

Оцінювання завадостійкості когерентних ВОЛТ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто метод оцінювання завадостійкості когерентних ВОЛТ за допомогою параметру OSNR оптичних сигналів, який враховує всі основні параметри ВОСП на основі HDWDM-технології.

Ключові слова: волоконно-оптичний тракт, співвідношення сигнал/шум, волоконно-оптична система передачі інформації.

Abstract

The estimation method of noise stability of coherent FOLP has been examined with the help of OSNR parameter, which takes into consideration all main parameters of FOTS based on the HDWDM technology.

Keywords: fiber-optics path, signal-to-noise ratio, fiber-optics transmission system.

Вступ

При проектуванні сучасних ВОСП необхідно враховувати взаємний вплив нелінійних ефектів в ВОЛТ: вимушене розсіювання Рамана, чотирихвильове змішування, шум оптичних підсилювачів, фазову кросмодуляцію та саомодуляцію. А коригування накопиченої хроматичної та поляризаційно-модової дисперсій можна здійснити за допомогою цифрового оброблення оптичного сигналу [1].

Оцінювання завадостійкості ВОЛТ на основі HDWDM-технології в основному виконується за співвідношенням сигнал/шум (OSNR), яке залежить від впливу завад, що не розглянуті в стандартних методиках [2].

Високошвидкісні ВОСП базуються на використанні багаторівневих форматів модуляції оптичних сигналів, які характеризуються підвищеними вимогами до значення OSNR. Дослідження ВОЛТ показали значну залежність значення OSNR та коефіцієнта помилок від нестабільності оптичного гетеродина цих систем [3].

Таким чином, актуальною задачею є вибір ефективного способу оцінювання завадостійкості когерентних ВОСП, який буде враховувати вплив всіх завад, що виникають в довгих ВОЛТ.

Метою роботи є розширення функціональних можливостей методу оцінювання завадостійкості когерентних ВОЛТ.

Основна частина

Методи оцінювання значення OSNR та коефіцієнта помилок в ВОСП на основі HDWDM-технології в основному базуються на коригуванні балансу потужності оптичних сигналів в ВОЛТ за рахунок додаткового підсилення, що призводить до збільшення рівня перехідних завад між спектральними каналами.

Компенсування нелінійних оптичних завад у високошвидкодійних ВОСП (понад 100 Гбіт/с в оптичному каналі) на базі багаторівневих форматів модуляції (DP-QPSK, DP-16QAM) здійснюється за допомогою цифрового оброблення сигналів в блоці оптичного приймача. Для цих систем висуваються особливі вимоги до стабільності роботи оптичних транспондерів (ширини спектральної смуги оптичного гетеродина) [4].

Стандартний спосіб оцінювання значення OSNR оптичних сигналів в магістральних ВОЛТ на основі HDWDM-технології можна виконати за формулою [5]

$$\text{OSNR} = P_c - L - 10\lg(N) - NF - 10\lg(h \times f \times \Delta f),$$

де NF – коефіцієнт шуму одного елемента мережі, дБ;

P_c – значення потужності оптичного сигналу в каналі, дБ;

h – постійна Планка, мДж×с;
 f – значення центральної частоти в оптичному каналі, Гц;
 L – значення затухання на елементарній кабельній ділянці, дБ;
 N – кількість елементарних кабельних ділянок;
 Δf – нормована смуга оптичного каналу, Гц.

Оцінювання значення OSNR, що враховує значення чотирихвильового зміщення, спонтанних шумів оптичних підсилювачів, фазових спотворень та вимушене розсіювання Рамана можна виконати за виразом

$$OSNR = \frac{P_{SRS}}{P_{ASE} + P_{FWM} + (P_{CPM} + P_{SPM})},$$

де P_{SRS} – потужність сигналів в оптичному каналі, з урахуванням ефекту Рамана, дБ;

P_{ASE} – значення потужності спонтанних шумів оптичного підсилювача, дБ;

P_{FWM} – значення потужності шумів чотирихвильового зміщення, дБ;

P_{CPM} – значення потужності шумів фазової кросмодуляції, дБ;

P_{SPM} – значення потужності шумів фазової самомодуляції, дБ.

