

УДК 621.395

**RESEARCH OF INTERFERENCE INFLUENCE ON THE TRANSMISSION
RATE OF VDSL2-SYSTEMS**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД НА ШВИДКІСТЬ
ПЕРЕДАВАННЯ VDSL2-СИСТЕМ**

Oreshkov V.I. / Орешков В.І.

s.t.s., snr. lec. / к.т.н., ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9796-0216

Stelya D.O. / Стеля Д.О.

lec. / викл.

O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications, Odesa, Kuznechna St. 1, 65029

Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова, Одеса, вул. Кузнечна 1, 65029

Анотація. У роботі надані результати дослідження впливу інтерференційних завад на швидкість передавання систем передачі за технологією VDSL2 при роботі по телефонних кабелях типу ТПП. Дослідження проводилося шляхом аналітичного моделювання роботи VDSL2-систем з частотним планом В8-6 [998-М2х-В] по телефонному кабелю типу ТПП 10х2х0,4, як для низхідного, так і для висхідного напрямку передачі. У роботі надано залежності розподілу інтерференційних завад по каналах систем VDSL2 при оптимальних значеннях відліку початку інтегрування. Проаналізовано вплив інтерференційних завад на досягну швидкість передавання систем передачі VDSL2 та визначено умови, за яких інтерференційні завади суттєво обмежують швидкість передавання.

Ключові слова: технологія VDSL2, система передачі, інтерференційні завади, швидкість передавання, телефонний кабель, довжина абонентської лінії.

Вступ.

На даний час найбільший оператор телекомунікаційних послуг в Україні ПАТ «Укртелеком» розпочав в провадження на своїй мережі послуг широкопasmового доступу за технологією VDSL2 [1]. У порівнянні з технологією ADSL2+, застосування технології VDSL2 дозволяє збільшити швидкість передавання даних до 200 Мбіт/с у смузі частот до 30 МГц [2].

Слід зазначити, що збільшення швидкості в порівнянні з технологією ADSL2+ досягається за рахунок зменшення довжини абонентської лінії (АЛ). Доведено, що системи передачі (СП) за технологією VDSL2 можуть гарантувати швидкість у низхідному напрямку (Downstream, DS) 50 Мбіт/с та у висхідному напрямку (Upstream, US) 20 Мбіт/с по багатопарних телефонних кабелях типу ТПП-0,4 при довжині АЛ до 500 метрів [3].

При використанні СП VDSL2 на багатопарних телефонних кабелях основною причиною обмеження швидкості передачі є перехідні завади на дальньому кінці між паралельно працюючими системами [3]. Для придушення перехідних завад застосовується система «векторинг», ефективність застосування якої на кабелях ТПП доведено в роботі [4], при цьому перехідні завади придушуються до рівня теплових шумів. В цьому випадку необхідно враховувати інші фактори, що впливають на швидкість передачі, в першу чергу інтерференційні завади. Але подібні дослідження для вітчизняних мереж ШД на базі технології VDSL2 у наукових роботах відсутні. Тому, представляє інтерес дослідити вплив інтерференційних завад на швидкість передавання СП VDSL2 при роботі по вітчизняних багатопарних телефонних кабелях типу ТПП, які використовуються для побудови мереж ШД.

Вихідні дані та методи моделювання.

Дослідження проводилося шляхом аналітичного моделювання роботи СП VDSL2 за методиками розглянутими у роботі [5] для наступних параметрів:

- СП VDSL2 з частотним планом В8-6 [998-M2x-B] [2];
- лінія передачі – телефонний кабель типу ТПП 10x2x0,4 [3];
- довжина лінії ($l_{\text{л}}$) варіюється в межах – 200...500 м;
- основна частота (рознесення частот між каналами) – $f_0 = 17,25$ кГц;
- кількість відліків інтервалу ортогональності (N) – 2048;
- кількість відліків захисного інтервалу (L) – 128;
- кількість інформаційних каналів (n) – $n_{DS} = 477$ (з них downstream використовує канали 16...217 та 302...492), $n_{US} = 478$ (з них upstream використовує канали 218...301 та 493...695);
- зовнішні завади задаються як -140 AWGN (адитивний білий гаусівський шум з рівномірним рівнем спектральної густини потужності мінус 140 дБм/Гц).

Результати дослідження.

