

# DETERMINAREA LUNGIMII SECTORULUI DE REGENERARE (AMPLIFICARE) PENTRU STIFO

Ana NISTIRIUC, Suzana GUIBAN, Andrei CHIHAI,  
Natalia SHARMA POPOVICI, Pavel NISTIRIUC

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Abstract:** În prezenta lucrare a fost analizată metoda de determinare a lungimii sectorului de regenerare pentru sistemele de transmisiune a informației prin fibre optice (STIFO) în scopul amplasării optime a stațiilor intermediare în cadrul traficului de linie optic.

**Cuvinte cheie:** STIFO, lungimea sectorului de regenerare, bugetul sistemului, durata frontului impulsului.

## I. Preliminarii

În telecomunicațiile moderne un rol important aparține studierii subiectului ce se referă la determinarea lungimii sectorului de regenerare pentru STIFO. Valoarea lungimii sectorului de regenerare determină respectarea condiției conform căreia durata impulsului la sfârșitul sectorului de regenerare nu trebuie să depășească valoarea admisibilă, reieșind din valoarea vitezei de transmisiune a informației și tipul codului utilizat pentru semnalul ce se propagă prin fibra optică [1,2].

## II. Partea de bază

Un parametru important al STIFO este lungimea sectorului de regenerare. Lungimea sectorului de regenerare se clasifică în lungimea sectorului de regenerare de valoare maximă  $L_{rmax}$  și lungimea sectorului de regenerare de valoare minimă  $L_{rmin}$ . Lungimea sectorului de regenerare de valoare maximă  $L_{rmax}$  se numește distanța maximă dintre echipamentul de emisie și echipamentul de recepție pentru care se asigură calitatea admisibilă de transmisiune a informației (valoarea admisibilă a raportului semnal/zgomot). Lungimea sectorului de regenerare de valoare minimă  $L_{rmin}$  se numește distanța minimă dintre echipamentul de emisie și echipamentul de recepție pentru care se asigură protecția necesară a fotodiodei, adică puterea semnalului la recepție nu depășește valoarea limită care va contribui la defectarea fotodiodei [3].

La propagarea semnalului prin fibrele optice concomitent se manifestă atenuarea și dispersia semnalului. Datorită atenuării și dispersiei semnalului se reduce distanța de transmisiune a informației prin fibrele cablului optic. Pentru calculul pierderilor energetice pe parcursul unui sector de regenerare (amplificare) vom utiliza schema reprezentată în fig. 1.

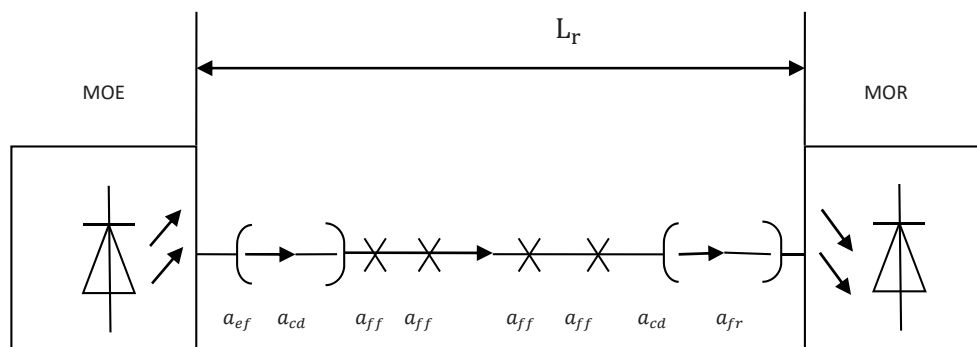


Fig. 1. Reprezentarea grafică a sectorului de regenerare pentru STIFO

Conform fig.1 sunt utilizate următoarele notații:

1. MOE este modulul optoelectronic de emisie;
2. MOR – modulul optoelectronic de recepție;

3.  $L_r$  – lungimea sectorului de regenerare;
4. CO ( $\alpha$ ) – cablul optic cu coeficientul de atenuare  $\alpha$ ;
5.  $a_{ef}$  – pierderile în conectorul emițător – fibră;
6.  $a_{cd}$  – pierderile în conectorul demontabil;
7.  $a_{ff}$  – pierderile în joncțiunea sudată fibră – fibră;
8.  $a_{fr}$  – pierderile în conectorul fibră – receptor.

Este bine cunoscut, că nivelul puterii semnalului la recepție  $p_r$  prescris trebuie să fie mai sporit decât nivelul admisibil [3,4], prin urmare putem nota, că:

$$p_r = p_e - a_{ef} - na_{cd} - Na_{ff} - \alpha L_r - a_{fr} - a_r \geq p_{r.adm.}, \quad (1)$$

unde:  $p_r$  este nivelul puterii semnalului de recepție;

$p_e$  – nivelul puterii semnalului de emisie;  $n$  și  $N$  sunt numărul de joncțiuni respectiv demontabile și sudate;

$\alpha$  – coeficientul de atenuare a cablului optic;

$L_r$  – lungimea sectorului de regenerare;

$a_r$  – rezerva bugetului STIFO luînd în considerare probabilitatea sporirii atenuării în traficul de linie la înlăturarea deranjamentelor și în timp.

