

Niezbędnik dla amatorów i profesjonalistów

W głośnikowym żywiole, część 7

Obudowy zamknięte - ćwiczenia, część 3

Dla każdej symulacji przedstawiać będziemy zestaw trzech charakterystyk: częstotliwościowych przetwarzania, wytrzymałości oraz odpowiedzi impulsowej. Tak jak wcześniej, założona wartość dobroci samej obudowy wynosi $Q_a=5$, a jej wytłumienie $\gamma=1,2$. Ponieważ mamy do czynienia z głośnikami nisko-średniotonowymi, które są zasilane sygnałem filtrowanym w zakresie kilku kHz za pomocą dławika o umiarkowanej indukcyjności i o umiarkowanej rezystancji, uwzględniliśmy wpływ dołączonej rezystancji szeregowej $R_g=0,5 \Omega$. Tylko w przypadku jednego głośnika, z powodów przedstawionych dalej, przeprowadziliśmy dodatkowe eksperymenty z rezystancją R_g zwiększoną do 1,5 Ω .

Głośniki firmy Scan-Speak są projektowane przede wszystkim do zastosowania w obudowach typu *bass-reflex* - w większości charakteryzują się współczynnikami dobroci $Q_{ts}<0,3$, wynikającymi z silnych układów magnetycznych. Jest jednak kilka modeli pozwalających na skuteczne zastosowanie zarówno w *bass-refleksie*, jak i w obudowie zamkniętej - ponieważ $0,3<Q_{ts}<0,4$ - a równocześnie częstot-

W dwóch poprzednich odcinkach stosowaliśmy w obudowie zamkniętej głośniki firmy Peerless - o średnicach od 14 cm do 30 cm. W ostatniej części ćwiczeń symulacyjnych z wykorzystaniem obudowy zamkniętej zapoznamy się z możliwościami wykorzystania kilku typów głośników nisko-średniotonowych o średnicy 18 cm innych duńskich firm: Scan-Speak i Vifa.

liwości rezonansowe są bardzo niskie ($f_s<30$ Hz), a więc współczynnik $EBP<100$. Do ćwiczeń wybraliśmy dwa głośniki firm: Scan-Speak oraz Vifa o średnicy 18 cm, spełniające podane warunki i dodatkowo jeden głośnik o dobroci Q_{ts} minimalnie niższej od 0,3.

Wszystkie cztery modele to przetworniki doskonale znane hobbystom i konstruktorom. Modele 18W8535 i 18W8545 to liczące sobie już dziesięć lat słynne głośniki „węglowe“, 18W8531G to najnowszy Revelator, a M18WH-08-08 to popularna Vifa. Ceny tych głośników zawierają się w przedziale od 390 zł (Vifa), przez 750 i 790 zł („węglowe“), do 990 zł (Revelator) - nie są to więc głośniki tanie. Wifę można jeszcze uznać za przystępną cenowo, jednak Scan-Speak to już produkty z najwyższej półki cenowej.

maksymalnej amplitudy wychylenia ± 10 mm. Wraz z dużą średnicą - 42 mm - cewka ma dużą powierzchnię i pojemność cieplną, a więc wzrost temperatury (powodujący wzrost rezystancji uzwojenia i kompresję), w funkcji dostarczonej mocy, jest umiarkowany. Jednak najcenniejsze w układach magnetycznych Scan-Speaków są układy *Symmetric Drive*, redukujące indukcyjność cewki drgającej, a dzięki temu linearyzujące charakterystykę impedancji, poprawiające i symetryzujące pole magnetyczne powyżej i poniżej szczeliny, redukując w ten sposób zniekształcenia aż o 20 dB. Charakterystycznie wyglądająca membrana jest wykonana z mieszanki włókien celulozowych i węglowych, a jej pomarszczona powierzchnia zewnętrzna powstaje na skutek



Głośnik 18W8545

18-centymetrowy 18W8545 ma następujące parametry:

F_s [Hz]	28
Q_{es}	0,30
Q_{ms}	2,3
Q_{ts}	0,27
V_{as} [dm ³]	48
R_e [Ω]	5,5
S_d [cm ²]	145
X_{lin} [cm]	1,3
Moc [W]	100

