

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАВАДОСТІЙКОЇ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

У статті проведено аналіз методів та засобів забезпечення завадостійкої передачі інформації в телекомунікаційних мережах які застосовують технології, що дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу завад. Для телекомунікаційних мереж завдання оптимального та якісного прийому інформації полягає у використанні властивостей корисного сигналу, завади та каналу передачі для збільшення ймовірності правильного прийому. Для збільшення ймовірності правильного прийому має бути проведене попереднє оброблення прийнятого сигналу, що забезпечує збільшення відношення сигнал та завада. Канали передачі даних, що застосовують технології, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу завад, краще забезпечують заданих значень показників вірогідної передачі інформації здійснюється за рахунок використання необхідного кодування. Під час передачі такими каналами виникає багато труднощів, пов'язаних із впливом природних, промислових, навмисних та ненавмисних завад. Всі способи завадостійкості загалом ведуть до часової та апаратурної надмірності як із боку джерела інформації, так і з боку адресата. Якщо розглядати завадостійкість телекомунікаційної мережі як здатність системи протидіяти завадам, то треба знати, чим протидіяти і на що протидіяти, тобто для боротьби із завадами потрібні апріорні відомості про властивості носія інформації та про самі завади. Знаючи всі ці властивості сигналу та завади, можна встановити певні відмінності між ними і використати їх для розроблення способів, засобів та методів забезпечення завадостійкості.

Метою даної статті є проведення аналізу методів та засобів забезпечення завадостійкої передачі інформації в телекомунікаційних мережах, що дозволить у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу завад. На відміну від спотворень завади носять випадковий характер. Вони заздалегідь невідомі і тому не можуть бути повністю усунені. Знання методів та засобів побудови сучасних каналів передачі телекомунікаційною мережею в умовах дії завад, дозволить будувати надійні канали передачі інформації для таких мереж.

Ключові слова: завади, завадостійкість, канали передачі, телекомунікаційна мережа, спотворення, вірогідність передачі інформації, надійність, невизначеність.

Постановка проблеми. Сучасні телекомунікаційні мережі визначаються значною кількістю параметрів, функціональними можливостями, конкурентоспроможністю, вимогами до забезпечення захисту інформації, високою надійністю, точністю, вірогідністю, розгалуженою інфраструктурою. Велика кількість службової інформації у таких системах значно зростає разом із ростом об'ємів надання послуг, тому потрібно реорганізувати такі мережі для можливості впровадження нових технологій у майбутньому. Для якісної та надійної передачі даних у телекомунікаційних мережах задача забезпечення завадостійкості є однією із головних задач. Мережа має бути запроектована та експлуатуватись так, щоб у разі наявності завад вона забезпечила задану якість передавання інформаційних сигналів. Розрахунки впливу завад на передавання сигналів та розробка способів зменшення цього впливу є основними задачами, що вирішуються при проектуванні завадостійкості телекомунікаційних мереж. Загалом під завадостійкістю каналу передачі розуміють здатність мережі розрізняти та відновлювати сигнали із заданою достовірністю за наявності зовнішніх та внутрішніх завад. В ряді витоків визначення поняття завадостійкості це здатність системи протистояти шкідливій дії завад, хоча воно більше наближається до розуміння фізичної суті завадостійкості - тут мається на увазі не просто стійкість системи передачі до завад, а її спроможність правильно функціонувати за їх

наявності. Завдання визначення завадостійкості всієї телекомунікаційної мережі досить складне, тому досить часто визначають завадостійкість окремих ланок мережі, наприклад приймача, перетворювача для заданих способів передачі, системи кодування, модуляції тощо. В загальному випадку завадостійкість телекомунікаційної мережі залежить від виду повідомлень, рівня та характеристик завад, параметрів окремих складових частин мережі. В умовах динамічних завад збільшується ймовірність помилки, стає неможливим забезпечення заданого рівня надійності та вірогідності інформації за допомогою простого використання відомих методів кодування. Сучасні методи управління, які застосовуються для забезпечення заданої надійності інформації на основі завадостійких кодів, носять розрізнений характер. У процесі функціонування на сучасні телекомунікаційні мережі та її елементи можуть впливати різні фактори, що порушують її нормальну роботу. Тому вони призводять до порушення роботи каналів та ліній передачі у мережі, фізичного виходу з ладу елементів телекомунікаційної мережі, інших негативних наслідків, у результаті чого вони переходить до стану, за якого вона не може забезпечувати процес доставки необхідної інформації. Тому телекомунікаційна мережа повинна мати здатність протистояти завадам, впливам та перешкодам, які порушують її роботу. Маючи необхідну надійність та завадостійкість телекомунікаційної мережі можливо забезпечити задану стабільність та безперервність управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорія та техніка передачі інформації в телекомунікаційних мережах складалися протягом багатьох років і сьогодні продовжують швидко розвиватися. Особливе місце канали передачі інформації займають у системах управління де враховуються завадостійкість каналів зв'язку, основи побудови телекомунікаційних мереж, застосування імітаційних завад в радіоканалах [1 - 3]. Управління сучасними телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій [4] дозволяє забезпечити задану стабільність та безперервність управління, а математична модель оцінки достовірності передачі інформації в мережах за умов впливу структурних завад [5] дозволяє забезпечити задану стабільність та безперервність управління. Імітаційна модель системи передачі забезпечує підвищення достовірності передачі [6], а роботи Шеннона К.Є. [7] покращують сучасну математичну теорію передачі інформації. Дослідження характеристик захищеності мереж [8] з сигналами OFDM забезпечує перебудову під несущих частот в умовах оптимальних перешкод за допомогою теорії кодів, що виправляють помилки [9]. Аналіз методів виявлення вторгнень у мобільні радіо мережі [10] допомагає забезпечити достовірність передачі інформації та сервісних послуг для мереж при завадах [11]. Аналіз принципів функціонування, технології, протоколи [12] та методи передачі показує, що вони мають як переваги, так і недоліки. Тому проблема підвищення ефективності роботи каналів передачі телекомунікаційних мереж в умовах невизначеності вирішується за рахунок забезпечення вірогідності інформації та за рахунок створення нової інформаційної технології, моделей і методів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити проблему, яка полягає в забезпеченні завадостійкої передачі інформації в умовах невизначеності за рахунок методів, що використовують послідовність процесів багаторівневої адаптації та додаткових показників розкриття невизначеності при впливі різних завад.