Pentru STIFO un parametru tehnic foarte important este bugetul energetic. Bugetul energetic  $Q$  se numește diferența dintre nivelele puterilor semnalelor optice de emisie  $p_e$  și respectiv de recepție  $p_r$  pentru care se asigură calitatea admisibilă de transmisiune a informației, adică:

$$Q = 10\lg(P_e/P_r) = 10\lg P_e - 10\lg P_r = p_e - p_r. \quad (2)$$

Numărul de joncțiuni sudate fibră – fibră  $N$  depinde de lungimea sectorului de regenerare  $L_r$  și lungimea de construcție a cablului optic  $l_c$ . Cablul optic poate fi produs cu diferite lungimi de construcție. În datele tehnice ale cablului optic de regulă se indică, că  $X\%$  lungimi de construcție sunt egale cu  $l_{c1}$ , iar  $(100 - X)\%$  lungimi de construcție sunt egale cu  $l_{c2}$  și atunci lungimea de construcție aducțională  $l_c$  este egală:

$$l_c = (X/100)l_{c1} + [(100 - X)/100]l_{c2}. \quad (3)$$

Prin urmare, numărul de joncțiuni sudate fibră – fibră  $N$  se determină conform expresiei:

$$N = (L_r/l_c) - 1 \quad (4)$$

Luînd în considerare expresiile (1 – 4) formula pentru bugetul energetic poate fi transcrisă sub forma:

$$\begin{aligned} Q &= P_e - P_r = P_e - P_e + a_{ef} + na_{cd} + Na_{ff} + \alpha L_r + a_{fr} + a_r = \\ &= \alpha L_r + [(L_r/l_c) - 1]a_{ff} + a_r + a_{ef} + a_{fr} + na_{cd} = \\ &= L_r[\alpha + (a_{ff}/l_c)] - a_{ff} + a_r + a_{ef} + a_{fr} + na_{cd}. \end{aligned} \quad (5)$$

Din formula (5) obținem expresia pentru determinarea lungimii maxime a sectorului de regenerare în cazul cînd în traficul de linie predomină atenuarea semnalului și se îndeplinește condiția  $B \leq B_{cr}$  :

$$L_{rmax1} = (Q - a_r - a_{ef} - a_{fr} - na_{cd} + a_{ff})/[\alpha + (a_{ff}/l_c)], \quad (6)$$

unde  $n=2$ .

Prin  $B$  este notată viteza de transmisiune STIFO, iar prin  $B_{cr}$  este notată viteza critică de transmisiune a simbolurilor în linie, care se determină prin formula:

$$B_{cr} = \alpha/4\tau W, \quad (7)$$

unde:  $\alpha$  este coeficientul de atenuare a cablului optic;

$\tau$  - dispersia kilometrică a cablului optic;

$W = Q - a_{ef} - a_{fr}$ .

Conform materialelor normative de proiectare a STIFO, pentru determinarea lungimii minime a sectorului de regenerare se utilizează formula:

$$L_{rmin} = (Q - A - a_r - a_{ef} - a_{fr} - na_{cd} + a_{ff}) / [\alpha + (a_{ff}/l_c)], \quad (8)$$

unde  $A=20$  dBm este gama dispozitivului de gestiune automată a amplificării în echipamentul de recepție.

În cazul cînd în traficul de linie predomină dispersia semnalului optic și se îndeplinește condiția  $B > B_{cr}$ , lungimea maximă a sectorului de regenerare pentru STIFO se determină din formula:

$$L_{rmax2} = 1/4\tau B, \quad (9)$$

unde:  $\tau$  este dispersia kilometrică a cablului optic;

$B$  - viteza de transmisiune a STIFO.

Lungimea minimă a sectorului de regenerare pentru cazul cînd în traficul de linie predomină dispersia semnalului optic la fel se determină utilizînd formula (8).

Sporirea lungimii sectorului de regenerare (amplificare) este posibilă prin selectarea echipamentului de emisie și a celui de recepție al STIFO cu un buget energetic  $Q$  cît mai mare, cu o rapiditate de funcționare cît mai sporită și, la fel prin selectarea CO, cu coeficientul de atenuare  $\alpha$  și cu dispersia kilometrică  $\tau$  cît mai reduse și cu lungimea de construcție a CO de valoare cît mai majoră. Amplasarea punctelor de regenerare, deservite (PRD) și nedeservite (PRN) în cadrul traficului de linie, este efectuată reieșind din datele tehnice ale STIFO, amplasarea localităților, lungimile maxime și minime ale sectorului de regenerare, necesitățile de alimentare cu energie electrică a PRD și PRN, iar numărul lor  $m$  pe traseul traficului de linie se determină conform relației:

$$m = (L/L_r) - 1, \quad (10)$$

unde:  $L$  este distanța dintre stațiile terminale, în km;

$L_r$  - lungimea sectorului de regenerare, în km ( $L_{rmin.} \leq L_r \leq L_{rmax.}$ ).

