

# Pomiary parametrów Thiele'a i Small'a

W artykule są podane wskazówki wykonania pomiarów parametrów T-S głośników. Jak wiadomo, znajomość tych parametrów znacznie ułatwia projektowanie obudów zamkniętych i obudów z otworem rozmaitych zespołów głośnikowych.

Użyteczność parametrów T-S podczas projektowania zespołów głośnikowych nie ulega wątpliwości. W związku z tym większość producentów głośników podaje w katalogach dane dotyczące tych parametrów. W „Re” opisano sposoby wykorzystania tych parametrów podczas projektowania obudów zamkniętych [1] i obudów z otworem [2]. Największą dokładność może uzyskać amator-konstruktor zespołów głośnikowych wówczas, gdy znane są parametry posiadanego głośnika niskotonowego lub nisko-średniotonowego, bowiem tylko do tego rodzaju głośników odnoszą się wspomniane parametry.

## Pomiar częstotliwości rezonansowej $f_s$

Pomiaru tej wartości najlepiej dokonać według układu przedstawionego na rys. 1.

Impedancja wewnętrzna generatora powinna mieć małą wartość, gdyż wówczas można ją pominąć. Zastosowany woltomierz powinien mieć dużą wartość impedancji wejściowej, aby można było ją również pominąć. Przy spełnieniu tych warunków obliczenie wartości impedancji głośnika jest bardzo proste, korzystając z wzoru umieszczonego na rys. 1. Jeżeli nie dysponujemy precyzyjnym miliwoltomierzem o wielkiej impedancji wejściowej, można zwiększyć napięcie wyjściowe generatora do 10 V. Częstotliwości rezonansowej  $f_s$  będzie odpowiadało maksimum ( $Z_{S \max}$ ) impedancji głośnika, jak to przedstawiono na rys. 2.

Badany głośnik powinien znajdować się w wolnej przestrzeni. W razie braku możliwości wyniesienia go z budynku, należy głośnik umieścić na balkonie lub wystawić na wysięgniku przez otwarte okno.

Tą samą metodą mogą być badane głośniki wbudowane do obudów, czyli zespoły głośnikowe. W tym przypadku częstotliwość rezonansową oznacza się przeważnie jako  $f_c$ .

## Współczynnik dobroci $Q_{TS}$

Gdy przeprowadzi się pomiary umożliwiające wykreślenie charakterystyki impedancji głośnika w zależności od częstotliwości (patrz rys. 2), to okaże się możliwe obliczenie interesujących nas parametrów dotyczących współczynników dobroci.

Współczynnik  $r_o$  jest stosunkiem wartości maksymalnej im-

pedancji głośnika ( $Z_{S \max}$  — przy rezonansie) do wartości rezystancji cewki głośnika ( $R_o$ ):

$$r_o = \frac{Z_{S \max}}{R_o} \quad (1)$$

Z charakterystyki ustala się wartości częstotliwości  $f_1$  i  $f_2$  dla wartości  $\sqrt{r_o}$ .

Wtedy współczynnik dobroci mechanicznej układu oblicza się ze wzoru:

$$Q_{MS} = \frac{f_s \cdot \sqrt{r_o}}{f_2 - f_1} \quad (2)$$

Całkowita dobroć układu głośnika może być określona z zależności:

$$Q_{TS} = \frac{Q_{MS}}{r_o} \quad (3)$$

Tą samą metodą mogą być badane zespoły głośnikowe w celu ustalenia współczynnika całkowitej dobroci układu  $Q_{TC}$ .

## Określenie objętości równoważnej $V_{AS}$

Sposób 1. Najlepszym sposobem ustalenia wartości tego parametru jest przeprowadzenie pomiarów impedancji (charakterystyka) głośnika wbudowanego do posiadanej (doświadczalnej) obudowy zamkniętej o znanej objętości  $V_D$  (netto). Wówczas pożądany parametr może być obliczony ze wzoru:

$$V_{AS} = V_D \left( \frac{f_B \cdot Q_{ED}}{f_s \cdot Q_{ES}} - 1 \right) \quad [\text{dm}^3] \quad (4)$$

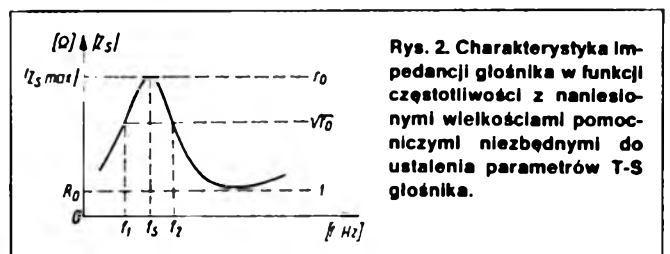
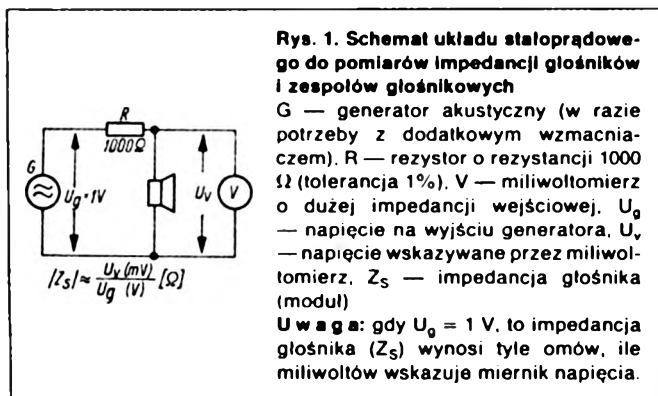
$Q_{ES}$  i  $Q_{EB}$  są współczynnikami dobroci elektrycznej, które można obliczyć według zależności:

$$Q_{ES} = \frac{Q_{MS}}{r_o - 1} \quad \text{oraz} \quad Q_{EB} = \frac{Q_{MD}}{r_o - 1} \quad (5)$$

