

УДК 621.391

ANALYSIS OF THE INTERFERENCE IMPACT ON THE TRANSMISSION RATE OF G.FAST BROADBAND ACCESS SYSTEMS

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ЗАВАД НА ШВИДКІСТЬ ПЕРЕДАВАННЯ СИСТЕМ ШИРОКОСМУГОВОГО ДОСТУПУ G.FAST

Oreshkov V.I. / Орешков В.І.

c.t.s., as. prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-9796-0216

Balashov V.O. / Балашов В.О.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф

ORCID: 0000-0001-6122-4647

Hynda V.V. / Гинда В.В.

lecturer / викладач

Zapotichnyi D.Y. / Скрипник Ю.О.

student / здобувач

State University of Intelligent Technologies and Telecommunications,
Odesa, Kuznechna, 1, 65023Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку,
Одеса, Кузнечна, 1, 65023

Анотація. В роботі розглядається аналіз впливу інтерференційних завад на швидкість передавання систем передачі за технологією G.fast. Розглянуто варіанти роботи систем передачі G.fast по кабелях типу ТПП 10x2x0,4 та UTP Cat5e 4x2x0,5 при застосуванні ортогональних гармонічних сигналів узагальненого класу. Для оцінки впливу інтерференційних завад на швидкість передавання визначено потенційно досяжні швидкості за відсутності завад – ідеальні умови роботи СП G.fast. Вплив інтерференційних завад оцінювався по втраті швидкості розглянутих варіантів відносно ідеальних умов. Дослідженням доведено перевагу роботи G.fast по кабелю UTP Cat5e 4x2x0,5.

Ключові слова: широкосмуговий доступ, інтерференція, технологія G.fast, система передачі, швидкість передавання, ортогональні гармонічні сигнали

Abstract. The paper presents an analysis of the interference impact on the transmission rate of G.fast transmission systems. Operation scenarios of G.fast transmission systems over TPP 10×2×0.4 and UTP Cat5e 4×2×0.5 cables using orthogonal harmonic signals of a generalized class are analyzed. To evaluate the effect of interference on transmission rate, the potentially achievable rates under interference-free conditions – representing the ideal operating mode of G.fast systems – were determined. The influence of interference was assessed by measuring the rate loss of the considered configurations relative to these ideal conditions. The research demonstrates the advantage of G.fast operation over UTP Cat5e 4×2×0.5 cable.

Key words: broadband access, interference, G.fast technology, transmission system, transmission rate, orthogonal harmonic signals

Вступ.

Технології передавання даних, що базуються на використанні багатопарних мідних кабелів, і сьогодні залишаються важливою складовою мереж фіксованого широкосмугового доступу (ФШСД). Незважаючи на активне впровадження оптичних рішень, значна частина операторів зв'язку прагне максимально

продовжити експлуатацію існуючої мідної інфраструктури, поступово інтегруючи її з сучасними оптичними технологіями. Такий еволюційний підхід до модернізації мереж доступу ґрунтується на концепціях FTTx і передбачає зменшення довжини мідних ділянок абонентської лінії з одночасним підвищенням швидкості передавання даних. Поєднання волоконно-оптичних сегментів із мідними лініями дозволяє формувати гібридні мережі FTTx, здатні ефективно конкурувати з повністю оптичними системами FTTH, забезпечуючи при цьому поступовий та економічно доцільний перехід до технологій нового покоління [1].

Однією з ключових технологій, що сприяє реалізації такого підходу, є G.fast – стандарт, розроблений для забезпечення швидкостей передавання, близьких до оптичних, за умови використання як середовища передачі звичайних мідних кабелів [2]. Завдяки розширеному робочому частотному діапазону та вдосконаленим методам модуляції G.fast здатна досягати гігабітних швидкостей на відносно коротких відстанях, що робить її перспективним рішенням для модернізації існуючих мереж доступу. У попередніх дослідженнях було розглянуто роботу систем передачі G.fast по традиційних телефонних кабелях [3]. Однак, з огляду на практичну обмеженість довжини мідної ділянки (як правило, не більше 250 метрів), виникає необхідність детального вивчення потенційних характеристик систем G.fast при застосуванні кабелів типу вита пара UTP Cat5e, які широко використовуються в сучасних локальних мережах та мережах абонентського доступу.

Постановка задачі та вихідні дані.

Відомо, що при роботі систем передачі (СП) по електропроводних кабелях лінійний сигнал піддається лінійним спотворенням які призводять до інтерференційних завад, що може впливати на швидкість передавання СП. А для СП за технологією G.fast, яка працює у широкому діапазоні частот (більше 100 МГц) інтерференційні завади можуть суттєво знижувати швидкість передавання. Отже, важливим питанням є дослідити, яким чином інтерференційні завади впливають на швидкість передавання СП G.fast.

