

УДК 621.391

DOI: 10.31673/2412-9070.2022.053439

О. Л. ТУРОВСЬКИЙ, доктор техн. наук, професор;

Т. В. МЕЛЕШКО, здобувач;

В. О. ДРОБИК, здобувач,

Національний авіаційний університет, Київ

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ НЕФЛУКТУАЦІЙНИХ ЗАВАД НА ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ ПРИЙМАННЯ ДИСКРЕТНИХ СИГНАЛІВ ІЗ БАГАТОПОЗИЦІЙНОЮ ФАЗОВОЮ МАНІПУЛЯЦІЄЮ

Розглянуто питання оцінювання впливу нефлуктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією (БФМ).

Визначено, що підвищення завадозахищеності за умов впливу флуктуаційних завад та подальша наукова робота стосовно підвищення ефективності передавання даних формують нове актуальне наукове завдання щодо оцінювання впливу нефлуктуаційних завад на завадостійкість телекомунікаційної мережі (ТКМ) на базі сигналів із БФМ.

З'ясовано, що основними видами нефлуктуаційних завад, що можуть чинити вплив на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією є такі: гармонічна завада, фазоманіпульована завада, ретрансльована завада, сканувальна завада, хаотична імпульсна завада, мультиплікативна завада.

З метою зменшення впливу на завадостійкість ТКМ на базі сигналів із БФМ запропоновано відповідну методологію оцінювання впливу нефлуктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією.

Як методологія запропоновано такий порядок. Формування параметрів ТКМ передавання даних на базі сигналів із БФМ відповідно до функціонального призначення. Розроблення моделі завадозахищеності ТКМ передавання даних на базі сигналів із БФМ за умов впливу флуктуаційних завад, її реалізація та оцінювання ефективності застосування. Аналіз умов та факторів, що можуть вплинути на формування нефлуктуаційних завад на ТКМ на базі сигналів із БФМ. Окреслення переліку нефлуктуаційних завад, що можуть сформуватись під дією визначених умов і факторів, в яких функціонує ТКМ передавання даних на базі сигналів із БФМ. Оцінювання впливу нефлуктуаційних завад на ефективність завадозахищеності ТКМ на базі сигналів із БФМ. Розроблення рекомендацій щодо зменшення впливу нефлуктуаційних завад на ефективність завадозахищеності ТКМ на базі сигналів із БФМ.

Ключові слова: багатопозиційна фазова маніпуляція; завадозахищеність телекомунікаційної мережі; нефлуктуаційні завади.

Вступ

Забезпечення інфраструктури України мережами сучасного швидкісного та потужного зв'язку потребує проведення постійних наукових досліджень у різних напрямках підвищення його ефективності. Однією зі стратегій таких досліджень є розвиток і вдосконалення одного з ключових елементів телекомунікаційних систем, а саме технології цифрового передавання корисних даних.

Серед усього різноманіття технологій цифрового передавання корисних даних, що використовуються в сучасних телекомунікаційних мережах, чільне місце посідають технології передавання сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією (БФМ). Вони на високому рівні задовольняють сучасні енергетичні й спектральні вимоги і порівняно з іншими видами дискретних сигналів передавання даних, наприклад відносно систем з амплітудною й частотною маніпуляціями, забезпечують високу пропускну здатність каналів та завадозахищеність приймально-передавальної апаратури за наявності складних завад. Ці сигнали з успіхом використовують у світі в багатьох цифрових системах передавання, зокрема супутникових лініях зв'язку, системах цифрового теле-

бачення (DVB-S і DVB-S2/S2X), безпроводових та стільникових мережах.

