

В.М.Різак<sup>1</sup>, П.В.Маркевич<sup>1</sup>, О.В.Тимченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ужгородський національний університет,

<sup>2</sup> Українська академія друкарства, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАСАННЯ СИГНАЛУ В ОПТОВОЛОКОННІЙ ЛІНІЇ ЗА УМОВИ НЕКАЛІБРОВАНОВОГО ПРИЙМАЧА ТА ДЖЕРЕЛА СИГНАЛУ**

### **Вступ**

Враховуючи постійний ріст послуг та необмежених можливостей пов'язаних з технологією IP, стрімко зростає і число їх користувачів, а відтак збільшуються і об'єми трафіку передачі пакетних даних. Для забезпечення якісної, завадостійкої та зламозахисної передачі інформації широко застосовують і вводять в дію нові лінії на основі оптичного волокна.

Відтак, при будівництві і в ході експлуатації інженерно-технічний персонал фірм-провайдерів часто стикається із завданням, щодо вимірювання загасання в цих лініях, для модернізації системи передачі чи аналізу можливостей збільшення трафіку по них. В даний час в оптичних мережах застосовуються два способи вимірювання загасання:

-за допомогою оптичних рефлектометрів;

-за допомогою каліброваних джерела випромінення та приймача сигналу на певній довжині хвилі.

У випадку використання каліброваного обладнання часто виникають ситуації неможливості його калібровки, відтак актуальним буде визначення методів та математичних обрахунків вимірів, щодо визначення загасання сигналу за умови некаліброваного приймача та джерела сигналу.

**Метою роботи** є вивести, з результатів, знятих експериментальним шляхом, алгоритм визначення загасання в оптоволоконній лінії.

### **Методика дослідження**

Для визначення кілометричного загасання в оптоволоконній лінії на довжинах хвиль 1310 нм і 1550 нм використовувався рефлектометр MTS 6000 фірми JDSU. Даний вимірювальний пристрій підключався до діючої лінії передачі.

При проведенні експериментальних вимірювань загасання потужності оптичного сигналу на штучній лінії використовувались два одномодові патчкорди типу 9/125 Single Mode Fiber Optic FC/FC (3m), оптичні конектори яких були провірені перед тестуванням за допомогою мікроскопа FBP-HD-1 фірми Westover (рис. 1).



Рис.1. Видяд конектора типу FC/FC у збільшеному вигляді

В ході експерименту довжину лінії штучно збільшували за допомогою оптичного атенюатора Variable attenuator FVA-60B фірми EXFO. Показники зміни потужності сигналу оприділялись із використанням вимірювального некаліброваного між собою обладнання - волоконно-оптичного приймача EPM-500 серії FiberBasix та оптичного джерела сигналу EPS-500 серії FiberBasix фірми EXFO (рис.2).



Рис.2. Макет штучної оптоволоконної лінії

Для вимірювань, в ході експерименту, застосовувалось наступне обладнання:

- волоконно-оптичний приймач EPM-500 серії FiberBasix та оптичне джерело сигналу EPS-500 серії FiberBasix фірми EXFO;
- атенюатор оптичний Variable attenuator FVA-60B фірми EXFO;
- рефлектометр MTS 6000 фірми JDSU;
- мікроскоп для оптичних конекторів FBP-HD-1 фірма Westover (з насадкою для конекторів типу FC).

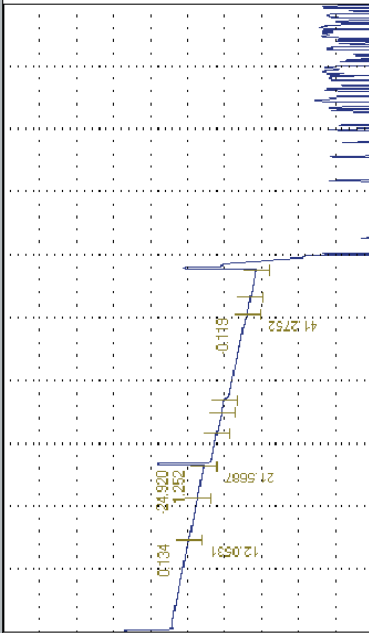
### **Експериментальні результати роботи та їх обговорення**

Процес загасання сигналу - це поступова втрата його потужності під час поширення в певному середовищі. Це стосується і сигналу, що поширюється в оптоволоконній лінії.



