



LCC - № TA1501-1820

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОЛЗ З НИЗЬКИМИ ВТРАТАМИ ПОТУЖНОСТІ

Данило Крамнов¹

¹ Херсонський національний технічний університет, Україна

Address for Correspondence: Данило Крамнов, студент

Херсонський національний технічний університет

E-mail: 2191215@mail.ru

Анотація. Стаття присвячена дослідженню волоконно оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) з найменшими втратами потужності серед схем, що найчастіше використовуються при налагодженні мережевих систем. Проведено дослідження та розрахунки регенераційних ділянок ВОЛЗ враховуючи втрати потужності. На підставі отриманих результатів запропоновано рішення, яке буде відповідати вимогам мінімізації цих втрат. Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що було порівняно характеристики системи підсилення на заданій трасі ВОЛЗ, що експлуатуються останнім часом. На підставі аналізу даних порівняння запропоновано використання визначених обладнання, системи передачі та оптичних кабелів (ОК), на подібних трасах ВОЛЗ, що суттєво зменшить витрати на будівництво та обслуговування, тим самим підвищить прибутковість лінії. З урахуванням новітніх наукових досягнень у волоконній оптиці та на підставі проведених розрахунків кількості регенераційних ділянок, пропонується використати на даній лінії зв'язку оптичний підсилювач, а саме оптичний підсилювач на волокні, легуваному ербієм (EDFA).

Даний оптичний підсилювач має три істотних переваги перед обраним регенератором. По-перше, оптичний підсилювач конструктивно простіше. По-друге, оптичний підсилювач на відміну від регенератора, не прив'язаний до протоколу або швидкості передачі і може перетворювати (посилювати) вхідний сигнал будь-якого формату. По-третє, оптичний підсилювач здатний одночасно посилювати велике число незалежних спектрально розділених каналів, в той час як регенератор може обробляти тільки один канал, одну довжину хвилі. Обраний підсилювач EDFA працює у діапазоні 1550-1565 нм, що задовольняє вимогам обраної системи передачі. Вихідна потужність сигналу цього підсилювача до 10 Вт

Ключові слова: оптичні кабелі, ВОЛЗ, втрати потужності, системи передачі, системи підсилення, EDFA, регенераційний підсилювач (РП).

Abstract. This article is devoted to the research of fiber optic communication lines (FOCL) which provides minimization of power losses among the schemes that are most often used with setting up network systems. The researches and calculations of regeneration sections of fiber optic cables are considered taking into account power losses. Based on the investigation, a solution is proposed that will meet the requirements of minimizing these losses. The scientific originality of the results is that the characteristics of the amplification system at the given FOCL line, which have been operating in recent times, were compared in this article. Based on the analysis of the comparison data, the use of certain equipment, transmission systems and optical cables (OC) on similar lines of fiber optic fiber proposed to reduce the costs of construction and maintenance, thereby increasing the profitability of the line. Taking into account the latest scientific advances in fiber optics and based on the calculations made by the number of regeneration sites, it is proposed to use an optical amplifier, which is called Erbium Doped Fiber Amplifier (EDFA).

This optical amplifier has three significant advantages over the selected regenerator. First, the optical amplifier is structurally simpler. Second, the optical amplifier, unlike the regenerator, is not tied to the protocol or transmission rate and can convert (amplify) the input signal of any format. Thirdly, the optical amplifier can simultaneously amplify a large number of independent spectrally separated channels, while the regenerator can handle only one channel, one wavelength. The selected EDFA amplifier works in the range 1550-1565 nm, which meets the requirements of the selected transmission system. The output signal of this amplifier is up to 10 Watts.

Keywords: optical cables, fiber optics, power losses, transmission systems, amplification systems, EDFA, regeneration amplifier (RP).

Introduction. Велика пропускна здатність, велика довжина регенераційних ділянок, нечутливість до електромагнітних впливів, велика широкополосність, відсутність необхідності застосування кольорових металів – основні переваги волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ), що визначили високі темпи упровадження ВОЛЗ і ставлять їх у ряд найбільш перспективних засобів зв'язку

Objective. Об'єктом дослідження даної статті є визначення ефективності застосування нових систем передачі та ОК в створенні ВОЛЗ з найменшою втратою потужності.

Предметом дослідження є характеристики, показники та властивості обраного обладнання для визначення мінімально можливих втрат за потужністю серед всіх запропонованих схем

Materials and methods. На основі викладеного можна сформулювати завдання дослідження, яке полягає в розрахунку ділянки ВОЛЗ з найменшими втратами потужності.

Для наведення прикладу зменшення оптичних втрат за рахунок використання новітніх систем посилення, вирішено розглянути сполучення між пунктами А та Б. Встановимо, що між ними 1000 кілометрів. Протяжність цієї відстані дає змогу наглядно продемонструвати залежність втрат сигналу від обраного обладнання. Найголовнішим критерієм є значення оптичних втрат та економічна вигідність ВОЛЗ з урахуванням витрат на будівництво, реконструкцію, подальше обслуговування лінії, майбутнє зростання абонентської бази та прибуток від неї [1].

