

W-metru

I.C.Boghitoiu, *Electronica peste tot*, Editura Albatros, 1985

Un amplificator de audiofrecventa de putere poate fi considerat drept un generator de energie electrica, deoarece la bornele sale de iesire, unde este conectata o sarcina, vom putea masura un curent si o tensiune de iesire.

Puterea electrica de joasa frecventa pe care o debiteaza un amplificator la bornele sale de iesire reprezinta unul din parametrii sai importanti, motiv pentru care se acorda o mare atentie masurarii cu precizie a acesteia.

Amplificatoarele de joasa frecventa construite de amatori au puteri de la cativa wati pana la sute de wati, iar difuzoarele conectate ca sarcina au bobinele mobile cu impedante de 4Ω , 8Ω , 16Ω etc. In practica curenta, puterea de iesire a unui amplificator audio de putere se poate masura prin doua metode: o metoda directa si o metoda indirecta.

Metoda directa consta in conectarea la bornele de iesire ale amplificatorului de putere a unui watt-metru, valoarea fiind citita direct in wati. Metoda indirecta consta in masurarea fie a curentului prin sarcina, fie a tensiunii pe sarcina si efectuarea calculului necesare pentru gasirea valorii puterii electrice.

In ambele cazuri se pleaca de la definitia puterii, exprimata dupa cum se stie prin relatiile:

$$P = U \times I = \frac{U^2}{R} = R \times I^2,$$

unde:

P — puterea electrica exprimata in wati;

U — tensiunea pe sarcina, exprimata in volti;

I — curentul prin sarcina, exprimat in amperi;

R — rezistenta sau impedanta (Z) a sarcinii, exprimata in ohmi.

Astfel, daca cunoastem valoarea impedantei difuzorului conectat la iesirea unui amplificator si cunoastem si tensiunea pe aceasta impedanta, vom putea afla cu usurinta valoarea puterii debitate, aplicind relatia:

$$P = \frac{U^2}{Z}$$

In tabel sunt date valorile tensiunilor ce se obtin pe difuzoare cu impedante diferite si pentru diverse puteri electrice.

Pentru a aplica metoda indirecta de masurare a puterii se procedeaza in felul urmator:

- se conecteaza la bornele de iesire ale amplificatorului un difuzor adecvat tipului si puterii amplificatorului;
- in derivatie pe acest difuzor se conecteaza un volt-metru de joasa frecventa;

- la intrarea amplificatorului se cupleaza un generator de joasa frecventa fixat pe 1000Hz si pe o tensiune impusa de schema amplificatorului;
- se cupleaza tensiunea de alimentare a amplificatorului precum si a generatorului de joasa frecventa si a voltmetrului de joasa frecventa;
- se regleaza potentiometrul de volum pentru auditia maxima;
- se citeste tensiunea obtinuta la bornele difuzorului.

Folosind tabelul sau relatia de calcul a puterii, se determina valoarea acestuia

Puterea debitată pe difuzor [W]	Tensiunea pe difuzor [V]		
	Difuzor cu $Z = 4 \Omega$	Difuzor cu $Z = 8 \Omega$	Difuzor cu $Z = 16 \Omega$
1	2	2,82	4
2	2,82	4	5,65
3	3,46	4,9	6,9
4	4	5,65	8
5	4,455	6,33	9
10	6,33	8,95	12,65
15	7,86	10,96	15,5
20	8,95	12,65	17,9
25	10	14,10	20
50	14,1	20	28,2
75	17,35	24,7	34,70
100	20	28,3	40
150	24,7	34,7	49,4
200	28,3	40	56,4

Spre exemplu, daca difuzorul folosit are $Z = 8 \Omega$, iar tensiunea pe care am citit-o la bornele acestuia este de 12,65V, rezulta ca puterea amplificatorului este de 20W. Pentru a masura direct puterea de iesire a amplificatorului, se poate construi un watt-metru simplu, capabil sa asigure o precizie mai buna de 5%.