Для оцінки впливу інтерференційних завад на швидкість передавання СП VDSL2 було визначено розподіл інтерференційних завад h по каналах l при оптимальному значенні відліку початку інтегрування сигналу у приймачі (при

якому середньоарифметичне по всіх інформаційних каналах значення інтерференційної завади є мінімальним). Інтерференційні завади h визначалися, як відсоткове співвідношення ефективних значень інтерференційної завади і сигналу. Графіки залежності h від l при довжині лінії від 200 до 500 м, як для низхідного, так і для висхідного напрямку передавання наведені на рис. 1.

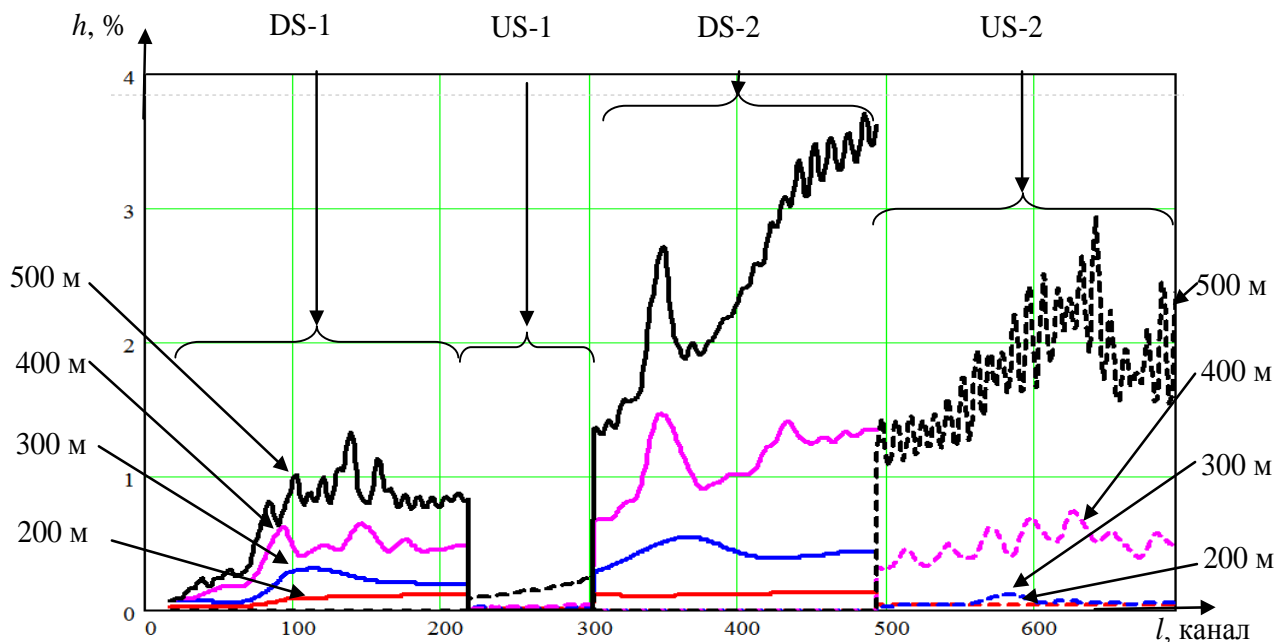


Рис. 1. Графіки розподілу інтерференційних завад по каналах СП VDSL2 в залежності від довжини лінії

Досяжна швидкість передачі в будь-якій телекомунікаційній системі визначається відношенням сигнал/завада (SNR), яке ще називають захищеністю (різниця рівня сигналу і завади, яка вимірюється в Децибелах). Тому для оцінки впливу завад на передачу інформації в СП VDSL2 розглянемо захищеність. На рис. 2 показано розподіл захищеності по каналах СП VDSL2 при довжині 500 метрів без урахування інтерференційних завад (є тільки -140 AWGN) і з урахуванням інтерференційних завад (-140 AWGN+інтерференція).

Результати надані на рис. 2 свідчать про суттєвий вплив інтерференційних завад на результуючу захищеність (захищеність від сумарних завад) СП VDSL2: зменшення захищеності для певних каналів досягає 40 дБ.

У табл. 1 надано результати визначення швидкості передавання СП VDSL2, досяжної по телефонному кабелю ТПП 10x2x0,4. Для оцінки впливу

інтерференційних завад надано результати розрахунку швидкості за відсутності завад (R_0) та з урахуванням інтерференційних завад (R_1), а також визначено абсолютну (ΔR , Мбіт/с) та відносну ($\Delta R\%$, у відсотках) втрату швидкості.