Zaczynamy od „węglowych“

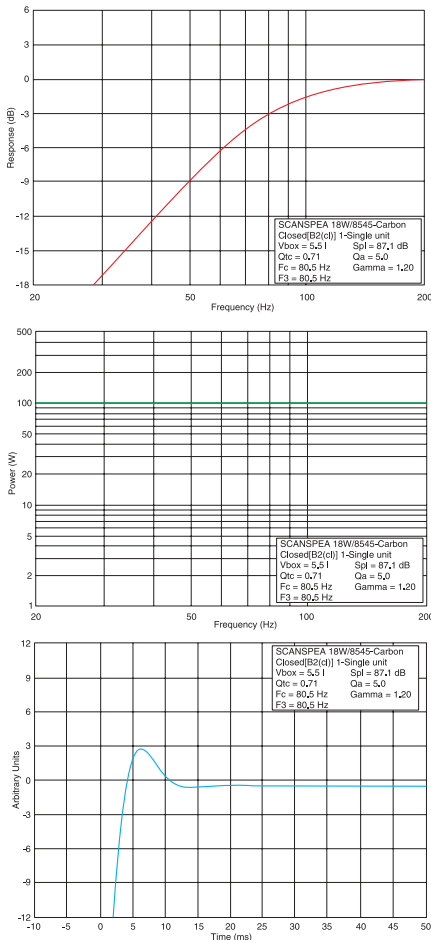
Model 18W8545 powstał najwcześniej i jest najczęściej stosowany. Ten właśnie głośnik najbardziej nadaje się do *bass-refleksu*, głównie ze względu na niską wartość Q_{ts} . Głośnik robi doskonale wrażenie potężnym układem magnetycznym - jego średnica wynosi ponad 12 cm, przy niecałych 18 cm kosza - są to proporcje rzadko spotykane. Jakość układu magnetycznego 18W8545 wyraża się zarówno w jego sile, jak i precyzji. Dzięki bardzo dużej indukcji w szczelinie, można było zastosować cewkę drgającą ponad trzy razy wyższą od wysokości szczeliny, utrzymując efektywność na dobrym poziomie 88 dB. Mamy więc amplitudę liniową aż $\pm 6,5$ mm (wysokość cewki - 19 mm, wysokość szczeliny - 6 mm), a specjalny resor pozwala na uzyskanie



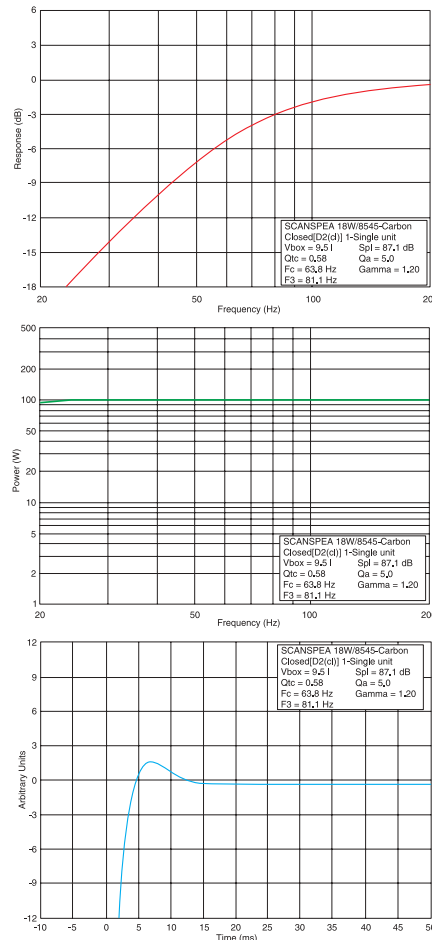
Głośnik 18W8535

18-centymetrowy 18W8535 ma następujące parametry:

