposażono go w cztery kondensatory o pojemności 3300 mikrofaradów i napięciu 200 V. Na drugiej płycie umieszczono moduły końcówek mocy chłodzone przez dwa wentylatory, które zasysając powietrze przez przedni panel, chłodzą również radiatory przetwornicy. Na jednym module końcówki mocy znajduje się zaledwie osiem tranzystorów końcowych, co teoretycznie jest ilością zupełnie nieadekwatną do deklarowanej mocy wyjściowej, gdyż tradycyjne pojedyncze tranzystory nie osiągają mocy 1000 W (8000 W podzielone przez osiem daje właśnie taką moc na jeden tranzystor). Typ zastosowanych tranzystorów jest mi jednak zupełnie nieznan. Na tej płycie znalazło się też miejsce na dwanaście kondensatorów o pojemności 1500 mikrofaradów każdy, które

pełnią prawdopodobnie rolę rezerwuaru energii wykorzystywanego w pracy z silnymi impulsami. Są to oczywiście moje przypuszczenia, gdyż nie jestem specjalistą od konstruowania wzmacniaczy cyfrowych, a firmy konstruujące takie urządzenia raczej nie dzieli się z osobami postronnymi niuansami technicznymi swoich wyrobów.

Patrząc jednak w miarę fachowym okiem, da się zauważyć przemyślane rozplanowanie poszczególnych modułów, doskonałą jakość montażu i użytych elementów oraz coś, co zawsze traktuję jak zaletę, czyli zminimalizowanie ilości połączeń kablowych we wnętrzu urządzenia. Bezlądna plątanina dziesiątków kabli spotykana czasem w różnych wzmacniaczach godzi nieco w moje poczucie estetyki i z pewnością nie ułatwia czynności serwisowych. W miejscach, w których okablowanie było niezbędne, wskazane jest oczywiście stosowanie różnego rodzaju złączy i z taką technologią mamy też do czynienia w przypadku tego produktu.

Pośrodku obudowy, między modułami końcówek, znajdują się dwie płytki, na których umieszczono układy wejściowe i być może jeszcze jakiś fragment obwodów sterowania lub zabezpieczeń. W dalszej części testu poruszę kwestię nominalnego prądu pobieranego przez wzmacniacz w kontekście informacji podawanych przez producenta, ale – jak łatwo zauważyć – zastosowano wewnętrzny bezpiecznik sieciowy o prądzie dwukrotnie większym niż ten, o którym mówią dane katalogowe (30 A wobec 15 A).

### Regulatory i przyłącza

W zagłębieniu przedniego panelu znajdują się regulatory wzmocnienia wyskalowane w dB, diody pokazujące poziom sygnału wyjściowego, diody

REKLAMA



Bębny kablowe



● Kilkadziesiąt modeli ● Wykonania specjalne

Przedsiębiorstwo Handlowe Sokool, 05-092 Łomianki, ul. Kolejowa 50, tel.: 022 732 1600, www.sokool.pl



Wzmacniacz widziany od tyłu.

obrazujące działanie układu redukcji mocy (PRC), dioda A/P, której zaświecenie oznacza zadziałanie układów zabezpieczeń, oraz dioda CH Link, czyli bridge. Jest jeszcze oczywiście wyłącznik sieciowy z przypisaną mu diodą sygnalizującą załączenie urządzenia.

Na panelu tylnym znajdziemy gniazda wejściowe XLR i także gniazda Link (wszystkie firmy Neutrik), zaś między nimi umieszczono przełącznik Stereo/CH Link, co do którego oznaczania mam podobną uwagę, jak do jego sygnalizatora na płycie czołowej: jeśli bowiem końcówka posiada tryb Bridge, to powinien być opisany właśnie w ten sposób, gdyż CH Link oznacza zwykle coś innego. Poza tym nigdzie nie oznaczono, z których gniazd należy korzystać w trybie mostka – po taką informację musimy zapewne sięgnąć do instrukcji obsługi, której niestety mi nie dostarczono.

