

Definirea nivelului, a atenuării și a câștigului în rețelele telefonice

Definirea clară și precisă a unor mărimi cum ar fi nivelul, atenuarea, câștigul și a unităților de măsură utilizate pentru aceste mărimi este foarte importantă într-o rețea de telecomunicații, cum este și rețeaua telefonică. Este de asemenea foarte importantă definirea punctelor de referință față de care se definesc anumite atenuări sau amplificări. Este de remarcă, în special în cazul centralelor digitale, impedanța complexă în unitățile de interfață cu abonații [Pa1], ceea ce impune exprimarea puterilor în mVA în loc de mW, situație întâlnită în cazul rețelelor telefonice analogice.

4.1 Definirea atenuării și a câștigului în rețelele telefonice

Există un număr mare de parametri de atenuare (sau amplificare) care se pot defini într-un sistem telefonic, câțiva din acești parametri fiind considerați în continuare. Atenuarea, a , se definește în general ca și un raport exprimat în decibeli între puteri reale sau aparente sau între valori de tensiuni conform relațiilor următoare și figurii 4.1:

$$a = 10 \cdot \lg \frac{P_i}{P_o} \text{ [dB]} \quad (4.1) \quad ; \quad a = 20 \cdot \lg \frac{|V_i|}{|V_o|} \text{ [dB]} \quad (4.2)$$

Dacă raportul se definește invers, adică între puterea (amplitudinea) semnalului de ieșire și cea a semnalului de intrare, avem de a face cu amplificare. Relația a doua de definire a puterii este teoretic valabilă doar dacă impedanțele pe care se măsoară cele două tensiuni sunt identice, dar în practică se admite această definiție chiar dacă cele două impedanțe în cauză nu sunt egale.

Atenuarea de adaptare (a_a) este un parametru specific sistemelor de transmisie, reflectă gradul de dezadaptare dintre două impedanțe Z_1 și Z_2 și este dată de expresia:

$$A_a = 20 \cdot \lg \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right| \quad (4.3).$$

Această atenuare reprezintă practic atenuarea exprimată în dB între un semnal incident și cel reflectat, într-un punct de discontinuitate de impedanță, caracterizat de impedanțele Z_1 și Z_2 [Pa1].

Atenuarea de putere aparentă caracterizează un circuit din punctul de vedere al transferului de putere [Pa1]. În figura 4.1 se prezintă cazul simplificat al unui circuit care are aplicat la intrare o sursă de tensiune cu valoarea E și impedanța internă Z_i și la ieșire o impedanță de sarcină Z_s și tot în această figură se prezintă și structura circuitului de referință utilizat pentru definirea acestei atenuări. Impedanța Z_x din circuitul de referință este egală în acest caz cu Z_i .

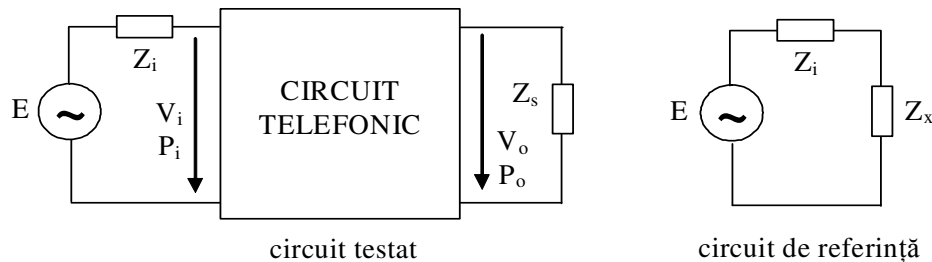


Fig. 4.1 Definirea atenuării de putere aparentă

Puterea aparentă de intrare P_i se definește ca puterea aparentă debitată de sursă pe o sarcină egală cu impedanța Z_i a generatorului, adică : $P_i = \frac{E^2(f)}{4|Z_i(f_0)|}$ (4.4). Puterea P_o este

puterea aparentă de ieșire pe sarcina Z_s , adică: $P_o = \frac{V_o^2(f)}{|Z_s(f_0)|}$ (4.5). Atenuarea de putere