Для вибору оптимального варіанту ВОЛЗ проаналізуємо декілька варіантів, кожний з яких має свої переваги і недоліки.

1. ОКЛБГ волокно з мультиплексором STM-4 .
2. ОКЛБГ волокно з оптичним підсилювачем EDFA.

Конструктивний склад обраного типу кабелю наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Конструктивний склад ОКЛБГ

| № | Компонент | Склад |
|---|------------------------------|---|
| 1 | Оптичні волокна по МСЕ G.652 | наявні 4 волокна задовольняючі стандарт |
| 2 | Оптичний модуль | полібутилентерефталат (ПБТ) |
| 3 | Центральний силовий елемент | склопластик |
| 4 | Заповнюючий компаунд модуля | тиксотропний гель |
| 5 | Заповнюючий компаунд осердя | гідрофобний заповнювач |
| 6 | Скріпний шар під оболонкою | нитки капронові, плівка ПЕТ-Е |

Основні технічні характеристики синхронного мультиплексора STM - 4 приведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні технічні характеристики STM – 4

| Найменування показників | Одиниця виміру | Мультиплексор STM 4 |
|---------------------------------|----------------|---------------------|
| Лінійна швидкість | Мбіт/с | 622.08 |
| Діапазон довжини хвилі | нм | 1500-1570 |
| Максимальний частотний діапазон | нм | 0,5 |
| Потужність передачі | дБ | -3 – 0 |

| | | |
|--|----|-------------------|
| Мінімальний коефіцієнт оптичної щільності | дБ | 10 |
| Затухання відображеного сигналу ВОК | дБ | >24 |
| Допустима хроматична дисперсія | нм | 3500 |
| Допустиме оптичне згасання | дБ | 10-32 |
| Мінімальна вхідна чутливість | дБ | -39 |
| Вихідна оптична потужність | дБ | 2;-8 |
| Максимальне відбиття сигналу | дБ | 20 |
| Втрати, визвані шумом передавача і дисперсії | дБ | <1 |
| Джерело випромінювання | | Одномодовий лазер |

Порівнювати варіанти будемо по критеріях: показники заломлення, числова апертура, втрати сигналу.

Показники заломлення серцевини n_1 і оболонки n_2 розраховуються по формулі Сельмейєра [2]:

$$n^2(\lambda) = \left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i * \lambda^2}{\lambda^2 - \ell_i^2} \right] \quad (1.1)$$

де λ - задана довжина хвилі, мкм.

Коефіцієнти A_i і ℓ_i вказуються у паспортах обладнання:

$$i = 0, 1 \dots 2 \quad \lambda = 1,55 \quad \Delta\lambda = 0,05$$

$$A = \begin{pmatrix} 0,723 \\ 0,411 \\ 0,792 \end{pmatrix} \quad \ell = \begin{pmatrix} 0,085 \\ 0,102 \\ 9,377 \end{pmatrix} \quad n_2^2(\lambda) = \left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i * \lambda^2}{\lambda^2 - \ell_i^2} \right], \quad \sqrt{n_2(\lambda)} = 1,455$$

$$A = \begin{pmatrix} 0,686 \\ 0,434 \\ 0,896 \end{pmatrix} \quad \ell = \begin{pmatrix} 0,072 \\ 0,115 \\ 10,008 \end{pmatrix} \quad n_1^2(\lambda) = \left[1 + \sum_{i=1}^3 \frac{A_i * \lambda^2}{\lambda^2 - \ell_i^2} \right], \quad \sqrt{n_1(\lambda)} = 1,456$$

$$n_1^i = \frac{n_1(\lambda) - n_1(\lambda - \Delta\lambda)}{\Delta\lambda}, \quad n_1^i = -0,011,$$

$$n_2' = \frac{n_1(\lambda + \Delta\lambda) - n_1(\lambda)}{\Delta\lambda} \quad n_2' = -0,012$$

$$\frac{n_2' - n_1'}{\Delta\lambda} = -4,27 \cdot 10^{-3}$$

Таким чином $n_1 = -0,011$, $n_2 = -0,012$.

Відносна різниця показників заломлення Δ визначається співвідношенням:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (1.2)$$

де n_1, n_2 - показники заломлення серцевини і оболонки відповідно.

$$\Delta = \frac{1,45631 - 1,455046}{1,45631} \approx 0,0008$$

Числова апертура визначається співвідношенням:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx n_1 \sqrt{2\Delta} \quad (1.3)$$

$$NA = 1,456 \sqrt{2 * 0,0008} = 0,06$$

Втрати сигналу α в ОК обумовлені власними втратами α_c в матеріалі ОВ і додатковими втратами α_d , що виникають в результаті виробництва ОВ, їх складки в ОК і прокладках ОК в ґрунт [3]:

$$\alpha = \alpha_g + \alpha_o \quad (1.4)$$

Власні втрати в ОВ визначається у вигляді:

$$\alpha_g = \alpha_{pp} + \alpha_{\text{вм}} + \alpha_{i\text{ч}} + \alpha_{\text{ОН}}, \quad (1.5)$$

