

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

**Шинкаренко Іван Володимирович**

УДК 621.391.7

**АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ І СТРУКТУРНОЇ ЗАХИЩЕНОСТІ  
ІНФОРМАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ У КАНАЛАХ ВІДОМЧИХ  
РАДІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ І СПОСОБИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ**

05.12.17 - радіотехнічні та телевізійні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків - 2012

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Харківському національному університеті радіоелектроніки **Міністерства освіти і науки [України](#)**.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Цопа Олександр Іванович**, Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки [України](#), професор кафедри основ радіотехніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Обод Іван Іванович**, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки [України](#), професор кафедри систем інформації

доктор технічних наук, професор **Гімпілевич Юрій Борисович**, Севастопольський національний технічний університет Міністерства освіти і науки [України](#), завідувач кафедри радіотехніки та телекомунікацій

Захист відбудеться “10” жовтня 2012 р. о 15<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.03 в Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, проспект Леніна, 14, ауд. № 13.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, проспект Леніна, 14.

Автореферат розіслано “   ” \_\_\_\_\_ 2012 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради \_\_\_\_\_ проф., д.т.н. Безрук В.М.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

### Актуальність теми.

Хоча відомчі радіотехнічні мережі зв'язку в структурі Єдиної національної системи зв'язку України відіграють значну роль у наданні споживачам різноманітних послуг зв'язку, рівень їх розвитку не відповідає рівню існуючих сучасних систем зв'язку і не повністю задовольняє потреби державних структур у телекомунікаційному забезпеченні.

У той же час в Україні розроблена і реалізується концепція розвитку телекомунікаційних мереж, яка, поряд з напрямками розвитку мереж загального користування, визначає і перспективні напрями розвитку відомчих мереж.

Для відомчих радіотехнічних мереж сучасним напрямом розвитку є досягнення можливості передачі захищеної мультимедійної інформації існуючими проводовими лініями зв'язку (КЛЗ) за рахунок впровадження *xDSL* технологій. При побудові відомчих радіотехнічних систем зв'язку (ВРСЗ) використовуються магістральні канали зв'язку, розподільні проводові системи, розгалужена проводова мережа абонентського доступу. Для визначення захищеності проводового каналу зв'язку (КЗ) необхідно знати не лише технічні характеристики КЛЗ, але і напругу завади, за якої припиняється функціонування каналу. Для випадку каналів зв'язку на основі *xDSL* технологій таких даних немає і відсутні також описи експериментів щодо їх визначення.

Одним із джерел зниження захищеності ВРСЗ за рахунок несанкціонованого підключення до проводового зв'язку є КЛЗ, як найбільш протяжні і розгалужені об'єкти.

Несанкціоноване знімання інформації в ВРСЗ як радіотехнічної системи зв'язку (РТСЗ) можливе як за рахунок випромінюючої здатності каналу, так і за рахунок безпосереднього (електричного) підключення до КЛЗ. Ця РТСЗ окрім основного каналу цифрової системи передачі інформації (ЦСП) має у своєму складі як відвідний радіоканал, поява якого пов'язана з наявністю в ній ефекту випромінювання КЛЗ, так і відвідний канал (ВК) безпосереднього зв'язку. Перший варіант знімання інформації вже досліджено у деяких відомих роботах, але рішення досліджень ЦСП з відвідним каналом у вигляді безпосереднього підключення досі не було запропоновано.

Усі перелічені обставини вказують на актуальність теми дисертації.

### Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота пов'язана з плановими дослідженнями, виконаними в Харківському національному університеті радіоелектроніки за держбюджетною темою № 199 «Фундаментальні дослідження складових інтегрованої радіоелектронної системи управління об'єктами, що рухаються» (№ д/р 0106U003151), за держбюджетною темою № 239 «Розробка принципів побудови вітчизняного комплексу інформаційно-вимірювальних систем для прогнозування і аналізу наслідків надзвичайних ситуацій», розділ № 239-1 "Розробка принципів побудови мультимедійних телекомунікаційних мереж інформаційно - вимірювальних систем" (№ д / р 0109U001636) та за спеціальною темою «Безпека - 05П». У цих НДР здобувач був виконавцем робіт.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є удосконалення методів аналізу енергетичної та структурної захищеності інформаційних сигналів радіотехнічних відомчих систем зв'язку та засоби її підвищення для провідних каналів, які використовують *xDSL* технології передачі інформації.

**Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі**

1. Створити імітаційну модель з ВК для оцінки енергетичної та структурної захищеності інформаційних сигналів, що дозволяють, на відміну від відомих, оцінити завадостійкість і скритність різних ділянок інфраструктури КЛЗ при безпосередньому підключенні апаратури порушника до легітимної лінії зв'язку.

2. Створити матричну модель для частотного аналізу та оцінки впливу на цифрову систему передачі інформації відвідного каналу з безпосереднім підключенням апаратури порушника до проводової лінії зв'язку легітимного каналу зв'язку.

3. Застосувати розроблені моделі для аналізу енергетичної та структурної захищеності інформаційних сигналів *xDSL* проводових каналів відомих систем зв'язку при передачі по ним інформації.

4. Запропонувати методику, розробити вимірювальну установку і провести експерименти для отримання даних про рівень граничної напруги завад, при якому канал зв'язку перестає функціонувати; про величину ймовірності бітової (*BER*) і пакетної (*PER*) помилок в *xDSL* каналі зв'язку при різних рівнях завад у КЛЗ.

5. Розробити технічні рішення для підвищення захищеності кабельних каналів зв'язку відомих систем зв'язку (ВСЗ).

**Об'єктом дослідження** є процеси формування, передачі і руйнування інформації, а також розкриття структури інформаційних сигналів, які передаються по *xDSL* каналах проводових ЦСП.

**Предметом дослідження** є моделі оцінки захищеності проводових каналів передачі інформації відомих систем зв'язку та розробка засобів її підвищення.

**Методи досліджень:** аналіз лінійних кіл і теорії матриць, моделювання в середовищі *MATLAB*, математичне, імітаційне моделювання на ЕОМ, методи натурального експерименту.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в наступному:

1. Вперше запропоновано розглядати ВСЗ як складну радіотехнічну систему зв'язку, яка на відміну від існуючих моделей РТС крім основного та відвідного радіоканалу включає відвідний канал з безпосереднім (електричним) зв'язком з КЛЗ, що дозволяє ширше аналізувати вплив однієї підсистеми на іншу.

2. Уперше запропоновано нову імітаційну модель *xDSL* проводових каналів зв'язку з безпосереднім підключенням яка базується, на відміну від інших, на концепції відвідного каналу, що дозволяє проводити моделювання як енергетичної, так і структурної захищеності переданої інформації з КЛЗ з використанням *xDSL* технологій. За допомогою якої досліджено вплив відвідного каналу на параметри захищеності легітимного каналу при безпосередньому підключенні апаратури порушника до проводів лінії зв'язку ЦСП з *xDSL* технологіями.

3. Вперше досліджене цифро-аналогове сполучення у імітаційній моделі для ЦСП з безпосереднім підключенням порушника, що дозволило підвищити точність прогнозування впливу відвідного каналу на захищеність системи зв'язку.

4. Вперше проведено аналіз структурної скритності широкосмугових лінійних сигналів, що використовуються в різних видах *xDSL* технологій. Визначено шляхи її збільшення, що дозволяє підвищити рівень структурної скритності.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному.

1. Вперше розроблено такі рекомендації та запропоновано технічні рішення для підвищення структурної та енергетичної захищеності інформаційних сигналів *xDSL* каналів відомих систем зв'язку:

- застосування додаткової обробки тестового сигналу ЦСПІ на базі *xDSL* технологій, що дозволить не тільки виявити факт підключення до лінії зв'язку, але і виявити місце підключення;

- застосування адаптивних фільтрів для фільтрації завад відвідних каналів в модемах ЦСПІ, зменшення розміру ІР пакета для зниження впливу завад і більш гнучкого управління продуктивністю інформаційного каналу зв'язку.