aparentă este dată de relația: $a_a = 10 \cdot \lg \frac{P_i}{P_o} = 20 \cdot \lg \left(\frac{E(f)}{2V_o(f)} \cdot \sqrt{\frac{|Z_s(f_0)|}{|Z_i(f_0)|}} \right)$ [dB] (4.6) și

reprezintă practic raportul dintre puterea maximă pe care o poate genera o sursă și puterea care este generată pe impedanța de sarcină conectată la ieșirea circuitului. Formula generală de mai sus este aplicabilă în cazul circuitelor pasive, cum ar fi filtrele sau cuadripolii pasivi reciproci, caz în care conceptul de atenuare este bazat pe raportul de nivele de putere aparentă între intrare și ieșire (definiție identică în ambele sensuri de transmisie – caracter reciproc). Dacă avem în lanț amplificatoare (de ex. amplificatoare construite cu amplificatoare operaționale) care nu sunt influențate de impedanțele Z_i și Z_s se îndeplinește condiția $20 \cdot \lg \frac{E}{V} = ct$ în funcție de frecvență și relația (4.6) trebuie modificată astfel [Pa1] (pentru a se reține totuși conceptul de transfer de putere aparentă admis în mod general) :

- Atenuarea de putere aparentă se exprimă la frecvența de referință $f_0=1020\text{Hz}$:

$$a_0 = 20 \cdot \lg \left(\frac{E(f_0)}{2V_o(f_0)} \cdot \sqrt{\frac{|Z_s(f_0)|}{|Z_i(f_0)|}} \right) \text{ [dB]} \quad (4.7)$$

- Atenuarea se exprimă în funcție de frecvență astfel:

$$a(f) = 20 \cdot \lg \left(\frac{E(f)}{2V_o(f)} \cdot \sqrt{\frac{|Z_s(f_0)|}{|Z_i(f_0)|}} \right) \text{ [dB]} \quad (4.8)$$

Deoarece raportul impedanțelor este exprimat la frecvența de referință f_0 variația atenuării cu frecvența depinde exclusiv de raportul de tensiuni E/V . Utilizarea impedanțelor la valoarea frecvenței de referință este indicată în practică și datorită faptului că este mai dificil de determinat (măsurat) valorile de impedanță în funcție de frecvență și valorile impedanțelor utilizate într-o rețea de transmisii sunt de regulă standardizate la anumite frecvențe. Deci este mai simplu să se utilizeze valorile impedanțelor la anumite frecvențe pentru definirea unor atenuări.

Atenuarea de inserție caracterizează un circuit tot din punctul de vedere al transferului de putere. Situația este similară cu cea prezentată în figura 4.1, impedanța Z_x din circuitul de referință fiind egal în acest caz cu impedanța de sarcină Z_s [Mat2] [IT992].

Puterea aparentă de intrare P_i se definește ca puterea aparentă debitată de sursă pe o

sarcină egală cu impedanța de sarcină Z_s , adică: $P_i = \frac{E^2(f) \cdot |Z_s(f)|^2}{|Z_i(f) + Z_s(f)|^2 \cdot |Z_s(f_0)|^2}$ (4.9). Puterea

P_o este puterea aparentă de ieșire pe sarcina Z_s , adică: $P_o = \frac{V_o^2(f)}{|Z_s(f_0)|}$ (4.10). Atenuarea de

inserție este dată de relația: $a_i = 10 \cdot \lg \frac{P_i}{P_o} = 20 \cdot \lg \left(\frac{E(f)}{V_o(f)} \cdot \frac{|Z_s(f)|}{|Z_i(f) + Z_s(f)|} \right)$ [dB] (4.11) și

reprezintă practic raportul dintre puterea pe care o poate genera o sursă pe o impedanță de sarcină și puterea care este generată pe impedanța de sarcină de aceeași sursă prin circuitul considerat, impedanța de sarcină fiind conectată la ieșirea circuitului. La fel ca și în cazul atenuării de putere aparentă formula generală este aplicabilă în cazul circuitelor pasive Dacă

avem în lanț amplificatoare care nu sunt influențate de impedanțele Z_i și Z_s atenuarea de inserție se poate modifica în felul următor:

- Atenuarea de inserție se exprimă la frecvența de referință $f_0=1020\text{Hz}$:

$$a_{i0} = 10 \cdot \lg \frac{P_i}{P_o} = 20 \cdot \lg \left(\frac{E(f_0)}{V_o(f_0)} \cdot \frac{|Z_s(f_0)|}{|Z_i(f_0) + Z_s(f_0)|} \right) [\text{dB}] \quad (4.12)$$