Технологія БФМ має низку переваг, до яких належать висока швидкість передавання даних, можливість впливу на відношення сигнал/шум та, як наслідок, відносна незалежність від впливу зовнішніх завад. У процесі її використання застосовуються прості алгоритми оброблення пакетів даних на основі алгоритмів швидкого перетворення Фур'є, що зумовлює простоту апаратної реалізації з можливістю забезпечення одночасного передавання сигналів різного спектра через одну мережу. До переваг також можна віднести можливість застосування різних схем модуляції для кожної підносійної, що дає змогу адаптивно варіювати завадостійкість і швидкість передавання інформації [3; 4].

Водночас технологія БФМ має такі недоліки, як висока чутливість до зміщення частоти і фази вхідного сигналу відносно опорного колювання, низька енергетична ефективність, залежність від ефекту Доплера під час застосування цієї технології в мобільних мережах [3–5].

Розв'язання питання підвищення ефективності телекомунікаційних систем, що працюють на

© О. Л. Туровський, Т. В. Мелешко, В. О. Дробик, 2022

основі технології БФМ, потребують обґрунтування подальших напрямків досліджень щодо вдосконалення зазначеної технології за умови збереження всіх притаманних їй властивостей, а саме: інваріантності та високої завадостійкості.

Для сигналів, що передаються за технологією БФМ, характерний весь спектр зовнішніх та внутрішніх негативних збурень, завад та впливів, які можуть достатньо сильно позначатися на якості передавання та здобуття інформації.

У них переважно розглядаються випадки приймання на фоні гауссівського шуму або для сигналів із малим ступенем позиційності M . Варто зауважити, що в сучасних радіоканалах поряд із шумовими часто наявні й нефлюктуаційні завади різного походження, зумовлені як природними причинами, так і похибками апаратури, порушенням регламентів зв'язку, а іноді й навмисними діями. Поява нефлюктуаційних завад загалом призводить до зниження якості зв'язку. Також потрібно брати до уваги, що кожна з таких найбільш шкідливих нефлюктуаційних завад певним чином впливає на якість передавання інформації в телекомунікаційній мережі (ТКМ) на основі сигналу з БФМ.

Є очевидним, що вирішення завдання підвищення ефективності функціонування телекомунікаційної мережі на базі сигналу з БФМ потребує визначення всього спектра нефлюктуаційних завад, що позначається на зазначеній мережі та розробленні способів і методів, об'єднаних у загальну методологію оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією.

Питанням дослідження впливу нефлюктуаційних завад на ефективність функціонування телекомунікаційної мережі на базі сигналу з БФМ та розробленню окремої методології оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією присвячено низку наукових праць [6–9].

У статті [6] розглянуто математичну модель побудови каналу зв'язку телекомунікаційної системи на базі сигналу з БФМ за умови впливу навмисних завад. Запропонований механізм зменшення їх впливу спрямовано на вдосконалення процесу мінімізації втрат частини даних із вхідного сигналу завдяки введенню часового захисного інтервалу та компенсуванню зазначеної втрати даними з сусіднього каналу. Питання систематизації нефлюктуаційних завад, формування загальної методології оцінювання такого роду негативних впливів та безпосередню втрату даних через нефлюктуаційні завади в цій статті не висвітлено.

У [7] досліджено питання зменшення завади в елементарному каналі передавання даних системи

сигналу OFDM. Запропоновано (за умови врахування потужності внутрішньої каналної завади) нове асиметричне вікно, яке забезпечує скорочення циклічного префіксу сигналу без зменшення потужності корисного сигналу. Певне питання обмеження впливу одного з виду нефлюктуаційних внутрішніх завад на сусідні канали в статті розглянуто в частині, яка констатує можливості вибраного методу щодо забезпечення обмеження впливу на потужність завади в сусідньому каналі. Проте питання оцінювання впливу інших видів нефлюктуаційних завад та загального формування методології їх оцінювання в роботі не подано.

