

КОРИГУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК DWDM СИСТЕМ¹ Вінницький національний технічний університет;**Анотація**

У роботі виконано класифікацію технологій побудови ділянок оптичного підсилення у ВОЛТ. За результатами порівняльного аналізу обрано оптимальний варіант технології підсилення потужності оптичних сигналів у DWDM системах.

Ключові слова: BOA, DWDM, SOA, OSNR.

Abstract

The robot classifies the technologies for constructing optical gain regions in FOLC. Based on the results of the comparative analysis, the optimal variant of the technology for amplifying the power of optical signals in DWDM systems.

Keywords: BOA, DWDM, SOA, OSNR.

Вступ

Всі відомі оптичні підсилювачі для систем передачі (напівпровідникові, волоконні домішкові, раманівські на основі нелінійного ефекту у ОВ) придатні для підсилення потужності оптичних сигналів на вході детектора в кожному оптичному каналі та для підвищення потужності багатоканального оптичного сигналу в проміжних і кінцевих пристроях передачі та прийому систем передачі. Підсилювачі розрізняються за своїми характеристиками (діапазоном підсилення, смугою частот підсилення, чутливістю підсилення до поляризації хвилі, що вносяться шумами, способами накачування, що вносяться дисперсійними і нелінійними спотвореннями і т.д.).

Ефективне використання комбінованих схем кінцевих та проміжних підсилювачів у магістральних ВОЛТ дає вигоду в підсиленні і по співвідношенню сигнал/шум (OSNR) в кілька разів. Наприклад, за рахунок зустрічного раманівського накачування, яке забезпечує ефект підсилення і тим компенсує втрату оптичної потужності рівномірно на довгій ділянці волоконної лінії.

Метою роботи є класифікація та вибір оптимальної технології підсилення оптичних сигналів у ВОСП на основі DWDM технології.

Основна частина

В когерентних оптичних системах також використовуються напівпровідникові оптичні підсилювачі у вигляді підсилювачів потужності (BOA) та універсальних підсилювачів (SOA). В підсилювачах типу BOA, на відміну від SOA, застосовується високоефективний канал підсилення на основі InP / InGaAsP Multiple Quantum Well (MQW), який дозволяє значно знизити рівень власного шуму.

До складу BOA/SOA можуть входити оптичні ізолятори, узгоджені з входом та виходом підсилювача. В складі систем передачі ОП типу BOA можуть бути використані в якості: вихідних підсилювачів джерел оптичних сигналів в передавачах; компенсаторів втрат оптичної потужності в пасивних пристроях таких, як мультиплексори і демультимплексори, оптичні фільтри.

Типові застосування SOA в складі систем передачі: лінійний підсилювач в якості регенератора типу 1R; переднього підсилювача перед фотодетектором.

Загальна смуга підсилення НПОП може досягати від 40 нм до 85 нм і більше. При проектуванні високошвидкісних ВОСП з когерентними оптичними каналами необхідно вибирати оптичні підсилювачі з найменшими значеннями коефіцієнта шуму NF.

Накопичення власних шумів оптичних підсилювачів в разі їх каскадного включення оцінюється через співвідношення сигнал/шум OSNR, нормоване щодо коефіцієнта помилок BER (bit error ratio) цифрової передачі в оптичному каналі (згідно рек. G.680 ITU-T):

$$OSNR = P_{out} - L - NF - 10\lg(N) - 10\lg(h \cdot f \cdot \Delta f), \quad (1)$$

де P_{out} - вихідний рівень потужності ОП для одного каналу (дБм), L - втрати на ділянці оптичного підсилення (дБ), які дорівнюють G_{TE} - підсилення оптичного підсилювача (дБ), NF - коефіцієнт

шуму оптичного підсилювача (дБ), h - постійна Планка (в мДж \times с, узгоджена з P_{out} в дБм, тобто добуток постійної Планка і частота f і Δf , щодо 1 мВт), f - оптична частота (Гц), Δf - ширина смуги пропускання в оптичному каналі в Гц, N - загальна кількість лінійних оптичних підсилювачів. Для забезпечення необхідного рівня потужності та врахування дисперсійних спотворень до складу моделі лінійного оптичного підсилювача можуть входити різні компоненти.