- Atenuarea se exprimă în funcție de frecvență astfel:

$$a_i = 20 \cdot \lg \left(\frac{E(f)}{V_o(f)} \cdot \frac{|Z_s(f_0)|}{|Z_i(f_0) + Z_s(f_0)|} \right) [\text{dB}] \quad (4.13)$$

4.2 Definirea nivelurilor de putere în telefonie

Se pot identifica două categorii de nivele și anume nivele absolute și nivele relative de putere, ambele exprimate în decibeli. În cazul nivelurilor absolute este impusă o valoare de referință absolută, identică pentru toată rețeaua, iar în cazul nivelurilor relative referința este valoarea nivelului dintr-un anumit punct al rețelei. Nivelul absolut al unui semnal cu frecvență unică reprezintă practic nivelul de putere aparentă al unui semnal sinusoidal, raportat la puterea aparentă de 1mVA , exprimat în dBm [Pa1]:

$$L = 10 \cdot \lg \frac{P}{1\text{mVA}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{V^2(f)}{|Z_n(f_0)|} \cdot \frac{1}{1\text{mVA}} \right) [\text{dBm}] \quad (4.14)$$

În rețelele analogice este uzuală puterea de referință de 1mW , dar pe interfețele analogice ale centralelor digitale (la două fire) se utilizează de regulă impedanțe complexe, ceea ce înseamnă că trebuie utilizată noțiunea de putere aparentă.

Nivelul absolut de putere al semnalelor complexe vocale sau de altă natură cuprinse în banda $300\text{Hz}-3400\text{Hz}$ se poate defini astfel:

- Sisteme cu impedanțe rezistive: puterea activă în banda de interes (f_1, f_2) se calculează astfel:

$$P = \int_{f_1}^{f_2} \frac{V^2(f)}{R} df [\text{mW}] \quad (4.15) \text{ unde } R \text{ este rezistența de sarcină în } \Omega, V^2(f)/R \text{ densitatea}$$

spectrală de putere în mW/Hz , f_1, f_2 – limitele benzii în Hz . Nivelul absolut de putere în acest

caz este:

$$L = 10 \cdot \lg \frac{P}{1\text{mW}} [\text{dBm}] \quad (4.16)$$

- Sisteme cu impedanțe complexe: puterea aparentă în banda de interes (f_1, f_2) se calculează

$$\text{astfel: } P = \int_{f_1}^{f_2} \frac{V^2(f)}{|Z(f_0)|} df [\text{mVA}] \quad (4.17). \text{ Nivelul absolut de putere în acest caz este:}$$

$$L = 10 \cdot \lg \frac{P}{1\text{mVA}} [\text{dBm}] \quad (4.18), \text{ iar variația nivelului cu frecvența este dependentă numai de}$$

tensiune, impedanță fiind determinată numai la frecvența de referință.

Nivelul de putere psfometric (dBmp) ia în considerare caracteristica fiziologică ale urechii [Pa1], caracteristică care face ca percepția sunetelor să depindă de frecvență potrivit unei funcții de ponderare $W(f)$, numită caracteristică de ponderare psfometrică – vezi figura 3.15 din capitolul 3. Efectul componentelor de frecvențe joase (de ex. 50Hz) sau înalte (3000Hz) este mai puțin sesizat decât acela datorat componentelor cuprinse în banda $800\text{Hz} - 2000\text{Hz}$. Dacă se ține cont de această caracteristică de ponderare expresia puterii și a nivelului absolut devin:

$$P_p = \int_{f_1}^{f_2} \frac{V^2(f)}{|Z(f_0)|} \cdot 10^{W(f)/10} df \text{ [mVA]} \quad (4.19) \quad ; \quad L_p = 10 \cdot \lg \frac{P_p}{1\text{mVA}} \text{ [dBmp]} \quad (4.20)$$