Мета роботи – провести аналіз методів та засобів забезпечення завадостійкої передачі інформації у телекомунікаційних мережах, що дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу завад. Це дозволить будувати сучасні надійні канали передачі телекомунікаційною мережею в умовах дії завад.

Основний матеріал досліджень. Проаналізуємо властивості телекомунікаційних мереж, які є найбільш істотними з погляду користувача і з погляду забезпечення заданого рівня вимог до завадостійкості, надійності та вірогідності каналів зв'язку як процесу доставки інформації. В процесі функціонування на телекомунікаційні мережі та її елементи впливають різні фактори, що порушують нормальну роботу. Вони призводять до порушення роботи каналів та ліній зв'язку, фізичного виходу з ладу елементів мереж, інших негативних наслідків, у результаті чого вони переходить до такого стану, при якому не може забезпечувати процес доставки необхідної інформації. Таким чином, сучасна мережа повинна мати здатність протистояти впливам, які порушують її роботу, що забезпечується стійкості її роботи. Під час функціону-

вання доставки інформації може порушуватися не тільки факторами, що безпосередньо впливають на роботу каналу передачі в цілому але і бути готовою до елементів потенційної та реальної завадостійкості. В даному випадку під потенційною завадостійкістю розуміють максимальну завадостійкість для заданих сигналів та завад. Потенційна завадостійкість визначає таку граничну якість, яку можна дістати у заданій телекомунікаційній мережі, проте неможливо перевищити ніяким обробленням для існуючої завади. Загалом реальна завадостійкість - це завадостійкість телекомунікаційній мережі чи окремих її вузлів із урахуванням реального виконання та настройки окремих блоків каналу передачі. Теоретично та технологічно не всі блоки каналу передачі можна виготовити ідеальними із заздалегідь визначеними параметрами. також завжди є похибки установа параметрів тих чи інших вузлів під час експлуатації мережі. Реальна завадостійкість практично залежить від великої кількості факторів та параметрів окремих ланок телекомунікаційної мережі та завжди менша за теоретичну потенційну завадостійкість. В таких умовах телекомунікаційна мережа повинна мати здатність адаптації до всіх можливих змін. Зробимо висновок, що тільки у разі забезпечення усіх властивостей, телекомунікаційна мережа може виконувати своє функціональне призначення - забезпечувати доставку всієї інформації у необхідному обсязі, із заданою якістю та вірогідністю. Дослідження та аналіз існуючого стану та методів забезпечення завадостійкої доставки інформації мереж передачі показав, що перспективним напрямком вирішення проблеми забезпечення вірогідності інформації в умовах значної невизначеності та завад є застосування необхідних видів кодування та багаторівневої структурної та параметричної адаптації із врахуванням розкриття невизначеності. Сьогодні виникає протиріччя між обмеженими можливостями традиційних підходів щодо завадостійкого контролю, класифікації та кодування інформації, методами та моделями забезпечення вірогідності мультимедійної інформації, що ґрунтуються на надлишкових критеріях та потребами створення організованої послідовності процесів адаптації багаторівневих систем із урахуванням невизначеності.

При розгляді методів та засобів забезпечення завадостійкої передачі інформації в телекомунікаційних мережах необхідно розглянути, що в широкому розумінні являє собою передачу різного роду повідомлень із декількох пунктів в ряд пунктів. В технологіях та засобах передачі інформації семантична особливість повідомлень не враховується, і тому задачею системи передачі інформації в телекомунікаційній мережі є лише транспортування даних у визначене місце, так як оцінка змісту отриманих повідомлень це справа самого одержувача інформації. Сама теорія і техніка передачі інформації в телекомунікаційних мережах склалися протягом багатьох років і сьогодні продовжують швидко та якісно розвиватися. Особливе місце канали передачі інформації займають у системах управління, у яких необхідно забезпечувати передачу досить великих обсягів потоків інформації із високою швидкістю, достовірністю та надійністю. У процесі функціонування на телекомунікаційній мережі та її елементи впливають багато різних факторів, що порушують нормальну роботу каналу передачі. Ці фактори призводять до порушення роботи каналів передачі, фізичного виходу з ладу елементів та компонентів мереж, інших негативних наслідків. Саму основу теорії потенційної завадостійкості розробив ще у 1946 р. академік В.О. Котельников. У ній вирішуються три такі основні задачі:

- синтез оптимального приймача - знаходження правила його роботи та структурної схеми, що забезпечують найкращу в тому чи іншому розумінні якість приймання;
- аналіз роботи оптимального приймача - обчислення якості приймання сигналів, яка забезпечується цим приймачем;
- порівняння потенційної та реальної завадостійкості.

