

FIABILITATEA SISTEMELOR DE TRANSMISIUNE A INFORMAȚIEI PRIN FIBRE OPTICE (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 fiabilității sistemelor de transmisiune a informației prin fibre optice (STIFO), care în mare măsură determină calitatea de prestare a serviciilor.

Cuvinte cheie: STIFO, fiabilitate, coeficientul de disponibilitate, deranjament.

I. Preliminarii

Asigurarea calității serviciilor de telecomunicații în mare măsură depinde de fiabilitatea STIFO, care la rândul său depinde de fiabilitatea echipamentului terminal și de fiabilitatea traficului de linie optică. Pentru a majora valoarea coeficientului de disponibilitate și respectiv fiabilitatea STIFO, este necesar de a determina numărul căilor (liniilor de transmisiune) pentru STIFO [1,2].

II. Partea de bază

Fiabilitatea STIFO se numește proprietatea sistemelor de a asigura comunicațiile, păstrând în timp valorile indicilor de calitate stabilite în condițiile de exploatare prescrise.

La noțiunile de bază ale teoriei fiabilității se referă: deranjamentul, defectul, parametrul fluxului deranjamentelor, timpul mediu de restabilire a comunicațiilor, timpul mediu între deranjamente, coeficientul de disponibilitate, probabilitatea funcționării fără deranjamente și fiabilitatea [3].

Deranjament se numește deteriorarea cu întrerupere a comunicațiilor a unui abonat particular sau a unui grup de abonați deserviți de STIFO.

Defect se numește deteriorarea fără întrerupere a comunicațiilor în STIFO (exemple, deteriorarea învelișului exterior al cablului, reducerea rezistenței de izolație a conductoarelor pentru alimentarea echipamentului cu energie electrică la distanță, etc.).

Parametrul fluxului deranjamentelor λ reprezintă numărul mediu de deranjamente într-o unitate de timp și se determină conform expresiei:

$$\lambda = N / (m \cdot T_a), \quad (1)$$

unde: N este numărul deranjamentelor pentru STIFO analizat în perioada de observație m, în ani;

T_a – numărul de ore în decursul unui an ($T_a = 8760$ h).

Timpul mediu de restabilire a comunicațiilor t_r în STIFO reprezintă timpul mediu de staționare a comunicațiilor și se determină prin intermediul relației:

$$t_r = (\sum_{i=1}^N t_{ri}) / N, \quad (2)$$

unde t_{ri} este timpul de restabilire a comunicațiilor pentru deranjamentul i, în ore.

Timpul mediu între deranjamente T_0 sau durata de funcționare fără deranjamente se calculează conform formulei:

$$T_0 = (m \cdot T_a - t_r \cdot N) / N = (1 - \lambda \cdot t_r) / \lambda. \quad (3)$$

Coeficientul de disponibilitate C_d este probabilitatea că STIFO într-un moment aleatoriu de timp va fi în stare de funcționare. El se determină ca raport al timpului sumar al stării de funcționare fără deranjamente către timpul total al perioadei de exploatare și se determină prin relația:

$$C_d = T_0 / (T_0 + t_r). \quad (4)$$

Probabilitatea funcționării fără deranjamente $P(t)$ reprezintă probabilitatea că, în intervalul prescris de timp t în STIFO, nu vor fi depistate deranjamente:

$$P(t) = \exp(-\lambda t). \quad (5)$$

Luând în considerare că, coeficientul de utilizare a liniilor de abonat în decursul a 24 de ore este diferit, pentru evaluarea probabilității într-un moment de timp necesar, când abonatul va avea necesitatea să stabilească legătura, linia de comunicații va fi în stare de funcționare, se introduce noțiunea de coeficient de disponibilitate operativă C_{do} . Coeficientul de disponibilitate operativă C_{do} poate servi ca măsură de evaluare cantitativă a valorii fiabilității $H(t)$ a STIFO:

$$H(T) = C_{do} = C_d \cdot P(t) = C_d \cdot \exp(-\lambda \cdot t). \quad (6)$$

În continuare vom analiza un exemplu, când în STIFO echipamentul de multiplexare, rutare și comutare pentru perioada de observație $m=5$ ani s-au depistat $N=1274$ de deranjamente. Dintre care:

- în 39 de cazuri comunicațiile au fost restabilite în decurs de 7 ore;
- în 83 de cazuri – în decurs de 4,5 ore;
- în 139 de cazuri – în decurs de 2,5 ore;
- în 197 de cazuri – în decurs de 2,0 ore;
- în 256 de cazuri – în decurs de 1,0 ore;
- în 342 de cazuri – în decurs de 0,8 ore;
- în 219 de cazuri – în decurs de 0,5 ore.