Nivelul relativ de putere (dBr) într-un anumit punct este dat de următorul raport în dB [Pa1]: $L_r = 10 \cdot \lg \frac{P(1020\text{Hz})}{P_0(1020\text{Hz})} \text{ [dBr]} \quad (4.21)$, unde P și P₀ reprezintă puterile aparente ale

semnalului în punctul considerat și respectiv în punctul de referință –TPR (Transmission Reference Point). Dacă se face referire directă la echipamente, sisteme de transmisie, PBX, etc., este uzual termenul de Punct de referință al nivelului – LPR (Level Reference Point). Pentru determinarea nivelelor relative se utilizează de regulă semnale de frecvență unică, cu frecvența egală cu frecvența de referință. Nivelul relativ este numeric egal cu atenuarea sau câștigul la frecvența de referință între punctul considerat și punctul de referință, punct în care nivelul relativ este 0dBr. Semnalul de măsură aplicat în punctul de referință al transmisiei (0dBr) are, de regulă, o valoare de -10dBm pentru a se evita riscul apariției distorsiunilor de neliniaritate. Nivelului relativ permite caracterizarea câștigului sau a atenuării între diferite interfețe. Nivelul exprimat în dBm0 reprezintă nivelul absolut de putere măsurat la frecvența de referință (1020Hz) în punctul de referință al transmisiei (0dBr). Într-un punct oarecare de nivel relativ L_r, un nivel de L dBm0 determină o valoare absolută L_a: $L_a = L + L_r \text{ [dBm]} \quad (4.22)$. Un exemplu posibil de un lanț de transmisie este prezentat în figura 4.2, figură în care se prezintă în diferite puncte nivelele relative și cele absolute.

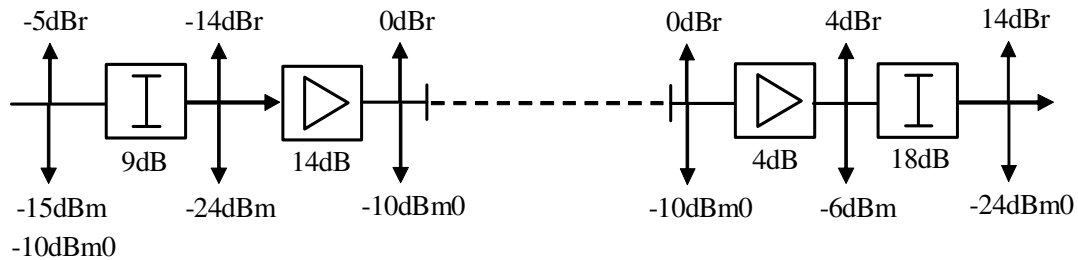


Fig. 4.2 Definirea nivelelor absolute și a celor relative

Legat de definirea nivelului trebuie reținut că și acest parametru se poate raporta și la o tensiune. Prin definiție nivelul de tensiune exprimat în dBu este dat de relația [Pa1]:

$$L_u = 20 \cdot \lg \frac{U_x}{775\text{mV}} \text{ [dBu]} \quad (4.23), \text{ unde } U_x \text{ este valoarea eficace a tensiunii măsurate, iar } 775\text{mV}$$

este tensiunea care produce o putere de 1mW pe o rezistență de 600Ω. Nivelul de tensiune este diferit de nivelul de putere dacă impedanța de sarcină este complexă și este diferită de 600Ω, caz

în care avem relația:

$$L_p = L_u + 10 \cdot \lg \frac{600}{|Z|} \text{ [dBm]} \quad (4.24)$$

Pentru evaluarea coderelor și a decoderelor sistemelor PCM din punctul de vedere al atenuărilor introduse s-a definit conceptul de secvență de referință digitală [Pa1] (Digital Reference Sequence – DRS). DRS este o secvență posibilă de cod PCM care prin decodare, cu ajutorul unui decoder ideal, furnizează un semnal de 0 dBm0. Invers, un semnal analogic cu nivelul de 0dBm0 aplicat la intrarea unui coder ideal va genera o secvență digitală de referință. Frecvența semnalului analogic (sinus mai exact) este de 1kHz și poate fi reprezentat ca și o secvență de 8 eșantioane. O altă alegere posibilă a frecvenței semnalului DRS este ca aceasta să nu fie o sub-armonică a frecvenței de eșantionare de 8kHz, o valoare potrivită fiind cea de 1020Hz, dar în acest caz generarea semnalului DRS va fi mai complexă. DRS obținut din semnalul sinusoidal de referință are o valoare de vârf de 118, nivelul de codare maxim de 127 corespunzând, în cazul unui codec ce utilizează legea A, la semnal sinusoidal cu nivelul

