

**Moc wyjściowa jest tym parametrem, na który w pierwszym rzędzie zwraca się uwagę przy ocenie wzmacniacza. Czasem jednak producenci podają kilka wartości mocy bardzo różniących się od siebie.**

**W** związku z powtarzającą się w listach Czytelników nieprawidłową oceną mocy wyjściowej wzmacniaczy, poniżej przedstawiono pewne podstawowe zasady w tym zakresie.

Producenci podają zwykle dwa rodzaje mocy wyjściowej: moc znamionową, którą wzmacniacz może oddać w sposób ciągły w czasie co najmniej 10 minut przy określonym poziomie zniekształceń nieliniowych oraz moc taką, którą może oddawać w ciągu krótkiego okresu czasu. Szczególnie to drugie określenie mocy jako nieznormalizowane, jest pojęciem bardzo "rozciągliwym".

**Moc wydzielaną w rezystorze R dla prądu stałego** z definicji obliczamy w następujący sposób:

$$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R \quad (1)$$

przy czym U jest napięciem na rezystorze, natomiast I – prądem płynącym przez rezystor.

**Dla prądu przemiennego (sinusoidalnego):**

$$P = u \cdot i = \frac{u^2}{R} = i^2 \cdot R \quad (2)$$

przy czym:

$$u = \frac{U}{\sqrt{2}}, \quad i = \frac{I}{\sqrt{2}}$$

są wartościami skutecznymi napięcia i prądu, U, I – amplitudy napięcia i prądu. Stąd:

$$P = \frac{U^2}{2R} = \frac{1}{2} I^2 \cdot R \quad (3)$$

Tyle teoria.

W praktyce obliczając moc wyjściową wzmacniacza należy uwzględnić nie tylko napięcie zasilania, ale również straty ze szkodliwych spadków napięć w układzie.

Na rysunku przedstawiono fragment typowego stopnia wyjściowego wzmacniacza mocy z pojedynczymi tranzystorami wyjściowymi.

Zadanie będzie polegać w tym przypadku

# MOC WYJŚCIOWA WZMACNIACZA MOCY

na oszacowaniu możliwej wartości mocy wyjściowej, przy założonej wartości rezystancji obciążenia.

Należy przyjąć pewne założenia.

Obliczamy prąd źródła prądowego (tranzystor T2)  $I_{zr} \approx 0,12 \text{ A}$

$$U_{CE \text{ sat } T1} = U_{CE \text{ sat } T2} = 0,5 \text{ V}$$

$$U_{BET3} = U_{BET4} = 1 \text{ V}$$

oraz powinien być spełniony warunek  $I_{zr} \geq 2 \cdot I_{B \text{ max } T3}$  z uwagi na możliwą zmienność obciążenia w warunkach dynamicznych oraz zapewnienie bardziej liniowej pracy stopnia sterującego.

Równanie dla dodatkowej potówki napięcia zasilającego przybierze postać:

$$\frac{1}{2} E_C = I_{zr} \cdot R1 + U_{CE \text{ sat } T1} + U_{BET3} + I_L \cdot R_E + I_L \cdot R_L \quad (4)$$

Po podstawieniu wartości liczbowych otrzymamy:

$$15 \text{ V} = 0,12 \text{ A} \cdot 10 \Omega + 0,5 \text{ V} + 1 \text{ V} + I_L \cdot 4,2 \Omega \quad (5)$$

stąd:  $I_L \approx 2,93 \text{ A}$ ,  $U_L \approx 11,7 \text{ V}$ .

Prąd bazy tranzystorów wyjściowych przy założeniu, że wzmocnienie stałoprądowe tranzystorów wyjściowych jest rzędu 50 A/A, wynosi:

$$I_B = \frac{2,93 \text{ A}}{50} + 58,6 \text{ mA} \quad (6)$$

Warunek  $I_{zr} \geq 2 I_B$  jest więc spełniony.

**Moc wyjściowa wzmacniacza** wyliczona z zależności (3) wyniesie:

$$P_{wy} = \frac{U_L^2}{2R_L} = \frac{136,9}{8} \approx 17 \text{ W} \quad (7)$$

przy założeniu "sztywnego" napięcia zasilającego.

Uwzględniając 10% spadek napięcia zasilającego, co jest zjawiskiem typowym przy zasilaczach niestabilizowanych, zwykle stosowanych we wzmacniaczach mocy, równanie (5) przybierze postać:

$$15 \text{ V} - 1,5 \text{ V} = 0,12 \text{ A} \cdot 10 \Omega + 0,5 \text{ V} + 1 \text{ V} + I_L \cdot 4,2 \Omega \quad (8)$$

stąd:  $I_L \approx 2,57 \text{ A}$ ,  $U_L \approx 10,3 \text{ V}$ .

