

УДК 621.396

О. О. Казіміров, О. В. Долгов

### ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ВНУТРІШНІХ ВІЙСЬК

*Запропоновано створення відомчої мережі проводового зв'язку на основі впровадження волоконно-оптичних систем передачі.*

**Ключові слова:** світловід, волоконно-оптична система передачі, лінія зв'язку.

**Постановка проблеми.** Сучасний стан відомчих мереж зв'язку не відповідає рівню розвитку існуючих систем зв'язку і не задовольняє специфічні потреби державних структур у телекомунікаційному забезпеченні. Основною причиною цього є недостатня дієвість державної та відомчих стратегій розвитку мереж зв'язку. У секторі фіксованого відомчого зв'язку, в основному, використовується застаріле обладнання переважно аналогових систем комутації і передачі. Кінцеве обладнання специфічне і різне за типами. В існуючих системах зв'язку силових структур, у тому числі й внутрішніх військ, постійно виникають фінансові і технічні протиріччя з телекомунікаційними системами приватної форми власності, які забезпечують послуги відомчим системам. У цих умовах актуальним стає вирішення питання створення сучасних мереж електрозв'язку для відомчих структур України.

В основі створення таких систем має бути впровадження сучасних систем передачі інформації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

На жаль, дослідження та публікації, що на сьогодні відомі, не враховують сучасний стан та проблеми, існуючі в системі зв'язку силових структур. А шляхи вдосконалювання зв'язку не відповідають напрямкам, які були визначені Концепцією розвитку електрозв'язку в Україні [1].

**Мета статті** – проаналізувати існуючі направляючі системи проводового зв'язку й обґрунтувати необхідність побудови сучасної

мережі проводового зв'язку для внутрішніх військ на основі запровадження волоконно-оптичних систем передачі.

**Виклад основного матеріалу.** Залежно від типу направляючого середовища існують системи проводового зв'язку, такі, як кабельні, хвилеводні та світловідні.

Проводові лінії слід порівнювати за низкою показників: широкосмужність, затухання, захищеність від завад та вартість. Дуже часто застосовується спеціальний параметр – вартість каналу, зведена до одного кілометра лінії зв'язку, яка знижується із збільшенням ємності передачі.

Ємність систем передачі здебільшого визначається типом направляючого середовища (таблиця).

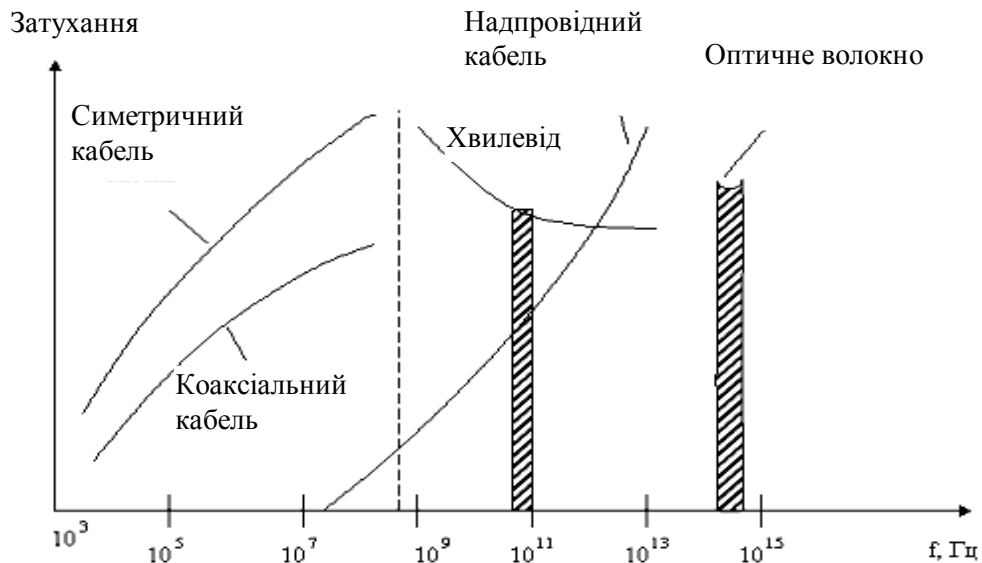
Частотна залежність затухання різних ліній передачі подана на рисунку.