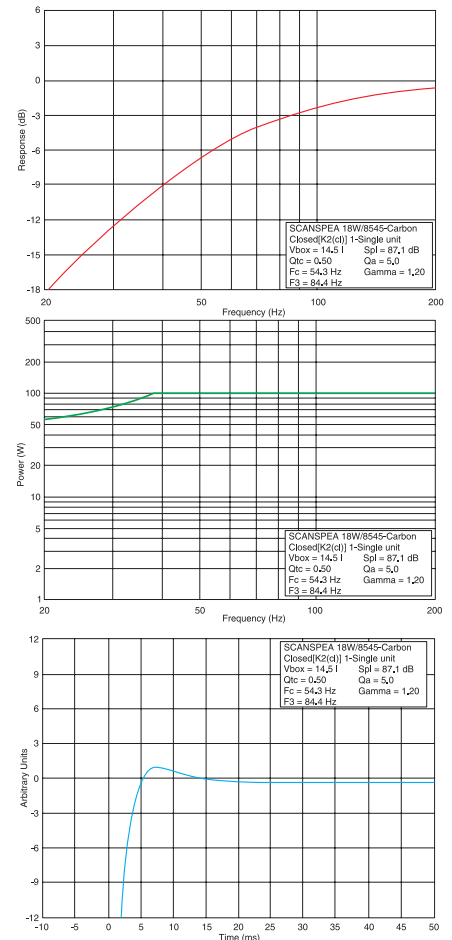
F_s [Hz]	26
Q_{es}	0,45
Q_{ms}	2,5
Q_{ts}	0,38
V_{as} [dm ³]	72
R_e [Ω]	5,8
S_d [cm ²]	145
X_{lin} [cm]	1
Moc [W]	70



Rys. 26. Charakterystyki głośnika 18W8545 przy $Q_{tc}=0,71$ ($f_c=80$ Hz, $V_b=5,5$ dm³, $R_g=0,5$ Ω):
 a) charakterystyka przetwarzania
 b) charakterystyka wytrzymałości
 c) charakterystyka impulsowa



Rys. 27. Charakterystyki głośnika 18W8545 przy $Q_{tc}=0,58$ ($f_c=64$ Hz, $V_b=9,5$ dm³, $R_g=0,5$ Ω):
 a) charakterystyka przetwarzania
 b) charakterystyka wytrzymałości
 c) charakterystyka impulsowa



Rys. 28. Charakterystyki głośnika 18W8545 przy $Q_{tc}=0,5$ ($f_c=54$ Hz, $V_b=14,5$ dm³, $R_g=0,5$ Ω):
 a) charakterystyka przetwarzania
 b) charakterystyka wytrzymałości
 c) charakterystyka impulsowa

procesu powolnego, swobodnego suszenia - aby włókna nie zostały podane naprężeniom, lecz ułożyły się swobodnie i dały membranę lepsze właściwości tłumienia rezonansów wewnętrznych. Duży resor z bezstratnej gumy jest tak wyprofilowany („fala” zamiast typowego kształtu półokrągłego), aby zachowywał się jak najbardziej liniowo w dużym zakresie wychyleń. Kosz wykonano z odlewów z metali lekkich.

Wersja 18W8535 ma ten sam odlewany kosz i podobnie wyglądający układ drgający - z zewnątrz trudno obydwie modele odróżnić. Tutaj mamy jednak mniejszy układ magnetyczny, o średnicy 9 cm, który napędza nieco mniejszą cewkę - o średnicy 38 mm i liniowej pracy przy amplitudzie ± 5 mm. Układ drgający jest nieco lżejszy. Najważniejsza zmiana dotyczy wartości Q_{ts} - nawet przy skróconej cewce mniejszy układ magnetyczny „ustawił” ten parametr na poziomie

0,38, wobec 0,27 dla 18W8545, co będzie wpływać na zupełnie inne charakterystyki obydwu głośników w zakresie niskich częstotliwości, mimo że w obydwu przypadkach częstotliwości rezonansu są podobne (26 Hz i 28 Hz).

Tak jak we wszystkich poprzednich przypadkach, podana moc została zadeklarowana przez producenta według normy IEC jako długotrwała moc maksymalna, ale odnosi się ona tylko do maksymalnej obciążalności termicznej, a nie amplitudowej.

