

*І. І. ОБОД*, д-р техн. наук, професор, НТУ «ХПІ»;  
*А. АЛАЛІ*, магістрант, НТУ «ХПІ»;  
*М. ФАТРОНІ*, магістрант, НТУ «ХПІ»

## **АДАПТИВНА ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ РАДІОДОСТУПУ ЗА НАЯВНОСТІ ЗАВАД**

Приводятся соотношения и оценка влияния флуктуационных и импульсных помех на качество работы широкополосных систем передачи данных при различных методах модуляции сигналов, для различных скоростей кодирования и дальностей между мобильной и базовой станциями и использования широкополосных сигналов.

**Ключевые слова:** система передачи данных, модуляция сигналов, скорость кодирования.

**Постановка проблеми та аналіз літератури.** Створення інформаційної мережі обслуговування користувачів неможливе без реалізації надійної мережі обміну даними [1]. Сьогодні значна частина трафіку забезпечується безпроводними телекомунікаційними радіосистемами: системами супутникового, радіорелейного, ультракороткохвильового, мобільного зв'язку, а також системами, які використовують сучасні технології формування й обробки сигналів WiMAX, LTE і тому подібні. Можна стверджувати, що створення сучасних інформаційних мереж можливо тільки із застосуванням систем радіодоступу (СРД) [2-6].

Значна частина досліджень щодо поліпшення роботи бездротових локальних мереж присвячена адаптивної настройки. Адаптивна настройка дозволяє пристрою оптимізувати свої параметри в залежності від характеристик середовища. В [7] були досліджені питання адаптивного управління розмірами інформаційного пакета в СРД для підвищення пропускної спроможності останніх. Представляє інтерес оцінка впливу способу модуляції і швидкості кодування інформації на процес адаптивного управління швидкістю передачі інформації при наявності імпульсних і флуктуаційних завад (ФЗ) в каналі обміну інформацією.

**Мета статті.** Оптимізація швидкості передачі інформації при наявності флуктуаційних та імпульсних завад в каналі обміну інформацією.

**Основний розділ.** Однею з основних проблем управління ресурсами будь-якої телекомунікаційної системи з комутацією пакетів під час обслуговування – це пошук компромісу між ступенем використання вже задіяних ресурсів та рівнем якості обслуговування. У процесі вдосконалення роботи

мережі РД намагаються знайти розумний компроміс у досягненні цих двох протилежних цілей. З одного боку, прагнуть поліпшити якість обробки трафіку, тобто намагаються знизити затримки в просуванні пакетів і зменшити втрати пакетів. На практиці цієї мети можна досягти, головним чином, за рахунок резервування ресурсів, а для цього необхідно мати додаткову незадіяну на даний момент частину пропускної здатності комутатора. З іншого боку, намагаються максимально збільшити інформаційне навантаження всіх ресурсів мережі з метою підвищення економічних показників її експлуатації. Компроміс у досягненні вищеназваних цілей, як показує практика, становить основний зміст задачі оптимізації роботи мережі.

Для пакетної мережі параметр навантаження пов'язують з такими показниками якості обслуговування, як час затримки доставки та ймовірність втрати пакету даних. Однак можна стверджувати, що названі показники якості обслуговування визначаються пропускною здатністю або швидкістю передачі інформації. Будемо враховувати такі реально існуючі чинники, які завади, які призводять до зниження ймовірності помилок (одиноких і групових) і, як наслідок, до зменшення реальної швидкості передачі інформації. Можна стверджувати, що ефективна швидкість передачі даних за умови відсутності переповнення буфера пам'яті можна визначити як:

$$R_e = f(R_0, V_k, n_p, t_r, \varepsilon, P_e, z), \quad (1)$$

де  $R_0$  – потенційна швидкість передачі інформаційних даних;  $V_k$  – кодова швидкість;  $n_p$  – довжина пакету даних;  $t_r$  – час поширення сигналів через канал зв'язку, а також аналізу та підтвердження (або перезапита) прийому пакета;  $\varepsilon$  – показник групування помилок в результаті завад;  $z$  – кількість перезапитів;  $P_e$  – ймовірність помилки на біт інформації. Аналіз виразу (1) показує, що оптимізація швидкості передачі інформації в значній мірі визначається ймовірністю  $P_e$ , яка є інтегральною оцінкою каналу передачі інформації. Проведемо аналіз впливу навісних і ненавісних завад на широкосмугову СРД при використанні інформаційних сигналів на основі фазової та квадратурної-амплітудної маніпуляції (КАМ) з різними швидкостями кодування. В якості показника якості системи передачі даних виберемо ймовірність помилки, яка, в загальному випадку, визначається як

$$P_e = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{D_{1,2}}{2N_0}} \right) \right], \quad (2)$$

де  $D_{ij} = \int_0^T [x_{si}(t) - x_{sj}(t)] [x_{si}(t) - x_{sj}(t)]^* dt$  – енергетична відстань між сигналами,

$N_0$  – спектральна щільність потужності шуму, яку можна визначити як  $N_0 = kT(K_{ш} - 1)$ ,  $k$  – постійна Больцмана,  $K_{ш}$  – коефіцієнт шуму приймача,  $T$  – температура,

$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt$  – функція Лапласа.

