

Ecoule și stabilitatea în rețelele telefonice

Laborator TF 2010-2011

Cuprins

- 1. Generarea ecoului și efectele acestuia
- 2. Parametrii care afectează ecoul, stabilitatea și efectul local
- 3. Performanțe de ecou și de stabilitate a circuitelor telefonice

Introducere

- Ecoul este cauzat de utilizarea unei transmisii duplex-integral la 2 fire (abonat-centrală) și a unei transmisii duplex-integral la 4 fire (procesul de comutare) între centrale).
- Ecoul este legat de reflexiile cauzate de dezadaptările de impedanță între diferite porțiuni ale unui circuit telefonic
 - Principala cauză a ecoului este reprezentată de dezadaptarea între impedanța liniilor la 2 fire și impedanța de echilibrare a transformatoarelor hibride)

1. Generarea ecoului și efectele acestuia

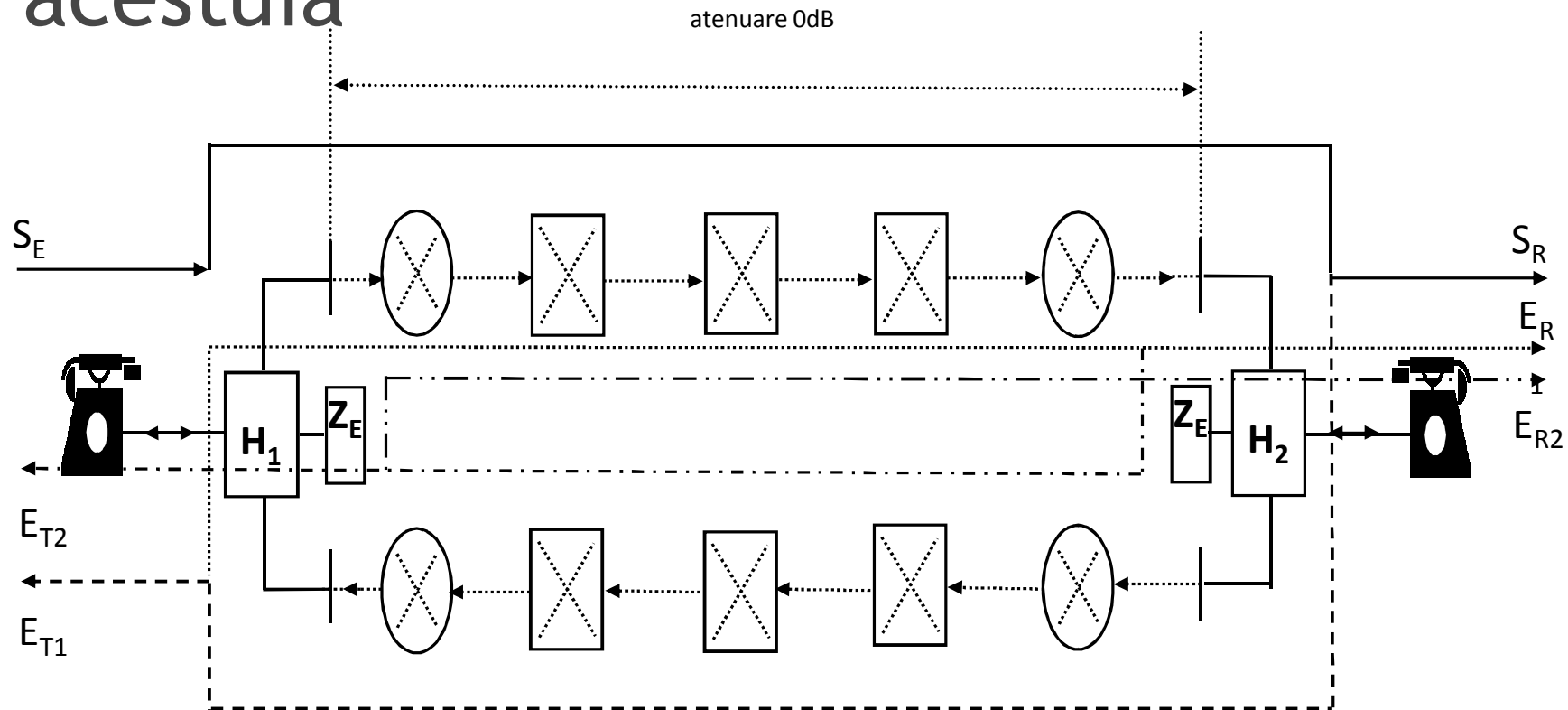


Fig. 1 Schemă simplificată a unei conexiuni telefonice digitale și semnalele de ecou asociate