Зауважимо, що в Україні в експлуатації все ще залишаються багатопарні телефонні кабелі типу ТПП, а з іншого боку прокладаються кабелі типу «вита пара», в основному UTP Cat 5e. Враховуючи це доцільним є порівняти досяжну швидкість передавання СП G.fast при роботі по кабелях ТПП і UTP Cat 5e.

СП G.fast, як і попередні технології ФШСД, такі як ADSL і VDSL використовує метод передавання множиною ортогональних гармонічних сигналів-носіїв (ОГС) відомий як OFDM або DMT [4]. У попередніх роботах було доведено ефективність застосування ОГС узагальненого класу у порівнянні з класичними ОГС, з точки зору ефективності протидії інтерференції [5]. Тому, в дослідженні використовуємо саме ОГС-УК.

Щоби проаналізувати вплив інтерференційних завад на досяжну швидкість передавання СП G.fast при роботі по кабелях ТПП 10x2x0,4 і UTP Cat 5e 4x2x0,5 необхідно розрахувати швидкість за відсутності завад (ідеальний варіант), а також з урахуванням інтерференційних завад. Втрата швидкості у порівнянні з ідеальним варіантом і буде мірою впливу інтерференційних завад.

Для розрахунку величини інтерференційних завад і швидкості передавання СП G.fast використані методики описані у [4].

Вихідні дані на дослідження надані у таблиці 1.

Таблиця 1 - Вихідні дані для дослідження СП G.fast

Кабель	ТПП 10x2x0,4	Cat 5e 10x2x0,5
Лінійні сигнали	ОГС узагальненого класу	
Довжина лінії, l	50 ... 250 м	
План частот	106 МГц	
Основна частота, f_0	51,75 кГц;	
Кількість відліків інтервалу ортогональності, N	4096	
Кількість інформаційних каналів, n	2009 (39...2047)	
Кількість відліків захисного інтервалу, L	320	

Результати досліджень.

Результати розрахунку швидкості передавання СП G.fast при роботі по

кабелях ТПП 10x2x0,4 та Cat.5e 4x2x0,5 представлені у табл. 2 при використанні ОГС узагальненого класу (відповідно $R_{\text{ОГС-УК ТПП}}$ і $R_{\text{ОГС-УК Cat5}}$), як вказано вище, для оцінки впливу інтерференційних завад також було розраховано швидкості за умови відсутності завад (ідеальний варіант роботи, позначено як R_0 ТПП і R_0 Cat5) та визначено абсолютну (у Мбіт/с) та відносну (у відсотках) втрату швидкості за рахунок інтерференційних завад відносно ідеального варіанту (ΔR).

На рис. 1 показано порівняння швидкості передавання СП G.fast по кабелях ТПП 10x2x0,4 та Cat.5e 4x2x0,5 з урахуванням інтерференційних завад.

Таблиця 2 - Швидкість передавання СП Gfast

$l_{\text{л}}, \text{м}$	ТПП 10x2x0,4				Cat.5e 4x2x0,5			
	R_0 ТПП, Мбіт/с	$R_{\text{ОГС-УК ТПП}}$, Мбіт/с	$\Delta R_{\text{ТПП}}$, Мбіт/с	$\Delta R_{\text{ТПП}}$, %	R_0 Cat5, Мбіт/с	$R_{\text{ОГС-УК Cat5}}$, Мбіт/с	ΔR_{Cat5} , Мбіт/с	ΔR_{Cat5} , %
50	1141	1141	0	0	1155	1155	0	0
100	935,80	934,75	1,05	0,1	1093	1092	1	0,09
150	686,83	685,42	1,42	0,2	937,056	936,768	0,29	0,03
200	473,71	471,61	2,10	0,44	770,016	769,872	0,14	0,02
250	349,72	343,0	6,72	1,92	605,136	604,704	0,43	0,07