OK :  
 OB :  
 Тип OB : [G.652] Стандартное OM 0B  
 Начало :  
 Конец :  
 Условие при прокладке :  
 Рефракция : standard trace  
 Оператор :  
 Комментарий :

20.12.2011 12:14:09  
 MTS 6000 #1241  
 OM-1310  
 xx=1.46500  
 BC=-79.0 дБ  
 Lmax=82 км  
 L1=0.0000 км  
 L2=81.5681 км  
 dl=20 м  
 TP=3000 ак  
 Mav=45000  
 Запущено в линии 18.033 дБ  
 Mv=65.526 дБ  
 Optical return loss (ORL): 0.000 дБ  
 Rv=-65.535 дБ  
 Vv=0.000 дБ  
 ST=0.300 дБ/км



X: [0.0000, 81.5681] км; 8.1568 км/дел  
 Y: [0.0000, -35.817] дБ; -3.582 дБ/дел

**Неоднородности**

№	Расстояние, км	Запущение в соединении, дБ	Коэффициент отражения, дБ	Коэффициент запущения, дБ/км	Суммарное запущение, дБ
0	R 0.0000				F
1	S 12.0531	0.134		*0.322	3.881
2	S 17.4555	-0.069		*0.325	5.771
3	R 21.5687	1.252	-24.920	*0.335	7.080
4	S 25.8661	0.098		*0.333	9.763
5	S 28.5877	-0.082		*0.401	10.952
6	S 30.1225	0.736		*0.318	11.358
7	S 41.2752	-0.119		*0.615	18.953
8	S 43.4443	0.068		*0.331	19.552
9	R 47.0050	>0.000	-14.030	*0.314	20.738

Рис.4. Рефлектограмма загасания сигнала в оптическом волокні, заданного в експлуатацію оптоволоконного кабелю довжиною 47,025 км на вимірюванні довжині хвилі 1310 нм

Фактори, що викликають загасання оптичного сигналу, який поширюється у волокні[1]:

- загасання світла, пов'язаного з вигинами оптичного волокна;

- загасання світла в оптичному волокні, що викликане розсіюванням сигналу;
- загасання, викликане поглинанням світла.

В наведених результатах експерименту показано поведінку оптичного сигналу в реальній лінії передачі на довжинах хвиль 1310 нм і 1550 нм (рис.3, 4).

Таблиця 1. Результати експерименту на довжині хвилі 1310 нм.

№	Загасання на аттенюа-торі $L_{OSS}$ , dB	Довжина лінії, що відповідає показникам аттенюатора при 1310 нм $l_{KM} = \frac{L_{OSS}}{L_{KM}}$ , км	Одержана потужність сигналу на приймачі $P_{out}$ , dBm	Одержана потужність сигналу на приймачі $P_{out}$ , mW	Показник виведеного загасання в результаті експерименту у $L_{OSS}^*$ , dB
1	-2	5,00	2,24	1,69	-2,76
2	-3	7,50	1,29	1,358	-3,71
3	-4	10,00	0,33	1,088	-4,67
4	-5	12,50	-0,6	0,8712	-5,6
5	-6	15,00	-1,58	0,6953	-6,58
6	-7	17,50	-2,56	0,5549	-7,56
7	-8	20,00	-3,58	0,4421	-8,58
8	-9	22,50	-4,56	0,3521	-9,56
9	-10	25,00	-5,52	0,2803	-10,52
10	-11	27,50	-6,55	0,2228	-11,55
11	-12	30,00	-7,5	0,1779	-12,5
12	-13	32,50	-8,5	0,1413	-13,5
13	-14	35,00	-9,5	0,1121	-14,5
14	-15	37,50	-10,52	0,08996	-15,52
15	-16	40,00	-11,5	0,07066	-16,5
16	-17	42,50	-12,5	0,05621	-17,5
17	-18	45,00	-13,52	0,04457	-18,52
18	-19	47,50	-14,52	0,03539	-19,52
19	-20	50,00	-15,52	0,02808	-20,52
20	-21	52,5	-16,51	0,02234	-21,51
21	-22	55	-17,51	0,01776	-22,51

Враховуючи, що загасання на всій довжині регенераційної ділянки рівне:

$$L_{OSS} = L_{KM} \cdot l_{KM}, \quad (1)$$

де  $l_{KM}$  - довжина регенераційної ділянки (км),  $L_{KM}$  - кілометричне загасання (дБ/км), звідси:

$$L_{KM} = \frac{L_{OSS}}{l_{KM}} \quad (2)$$

і, підставивши результати рефлектометричних вимірювань, отримаємо, що загасання оптичного сигналу в реальній оптоволоконній лінії рівне 0,3дБ/км при довжині хвилі 1550 нм і 0,4 дБ/км при 1310 нм.