Праці [8; 9] присвячено розгляду питання обмеження впливу поза смугових випромінювань у системах з ортогональним частотним поділом. Певним чином такі випромінювання можуть належати до нефлюктуаційних завад, які не мають елементів корисних сигналів і власне є зовнішніми завадами. Для їх зменшення в цих статтях запропоновано частотне спектральне попереднє кодування та нову структуру прекодера, який забезпечує умови, що дають змогу приймачу вхідного сигналу використовувати класичний оцінювач каналу БФМ. Загальні підходи до зменшення такого роду завад та інших завад і збурень, а також методологію їх оцінювання тут не висвітлено.

Певні елементи методології зменшення нефлюктуаційних завад відносно сигналів із БФМ досліджено в [10]. Розглянутий підхід до зменшення блокової діагоналізації завад низхідної лінії зв'язку та розподілу потужності з урахуванням як відсутності, так і наявності інформації про стан каналу в багатокористувацьких ТКМ на основі сигналів MIMO-OFDM так чи інакше стосується одного з проявів внутрішньої нефлюктуаційної завади, але тільки щодо обмеження просторових завад. Безпосередній вплив відхилення параметрів одного з каналів та формування негативної дії від нього на сусідні канали, а також загальна методологія оцінювання зазначеного впливу в статті не розглядалися.

Основна частина

Сигнали з БФМ завдяки своїм енергетичним і спектральним характеристикам давно й успішно застосовуються в телекомунікаційних системах, зокрема в нових поколіннях цифрових радіорелейних станцій, у стільникових мережах стандарту CDMA, EV-DO, в яких використовуються модуляції 4-ФМ (QPSK), 8-ФМ (8-PSK), 16-КАМ (16-QAM), 32-КАМ (32-QAM) (таблиця) [2; 11].

Характеристики видів модуляції стандарту EV-DO

Режими модуляції	QPSK	16-QAM	8-PSK	32-QAM
Швидкість передавання даних, кбіт/с	38,4; 153,6; 614,4	1 228,8	1 843,2	2 457,6

Основним видом модуляції у стандарті DVB-S чи DVB-S2 прийнята модуляція QPSK, в окремих випадках можуть використовуватися 8-PSK, 16-APSK і 32-APSK [2; 11].

Сигнал із БФМ на тактовому інтервалі T набуває одного з M можливих значень [2; 3]:

$$S_i(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_i + \varphi_c), \quad (1)$$

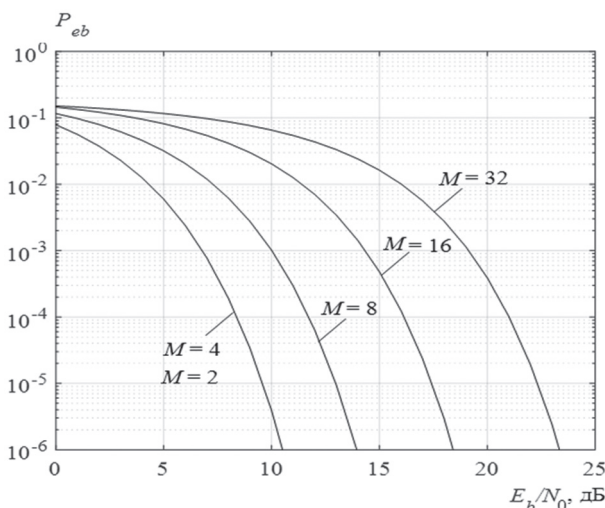
де A_0 — амплітуда сигналу, $A_0 = \sqrt{2E_s/T_s}$. Тут E_s — енергія каналного символу, що несе інформацію про $k = \log_2 M$ інформаційних бітів, $E_s = kE_b$; E_b — енергія, яку має один біт інформації; ω_0 — частота-носії; $t \in [0, T_s]$, $i = 0, 1, \dots, M - 1$; φ_i — інформаційна фаза, $\varphi_i = \frac{i2\pi}{M}$; φ_c — початкове фазове зміщення сигнального сузір'я.