Rezultatul obținut pentru numărul punctelor de regenerare  $m$  se aproximează pînă la majorarea lui la un număr întreg.

Durata frontului impulsului  $\tau_i$  după parcurgerea lungimii sectorului de regenerare, adică la intrarea utilajului de recepție se determină conform formulei [3]:

$$\tau_i = \sqrt{\tau_e^2 + \tau_f^2 + \tau_r^2}, s, \quad (11)$$

unde  $\tau_e, \tau_f, \tau_r$  sunt sporirile duratei frontului impulsului corespunzător în modulul optoelectronic de emisie (MOE), în fibra optică (FO) și modulul optoelectronic de recepție (MOR). Durata frontului impulsului  $\tau_i$  la sfîrșitul lungimii sectorului de regenerare nu trebuie să depășească valoarea admisibilă  $\tau_{adm.}$  pentru viteza de transmisiune a informației  $B$  și tipul codului lineic utilizat:

$$\tau_i \leq \tau_{adm.} = \begin{cases} 0,70 T \text{ pentru codul NRZ;} \\ 0,35 T \text{ pentru codul RZ,} \end{cases} \quad (12)$$

unde  $T=1/B$  este durata intervalului de tact pentru viteza de transmisiune  $B$  a simbolurilor în linie. Dacă condiția (12) nu se îndeplinește, atunci are loc suprapunerea impulsurilor, care se numește zgomot de interferență între simboluri. Zgomotul de interferență între simboluri conduce la sporirea probabilității erorii de regenerare.

Durata frontului impulsului  $\tau_e$  la ieșirea MOE depinde de rapiditatea de funcționare a emițătorului optic și de lărgimea benzii amplificatorului de pompaj. În calcule, în calitate de  $\tau_e$  poate fi luată mărimea invers proporțională frecvenței maxime de modulație, valoarea căreia, de obicei, se indică în pașaportul emițătorului optic. Cu condiția că impulsul se descrie conform formei distribuirii Gauss durata frontului impulsului  $\tau_e$  este aproximativ egală cu:

$$\tau_e \approx 440/F_{max.}, ns, \quad (13)$$

unde  $F_{max.}$  este frecvența maximală de modulație a emițătorului optic, în MHz.

La propagarea semnalului prin fibrele CO cu lungimea  $L_r$  va spori durata frontului impulsului care poate fi determinată din expresiile:

$$\tau_f = \tau L_r, \text{ s}, \quad (14)$$

$$\tau = \sqrt{\tau_{\text{mod.}}^2 + (\tau_m + \tau_g)^2}, \quad (15)$$

unde:  $\tau$  este dispersia kilometrică sumară a semnalului ce se propagă prin fibrele CO, în s/km;

$\tau_{\text{mod.}}$ ,  $\tau_m$ ,  $\tau_g$  sunt, corespunzător, componentele dispersiilor kilometrice modale, materială și ghid de undă, în s/km.

Sporirea duratei frontului impulsului în MOR, adică dispersia cauzată de dispozitivul de recepție se determină conform expresiei:

$$\tau_r = 350/F_{0,5}, \text{ ns}, \quad (16)$$

unde  $F_{0,5}$  este lărgimea benzii de transfer al MOR conform nivelului puterii semnalului 0,5, în MHz (care aproximativ este egală cu valoarea frecvenței de limită a benzii de transfer pentru fotoreceptor  $F_{\text{lim.}}$ ).

### III. Încheiere

În STIFO sunt posibile două regimuri de propagare a semnalului prin traficul de linie optică – primul, când predomină atenuarea semnalului și al doilea, când predomină dispersia semnalului. Determinarea lungimii sectorului de regenerare a fost analizată pentru ambele regimuri de propagare a semnalului prin traficul de linie optic. Sporirea lungimii sectorului de regenerare (amplificare) este posibilă prin selectarea echipamentului de emisie și a celui de recepție al STIFO cu un buget energetic  $Q$  cât mai mare, cu o rapiditate de funcționare cât mai sporită și, la fel prin selectarea CO, cu coeficientul de atenuare  $\alpha$  și cu dispersia kilometrică  $\tau$  cât mai reduse și cu lungimea de construcție a CO de valoare cât mai majoră.

### Bibliografie

1. Стерлинг Д.Д. *Волоконная оптика*. – Москва: Лори, 2013.
2. Гордиенко В., Крухмалов В., Моченов А. *Оптические телекоммуникационные системы*. – Москва: Горячая Линия– Телеком, 2011.
3. Бейли Д., Райт Э. *Волоконная оптика: теория и практика*. – Москва: Мир. 2006.
4. Фриман Р. *Волоконно-оптические системы связи*. – Москва: Мир. 2004.