- Semnalul emis S_E se transferă de pe bucla la 2 fire a abonatului chemător pe circuitul de transmisie la 4 fire de către hibridul H_1 . H_2 realizează transferul semnalului de pe circuitul la 4 fire pe bucla de abonat la 2 fire a abonatului destinație.
- Din cauza dezadaptărilor de la H_1 și H_2 apar o serie de semnale reflectate, care duc la apariția semnalelor de ecou E_{T1} , E_{T2} la transmisie și E_{R1} , E_{R2} la recepție.
- Cele mai importante semnale de ecou: cele generate de primele reflexii.

Clasificare ecou

- 2 categorii de ecou:
 - **Ecoul la transmisie ET**
 - **Ecoul la recepție ER**
- ET – sesizat de persoana care vorbește sub forma unei replici întârziate a propriului semnal (“ecoul vorbitorului”).
- ER – sesizat de către persoana care ascultă (“ecoul ascultătorului”)

Ecolul transmițătorului - ET

- Este datorat sistemului diferențial H_2 din punctul îndepărtat.
- Efectele acestui ecou în telefonie depinde de:
 - Nivelul ecoului – depinde de atenuarea întregului traseu, în special de atenuarea introdusă de H_2 .
 - Întârzierea ecoului – dependentă de structura circuitului.
- Cu atât mai stânjenitor cu cât nivelul și întârzierile sunt mai mari.

Ecoul receptorului - ER

- Datorat dezechilibrelor de la ambele transformatoare diferențiale.
- Cu atât mai supărător cu cât raportul semnal/ecou este mai mic și cu cât întârzierea ecoului este mai mare.
- Întârziere $< 3\text{ms}$: ecoul perceput ca un sunet de peșteră.
 - Acest efect apare dacă dezechilibrele sunt mai mari la frecvențele mici.

Concluzii

- Impedanța terminalului abonat are o influență mare în apariția ecoului (Z_{in} a liniei văzută de către hibrid depinde de această impedanță).
- Atenuarea ecoului din bucla la 4 fire digitală este redusă, atenuările se datorează transformatoarelor și convertoarelor A/D, D/A.
- Comutația digitală introduce întârzieri mari și fenomenul de ecou devine mai deranjant.

- Instabilitatea sistemelor de transmisie apare dacă sunt îndeplinite condiții legate de câștigul și de defazarea în bucla la 4 fire.
- Oscilațiile apar la anumite frecvențe la care se îndeplinesc condițiile necesare întreținerii oscilațiilor.
 - Se manifestă printr-un „fluierat”.
- Instabilitatea face inutilizabilă circuitul afectat și poate provoca diafonie în circuitele adiacente.
- Efectul local nu trebuie suprimat complet.
 - Hibridul din telefon nu trebuie să fie foarte complex.

2. Parametrii care caracterizează ecoul, stabilitatea și efectul local Atenuarea de adaptare a_a

- Sursele de reflexie sunt:
 - discontinuități de impedanță în punctele de jonționare a cablurilor cu diametre diferite.
 - prezența multiplărilor pe cablurile de abonat.
 - discontinuități de impedanță între cabluri și centrală, între terminalul de abonat și cablu.
- Se consideră hibrid ideal → echilibrare perfectă (vezi figura 2).
- Semnalul de măsură s_m suferă o reflexie între circuitul testat și cablul de legătură.