W dolnym rzędzie znajdują się dwa czteropinowe gniazda głośnikowe Speakon, których kontakty 1+ 2+ i 1- 2- zmostkowano, zapewne z celu zwiększenia obciążalności prądowej złącza.

Ostatnim elementem, któremu warto poświęcić nieco uwagi, jest ogranicznik mocy wyjściowej aktywowany za pomocą kilku kombinacji przycisków typu isostat. Wspomnę jeszcze o nim w dalszej części testu.

### Kilka uwag warsztatowych przy okazji badania wzmacniacza dużej mocy

Jak już wspomniałem, moc deklarowana przez producenta testowanego wzmacniacza jest olbrzymia, tym bardziej jeśli weźmiemy pod uwagę, że ma być on przecież zasilany z sieci jednofazowej. Jakiś czas temu, głównie do celów testowych, wykonałem w mojej pracowni specjalne, niezależne od instalacji domowej, siłowe przyłącze o nominalnym prądzie 25A na fazę, aby zminimalizować spadki napięcia przy pomiarach

urządzeń dużej mocy. Standardowy automat 16A, jaki posiadam w instalacji, okazał się niestety zbyt mały przy mierzeniu ciągłej mocy dużych końcówek, a mówiąc dużych, mam na myśli np. największą, jaką sam kiedyś wykonałem i która miała około 1000 W mocy na kanał. Dla takiej mocy niezbędny okazał się bezpiecznik o wartości 20 A. Podkreślam jednak, że mam na myśli moc ciągłą, czyli mierzoną w czasie co najmniej dziesięciu minut. Mam też w tym obwodzie na stałe wpięty woltomierz, który wskazuje, jakim napięciem dysponuję od strony sieci w momencie pomiaru w stosunku do nominalnego napięcia określonego przez producenta. Oczywiście pewien spadek jest nieunikniony, ale jeśli chcemy mówić o rzetelnym pomiarze, warto wiedzieć, jaka jest jego wartość.

Korzystam również ze zbudowanej we własnym zakresie opornicy drutowej, która posiada możliwość przełączania rezystancji między 8 i 4 Ohm, a jej nominalna moc to około 1200 W na kanał przy  $2 \times 4$  Ohm. Mierzając napięcie wyjściowe przy pomocy miernika True RMS pracującego w pełnym paśmie akustycznym oraz obserwując kształt przebiegu tego napięcia na oscyloskopie, można w prosty sposób określić moc badanego

urządzenia, dzieląc napięcie wyjściowe podniesione do kwadratu przez oporność obciążenia. Czasem przydaje się też jedna z funkcji dodatkowych tego miernika, a mianowicie pomiar maksymalnego napięcia, jakie pojawiło się na zaciskach przyrządu w danym cyklu pomiarowym. Wartość rezystancji mojej opornicy dobrałem w taki sposób, by z grubsza odpowiadała ona typowej rezystancji DC głośników 4 i 8 Ohm; mierzona rezystancja to odpowiednio około 5,6 i 3,3 Ohm. Różnicę w stosunku do cewki głośnikowej stanowi bardzo mała indukcyjność opornicy, ale niektóre firmy, podając metodykę pomiarów wzmacniaczy, podkreślają, że badano je na obciążeniu czysto rezystancyjnym, a więc takim, za jakie z grubsza można uznać moje.

W tym miejscu znów chciałbym jeszcze na chwilę wrócić do wielokrotnie już omawianych kwestii definicji mocy wyjściowej. Otóż praktycznie wszystkie wzmacniacze cyfrowe mają wbudowane zaawansowane układy kontroli parametrów pracy, w tym specyficznie działające limity. Niektóre z tych obwodów wręcz nie dopuszczają do pracy z sygnałami będącymi czystym przebiegiem sinus, gdyż konstruktorzy wychodzą z założenia, że takie sygnały praktycznie nie występują w trakcie pracy z materiałem muzycznym. Dzięki temu chytremu wybiegowi oraz dzięki postępowi technologicznemu takie wzmacniacze operują bardzo wysokimi napięciami na wyjściach głośnikowych, co przekłada się oczywiście na bardzo wysoką moc, ale wyłącznie w krótkich, czasem milisekundowych impulsach. Mierzając taką końcówkę klasycznymi metodami, czyli podawanym na wejście ciągłym sygnałem sinus, możemy oczywiście wyrobić sobie pewien pogląd na temat jej możliwości, ale siłą rzeczy będzie to tylko część prawdy. Niemniej jednak, niezależnie od kosmicznych technologii o mocy zawsze będzie decydowało napięcie wyjściowe i dla każdego, kto zajmuje się konstruowaniem czy testowaniem takich urządzeń, jest to fakt bezdyskusyjny – praw fizyki nie da się przeskoczyć nawet przy pomocy najwymyślniejszych technologii.