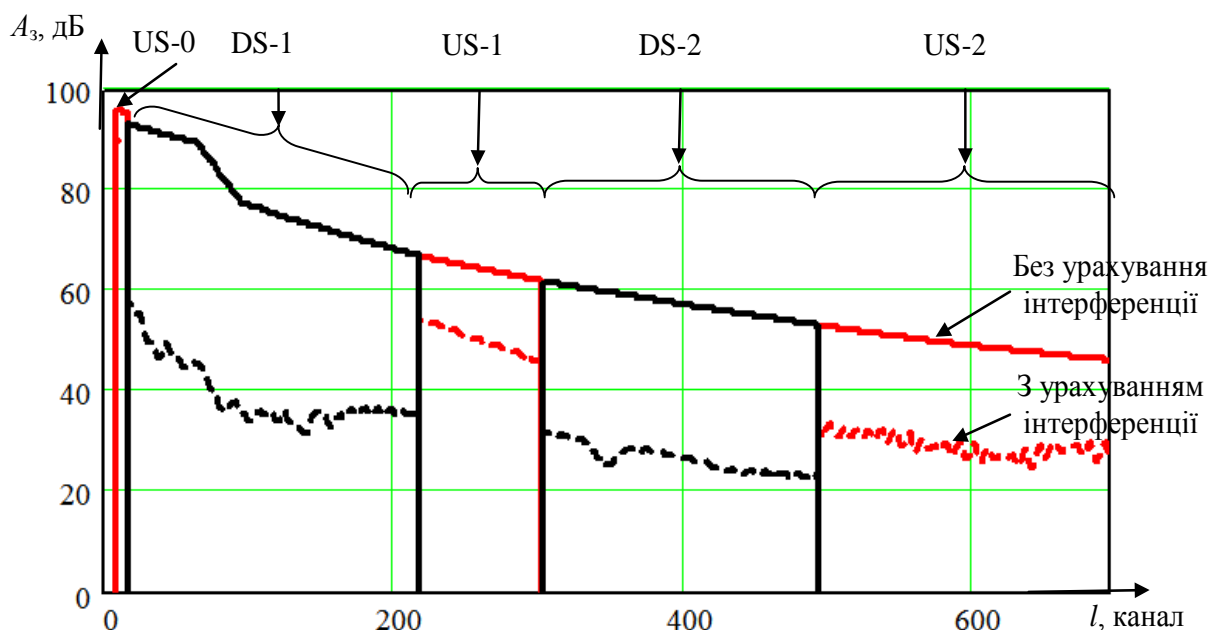


Рис. 2. Порівняння розподілу по каналах СП VDSL2 захищеності сигналу від завад з урахуванням інтерференції та за її відсутності ($l_{\text{д}}=500$ м)

Таблиця 1

Швидкість передавання СП VDSL2 ($\text{AWGN} = -140$ дБм/Гц, ТПП 10x2x0,4)

$l_{\text{л}}$, км	Upstream				Downstream			
	R_0 , Мбіт/с	R_1 , Мбіт/с	ΔR , Мбіт/с	$\Delta R\%$, %	R_0 , Мбіт/с	R_1 , Мбіт/с	ΔR , Мбіт/с	$\Delta R\%$, %
200	71,04	71,04	0	0	94,32	88,8	5,52	5,9
300	70,32	68,576	1,744	2,5	94,32	71,552	22,768	24,1
400	63,808	53,28	10,528	16,5	93,44	57,968	35,472	37,96
500	57,072	38,944	18,128	31,76	89,28	45,312	43,968	49,2

Аналіз результатів розрахунку швидкості передавання СП VDSL2 наданих у табл. 1 показує, що для обраних параметрів СП VDSL2 спостерігається значне збільшення втрати швидкості передавання за рахунок інтерференційних завад для певної довжини лінії. Так, у низхідному напрямку (Downstream) при збільшенні довжини лінії з 200 до 300 метрів втрата швидкості збільшується у

4 рази – з 5,9 % до 24,1 %. У висхідному напрямку (Upstream) при збільшенні довжини лінії з 300 до 400 метрів втрата швидкості збільшується у 7,5 разів – з 2,5 % до 16,5 %. При довжині лінії 500 метрів інтерференційні завади настільки великі, що призводять до зменшення швидкості передавання на третину (для Upstream) та удвічі (для Downstream).

Висновки.

У результаті проведеного дослідження було визначено вплив інтерференційних завад на швидкість передавання СП VDSL2 при роботі по вітчизняних телефонних кабелях ТПП 10х2х0,4. Визначено, що за тривалості інтервалу ортогональності 2048 відліків та захисного інтервалу 128 відліків інтерференційні завади суттєво обмежують швидкість передавання СП VDSL2 у низхідному напрямку при довжині лінії більшої за 200 метрів, а у висхідному – більшої за 300 метрів. Для зменшення впливу інтерференційних завад пропонується збільшувати тривалість захисного інтервалу, але більш конкретні пропозиції вимагають проведення подальших досліджень.