Аналіз рисунка дозволяє зробити такі висновки:

- симетричні кабелі різко збільшують своє затухання зі збільшенням частоти;
- в коаксіальних кабелях затухання зростає більш плавно;
- хвилеводи, що не пропускають електромагнітні коливання нижчих частот, в області високих частот ( $10^{10} \dots 10^{11}$  Гц) мають досить мале затухання, причому зі зростанням частоти затухання зменшується;
- затухання надпровідного кабелю має дуже малі значення аж до  $10^9$  Гц, а потім воно зростає;
- оптичні кабелі ефектні у діапазоні частот  $10^{14} \dots 10^{15}$  Гц.

*Ємність сучасних систем передачі*

Направляюче середовище	Кількість каналів ТЧ
Повітряні лінії	10
Симетричний кабель	100
Коаксіальний і надпровідний кабелі	10000
Хвилевід	100000
Світловід (оптичний кабель)	1000000



Частотна залежність затування різних ліній передачі

Кабельні системи передачі на ближню перспективу будуть широко застосовуватися на магістральній і зонній мережах внутрішніх систем зв'язку. Переважне застосування одержують оптичні кабелі, які впроваджуються як на магістральних мережах, так і на місцевих мережах для створення з'єднувальних ліній між автоматичними телефонними станціями.

Технологічні труднощі прокладання й експлуатації хвилевідних ліній ставлять під сумнів перспективність їхнього застосування на магістральних лініях передачі, для яких вони розроблялися.

Системи передачі з використанням надпровідних кабелів з'являться у більш віддаленій перспективі. Вони плануються для використання у тому ж діапазоні частот, що й коаксіальні кабелі на магістральних лініях великої довжини без проміжних підсилювачів.

Таким чином, оптичні кабелі є найбільш доцільними направляючими системами для сучасних телекомунікаційних систем.

Залежно від співвідношення між діаметром скловолокна і довжиною хвилі світлового випромінювання у оптичному кабелі може поширюватися одна хвиля (одномодовий режим) або одночасно багато типів хвиль (багатомодовий режим). Багатомодові волокна легше виготовити, у них легше ввести оптичне випромінювання, простіше здійснюється з'єднання волокон один з одним. Основним недоліком багатомодових волокон є обмеження швидкості передачі цифрової інформації, викликане явищем дисперсії, що проявляється у перекручуванні форми прямокутних

імпульсів. Гранична швидкість передачі інформації по них становить 20 Мбіт/с. Проте по одномодових оптичних волокнах можна передавати інформацію зі швидкістю 100 Гбіт/с.

Для того щоб реалізувати переваги багатомодових волокон і в той же час підвищити швидкість передачі інформації по них, пропонуються оптичні волокна робити не східчастими, а градієнтними — із плавною зміною показника заломлення осердя від одного краю до іншого. Таке технічне рішення дозволяє вирівняти час ходу різних променів і зменшити дисперсію ("розмивання") світлових імпульсів. Швидкість передачі по градієнтних волокнах зростає у порівнянні зі східчастими волокнами у 100 разів, тобто до 2 Гбіт/с.

Реальні конструкції оптичних кабелів складаються з великої кількості оптичних волокон. Оптичні кабелі зв'язку мають істотні переваги у порівнянні з кабелями інших конструкцій і хвилеводами, зокрема:

- можливість передачі сигналів у широкій смузі частот;
- незначне послаблення сигналів, що передаються;
- відсутність в конструкції дефіцитних матеріалів, що дорого коштують;
- малі діаметр і маса;
- можливість прокладання сумісно зі звичайними проводовими лініями, не побоюючись впливу останніх на поширення сигналів по оптичному кабелю.

Проте волоконно-оптичні технології мають і певні недоліки. Наведемо їх.

