

МЕТОД ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛІВ ПО УНІВЕРСАЛЬНОМУ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНОМУ ІНТЕРФЕЙС-КАНАЛУ У СУЧАСНИХ ПРОМИСЛОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ ЗВ'ЯЗКУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. В роботі розглянуто аспекти і проведено аналіз перспектив розвитку методу передачі даних у сучасних промислових волоконно-оптичних інтерфейсах для організації зв'язку на промислових об'єктах. Даний метод дозволяє передачу промислових сигналів моніторингу технологічних процесів та телекерування із вищими якісними і швидкісними показниками.

Ключові слова: волоконно-оптичний, інтерфейс-канал, промислові мережі, ProfiBus, ModBus, ProfiNet.

Abstract. The paper considers aspects and analyzes the perspectives of the method of data transmission in modern industrial fiber optic interfaces for the organization of communication on industrial objects. This method allows the transmission of industrial signals for monitoring technological processes and telecontrols with higher quality and high performance.

Keywords: fiber-optic, interface-channel, industrial networks, ProfiBus, ModBus, ProfiNet.

Сучасні інформаційні мережі на базі прогресивних технологій промислового зв'язку, такі як ProfiNet та SmartGrid використовують інформаційні інтерфейс-канали на базі мідної витої пари і оптичного волокна для передачі сигналів керування (телемеханіки) і аналіз від сенсорів і промислової автоматики на промислових об'єктах із керуванням в кінцевих операційних інтерфейсах Scada/HMI. В більшості випадків використовуються новітні технології інтерфейсів ProfiBus, ModBus та EtherNet/IP із інтеграцією по протоколам RS-232, RS-485. Із метою підвищення рівня інтелектуалізації на сучасних промислових об'єктах використовуються інтелектуальні рішення і технології гнучкої комутації каналів і пакетів на базі комплексних smart-комутаторів. В цьому завданні великі можливості і переваги має оптоволоконний кабель. Волоконно-оптичні канали застосовуються переважно у мережах передавання даних. При цьому, за останні декілька років, ВОЛЗ почали застосовувати у локальних системах передачі та інтерфейсах у промисловості, завдяки вищим показникам швидкодії та малому рівню спотворення і ослаблення оптичних сигналів для значного підвищення пропускну здатності комунікаційних каналів в інформаційних мережах зв'язку. Але, крім того, у більшості випадків виникають 3 основні проблеми: 1) великі завади та недостатній рівень гальванічної розв'язки входів та виходів; 2) зменшення смуги пропускання при зростанні кількості паралельно підключених промислових пристроїв на спільну шину; 3) неможливість якісної дистанційної передачі автономного гальванічно-розв'язаного живлення малої потужності до віддалених сенсорів і інтерфейсів пристроїв телеуправління та телевимірювань. Це не дозволяє будувати промислові мережі телезв'язку та телеуправління для ефективного передачі промислових сигналів даних, які грають дуже важливу роль на сучасних підприємствах. Для вирішення даного завдання необхідне збільшення пропускну здатності комунікаційних каналів сучасних оптичних каналів і підвищення якості самих з'єднань в промислових інформаційних мережах, що можна досягти шляхом використання технології волоконно-оптичних інформаційно-енергетичних інтерфейс-каналів та методів підвищення якісних показників передачі даних від промислових систем у них. В результаті роботи проведений аналітичний огляд методів і засобів передачі інформації у волоконно-оптичних системах згідно актуальному рівню технологій.

В роботі було розглянуто сучасні характеристики різних методів збільшення пропускну здатності і підвищення якісних параметрів у ВОЛЗ-каналах:

1) Оптичне спектральне ущільнення каналів(WDM) у поєднанні із часовим ущільненням каналів (TDM & WDM);

- 2) ортогональне оптичне мультиплексування OFDM для використання більшої інформативності та збереженості оптичного імпульсу;
 - 3) Використання методів інформативного гнучкого кодування і надлишкового кодування;
 - 4) Використання технологій комплексної маніпуляції параметрами амплітуди і тривалості сигналу, а також додавання додаткових інформативних параметрів (таких як поляризація);
 - 5) Використання логіко-часового кодування інформації у волоконно-оптичному тракті та ін.
- Також було розглянуто варіант симбіозу цих технологій, для використання у сучасних інформаційних промислових мережах, таких як ProfiNet.