2. Наукові принципи і методики вимірювання величини *BER* і *Uzd*, розроблені в дисертації, впроваджено при модернізації центру обслуговування викликів (ЦОВ) служби "102" ГУМВС м. Харкова (акт впровадження додається).

3. Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес кафедри основ радіотехніки ХНУРЕ по дисципліні «Захист інформації в інформаційних мережах», що підтверджено відповідним актом впровадження.

4. Вперше проведено натурні експерименти з безпосереднім підключенням порушника до КЛЗ і отримано дані про допустимий рівень напруги завади *Uzd*, створеної у відвідних каналах порушником, при якому функціонування каналу припиняється, що дає можливість розробникам ВСЗ оцінити рівень завад, що призводить до втрати працездатності системи зв'язку.

5. Отримано дані досліджень значень *BER* і *PER* в мультимедійних ВСЗ при впливі завади на відвідні канали, що дає можливість на новому рівні вирішувати організаційно-технічні завдання ТЗІ.

**Обґрунтованість та достовірність результатів** дисертаційної роботи підтверджена збігом даних натурних експериментів та числових розрахунків, коректним застосуванням методів теорії матриць при створенні моделей відвідних каналів, методів теорії цифрового зв'язку, а також позитивними результатами фізичних експериментів з оцінки структурної та енергетичної захищеності КЛЗ і результатами випробувань ВСЗ ЦОВ служби «102» ГУМВС м. Харкова.

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати дисертації, які виносяться на захист, отримано автором особисто. В роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: розробка і створення програмно-апаратного комплексу (ПАК) для оцінки енергетичної та структурної захищеності провідних ЦСПІ на базі *xDSL* технологій [1-2]; розробка та дослідження імітаційної моделі відвідного каналу з безпосереднім зв'язком для провідних систем зв'язку [3]; аналіз структурної скритності багаторівневих лінійних сигналів цифрових систем передачі інформації на основі широкосмугових *xDSL* технологій [5,12]; проведення числових і натурних експериментів [4]; обґрунтування нових методик підвищення захищеності провідних каналів ЦСПІ [7-11].

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати і положення дисертаційної роботи доповідалися на Міжвідомчому міжрегіональному семінарі Наукової Ради НАН України «Технічні засоби захисту інформації» (м. Харків, 2011р.) та обговорювалися на 6-ти міжнародних конференціях, зокрема, на: 14-му,15-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка та молодь у ХХІ сторіччі» (м. Харків, 2010, 2011 р.); 11-й Міжнародній НПК «Сучасні інформаційні електронні технології» /*CIET'2010*/ (м. Одеса, 2010 р.); X International Conference Modern problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science /*TCSET'2010*/ (Lviv-Slavsko, 2010 р.); науково практичній конференції «Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах» (м. Київ , 2011 р.); на 4-му Міжнародному Радіоелектронному Форумі «Прикладна

радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку» - Міжнародна конференція «Телекомунікаційні системи та технології / ТСТ-2011 /». (м. Харків, 2011р.).

**Публікації.** Матеріали дисертаційної роботи опубліковано в 4-х статтях, виданих у збірниках, що входять до переліку фахових видать України, тезах доповідей 6 Міжнародних конференцій та 1-й статті, опублікованій в науково-технічному журналі за кордоном, а також використані у колективній монографії, написаній співробітниками кафедри ОРТ ХНУРЕ.

**Структура дисертаційної роботи.** Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (104 найменувань) і 2 додатків. Робота містить 153 сторінок основного тексту, 122 рисунків на окремих аркушах (14 стор.), 9 таблиць і додатки обсягом 24 сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі досліджень. Визначено наукову новизну роботи та її практичне значення. Наведено дані про особистий внесок автора в роботах, виконаних у співавторстві, апробацію результатів дисертації та відомості про публікації за темою дисертації.

**У першому розділі** дисертації розглянуто вимоги до відомчих систем зв'язку, проведено огляд і зроблено оцінку енергетичної та структурної захищеності інформаційних сигналів каналів *xDSL* при передачі інформації в ВСЗ, визначено коло

теоретичних і практичних завдань, що підлягають вирішенню, запропоновано концепцію відповідного каналу з безпосереднім зв'язком, що дозволяє вирішувати завдання аналізу захищеності ВСЗ на основі *xDSL* технологій і модель КЗ для ЦСПІ з *PAM* кодуванням в середовищі *MATLAB*.

У дисертації використовується підхід, що базується на представленні ВСЗ як радіотехнічної

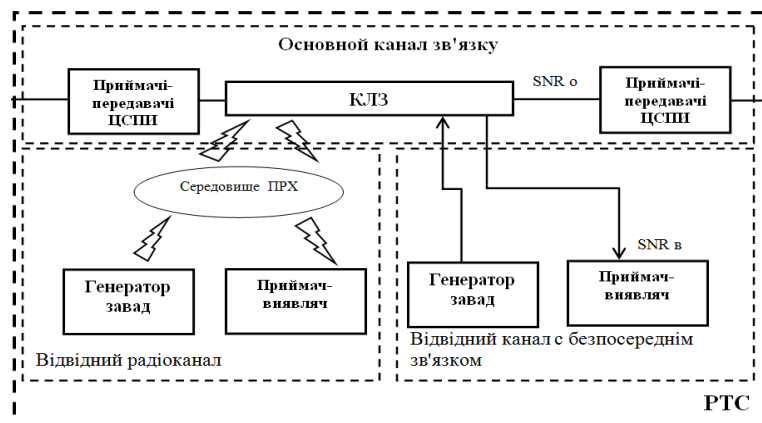


Рис. 1. Структура ВСЗ як радіотехнічної системи

системи. Цю систему показано на рис. 1. Наведена структура РТС складається з ЦСПІ, сполучених проводовою лінією зв'язку, генератора завад, приймача - виявляча, а також має два відвідних канали – радіоканал і канал з безпосереднім підключенням. Вплив відвідного радіоканалу докладно описано у відомих роботах. У даній роботі досліджується ВК з безпосереднім (електричним) підключенням до КЛЗ.

Концепція ВК ґрунтується на тому, що якщо  $SNR_o > SNR_v$ , то існують інструменти і методи підвищення захищеності переданої інформації на фізичному рівні семирівневої моделі *OSI*. Основним критерієм захищеності є  $P_b$ . За різних методів передачі інформації в

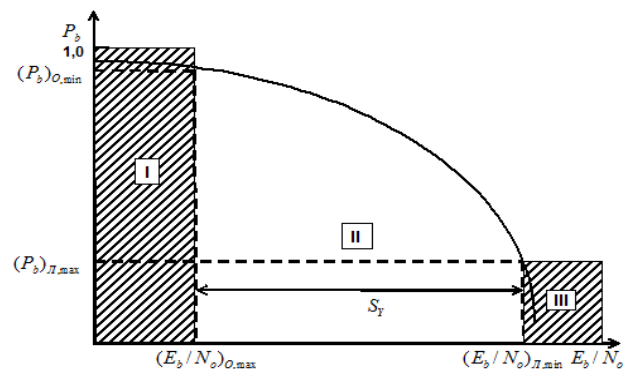
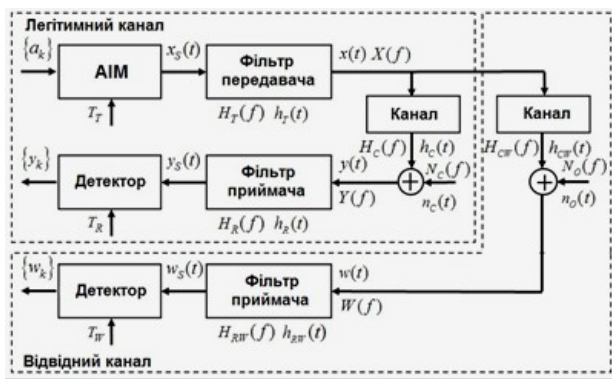