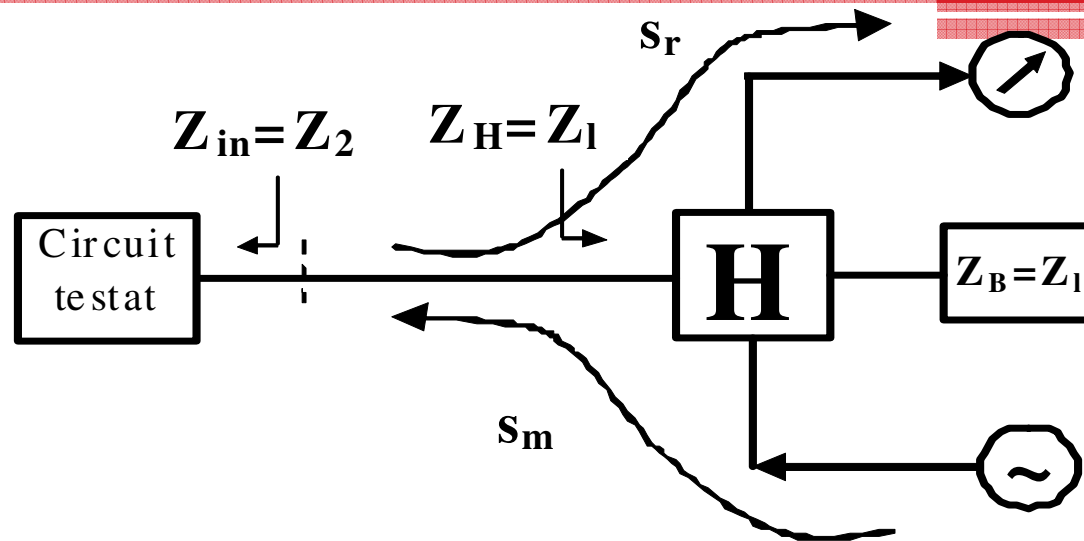


Fig. 2 Modul de definire și de măsurare a atenuării de adaptare

- Atenuarea de adaptare: $a_a = 10 \lg \frac{P_{tr}}{P_{rec}} [dB]$
- sau: $a_a = 20 \lg \left| \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2} \right| = -20 \lg |r| [dB]$

unde coeficientul de reflexie este:

$$r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Atenuarea de echilibrare a_{ech}

- Exprimă atenuarea dintre intrarea și ieșirea la 4 fire a hibridului.
- Exprimă gradul de dezadaptare dintre impedanța Z_l a liniei și impedanța de echilibrare Z_b .
- Atenuarea de echilibrare:

- Dacă $Z_b = Z_0$ (Z_{in} hibrid):
$$a_{ech} = 20 \lg \left| \frac{Z_0 + Z_b}{2Z_0} \frac{Z_l + Z_0}{Z_l - Z_b} \right| [dB]$$

$$a_{ech} = 20 \lg \left| \frac{Z_l + Z_b}{Z_l - Z_b} \right| [dB]$$

- Atenuarea de echilibrare depinde de:
 - Impedanța caracteristică a cablului (bucla de abonat)
 - Lungimea cablului
 - Parametrii cablului
 - Frecvența
 - Impedanța echipamentului terminal