Розкрито особливості та розроблені підходи, а також вдосконалено метод передавання інформації у волоконно-оптичних середовищах паралельних інтерфейсів. Розглянуто особливості запропонованого метод підвищення якісних показників і розширення смуги пропускання у волоконно-оптичних каналах із застосування ущільнення каналів та комплексних підходів інформаційного кодування при передаванні сигналів даних телеуправління та сенсорної інформації у високошвидкісних паралельних волоконно-оптичних інтерфейсах, який базується на поєднанні технології часового ущільнення TDM та WDM із KVP-перетворення із кодуванням сигналів по фазам і поляризації. Метод пропонується реалізувати на комплексній основі із гнучким алгоритмом з KVP-перетворенням, яке виступає в даному методі в якості проміжного перетворення сигналу перед кодуванням і подальшим часового TDM та хвильовим WDM ущільнення, що виконується по різним довжинам хвиль. Це апріорно і орієнтовно дозволяє отримати часовий вииграш часу латентності імпульсу у сумі із підвищенням інформативності відтворення інформаційного імпульсу, за рахунок паралельності процесу перетворення масиву сигналів в масив ЛЧС меншої розмірності із більшим інформаційним параметрами. Повний часовий вииграш та кількісний вииграш буде оцінено в подальшому

Розглянуто комплексне застосування підходів ортогональне частотного розділення каналів з часовим і хвильовим мультиплексуванням із комплексним виконанням інформаційних перетворень.

Проведений аналіз і розробленні початкові положення дали змогу оцінити сучасний етап області волоконно-оптичних технологій та промислових компонентів ВОЛЗ і можливості їх перспективного використання в промислових мережах ProfiNet. Це є особливо актуальним для практичних задач розрахунку і проектування оптичних мереж передачі даних. Приклад методу показаний на рис. 1 та рис. 2.

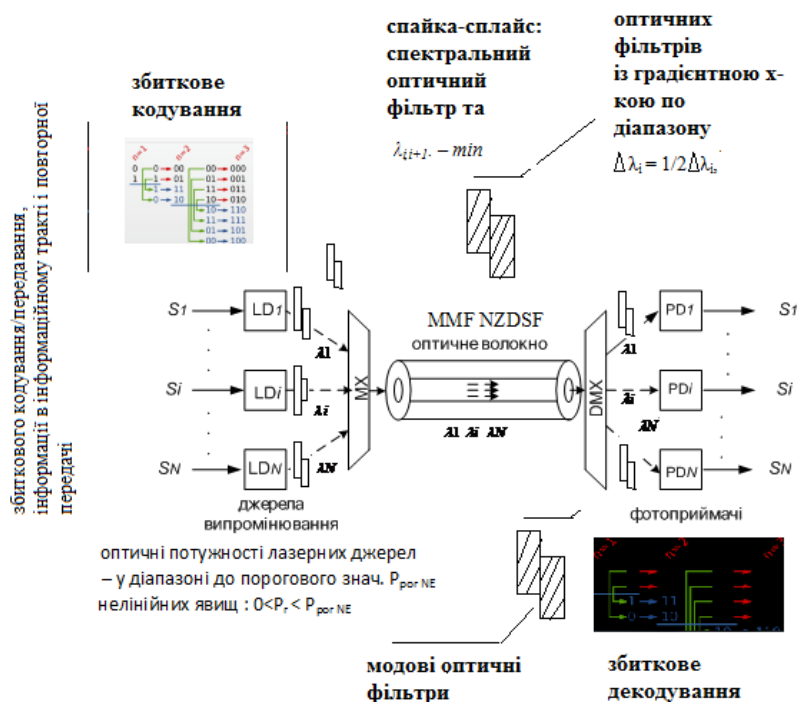


Рисунок 1. Приклад реалізації методу універсальної передачі сигналів у промислових мережах на базі волоконно-оптичних каналів