Згідно з проведеним дослідженням мінімальна ймовірність помилки на символ, що досягається, під час оптимального когерентного оброблення такого сигналу з M визначається за виразом [12; 13]

$$P_s(M) \approx 2\Phi\left(\sqrt{2\pi\gamma_b} \sin \frac{\pi}{M}\right), \quad \Phi(x) = \frac{1}{2\pi \int_0^x e^{-t^2/2} dt}, \quad (2)$$

де γ_b — відношення сигнал/шум, перераховане на один біт інформації, $\gamma_b = \frac{E_b}{N_0}$.

Графіки залежностей ймовірності бітової помилки P_{eb} від відношення $\frac{E_b}{N_0}$ у каналі з адитивним білим гауссівським шумом для $M = 2, 4, 8, 16$ і 32 зображено на рисунку. Криві явно ілюструють втрати у відношенні сигнал/шум зі збільшенням $M > 4$.



Залежності P_{eb} від відношення сигнал/шум для когерентного приймання сигналів із БФМ при різних значеннях $M = 2^k$

У радіосистемах для приймання сигналів із БФМ використовуються два методи — когерентне (багатоканальне або квадратурне) та некогерентне автокореляційне приймання сигналу.

Схеми формування сигналів із БФМ будуються на основі універсального квадратурного модулятора [2; 3].

Визначення фази прийнятого сигналу здійснюється обчисленням арктангенсу відношення напруг Q - та I -каналів. Далі порівнюється оцінка здобутої фази з фазами прототипів. Обчислювач видає фазу, найближчу до однієї з фаз прототипів, й ухвалює рішення про каналний сигнал та, відповідно, про комбінацію інформаційних бітів.

Для функціонування когерентних демодуляторів сигналів із БФМ потрібна доволі складна схема формування опорних коливань. Простішим у реалізації є неоптимальний автокореляційний алгоритм. Як опорне коливання використовується затриманий сигнал, що приймається. Але простота схеми обертається збільшенням ймовірності помилки [12; 13].

Залежно від умов поширення радіохвиль, місця, часу організації, технічних характеристик каналів радіозв'язку в них наявна велика кількість різних завад. Це завади флуктуаційного (шумового) та нефлуктуаційного типів, адитивні і мультиплікативні. До найбільш відомих нефлуктуаційних завад належать сигналподібні, зокрема вузькосмугові, наприклад гармонічні, а також імпульсні завади. Вони можуть мати різний частотний розподіл, а рівні таких завад звичайно менші або співмірні з рівнем корисного сигналу [2; 14; 15].

Для адекватного синтезу алгоритмів приймання сигналів на фоні нефлуктуаційних завад і аналізу їхньої завадостійкості треба визначити їхні математичні моделі. Для цього систематизуємо математичні моделі нефлуктуаційних завад, що можуть виникнути в каналах передавання даних на основі технології БФМ [6; 14–16].

Модель шумової завади зазвичай задається як стаціонарний випадковий процес типу «білий гауссівський шум» [2; 14] з кореляційною функцією такого вигляду:

$$R = \frac{N_0}{2} \delta(\tau), \quad (3)$$

і нульовим середнім значенням. Тут N_0 — однобічна спектральна густина потужності шуму.

Опишемо моделі типових нефлуктуаційних завад [14–17].

♦ Гармонічна завада:

$$S_G(t) = \mu A_0 \cos[(\omega_0 + \Delta\omega_p)t + \varphi_p], \quad (4)$$

де μ — відносна інтенсивність; $\Delta\omega_p$ — частотний розподіл; φ_p — випадкова початкова фаза завади, що рівномірно розподілена на напівінтервалі $(-\pi, +\pi]$.

♦ Фазоманіпульована завада:

$$S_F(t) = \mu A_0 \cos[(\omega_0 + \Delta\omega_p)t + \varphi_p], \quad t \in [(j-1)T_s, jT_s], \quad j = 1, \dots, N, \quad (5)$$

де $a_j = \pm 1$ — випадковий дискретний символ завади; $T_s = T/N$, N — відносна швидкість маніпуляції завади.