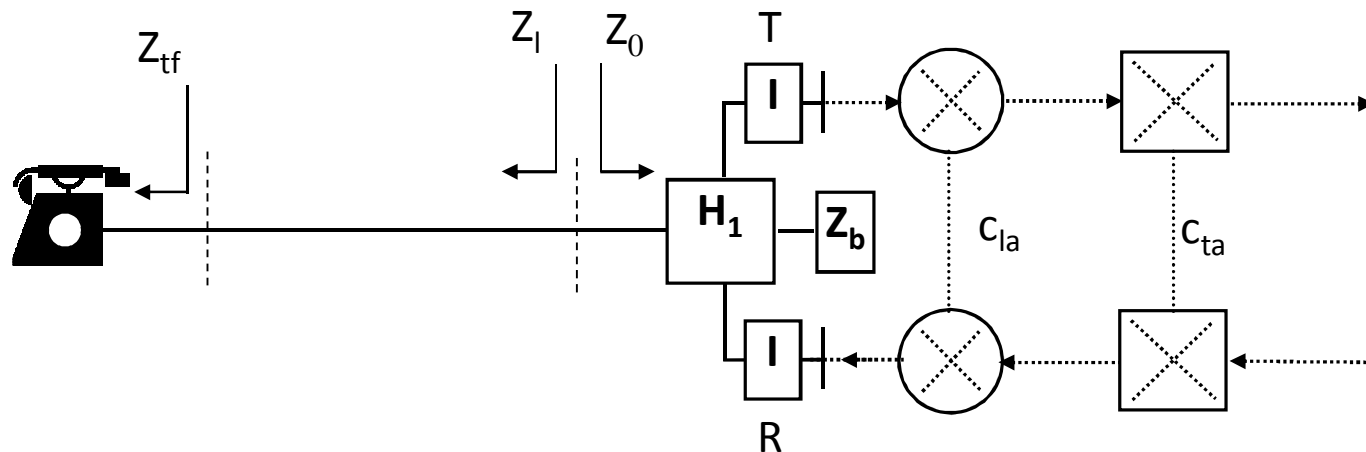


Fig. 3 Modul de definire a atenuării de echilibrare și parametrii care afectează această atenuare

Atenuarea de echilibrare cu impedanța de test a_{echt}

- Impedanța liniei se substituie cu o impedanță particulară Z_t , impedanța circuitului de test.
- Z_t este o caracteristică a fiecărei rețele naționale.
- a_{echt} permite să se verifice în ce măsură impedanța de echilibrare dintr-o centrală digitală asigură o echilibrare acceptabilă pentru circuitele de abonat existente într-o rețea.
- Impedanța de test reprezintă impedanței de echilibrare standardizată utilizată într-o rețea telefonică națională.

5/9/2011

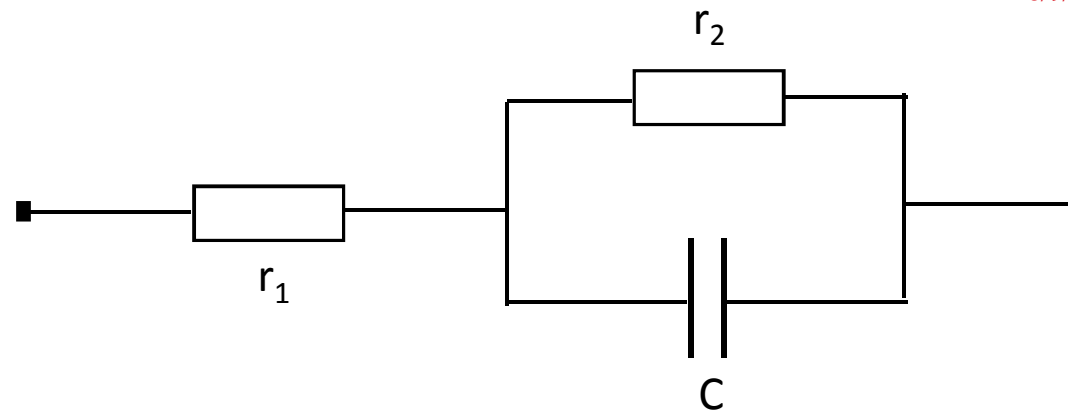


Fig. 4 Structura impedanței (dipolului) de test și de echilibrare

Țara	Z_t		
	r_1 (Ω)	r_2 (Ω)	C (nF)
Germania/Austria	220	820	115
Marea Britanie	370	620	310
Italia	0	1100	33
Japonia	150	830	72
Noua Zeelandă	370	620	310

Tab. 1 Valori ale componentelor impedanței (dipolului) de test caracteristice diferitelor rețele telefonice naționale

- Diferite rețele naționale au caracteristici diferite (parametrii cablurilor din rețeaua de acces) și astfel sunt necesare impedanțe de echilibrare diferite pentru o echilibrare cât mai bună a transformatoarelor hibride conectate la aceste bucle de abonat.
- Impedanța de echilibrare este valoarea medie a impedanței de intrare a liniilor de abonat dintr-o rețea telefonică națională.

Complementele de linie R și T

- Atenuarea mică a canalelor digitale determină nivele mari ale semnalului de ecou și o probabilitate ridicată de intrare în oscilație a buclelor la 4 fire.
- Este de interes creșterea atenuării circuitelor la 4 fire, lucru care se poate realiza prin inserarea unor atenuatoare înainte de A/D și după D/A.
 - Este vorba de atenuatoarele T și R din figura 3, atenuatoare care inserează de regulă o atenuare totală de 7dB.
 - În multe rețele se inserează doar atenuatorul R cu o valoare de 7dB, soluție mai ușor de implementat practic.