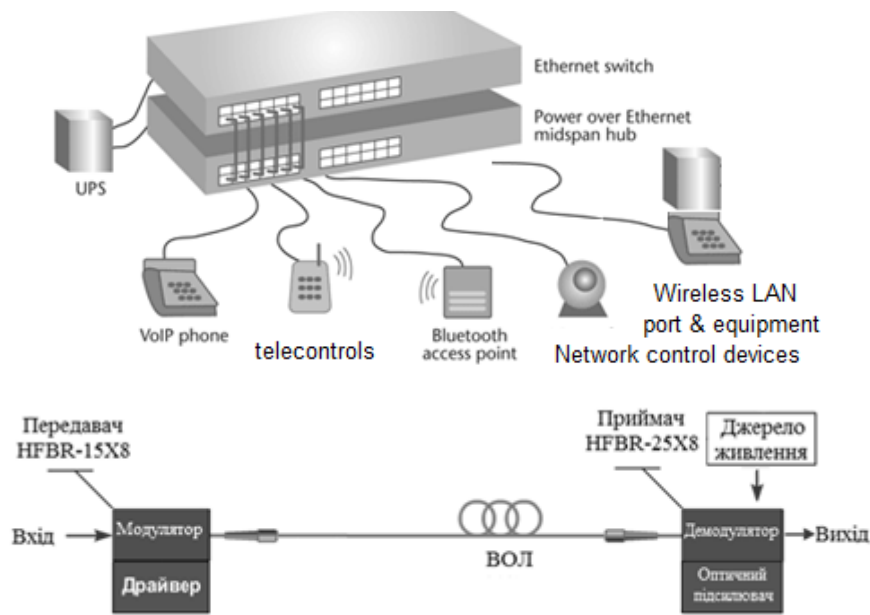


Рисунок 2. Узагальнена структура каналу інтерфейсу із використанням методу і волоконно-оптичних провідників

На відміну від структурної схеми рис.1, структура яка показана на рис. 2 є структурою каналу оптичного інформаційно-енергетичного інтерфейсу промислової мережі на базі ВОЛЗ - провідників із використанням методу. Дана структура передбачає використання меншої кількості оптичних волокон – одного волокна типу MMF NZDSF та іншого у одному кабелі із WDM-мультиплексуванням.. Крім того, завдяки поєднанню довжин хвиль інформаційних каналів з довжинами хвиль інших сигналів у єдиному фізичному середовищі та забезпечення оптичного принципу конвергенції трафіку на різних довжинах хвиль λ_j із загального набору $j=1..K$ спектральних каналів на яких розміщуються сигнали і забезпечується паралельність передачі даних і підвищення надійності функціонування всієї волоконно-оптичної лінії промислової інформаційної мережі.

Організують оптичні канали у вигляді набору довжин хвиль λ_i , $i=1-N$ з близько розташованими оптичними спектрами $\Delta\lambda_i$ та з досить великою величиною густини каналів $T\rho$ у поперечному перерізі волокна, для визначення якої можна запропонувати вираз:

$$N\rho = \sum_{i=1}^N \frac{P_{\text{opt.}\lambda_i}}{S_{\text{core}}} = \sum_{i=1}^N \frac{P_{\text{opt.}\lambda_i}}{\pi r_{\text{core}}^2}, - \sum_{i=1}^N \frac{P_{\text{opt.}\lambda_i}}{\pi r_{\text{core}}^2} \quad (1)$$