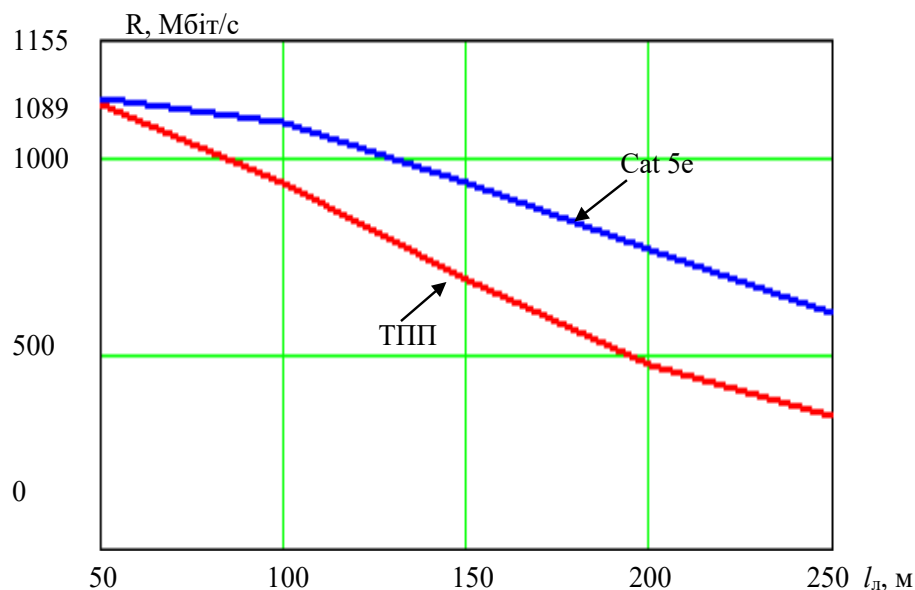


Рисунок 1 - Порівняння швидкості передавання СП G.fast по кабелях ТПП 10x2x0,4 та Cat.5e 4x2x0,5

Аналіз впливу інтерференційних завад на швидкість передавання СП G.fast при роботі по кабелях ТПП 10х2х0,4 та Cat.5e 4х2х0,5 при використанні ОГС узагальненого класу з дозволяє зробити наступні висновки:

- для варіанту роботи СП G.fast по кабелю ТПП 10х2х0,4 наявність інтерференційних завад призводить до втрати швидкості відносно ідеального варіанту в залежності від довжини лінії до 6,7 Мбіт/с або 1,9 %;
- для варіанту роботи СП G.fast по кабелю Cat.5e 4х2х0,5 наявність інтерференційних завад призводить до втрати швидкості відносно ідеального варіанту в залежності від довжини лінії до 1 Мбіт/с або 0,09 %;
- порівняння варіантів роботи СП G.fast по кабелях ТПП 10х2х0,4 та Cat.5e 4х2х0,5 показує, втрата швидкості по кабелю Cat.5e 4х2х0,5 у 4 рази менша.

Висновки.

Проведені в роботі дослідження дозволили оцінити вплив інтерференційних завад на швидкість передавання систем передачі за технологією VDSL G.fast. Визначення швидкості СП G.fast проводилося для варіантів роботи по кабелях ТПП 10х2х0,4 та UTP Cat5e 4х2х0,5 при застосуванні ОГС узагальненого класу. Порівняння роботи СП G.fast по кабелях ТПП 10х2х0,4 та UTP Cat5e 4х2х0,5 показало, що кабель UTP Cat5e 4х2х0,5 за рахунок менших лінійних спотворень забезпечує менший вплив інтерференційних завад на швидкість СП G.fast у 4 рази.

Література:

1. Балашов В.О., Лашко А.Г., Ляховецький Л.М., Орешков В.І., Педяш В.В., Решетнікова О.С., Солдаткіна А.В. (2016), Перспективні телекомунікаційні технології мереж широкосмугового доступу: монографія, Одеса, КУПРІЄНКО СВ, 200 с. ISBN 978-966-2769-98-2.

2. ITU-T. Recommendation G.9701: Fast access to subscriber terminals (G.fast) – Power spectral density specification. [Text]. Appr. 2014-04-04. 22 p.

3. Balashov, V.A., Oreshkov, V.I., Barba, I.B. et al. Speed Estimation of Broadband Access to Internet via xDSL Technology. Radioelectron.Commun.Syst. 65,

439–445 (2022). <https://doi.org/10.3103/S0735272722080052>.

4. Балашов В.О., Барба І.Б., Лашко А.Г., Ляховецький Л.М., Орешков В.І., Педяш В.В., Яневич О.К. (2018), Телекомунікаційні технології мереж широкосмугового доступу: монографія, Одеса, ОНАЗ ім. О.С. Попова, 276 с. ISBN 978-617-582-057-5.

5. Oreshkov V.I., Stelia D.O. Research of interference noise in VDSL2 systems when operating over TPP type telephone cables. Proc. of the O.S. Popov ONAT "Information Science and Communication". 2019. Issue №1. P. 87 – 96.

Статтю надіслано: 20.09.2025 р.

© Орешков В.І.