Для практичного використання останнє завдання має особливе значення. Адже порівнювати реальну завадостійкість різних систем, схем, пристроїв, методів оброблення, видів модуляції не має ніякого сенсу. Таких схем та методів існують сотні та зростання їх числа триває, а мала завадостійкість якоїсь системи чи схеми ще не означає, що вона невдала та неякісна. За таких завад кращої якості й неможливо досягти. Тому порівняння реальної та потенційної завадостійкості дає можливість оцінювати якість реальної системи знайти ще не використані

резерви. Якщо знати потенційну завадостійкість приймача каналу передачі, можна завжди оцінити, наскільки близька до неї реальна завадостійкість існуючих способів приймання та наскільки доцільне їх подальше удосконалення для заданого методу передавання по каналах передачі. Знання про потенційну завадостійкість за різних методів передавання інформації дають змогу порівнювати ці методи між собою та знайти, які із них у цьому відношенні є найбільш оптимальними. Розглянемо кількісну міру завадостійкості. Для теоретичних розрахунків як потенційної, так і реальної завадостійкості застосовуються прямі методи оцінки якості. У разі передавання дискретних первинних сигналів для обчислень використовують ймовірність помилки. Розглянемо деякі принципи та засоби побудови систем передачі інформації по каналах з шумами та перешкодами. На рис. 1 наведена узагальнена схема системи зв'язку із завадами [2]. У загальному вигляді вимоги до системи зв'язку включає: систему передачі інформації - лінії передачі і відповідна апаратура, пристрої чи системи комутації, кінцеві пристрої.



Рисунок 1 – Узагальнена схема системи зв'язку з завадами

В іншому випадку структурна схема системи передачі інформації із завадами складається із джерела та одержувача повідомлень, перетворювачів повідомлення в сигнал та сигналу в повідомлення, каналу зв'язку. На рис. 2 зображена типова структурна схема найпростішої одно каналної системи зв'язку. Джерелом повідомлень та одержувачем в одних системах зв'язку може бути людина, в інших різного роду пристрої - автомат, комп'ютер тощо. Перетворення повідомлення у сигнал повинне бути оборотним. В цьому випадку по вихідному сигналу можна відновити вхідний первинний сигнал, тобто одержати усю інформацію, що є в переданому повідомленні. В протилежному випадку частина інформації буде загублена при передачі.

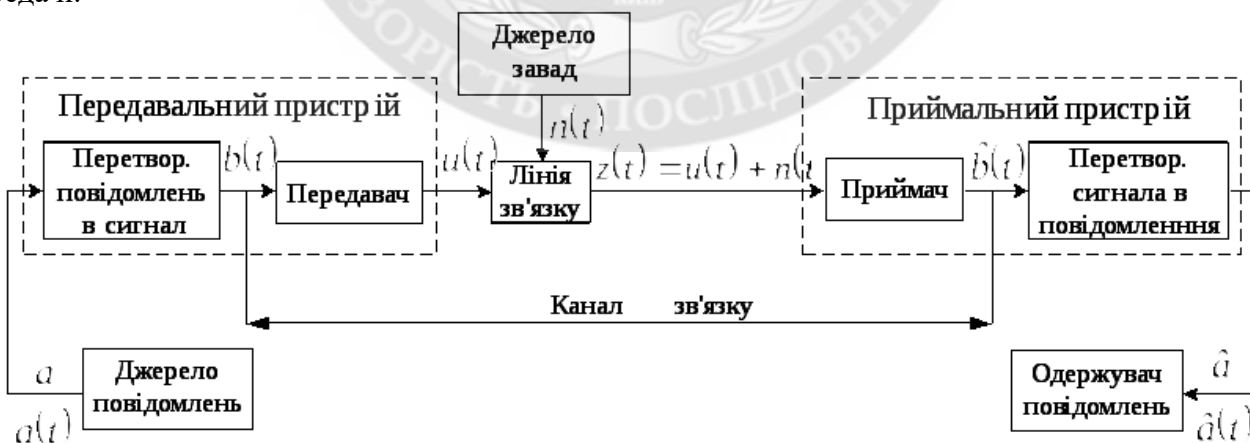


Рисунок 2 – Типова структурна схема системи передачі інформації із завадами

При передачі каналний сигнал $u(t)$ може спотворюватися та на нього можуть накладатися завади $n(t)$. Приймальний пристрій обробляє прийняте коливання $z(t) = x(t) + n(t)$,

яке є сумою перекрученого сигналу $x(t)$ і завади $n(t)$, відновлює по ньому повідомлення a , що з деякою похибкою відображає передане повідомлення a . Тобто приймач повинен на основі аналізу коливання $z(t)$ визначити, яке із можливих повідомлень передавалось. Тому прийомний пристрій є одним із найбільш відповідальних та складних елементів системи зв'язку.