3,14dBm0. Utilizarea secvențelor DRS permite determinarea nivelelor relative în punctele „s” și „r” situate înainte de convertorul A/D și după convertorul D/A. Dacă se reglează nivelul în punctul „s” până când detectorul DRS plasat după convertorul A/D identifică această secvență corespunzătoare nivelului de 0 dBm0, atunci nivelul S măsurat în punctul „s” reprezintă chiar nivelul relativ în acest punct exprimat în dB. Similar în cazul decoderului PCM, dacă se aplică o secvență DRS la intrarea convertorului D/A și se măsoară în punctul „r” un nivel de R dBm, atunci nivelul relativ în acest punct este de R dB. A se vedea figura 4.3 în legătură cu cele discutate.

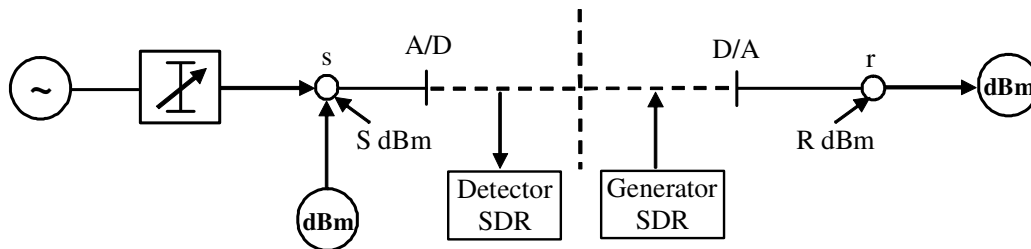


Fig. 4.3 Utilizarea secvenței DRS pentru determinarea nivelelor relative în punctele situate înainte de coderele PCM și după decoderele PCM.

Alegerea punctului de referință este o problemă importantă într-un lanț de transmisie, exprimarea atenuărilor și a câștigurilor făcându-se relativ la acest punct. În cazul unui canal telefonic digital este indicată alegerea punctului de referință pe traseul digital sau în vecinătatea acestuia, datorită faptului că traseele digitale au atenuare zero – există distorsiuni de atenuare pe traseele fizice pe care se realizează efectiv transmisia digitală, distorsiuni de atenuare care contribuie într-o anumită măsură la probabilitatea de eroare pe bit, dar valoarea efectivă a eșantioanelor codate transmise pe aceste sisteme nu se schimbă. Dacă se dorește un punct de referință comun pentru ambele sensuri de transmisie, atunci punctul de referință se poate stabili la intrarea transformatorului hibrid – punctul *, iar dacă se pot alege puncte de referință diferite pentru cele două sensuri de transmisie, atunci pe calea de transmisie punctul de referință se poate alege înainte sau după convertorul A/D – punctele **, iar pe calea de recepție punctul de referință se poate alege înainte sau după convertorul D/A – punctele *** - vezi figura 4.4.

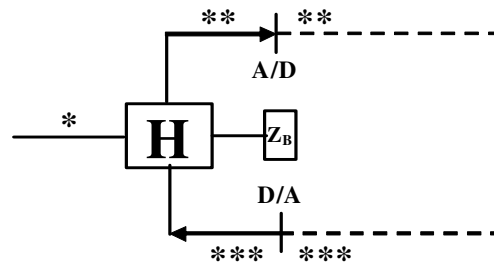


Fig. 4.4 Alegerea punctelor de referință ale transmisiei în cazul transmisiilor digitale

Legat de alegerea punctului de referință trebuie amintit de punctele de conectare internaționale virtuale – VICP (Virtual International Connecting Point). Punctele de conectare internaționale virtuale definesc limitele dintre părțile naționale și internaționale și partea internațională a unei conexiuni - vezi figura 4.5. Aceste puncte sunt de asemenea utilizate ca și puncte de referință globale pentru părțile naționale și internaționale.