Ці накопичення обмежують можливості по організації довгих ВОЛТ з широкою смугою частот передачі Δf . Вони повинні розраховуватися при виконанні проектних досліджень і враховуватися при виборі обладнання кінцевих та проміжних станцій систем передачі за коефіцієнтом NF. Протяжність ділянки L (в дБ) визначається мінімальним значенням чутливості приймача P (дБм) при заданому коефіцієнті помилок, тобто $P_{in} < P_{out} - L$). У свою чергу, значення P_{out} , визначається кількістю спектральних каналів n та допустимим значенням потужності групового оптичного сигналу P_{max} , що не призводить до паразитних нелінійних оптичних ефектів у ОВ:

$$P_{out} = P_{max} - 10 \lg n. \quad (2)$$

Узагальнену оцінку оптичних каналів по співвідношенню OSNR на основі послідовного каскаду оптичних пристроїв (підсилювачів, мультиплексорів виділення/введення, комутаторів та ін.), які називають оптичними мережевими елементами (ONE), можна виконати через співвідношення (згідно рек. ITU-T):

$$OSNR_{out} = -10 \lg \left(10^{-0.1(OSNR_{in})} + 10^{-0.1(P_{in} - NF - 10 \lg(hf - \Delta f))} + 10^{-0.1(P_{in} - 2 - NF - 10 \lg(hf - \Delta f))} + 10^{-0.1(P_{in} - NF - 10 \lg(hf - \Delta f))} \right)$$

де $OSNR_{out}$ відношення оптичний сигнал/шум на виході ONE; $OSNR_{in}$ відношення оптичний сигнал/шум на вході ONE; P_{in} рівень потужності сигналу оптичного каналу на вході ONE; NF коефіцієнт шуму ONE; h постійна Планка, узгоджена з рівнем потужності (мДж \times с); f центральна частота оптичного каналу (Гц); Δf смуга частот оптичного каналу (Гц). Нормоване значення $OSNR$ в сучасних ВОСП визначається також форматом подання сигналу в оптичному каналі [1].

При узагальненій оцінці OSNR для оптичних суперканалів необхідно здійснювати корективи, з урахуванням широкої та змінної оптичної смуги з декількома подносійними, та шумів нелінійного походження у ВОЛЗ.

Отримати перевагу за величиною $OSNR$ при нарощуванні швидкості передачі в обмеженій смузі частот (зазвичай 50 ГГц) оптичного каналу з одним джерелом носійної і швидкості від 112 Гбіт / с до 224 Гбіт / с і далі до 450 Гбіт / с можна за допомогою модуляції з ґратчастим кодуванням (TCM) [2]. За рахунок надлишкового кодування може бути досягнутий вигреш по $OSNR$ 6 дБ на стороні прийому.

Всі розглянуті позиції щодо нарощування швидкості передачі інформаційних сигналів в системах передачі обмежуються реальними фізичними межами за співвідношенням сигнал/шум, нелінійними ефектами в волокнах, дистанцією передачі і т. д.

Для виключення нарощування волоконної ємності оптичного кабелю використовують принципово нові типи волокон, зокрема, як з одного SCF (single core fiber) так і з безліччю осердь (MCF) [3]. Зовнішні габарити цих волокон практично збігаються з геометричними розмірами стандартних волокон та мають характеристики передачі близькі до стандартних волокон, що дозволяє використовувати їх у стандартних кабельних конструкціях (від 4 до волокон 48 і більше).

Висновки

Перехід до багаторівневих форматів передачі інформаційних даних (понад 4 амплітудно-фазових позицій), суперканалів на основі OFDM, з поляризаційним РМ та модовим мультиплексуванням дозволяє отримати швидкості передачі на хвилі одного оптичного каналу або суперканалу з кількома підносійними хвилями до 1Тбіт/с і більше.

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. Челюян - 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.