♦ **Ретрансльована завада:**

$$S_R(t) = \mu S_i \cos[t - \tau, \varphi_P], \quad (6)$$

де τ — часова затримка.

♦ **Сканувальна завада:**

$$S_{Sk}(t) = \mu A_0 \cos(\omega_P(t)t + \varphi_P),$$

$$\varphi_P(t) = \omega_0 + \Delta\omega_d - \frac{2\Delta\omega_d t}{T_c}, \quad (7)$$

де $\Delta\omega_d$ — девіація завади; T_c — період сканування.

♦ **Імпульсна завада** — хаотична послідовність радіоімпульсів такого вигляду:

$$S_I(t) = A(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_P), \quad 0 < t < t_s. \quad (8)$$

Вона має випадкову тривалість $t_s \leq T_s$. При чому ця тривалість описується експоненційним законом розподілення, а обвідна $A(t)$ — дискретним марковським процесом із двома станами: $A_1 = 0$ і $A_2 = \mu A_0$. Моменти переходу між цими станами утворюють пуассонівський потік.

♦ **Мультиплікативна завада**, що спричинює завмирання корисного сигналу такого вигляду:

$$S_j(t) = \mu(t) A_0 \cos(\omega_0 t + \omega_i + \varphi_P),$$

$$\varphi_i = \frac{i2\pi}{N}, \quad t \in 0, 1, \dots, M-1, \quad (9)$$

де $\mu(t)$ — амплітудний множник, що описується законом розподілу Райса.

Братимемо до уваги, що класичний кореляційний когерентний приймач сигналу вигляду (1) за наявності білого гауссівського шуму передбачає обчислення інтегралів згортки I , коливання $x(t)$, що приймається, та M опорних сигналів [3; 4]:

$$I_i = \frac{2A_0}{N_0} \int_0^{T_s} x(t) \cos\left(\omega_0 t + \frac{i2\pi}{M}\right) dt. \quad (10)$$

Зазвичай на вході приймача системи передавання даних окрім корисного сигналу спостерігається шкідлива складова, яка містить білий гауссівський шум $n(t)$ і низку наведених раніше нефлюктуаційних завад, суму яких позначимо як $S_n(t)$.

Отже, прийнятий гармонічний цифровий сигнал $x(t)$, визначатиметься за виразом:

$$x(t) = S_i(t) + S_n(t) + n(t). \quad (11)$$

Питання завадостійкості цифрового сигналу за умов впливу флюктуаційних завад (білий гауссівський шум та гармонічні шкідливі сигнали) достатньо добре опрацьовані. Їх результатом є нівелювання впливу зазначених завад на завадостійкість сигналу [2; 14]. А отже, формується нова наукова проблема щодо підвищення завадостійкості цифрових сигналів за умов впливу суми спектрів нефлюктуаційних завад у каналах передавання даних на основі технології БФМ. Особливо

це актуально з огляду на позиційність сигналів. Наприклад, у разі позиційності $M \geq 4$ саме ці сигнали перспективні з погляду підвищення пропускної здатності каналів передавання даних.

У процесі розв'язування розглядуваної проблеми одним з її аспектів є розроблення та подання загальної методології оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією для телекомунікаційної системи на основі технології БФМ відповідно до її призначення.

Отже, як методологія пропонується такий порядок:

1. Формування параметрів ТКМ передавання даних на базі сигналів із БФМ відповідно до функціонального призначення.

2. Розроблення моделі завадозахищеності ТКМ передавання даних на базі сигналів із БФМ за умов впливу флюктуаційних завад, її реалізація та оцінювання ефективності застосування.

3. Аналіз умов та факторів, що можуть вплинути на формування нефлюктуаційних завад на ТКМ на базі сигналів із БФМ.