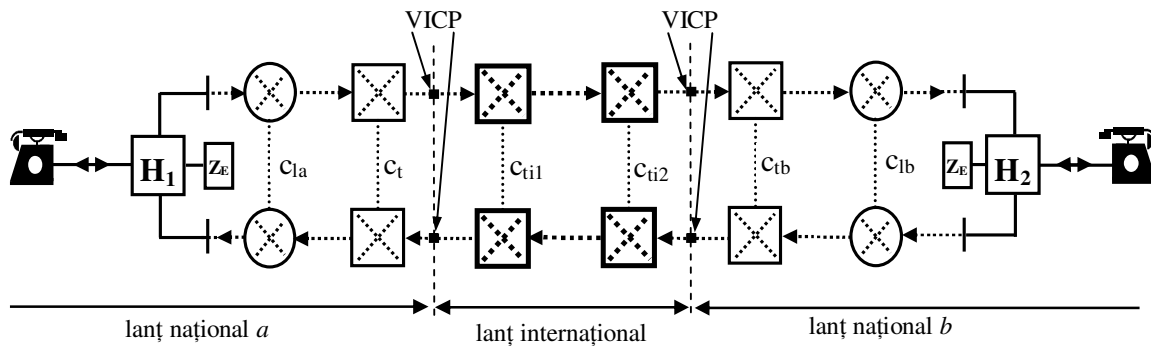


Fig. 4.5 Definierea punctelor de conectare internaționale virtuale

Prin definiție în aceste puncte nivelele relative nominale sunt următoarele: transmisie 0dBr, recepție 0dBr pentru circuite digitale și transmisie 0dBr, recepție -0,5dBr pentru circuite analogice și mixte.

4.3 Echivalentul pentru fonie

O comunicație telefonică presupune existența la cele două extremități a două elemente definitorii: unul emite mesajul sonor (gura), celălalt recepționează mesajul sonor (urechea). O astfel de comunicație presupune o presiune acustică la ambele capete ale conexiunii și un semnal electric pentru transmiterea la distanță a mesajului sonor. Planificarea corectă a unei rețele telefonice necesită exprimarea atenuării electroacustice în dB între sursa acustică și receptorul acustic, atenuare denumită „echivalent pentru fonie” (EF). Dacă circuitul considerat este subdivizat în unități mai mici, atunci atenuarea globală pentru fonie este suma valorilor individuale ale EF.

Dacă se ia ca referință pentru sistemul național punctul VICP, EF se poate defini prin următoarele două componente :

- echivalent pentru fonie la emisie (EFE) – reprezintă atenuarea în fonie între gura abonatului care vorbește și punctul VICP – în acest caz atenuare în fonie reprezintă media ponderată (în dB) a presiunii acustice de excitație raportată la tensiunea măsurată.
- echivalentul pentru fonie la recepție (EFR) – reprezintă atenuarea între punctul VICP și urechea abonatului care ascultă – în acest caz atenuare în fonie este definită ca media ponderată (în dB) a forței electromotoare de excitație raportată la presiunea acustică măsurată.

Observație :echivalenții pentru fonie la emisie (EFE) și la recepție (EFR) pot fi determinați în principiu la orice interfață a rețelei telefonice.

În figura 4.6 este dată schema completă a unei conexiuni telefonice de la sursa sonoră până la receptorul sonor, constituit din mai multe părți în cascadă

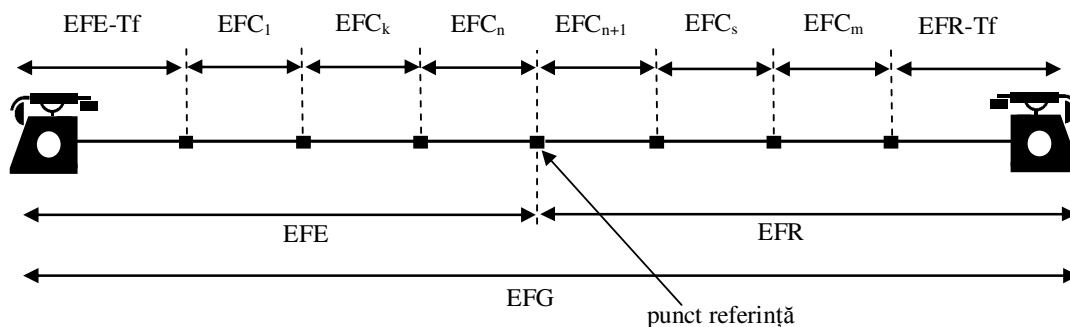


Fig. 4.6 Echivalenții pentru fonie definiți pentru o conexiune telefonică

Avem următoarele relații pentru echivalenții pentru fonie la emisie și la recepție:

$$EFE = EFE(post\ tf.) + \sum_{i=1}^n EFC_i ; EFR = EFR(post\ tf.) + \sum_{i=1}^n EFC_i ; EFG = EFE + EFR \quad (4.25)$$