Patrząc na trzy podstawowe parametry Thiele'a-Small (f_s , Q_{ts} i V_{as}) widzimy, że bardzo niską częstotliwość rezonansową uzyskano w dużej mierze dzięki dużej podatności zawiesznień (wysoka wartość objętości ekwiwalentnej V_{as}), ale mając już pewne doświadczenia, nie musimy obawiać się konieczności stosowania dużej obudowy, ze względu na niski współczynnik Q_{ts} . Jego wartość na

poziomie 0,27 w zasadzie kieruje ten głośnik do użycia w *bass-refleksie*, ale wracając do niskiej częstotliwości rezonansowej stwierdzamy jednak, że mając EBP na poziomie ok. 100 (a po dołączeniu R_g i wzroście Q_{ts} , spadnie on poniżej 100), możemy pokusić się o użycie obudowy zamkniętej. Wiemy, że EBP dla wersji 18W535 jest korzystniejsze, ale jak się z biegiem badań okaże, pod pewnymi względami, nawet w obudowie zamkniętej, przewagę będzie miał 18W8545.

Wykorzystamy też możliwość podniesienia Q_{ts} poprzez specjalnie wysoką wartość R_g . Zacniemy jednak od R_g na standardowym poziomie - 0,5 Ω .

Przyjęcie dla 18W8545 dobroci $Q_{tc}=0,71$ pozwala ograniczyć objętość obudowy do 5,5 litra (nawzwyčaj, aż niepraktycznie mało dla głośnika 18 cm), a także uzyskać pełną moc znamionową - na poziomie 100 W - aż

do samego skrajnego pasma akustycznego, czyli do 20 Hz (rys. 26). Problem takiego strojenia jest jednak zasadniczy - częstotliwość graniczna -3 dB pojawia się przy wysokich 80 Hz (-6 dB przy 61 Hz). Takie użycie 18W8545 jest dopuszczalne i poprawne, ale nie zamienia w efektywne przetwarzanie niskich częstotliwości.

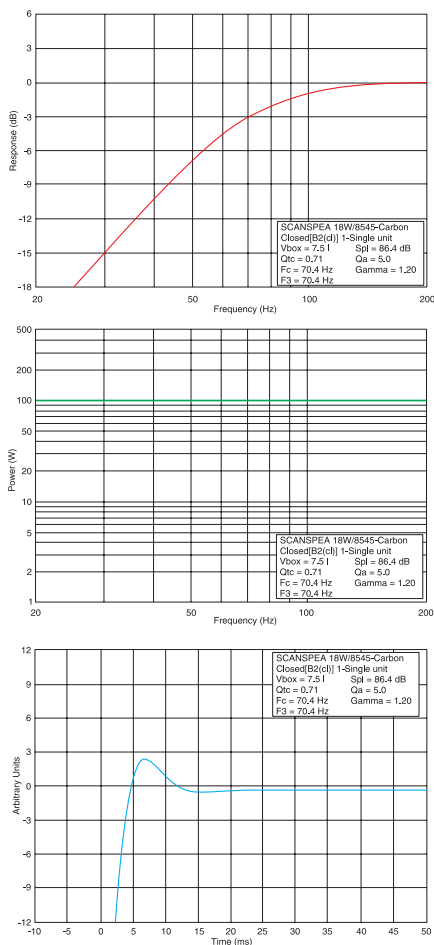
Wysoki poziom mocy w całym pasmie wskazuje, że możemy bezpiecznie przejść do większej objętości i niższej wartości Q_{tc} . Spróbujmy $Q_{tc}=0,58$, czyli charakterystyki Bessela (rys. 27). Potrzebna do tego celu objętość to 9,5 litra, szczerze mówiąc jest to wielkość dla średniej wielkości „monitora” nawet normalniejsza niż (zbyt) skromne 5,5 litra z poprzedniego strojenia. Charakterystyka wytrzymałości nadal utrzymuje się na poziomie 100 W, tylko poniżej 25 Hz widać minimalne odejście od tego poziomu, do wartości 95 W przy 20 Hz. Można to jednak uznać za nieistotny