5/9/2011

Atenuarea în semibuclă și în buclă deschisă a_{a-b}

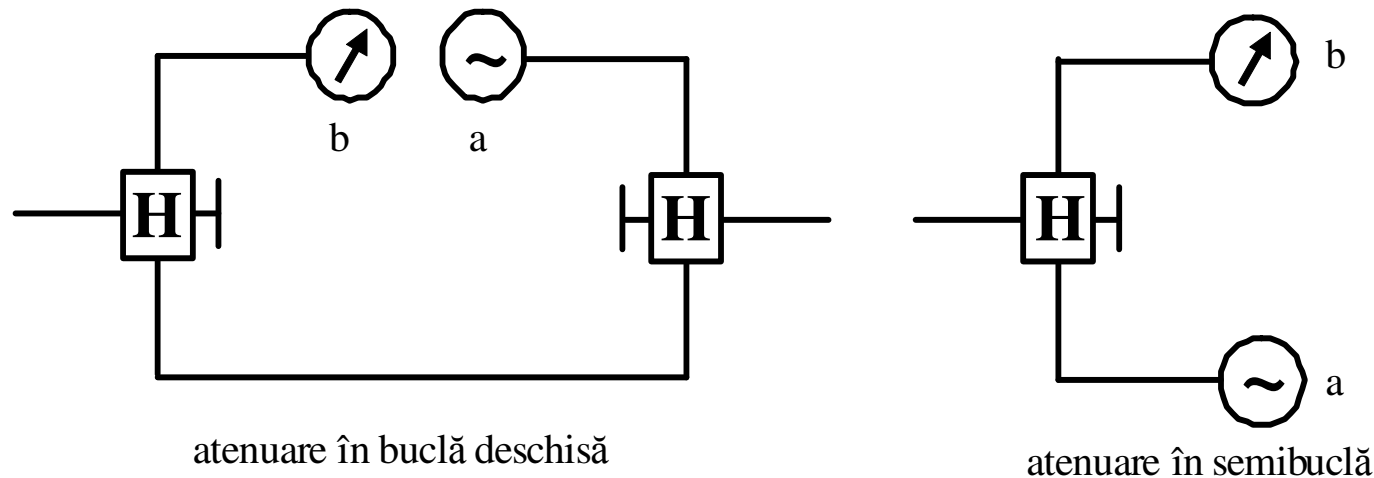


Fig. 5 Modul de definire și de măsurare a atenuării în buclă deschisă și în semibuclă

- Atenuarea în semibuclă include doar a_{ech} a unui hibrid din bucla la 4 fire și se poate utiliza pentru caracterizarea (ecoului la transmisie) ET.

- Atenuarea în buclă deschisă include a_{ech} ale ambelor transformatoare hibride din bucla la 4 fire și se poate utiliza pentru caracterizarea ER.
- Atenuarea în semibuclă se folosește pentru caracterizarea părții naționale a unei legături internaționale, parte națională care reprezintă o semibuclă.
- Caracterizarea stabilității unei legături naționale se realizează prin atenuarea în buclă deschisă.
 - Pentru asigurarea stabilității unei conexiuni naționale se impun condiții pentru atenuarea în buclă deschisă.