Determinarea echivalenților pentru fonie se pot realiza subiectiv – metode puțin fiabile, sau obiectiv – este necesar un model psiho-acustic care simulează modul în care creierul interpretează impresiile sonore. Urechea este reprezentată de un set de filtre de bandă, repartizate regulat pe o scară logaritmică de frecvență. Dacă semnalul dintr-o bandă depășește pragul de audiție, filtrul corespunzător emite un semnal de ieșire și toate semnalele de la ieșirile filtrelor sunt compuse, regula de adunare depinzând de nivelul sonor:

- la nivele sonore slabe adunarea se face în putere
- la nivele sonore normale adunarea se face conform relației:

$$EF = L_0 - \frac{10}{m} \cdot \lg \left\{ \sum_{i=1}^N K_i \cdot 10^{-0,1 \cdot m \cdot L_i} \right\} \quad (4.26) , \text{ unde } L_0 \text{ este o constantă (în cazul EFC este 0),}$$

N este numărul de filtre de bandă, i este indicele frecvenței f_i , L_i este atenuarea la frecvența f_i , m este o constantă care depinde de nivelul sonor și anume: m=0,2 pentru nivele normale, m=0,5 pentru nivele mici, m=1 pentru nivele foarte slabe (m=0,2 se aplică pentru EFG, EFE, EFR și EFC), K_i este coeficientul de ponderare la frecvența f_i , coeficienți de ponderare care au proprietatea $\sum_{i=1}^N K_i = 1$ (4.27). Dacă m=0,2 (nivele normale) și ecartul între valorile L_i nu

depășește 10÷15dB se poate aplica relația simplificată: $EF = L_0 + \sum_{i=1}^N K_i \cdot L_i$ (4.28)

Echivalentul pentru fonie al posturilor telefonice se determină cu ajutorul unor echipamente speciale – nu este necesară o determinare foarte exactă, EF real depinzând și de abonat. Echivalentul pentru fonie al circuitului este egal cu atenuarea la frecvența de 1020Hz, dacă atenuarea este constantă în bandă, respectiv cu atenuarea medie în banda 300Hz ÷ 3400Hz, dacă există distorsiuni de atenuare importante. Echivalentul pentru fonie al circuitelor de abonat se poate determina și cu relația: $EFC = K \cdot L \cdot \sqrt{R \cdot C}$ (4.29), unde R este rezistența cablului în Ω/km , C este capacitatea cablului în nF/km, L este lungimea în km, K este o constantă care depinde de impedanța Z_0 de terminație a cablului (K=0.014 pentru $Z_0=600\Omega$, K=0.015 pentru $Z_0=900\Omega$, K=0.016 pentru Z_0 -complex). În condiții de exploatare normale se consideră că o valoare EFG=10dB este acceptabilă.

4.4 Nivele semnalelor de date pe circuite telefonice mixte

Nivelul de putere al semnalelor de date emise și recepționate de modemuri are un rol fundamental asupra calității transmisiilor de date efectuate pe circuitele din rețeaua telefonică. Alegerea valorii nivelului semnalelor de date este determinată de următoarele două condiții opuse:

- valori cât mai mari pentru asigurarea unui raport semnal/zgomot cât mai ridicat la recepție, raport semnal/zgomot care va asigura o probabilitate redusă de eroare pe bit.
- valori moderate adecvate cerințelor de prevenire a riscurilor de diafonie și de apariție a unor vârfuri de semnal care depășesc pragul de liniaritate al convertoarelor din sistemele PCM.

Se impune nivel de emisie maxim de 0dBm0 și nivel mediu de emisie de -13dBm0. Pentru nivelele recepționate minime se impun valorile [Bot1]: -26dBm în cazul modemelor ce lucrează pe linii închiriate de calitate bună; -28dBm în cazul modemelor ce lucrează pe linii închiriate de calitate medie; -43dBm în cazul modemelor ce lucrează pe linii comutate.

