

ТЕХНОЛОГІЇ ПІДСИЛЕННЯ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ У БАГАТОКАНАЛЬНИХ ВОСП

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі розглянуто способи побудови оптичних підсилювачів у волоконно-оптичних системах передачі та функціональні характеристики ербієвих ОП.

Ключові слова: ВОСП, оптичні підсилювачі, EDFA.

Abstract

In the paper, methods for constructing amplifiers in fiber-optic transmission systems and functional characteristics of erbium OA.

Keywords: FOTS, optical amplifier, EDFA.

Вступ

У когерентних ВОЛТ оптичні підсилювачі забезпечують необхідні рівні потужності оптичних сигналів в широкому діапазоні робочих частот та спектральних каналів. Оптичні підсилювачі відрізняються конструкціями, принципом дії та характеристиками передачі сигналів.

Раманівські підсилювачі можуть використовуватися у широкому діапазоні довжин хвиль від 1420 нм до 1620 нм. При цьому, через особливості реалізації процесу підсилення потужності оптичних сигналів всі інші типи ОП можуть використовуватися тільки в обмежених частотах [1]. Це зумовлено основними функціональними характеристиками оптичних підсилювачів: смугою або діапазоном робочих частот (хвиль); коефіцієнтом підсилення та його рівномірністю; власними шумами підсилювача; поляризаційною чутливістю; нелінійними спотвореннями або перевантаженням; показниками енергоефективності; масогабаритними параметрами; температурною стійкістю і т. д.

Отже, головною перевагою раманівських оптичних підсилювачів є широка смуга підсилення, яка забезпечує більшу кількість робочих каналів та, в результаті, підвищену сумарну швидкість передачі інформаційних сигналів у ВОЛТ.

Поєднання різних типів підсилювачів, а саме: розподілених раманівських (DRA), зосереджених домішкових та раманівських забезпечує необхідні співвідношення OSNR на всіх ділянках довгих ВОЛТ, на яких скоригований вплив нелінійних ефектів у ОБ та шумів спонтанної емісії оптичних підсилювачів [2].

Метою роботи є дослідження технологій підсилення потужності оптичних сигналів у когерентних високошвидкісних ВОЛТ.

Основна частина

Волоконно-оптичні підсилювачі (ВОП) з домішками рідкоземельних компонентів (Er, Tm, Te) набули великого поширення у ВОСП через їхні незаперечні переваги, зокрема: простоту конструкції; високу надійність; значні коефіцієнти підсилення; низькі власні шуми; широку смугу підсилення; нечутливість до поляризації оптичних сигналів і т. д.

Накачування іонів ербію в цих ОП може здійснюватись на довжинах хвиль 1480 нм, 980 нм, 800 нм, 670 нм та 521 нм. В основному використовуються довжини хвиль 1480 нм та 980 нм, що зумовлено рядом причин, а саме: характерною ефективністю напівпровідникових лазерних діодів підвищеної потужності; зменшеним коефіцієнтом затухання оптичного волокна на вказаних довжинах хвиль; зменшеними вимогами до точності налаштування на задані довжини хвиль накачування. Зокрема, на довжині хвилі 980 нм спостерігаються найменші шуми підсилення, а на довжині хвилі 1480 нм відсутні жорсткі вимоги до точності налаштування. Оптичний підсилювач з накачуванням на довжині

хвилі 1480 нм називають дворівневим, а підсилювач з накачуванням на довжині хвилі 980 нм - трирівневим [3].

Використання лазерів накачування на різних хвилях (980 нм та 1480 нм) зумовлює різні умови підсилення відносно ASE, коефіцієнта підсилення та схем накачування. Лазерні діоди з хвилею накачування 980 нм характеризуються найменшим власним шумом підсилення, а на хвилі 1480 нм дозволяють отримати підвищений коефіцієнт підсилення при більшому значенні шуму ASE. Виходячи з цих фактів можна класифікувати особливості використання цих ОП: в попередніх підсилювачах на вході оптичних приймачів ВОСП з великою кількістю спектральних каналів доцільно використовувати накачування на хвилі 980 нм; для отримання максимального коефіцієнту підсилення та забезпечення максимальної вхідної потужності у ВОЛЗ необхідно використовувати накачування ОП на хвилі 1480 нм.

Коефіцієнт шуму ОП EDFA можна визначити за співвідношенням:

$$NF = \frac{2P_{ASE}}{hf \Delta f (G_A - 1)}, \quad (1)$$

де P_{ASE} - потужність підсиленої спонтанної емісії, h - постійна Планка, f - частота оптичного сигналу, Δf - смуга підсилення, G_A - коефіцієнт підсилення. Зазвичай $3 \text{ дБ} < NF < 6 \text{ дБ}$, а при каскадному включенні n підсилювачів здійснюється накопичення їх власних шумів:

$$NF_n = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_1} + \dots + \frac{NF_n - 1}{G_1 G_2 \dots G_{n-1}}, \quad (2)$$

При цьому, шуми визначаються в основному першим каскадом (NF_1)

Частотні характеристики ербієвого підсилювача відрізняються нерівномірністю через відмінності по OSNR оптичних каналів на різних робочих довжинах хвиль. Для коригування нерівномірності характеристики коефіцієнту підсилення такі компоненти як фтор, цирконій та оптичні керовані еквалайзери (GEF) з протилежними до характеристик підсилення параметрами передачі, які забезпечують вирівнювання характеристики підсилення в широкій смузі робочих частот (в діапазоні довжин хвиль до 40 нм) [2].

Висновки

За допомогою паралельного включення домішкових підсилювачів з оптичним еквалайзером GEF та п'ятьма каскадами накачування в кожній з двох підсилювальних ланок можна зменшити шумові складові і розширити смугу рівномірного підсилення до 84 нм.

Найбільшого поширення отримали три схеми накачування домішкового волокна оптичного підсилювача: узгоджена або пряма; зустрічна або протиспрямована по відношенню до напрямку поширення інформаційного сигналу; двонаправленна на основі двох джерел накачування потужності оптичних сигналів.

Пряме накачування на довжині хвилі 980 нм характеризується низьким рівнем шуму при низькій потужності вхідного сигналу та підвищеному коефіцієнту підсилення. Зустрічне накачування на довжині хвилі 1480 нм швидше призводить до режиму насичення волокна та простіше досягається режим максимальної вихідної потужності. Використання двох лазерів накачування з різними довжинами хвиль (узгоджено 980 нм, зустрічно 1480 нм) дозволяє забезпечити мінімальні власні шуми підсилювача при максимальному коефіцієнту підсилення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Аналіз методів оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, М.Л. Мінов.- Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.-2007, № 1.- С.169-175.
2. Бортник Г.Г. Спектральний метод оцінювання джитеру в телекомунікаційних системах. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, В.А. Челоян - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010, № 2, С. 109-114.
3. Бортник Г.Г. Метод оцінювання детермінованих складових фазового дрижання у цифрових системах передавання/ Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.Г. Бортник.- Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2012, № 3.- С.45-48.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com.

Стальченко Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: phantomm@i.ua.

Vasykivskyi Mikola V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskyi@gmail.com

Stalchenko Oleksandr V. – Ph. D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: phantomm@i.ua.