де $N\rho_{\text{opt.}\lambda_i}$ – оптична кількість каналів із потужностями P_{opt} довжини хвилі λ_i , що відповідає кожному i -му каналу зв'язку; r_{core} – радіус серцевини оптичного волокна; S_{core} – площа серцевини оптичного волокна; N – кількість каналів у оптичному волокні, розташованих на оптичних частотах λ_i , $i=1-N$. Кількість каналів у одному волокні визначається величинами втрат і перехресних взаємодій спектрів оптичних каналів з врахуванням нелінійних ефектів та робочим вікном прозорості $\Delta\lambda_{\text{роб}}$ оптичного волокна, у якому втрати для цих спектрів оптичних каналів є мінімальними. При використанні таких каналів, інформаційні та енергетичні з довжинами хвиль λ_i , $i=1..N$ – для однієї групи інформаційних сигналів та λ_j , $j=1..K$ – для другої групи інформаційних сигналів, то сумарна кількість спектрів каналів системи S_{sum} із врахуванням фільтрації оптичними фільтрами визначиться як:

$$S_{sum} = \sum_{i=1}^N \lambda_i + \sum_{j=1}^K \lambda_j - \sum_{j=1}^M \Delta \lambda_j - \sum_{j=1}^M \Delta \lambda_j \quad (2)$$

де $F_e(\lambda, 0)$ – спектральний потік випромінювання від джерела. Значення залежностей моделі (2) матимуть вигляд:

$$P_{out}(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{out}(w) \exp(jwt \tau^i_A) dw = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} S_{out}(w) \exp(jwt \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F_e(\lambda_i, 0) \tau_A^i(\lambda_i, l) d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} F_e(\lambda_i, 0) d\lambda}) dw \quad (3)$$

Для вирішення задач збільшення стабільності передачі і оптимальності перерозподілу інформаційних потоків сигналів кожен з 2-х типів оптичних спектральних каналів був доданий на системному рівні для досягнення максимальної ефективності і мінімізації похибок передавання.

В основній роботі розглянуто аспекти і проведено аналіз перспектив розвитку методу передачі даних у сучасних промислових волоконно-оптичних інтерфейсах для організації зв'язку на промислових об'єктах. Даний метод дозволяє передачу промислових сигналів моніторингу технологічних процесів та телекерування із вищими якісними і швидкісними показниками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Lach E. Modulation formats for 100G and beyond / E. Lach, W. Idler // Optical Fiber Technology, 2011 – Vol. 17. – pp. 377–386.
2. Shah Y.K. Formation and Design Considerations of Grid Architecture / Y.K.Shah et. al.// Int. J Comp Sci. Emerging Tech, 2014. – Vol. 5, No. 4. – pp. 169-176.
3. Worldwide LHC Computing Grid [Електронный ресурс]: [Веб-сайт]. – Режим доступа: <http://wlcg.web.cern.ch> (дата обращения 30.11.2016) – Название с экрана.
4. Убайдуллаев Р. Р. Волоконно-оптические сети [Текст] / Р. Р. Убайдуллаев. – М.: Эко-Тренз, 1998. – 268 с.
5. Shah Y.K. Formation and Design Considerations of Grid Architecture / Y.K.Shah et. al.// Int. J Comp Sci. Emerging Tech, 2014. – Vol. 5, No. 4. – pp. 169-176.
6. В.П. Кожем'яко, Маліновський В.І. Структурна організація каналів для повністю оптичних інформаційно-енергетичних мереж // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.- 2007.-№2, С.37-42.
7. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб: Издательство “Питер”, 1999. – 672с.
8. Кожем'яко В.П., Маліновський В.І. Структурна організація каналів для повністю оптичних геоінформаційно-енергетичних мереж. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – №2. – С. 42-44.
9. Е.М.Дианов. На пороге Тера-эры // Квантовая электроника.-2000.- №8(30), С.659-663.
10. Дж.Гауер Оптические системы связи: Пер. с англ.-М.: Радио и связь, 1989.-504с.

МАЛІНОВСКИЙ ВАДИМ ІГОРЕВИЧ – доцент, к.т.н. кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.

БОЙЧУК ВЛАДИСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ .. – магістрант кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.