

## **ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПТИЧНОГО ПІДСИЛЮВАЧА (EDFA) НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ LI-FI**

**Світанько Н.В., Вережкін Л.Л., Хрипко С.Л.**  
*Запорізька державна інженерна академія, Україна*  
*E-mail: svitnik\_1973@ukr.net*

### **The principles of telecommunication systems with EDFA development based on Li-Fi technology**

The principles of telecommunication systems development based on Li-Fi technology, meeting the requirements of the standard IEEE 802.15.7 are considered. The possible directions of practical realization of EDFA systems are analyzed. The project implemented in intelligens optical systems are presented.

Безпроводові комунікаційні технології стали невід'ємною частиною повсякденного життя і продовжують інтегруватись в усі сфери людської діяльності, що зумовлено споживчим попитом користувачів та постійним розвитком телекомунікаційних технологій.

Світ інтернету речей нестримно зростає: по прогнозах консалтингової компанії Gartner, кількість підключених до мережі фізичних об'єктів склала в 2017 році 8 млрд., що на 30% більше, ніж в 2016. До 2020 року в інтернет речей буде об'єднано близько 20,8 млрд пристроїв, по оцінках ABI Research – більше 40 млрд. Значна частина цих пристроїв – «розумні» світлодіодні світильники.

Одним з можливих напрямків вирішення цих проблем є застосування Li-Fi технології. Li-Fi бездротова система зв'язку, в якій замість звичних радіочастот для передачі даних використовується світло. Здатність світлодіодів бути одночасно джерелом освітлення і каналом передачі інформації дозволила створити інтелектуальні інтегровані системи освітлення.[1] У них кожен світильник стає міні-комп'ютером, оснащується датчиками (руху, освітленості, вологості і іншими), поєднується з іншими інформаційними системами (переносними пристроями і домашніми міні комп'ютерами, системами управління будівлею (BMS), системами навігації і іншими).

Сьогодні вважається більш перспективним побудова телекомунікаційних систем з використанням спектра частот видимого світла (VLC).

Традиційна система передачі інформації із використанням елементів Li-Fi технології виглядає наступним чином:

Потужний світлодіод, який є джерелом передачі інформації.

Фотодетектор.

Система підсилення сигналу реєстрації.

Система обробки інформації.

Основним недоліком системи передачі інформації за технологією Li-Fi, є обмеженість у просторі та можливість зовнішнього доступу до безпеки системи при передачі інформації за межі приміщення, де розміщено світлодіоди. Для вирішення проблеми передачі інформації за межі приміщення, де розташована система, нами пропонується структура світлодіодної системи передачі інформації де окремі точки прийому з'єднуються із головним приміщенням за допомогою оптоволоконних ліній.

Основною характеристикою оптичного приймального пристрою (ОПрП) є чутливість – мінімальна потужність оптичного сигналу на вході фотодетектора, що забезпечує необхідну якість прийому, яка оцінюється відношенням сигналу до шуму в аналогових

системах та ймовірністю помилки у цифрових системах. Аналогічно передавальним оптичним модулям (ПрОМ) приймальні пристрої для розроблюваної волоконно-оптичної системи передачі реалізовано у вигляді функційно завершеного виробу оптоелектроніки – приймального оптичного модуля. Типовий ПрОМ вміщує: оптичний з'єднувач або армований відрізок оптичного кабелю для підключення до волоконно-оптичного кабелю, приймач випромінювання (фотодіод або лавинний фотодіод), електронні схеми підсилення та обробки електричного сигналу, а також пристрої для стабілізації режимів роботи.

На рис. 1 наведена структурна схема типового ПрОМ [2].

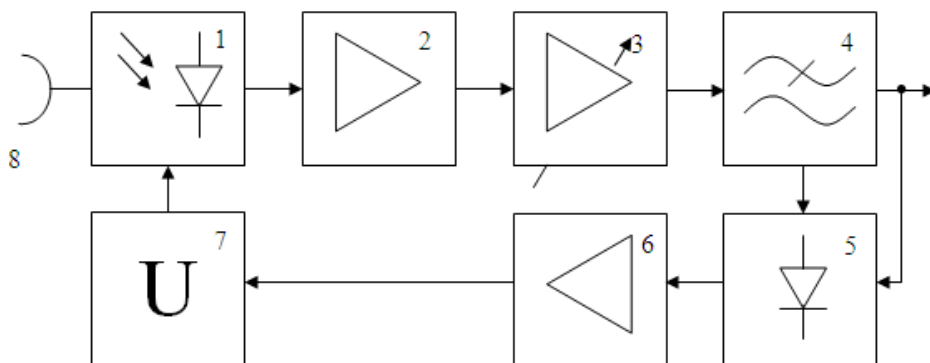


Рис. 1. Структурна схема ПрОМ: 1 - фотодіод, 2 - попередній підсилювач, 3 - основний підсилювач з автоматичним регулюванням підсилення (АРП), 4 - фільтр нижніх частот, 5 - піковий детектор, 6 – підсилювач АРП, 7 - джерело оберненого зміщення фотодіода, 8 – оптоволоконний канал з'єднання

У якості каналу з'єднання використовується звичайне оптичне волокно і з'єднувальними елементами інтегральної оптики [3].

Для ПрОМ нормуються такі параметри та характеристики:

Чутливість – мінімальна середня потужність на виході фотодетектора, що забезпечує необхідне відношення сигнал/шум або необхідний коефіцієнт помилок.