1. Необхідні оптичні конектори (з'єднувачі) з малими оптичними втратами і великим ресурсом на підключення-відключення. Точність виготовлення таких елементів лінії зв'язку повинна відповідати довжині хвилі випромінювання, тобто похибки мають бути порядку частки мікрона. Тому виробництво таких компонентів оптичних ліній зв'язку має достатньо велику вартість.

2. Для монтажу оптичних волокон потрібне дороге технологічне устаткування.

3. Як наслідок – у випадку аварії (обриву) оптичного кабелю витрати на відновлення вищі, ніж у разі роботи з мідними кабелями.

Проте переваги від застосування волоконо-оптичних ліній зв'язку настільки значні, що, незважаючи на перераховані недоліки оптичного волокна, ці лінії зв'язку дедалі ширше використовуються для передачі інформації. У найближчі роки потреба у збільшенні кількості каналів буде зростати. Найбільш доступним способом збільшення пропускної здатності є широке впровадження волоконно-оптичних систем передачі (ВОСП).

Упровадження ВОСП на місцевих мережах почалося наприкінці 80-х років із введенням в експлуатацію на міських телефонних мережах (МТМ) вторинної цифрової волоконно-оптичної системи передачі на базі апаратури "Соната-2". З її використанням у багатьох містах споруджені лінії зв'язку.

На міських телефонних мережах ВОСП використовуються для ущільнення з'єднувальних ліній невеликої довжини, що дає змогу відмовитися від устаткування регенераторів у колодязях телефонної каналізації. ВОСП МТМ будуються на базі стандартного каналоутворювального устаткування ІКМ, що дозволяє легко модернізувати існуючі з'єднувальні лінії для роботи по оптичному кабелю.

Вибір елементної бази у процесі реалізації ВОСП і параметри її лінійного тракту залежать від швидкості передачі символів цифрового сигналу. Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕЗ) встановлені правила об'єднання цифрових сигналів і визначено ієрархію апаратури тимчасового об'єднання цифрових сигналів електрозв'язку. Об'єднання інформаційних сигналів здійснюється апаратурою тимчасового об'єднання цифрових сигналів. На виході цієї апаратури цифровий сигнал обробляється скремблером, тобто перетворюється за структурою без зміни швидкості передачі символів для того, щоб

наблизити його властивості до властивостей випадкового сигналу. Це дозволяє досягти стійкої роботи лінії зв'язку поза залежністю від статистичних властивостей джерела інформації. Скрембльований сигнал може подаватися на вхід будь-якої цифрової системи передачі, що здійснюється за допомогою апаратури електричного стику.

Для кожної ієрархічної швидкості МСЕЗ рекомендує свої коди стику, наприклад, для вторинної – код HDB-3, для четвіркової – код СМІ і т. д. Операцію перетворення бінарного сигналу, що надходить від апаратури тимчасового об'єднання у код стику, виконує перетворювач коду стику. Код стику може відрізнитися від коду прийнятого в оптичному лінійному тракту. Операцію перетворення коду стику в код цифровий у ВОСП виконує перетворювач коду лінійного тракту, на виході якого виходить цифровий електричний сигнал, що модулює струм випромінювача передавального оптичного модуля. Таким чином, волоконно-оптичні системи передачі будуються на базі стандартних систем ІКМ заміною апаратури електричного лінійного тракту апаратурою оптичного лінійного тракту.

Оптичне волокно як середовище передачі, а також оптоелектронні компоненти фотоприймача й оптичного передавача накладають обмежувальні вимоги на властивості цифрового сигналу, що надходить у лінійний тракт. Тому між устаткуванням стику і лінійним трактом ВОСП розміщують перетворювач коду. Вибір коду оптичної системи передачі – складне і важливе завдання. На вибір коду, насамперед, значно впливають нелінійність модуляційної характеристики і температурна залежність випромінюваної оптичної потужності лазера, які зумовлюють необхідність використання дворівневих кодів.