4. Визначення переліку нефлюктуаційних завад, що можуть сформуватись під дією визначених умов і факторів, в яких функціонує ТКМ передавання даних на базі сигналів із БФМ.

5. Оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на ефективність завадозахищеності ТКМ на базі сигналів із БФМ.

6. Розроблення рекомендацій щодо зменшення впливу нефлюктуаційних завад на ефективність завадозахищеності ТКМ на базі сигналів із БФМ

Реалізація запропонованої методології передбачає розроблення окремої моделі, призначеної для оцінювання завадостійкості ТКМ під час приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією за умов впливу нефлюктуаційних завад.

Для аналізу завадостійкості виберемо шість найбільш поширених видів нефлюктуаційних завад $S_n(t)$:

- гармонічна завада (4) з розподілом $\Delta\omega_P$ відносно центральної частоти спектра сигналу з БФМ;
- фазоманіпульована завада (5) з розподілом $\Delta\omega_P$ та довжиною тактового інтервалу $T_n \leq T_s$;
- ретрансльована завада (6) із затримкою $\tau \leq T_s$;
- сканувальна завада (7) із девіацією частоти $\Delta\omega_d$;
- хаотична імпульсна завада (8) с тривалістю імпульсу τ_s ;
- мультиплікативна завада (9) з райсівським законом розподілу.

Розроблення такої моделі та оцінка її реалізованості є окремим науковим завданням, яке вирішуватиметься в подальших наукових працях.

Висновки

1. У статті розглянуто питання оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією.

Визначено, що підвищення завадозахищеності за умов впливу флюктуаційних завад та подальша наукова робота стосовно зростання ефективності передавання даних формують нове актуальне наукове завдання щодо оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на завадостійкість ТКМ на базі сигналів із БФМ.

2. Установлено, що основними видами нефлюктуаційних завад, що можуть чинити вплив на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією є такі: гармонічна завада, фазоманіпульована завада, ретрансльована завада, сканувальна завада, хаотична імпульсна завада, мультиплікативна завада.

3. Для зменшення впливу на завадостійкість ТКМ на базі сигналів із БФМ запропоновано відповідну методологію оцінювання впливу нефлюктуаційних завад на завадостійкість приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією.

Етапом її реалізації в статті визначено розроблення окремої моделі, призначеної для оцінювання завадостійкості ТКМ під час приймання дискретних сигналів із багатопозиційною фазовою маніпуляцією за умов впливу нефлюктуаційних завад.

Список використаної літератури

1. Системи передавання широкосмуговими сигналами / В. О. Балашов, П. П. Воробієнко, Л. М. Ляховецький, В. В. Педяш. Одеса: Вид. центр ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2012. 336 с.

2. Телекомунікаційні системи та мережі. Структура й основні функції / В. В. Попівський, О. В. Лемешко, В. К. Ковальчук [та ін.]. 2012. Том 1. URL:

<http://www.znanius.com/3534.html>.

3. Стеклов В. К., Костік Б. Я., Беркман Л. Н. Сучасні системи управління в телекомунікаціях. Київ: Техніка, 2005. 400 с.

4. Стеклов В. К., Беркман Л. Н., Кільчицький Є. В. Оптимізація та моделювання пристроїв і систем зв'язку. Київ: Техніка, 2004. 576 с.

5. Сайко В. Г., Амірханов Е. Д. Основи мереж цифрового радіозв'язку і радіодоступу нового покоління. Київ: ДУТ, 2015. 77 с.

6. Зайцев С. В. Математична модель каналу зв'язку з сигналами OFDM та навмисними завадами // Математичні машини і системи. 2011. №4. С. 166–175. URL:

<http://dSPACE.nbuv.gov.ua/handle/123456789/83639>.

7. Taheri T., Nilsson Van de Bee J. Asymmetric Transmit-Windowing for Low-Latency and Robust OFDM // IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps). 2016. Washington, DC USA, years 1-6.