Рис. 2. Якісна характеристика залежності



КЗ ВСЗ для забезпечення певного рівня якості значення ймовірності бітової помилки в легітимному КЗ ( $P_{b,l}$ ) повинно бути нижче певного порогу ( $P_{b,max}$ ), залежного від виду інформації (дані, мова, відео і т.п.), тобто ( $P_{b,l} \leq P_{b,max}$ ), та ймовірність бітової

помилки в відвідному каналі ( $P_{b,o}$ ) має бути вище порогу ( $P_{b,min}$ ), близького до 0,5, тобто ( $P_{b,o} \geq P_{b,min}$ ) що призводить до наступних співвідношень для енергетичної уразливості системи зв'язку  $S_y$ :

$$\frac{N}{\theta} (P_{b,l}) = f_{\text{КЗ}} \frac{E_b}{N_o} \frac{\zeta}{\psi}, (P_{b,o}) = f_{\text{КЗ}} \frac{E_b}{N_o} \frac{\zeta}{\psi}, S_y = \frac{3}{\text{И}} \frac{E_b}{N_o} \frac{\zeta}{\psi} - \frac{3}{\text{И}} \frac{E_b}{N_o} \frac{\zeta}{\psi} \quad (1)$$

На рис. 2 представлена якісна характеристика залежності бітових помилок у легітимному і відвідному КЗ. Перша зона має максимальну завадозахищеність, оскільки  $P_b$  на цій ділянці має максимальні значення. Третя зона є найбільш вразливою для перехоплення інформації, тому що  $P_b$  в легітимному КЗ мінімально (захищеність на цій ділянці забезпечується методами шифрування). Друга зона, захищеність якої може бути забезпечена певними методами і засобами на фізичному рівні, запропонованими в даній роботі.

Враховуючи те, що при побудові ВСЗ часто використовується інфраструктура виділених проводових ліній, то небезпека підключення до таких ліній зростає, особливо на абонентській ділянці КЛЗ. При цьому порушник не тільки може знімати інформацію з легітимного каналу зв'язку, але і впливати на нього генератором завад, порушуючи його роботу у ВСЗ.

**У другому розділі** запропоновано нову модель ЦСПІ з відвідним каналом з безпосереднім зв'язком, що дозволяє провести аналіз її завадозахищеності і скритності – рис. 3.



Рис. 3. Структурна схема імітаційної моделі ЦСПІ з відвідним каналом

На відміну від відомих, запропоноване в даному розділі повне моделювання всіх процесів перетворення інформації від входу до виходу ЦСПІ дозволить не тільки оцінити параметри енергетичної, але й структурної захищеності інформаційних сигналів системи зв'язку. Частина моделі ЦСПІ, яка має назву МОДЕМ (модулятор-демодулятор), забезпечує формування і приймання багаторівневого лінійного сигналу РАМ,



безпосередньо визначає енергетичні та спектральні характеристики сигналу в лінії зв'язку між двома терміналами: центральним (ЦТ) і віддаленим (ВТ) – рис. 3.

Передача цифрової інформації по каналу зв'язку здійснюється за допомогою амплітудо-імпульсного модулятора (АІМ) який є пристроєм відображення цифрової інформації у форму аналогових сигналів.

Для того, щоб усунути міжсимвольну інтерференцію (МСІ) в каналі зв'язку, імпульсний сигнал  $\delta(t - kT)$  необхідно пропустити через спеціальний фільтр передавача з імпульсною характеристикою  $h_T(t)$  для надання йому характеристик, які відповідають умові Найквіста.

Тоді вихідний сигнал на виході фільтра передавача матиме вигляд:

$$x(t) = \sum_{k=-\lceil}^{\lceil} A_k \psi h_T(t - kT), \quad (2)$$

де  $A_k$  – амплітуда  $K$ -того імпульсу (символу),  $A_k \in \{ \pm 1, \pm 3, \dots, \pm (M - 1) \}$  можливих рівнів сигналу;  $M$  – кількість рівнів сигналу;  $\delta(t)$  – імпульсна функція;  $T$  – період передачі символів.

Клас імпульсів Найквіста - це безліч імпульсів, форма яких може бути описана функцією  $\sin c(t/T)$  помноженою на іншу часову функцію. Найбільш популярними є сигнали з характеристикою типу піднесеного косинуса або кореня з піднесеного косинуса. Незважаючи на близькі характеристики саме імпульс типу піднесеного косинуса дає нульову міжсимвольну інтерференцію (МСІ) при взятті вибірок сигналу в моменти часу  $T, 2T, 3T \dots nT$ .

З урахуванням прийнятих позначень сигнал  $y_S(t)$  на вході детектора легітимного приймача визначається виразом:

$$y_S(t) = \sum_{k=-\lceil}^{\lceil} A_k \psi h_L(t - kT_R) + n_L(t), \quad (3)$$

де  $n_L(t)$  – шум у каналі зв'язку;  $h_L(t)$  – зворотне перетворення Фур'є від загальної частотної характеристики легітимного каналу зв'язку  $H_L(f) = H_T(f) \psi H_C(f) \psi H_R(f)$ ;  $T_R$  – період вибірки символів у легітимному приймачі.

Другий блок каналу зв'язку моделює загасання сигналу в відповідному каналі зв'язку  $H_{CW}(f)$  і вплив гауссівського білого шуму  $N_o(f)$  на лінійний багаторівневий сигнал. Для корекції сигналу на вході приймача-виявляча встановлена приймальний фільтр з передавальною характеристикою  $H_{RW}(f)$  і коефіцієнтом згладжування  $r_w$ .

З урахуванням прийнятих позначень сигнал на вході детектора приймача-виявляча  $w_S(t)$  визначається виразом:

$$w_S(t) = \sum_{k=-\lceil}^{\lceil} A_k \psi h_o(t - kT_w) + n_o(t), \quad (4)$$

де  $n_o(t)$  – шум у відповідному каналі;  $h_o(t)$  – зворотне перетворення Фур'є від загальної частотної характеристики відповідного каналу  $H_o(f) = H_T(f) \psi H_{CW}(f) \psi H_{RW}(f)$ ;  $T_w$  – період вибірки символів у приймальнику-детектора.

Вибірка сигналу  $w_S(t)$  в детекторі приймача-виявляча відбувається в певні дискретні моменти часу  $t_w = nT_w + t_{wd}$ , необхідні для ідентифікації прийнятого символу,

$$w_n = w(nT_w + t_{wd}) = \sum_{k=-\Gamma}^{\Gamma} A_k \chi_{h_o}((n-k)T_w + t_{wd}) + \vartheta_{wn} \quad (5)$$

де  $\vartheta_{wn} = n_o(nT + t_{wd})$  – дискретна вибірка шуму у відповідному каналі;  $t_{wd}$  – затримка