Враховуючи, наведені вище результати кілометричного загасання, за допомогою оптичного атенюатора FVA-60B шляхом зміни показника загасання створюємо макет оптичної лінії. З проведених вимірів на довжинах хвиль II-го і III-го вікон прозорості маємо (табл.1, 2):

Таблиця 2. Результати експерименту на довжині хвилі 1550 нм.

№	Виставлене загасання на атенюаторі $L_{OSS}$ , dB	Довжина лінії, що відповідає показникам атенюатора при 1310 нм. $l_{KM} = \frac{L_{OSS}}{L_{KM}}$ , км	Одержана потужність сигналу на приймачі $P_{out}$ , dBm	Одержана потужність сигналу на приймачі $P_{out}$ , mW	Показник виведеного загасання в результаті експерименту $L_{OSS}^*$ , dB
1	-2	6,67	2,19	1,667	<b>-2,81</b>
2	-3	10,00	1,25	1,349	<b>-3,75</b>
3	-4	13,33	0,32	1,076	<b>-4,68</b>
4	-5	16,67	-0,61	0,8764	<b>-5,61</b>
5	-6	20,00	-1,54	0,7061	<b>-6,54</b>
6	-7	23,33	-2,47	0,5669	<b>-7,47</b>
7	-8	26,67	-3,44	0,4533	<b>-8,44</b>
8	-9	30,00	-4,42	0,3615	<b>-9,42</b>
9	-10	33,33	-5,4	0,2883	<b>-10,4</b>
10	-11	36,67	-6,38	0,2303	<b>-11,38</b>
11	-12	40,00	-7,37	0,1836	<b>-12,37</b>
12	-13	43,33	-8,34	0,1463	<b>-13,34</b>
13	-14	46,67	-9,34	0,1165	<b>-14,34</b>
14	-15	50,00	-10,33	0,09269	<b>-15,33</b>
15	-16	53,33	-11,36	0,07354	<b>-16,36</b>
16	-17	56,67	-12,33	0,05852	<b>-17,33</b>
17	-18	60,00	-13,32	0,04683	<b>-18,32</b>
18	-19	63,33	-14,31	0,03712	<b>-19,31</b>
19	-20	66,67	-15,27	0,0297	<b>-20,27</b>
20	-21	70,00	-16,29	0,02234	<b>-21,29</b>
21	-22	73,33	-17,27	0,01876	<b>-22,27</b>

Виходячи з формули для визначення загасання:

$$L_{OSS} = 10 \lg \left( \frac{P_{out}}{P_{in}} \right), \quad (3)$$

де  $P_{out}$  - потужність сигналу який отримується;  $P_{in}$  - потужність сигналу, що вводиться в лінію, отримаємо:

$$L_{OSS} = 10 \cdot \lg(P_{out}) - 10 \cdot \lg(P_{in}), \quad (4)$$

де  $10 \cdot \lg(P_{out})$  - потужність прийнятого сигналу, dBm;  $10 \cdot \lg(P_{in})$  - потужність переданого джерелом сигналу, dBm.

Причому потужність переданого джерелом сигналу  $10 \cdot \lg(P_{in}) = 5 \text{ dBm}$ , а потужності прийнятого сигналу  $10 \cdot \lg(P_{out})$  відповідають табличні значення  $P_{out}$  dBm.

Отримані результати загасання тестованої макетної лінії для сигналів на довжинах хвиль 1310 нм і 1550 нм наведені відповідно в стовпцях «Показник виведеного загасання в результаті експерименту  $L_{OSS}^* = 10 \cdot \lg(P_{out}) - 10 \cdot \lg(P_{in})$ , dB» (табл. 1, 2.)

Як видно  $L_{OSS} \leq L_{OSS}^*$ , знак мінус тут не враховується.

Середнє значення різниці  $L_{OSS} - L_{OSS}^*$  для 1310 нм рівне 0,56 dB, а для 1550 нм відповідно 0,43 dB.

Різницю між реальним показником загасання і вимірним, а також розбіжність в середній різниці в показниках II-го і III-го вікон прозорості пояснюється наявністю додаткових комутацій (в даному випадку  $n=4$ ). Як видно з таблиць із зростанням довжини оптоволоконної лінії різниця  $L_{OSS} - L_{OSS}^*$  поступово зменшується.

