

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПЕНСАЦІЇ ПЕРЕХІДНИХ ЗАВАД У СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ xDSL

Д. т. н. В. А. Балашов, к. т. н. В. І. Орешков, к. т. н. І. Б. Барба

Державний університет інтелектуальних технологій та зв'язку
Україна, м. Одеса
irinabarba82@gmail.com

Проведено оцінювання ефективності застосування системи компенсації перехідних завад «векторінг» у системах передачі інформації (СПІ) xDSL. Для цього запропоновано формули розрахунку відношення сигнал/шум з урахуванням перехідних завад для СПІ xDSL без застосування системи «векторінг» та з її застосуванням. Показано, що застосування системи «векторінг» дозволяє значно підвищити досяжну швидкість передачі інформації.

Ключові слова: система передачі, система «векторінг», перехідні завади, співвідношення сигнал/шум.

Для побудови мереж широкопasmового доступу в багатоквартирних житлових будинках в часто використовують вже наявні багатопарні телефонні кабелі та сучасні xDSL-технології і системи передачі інформації (СПІ) [1]. Рекомендація G.9700, прийнята МСЕ у 2014 році, регламентує характеристики технології передачі G.fast. СПІ G.fast забезпечують передачу сигналів по телефонному кабелю у смузі частот до 106 МГц зі швидкістю 1 Гбіт/с та вище [2]. Останнє оновлення Рекомендації G.9700 (G.9701) датується березнем 2019 [3].

Обмеження швидкості передачі широкопasmових СПІ G.fast у разі паралельної роботи по двопровідних лініях багатопарного кабелю зв'язку визначається, не тільки адитивним білим шумом і власним згасанням лінії, а й перехідними завадами (ПЗ) між СПІ.

Висока швидкість передачі при паралельній роботі СПІ xDSL та високий коефіцієнт завантаження багатопарного кабелю СПІ (аж до 100%) забезпечуються завдяки застосуванню системи компенсації (придушення) перехідних завад «векторінг» [4]. При цьому важливо знати, наскільки є ефективною система «векторінг».

У цій роботі проведено порівняння відношення сигнал/шум на вході приймача СПІ xDSL при паралельній роботі системи передачі інформації по багатопарних телефонних кабелях у випадку, коли система «векторінг» не застосовується і коли застосовується.

Відношення сигнал/шум з урахуванням перехідних завад для системи передачі інформації xDSL описується формулами:

— без застосування системи «векторінг»

$$SNR_{XT} = \frac{P_{tr} \cdot H_{OTF}}{N_{add} + (L-1) \cdot P_{tr} \cdot H_{TTF}}, \quad (1)$$

— із застосуванням системи «векторінг»

$$SNR_V = \frac{P_{tr} \cdot H_{OTF}}{N_{add} + (L-1)^2 \cdot P_{tr} \cdot \frac{H_{TTF}^2}{H_{OTF}}}, \quad (2)$$

де P_{tr} — потужність корисного сигналу на передачі;

N_{add} — потужність адитивного білого гаусівського шуму (*additive white gaussian noise, AWGN*);

H_{OTF} — власна передатна функція лінії передачі;