Література:

1. «Укртелеком» приступила к радикальной модернизации сетей [Електронний ресурс]. – 12. 11. 2015. – Режим доступа: https://ko.com.ua/ukrtelekom_pristupila_k_radikalnoj_modernizacii_setej_113075 – Заголовок з екрана. – Дата доступу: 16.08.18.
2. ITU-T. Recommendation G.993.2 : Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2). – Appr. 2015, January. – Geneva, 2015. – 430 p.
3. Дослідження технології VDSL2 на мережі ШСД ПАТ «Укртелеком»: Звіт про НДР / Державне підприємство «Одеський науково-дослідний інститут зв'язку»; керівн. В.О. Балашов; викон.: В. Орешков [та ін.]. – Одеса, 2017. – 117 с. – № ДР 0116U008197.
4. Балашов В.О. Характеристики широкополосного доступу за технологією VDSL2 із застосуванням системи компенсації перехідних завад «векторинг» / В.О. Балашов, Л.М. Ляховецький, В.І. Орешков // Научные труды SWorld:

международное периодическое научное издание. – Иваново: Научный мир, 2015. – № 3 (40). – Т. 3. – С. 4 – 11.

5. Ортогональні гармонічні сигнали узагальненого класу: монографія / [В.О. Балашов, І.Б. Барба, Л.М. Ляховецький, В.І. Орешков]. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2016 – 146 с.: 120 рис., 13 табл.

References:

1. «Ukrtelekom» pristupila k radikal'noy modernizatsii setey [Ukrtelecom has started a radical modernization of networks] [Electronic resource]. 12. 11. 2015. Access mode: https://ko.com.ua/ukrtelekom_pristupila_k_radikalnoj_modernizacii_setej_113075. The title on the screen. Access date: 16.08.18.

2. ITU-T. Recommendation G.993.2: Very high speed digital subscriber line transceivers 2 (VDSL2). Appr. 2015, January. Geneva, (2015): 430 p.

3. Doslidzhennya tekhnolohiyi VDSL2 na merezhi SHSD PAT «Ukrtelekom» [Investigation of VDSL2 technology on Ukrtelecom PJSC broadband network] Zvit pro NDR. Derzhavne pidpryyemstvo «Odes'kyy naukovo-doslidnyy instytut zv"yazku» [R & D Report." State Enterprise "Odesa Research Institute of Communication." Odesa]. (2017): 117 p. № DR 0116U008197.

4. Balashov V.O., Lyakhovets'kyy L.M., Oreshkov V.I. (2015). Kharakterystyky shyrokosmuhovoho dostupu za tekhnolohiyeyu VDSL2 iz zastosuvannyam systemy kompensatsiyi perekhidnykh zavrad «vektorynh» [Broadband access features by VDSL2 technology using crosstalk compensation system «vectoring»] in Naučnye trudy SWorld [Scientific works SWorld], issue 40, vol.3, pp. 4-11.

5. Balashov V.O., Barba I.B., Lyakhovets'kyy L.M., Oreshkov V.I. (2016). Ortohonal'ni harmonichni syhnały uzahal'nenoho klasu: monohrafiya [Generalized Class Orthogonal Harmonic Signals: Monograph]. Odesa: KUPRIYENKO SV. 146 p.

Abstract. *The paper presents the results of the research of the interference noise influence on the transmission systems using VDSL2 technology (VDSL2-systems) when working on TPP-0.4 type telephone cables of the PJSC «Ukrtelecom» network. The research was carried out by analyzing the modeling of VDSL2-systems with frequency plan B8-6 [998-M2x-B] over TPP 10x2x0.4 type telephone cable, for both the downstream and upstream transmission direction. The line length varies in the range between 200 and 500 meters. In the paper the dependences of the interference noise distribution on channels of the VDSL2-systems with the optimal values of the integration start are given. The immunity (signal to noise ratio) taking into account interference is determined. The results of calculating the achievable transmission rate of VDSL2-systems with allowance for interference noise and without their taking into account are given. The interference noise influence on the transmission rate by means of the determining of the rate loss due to interference noise is analyzed and the conditions in which interference noise significantly limits the transmission rate are defined.*

Key words: VDSL2 technology, transmission system, interference noise, transmission rate, telephone cable, subscriber line length.

Рецензент: к.т.н., Ляховецький Л.М.

Статья отправлена: 04.04.2019 г.

© Орешков В.І., Стеля Д.О.