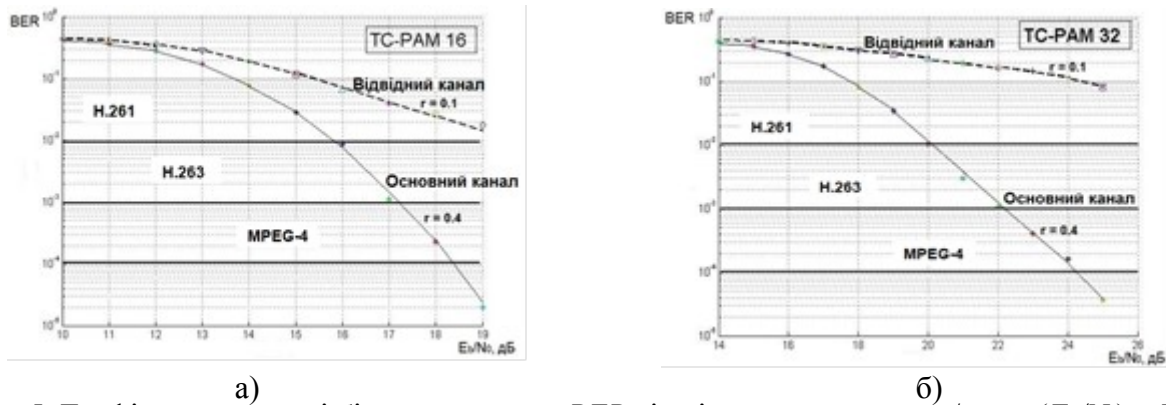


Рис. 5. Графіки залежності бітової помилки  $BER$  від відношення сигнал / шум ( $E_b/N_0$ ) в ЛК і ВК при різних значеннях коефіцієнта згладжування для  $TC-PAM 16, 32$

компаратора детектора.

На рис. 5 та рис. 6 наведено результати числового моделювання з використанням запропонованої моделі та показано залежності бітової помилки  $BER$  від відношення сигнал / шум  $E_b/N_0$  в легітимному та відвідному каналах при різних значеннях коефіцієнта згладжування фільтра (рис. 6), і при різних видах модуляції  $TC-PAM 16$ ,  $TC-PAM 32$  – рис. 5, а, рис. 5, б.

З наведених графіків (рис. 5) так само видно, що неузгоджений прийом багаторівневого лінійного сигналу  $TC-PAM$  в відвідному каналі при  $r_w \downarrow r_T$  призводить до збільшення помилок  $BER$  у (10-100) разів, що не дає можливості порушникові перехопити мультимедійну інформацію, яка передається в легітимному каналі. Підвищення рівня модуляції  $M$  значно збільшує захищеність ЦСПІ від перехоплення відеоінформації різних стандартів передачі ( $H.261$ ,  $H.263$ ,  $MPEG-4$ ).

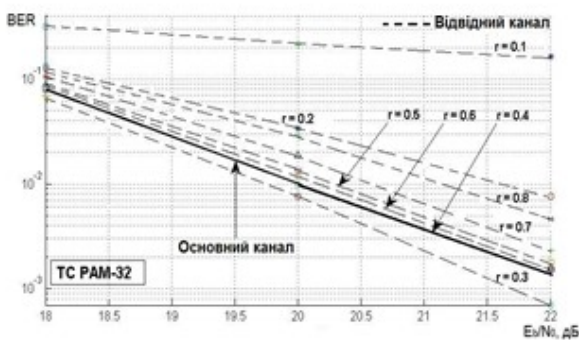


Рис. 6. Графіки залежності  $BER$  основного і відвідного каналів при зміні коефіцієнта згладжування для  $TC-PAM 32$

На представлений моделі було також проведено чисельні дослідження завадозахищеності ЦСПІ при впливі одночастотних штучних завад, створених генератором порушника і визначено значення граничної напруги завад  $U_{зд}$ , при яких система зв'язку перестає функціонувати, тобто не забезпечується доступність інформації в ВСЗ.

Результати моделювання показують, що рівень завадозахищеності ЦСПІ на основі  $SHDSL$  технологій суттєво залежить від частоти одночастотної завади. Особливо помітно вплив завад в частотному діапазоні, в якому розташована головна пелюстка спектральної густини потужності лінійного сигналу  $TC-PAM$ . При підвищенні рівня модуляції  $M$  завадозахищеність ЦСПІ зменшується.

Далі проведено оцінку потенційної структурної скритності широкосмугових лінійних сигналів, що використовуються в різних видах  $xDSL$  технологій, а також визначено шляхи її збільшення. Отримано формули для оцінки структурної скритності лінійних сигналів, що використовуються в технологіях  $xDSL$ , і з їх допомогою проведено

порівняльний аналіз структурної скритності лінійних сигналів різних *xDSL* технологій – табл. 1.

Потенційна структурна скритність  $S_{\Sigma}$  в цьому випадку буде сумою структурної скритності окремих елементів сигналу:

$$S_{\Sigma} = S_1 + S_2 + \dots + S_i = \log_2 A_1 + \log_2 A_2 + \dots + \log_2 A_i \quad (6)$$

де  $A_1, A_2, \dots, A_i$  – кількість (арсенал, ансамбль) всіх можливих значень кожного з  $i$ -параметрів складеного сигналу. Отримані дані свідчать про високу потенційну структурну скритність сучасних цифрових технологій передачі інформації по проводимих каналах зв'язку.

Таблиця 1  
Дані про структурну скритність лінійних сигналів різних *xDSL* технологій

Вид технології	Тип сигналу	Кількість піднесених N	Рівень модуляції M	Скритність диз S
<i>HDSL</i>	<i>PAM-16</i>	1	16	65
<i>SHDSL</i>	<i>PAM-128</i>	1	128	747
<i>ADSL</i>	<i>DMT QAM-256</i>	256	256	1720
<i>ADSL2</i>	<i>DMT QAM-1024</i>	512	1024	8839
<i>VDSL</i>	<i>DMT QAM-2048</i>	1024	2048	19700
<i>VDSL2</i>	<i>DMT QAM-4096</i>	2048	4096	43479

Особливо це стосується *VDSL* технологій, які використовують для передачі інформації велику кількість частот, і високі рівні модуляції *QAM*. Для збільшення структурної скритності ВСЗ необхідно не лише, по можливості, розширювати ансамблі застосовуваних сигналів, але і використовувати оригінальні методи формування лінійного сигналу в ЦСПІ власної розробки, що дозволить застосовувати *xDSL* технології в проводимих сегментах ВСЗ для доступу до спеціалізованих баз даних і передачі службової інформації.

### У третьому розділі розроблено моделі які

дозволили  
аналізувати  
захищеність у  
проводимих  
КЛЗ  
за допомогою

параметрів розсіювання, тобто елементів  $S$ -матриць, які мають фізичний сенс коефіцієнтів передачі і коефіцієнтів відбиття. У більшості практичних випадків відвідний канал утворюється за рахунок включення паралельного шлейфу в одну з пар проводів (див. рис. 7). При цьому гальванічне підключення приймача порушника з вхідним опором  $Z_{\Pi}$  до однієї з ліній порушує взаємозв'язок між усіма парами проводів.

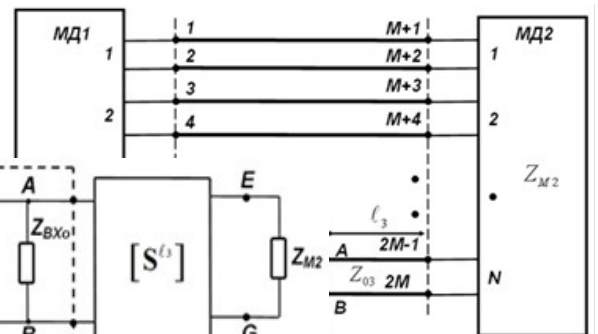


Рис. 8. Еквівалентна схема однопарний

Рис. 7. Еквівалентна схема багатопровідного ЦСПІ з гальванічним включенням ВК

Тут прийнято такі позначення:  $Z_0$  – хвильовий опір відрізків ліній;  $Z_{M1}, Z_{M2}, Z_{\Pi}$  – вхідні опори легітимних модемів і приймача порушника, відповідно. Надалі, для

зменшення трудомісткості аналізу вважатимемо, що змінюються лише характеристики каналу  $N$ , до якого підключається порушник. Тоді для оцінки впливу ВК на характеристики легітимного каналу зв'язку можна перейти до більш простої схеми, представленій на рис. 8.