На цей час волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) розглядаються, насамперед, як магістральні лінії зв'язку, й у цьому ключі дуже важливим стає впровадження у найближчі роки технології класу "Наддалеке транспортування" (*Ultralong-haul*) [2]. Таким словосполученням позначають спосіб передавання світлових сигналів по оптоволокну на великі відстані без застосування підсилювачів і регенераторів. Домогтися збільшення дистанції "вільного пробігу" з 80 км до прийнятних 500–4 000 км дозволяють алгоритм із використанням прямого виправлення помилок (*Forward Error Correction*), розподілене, а отже, більш однорідне раманівське посилення (*Raman*

*Amplification*), включення так званих EDFA-підсилювачів (*Erbium Doped Fiber Amplifiers*).

EDFA-підсилювач містить ділянку волокна із домішкою ербію, що приводиться у збуджений стан за допомогою лазера накачування. Посилене випромінювання стимулюється світловим потоком. Що стосується раманівського посилення, то воно ґрунтується на явищі змушеного комбінаційного розсіювання світла, у якому своєрідно проявляються риси звичайного комбінаційного розсіювання та змушеного випромінювання, що використовується у квантових генераторах.

Варто підкреслити, що волоконно-оптичні лінії зв'язку мають дуже великі шанси стати основою мереж доступу так званої “останньої милі”. Тут перспективним є розвиток пасивних оптичних мереж PON (*Passive Optical Networks*) [3]. Термін “пасивні” описує той факт, що мережа не включає активних електронних пристроїв, які потребують електроживлення, крім, звичайно, кінцевих передавачів і приймачів. Мета PON – забезпечити створення найбільш дешевих і швидкісних мереж доступу з повним набором служб, які могли б бути продовженням високошвидкісних технологій передачі даних, зокрема IP-трафік, відео, 10/100 *Ethernet*. Пропускна здатність таких мереж повинна забезпечувати трафік у вхідному потоці від 155 до 622 Мбіт/с і 155 Мбіт/с – у вихідному.

Незважаючи на такі райдужні перспективи розвитку телекомунікацій на основі ВОЛЗ, звичайні кабельні системи на базі кручених пар і коаксіальних кабелів можуть стійко використовуватися у місцевих розведеннях кінцевої апаратури абонентів. Крім цього, ще не використані всі можливості переходу телефонної мережі загального користування на *ISDN*, де повинні реалізуватися швидкості передачі 128 кбіт/с, що цілком достатньо для голосового трафіка і передавання службової інформації. Запровадження “інтелектуальних мереж” передавання інформації також дозволить поряд із запровадженням нових телекомунікаційних технологій ефективно використовувати наявні ресурси мідної проводки.

У цей час технологія цифрових абонентських ліній *DSL (Digital Subscriber Line)* дала змогу одержати через кручені мідні пари швидкості передачі у декілька мегабіт на секунду. Однак така передача даних дуже обмежена відстанню (до кількох кілометрів) і високою чутливістю до якості передачі. Тому ця технологія обмежено застосовується і навряд чи вона буде перспективною надалі, особливо якщо очікується широке впровадження в лініях доступу ВОЛЗ. На нашу думку, також не знайде широкого використання технологія передачі даних через силову електромережу, що дуже залежить від архітектури і типу проводу електророзводки.

### **Висновок**

Побудова сучасної мережі проводового зв'язку для внутрішніх військ на основі впровадження волоконно-оптичних систем передачі забезпечить достатню кількість каналів зв'язку, високу якість зв'язку та високошвидкісний обмін інформацією.

### **Список використаних джерел**

1. Концепція розвитку електрозв'язку в МВС України до 2010 року [Текст] (затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 3 грудня 1999 р. № 2238).
2. Ильченко, М. Е. Перспективы развития телекоммуникаций [Текст] / М. Е. Ильченко, С. А. Кравчук // Микроволны и телекоммуникационные технологии : материалы 11 Междунар. конф. – Севастополь, 2001. – С. 237–239.
3. Варакин, В. Е. Направления развития инфокоммуникаций России на основе современных технологий и мировых тенденций [Текст] / В. Е. Варакин // Труды МАС. – 2001. – № 1 (17). – С. 2–13.

*Стаття надійшла до редакції 11.11.2013 р.*

**Рецензент** – доктор технічних наук, професор Г. В. Єрмаков, Академія внутрішніх військ МВС України, Харків, Україна