8. Mohamad M., Nilsson R., De Beek A Novel J. Van. Transmitter Architecture for Spectrally-Pre-coded OFDM // IEEE Transactions on Circuits and Systems I. 2018. Regular Papers. 65(8). P. 2592–2605.

9. Beek J. OFDM Spectral Precoding with Protected Subcarriers // IEEE Communications Letters. 2013. 17(12). P. 2209–2212.

10. Agrahari A., Agrahari A., Varshney P. Jagannatham Precoding and Downlink Beamforming in Multiuser MIMO-OFDM Cognitive Radio Systems With Spatial Interference Constraints // IEEE Transactions on Vehicular Technology. 2018. 67(3). P. 2289–2300.

11. Шахтарин Б. И., Казаков Л. Н., Калашников К. С. Системы связи с ортогональным частотным разделением каналов. М.: Горячая линия–Телеком, 2014. 172 с.

12. Приходько С. І., Трубочанінова К. А., Батаєв О. П. Основи теорії інформації та кодування. Харків: УкрДУЗТ, 2017. 109 с.

13. Остапов С. Е., Євсєєв С. П., Король О. Г. Технології захисту інформації: навч. посіб. Харків: Вид. ХНЕУ, 2013. 476 с

14. Скляр В. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. 1099 с.

15. Оцінювання коефіцієнта якості шумової завади в системах активного захисту інформації / М. Прокоф'єв, В. Куліш, М. Ващенко [та ін.] // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. 2015. Вип. 1 (29). С. 11–20.

16. Палагін В. В., Палагіна О. А., Зорін О. С. Комп'ютерне моделювання системи обробки шумових сигналів на фоні негаусових завад // Математичне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. Кам'янець-Поділ. нац. ун-т. 2017. Вип. 16. С. 104–113.

17. Палагін В. В. Модели и методы обработки сигналов при взаимодействии с коррелированными негауссовскими помехами // Электронное моделирование. 2015. 37(6). С. 19–34.

O. Turovskiy, T. Meleshko, V. Drobyk

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE INFLUENCE OF NON-FLUCTUATION INTERFERENCES ON THE IMMUNITY OF RECEIVING DISCRETE SIGNALS WITH MULTI-POSITION PHASE MANIPULATION

The work deals with the assessment of the impact of non-fluctuating interference on the interference immunity of the reception of discrete signals with multi-position phase manipulation.

It was determined that the improvement of immunity under the influence of fluctuating interference and further scientific work on improving the efficiency of data transmission form a new, urgent scientific task to assess the impact of non-fluctuating interference on the immunity of TCM based on BFM signals.

It was found that the main types of non-fluctuating interference that can affect the immunity of reception of discrete signals with multi-position phase manipulation are the following: harmonic interference, phase-manipulated interference, relayed interference, scanning interference, chaotic impulse interference, multiplicative interference.

In order to reduce the impact on the immunity of TCM based on BFM signals, an appropriate methodology for assessing the impact of non-fluctuating interference on the immunity of reception of discrete signals with multi-position phase manipulation is proposed.

The following procedure is proposed as the above methodology. Formation of TCM parameters of data transmission on the basis of BFM signals according to the functional purpose. Development of a TCM interference protection model for data transmission based on BFM signals under the influence of fluctuation interference, its implementation and evaluation of application effectiveness. Analysis of conditions and factors that can affect the formation of non-fluctuation disturbances on TCM based on BFM signals. Determination of the list of non-fluctuating interferences that can be formed under the influence of specified conditions and factors, in which the TCM of data transmission based on BFM signals functions. Evaluation of the impact of non-fluctuation interference on the effectiveness of TCM interference protection based on BFM signals. Development of recommendations for reducing the impact of non-fluctuational interference on the effectiveness of TCM interference protection based on BFM signals.

Keywords: multi-position phase manipulation; interference immunity of the telecommunication network; non-fluctuation interference.