На даній схемі через  $\check{S}^{\ell_2}$  і  $\check{S}^{\ell_3}$  позначені матриці розсіювання відрізків проводу з довжинами  $\ell_2$  і  $\ell_3$ . Ці матриці розраховуються на основі відомих погонних параметрів проводових ліній зв'язку за умови  $Z_{M1} = Z_{M2} = Z_0$  за співвідношенням:

$$S = \begin{matrix} \text{й} & 0 & \exp(-\gamma \ell) \\ \text{к} & \exp(-\gamma \ell) & 0 \\ \text{л} & 0 & \text{б} \end{matrix} \begin{matrix} \text{щ} \\ \text{б} \\ \text{л} \end{matrix} \quad (7)$$

де  $\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$  – комплексний коефіцієнт поширення сигналу для відрізка лінії  $\ell$ ;  $\ell$  – довжина відповідної ділянки лінії ( $\ell_2$  або  $\ell_3$ );  $\alpha$  – коефіцієнт ослаблення сигналу;  $\beta$  – фазовий коефіцієнт поширення;  $R, L, C, G$  – первинні параметри відрізка КЛЗ  $\ell$  ( $\ell_2$  або  $\ell_3$ );  $\omega = 2\pi f_c$  – кутова частота.

Всі елементи схеми (рис. 8) включені каскадно, що дозволяє легко знайти цікавий для нас коефіцієнт відбиття  $\Gamma$  в точках CD і коефіцієнт передачі по потужності від точок CD до точок EG. Саме за цими параметрами можна судити про ступінь впливу гальванічно підключеного ВК на передачу інформації в легітимному каналі, а отже, і на характеристики захищеності ЦСПІ з провідними технологіями передачі інформації.

При каскадному включенні трьох чотиріполосників з відовими  $[S]$  – матрицями, описаними виразами (7), результуючу  $[S]^\Sigma$  – матрицю каналу можна знайти, скориставшись відомою методикою об'єднання багатополосників:

$$\check{S}^{OK} = \begin{matrix} \text{й} & \text{S}_{11}^{OK} & \text{щ} \\ \text{к} & \text{S}_{12}^{OK} & \text{б} \\ \text{л} & \text{S}_{21}^{OK} & \text{л} \end{matrix} = \frac{1}{D_S} \begin{matrix} \text{й} & Y_1 - Y_2 - Y & 2\sqrt{Y_1 Y_2} \\ \text{к} & 2\sqrt{Y_1 Y_2} & Y_2 - Y_1 - Y \\ \text{л} & Y_2 - Y_1 - Y & \text{б} \end{matrix} \begin{matrix} \text{щ} \\ \text{б} \\ \text{л} \end{matrix} \quad (8)$$

де  $Y = 1/Z_{BXO}$ ;  $Y_1 = 1/Z_{02}$ ;  $Y_2 = 1/Z_{03}$ ;  $D_S = Y + Y_1 + Y_2$ ;  $Z_{BXO}$  – вхідний опір відвідного каналу;  $Z_{02}$  – вхідний опір відрізка лінії  $\ell_2$ ;  $Z_{03}$  – вхідний опір відрізка лінії  $\ell_3$ .

Застосувавши вищевикладену методику, отримаємо результуючу матрицю  $[S]^\Sigma$  КЛЗ з відведенням у вигляді:

$$[S]^\Sigma = \begin{matrix} \text{й} & \text{S}_{11}^\Sigma & \text{щ} \\ \text{к} & \text{S}_{12}^\Sigma & \text{б} \\ \text{л} & \text{S}_{21}^\Sigma & \text{л} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{й} & \text{S}_{11}^{OK} * e^{-2\gamma \ell_2} & \text{щ} \\ \text{к} & \text{S}_{12}^{OK} * e^{-\gamma(\ell_2 + \ell_3)} & \text{б} \\ \text{л} & \text{S}_{21}^{OK} * e^{-\gamma(\ell_2 + \ell_3)} & \text{л} \end{matrix} \begin{matrix} \text{щ} \\ \text{б} \\ \text{л} \end{matrix} \quad (9)$$

де  $\text{S}_{11}^{OK}$ ,  $\text{S}_{12}^{OK}$ ,  $\text{S}_{21}^{OK}$ ,  $\text{S}_{22}^{OK}$  – елементи матриці, взяті зі співвідношення (8);  $\ell_{LK} = \ell_2 + \ell_3$  – довжина легітимної лінії зв'язку.

Отже, коефіцієнт відбиття по входу  $\Gamma_{BX}$  – визначається елементом  $\text{S}_{11}^\Sigma$  результуючої матриці  $[S]^\Sigma$ , коефіцієнт відбиття по виходу  $\Gamma_{ВИХ}$  – визначається елементом  $\text{S}_{22}^\Sigma$ , коефіцієнт передачі по потужності з входу на вихід лінії зв'язку визначається як  $\check{S}_{21}^{\Sigma 2}$ .

За наявності відвідного каналу в легітимній лінії зв'язку з'являється неоднорідність,

що призводить до появи відбитих хвиль і зміни значення елементів матриці  $[\mathbf{S}]^\Sigma$ , які є індикатором несанкціонованого підключення до КЛЗ.

Зазвичай у вимірювальних приладах тестування каналів зв'язку на основі КЛЗ та визначення відводів на лініях зв'язку використовується оцінка зміни коефіцієнта відбиття в часовій області  $\mathbf{S}_{11}^\Sigma(t)$  при подачі спеціального зондуєчого імпульсу. Однак за наявності шумів в КЛЗ такий метод дає велику похибку і його реалізація в ЦСП на базі *xDSL* технологій ускладнюється.

У нашому випадку доцільно використовувати частотні залежності елементів результуючої матриці  $[\mathbf{S}]^\Sigma$  і визначити залежності  $\mathbf{S}_{11}^\Sigma(f_c)$ ,  $\mathbf{S}_{22}^\Sigma(f_c)$  та  $\mathbf{S}_{12}^\Sigma(f_c)$ . Знаходження частот  $f_m$  локальних мінімумів цих функцій у смузі частот  $0 \leq f_i \leq f_c$  є індикатором не тільки підключення ОК, але і відстані до місця підключення порушника  $\ell_2$ , тобто  $f_m = F(\ell_2)$ .

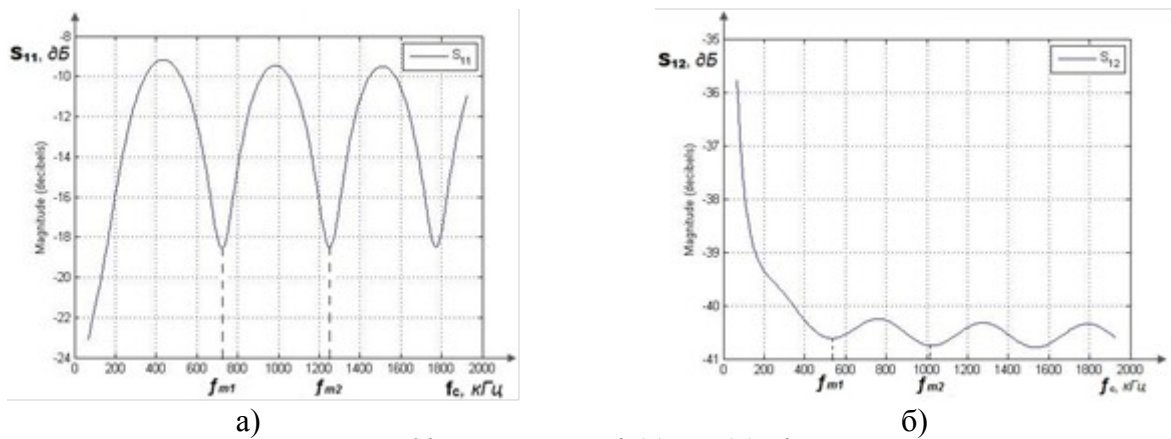


Рис. 9. Графіки залежності (а) та (б) від частоти при відстані до відведення

$$\mathbf{S}_{11}^\Sigma(f) = \min_{0 \leq f_i \leq f_c} \|\mathbf{S}_{11}^\Sigma(f_i)\| = \mathbf{S}_{11}^\Sigma(f_m), \quad \mathbf{S}_{12}^\Sigma(f) = \min_{0 \leq f_i \leq f_c} \|\mathbf{S}_{12}^\Sigma(f_i)\| = \mathbf{S}_{12}^\Sigma(f_m). \quad (10)$$