În baza datelor indicate mai sus calculăm parametrul fluxului de deranjamente :

$$\lambda = N / (k \cdot T_a) = 1274 / (5 \cdot 8760) = 0,029 \text{ (deranj./h)}.$$

Calculăm timpul mediu de restabilire a STIFO:

$$t_r = \left(\sum_{i=1}^N t_{ri} \right) / N = (7 \cdot 39 + 4,5 \cdot 83 + 2,5 \cdot 139 + 2,0 \cdot 197 + 1,0 \cdot 256 + 0,8 \cdot 342 + 0,5 \cdot 219) / 1274 = 1,583 \text{ (h)}.$$

Calculăm timpul mediu între deranjamente:

$$T_0 = (m \cdot T_a - t_{ri} \cdot N) / N = (1 - \lambda \cdot t_r) / \lambda = (5 \cdot 8760 - 1,583 \cdot 1274) / 1274 = 32,797 \text{ (h)}.$$

Calculăm coeficientul de disponibilitate:

$$C_d = T_0 / (T_0 + t_r) = 32,797 / (32,797 + 1,583) = 0,954.$$

Rezultatele calculelor probabilității funcționării fără deranjamente $P(t)$ și a fiabilității $H(t)$ pentru STIFO sunt reflectate în tabelul 1.

Tabelul 1. Probabilitatea funcționării fără deranjamente $P(t)$ și a fiabilității $H(t)$ pentru STIFO.

<i>Intervalul de timp t, ore</i>	<i>Probabilitatea funcționării fără deranjamente P(t)</i>	<i>Fiabilitatea H(t)</i>
0	1,00000	0,95400
0,5	0,98560	0,94026
1	0,97142	0,92673
2	0,94365	0,90024
3	0,91668	0,87451
4	0,89048	0,84952
5	0,86502	0,82523
6	0,84030	0,80165
7	0,81628	0,77647
8	0,79295	0,75647
9	0,77028	0,73485
10	0,74826	0,71384
20	0,55990	0,53414
30	0,41895	0,39968

La fel prezintă interes analiza coeficientului de disponibilitate a traseelor (liniilor de transmisiuni). Ca traseu se subînțelege calea (linia de transmisiune) instalată în teritoriu ce conține echipamentul terminal și cel intermediar ale rețelei primare de comunicații. Traseul (linia de transmisiune) se caracterizează prin marcajul direcției de pozare (instalare) și racordarea la punctele de reper ale traseului. Pe un traseu pot fi pozate mai multe linii de transmisiuni. Abonații (beneficiarii) deserviți de orice rețea secundară de comunicații sunt asigurați că, în caz de necesitate, ei vor beneficia de o cale (linie) de transmisiune bună de exploatare. Însă datele statistice arată că, și în cazurile de montare cele mai perfecte și a organizării calificate în exploatarea STIFO, au loc deranjamente și deteriorări. Printre deranjamentele și deteriorările comunicațiilor ce se întâltesc, o atenție esențială urmează să acordăm deranjamentelor pe trasee, deoarece de acestea sunt legate ieșirea din funcție a majorității căilor de transmisiune și, de regulă, înlăturarea deranjamentelor necesită timp relativ îndelungat. Totodată, urmările deranjamentului traseului sunt cu atât mai limitate, cu cât este mai mare numărul de căi echivalente (de rezervă), care pot fi organizate prin intermediul altor trasee (linii de transmisiune). Astfel problema se reduce la întrebarea: câte trasee (linii de transmisiune) ar trebui să fie pozate la un oarecare nod al STIFO, dacă este cunoscută limita inferioară a valorii coeficientului de disponibilitate? Deoarece pentru unirea a două noduri, în caz general, este necesară numai o singură linie de transmisiune, care satisface conform costului, atunci fiecare pozare suplimentară a liniilor de transmisiune de la orice nod al rețelei pe câteva direcții, înseamnă sporirea costului. Prin urmare, determinarea numărului de trasee (linii de transmisiune), care trebuie să unească un oricare nod al rețelei de comunicații, este una din problemele de optimizare la proiectarea rețelelor de comunicații. Calculul numărului necesar de trasee (linii de transmisiune) pentru rețelele de comunicații este posibil după determinarea valorii coeficientului de disponibilitate. Pentru coeficientul de disponibilitate al sistemului i C_{di} se utilizează expresia:

$$C_{di} = \sum t_{fi} / (\sum t_{fi} + \sum t_{deri}), \quad (7)$$

unde: $\sum t_{fi}$ este timpul sumar de funcționare a sistemului i fără deranjamente în decursul timpului de observație;

$\sum t_{deri}$ - timpul sumar al deranjamentelor sistemului i în decursul aceluiași timp de observație.

