

## ВІДГУК

**офіційного додаткового опонента на дисертаційну роботу  
Смаженко Катерини Олександрівні  
на тему: “Компенсація надлишковості в блокових кодах на основі  
таймерних сигналів”, представлену на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні  
системи та мережі**

### **Актуальність теми дисертації.**

Сьогодні є загальновизнаним фактом, що інфокомунікації в усьому світі перебувають в стані інтенсивного розвитку, і в цьому секторі економіки мають місце суттєві досягнення, як на макро- так і мікрорівнях. Особливістю сьогоденішнього етапу являється – еволюція мереж, служби термінального обладнання в напрямку конвергенції. Вочевидь, що важливим напрямком наукового дослідження є завдання по більш ефективнішому застосуванню існуючих мереж зв'язку. Це не можливо без застосування нових методів обробки, передавання і прийому сигнальних конструкцій, завдяки яким збільшується об'єм переданої інформації. В сучасних інфокомунікаційних системах, як правило, застосовується позиційне кодування. З однієї сторони, це має деякі переваги, тому що спрощується процес обробки кодових конструкцій, а також більш легше вирішуються завдання по синхронізації, маніпуляції, деманіпуляції та інше. Але, з другої сторони, з урахування статистичного характеру розподілу потоку помилок у каналах для контролю якості приймальних пакетів повідомлення застосовуються надлишкові елементи, які передаються незалежно від стану каналу - «плохого» або «хорошого». Таким чином, застосування надлишкових елементів в кодовому блоку буде невиправданим в «хорошому» стані каналу, тобто заздалегідь знижується відносна ефективна швидкість передавання.

В дисертаційній роботі запропоновано метод компенсації надлишковості в завадостійких кодах за рахунок таймерних сигнальних конструкцій, що дозволяє підвищити швидкості передавання інформації та зменшити ймовірності невиявленої помилки в кодовому блоку.

ОНАЗ Іж.О.С. Попова  
ВР. 01-33-207  
01.07.2019

Актуальність дисертаційної роботи впливає з того, що застосування таймерних сигналів, по-перше, дозволяє підвищити завадостійкість передавання інформації, а, по-друге, – компенсувати надлишковість перевірочних елементів коригувального коду.

### **Загальна характеристика роботи**

Дисертація виконана в Одеській національній академії зв'язку ім. О.С. Попова і являє собою рукопис, що містить вступ, чотири розділи, висновок, список використаної літератури, у тому числі акти впровадження результатів роботи.

У вступі обґрунтована актуальність обраної теми дисертації і її зв'язок із державними науковими програмами й темами. Сформульовано мету й задачі дослідження. Наведено характеристики наукової новизни, теоретичного і практичного значення отриманих результатів. Відзначено особистий внесок здобувача і показаний ступінь апробації результатів.

В першому розділі досліджуються питання ефективності застосування блокових кодів для нестационарних каналів зв'язку та надається характеристика загальним положенням теорії завадостійкості. Оцінюється граничні значення надлишковості при блоковому кодуванні та втрати по швидкості передаванні корисної інформації з урахування статистики помилок у реальних каналах зв'язку.

Обґрунтовується доцільність компенсації надлишковості завадостійкого коду за допомогою таймерних сигнальних конструкцій. Сформульовано напрямки дослідження для досягнення завдань мети дисертації.

У другому розділі проведено аналіз ефективності систем зв'язку по забезпеченню завадостійкості на основі непозиційних таймерних сигналів. Обґрунтовано доцільність використання таймерних сигналів для завдання підвищення інформаційної ємності одного найквістового елемента за рахунок зменшення енергетичної відстані між сигнальними конструкціями. За результатами досліджень особливостей формування множин таймерних

сигналів встановлено, що для збільшення інформаційної ємності одного найквістового елемента потрібно застосовувати різні множини сигналів, що синтезуються за рахунок комбінування параметрів  $m$ ,  $s$  та  $i$ .

Також встановлено, що при заданому рівні завад відносна швидкість передавання в системі зв'язку з ТСК при зменшенні  $\Delta$  (часовий інтервал формування сигнальних конструкцій) спочатку збільшується та досягає свого максимуму, а потім зменшується через втрати інформації. Це потребує вибір відповідного часового інтервалу  $\Delta$  з урахуванням рівня завад та дотримання вимог до якості передавання інформації.

Запропоновано метод формування надлишкових корегувальних таймерних сигналів з розділеними множинами векторів синдромів для виявлення й виправлення помилок, що дало змогу підвищити якість декодування кодових слів.

Досліджено ефективність дворазової передачі двосимвольних ансамблів в симплексних системах з двократним повторенням на інтервалі  $T_{\text{пер}} = 2 \cdot 6,5 = 13t_0$  з надлишковими таймерними сигнальними конструкціями, що забезпечує підвищення швидкості передавання порівняно з передачею надлишковим позиційним кодом у два рази та більше.