Przyłącza i dodatkowe elementy regulacyjne umieszczone na tylnym panelu wzmacniacza.





Widok wnętrza wzmacniacza po zdemontowaniu wierzchniej pokrywki.

## Pomiary

Wróćmy jednak do urządzenia będącego dziś na warsztacie. Pierwszą czynnością, którą musiałem wykonać przed dokonaniem jakichkolwiek czynności pomiarowych, było założenie na kabel (na stałe wyprowadzony z obudowy) wtyczki sieciowej, gdyż producent takowej nie dołączył. Jak wyjaśniał dystrybutor z uwagi na różne rozwiązania stosowane przez użytkowników np. wtyki przemysłowe. Sugestią, jaką miałbym przy okazji omawiania tej kwestii, jest opcja wykorzystania znanego już przecież od lat, sieciowego złącza Powercon firmy Neutrik – to znacznie wygodniejsze rozwiązanie niż kabel na stałe wyprowadzony z obudowy. Obok przelotki na tylnym panelu, przez którą wyprowadzony jest przewód zasilający, możemy dostrzec napis, który informuje, że nominalny pobór prądu przez końcówkę to... 15 A. Przypominam w tym miejscu, że deklarowana maksymalna wyjściowa to łącznie 16000 W w połączeniu Bridge na 4 Ohm, co jakby nie liczył, daje nam według prawa Ohma ponad 60 A. Idąc tym tokiem rozumowania, mielibyśmy do czynienia z urządzeniem, które dysponuje czterokrotnie większym prądem na wyjściu niż samo pobiera z sieci. No cóż, zaraz się przekonamy, czy cuda się zdarzają.

Ponieważ ten wzmacniacz jest najmocniejszym, jaki do tej pory miałem okazję testować, postanowiłem zbadać go, obciążając tylko jeden kanał,

biorąc choćby pod uwagę ograniczone możliwości obciążenia, jakim dysponuję. Każdy rezystor drutowy krótkim czasie jest jednak w stanie znieść moc wielokrotnie wyższą niż nominalna, nie obawiałem się więc specjalnie tego z założenia krótkiego testu.

Na początku, przy mocy około 500 W, sprawdziłem, jak kształtuje się przebieg wzmocnienia w paśmie akustycznym. Oto, co udało się zaobserwować: w zakresie od 20 Hz do około 7 kHz końcówka pracuje liniowo, bez żadnych zauważalnych różnic w wartości napięcia na wyjściu. Natomiast od około 7 kHz następują podbicia wzmocnienia:

przy 10 kHz – o około 2 dB,

przy 14 kHz – o około 3 dB,

między 16 i 20 kHz napięcie wyjściowe rośnie do około 4 dB w stosunku do pasma poniżej 7 kHz, na 25 kHz spada do wartości nominalnej, a na 30 kHz do -3 dB.

To dość specyficzne zachowanie wzmacniacza mocy, który przecież teoretycznie powinien zachowywać się neutralnie w całym paśmie akustycznym. Nie zdziwiłbym się, gdyby jego użytkownicy byli oczarowani, jak pięknie gra górą w porównaniu z innymi końcówkami. Nie wiem, na ile jest to celowy zabieg, a na ile wynika to z właściwości układowych urządzenia, ale nie sposób nie zauważyć tego zjawiska w trakcie pomiarów. Muszę natomiast wyraźnie podkreślić,



zawsze  
i wszędzie...