Відтак формули для визначення загасання оптоволоконної лінії за умови неможливості калібрування передаючого і приймаючого вимірювального обладнання набувають вигляду:

$$L_{OSS}^* = 10 \cdot \lg(P_{out}) - (10 \cdot \lg(P_{in}) - n \cdot 0,1), \text{ для } 1550 \text{ нм};$$

$$L_{OSS}^* = 10 \cdot \lg(P_{out}) - (10 \cdot \lg(P_{in}) - n \cdot 0,15), \text{ для } 1310 \text{ нм},$$

де  $n$ -кількість комутаційних з'єднань, що потрібні для проведення вимірів оптичної лінії.

Тоді залежність потужності сигналу в оптоволоконній лінії від довжини регенераційної ділянки, із врахуванням загасання комутаційних елементів для підключення обладнання, при 1310 нм і 1550 нм матиме вигляд (рис.5).

## Висновок

За допомогою рефлектометра JDSU MTS 6000 визначено кілометричне загасання в одномодовому волокні при довжинах хвиль 1310 нм та 1550 нм. Враховуючи визначене кілометричне загасання, з використанням настроюваного оптичного аттенюатора Variable attenuator FVA-60B, складено макет оптоволоконної лінії. Експериментальним методом та шляхом математичних маніпуляцій виведено формулу для визначення загасання оптоволоконної лінії за умови неможливості калібрування передаючого і приймаючого вимірювального обладнання.

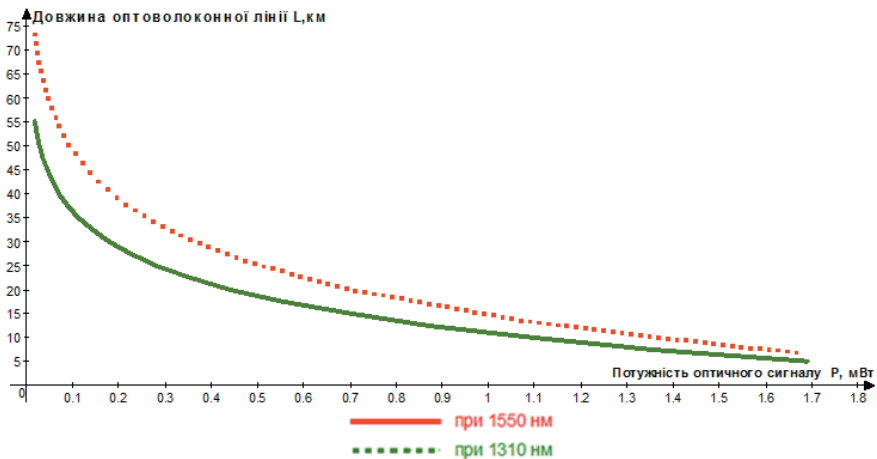


Рис.5. Залежність потужності сигналу від довжини регенераційної ділянки в оптоволоконній лінії

Встановлено залежність потужності сигналу в оптоволоконній лінії від довжини регенераційної ділянки, із врахуванням загасання комутаційних елементів для підключення обладнання.

1. Каток В.Б., Воробйов О.В. Проведення рефлектометричних вимірювань на ВОЛЗ під час будівельних, експлуатаційних та аварійно-відновлюваних робіт: Довідник. – К.: ДВІА “Звязок”, 2005. – 125с.
2. [http://nbuv.gov.ua/portal/natural/Nvuuv/Fiz/2012\\_31/V31\\_28.pdf](http://nbuv.gov.ua/portal/natural/Nvuuv/Fiz/2012_31/V31_28.pdf)
3. Волоконно-оптичний приймач EPM-500 серії FiberBasix. Інструкція по експлуатації.
4. Оптичне джерело сигналу EPS-500 серії FiberBasix. Інструкція по експлуатації.
5. Атенюатор оптичний Variable attenuator FVA-60B фірми EXFO. Інструкція по експлуатації.
6. Мікроскоп для оптичних конекторів FBP-HD-1 фірма Westover. Інструкція по експлуатації.
7. Оптическа платформа MTS 6000. Інструкція по експлуатації.
8. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи: Учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 544с. ISBN 5-256-00120-5.
9. Дэвид Бейли, Эдвар Райт. Волоконная оптика: теория и практика. – М.: КУДИЦ-ПРЕС, 2008. – 320 с. ISBN 978-5-91136-048-1 (рус)
10. Семенов А. Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. - ДМК пресс, 2007. – 640с.
11. Скляров О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи. – Лань, 2010. – 272с.
12. Гуртов В.А. Оптоэлектроника и волоконная оптика: Учебное пособие. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. – 100 с.
13. Ларин Ю. Т., Теумен И. И. Оптические кабели. - М.: Энергоиздат, 2001. – 34 с.

Поступила 28.02.2013р.