Визначення чотирихвильових втрат можна здійснити за допомогою комбінаторного методу складання паразитних гармонік в заданому частотному інтервалі (0,1 нм). Значення «перекаченої» потужності оптичних сигналів між каналами через вимушене розсіювання Рамана можна визначити за формулою

$$P_C(k) = P_{TX}(k) - D[k, i] + D[j, k],$$

де $P_{TX}(k)$ – потужність передавача в k -му оптичному каналі, дБ;

$D[k, i]$ – значення «перекаченої» потужності оптичних сигналів з k -го в i канал, дБ;

$D[j, k]$ – значення «перекаченої» потужності оптичних сигналів з j -го в k канал, дБ.

Перехідні завади оптичних кроскомутаторів, які виникають через відхилення частотних характеристик оптичних фільтрів (AWG-решіток) можуть накопичуватись в магістральних ВОЛТ на основі послідовно ввімкнених динамічних мультиплексорів ROADM та зменшувати значення OSNR [6].

Прийнявши, що значення перехідних завод в ВОЛТ некогерентні з інформаційним сигналом, остаточний вираз для оцінювання OSNR можна записати у вигляді

$$OSNR = P_{in} - 10 \lg M_{ch} - \alpha - NF - 10 \lg \left(N + \frac{10^{0,1 \cdot G_{BA}}}{10^{0,1 \cdot \alpha}} \right) - 10 \lg (h \cdot f \cdot \Delta f) +$$

$$+ 5 \lg \left[1 - 4 \varepsilon \left(\sum_{i=1}^L M_i + \sum_{i=1}^L N_i - 2 \cdot L \right) \cdot Q^2 \right] - \sum_{i=1}^L A_i,$$

де P_{in} – значення вихідної потужності групового оптичного сигналу, дБм;

M_{ch} – кількість хвильових каналів в тракті;

α – значення втрат потужності оптичних сигналів на елементарній кабельній ділянці, дБ;

G_{BA} – коефіцієнт шуму оптичного підсилювача, дБ;

ε – коефіцієнт впливу оптичної потужності кожної перехідної завади на значення потужності сигналу;

L – кількість проміжних кроскомутаторів;

Q – значення Q -фактора;

A_i – значення втрат потужності оптичних сигналів через зменшення робочої смуги оптичних фільтрів.

Запропонований метод оцінювання значення OSNR сигналів в ВОСПІ на основі HDWDM-технології додатково поєднує два важливих параметри ВОЛТ: кількість оптичних каналів та перехідні завади в оптичних комутаторах.

Висновки

Побудова високошвидкісних когерентних ВОЛТ на основі HDWDM-технології базується на використанні ефективного способу контролю значення OSNR сигналів в оптичних каналах ВОСПІ.

Оцінювання значення OSNR оптичних сигналів базується на врахуванні сукупності важливих параметрів ВОЛТ: кількості оптичних каналів; нелінійних ефектів (чотирихвилевих завад, фазових спотворень, вимушеного розсіювання Рамана в заданому частотному діапазоні). Цей метод розширює функціональні можливості оцінювання завадостійкості магістральних когерентних ВОЛТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бортник Г.Г. Системи передавання в електрозв'язку. Г.Г. Бортник, О.А. Семенюк, О.В. Стальченко - Навчальний посібник-Вінниця: ВНТУ, 2006.- 138 с.
2. Бортник Г.Г. Цифровий метод спектрального оцінювання випадкових сигналів. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.В. Стальченко - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2014, -№ 2, С. 108-114.
3. Бортник Г.Г. Метод оцінювання основних параметрів фазового дрижання в системах передавання даних. Г.Г. Бортник, М.В. Васильківський, О.В. Стальченко - Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010, № 6. – С. 97-101.
4. Бортник Г.Г. Методи та засоби оцінювання параметрів абонентських ліній зв'язку. Г.Г. Бортник, В.М. Кичак, В.Ф. Яблонський - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006.- 139с.
5. Бортник Г.Г. Мережі абонентського доступу. Г.Г. Бортник, В.М. Кичак, О.В. Стальченко, Яблонський В.Ф.- Навчальний посібник з грифом МОНУ. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 201 с
6. Фокин В.Г. Оптические системы с терабитными и петабитными скоростями передачи: учебное пособие / Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики. Новосибирск, 2016. – 162 с.

Бортник Геннадій Григорович – канд. техн. наук, професор кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: bgen88@gmail.com;

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

Bortnyk Gennadiy Grygorovych – Ph.D., Professor of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: bgen88@gmail.com

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