...doskonałe!



Zasilacz z niewielkim transformatorem toroidalnym jest niezbędny do obsługi obwodów pomocniczych.

dzo wysokie napięcia i właśnie stąd biorą się gigantyczne moce podawane w prospektach reklamowych wielu firm. Dożyliśmy więc czasów, gdy może nas porazić źle zabezpieczony przewód głośnikowy, jak choćby w badanym wzmacniaczu, przed czym wyraźnie ostrzega napis na tylnym panelu, umieszczony obok wyjść głośnikowych. Zmierzone przeze mnie 120 V to już nie są żarty, a w połączeniu mostkowym będzie tych woltów jeszcze więcej, tak więc należy zwracać baczną uwagę na kwestie BHP.

### Kilka szczegółów technicznych z firmowego prospektu

Według opisu na stronie producenta badany wzmacniacz jest najnowszym osiągnięciem firmy i posiada szereg bardzo nowoczesnych rozwiązań technologicznych, ale ja chciałbym zwrócić w tym miejscu uwagę na wspomnianą już sekcję zaawansowanych zabezpieczeń koniecznych przy pracy z tak dużymi mocami. Tak więc zastosowano układ monitorujący jednocześnie prąd na wyjściu i, co się z tym nierozzerwalnie wiąże, obciążenie zasilacza oraz napięcie wejściowe (overload limiter). Taka konfiguracja pozwoliła na zachowywanie w każdym momencie bezpiecznego obszaru pracy dla podzespołów końcówki i w konsekwencji na ograniczenie zniekształceń w każdych warunkach pracy. Wprowadzono układ programowanego z poziomu tylnego panelu ogranicznika mocy (Power Reduction Circuit), dzięki któremu możemy samodzielnie dobrać moc wyjściową do zestawów głośnikowych, jakimi dysponujemy. W tym miejscu mam jednak pewną uwagę praktyczną: przyciski typu isostat aktywujące tę funkcję opisane są w dB, co nie przekłada się wprost na dysponowaną na wyjściu moc – sugerowałbym zamieścić tabelkę dla mniej doświadczonych użytkowników, w której poda-

że przebieg sinus jest doskonały, bez żadnych zniekształceń, oraz że wzmacniacz przenosi zdecydowanie wyższe pasmo w górze niż przeciętne urządzenia w klasie D, które zazwyczaj mają aplikowane strome filtry górnozaporowe na częstotliwościach powyżej 20 kHz. Tutaj zarówno najniższe, jak i najwyższe częstotliwości przetwarzane są bezproblemowo. Jednak w tej sytuacji trzeba sobie zdawać sprawę z konieczności aplikacji w praktycznych zastosowaniach stromych filtrów, które zabezpieczą zestawy głośnikowe. Jest to jednak już zadanie procesorów głośnikowych, które z pewnością posiadają klienci będący potencjalnymi nabywcami tej klasy sprzętu.

Realna moc, którą udało mi się uzyskać w moich warunkach pomiarowych, kształtuje się następująco (test sygnałem sinus 1 kHz):

obciążenie 8 Ohm – moc ciągła 1800 W – napięcie na wyjściu utrzymuje się na poziomie 120 V RMS, obciążenie 4 Ohm – moc ciągła 2100 W (chwilowo, do czasu zadziałania limitera osiąga 3000 W), przy czym muszę dodać, że dla takiej mocy napięcie zasilania sieci wynosiło 220 a nie 230V, należy więc brać poprawkę na te 10, a nawet 20 V, jeśli przyjmujemy brytyjskie normy napięcia sieciowego, które nominalne ma tam wartość 240 V.

W trakcie pomiaru można zauważyć, że wentylatory natychmiastowo reagują na wzrost obciążenia, płynnie zwiększając obroty, i nie są przy tym specjalnie głośne.