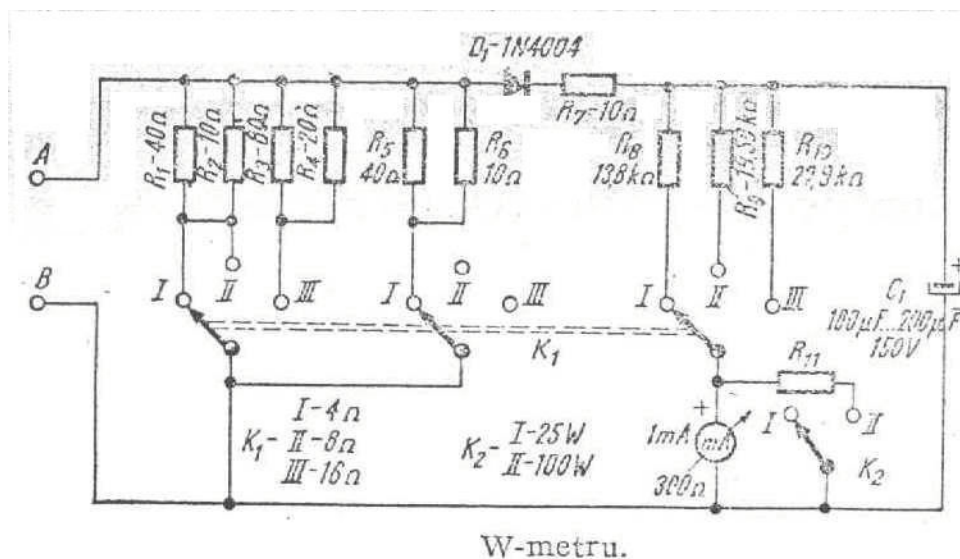
Schema pe care o propunem permite alegerea valorii sarcinii pe care sa debiteze amplificatorul si deci pe care sa se faca evaluarea puterii, precum si folosirea a doua scale de puteri.

In compunerea schemei intra doua comutatoare, K_1 si K_2 , cateva rezistoare, o dioda si un aparat de masura tip miliampermetru.

Semnalul de la iesirea din amplificator se introduce la bornele A—B de intrare in W-metru, deci fara a fi nevoie de difuzoare.

Cu ajutorul comutatorului K_1 se alege valoarea rezistentei de sarcina, care in cazul de fata pentru pozitia I are valoarea de 4Ω , pentru pozitia II are valoarea de 8Ω , iar pentru pozitia III are valoarea de 16Ω .

Cu ajutorul comutatorului K_2 se comuta scala W-metrului, de pe pozitia I care permite masuratori intre 0—25W pe pozitia II care asigura masuratori in gama 0—100W.



In schema prezentata s-a ales un aparat de masura care la capat de scala are 1mA.

Din punct de vedere al partilor componente, schema cuprinde:

- rezistor de sarcina;
- etaj redresor;
- voltmetru de c.c.

Rezistorul de sarcina este elementul pe care se consuma puterea debitata de amplificatorul supus masurarii. In cazul schemei noastre, acest rezistor se alege cu ajutorul comutatorului K_1 .

Astfel, cand K_1 este fixat in pozitia I se observa ca rezistoarele R_1 , R_2 , R_5 si R_6 sunt cuplate toate in derivatie, constituind o valoare de 4Ω .

Daca amplificatorul debiteaza o putere de 25W, la bornele acestor patru rezistoare aflate in paralel va aparea o tensiune $U = 10V$. Aceasta tensiune de frecventa audio, trece in continuare prin dioda redresoare D_1 incarcand capacitorul C_1 cu o tensiune:

$$U_{C1} = U\sqrt{2} = 10\sqrt{2} = 14,1V$$

adica cu tensiunea de varf a semialternantelor care trec prin D_1 .

Tensiunea U_{C1} obtinuta prin redresare va face ca prin rezistorul R_8 si aparatul de masura mA sa circule un curent:

$$i = \frac{U_{C1}}{R_8 + R_{mA}}$$

unde R_{mA} este rezistenta interna a aparatului de masura.

In cazul de fata stim ca i trebuie sa aibe o valoare de 1mA pentru a face ca acul aparatului de masura mA sa devieze pana la capat. Va rezulta deci:

$$R_8 + R_{mA} = \frac{U_{C1}}{i} = \frac{14,1}{1 \times 10^{-3}} = 14,1k\Omega$$

Daca rezistenta interna a aparatului de masura are, de exemplu, 300Ω , rezulta ca $R_8 = 13,8k\Omega$.

Pentru K_1 si K_2 in pozitia I prima scala a aparatului de masura va masura puteri intre 0 si 25W, ea trebuind sa fie etalonata ca atare. Pentru aceasta operatie

se va folosi fie tensiunea de retea, de 50Hz, fie un amplificator audio la care modificam puterea de iesire cu ajutorul potentiometrului de volum.

Pentru a marca pe scala aparatului de masura valori cuprinse intre 0 si 25W, fie ca masuram tensiunea la bornele rezistorului de sarcina si determinam puterea dupa relatia $P = U^2/Z$, fie ca citim curentul aratat de aparatul de masura si apeland la relatiile:

$$i = \frac{U_{c1}}{R_8 + R_{mA}} \text{ si } U\sqrt{2} = \sqrt{2}\sqrt{P \times Z}$$

gasim

$$P = \left(\frac{U_{c1}}{\sqrt{2}}\right)^2 \times \frac{1}{Z} = \frac{[i \times (R_8 + R_{mA})]^2}{2Z}$$