Mozna skorzystać z prostszej zależności jeżeli obudowa doświadczalna jest sztywna, wykonana z twardych płyt i nie zawiera materiału dźwiękochłonnego. W takim przypadku wystarczy pomierzyć częstotliwość rezonansową głośnika wmontowanego do obudowy doświadczalnej ( $f_D$ ) oraz ustalić objętość wewnętrzną obudowy  $V_D$  (netto — z uwzględnieniem listew i objętości głośnika).

$$V_{AS} = V_D \left[ \frac{f_D^2}{f_s^2} - 1 \right] \quad [\text{dm}^3] \quad (6)$$

Sposób 2. Sposób ten polega na obliczeniu objętości równoważnej  $V_{AS}$  po przeprowadzeniu dodatkowego pomiaru częstotliwości rezonansowej głośnika  $f_{SM}$ , po obciążeniu jego układu drgającego dodatkową masą  $M$ . Masą tą może być kawałek plasteliny przyklejony do kopułki osłaniającej cewkę głośnika (dodatkowa masa wynosi 0,015–0,050 kg, zależnie od wielkości głośnika)



Znając częstotliwość rezonansową  $f_s$  i  $f_{SM}$  oraz masę  $M$  wyrażoną w kilogramach, oblicza się podatność zawieszenia membrany głośnika z zależności:

$$C_{MS} = \frac{1}{(2\pi)^2 \cdot M} \left[ \frac{(f_s + f_{SM}) \cdot (f_s - f_{SM})}{f_s^2 \cdot f_{SM}^2} \right] \text{ [N/m]} \quad (7)$$

Następnie można obliczyć parametr  $V_{AS}$  głośnika z zależności:

$$V_{AS} = \rho \cdot c^2 \cdot S_s^2 \cdot C_{MS} = 1,39 \cdot 10^4 \cdot S_s^2 \cdot C_{MS} \text{ [m}^3\text{]} \quad (8)$$

gdzie:

- $\rho$  — masa 1 m<sup>3</sup> powietrza przy 22 C równa 1,18 kg,
- $c$  — prędkość rozchodzenia się dźwięku w powietrzu (przyjmujemy 345 m/s przy 22 C),
- $S_s$  — efektywna powierzchnia membrany głośnika wyrażona w m<sup>2</sup>.

Wartość  $S_s$  danego głośnika może być obliczona mierząc średnicę membrany drgającej głośnika wraz z połową szerokości zawieszenia.

Należy pamiętać, że parametry T-S danego głośnika nie są stałe, lecz zmieniają się nieco w zależności od temperatury otoczenia, ciśnienia atmosferycznego i wilgotności powietrza.

*Przykład 1.* Posiadany głośnik firmy Tesla o średnicy 165 mm, chcemy go wykorzystać do skonstruowania małego zespołu zamkniętego. Interesują nas jego parametry T-S. Zdejmujemy charakterystykę impedancji w funkcji częstotliwości i z jej danych obliczamy wielkości pomocnicze i częstotliwość  $f_s$ :

$R_o = 3,5 \Omega$ ,  $r_o = 13$ ,  $f_s = 44 \text{ Hz}$ ,  $f_1 = 34,5 \text{ Hz}$ ,  $f_2 = 57 \text{ Hz}$   
Obliczamy współczynnik dobroci mechanicznej

$$Q_{MS} = \frac{44 \cdot 13}{57 - 34,5} = 7,1$$

Obliczamy dobroć całkowitą głośnika

$$Q_{TS} = \frac{7,1}{13,0} = 0,54$$

Obciążyliśmy układ drgający głośnika masą 20 g i zmierzylismy ponownie częstotliwość rezonansową, na tej podstawie obliczyliśmy z zależności (7) wartość podatności zawieszenia membrany  $C_{MS}$ , która wyniosła  $1,45 \cdot 10^{-3} \text{ N/m}$ .

Średnica membrany głośnika (część czynna) wynosi 120 mm. Stąd obliczyć można powierzchnię:

$$S_s = \pi \cdot 0,06^2 = 1,13 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

Podstawiając odpowiednie wartości do wzoru (8) znajdujemy

$$V_{AS} = 1,39 \cdot 10^4 \cdot 1,86 \cdot 10^{-2} = 26 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 26 \text{ dm}^3$$

*Przykład 2.* Posiadany głośnik niskotonowy został pomierzony i ma następujące parametry:  $f_s = 27 \text{ Hz}$ ,  $Q_{MS} = 6$ ,  $Q_{TS} = 0,36$ . Należy jeszcze określić parametr  $V_{AS}$ .

Głośnik został wmontowany do obudowy zamkniętej o objętości 20 dm<sup>3</sup>.

Pomierzona częstotliwość rezonansowa głośnika w obudowie okazała się równa  $f_o = 74 \text{ Hz}$ .

Obliczamy wartość

$$V_{AS} = 20 \frac{74^2}{27^2} - 1 \approx 130 \text{ dm}^3$$

#### LITERATURA

- [1] Obliczanie zamkniętych obudów głośnikowych. „Radioelektronik” nr 6/1988
- [2] Obudowy głośnikowe z otworem. „Radioelektronik” nr 1/1990
- [3] Gaedtker M., Parametermessungen an Lautsprecher-Chassis. Franzis-Verlag, München (RFN) A.W. □