

# **СОЛІТОННІ ОПТИЧНІ ЛІНІЇ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*В роботі проведено дослідження солітонних оптичних ліній зв'язку на основі нових форматів та технологій передачі даних.*

**Ключові слова:** оптичне волокно, волоконні лінії зв'язку, солітонні лінії зв'язку.

## **Abstract**

*The research of soliton optical communication lines on the basis of new formats and technologies of data transmission has been carried out.*

**Keywords:** optical fiber, fiber lines, soliton communication lines.

## **Вступ**

Дослідження волоконно-оптичних технологій в даний час є одним з найбільш перспективних та актуальних завдань в сфері нелінійної оптики та фотоніки. Великий інтерес представляють завдання передачі інформації із використанням оптичних ліній зв'язку. Лідерами ринку телекомунікацій є ВОЛЗ, які володіють рядом переваг в порівнянні з лініями електропередач і радіозв'язку, а саме: низькі втрати потужності сигналу, широкий спектр передачі, стійкість до механічних пошкоджень, відсутність взаємних впливів між волоконними кабелями та інші [1].

Враховуючи високу собівартість експериментальних ВОЛЗ та складність проведення експериментальних досліджень, які вимагають значних витрат часу, тому в завданнях оптимізації параметрів і розробки ліній зв'язку широко використовується математичне моделювання. Воно дозволяє досліджувати механізми спотворення сигналів в процесі їх поширення по ВОЛЗ та проводити аналіз ефективності ліній зв'язку. Таким чином, математичне моделювання та чисельні методи представляють собою потужний інструментарій для вирішення завдань волоконної оптики. Чисельне моделювання особливостей використання солітонних технологій, як в задачах передачі інформації по лініях зв'язку, так і в задачах генерації локалізованих імпульсів, з використанням високопродуктивних обчислювальних комплексів, без сумніву, є важливою і актуальною задачею.

Метою роботи є: дослідження переваг використання солітонних технологій в волоконно-оптичних лініях зв'язку, а також дослідження використання функціональних характеристик в багатоосередних ОВ; розробка та адаптація математичних моделей, задіяних в дослідженні нелінійних спотворень сигналу при поширенні в волоконно-оптичних солітонних лініях зв'язку.

Об'єктом дослідження справжньої роботи є солітонні волоконно-оптичні лінії зв'язку, головними елементами яких є модулятор, волоконний світловод, модуль цифрової обробки і детектор сигналу. Методологія і методи дослідження складаються з комплексного аналізу вивчення поширення солітонів сигналу по ВОЛЗ.

## **Основна частина**

За рахунок впровадження волоконно-оптичних технологій протягом останніх 30 років забезпечується експоненціальне зростання швидкості передачі інформації [2]. В даний час ВОЛЗ зв'язку є найбільш поширеним способом передачі інформації на значні відстані: приблизно 10000 км (трансокеанські лінії зв'язку), 1000 км (магістральні лінії зв'язку). Пропускна здатність сучасних ВОЛЗ зв'язку може становить понад 30 Тбіт/с при довжині волоконно-оптичного лінійного тракту декілька тисяч кілометрів [3].

Основним фактором, що обмежує зростання пропускної здатності ВОЛЗ є вплив нелінійних ефектів в ОВ при підвищенні потужності сигналу [4]. Через вплив нелінійних ефектів відбувається зниження спектральної ефективності, що характеризує залежність відношення швидкості передачі даних від ширини спектрального каналу при зростанні потужності сигналу та зниженні дальності передачі інформації. Одним із методів підвищення спектральної ефективності є використання

солітонів в якості імпульсів, що переносять інформацію. Солітон є когерентною, стійкою структурою та стійкий до нелінійних спотворень і здатний поширюватися зберігаючи свою форму за рахунок взаємної компенсації нелінійних та дисперсійних ефектів, і тому ідеально підходить для передачі інформації в нелінійному середовищі, тобто в оптичному волокні. Крім того, когерентність солітону означає збереження значення фази уздовж профілю імпульсу, що означає, можливість його використання для кодування інформації за значенням фази електромагнітного поля. [5].

В таблиці 1 вказані результати проведеного оцінювання продуктивності солітонних ліній зв'язку на основі статистичного параметра помилки EVM. Для кожного з розглянутих типів волокон були визначені межі безпомилкової передачі даних для різних форматів модуляції. Наприклад, для DSF волокна можлива передача даних 10 Гбіт / с на відстані порядку 14 тис. км, 20 Гбіт / с - 9 тис. км, і 30 Гбіт / с - 3.5 тис. км [6].

Таблиця 1 – Функціональні характеристики солітонних ліній зв'язку: максимальна відстань безпомилкової передачі даних для різних форматів модуляції і типів волокон.

Формат модуляції оптичних сигналів у ВОСП	Тип ОБ та довжина ВОЛЗ на основі солітонових технологій		
	DSF	TWF	SSMF
BPSK	14 тис.км.	16 тис.км.	>20 тис.км.
QPSK	9 тис.км.	10 тис.км.	20 тис.км.
8-PSK	3,5 тис.км.	3,5 тис.км.	12 тис.км.

### Висновки

Виконано дослідження максимальної швидкості передачі даних при максимальній довжині ВОЛТ та інших параметрів солітонних оптичних ліній зв'язку, які проводилися на основі розроблених алгоритмів оцінки спектральної ефективності, дисперсії випадкових часових і фазових флуктуацій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 26 Tbit/s linerate super-channel transmission utilizing all-optical fast Fourier transform processing / D. Hillerkuss, R. Schmogrow, T. Schellinger et al. // Nature Photonics. — 2011. — Vol. 5(6). — P. 364–371.
2. Single-laser 32.5 Tbit/s 16QAM Nyquist WDM transmission / D. Hillerkuss, R. Schmogrow, M. Meyer et al. // Journal of Optical Communications and Networking. — 2012. — Vol. 4. — P. 715–723.
3. 20 Tbit/s transmission over 6860 km with sub-Nyquist channel spacing / J. Cai, C.R. Davidson, A. Lucero et al. // Journal of Lightwave Technology. — 2012. — Vol. 30. — P. 651–657.
4. Capacity limits of optical fiber network / R. Essiambre, G. Kramer, Winzer P., B. Goebel // Journal of Lightwave Technology. — 2010. — Vol. 28. — P. 662–701.
5. Ellis A. D., Zhao J. Impact of nonlinearities on fiber optics communications: optical and fiber communication reports 7 / Ed. by S. Kumar. — Springer, 2011.
6. Essiambre R.-J. Impact of fiber parameters on nonlinear fiber capacity // Proceedings of Optical Fiber Communication Conference. — 2011.

**Васильківський Микола Володимирович** — доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mvasylkivsyi@gmail.com

**Vasykivsky Nikolay** — Associate Professor at the Department of Telecommunication System and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivsyi@gmail.com

**Гоголкіна Анастасія Олександрівна** — студентка групи ТКС-17мі, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tknastyia@ukr.net

**Gogolkina Anastasia Aleksandrovna** — a student of group TKC-17 mi, the faculty of Infocommunications, electronics and nanosystems, Vinnytsia national technical University, Vinnytsia, e-mail: tknastyia@ukr.net