4.5 Modul de evaluare al zgomotului

Se utilizează diferite filtre (caracteristici) de ponderare pentru diferite situații de evaluare a performanțelor.

- Caracteristica de frecvență neponderată (plată) - se utilizează pentru evaluarea performanțelor diferitelor echipamente de telecomunicații și pentru evaluarea performanțelor transmisiilor de date realizate pe canale telefonice.
- Caracteristica neponderată este o caracteristică trece jos cu o lărgime de bandă de 3kHz; caracteristica este plată până la frecvența de 50Hz pentru a se putea evalua efectele frecvenței rețelei și ale armonicilor acesteia induse pe liniile de telecomunicații.
- Caracteristica de frecvență de bandă îngustă este necesară pentru identificarea și evaluarea perturbațiilor cu frecvențe unice.
- Caracteristica psofometrică (fig. 4.7) - caracteristică de ponderare (filtrare) specială pentru evaluarea efectelor zgomotelor asupra transmisiei semnalului vocal – se ia în considerare caracteristica de frecvență a urechii.
 - Componentele spectrale ale zgomotului situate în banda 800Hz-2500Hz sunt cele mai supărătoare, sensibilitatea urechii fiind cea mai mare în această bandă.
 - Sensibilitatea urechi scade la frecvențe situate sub 300Hz și peste 4000Hz, componentele de zgomot situate sub și peste aceste frecvențe având un efect relativ redus.

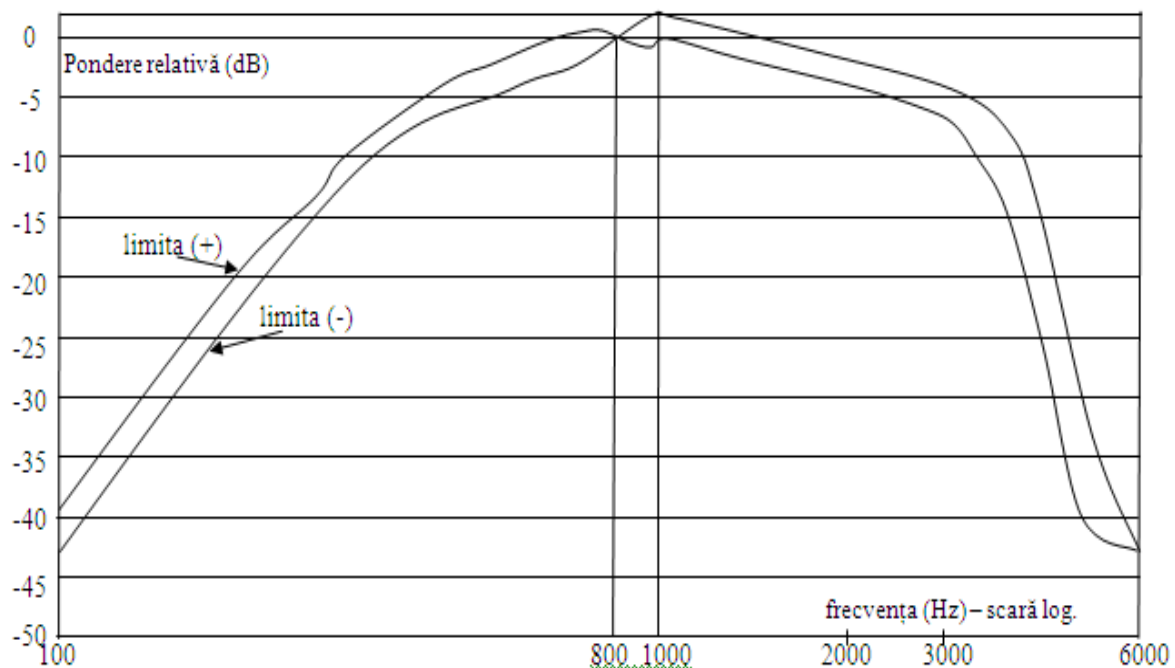


Fig. 4.7 Limitele caracteristicii de ponderare psofometrice

- Nivelul absolut de putere ponderat (psofometric) se exprimă în unități dBmp