Використовуючи запропоновану вище модель, були проведені чисельні експерименти для оцінки впливу відвідного каналу на параметри проводового сегмента мережі абонентського доступу ВСЗ при різних конфігураціях з'єднання ділянок КЛЗ, результати яких наведені на рис. 9.

Результати чисельних експериментів показують, що включення в лінію відвідного каналу призводить до появи неузгодженості в проводовому каналі. Чим ближче відвід до початку або кінця лінії, тим більше частота першого локального мінімуму (спаду) коефіцієнта відбиття  $\mathbf{S}_{11}^\Sigma$  ( $\mathbf{S}_{22}^\Sigma$ ). За рахунок появи відвідного каналу на частотній характеристиці передачі каналу  $\mathbf{S}_{12}^\Sigma$  з'являються провали, які можуть істотно знижувати ефективність роботи ЦСП на базі *xDSL* технологій. За положенням локальних мінімумів на частотній характеристиці  $\mathbf{S}_{12}^\Sigma$  також можна судити про місце підключення ВК за довжиною легітимної лінії зв'язку. Ця обставина може бути використана для визначення факту і місця підключення ВК, тому що відомо, що сучасні ЦСП на базі *xDSL* технологій перед початком своєї роботи тестують лінію зв'язку і визначають частотні характеристики каналу для налаштування вхідних адаптивних фільтрів.

Моделювання ВК, що виникають при передачі інформації в різних сегментах ВСЗ, є по суті єдиним методом досить повного дослідження їхніх параметрів і можливостей з метою подальшої розробки способів і засобів захисту інформації.

**Четвертий розділ** присвячено вирішенню задач створення методики виміральної установки та проведенню експериментів з визначення величини  $BER$ ,  $U_{зд}$ , а також розробці засобів підвищення захищеності ВСЗ.

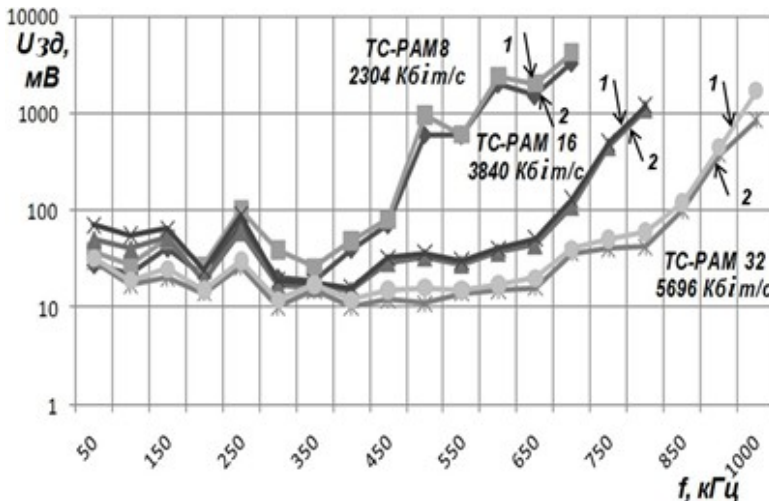


Рис. 10. Експериментальні характеристики граничної напруги завад  $U_{зд}$  від частоти для різних видів модуляції лінійного сигналу

завади фіксувалася і була граничним напруженням завади для даної моделі та параметрів каналу зв'язку. На рис. 10 наведено експериментальні характеристики граничної напруги завад  $U_{зд}$  (1 - розрив зв'язку, 2 – початок візуальних спотворень) від частоти для різних видів модуляції лінійного сигналу *TC-PAM* - 8/16/32 при швидкості передачі інформації 2,3 Мбіт/с і *TC-PAM* 32 при швидкості передачі інформації 5, 6 Мбіт/с.

Як видно з графіків, найбільша чутливість до зовнішніх одночастотних завад ЦСПІ на основі *SHDSL* технологій лежить в діапазоні частот, де зосереджена максимальна спектральна густина лінійного сигналу, що залежить від типу і рівня модуляції. Збільшення рівня модуляції до *TC-PAM* 32 знижує завадозахищеність системи зв'язку за рахунок зменшення мінімального дискретного рівня корисного сигналу.

При проведенні експериментів з оцінки завадозахищеності каналу зв'язку ЦСПІ було виявлено ефект залежності пакетної помилки *PER* від розміру пакета і швидкості передачі *IP* пакетів по *SHDSL* каналу зв'язку.

Зменшення розміру пакета, що передається, збільшує стійкість каналу зв'язку при впливі одночастотних завад. Зменшення розміру *IP* пакета знижує вплив завад і може використовуватися для гнучкого управління продуктивністю інформаційного каналу зв'язку.

Для оцінки роботи компенсуючих елементів технології *SHDSL* були проведені експерименти, що дозволило виявити критичні частоти, на яких функціонування компенсаційної схеми досліджуваного обладнання припинялося (рис. 11).

Далі цю рекомендацію було використано для фіксованого попереднього налаштування фільтрів модемів, які діяли в структурі ЦОВ служби «102» ГУМВС м.

Оцінка завадозахищеності каналу зв'язку при впливі одночастотних завад і визначення граничного напруження завади, при якому КЗ перестає функціонувати, представляє інтерес для розробників захищених ЦСПІ. При проведенні цього експерименту в імітатор проводової лінії, що зв'язує ЦТ та ВТ ЦСПІ, підключався генератор, що створює одночастотну заваду в заданому діапазоні частот. Рівень завади повільно збільшувався до розриву зв'язку між модемами, тобто до розриву з'єднання. Ця напруга

Харкова. Експериментально підтверджено, що такий крок дав змогу підвищити на ряді напрямів співвідношення сигнал/завада на  $(2 \div 3)$  дБ і зробити зв'язок надійнішим (рис. 12).

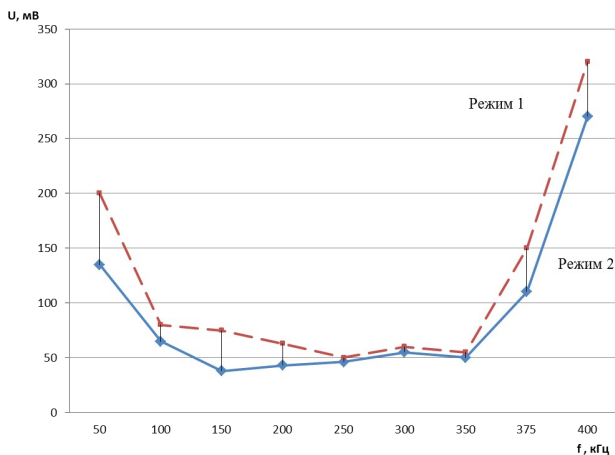


Рис. 11. Графік залежності напруги завади від частоти з урахуванням компенсуючої схеми (Режим 1) і без неї (Режим 2) до розриву КЗ.