Рівень власних шумів – середньоквадратичне значення флуктуацій вихідної напруги ПрОМ в заданій смузі частот у відсутності вхідного оптичного сигналу.

Спектральна характеристика – залежність вольтової чутливості ПрОМ  $S_u$  (В/Вт) від довжини хвилі оптичного випромінювання, що приймається.

Робоча довжина хвилі – довжина хвилі оптичного випромінювання, що приймається, для якої нормуються параметри ПрОМ.

Смуга пропускання – інтервал частот, в якому значення амплітудно-частотної характеристики ПрОМ не менше половини її максимального значення.

Швидкість передачі – швидкість передачі символів цифрового сигналу на оптичному виході ПрОМ, при котрій його параметри зберігають задані значення.

Відношення сигналу до шуму – відношення амплітуди змінної складової вихідної напруги ПрОМ для заданих характеристик оптичного сигналу, що приймається, до середньоквадратичного значення флуктуацій вихідної напруги, коли приймається немодульване оптичне випромінювання тієї ж потужності.

Коефіцієнт помилок – відношення кількості помилок в цифровому сигналі на виході цифрового ПрОМ в заданому інтервалі часу до кількості символів на цьому інтервалі часу.

У якості попереднього підсилювача 2 (див. рис. 1) у роботі пропонується використати принцип спектрального ущільнення оптичного сигналу за рахунок використання оптичних волокон.

В основу роботи оптичного підсилювача покладений принцип стимульованого (примусового) випромінювання, аналогічний лазерному. Активним середовищем підсилювача є відрізок оптичного волокна (ОВ) короткої довжини (декілька десятків метрів).

Одним із шляхів підсилення оптичних сигналів в фотонних мережах передачі інформації є використання оптичних волокон, легованих ербієм. Оптичні підсилювачі на основі легованих ербієм оптичних волокон (ОПЕОВ), [англомовно – *Erbium Doped Fiber Amplifiers (EDFA)*] вносять значні зміни в технологію оптичного зв'язку, знижуючи загальну вартість систем передачі SDH і одночасно підвищувати надійність та якісні показники роботи систем [4].

Принцип роботи EDFA засновано на тому, що випромінювання накачки проходить ербієвим волокном з довжиною хвилі 0,98 або 1,48 мкм. Іони ербію збуджуються і переходять від стаціонарного енергетичного рівня А до більш високих рівнів В і В, тобто іони ербію поглинають світлову енергію джерела накачки, відбувається накачка іонів ербію і вони переходять на більш високий енергетичний рівень. Їх подальший перехід на низький енергетичний рівень супроводжується одночасним випромінюванням фотону з довжиною хвилі в інтервалі 1,53-1,56 мкм. Це може носити спонтанний характер (природний розлад збуджених іонів при відсутності будь-якого зовнішнього впливу) або стимульований характер (в присутності іонів, що здійснюють процес передачі енергії). Стимульована емісія виробляє додаткові фотони із швидкістю, пропорційною інтенсивності їх надходження.

Оптичний і інформаційний сигнал походить цим волокном, стимулює емісію світла і збуджених іонів, що в свою чергу, підсилює цей сигнал.

У зв'язку із тим, що на даний час відсутні вітчизняні системи ОПЕОВ, в представленій роботі було запропоновано використати нелінійно-оптичний матеріал  $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}:\text{Pr}^{3+}$  (SBBO). Кристал SBBO вперше було отримано у ЗДІА в лабораторії нелінійно-оптичних перетворювачів частоти (НОПЧ) [5]. Празеодимові структури мають найбільшу кількість каналів генерації в порівнянні з іншими матеріалами. Вони дозволяють отримати генерацію у видимому, ближньому та середньому ІЧ – діапазонах при кімнатних температурах, що дає можливість отримання на їх основі низькопорогового лазерного випромінювання з діодною накачкою.

Область застосування EDFA можна розділити на два основних напрямлення:

1. EDFA виконують роль підсилювачів оптичних передавачів, проміжних лінійних підсилювачів та передпідсилювачів. В цьому випадку основна мета використання EDFA – збільшити довжину регенераційної ділянки.

2. Абонентські лінії (лінії абонентського доступу). EDFA тут використовується як підсилювач потужності після передавачів з метою компенсації втрат, обумовлених наявністю таких елементів, як фідери, а також з метою підвищення рівня потужності сигналу в світловоді.

Таким чином, Li-Fi системи на EDFA можуть найближчим часом замінити систему Wi-Fi, підвищивши при цьому показники пропускну здатності, якості обслуговування та безпеки.

## Література

1. Pankaj R. Patil. Introduction to li-fi (light fidelity) technology. IJTRE. 3(4), 600-603. (2015).
2. Стеклов В.К. Нові інформаційні технології: Транспортні мережі телекомунікацій. Київ: «Техніка».- 2004. 488с.
3. Бондаренко В.Г. Современные технологии транспортных сетей связи. – К.,: Радиоаматор.- 2006.-№12.-С.50-52.
4. Becker P., Olsson F., Simpson J. Erbium-Doped Fiber Amplifiers. Academic Press. (1999). 460pp.
5. Svitanko N.V. et al. The luminescence of the Praseodymium-doped Strontium borate  $\text{Sr}_4\text{B}_{14}\text{O}_{25}:\text{Pr}^{3+}$ . Ukr.J.Phys.Opt. 3(2). 155-160. (2002).