**У третьому розділі** досліджується ефективність компенсації надлишковості в блокових кодах за рахунок таймерних сигналів. Для систем зв'язку з автозапитом отримано результати втрат за швидкістю передавання через повторення кодових блоків, що були спотворені в каналі. З'ясовано, що втрати на повторення  $\Delta R$  мінімум в десятки разів менші втрат на надлишковість.

Для коду Слепяна запропоновано метод розділення векторів помилок, що дало змогу підвищити виправляючу здатність коду. За допомогою таймерних сигналів проведена компенсація надлишковості тринадцятиелементного коду з  $d_0 = 5$ , побудованого на базі коду Слепяна (9,5). Це дозволило зменшити ймовірність помилкового прийому на 4 порядки та збільшити кодова швидкість майже в два рази (з 5/13 до 5/6,7).

Встановлено, що сумісне використання таймерних сигналів і блокових кодів дозволяє в певній мірі компенсувати надлишковість корегувального коду та зменшити ймовірність невиявленої помилки в кодовому блоці на 2-6 порядку.

У четвертому розділі приділена увага питанням удосконалення систем зв'язку на основі непозиційних сигналів. Досліджено статистичні властивості таймерних сигнальних конструкцій (коефіцієнти взаємної кореляції, автокореляційні і взаємокореляційні функції, односторонні спектральної щільності таймерних сигналів та інше). Це дало змогу виявити нові підходи до декодування таймерних сигналів, як в часовій, так і в частотній області.

Надано аналіз впливу виду імпульсної реакції лінійної системи на якість виявлення сигналів. Відсутність парної симетрії реакції лінійної системи вказує на нелінійність фазочастотної характеристики, що призводить до міжсимвольних спотворень і зменшує функцію правдоподібності виявлення сигналу.

Запропоновано метод мультиплексування імпульсів таймерних сигналів з подальшою їх ортогоналізацією й модуляцією, що дало змогу підвищити завадостійкість сигнальних конструкцій, збільшити обсяг передаваної інформації в порівнянні з розрядно-цифровим кодуванням та зменшити кількість використовуваних піднесучих частот.

### **Недоліки**

До недоліків варто віднести наступне:

1) в підрозділі 3.2 наведено модернізація коду Слепяна (9,5) для збільшення його мінімальної кодової довжини до значення  $d_0=5$  за допомогою додаткових перевірочних символів та подальшою компенсацією надлишковості за допомогою таймерних сигналів. Але не зрозуміло за якими критеріями було вибрано саме код Слепяна (9,5), а не інший завадостійкий код;

2) в підрозділі 4.1 проведено аналіз статистичних характеристик таймерних сигналів з метою виявлення методів декодування таймерних

сигналів, як в часовій, так і в частотній області. Але сам метод декодування при цьому не наведено і не зрозуміло, яким чином дані статистичні характеристики будуть застосовуватися;

### **Висновок**

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій у дисертаційній роботі базується на фундаментальних положеннях теорії завадостійкого кодування, теорії імовірності, теорії багатопозиційних кодів.

Достовірність отриманих автором прикладних результатів дослідження підтверджується результатами моделювання на персональних комп'ютерах, натурними дослідженнями та актом впровадження.

Науковими результатами дисертаційної роботи являються:

- отримано розвиток теорії таймерного кодування для інтеграції її з класичною теорією завадостійкого кодування для підвищення коригувальної властивості та відносної швидкості передавання інформації в телекомунікаційних системах;

- метод компенсації надлишковості для блокових кодів шляхом застосування таймерних сигналів, що дало змогу підвищити кодову швидкість та зменшити ймовірність невиявленої помилки для коду з парним числом одиниць, для кодів Хеммінга з невеликими довжинами та для коду з відношенням  $\frac{3}{4}$ ;

- запропоновано метод формування надлишкових таймерних сигналів, що підвищує якість декодування кодових слів шляхом розділення множин векторів синдромів виявлення й виправлення помилок;

- запропоновано метод модуляції і демодуляції таймерних сигнальних конструкцій, що підвищує завадостійкість і швидкість передавання інформації.

Отримані особисто здобувачем наукові результати і зроблені їм висновки є новими. Вони переконливо підтверджені теоретично й експериментально. Особистий внесок здобувача відповідає темі і змістові дисертації.

Зауваження по дисертаційній роботі не роблять істотного впливу на цінність виконаних досліджень. Розроблені автором методи, алгоритми управління оригінальні й без сумніву дадуть позитивний ефект при впровадженні у виробництво апаратури зв'язку й систем передачі даних.

Дисертаційна робота на тему "Компенсація надлишковості в блокових кодах на основі таймерних сигналів", є завершеним науковим дослідженням, у якому вирішена актуальна наукова і практично значима задача підвищення ефективності телекомунікаційних систем. Розглянута дисертаційна робота відповідає вимогам п. 9, пп. 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – Смаженко Катерина Олександрівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02- телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний додатковий опонент  
Завідувач кафедри Морського радіозв'язку  
Національного університету «Одеська Морська Академія»  
Д.т.н., професор,  
Заслужений діяч науки і техніки України  
Кошевий Віталій Михайлович

Підпис Кошевого Віталія Михайловича завіряю,

Ст. інспектор *В. Корженко*