У системі телекомунікацій фізична величина, що підлягає виміру - температура, тиск, швидкість, за допомогою необхідних датчиків перетворюється у первинний електричний сигнал, що надходить на передавач. На прийомному кінці передану фізичну величину чи її зміни виділяють із сигналу та спостерігають чи реєструють за допомогою записуючих пристроїв. Впровадження високоефективних комп'ютерних систем привело до необхідності швидкого розвитку нових систем передачі даних, що забезпечують обмін інформацією між обчислювальними засобами та об'єктами автоматизованих систем керування. Цей вид відрізняється більше високими вимогами до швидкості та вірності передачі інформації.

На рис. 3 наведена узагальнена схема системи передачі інформації в мережі [4]. Приймавши необхідне повідомлення від джерела повідомлень, сам кодер генерує та видає на модулятор вхідну двійкову послідовність із визначеною довжиною - кодове слово. Модулятор перетворює кожен символ на один із двох сигналів, що подаються на вхід каналу передачі інформації у телекомунікаційній мережі. Демодулятор, який підключений до виходу каналу, видає необхідний сигнал. Детектор тут обробляє сигнал та видає елемент інформації, який в двійковому випадку являє собою дійсний скаляр. Декодер перетворює послідовність у розв'язок задачі кодування, що вказує, яке із усієї сукупності кодових слів було передано. Під каналом передачі в даному випадку мається на увазі середовище, за допомогою якого здійснюється передача сигналів від передавача до приймача. Одноразове використання каналу передачі полягає у тому, що передавач певним чином впливає на канал передачі, а приймач спостерігає деякі характеристики каналу, що відображають цей вплив. Якщо ж канал передачі дискретний, то для передавача існує кінцеве число впливів, які називаються вхідними сигналами. Приймач розрізняє тільки визначене число класів результатів спостереження, що називаються загалом вихідними сигналами. Співвідношення між вхідними та вихідними сигналами у загальному випадку має імовірнісний характер. Канал визначається встановленням умовних ймовірностей P_n для кожної вхідної та вихідної послідовності.



Рисунок 3 – Узагальнена система передачі інформації в мережах

Дослідивши основні взаємовпливи перешкод на основні елементи каналів передачі мережі із позиції теорії імовірності, можливо оцінити коефіцієнти за «технічною надійністю» основних компонентів та елементів телекомунікаційної мережі за допомогою відомого співвідношення [11]:

$$P_n = \exp\left(-\sum_{i=1}^n \frac{\tau}{\lambda_i}\right), \quad (1)$$

де n – кількість основних компонентів телекомунікаційної мережі;

λ_i – напрацювання на відмову i -го компонента відповідного елемента мережі;

τ – час роботи каналу передачі телекомунікаційної мережі.

Загалом кодер - пристрій, який, приймаючи одне з повідомлень від джерела повідомлень, створює відповідну послідовність сигналів, що подається на вхід каналу передачі телекомунікаційної мережі. Джерело повідомлень генерує безперервний потік двійкових символів, при цьому кожні N двійкових символів перетворюються кодером у відповідне кодове слово. Декодер – це пристрій, який, приймаючи вихідну послідовність визначеної довжини, обробляє її та видає результат оброблення споживачу повідомлень у зручному для сприйняття нього вигляді. Головна мета споживача полягає в тому, щоб дізнатися, яке із кодів слів було передано. Якщо ж на вхід кодера надійшли N двійкових символів, то на виході декодера буде отримана сукупність із такого ж числа N двійкових символів, яка називається рішенням. Якщо ж рішення не збігається із вхідним кодовим словом, то має місце помилка передачі. Імовірність помилки залежить від коду та методу оброблення інформації у декодері. Якщо ж застосовується детермінований декодер, то метод оброблення інформації може бути описаний як відображення безлічі усіх прийнятих послідовностей у множину кодів слів, а відображення задається як список послідовностей які перетворюються в декодоване слово. Ступінь ризику передачі невірогідної інформації в завадостійкій системі можна подати як добуток імовірності небажаних наслідків на відповідну величину втрат аналогічно як у працях [11]:

$$R = \sum_{i=1}^9 R_i = \sum_{i=1}^9 p_i \cdot Z_i, \quad (2)$$

де R – величина ризику;

p_i – ймовірності небажаних наслідків передачі невірогідної інформації;

Z_i – величини втрат інформації в каналі передачі.