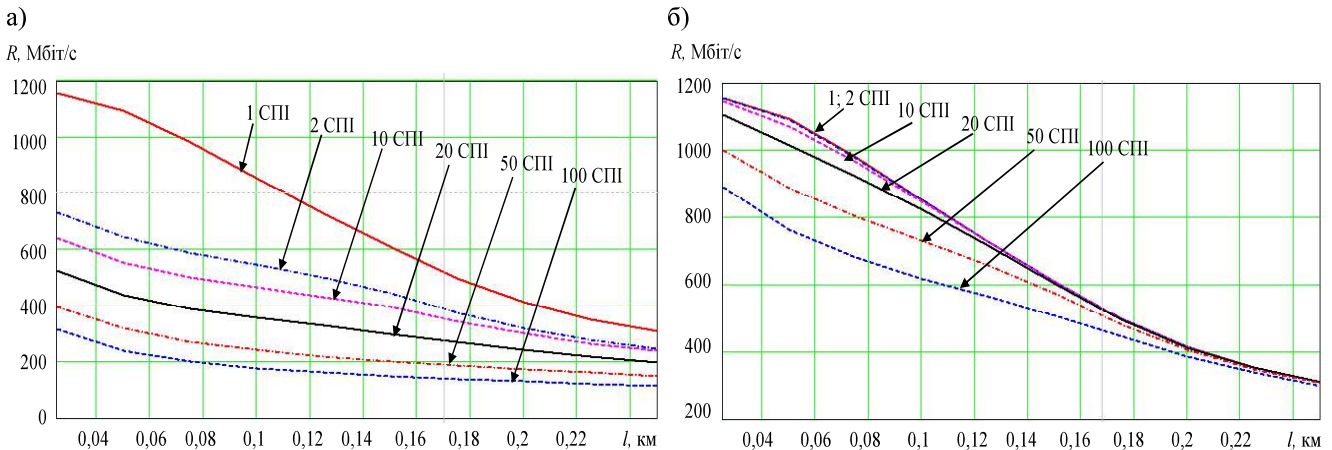
H_{TTF} — перехідна передатна функція між лініями;

L — число телефонних ліній багатопарного кабелю та СПІ.

Слід зазначити, що у формулах (1), (2) з метою спрощення прийнято, що параметри телефонних пар (ліній) кабелю типу ТПП та характеристик СПІ ідентичні.

З використанням наведених формул оцінені досяжні значення сигнал/шум і швидкості передачі для випадку роботи СПІ G.fast по багатопарному кабелю типу ТПП-0,4 при таких вихідних даних: параметри СПІ G.fast відповідають Рекомендаціям G.9701 та G.9700 МСЕ-Т [2, 3]; характеристики кабелю ТПП-0,4 визначалися відповідно до [1]; довжина лінії $l = 25 \dots 250$ м; кількість паралельно працюючих СПІ G.fast $L = 1 \dots 100$; адитивні завади враховувалися як AWGN з рівнем спектральної густини потужності від -140 до -120 дБм/Гц.

На рисунку представлено результати розрахунку швидкості R передачі інформації СПІ G.fast без застосування системи «векторінг» та з її використанням.



Швидкість передачі СПІ G.fast без використання системи «векторінг» (а) та з її використанням для компенсації перехідних завад (б) (ТПП-0,4; AWGN = -140 дБм/Гц)

Аналіз наведених результатів дозволяє зробити такі висновки:

— перехідні завади суттєво обмежують швидкість передачі інформації СПІ G.fast при роботі з вітчизняними багатопарними телефонними кабелями;

— застосування системи «векторінг» дозволяє значно підвищити досяжну швидкість передачі інформації СПІ G.fast в порівнянні з роботою без компенсації завад.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Investigation of VDSL2 technology on Ukrtelecom PJSC network: R & D Report. State Enterprise «Odesa Research Institute of Communication, Odesa, 2017, 117 p. № DR 0116U008197.
2. ITU-T. Recommendation G.9700: "Fast access to subscriber terminals (G.fast) — Power spectral density specification, Geneva, 2014, 22 p.
3. ITU-T. Recommendation G.9701: Fast access to subscriber terminals (G.fast) — Physical layer specification, Geneva, 2019, 540 p.
4. ITU-T. Recommendation G.993.5 : "Self-FEXT cancellation (vectoring) for use with VDSL2 transceivers," Appr. 2015, January. Geneva, 2015, 100 p.

V. Balashov, V. Oreshkov, I. Barba

Crosstalk compensation efficiency in xDSL information transmission systems

The study evaluates the effectiveness of the application of the compensation system for transient interference "vectoring" in xDSL information transmission systems (ITS). For this purpose, the authors propose formulas for calculating the signal/noise ratio taking into account the transient interference for xDSL ITS with and without the use of the "vectoring" system. It is shown that the use of the "vectoring" system allows to significantly increase the achievable speed of information transfer.

Keywords: transmission system, "vectoring" system, crosstalk, signal-to-noise ratio.