5/9/2011

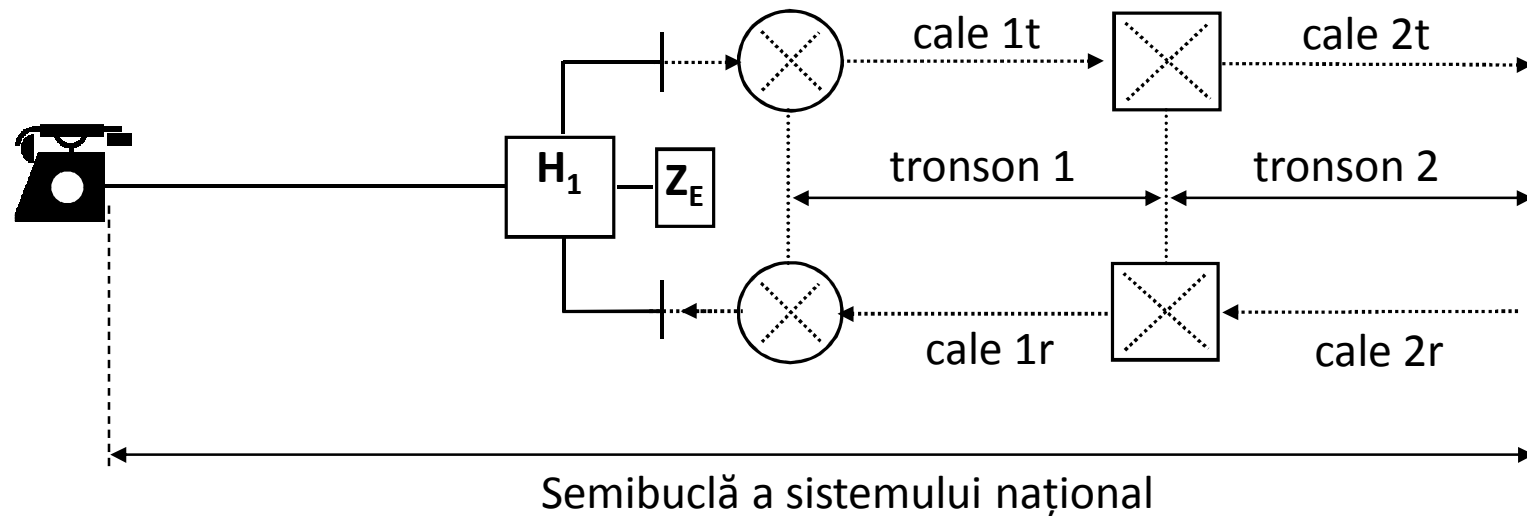


Fig. 6 Definirea semibuclii sistemului național de transmisie telefonică

- Caracterizarea stabilității unei legături internaționale se realizează prin intermediul atenuărilor în semibuclile naționale.
- Pentru asigurarea acestei stabilități se impun condiții pentru atenuările inserate de semibuclile naționale.

Atenuarea pentru stabilitate a_s

- Reprezintă valoarea cea mai mică a atenuării în semibuclă sau în buclă deschisă în banda 300Hz-3400Hz.
- Exprimă practic rezerva până la limita de instabilitate.
 - Se referă la condițiile cele mai dezavantajoase în ceea ce privește stabilitatea circuitelor.
- a_s și problema stabilității în general trebuie privite în 2 ipostaze (pentru că Z_{in} a echipamentului terminal nu este aceeași în cele 2 cazuri):
 - stabilitate în faza de stabilire și desfacere a unei conexiuni
 - stabilitate în timpul comunicației.

- Impedanța terminalului (telefon, modem) afectează Z_{in} a liniei văzută de hibrid, adică afectează echilibrarea acestuia, cu atât mai mult cât linia este mai scurtă.
- Dacă linia dintre terminal și hibrid este foarte scurtă, se poate considera că impedanța de intrare a liniei este chiar impedanța terminalului, impedanță care poate fi egală cu zero (scurtcircuit) sau infinit (întrerupere) în faza de stabilire sau de desfacere a unei legături.

- În această fază a_{ech} a hibridului este:

$$a_{ech-interrupt} = 20 \lg \left| \frac{Z_0 + Z_b}{2Z_0} \right| [dB]; \quad a_{ech-scurt} = 20 \lg \left| \frac{Z_0 + Z_b}{2Z_b} \right| [dB]$$

$$a_{ech-interrupt} = a_{ech-scurt} = 0dB \quad \text{daca} \quad Z_0 = Z_b$$

- Atenuarea în semibucla unei legături digitale poate scădea până la valoarea R+T în situația cea mai defavorabilă caracteristică etapei de stabilire sau desfacere a unei legături.

Atenuarea ecoului a_e

- Reprezintă atenuarea în semibuclă sau în buclă deschisă obținută prin medierea caracteristicii de atenuare $a(f)$ a circuitului în domeniul frecvență.
- Se poate calcula neponderat sau ponderat după legea $1/f$, în banda 300Hz - 3400Hz.
 - a_e neponderată – utilizat pentru evaluarea performanțelor transmisiilor de date realizate pe circuitele telefonice.
 - a_e ponderată – utilizat pentru evaluarea performanțelor transmisiilor de voce; legea de ponderare $1/f$ exprimă efectul subiectiv al auzului uman.