Przyznam, że choć moc, którą udało mi się wydusić, odbiega od deklarowanych wartości, to i tak z pewnością jest to najmocniejsza końcówka, jaką miałem okazję badać i chylę czoła przed jej konstruktorami. Dla uzyskania takich parametrów w normalnym wzmacniaczu nale-

żałoby użyć transformatora o olbrzymiej mocy oraz dziesiątków tranzystorów i gigantycznych radiatorów, na których wydzielałoby się około 35% mocy, przy średniej sprawności na poziomie 65%. Taki wzmacniacz ważyłby pewnie ponad 50 kg, skoro podobne, znane mi klasyczne konstrukcje o mocy około  $2 \times 2$  kW potrafią osiągać masę zbliżoną do 40 kg. Miarą postępu i dbałości o klienta jest niewątpliwie znacznie mniejsza masa współczesnych wzmacniaczy przy jednoczesnym wzroście ich mocy. Granicą raczej trudną do pokonania będą zawsze jednak ograniczenia sieci jednofazowej, gdyż nie sądzę, aby upowszechniły się konstrukcje zasilane z trzech faz, choć i takie wzmacniacze były (i zapewne są) na rynku oferowane. Przetwornice i wysokonapięciowe tranzystory końcowe są w stanie w krótkich impulsach przekazać na wyjście bar-



Moduł końcówki z widocznymi tranzystorami końcowymi i wentylatorem.





Wzmacniacz wyposażono w wewnętrzny bezpiecznik sieciowy o nominale 30A.



Producent zadbał o wyjątkowo prostą metodę czyszczenia gąbki filtracyjnej.

no by, że np. w pozycji -6 dB i potencjometrze wzmocnienia ustawionym w maksymalnej pozycji mamy do dyspozycji zaledwie około 900 W na obciążeniu 4 Ohm. Widziałem już wzmacniacze, które posiadając podobny regulowany limiter, miały procentową skalę redukcji mocy wyjściowej nadrukowaną obok przełączników, co wydaje się rozwiązaniem bardziej przyjaznym dla użytkownika.

Zastosowano oczywiście pełną ochronę przed pojawieniem się napięcia stałego na wyjściu (DC

zabezpieczenia przeciwzwarceniowe, temperaturowe, układ miękkiego startu – są to już jednak w zasadzie standardowe układy we współczesnych wzmacniaczach mocy.

### Podsumowanie

Jak już wspominałem, badany wzmacniacz to z pewnością przykład konstrukcji z wysokiej półki, co oczywiście znajduje odzwierciedlenie w cenie. Jednak konkurencyjne wyroby firm, o których wspominałem, również oferowane są

za podobne pieniądze, więc tym razem nie będę się wdawał w rozważania na temat relacji ceny do jakości. Jeśli ktoś inwestuje niemałe fundusze w nagłośnienie (jak choćby w liniowe systemy Turbosound), to zapewne da się też namówić na dedykowane im wzmacniacze i, jak sądzę, nie będzie żałował. Zresztą według informacji uzyskanych u dystrybutora pracują już u nas pierwsze takie kompletne systemy, więc być może będę miał kiedyś okazję podzielić się moimi wrażeniami z ich działania w warunkach koncertowych.



## WYBRANE PARAMETRY

### TURBOSOUND T-90

#### Moc wyjściowa (RMS) na kanał

8 Ohm | kHz 2000 W  
4 Ohm | kHz 4500 W  
2 Ohm | kHz 8000 W  
Mono Bridged  
8 Ohm | kHz 9000 W  
4 Ohm | kHz 16000 W

#### Zniekształcenia

THD: 1 kHz < 0,1%  
20 Hz – 20 kHz < 0,15%  
Odstęp od zakłóceń: 108 dBA

#### Damping Factor

1 kHz, 8 Ohm > 400

#### Pasma przenoszenia

20 Hz – 20 kHz ± 0,5 dB

#### Impedancja wejściowa (wejście symetryczne)

20 kOhm

#### Pobór mocy

15 A nominal (4 Ohm load)

#### Wymiary

88 × 482 × 428 [mm]

#### Masa

11,5 kg

### CENA

Turbosound T-90 – 19280 PLN (Cena detaliczna brutto)

### SPRZĘT DOSTARCZYŁ

SoundTrade, Piaseczno  
tel. 22 632 02 85  
www.soundtrade.pl