де α_{pp} – релєївське розсіювання, яке може бути визначене по формулі:

$$\alpha_{pp} \approx (6,3 * 10^{11} / \lambda^4) * (1 + 215\Delta), \text{дБ/км}, \quad (1.6)$$

Тоді:

$$\alpha_{pp} \approx (6,3 * 10^{11} / 1550^4) * (1 + 215 * 0,0008) = 0,13 \text{ dB / км}$$

Втрати в матеріалі $\alpha_{\text{вм}}$, пов'язані з втратами на поляризацію, лінійно ростуть із зростанням частоти:

$$\alpha_{\text{вм}} = \pi n_1 \text{tg} \delta / \lambda \quad (1.7)$$

і можуть бути визначені як:

$$\alpha_{\text{вм}} \approx 2,55 * 10^{-3} \exp(4,63 * 10^3 / \lambda), \text{ dB / км}$$

$$\alpha_{\text{вм}} \approx 2,55 * 10^{-3} \exp(4,63 * 10^3 / 1550) = 0,05 \text{ dB / км}$$

Втрати сигналів пов'язані з поглинанням в інфрачервоній області спектру $\alpha_{\text{іч}}$, обумовлені хвостами резонансних поглинань іонів (атомів) і визначаються:

$$\alpha_{\text{іч}} \approx 7,81 * 10^{11} \exp(-4,85 * 10^4 / \lambda), \text{ dB / км.} \quad (1.8)$$

Тоді,

$$\alpha_{\text{іч}} \approx 7,81 * 10^{11} \exp(-4,85 * 10^4 / 1550) = 0,02 \text{ dB / км.}$$

Найсильніше ці втрати виявляються на гідроксильному залишку води [4] - ОН, значення яких рівні:

$$\alpha_{\text{ОН}} = 0,03 \text{ dB / км, якщо } \lambda = 1550 \text{ нм.}$$

Власні втрати в ОВ визначаються (1.4):

$$\alpha_c \approx 0,13 + 0,05 + 0,02 + 0,03 = 0,23 \text{ dB / км}$$

Conclusions. На підставі отриманих результатів запропоновано використати оптичний підсилювач EDFA для підвищення потужності вихідного сигналу. Таке конструктивне рішення дає змогу відмовитись від використання РП, тим самим поліпшити економічність та надійність лінії зв'язку

Conflict of interest statement: The authors state that there are no conflicts of interest regarding the publication of this article.

REFERENCES:

1. О.К. Склярлов «Современные волоконно-оптические системы передачи, аппаратура и элементы». М.: Солон-Р, 2001. 238с.
2. В.К. Ковальчук «Волоконно-оптичні системи передачі». Х.: ХІРЕ, 2000. 212с.
3. А.В. Шмалько «Цифровые сети связи: основы планирования и построения». М.: Солон-Р, 2001. 282с.
4. В.Б. Каток, Б.В. Короп, Ю.Б. Нікітченко, І.Е. Руденко "Волоконно-оптические системы передачи". К.: Ірис, 1994. 120с.

100% Unique

Total 9520 chars (2000 limit exceeded) , 235 words, 13 unique sentence(s).

Essay Writing Service - Paper writing service you can trust. Your assignment is our priority! Papers ready in 3 hours! Proficient writing: top academic writers at your service 24/7! Receive a premium level paper!

| Results | Query | Domains (original links) |
|---------|--|--------------------------|
| Unique | Проведено дослідження та розрахунки регенераційних ділянок ВОЛЗ враховуючи втрати потужності | - |
| Unique | На підставі отриманих результатів запропоновано рішення, яке буде відповідати вимогам мінімізації цих втрат | - |
| Unique | Даний оптичний підсилювач має три істотних переваги перед обраним регенератором | - |
| Unique | По-перше, оптичний підсилювач конструктивно простіше | - |
| Unique | Обраний підсилювач EDFA працює у діапазоні 1550-1565 нм, що задовольняє вимогам обраної системи передачі | - |
| Unique | Вихідна потужність сигналу цього підсилювача | - |
| Unique | DOI: LCC - № TA1501-1820 Дослідження ВОЛЗ з низькими втратами потужності Данило Крамнов 11 Херсонський національний технічний університет, Україна Address | - |
| Unique | Стаття присвячена дослідженню волоконно оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) з найменшими втратами потужності серед схем. | - |
| Unique | Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що було порівняно характеристики системи підсилення на | - |
| Unique | (ОК), на подібних трасах ВОЛЗ, що суттєво зменшить витрати на будівництво та обслуговування, тим самим | - |
| Unique | регенераційних ділянок, пропонується використати на даній лінії зв'язку оптичний підсилювач, а саме оптичний підсилювач на | - |
| Unique | По-друге, оптичний підсилювач на відміну від регенератора, не прив'язаний до протоколу або швидкості передачі | - |
| Unique | По-третє, оптичний підсилювач здатний одночасно посилювати велике число незалежних спектрально розділених каналів, в той | - |