Рис. 12. Стійка з мережним устаткуванням і відомчої системи зв'язку «102» в ГУМВСУ в Харківській області

Також були проведені експерименти по оцінці впливу відвідного каналу на параметри проводового сегмента, результати яких з інженерної точністю співпали з результатами моделювання S-параметрів наведеними у розділі 3.

Запропоновано та обґрунтовано способи підвищення захищеності ЦСП, що базуються на отриманих в роботі результатах по оцінці частотних характеристик коефіцієнтів передачі та відбиття в КЛЗ із застосуванням фільтрів типу "піднесеного косинуса", по оптимізації величини пакета при формуванні лінійного сигналу, які дозволяють при проектуванні ВСЗ враховувати можливі дії порушника по постановці завад.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі представлено вирішення актуальної науково-технічної задачі підвищення захищеності мультимедійних каналів зв'язку ВСЗ на основі технологій *xDSL* засобами оцінки експериментальних досліджень та моделювання в рамках концепції відвідного каналу, що дозволило виявити шляхи підвищення завадозахищеності і скритності інформаційних сигналів радіотехнічних ВСЗ.

Одним з найважливіших результатів дисертаційних досліджень є розробка нового підходу до створення моделей для оцінки захищеності ЦСП на основі *SHDSL* технологій з застосуванням теорії матриць і математичних засобів системи *MATLAB*.

Використовуючи розроблений підхід, в дисертації отримано наступні нові науково-технічні результати.

1. Вперше запропоновано розглядати ВСЗ як складну радіотехнічну систему, що включає, крім основного та відвідного радіоканалу, відвідний канал з безпосереднім (електричним) зв'язком з КЛЗ.

2. Вперше для дослідження і оцінки захищеності ЦСП з різною конфігурацією розподіленої структури КЛЗ відомчих мереж зв'язку створено імітаційні моделі, що враховують наявність відвідних каналів з електричним зв'язком. Розроблені моделі відрізняються від раніше відомих тим, що дають можливість розрахунку характеристик

захищеності ЦСПІ на базі технології *SHDSL* з урахуванням значно більшої кількості блоків, котрі моделюють реальні фізичні процеси в системі, зокрема, скремблювання, обробку фільтром типу "піднесений косинус", надточне кодування, декодування декодером Вітербі. Крім того, дані моделі враховують розпаралелювання каналів на ділянці КЛЗ, що дозволяє виявити несанкціоноване підключення до лінії зв'язку і оцінити різницю помилок (*BER*) в основному і відвідних каналах (*BER2*) з різними приймаючими параметрами.

3. Вперше представлено модель оцінки впливу відвідного каналу на легітимний канал зв'язку при безпосередньому підключенні до лінії зв'язку апаратури порушника на основі матричного опису провідного каналу з використанням S-параметрів. Враховуючи те, що існує цілий ряд вимірювальних приладів, які безпосередньо дозволяють вимірювати S-параметри багатополосників, створюється поле для порівняльного аналізу теоретичних і експериментальних досліджень впливу відвідного каналу на параметри та ефективність роботи провідних ЦСПІ.

4. Отримано залежності коефіцієнта відбиття  $S_{11}$  і загасання  $S_{12}$  від частоти при зміні відстані до місця підключення ВК, які дозволяють оцінити вплив відвідного каналу як на узгодження лінії зв'язку, так і на характеристики передачі системи зв'язку. Показано, що із введенням додаткової обробки тестового сигналу ЦСПІ на базі *xDSL* технологій можна не тільки виявити факт підключення до лінії зв'язку, але і виявити місце підключення, що дозволяє значно знизити вартість витрат на проведення даних процедур (від 4-х до 10-и разів).

5. Розроблено методику та запропоновано структурну схему ПАК для вимірювання величини *BER*, *PER* і  $U_{зд}$ . Проведено вимірювання рівня допустимих завад (10 - 100 мВ) в робочому діапазоні частот сигналу ЦСПІ (100 - 1000 кГц), який, залежно від рівня модуляції, може змінюватися в межах від 2-х до 3-х порядків. Результати експериментів впроваджено при налаштуванні модемів ЦОВ «102» ГУМВС м. Харкова.

6. Проведено експериментальне дослідження завадозахищеності і скритності ЦСПІ на основі технології *SHDSL* з використанням ПАК, отримано нові дані про роботу компенсуючих систем, що дозволяють збільшити завадозахищеність на 5 - 15% від потужності завад, а також дозволяють враховувати при проектуванні ВСЗ можливі дії порушника по постановці завад.

7. Проведено аналіз та показано, що для збільшення структурної скритності сигналів, які використовуються в *xDSL* технологіях, необхідно розширювати ансамбль використовуваних сигналів з різними параметрами фізичного рівня (коефіцієнт згладжування фільтрів, частотне настроювання, фаза сигналу), що дозволяє збільшити значення *S* з кількох десятків (для *HDSL*  $S = 65$ ) до кількох тисяч (для *ADSL2*  $S=8839$ ), також для збільшення захищеності ВСЗ необхідно використовувати вітчизняні ЦСПІ, в яких реалізовані оригінальні алгоритми підвищення структурної скритності сигналу.

8. Вперше експериментально досліджено залежність величини гранично допустимого рівня завади сигналу для *SHDSL* каналу зв'язку від частоти, при цьому виявлено, що існує ефект адаптації рівня синхронізації модемів каналу зв'язку до рівня діючих у каналі завад, на підставі цього ефекту розроблено рекомендацію про необхідність попереднього налаштування фільтрів ЦСПІ на діючий рівень завад, що дозволяє підвищити завадозахищеність каналу зв'язку.

9. Запропоновано та обґрунтовано способи підвищення захищеності ЦСПІ, котрі базуються на отриманих в роботі результатах за оцінкою частотних характеристик



коефіцієнтів передачі і відображення ( $S_{11}$  і  $S_{22}$ ) в КЛЗ, із застосуванням фільтрів типу "піднесеного косинуса", коефіцієнт згладжування  $\alpha$  якого має оптимальне значення 0.4, по оптимізації величини пакета (512 байт) при формуванні лінійного сигналу, а також проаналізовано роботу компенсаційної схеми і визначено області, в яких дана схема не функціонує.

10. Результати дисертаційної роботи впроваджено: при розробці ЦСП "Quadro" (ВАТ «Прожектор»), при налаштуванні модемів ЦОВ «102» ГУМВС м. Харкова, в навчальний процес кафедри основ радіотехніки ХНУРЕ по дисципліні «Захист інформації в інформаційних мережах», а також у НДР «Оцінка структурної та енергетичної захищеності  $xDSL$  каналів відомчих систем зв'язку та способи її підвищення» («Безпека-05П»), акти впровадження додаються.

На цій підставі можна зробити висновок, що всі завдання, поставлені в дисертаційній роботі, вирішені. Подальші дослідження в напрямку розвитку концепції відвідного каналу, на наш погляд, повинні бути спрямовані на детальне дослідження захищеності ЦСП з урахуванням різних конфігурацій основного і відвідного каналів.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шинкаренко И. В. Экспериментальная оценка защищенности мультимедийных цифровых систем передачи информации на основе *SHDSL* технологий / И. В. Шинкаренко, А. И. Цопа // Известия Вузов. Радиотехника. – Київ: НТУ «КПИ», 2011. – Том. 54. – Вип. 5. – С. 30-36.

2. Shynkarenko I. V. Experimental Security Estimation of Multimedia Digital Data Transmission Systems Based on *SHDSL* Technologies. / I. V. Shynkarenko and O. I. Tsopa // Radioelectronics and Communications Systems. – Allerton Press, Inc. – Vol. 54. – No. 5. – pp. 254-259.