Astfel, daca aparatul de masura mA arata un curent de 0,5mA, inseamna ca puterea debitata este:

$$P = \frac{(0,5 \times 10^{-3} \times 14,1 \times 10^3)^2}{2 \times 4} = \frac{(7,05)^2}{8} = \frac{49,7}{8} = 6,2W$$

Daca se trece K_1 in pozitia II, adica pentru o sarcina de 8Ω , iar K_2 ramane tot pe pozitia I, valoarea rezistorului R_9 se determina urmand aceeasi ordine de calcul. Din tabel gasim ca pentru 25W pe sarcina difuzorului de 8Ω va aparea o tensiune de $U' = 14,1V$. Dupa redresare gasim:

$$U'_{c1} = \sqrt{2} \times 14,1 = 19,88V$$

iar

$$R_9 + R_{mA} = \frac{U'_{c1}}{i} = \frac{19,88}{1 \times 10^{-3}} = 19,88k\Omega$$

Cum $R_{mA} = 300\Omega$, rezulta $R_9 = 19,58k\Omega$.

In acelasi mod si se calculeaza si R_{10} care va trebui sa aiba o valoare de 27,9k Ω .

Etalonarea aparatului pentru aceste ultime doua pozitii trebuie sa se mentina fata de etalonarea facuta pentru prima pozitie. Valorile determinate pentru rezistoarele R_8 , R_9 si R_{10} sunt valabile pentru cazul cand aparatul de masura are deviatia maxima de 1mA si o rezistenta interna de 300 Ω . Pentru alte situatii cand, spre ex, aparatul de masura poate sa aiba o sensibilitate de 0,25mA si o rezistenta interna de 800 Ω , va trebui sa recalculam valorile R_8 , R_9 si R_{10} urmand aceeasi logica si ordine de desfasurare a calculului. Pentru situatia cand K_2 este trecut in pozitia II, adica pentru masuratori de puteri pana la 100W, vom constata ca prin circuitul de masura va aparea un curent de 2mA, deoarece tensiunea la bornele sarcinii pentru 100W si $Z = 4\Omega$ este de 20V. In acest caz, va trebui ca prin rezistenta de suntare R_{11} sa treaca un curent de 1mA, urmand ca aparatul de masura sa preia tot 1mA. Valoarea de 2mA prin circuitul de masura pentru puterea de 100W se mentine pentru toate cele trei pozitii ale lui K_1 .

Etalonarea pentru pozitia de 100W se va face dupa aceleasi reguli ca si pentru pozitia de 25W.

In cazurile in care dorim ca valorile maxime de putere masurata sa fie altele decat cele din exemplul de fata, va fi necesar sa recalculam rezistoarele R_8 , R_9 si R_{10} functie de noile limite impuse. Deasemenea, daca dorim ca aparatul sa aiba numai o singura scala, se va renunta la comutatorul K_2 . In realizarea aparatului va trebui sa avem grija ca rezistoarele $R_1...R_6$ sa fie alese pentru puterile corespunzatoare.

Astfel, daca aparatul va avea si scala de 100W, va trebui ca cele patru rezistoare destinate a forma sarcina de 4Ω sa suporte cei 100 W, motiv pentru care rezistorul R_6 de 10Ω se va alege ca sa suporte 40W, iar R_5 de 40Ω o putere de 10W. R_1 va trebui sa disipe 20W, R_2 —80W, R_3 —30 W si R_4 o putere de 80W. Aceste rezistoare vor fi confectionate din fir de nichelina sau alt material rezistiv si vor fi bobinate pe carcase de ceramica sau placa de mica sau asbest. Rezistoarele $R_8...R_{11}$ vor fi de 0,25W. Ele pot fi inlocuite cu potentiometre semireglabile, avand valoarea maxima de $25k\Omega$, urmand ca aducerea la valoarea necesara sa se faca in timpul etalonarii. Rezistorul R_7 este montat ca element de protectie si va avea o valoare de $10\Omega/1W$. In cazul cand dorim sa masuram puterea amplificatorului avand difuzorul conectat direct ca sarcina, atunci se va folosi, de asemenea, schema prezentata in figura, inasa cu obligatia ca rezistoarele de sarcina $R_1...R_6$ sa fie eliminate, deoarece functia lor este preluata de difuzor. In acest caz, comutatorul K_1 va actiona numai cu un segment si anume acela care comuta rezistoarele $R_8...R_{10}$.

In acest caz, tensiunea preluata de la bornele difuzorului va fi redresata in acelasi mod ca si cel descris mai inainte, puterea fiind citita direct la aparatul de masura; de retinut totusi ca va trebui sa comutam K_1 pe valoarea de impedanta corespunzatoare difuzorului folosit. Eliminarea rezistoarelor $R_1...R_6$ din circuit se poate face printr-un al treilea comutator (cu doua pozitii) montat inaintea diodei D_1 si care sa comute borna A cand direct pe dioda D_1 fara $R_1...R_6$, cind cu $R_1...R_6$ in paralel.