Pentru coeficientul de disponibilitate al căii de transmisiune C_{dct} importante sunt valorile coeficienților de disponibilitate ale echipamentului terminal C_{det} și traficului de linie C_{dtl} :

$$C_{dct} = C_{det} \cdot C_{dtl}. \quad (8)$$

Pentru a efectua evaluările comparative, vom introduce noțiunea de coeficient de disponibilitate al traficului de linie referitor la o unitate de lungime (de regulă la 100 km) și atunci, utilizând expresia (7), coeficientul de disponibilitate al traficului de linie C_{dtl} cu lungimea de 100 km poate fi determinat conform formulei:

$$C_{dtl} = [\sum t_{ftl} / (\sum t_{ftl} + \sum t_{dertl})]^{1/L_i}, \quad (9)$$

unde L_i este lungimea traficului de linie (în calitate de unitate de măsurare este acceptată valoarea de 100 km). Coeficientul de disponibilitate pentru orice cale (linie) de transmisiune cu lungimea L se determină conform formulei:

$$C_{dct} = C_{det} \cdot C_{dtl}^{L/L_i}. \quad (10)$$

Dacă pentru o cale de transmisiune particulară coeficientul de disponibilitate nu corespunde cerințelor prescrise, atunci utilizarea căilor (liniilor) de transmisiune de rezervă ne vor permite să sporim valoarea coeficientului de disponibilitate, deoarece este disponibilă egalitatea:

$$C_{dctr} = 1 - [(1 - C_{dct1}) \dots (1 - C_{dctn})], \quad (11)$$

unde n este numărul căilor (liniilor) de transmisiune de rezervă.

Dacă luăm în considerație, că toate traseele (liniile de transmisiune) rețelei primare de comunicații posedă aceleași valori ale coeficienților de disponibilitate, atunci expresia (11) se simplifică și pentru coeficientul de disponibilitate a traseelor (liniilor) de transmisiune de rezervă C_{dctr} obținem forma:

$$C_{dctr} = 1 - (1 - C_{dct})^n. \quad (12)$$

Transformând expresia (12) obținem:

$$n \geq \lg(1 - C_{dctr}) / \lg(1 - C_{dct}), \quad (13)$$

unde n este numărul necesar de trasee (linii de transmisiune) care trebuie să unească oricare nod cu celelalte noduri ale sistemului (rezultatul care se obține conform expresiei (13), trebuie majorat pînă la un număr natural întreg).

Analizăm un exemplu numeric. Fie conexiunea pentru rețeaua primară de comunicații este cu lungimea $L=600$ km. Evaluarea datelor statistice despre deranjamente și deteriorări ne indică, că $C_{det} = 0,99$ și $C_{dtl} = 0,985$, însă se cere, ca $C_{dctr} = 0,999$.

Conform expresiei (10) determinăm coeficientul de disponibilitate al căii de transmisiune:

$$C_{dct} = 0,99 \cdot 0,985^6 = 0,90418.$$

Conform valorii obținute pentru C_{dct} numărul căilor de rezervă ca fi egal cu:

$$n \geq (\lg(1-0,999)) / (\lg(1-0,90418)) = (-3,0000) / (-1,01959) = 2,94 \approx 3.$$

III. Încheiere

Pentru a spori fiabilitatea STIFO este necesar de a determina numărul căilor (liniilor de transmisiuni) de rezervă, adică trebuie asigurată rezervarea sistemului conform traficului de linie și este necesar de a selecta echipament cu fiabilitate înaltă.

Bibliografie

1. Pușcaș N. *Sisteme de comunicații optice*.-București: Matrix Rom, 2012.
2. Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. *Сети связи*.-Санкт -Петербург: БХВ-Петербург, 2010.
3. Шмалько А.В. *Цифровые сети связи : основы планирования и построения*. – Москва : Эко-Трендз, 2001.