Głośnik 18W8531G

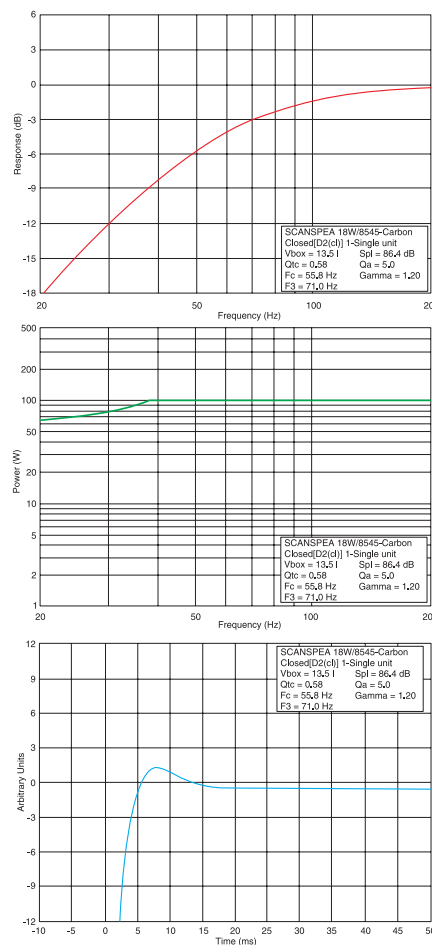
18-centymetrowy 18W8531G ma następujące parametry:

F_s [Hz]	28
Q_{es}	0,39
Q_{ms}	5,1
Q_{ts}	0,36
V_{as} [dm ³]	59
R_e [Ω]	5,8
S_d [cm ²]	150
X_{lin} [cm]	1,3
Moc [W]	80



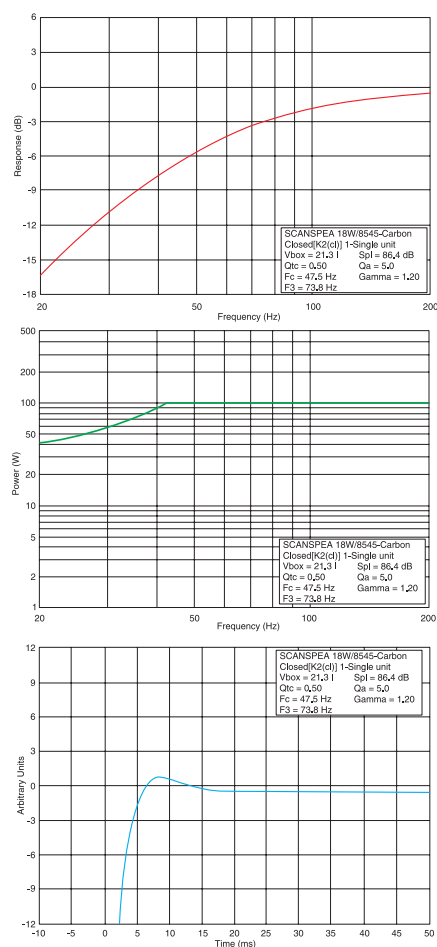
Rys. 29. Charakterystyki głośnika 18W8545 przy $Q_{tc}=0,71$ ($f_c=70$ Hz, $V_b=7,5$ dm³, $R_g=1,5$ Ω):

- a) charakterystyka przetwarzania
- b) charakterystyka wytrzymałości
- c) charakterystyka impulsowa



Rys. 30. Charakterystyki głośnika 18W8545 przy $Q_{tc}=0,58$ ($f_c=56$ Hz, $V_b=13,5$ dm³, $R_g=1,5$ Ω):

- a) charakterystyka przetwarzania
- b) charakterystyka wytrzymałości
- c) charakterystyka impulsowa



Rys. 31. Charakterystyki głośnika 18W8545 przy $Q_{tc}=0,5$ ($f_c=47$ Hz, $V_b=21,3$ dm³, $R_g=1,5$ Ω):
 a) charakterystyka przetwarzania
 b) charakterystyka wytrzymałości
 c) charakterystyka impulsowa

drobiaz, podczas gdy spadek -6 dB przesunął się do 55 Hz - zysk niewielki, ale jednak, ponadto jeszcze lepsza jest odpowiedź impulsowa.