Для оцінювання ризику в завадостійкій системі використовують величину середньозваженого модуля відхилення ΔZ [11]:

$$\Delta Z = \sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z}) \cdot \bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i. \quad (3)$$

Визначимо середньоквадратичне відхилення в завадостійкій системі:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2}, \quad (4)$$

У відносному вираженні ризик передачі невірогідної інформації в завадостійкій системі оцінюють за допомогою коефіцієнта варіації δ_Z [11]:

$$\delta_Z = \sigma \frac{1}{\bar{Z}} = \frac{1}{\bar{Z}} \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2}. \quad (5)$$

Виходячи із величини коефіцієнта варіації δ_Z використовують таку шкалу для оцінювання рівня ризику та відповідних зон ризику передачі невірогідної інформації в завадостійких системах. Для ряду завадостійких телекомунікаційних мереж, використовують також коефіцієнт варіації [11]:

$$S_{ZV} = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{vi}} / \left(\bar{Z} \cdot \sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{vi} \right). \quad (6)$$

Також показником оцінювання ризику передачі невірогідної інформації може бути також коефіцієнт можливих втрат каналу передачі, який враховує обсяг втрат по відношенню до суми абсолютних значень ймовірних втрат в завадостійких системах [11]:

$$K_Z = M_{ZV} / (M_{ZV} + M_{ZP}). \quad (7)$$

де M_{ZV}, M_{ZP} – відповідно ймовірні величини сприятливих та несприятливих відхилень відносно значень показників θ_V, θ_P при розгляді запланованих рівнів втрат при передачі інформації Z і позитивних результатів Ω як це виражено у співвідношенні (8) та (9).

Як показує детальний аналіз критичних ситуацій, M_{ZV}, M_{ZP} – умовні математичні сподівання відхилень щодо вірогідної передачі по каналу завадостійкої телекомунікаційної мережі:

$$M_{ZV} = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i \cdot (Z_i - \bar{Z})^2 \cdot I_{Vi}} / \left(\sum_{i=1}^n p_i \cdot I_{Vi} \right) - \theta_V, \quad (8)$$

$$M_{ZP} = \sqrt{\sum_{i=1}^n P_i \cdot (\Omega_i - \Omega)^2 \cdot I_{Vi}} / \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot I_{Vi} \right) - \theta_P. \quad (9)$$

Коефіцієнт ймовірних втрат набуває значень $K_Z \in [0;1]$, причому $K_Z = 0$, якщо відсутні втрати передачі, і $K_Z = 1$, якщо не будуть досягнуті необхідні ймовірні показники доставки інформації в завадостійкій телекомунікаційній мережі.

Якщо розглядати завадостійкість телекомунікаційної мережі як здатність системи протидіяти завадам, для цього треба знати, чим протидіяти і на що протидіяти, тобто для боротьби із завадами потрібні апріорні відомості про властивості носія інформації та про самі завади. До таких властивостей належать [12]:

- величина струму чи напруги вхідного сигналу та завади в каналі передачі;
- середні потужності сигналу P_C та завади P_Z ;
- вид та структура переносника інформації;
- закон розподілу сигналу передачі тощо.

Знаючи всі ці властивості сигналу та завади, можна встановити певні відмінності між ними і використати їх для розроблення способів, засобів та методів забезпечення завадостійкості. Всі способи завадостійкості ведуть до часової та апаратурної надмірності як із боку джерела інформації, так і з боку адресата. Одна група способів підвищення завадостійкості базується на виборі методу передачі інформації. Друга група способів пов'язана із побудовою завадостійких приймачів. Способи підвищення завадостійкості в телекомунікаційній мережі:

- 1) методи оптимального приймання сигналів;
- 2) заглушення завад у місцях їх виникнення;
- 3) використання спеціальних кодів;
- 4) використання в системах каналу зворотного зв'язку;
- 5) багаторазового повторення інформації, що передається;
- 6) збільшення спів відношення сигнал та завада;
- 7) компенсація завади;
- 8) раціональний вибір виду оптимальної модуляції сигналів;
- 9) екранування системи чи її окремих елементів.

Досить простим і часто застосовуваним засобом підвищення завадостійкості є збільшення відношення сигнал та завада за рахунок збільшення потужності передавача. Хоча цей

спосіб, може виявитись економічно недоцільним, поскільки він пов'язаний із значним збільшенням складності та вартості обладнання телекомунікаційної мережі. Важливим засобом підвищення завадостійкості передачі інформації шляхом використання неперервних сигналів є раціональний вибір виду модуляції сигналів. Різні види модуляції мають неоднакову завадостійкість. Тому застосовуючи різні види модуляції, які забезпечують значне розширення смуги частот сигналу, можна досягти істотного підвищення завадостійкості передачі інформації в телекомунікаційній мережі. Ще одним радикальним способом підвищення завадостійкості дискретних систем є використання спеціального кодування інформації - використання завадостійких кодів. Підвищення завадостійкості передачі та оброблення інформації може бути досягнуто шляхом багаторазового повторення передачі інформації. Отримані результати передачі порівнюються і як дійсні беруться ті результати, що мають найбільшу кількість збігів. Щоб виключити чи змінити невизначеність під час оброблення інформації та забезпечити відбір за критерієм більшості, передача має повторюватись не менше трьох разів. Цей спосіб підвищення завадостійкості пов'язаний зі збільшенням часу передачі та ускладненням апаратури. Різновидом телекомунікаційних систем, у яких підвищення завадостійкості досягається за рахунок збільшення часу передачі, є системи із зворотним зв'язком. Завадостійке приймання інформації полягає у використанні надмірності отриманої інформації, апріорних відомостей про сигнали та завади. На сьогодні для побудови систем із оптимальним прийомом широко використовується апарат теорії статистичних рішень. Помилки систем передачі зменшуються із збільшенням відношення сигнал та завада на вході приймача. У зв'язку із цим часто проводять попереднє оброблення прийнятого сигналу із метою збільшення відношення корисної складової до завади.