**Moc znamionowa wzmacniacza** będzie więc wynosić:

$$P_{wy \text{ znam}} \approx 13 \text{ W} \quad (9)$$

Mamy więc dwie wartości mocy wyjściowej dla przedstawionego wzmacni-

acza przy przebiegu sinusoidalnym:

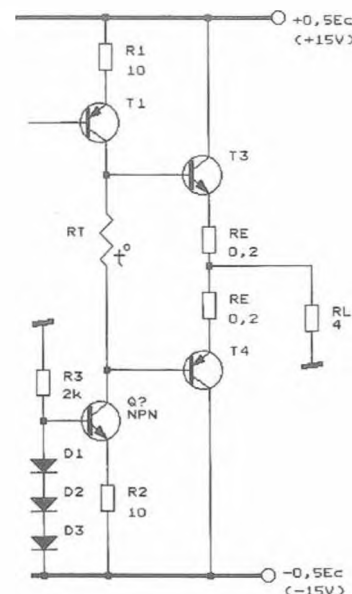
– moc znamionową o wartości 13 W

– moc impulsową o wartości 17 W.

Przypadki te nie wyczerpują oczywiście możliwych mocy wyjściowych wzmacniacza. W przypadku silnego przesterowania (na wyjściu przebieg prostokątny) impulsowa moc wyjściowa wzmacniacza może być znacznie większa. Należy ją wówczas wyznaczyć z zależności (1):

$$P_{wy} = \frac{(11,7)^2}{4} + \frac{136,9}{4} \approx 34 \text{ W} \quad (10)$$

Tak więc do podanych dwóch wartości mocy wyjściowej dołącza trzecią, 2,6-krotnie większą od mocy znamionowej. Tego typu chwyt reklamowy stosowane są często przez producentów taniego sprzętu audio (moc muzyczna, szczytowa, maksymalna itp.). Należałoby jeszcze wspomnieć o **mocy skutecznej dla przebiegów zmiennych** oznaczanej skrótem rms (*root-mean-square*).



Stopień wyjściowy wzmacniacza mocy z pojedynczymi tranzystorami wyjściowymi

Dotychczasowe rozważania dotyczyły mocy średniej przebiegu sinusoidalnego o amplitudzie U (zależność 3), tj. takiej, która doprowadzona do elementu grzejjego spowoduje wydzielenie się tej samej ilości energii cieplnej, co w przypadku doprowadzenia napięcia stałego o wartości.

$$\frac{U}{\sqrt{2}}$$

Z definicji dla przebiegu zmiennego:

$$\text{wartość rms} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} \quad (11)$$

w której:

$x$  – jest próbka przebiegu tak wąską, aby możliwe było założenie, że ma stałą amplitudę,

$n$  – liczba próbek.

W przypadku przebiegów okresowych do wyznaczenia wartości skutecznej napięcia sinusoidalnego typu:  $u = U \cdot \sin \omega t$  można posłużyć się rachunkiem całkowym:

$$U_{\text{rms}} = U \cdot \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \sin^2 \omega t \, dt} \quad (12)$$

przyjmując

$$\omega t = \frac{\pi}{2}$$

oraz stosując przekształcenie trygonometryczne typu:

$$\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t) \quad (13)$$

Po przeprowadzeniu całkowania otrzymamy znaną zależność:

$$U_{\text{rms}} = \frac{U}{\sqrt{2}} \quad (14)$$

w której  $U$  jest wartością amplitudy przebiegu.

Jeżeli jednak to samo wyrażenie zastosujemy do obliczenia mocy, otrzymamy:

$$\begin{aligned} P_{\text{rms}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \frac{(U \cdot \sin \omega t)^4}{R^2} dt} = \\ &= \frac{U^2}{R} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T \sin^4 \omega t dt} \quad (15) \end{aligned}$$

Po wykonaniu całkowania **moc skuteczna** będzie wynosić:

$$P_{\text{rms}} = \frac{U^2}{2R} \cdot 1,225 \quad (16)$$

Pierwszy człon wyrażenia jest znanym wzorem na moc średnią.

Tak więc moc oznaczana skrótem rms jest 1.225 razy większa niż moc średnia. Fakt ten wykorzystywany jest przez producentów, którzy chętnie sięgają do tej definicji. Tak więc wzmacniacz, którego moc rms wynosi przykładowo 100 W, ma w rzeczywistości moc wyjściową o wartości 81,63 W. ■

Maciej Feszczuk