Ze względu na wysoki poziom mocy i wciąż umiarkowaną wielkość obudowy, posuńmy się jeszcze dalej - do skrajnie niskiej dobroci $Q_{tc}=0,5$, teoretycznie gwarantującej najlepsze charakterystyki impulsowe (rys. 28). Objętość wzrasta do 14,5 litra - wciąż do zaakceptowania w formie podstawkowej, nie mówiąc o wolnostojącej. Jednak nie utrzymujemy już pełnej mocy w całym pasmie, poniżej 38 Hz charakterystyka zaczyna spadać, lądując na poziomie 60 W przy 20 Hz. To wciąż bardzo dobre możliwości mocowe. Częstotliwości graniczne wyznaczone standardowymi spadkami -3 dB i -6 dB nie przesuwają się już w dół.

Podsumowując, wydaje się, że biorąc pod uwagę wszystkie aspekty, najlepiej wyważone jest strojenie przy

$Q_{tc}=0,58$. Teraz powtórzmy te trzy wartości Q_{tc} przy $R_g=1,5$ Ω.

Tym razem dla $Q_{tc}=0,71$ potrzebujemy 7,5 litra - nieco więcej niż przy $R_g=0,5$ Ω, ale nadal bardzo mało. Częstotliwość graniczna przesunęła się jednak w dół wyraźnie - do 70 Hz przy -3 dB i 53 Hz przy -6 dB (rys. 29). Odbiło się to kosztem tylko 0,7 dB spadku efektywności (większe napięcie odkładane na większej rezystancji R_g).

Przy $Q_{tc}=0,58$ schodzimy ze spadkiem -6 dB już nieco poniżej 50 Hz, mamy lepszą odpowiedź impulsową, objętość 13,5 litra też nam niestraszna, a spadek mocy do ok. 70 W przy 20 Hz również nie powinien sprawić problemu (rys. 30).

Jednak osiągnięcie $Q_{tc}=0,5$ jest już obciążone koniecznymi do rozważenia kosztami - obudowa musi mieć objętość ponad 21 litrów, co oznacza małą konstrukcję wolnostojącą, a moc przy 20 Hz to tylko 40 W - choć powyżej 42 Hz mamy już maksymalne 100 W (rys. 31). Najważniejsze jednak, że nie otrzymujemy nic specjalnego w zamian - charakterystyka impulsowa poprawia się już nieznacznie (jak się okazuje, przy 0,58 wygląda już wyśmienicie), a częstotliwość graniczna nie przesunęła się już w stronę niższych częstotliwości.

Wniosek - dołączenie większej rezystancji szeregowej R_g wyraźnie poprawiło charakterystykę przetwarzania, a optymalne strojenie to zakres $0,58 < Q_{tc} < 0,71$, czyli obudowa o objętości około 10 litrów - bardzo zgrabna dla monitora z 18 cm nisko-średniotonowym.

Mniejsza - w stosunku do 18W8545 - moc znamionowa wynika z zastosowania mniejszej cewki. Wyższa dobroć Q_{ts} , jak już wyjaśnialiśmy, pojawia się wraz z mniejszym układem magnetycznym, natomiast większą objętość ekwiwalentną V_{as} można wytłumaczyć jeszcze większą podatnością zawiesznień - stąd też częstotliwość rezonansowa jest niższa, mimo nieco mniejszej masy drgającej, niż w przypadku 18W8545. Związek wysokich wartości Q_{ts} i V_{as} każe obawiać się konieczności stosowania dużych obudów, w zamian niski współczynnik EBP (stosunek f_s/Q_{ts}) obiecuje uzyskiwanie niskich częstotliwości granicznych. Ale... dopuszczenie do przetwarzania bardzo niskich częstotliwości powinno się wiązać z zagwarantowaniem liniowej pracy przy dużych amplitudach. Tymczasem 18W8535 jest pod tym względem słabszy od 18W8545. I co z tego wynika? Zobaczmy za miesiąc!

Andrzej Kisiel