Розгляд методів, способів та засобів забезпечення завадостійкої передачі інформації в телекомунікаційних мережах показав, що завдання оптимального прийому полягає у використанні властивостей корисного сигналу, завади та каналу передачі для збільшення ймовірності правильного прийому. Для збільшення ймовірності правильного прийому має бути проведене попереднє оброблення прийнятого сигналу, яке забезпечує збільшення відношення сигнал та завада. Для цього на приймальній стороні системи необхідна наявність фільтра та розв'язувального пристрою. Фільтр поліпшує відношення сигнал та завада. Розв'язувальний пристрій виконує функції виявлення, виокремлення та відновлення корисного сигналу. Ідея частотної фільтрації базується на різниці спектрів корисного сигналу та завади. При цьому використовуються лінійні частотні фільтри, які заглушують завади та поліпшують тим самим відношення сигнал та завада. Метод накопичення застосовується у тому випадку, коли корисний сигнал протягом часу прийому є постійним та являє собою періодичну функцію. Він полягає у багаторазовому повторенні сигналу та підсумовуванні окремих його реалізацій в приймальній пристрої системи. Позитивний результат досягається за рахунок збільшення часу роботи, тобто зменшення швидкодії телекомунікаційної мережі. Величину відношення сигнал та завада можна підвищити, якщо використати різницю між кореляційними функціями сигналу та завади. Цей метод є ефективним лише у випадку застосування в системах періодичних та квазіперіодичних сигналів в каналі передачі телекомунікаційної мережі.

Висновки. На основі досліджень та аналізу методів, способів та засобів забезпечення завадостійкої передачі інформації в телекомунікаційних мережах можливо зробити висновок, що завдання оптимального та якісного прийому інформації полягає у використанні властивостей корисного сигналу, завади та каналу передачі для збільшення ймовірності правильного прийому. Для збільшення ймовірності правильного прийому має бути проведене попереднє оброблення прийнятого сигналу, яке забезпечує збільшення відношення сигнал та завада. Канали передачі даних, що застосовують технології, які дозволяють у режимі реального часу гарантувати якісну, надійну та вірогідну передачу даних в умовах впливу завад, краще забезпечують заданих значень показників вірогідної передачі інформації здійснюється за рахунок використання необхідного кодування. Під час передачі такими каналами виникає багато труднощів, пов'язаних із впливом природних, промислових, навмисних та ненавмисних завад. Всі способи завадостійкості ведуть до часової та апаратурної надмірності як із боку джерела інформації, так і з боку адресата. Знаючи всі ці властивості сигналу та завади, можна встановити

певні відмінності між ними і використати їх для розроблення способів, засобів та методів забезпечення завадостійкості. На відміну від спотворень завади носять випадковий характер. Вони заздалегідь невідомі і тому не можуть бути повністю усунені. Таким чином, можна зробити висновок про те, що знання методів та засобів побудови сучасних каналів передачі телекомунікаційною мережею в умовах дії завад, дозволить будувати надійні канали передачі інформації для таких мереж.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бабич В. Д. Завадостійкість каналів зв'язку : навч. посібн. / В.Д. Бабич, О.Д. Кувшинов, О.П. Лежнюк, С.П. Лівенцев // К. : КВІУЗ, 2001. - 150 с.
2. Казимир В. В. Інформаційні основи побудови телекомунікаційних мереж / В. В. Казимир, В.В. Литвинов, С.М. Шкарлет, С.В. Зайцев // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. - Чернігів : ЧДТУ, 2013. – 340 с.
3. Бортнік Л. Л. Аналіз варіантів застосування імітаційних завад в радіоканалах з OFDM / Л. Л. Бортнік, О. В. Кувшинов, О. Г. Жук // Сучасний захист інформації. – К.: 2012. – Вип. 5. – С. 45 – 52.
4. Кривуца В.Г. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / В.Г. Кривуца, В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман, Б.Я.Костік, В.Ф.Олійник, С.М.Скляренко // Підручник для ВНЗ. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.
5. Зайцев С. В. Математична модель оцінки достовірності передачі інформації в безпроводних мережах за умов впливу структурних завад / С.В. Зайцев // Молода наука України. Перспективи та пріоритети розвитку : матеріали XIV Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю, (Київ, 26–27 грудня 2013 р.). – К.:, 2014. – С. 174 – 175.
6. Доля А.Е. Имитационная модель беспроводной системы передачи информации с использованием технологии HARQ и дополнительной априорной информации для повышения достоверности передачи / А.Е. Доля, С. В. Зайцев // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Новітні технології у науковій діяльності і навчальному процесі», (Чернігів, 28 квітня 2014 р.). – Чернігів : Черніг. нац. технол. ун-т, 2015. – С. 70 – 71.
7. Шеннон К.Э. Математическая теория связи / К.Э. Шеннон // Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Иностранная литература, 1963. – С. 243-332.
8. Приступа В. В. Исследование характеристик помехозащищенности беспроводных сетей с сигналами OFDM с внутрибитовой псевдослучайной перестройкой поднесущих частот в условиях установки оптимальных помех / В. В. Приступа, С. В. Зайцев // Математичні машини і системи. — К.:, 2015. – № 1. – С. 84 – 95.
9. Мак-Вильямс Ф. Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки / Ф. Дж. Мак-Вильямс, Н. Дж. Слоэн. – М. : Связь, 1979. – 744 с.
10. Сальник С.В. Аналіз методів виявлення вторгнень у мобільні радіомережі класу MANET / С.В. Сальник, О.Я. Сова, Д.А. Міночкін // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки. – К.: НУОУ, 2015. – № 1(22). –С. 103-112.
11. Хмельницький Ю.В. Забезпечення достовірності передачі інформації та сервісних послуг для високошвидкісних мереж при завадах / Ю.В Хмельницький, Д.П. Яковлев // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2017. – Вип. № 57. – С. 111-119.
12. Горбатий І. В. Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи : навч. посібник / І.В. Горбатий, А.П. Бондарев // – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 336 с.