3. Шинкаренко И. В. Имитационная модель отводного канала с электрической связью для проводных цифровых систем передачи информации / И. В. Шинкаренко, А. И. Цопа // Научно-технический журнал «Сучасний захист інформації». – Київ: ДУІКТ, 2011. – Вип. № 2. – С. 30-40.

4. Шинкаренко И. В. Исследование влияния отводного канала с электрической связью на параметры защищенности цифровых систем передачи информации на основе  $xDSL$  технологий. / И. В. Шинкаренко, А. И. Цопа // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2011. – Выпуск № 165. – С. 88-95.

5. Шинкаренко И. В. Анализ структурной скрытности многоуровневых линейных сигналов цифровых систем передачи информации на основе широкополосных  $xDSL$  технологий / И. В. Шинкаренко, А. А. Дудка, А. И. Цопа // Радиотехника. Всеукраинский межведомственный научно-технический сборник. – 2011. – Выпуск № 166. – С. 239 - 245 .

6. Шинкаренко И. В. Исследование характеристик защищенности проводных цифровых систем передачи информации при наличии отводных каналов с электрической связью / Раздел в монографии. Методы прогнозирования защищенности ведомственных систем связи, основанные на концепции отводного канала / Под ред. А. И. Цопы, В. М. Шокало. – Харьков: КП «Городская типография», 2011. – с. 374-394.

7. Шинкаренко И. В. Оценка помехозащищенности проводных цифровых систем передачи информации // Сборник научных трудов 14-го Международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – С. 97.

8. Шинкаренко И. В. Особенности построения модели цифровой системы передачи информации с отводным каналом с непосредственным подключением к линии связи // Сборник научных трудов 15-го Международного молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке». – Харьков: ХНУРЭ, 2011. – С. 85-86.

9. Шинкаренко И. В. Особенности и результаты построения модели цифровой системы передачи информации с *PAM* кодированием / И. В. Шинкаренко, А. И. Цопа // Труды 11-й Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии» / *СИЭТ'2010*/. – Одесса. – 2010. – С. 228.

10. Shynkarenko I. V. Radio frequency interference effect on the streaming video in digital transmission systems based on *SHDSL* technology. / I. V. Shynkarenko, O. I. Tsopa // Proc. of X International Conf. Modern problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science / *TCSET'2010*/. – Lviv-Slavsko, 2010. – P. 162.

11. Шинкаренко И. В. Разработка и исследование модели отводного канала с непосредственной связью для проводных цифровых систем передачи информации / И. В. Шинкаренко, А. И. Цопа // Збірка тез доповідей науково практичної конференції «Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах». – Київ: НАУ, 2011. – С. 46.

12. Шинкаренко И. В. Структурная скрытность линейных сигналов широкополосных *xDSL* технологий. / И. В. Шинкаренко, А. И. Цопа // Материалы 4-го Международного радиоэлектронного форума. Международная конференция «Телекоммуникационные системы и технологии / *ICTST-2011*». – Харьков, 2011. – Том II. – С.408 - 411 .

## АНОТАЦІЯ

Шинкаренко І. В. Аналіз енергетичної та структурної захищеності інформаційних сигналів в каналах відомчих радіотехнічних систем зв'язку і способи її підвищення. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.17 – радіотехнічні та телевізійні системи. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2012.

У дисертаційній роботі представлено вирішення актуальної науково-технічної задачі підвищення захищеності мультимедійних каналів зв'язку ВСЗ на основі технологій *xDSL* засобами оцінки експериментальних досліджень та моделювання в рамках концепції відвідного каналу, що дозволило виявити шляхи підвищення заводозахищеності і скритності інформаційних сигналів радіотехнічних ВСЗ.

Одним з найважливіших результатів дисертаційних досліджень є розробка нового підходу до створення моделей для оцінки захищеності ЦСП на основі *SHDSL* технологій з застосуванням теорії матриць і математичних засобів системи *MATLAB*.

Достовірність розроблених наукових принципів і методик розрахунку захищеності КЛЗ, а також отриманих результатів підтверджена при модернізації відомчої системи зв'язку – Центру обслуговування викликів екстреної служби «102» ГУМВС м. Харкова.

Ключові слова: провідова лінія зв'язку, відвідний канал, скритність, завадозахищеність, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт згладжування.

## АННОТАЦІЯ

Шинкаренко І. В. Аналіз енергетическої і структурної захищеності інформаційних сигналів в каналах ведомственных радіотехніеских систем зв'язи і способи її підвищення. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.17 – радиотехніеские и телевизионные системы – Харьковський національний університет радіоелектроніки, Харьков, 2012.

В диссертационной работе представлены решения актуальной научно-технической задачи повышения защищенности мультимедийных каналов связи ВСС на основе технологий *xDSL* средствами оценки экспериментальных исследований и моделирования в рамках концепции отводного канала, что позволило выявить пути повышения помехозащищенности и скрытности информационных сигналов радиотехніеских ВСС.

Одним из важнейших результатов диссертационных исследований является разработка нового подхода к созданию моделей для оценки защищенности ЦСПИ на основе *SHDSL* технологий с применением теории матриц и математических средств системы *MATLAB*.

Впервые для исследования и оценки защищенности ЦСПИ с различной конфигурацией распределенной структуры КЛС ведомственных сетей зв'язи создана имитационная модель, учитывающая наличие отводного канала с электрической связью.

Впервые представлена модель для частотного анализа и оценки влияния отводного канала на легитимный канал ВСС при непосредственном подключении к линии зв'язи аппаратуры нарушителя на основе матричного описания проводного канала с использованием  $S$ -параметров.

Показано, что при введении дополнительной обработки тестового сигнала ЦСПИ на базе *xDSL* технологий можно не только обнаружить факт подключения к линии зв'язи, но и выявить место подключения.

Предложены и обоснованы способы повышения защищенности ЦСПИ, основанные на полученных в работе результатах по оценке частотных характеристик коэффициентов передачи и отражения ( $S_{11}$  и  $S_{22}$ ) в КЛС, по применению фильтров типа “приподнятого косинуса”, коэффициент сглаживания  $\alpha$  которого имеет оптимальное значение 0.4, по оптимизации величины пакета (*512 байт*) при формировании линейного сигнала, а также проанализирована работа компенсирующей схемы и определены области, в которых данная схема не функционирует.

Достоверность разработанных научных принципов и методик расчета защищенности КЛС, а также полученных результатов подтверждена при модернизации ведомственной системы зв'язи – Центра обслуживания вызовов экстренной службы «102» ГУМВД г. Харькова.

Ключевые слова: проводная линия зв'язи, отводной канал, скрытность, помехозащищенность, коэффициент отражения, коэффициент сглаживания.

## ABSTRACT

Shynkarenko I.V. Analysis of energy and structural security of information signals in the channels of departmental radio communication networks and methods for its improvement. - Manuscript.

Thesis on competition of a scientific degree of the candidate of the technical sciences by specialty 05.12.17 - Radio and Television Systems (Ph.D. thesis). – Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, 2012.

This thesis presents solutions of a relevant scientific and technical problem of increasing security of multimedia communication channels based on the departmental communication networks (DCN) technology *xDSL*, by means of evaluation of experimental investigations and modeling, within the concept of wiretap, which made it possible to identify ways to improve the noise immunity and security of information signals DCN radio.

One of the most important results of dissertation research is a development of a new approach to model building for estimate of the security digital data transmission systems based on *SHDSL* technologies with the use of matrix theory and the mathematical tools of *MATLAB*.

The reliability of scientific principles and methods for estimate the security of cable lines, and the results have been confirmed by the modernization of DCN – call center in the emergency "102" GUMVD Kharkov.

Keywords: cable lines, wiretap, security, noise, reflection coefficient, the coefficient of smoothing.