- Se calculează conform relațiilor:

$$a_{e-neponderat} = 10 \lg \left[\frac{1}{3100} \int_{300}^{3400} a(f) df \right] [dB]$$

$$a_{e-ponderat} = 10 \lg \left[\frac{1}{3100} \int_{300}^{3400} \frac{a(f)}{f} df \right] [dB]$$

$$a(f) = 10^{\frac{a_{a-b}(f)[dB]}{10}}$$

- Condiții impuse pentru distribuția a_e în semibucla unui sistem național:

valoarea medie $> (15 + n)dB$; deviația standard $\leq \sqrt{9 + 4n}$

unde n este numărul de circuite la 4 fire.

3. Performanțe de ecou și de stabilitate a circuitelor telefonice

Toleranța la ecoul de la emisie în transmisii de voce și de date

- În transmisii de date ET nu are nici un efect pentru că:
 - dacă un modem realizează separația căilor de transmisie și recepție prin divizarea benzii vocale în două sub-benzi, semnalul de ecou provine din semnalul din banda de emisie și este separat față de banda de recepție.
 - dacă modemul emite și recepționează pe aceeași purtătoare (separarea căilor de transmisie se realizează prin compensarea ecoului) compensatoarele de ecou din receptor suprimă nu numai semnalul de emisie suprapus peste cel de recepție ci și semnalul de ecou recepționat.

- În cazul transmisiilor de voce ecoul de la emisie este foarte deranjant, vorbitorul auzind propria sa voce.
- Factorii care stabilesc toleranța la ecoul de la emisie sunt:
 - numărul de bucle 2-4-2 care contribuie la generarea ecoului.
 - timpul de parcurgere al acestor trasee.
 - atenuarea totală a traseului ecoului (incluzând bucla de abonat).
 - toleranța la ecou exprimată prin teste de laborator.
- Toleranța la ecou se determină pentru diferite întârzieri și atenuări ale ecoului și reprezintă procentul vorbitorilor care caracterizează o transmisie de voce acceptabilă pentru o anumită întârziere și o anumită atenuare.
- Atenuarea căii ecoului asociată unei anumite toleranțe la ecou se poate caracteriza printr-o valoare medie și o deviație standard.

5/9/2011

Timpul de propagare mediu într-un sens de transmisie (ms)	Atenuarea medie a traseului ecoului (dB)	
	90 % satisfăcător	99 % satisfăcător
10	17,6	24,6
20	24,6	31,6
30	28,6	35,6
40	31,6	38,6
50	33,6	40,6
75	37,6	44,6
100	40,6	47,6
150	43,6	50,6
200	45,6	52,6
300	47,6	54,6

Tab. 2 Atenuarea medie a ecoului necesară pentru performanțe satisfăcătoare de ecou pentru diferite întârzieri ale ecoului