REFERENCES:

1. Babych, V. D., Kuvshynov, O.D., Lezhnyuk, O.P. and Livencev, S.P. (2001), "Zavadostijkist" kanaliv zv'yazku : navch. Posibn" [Noise Immunity of communication channels : proc. porn.], KVIUZ, Kyiv, 150p.
2. Kazymyr V. V., Lytvynov, V.V., Shkarlet, S.M. and Zajcev, S.V. (2013) "Informacijni osnovy pobudovy telekomunikacijnyx merezh" [Information basis for the design of telecommunication networks], ChDTU, Visnyk Chernihivs"koho derzhavnogo tehnolohichnoho universytetu, Chernihiv, 340p.
3. Bortnik, L. L., Kuvshynov, O. V. and Zhuk, O. H. (2012), "Analiz variantiv zastosuvannya imitacijnyx zavad v radiokanalax z OFDM" [Analysis applications simulation of interference in radio channels with OFDM], Suchasnyj zaxyst informaciyi, Kyiv, No.5. pp 45–52.
4. Kryvuca, V.H., Steklov, V.K., Berkman, L.N., Kostik, B.Ya., Olijnyk, B.F. and Sklyarenko, S.M. (2007), "Upravlinnya telekomunikaciyamy iz zastosuvannyam novitnix tehnolohij" [Management of telecommunication with latest technology], Tekhnika, Kyiv, 384p.
5. Zajcev, S. V. (2014), "Matematychna model" ocinky dostovirnosti peredachi informaciyi v bezprovidnyx merezhax za umov vplyvu strukturnyx zavad" [Mathematical model of an estimation of reliability of data transmission in wireless networks in terms of the effects of structural interference], Moloda nauka Ukrainy. Perspektyvy ta priorytety rozvytku: materialy XIV Vseukr. nauk.-prakt. konf. z mizhnar. uchastyu, Kyiv, pp.174–175.
6. Dolya, A.E. and Zajcev, S. V. (2015), "Ymytacyonnaya model" besprovodnoj systemy peredachy ynformacyy s yspol"zovanyem tehnolohyy HARQ y dopolnytel"noj apyornoj ynformacyy dlya povyshenyya dostovernosti peredachy" [Simulation model of a wireless information transmission system using HARQ technology, and additional a priori information to improve the reliability of transfer], Materialy Vseukr. nauk.-prakt. konf. molodyx uchenyx i studentiv «Novitni tehnolohiyi u naukovij diyal"nosti i navchal"nomu procesi», Chernih. nac. tehnol. un-t, Chernihiv, pp.70–71.
7. Shennon, K.Э. (1963), "Matematycheskaya teoryya svyazy" [Mathematical theory of communication], Ynostrannaya lyteratura, Raboty po teoryy ynformacyy y kybernetyke, Moskva, pp.243-332.
8. Prystupa, V. V. and Zajc, S. V. (2015), "Yssledovanye xarakterystyk pomexozashhyshennosti besprovodnyx setej s syhnalamy OFDM s vnutrybytovoj psevdosluchajnoj perestrojkoj podnesushhyx chastot v uslovyyax ustanovky optimal"nyx pomex " [Study of the characteristics of noise immunity of wireless networks with OFDM, vnutrividovoi pseudo-random rearrangement of carrier frequencies in terms of setting the optimum interference], Matematychni mashyny i systemy, Kyiv, No.1, pp.84-95.
9. Mak-Vyl"yams, F. Dzh and Sloэн, N. Dzh (1979) "Teoryya kodov, yspravlyayushhyx oshybky" [The theory of error-correcting codes], Svyaz", Moskva, 744p.
10. Sal"nyk, S.V., Sova, O.Ya. and Minochkin, D.A. (2015), "Analiz metodiv vyyavlennya vtornhen" u mobil"ni radiomerezhi klasu MANET" [Analysis of methods of intrusion detection in the mobile radio network of the class MANET], NUOU, Suchasni informacijni tehnolohiyi u sferi bezpeky, Kyiv, No. 1(22), pp.103-112.
11. Xmel"nyc"kyj, Yu.V. and Yakovlyev, D.P. (2017), "Zabezpechennya dostovirnosti peredachi informaciyi ta servisnyx posluh dlya vysokoshvydkisnyx merezh pry zavadax" [Ensuring the reliability of data transmission and services for high-speed networks in zavady], VIKNU, Zbirnyk naukovyx prac" Vijs"kovoho instytutu Kyivivs"koho nacional"noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka, Kyiv, No.57, pp.111-119.
12. Horbatyj, I. V. and Bondaryev, A.P. (2016), "Telekomunikacijni systemy ta merezhi. Prynцыpy funkcionuvannya, tehnolohiyi ta protokoly : navch. posibnyk" [Telecommunication systems and networks. The principles of operation, technology and protocols : proc. a manual], Vydavnyctvo L"vivs"koj ypolitexnyky, L"viv, 336p.