Toleranța la ecoul de la recepție în transmisii de voce și de date

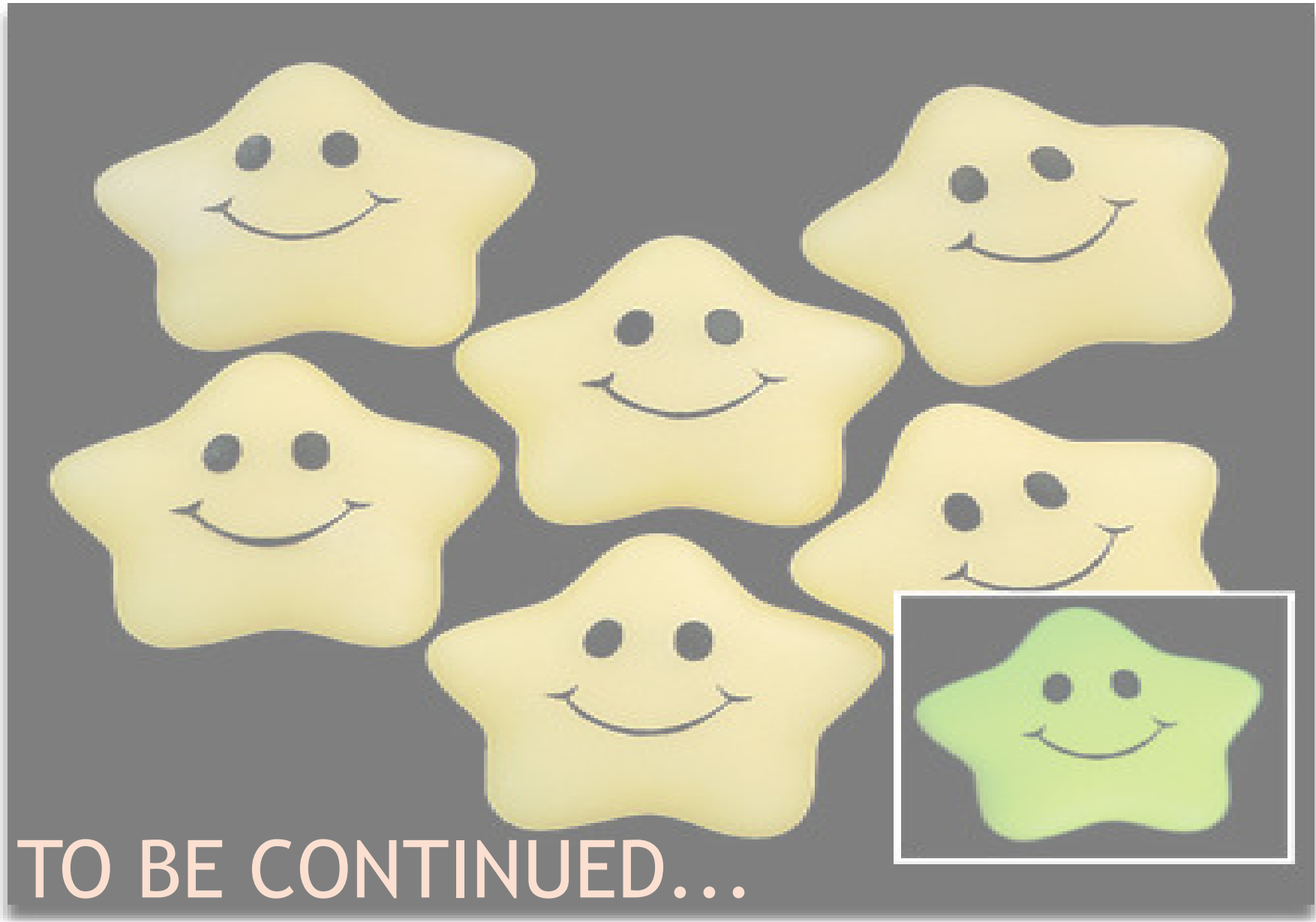
- ER are efect redus în cazul transmisiilor de voce și se poate neglija dacă atenuarea în buclă deschisă este mai mare de 8 – 10dB și întârzierea ecoului este mai mică de 10ms.
- În cazul unor întârzieri mici, de 3-4ms, poate apare în telefonie așa numitul „efect de peșteră”, adică semnalul vocal este distorsionat asemănător cu distorsiunile generate de un ecou dintr-o încăpere.
- În cazul acestui ecou însă nu se mai definește o performanță satisfăcătoare în funcție de întârzierea și atenuarea inserată de traseul ecoului.

- În cazul transmisiilor de date efectul ER asupra performanțelor este foarte pronunțat, datorită apariției unei caracteristici de frecvență oscilante a canalului.
 - Această caracteristică de frecvență este determinată de adunarea vectorială a unor componente spectrale cu versiunile lor atenuate și defazate.
 - Chiar dacă întârzierea este aceeași la fiecare frecvență, defazajul dintre componentele spectrale și versiunile întârziate se schimbă odată cu frecvența.

Performanțe de stabilitate ale circuitelor telefonice afectate de ecou

- Performanțele de stabilitate a circuitelor se referă la 2 probabilități:
 - probabilitate de intrare în oscilație a circuitelor.
 - probabilitatea de a se asigura un parametru de stabilitate pentru circuite.
- Stabilitatea unui circuit telefonic la 4 fire se definește ca și amplificarea maximă, S , care poate fi inserat pe fiecare sens de transmisie fără a se pierde stabilitatea, adică fără a se genera oscilații întreținute.

5/9/2011



TO BE CONTINUED...