**к.т.н. Хмельницкий Ю.В., Каблуков О.А., Рябая Л.А., Солодеева Л.В., Ткач А.А.
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОЙ ПЕРЕДАЧИ
ИНФОРМАЦИИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

В статье проведен анализ методов и средств обеспечения помехоустойчивости передачи информации в телекоммуникационных сетях, которые применяют технологии, позволяющие в режиме реального времени гарантировать качественную, надежную и достоверную передачу данных в условиях воздействия помех. Для телекоммуникационных сетей задачи оптимального и качественного приема информации заключается в использовании свойств полезного сигнала, помехи и канала передачи для увеличения вероятности правильного приема. Для увеличения вероятности правильного приема должна быть проведена предварительная обработка принятого

сигнала, что обеспечивает увеличение отношения сигнал помеха. Каналы передачи данных, что применяют технологии, которые позволяют в режиме реального времени гарантировать качественную, надежную и достоверную передачу данных в условиях воздействия помех, лучше обеспечивают заданных значений показателей достоверной передачи информации, которая осуществляется за счет использования необходимого кодирования. Во время передачи по таким каналам возникает много трудностей, связанных с влиянием природных, промышленных, преднамеренных и непреднамеренных помех. Все способы помехоустойчивости в целом ведут к временной и аппаратной избыточности, как со стороны источника информации, так и со стороны адресата. Если рассматривать помехоустойчивость телекоммуникационной сети как способность системы противодействовать помехам, то надо знать, чем противодействовать и на что противодействовать, то есть для борьбы с помехами нужны априорные сведения о свойствах носителя информации и о самих помехах. Зная все эти свойства сигнала и помехи, можно установить определенные различия между ними и использовать их для разработки способов, средств и методов обеспечения помехоустойчивости.

Целью данной статьи является проведение анализа методов и средств обеспечения помехоустойчивой передачи информации в телекоммуникационных сетях, что позволит в режиме реального времени гарантировать качественную, надежную и достоверную передачу данных в условиях влияния помех. В отличие от искажений помехи носят случайный характер. Они загодя неизвестны и потому не могут быть полностью устранены. Знание методов и средств построения современных каналов передачи телекоммуникационной сетью в условиях действия помех, позволит строить надежные каналы передачи информации для таких сетей.

Ключевые слова: помехи, помехоустойчивость, каналы передачи, телекоммуникационная сеть, искажения, достоверность передачи информации, надежность, неопределенность.

Ph.D. Khmel'nitsky, Yu.V., Kablukov O.A., Riaba L.O., Solodeeva L.V., Tkach A.O.
METHODS AND MEANS OF ENSURING THE NOISE IMMUNITY OF TRANSMISSION IN
TELECOMMUNICATION NETWORKS

In the article the analysis of methods and means of ensuring the noise immunity transmission in telecommunication networks that use technologies in real time to ensure quality, valid and reliable data transmission under conditions of interference. For telecommunication networks the problem of optimal quality reception of information is to use the properties of the useful signal, interference, and transmission channel to increase the probability of correct reception. To increase the probability of correct reception needs to be pre-processed received signal that increases the signal interference. Transmission channels that use technologies that allow real-time to ensure quality, valid and reliable data transmission under conditions of interference provide better instruction indicators reliable transmission of information is carried out through the use of the necessary coding. During transmission on such channels, there are many difficulties associated with the impact of natural, industrial, intentional and unintentional interference. All methods of a noise stability in General lead to temporal and hardware redundancy as part of the source of information and of the addressee. Examine noise immunity of TCN as ability of the system to counteract to the hindrances, then it is necessary to know, what to counteract and on what to counteract, for a fight against hindrances a priori information is needed about properties of transmitter of information and about hindrances. Knowing all these properties of the signal and noise, it is possible to establish certain differences between them and use them to develop ways, means and methods to provide noise immunity.

The aim of this article is realization of analysis of methods and backer-ups of interference immunity information transfer in TCNS, which will allow real-time to guarantee the quality, reliable and reliable transmission of the hindrances given in the conditions of influence. Unlike distortions hindrances carry casual character. They in are good time unknown and that is why cannot be fully removed. Knowledge of methods and facilities of construction of modern channels of transmission TCN in the conditions of action of hindrances, will allow building the reliable channels of information transfer for such networks.

Keywords: interference, interference immunity, transmission channels, telecommunication network, distortion, reliability of information transmission, reliability, uncertainty.