Енергетичне відстань між сигналами для розглянутих сигналів оцінюється як

– для фазової маніпуляції (BPSK):

$$D_{i,i+1} = 2\sqrt{E} \sin \frac{\pi}{M};$$

– для КАМ:

$$D_{i,i+1} = \sqrt{2E} \left( \sqrt{M} - 1 \right)^{-1}. \quad (3)$$

Будемо вважати, що відстань між мобільною і базовою станціями складає  $r$ . Тоді щільність потоку енергії, яка утворюється випроміненим сигналом в місці розміщення приймальної антени СРД, яка знаходиться на відстані  $r$  від випромінюваної антени, становить  $S_{np} = PG/4\pi r^2$ , де  $P$  – потужність передавача,  $G$  – коефіцієнт посилення антени передавача. Потужність сигналу на вході приймача, в цьому випадку, можна записати як

$$P_p = S_p A = \frac{PGA}{4\pi r^2},$$

де  $A$  – ефективна площа антени приймача.

Слід зазначити, що при оцінюванні потужності сигналу на вході приймача необхідно враховувати коефіцієнти, які оцінюють втрати енергії сигналу за рахунок неспівпадання поляризації, а також втрати сигналу в антенно-фідерному тракті приймача. Для виявлення сигналів необхідно, щоб відношення сигнал/шум було більше порогового. Відношення сигнал-шум можна оцінити на основі наступного виразу  $q = \sqrt{P_p/N_0}$ .

Якщо на приймач СРД з декількох напрямів впливає  $J$  джерел ФЗ. В результаті дії завод спектральна щільність потужності  $N_0$  внутрішнього шуму, перерахованого до входу приймача, доповнюється сумарною спектральною щільністю потужності  $J$  зовнішніх завод  $N_p$ , яка визначається співвідношенням

$$N_p = \sum_{j=1}^J \frac{P_{pj} G_{pj}}{4\pi r_j^2 B_{pj}} A_j,$$

де  $P_{pj}(G_{pj})$  – ефективна випромінювана потужність і коефіцієнт посилення антени  $j$ -того постановника завади,  $B_{pj}$  – ширина її енергетичного спектру,  $r_j$  – дальність постановника до приймача СРД,  $A_j$  – ефективна площа приймальної антени для напрямку приходу і поляризації коливань завод  $j$ -го постановника.

Таким чином, якщо на СРД впливає флукуаційний заводний сигнал з середньою потужністю  $P_j$ , який повністю покриває її робочу смугу  $B$  і аналогічно стаціонарному гавсівському шуму має нульове середнє і рівномірну спектральну щільність потужності  $J_0 = P_j/B$ . Тоді співвідношення сигнал/(шум + завод) на вході приймача СРД визначимо наступним чином:

$$q = \sqrt{\frac{P_{pb}}{N_0 + J_0}}, \quad (4)$$

Враховуючи (2), (3) і (4) і з урахуванням швидкості кодування  $V_k = k/n$  отримуємо ймовірність  $P_e$  при передачі рівномірних сигналів фазової модуляції:

$$P_e = \frac{1}{2} \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{2PGAn}{4\pi r^2(N_0 + J_0)k}} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right], \quad (5)$$

де  $E_s = E_0 \log_2 M$  – енергія на один символ.

Припустимо тепер, що замість неперервної широкосмугової завади діє імпульсна завада підвищеної потужності  $P_j/\rho$ , що досягається за рахунок зменшення часу її впливу на СРД щодо загального часу впливу на величину  $\rho$  ( $0 < \rho < 1$ ).

Ймовірність виникнення імпульсної навмисної завади в даний момент часу можна вважати рівною  $\rho$ . Через дії навмисних завад протягом відносно часу передачі  $\rho$  спектральна щільність потужності навмисної завади з урахуванням теплового шуму зростає до  $N_0 + J_0/\rho$ . В проміжок часу, що залишився, з ймовірністю  $(1 - \rho)$  джерело завад не видає, і відношення сигнал/шум прийнятого сигналу визначається тільки наявністю ФЗ зі спектральною щільністю потужності  $N_0$  (вираз (4) при  $J_0 = 0$ ).

Таким чином, вираз для ймовірності  $P_e$  при впливі імпульсної завади являє собою суму помилок з урахуванням ФЗ і з урахуванням навмисних імпульсних завад:

$$P_e = \frac{1}{2} \left\{ (1 - \rho) \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{2PGAn}{4\pi r^2 N_0 k}} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right] + \rho \left[ 1 - \Phi \left( \sqrt{\frac{2PGAn}{4\pi r^2 (N_0 + J_0) k}} \sin \frac{\pi}{M} \right) \right] \right\}.$$

Наведені вирази можна перетворити при використанні КАМ сигналів, використовуючи енергетичну відстань цих сигналів (вираз (3)).

Розрахунки ймовірності помилки на біт інформації, при використанні сигналів з фазовою маніпуляцією і потужності випромінювання рівної 1 Вт, представлені на рис. 1, 2. Потужність навмисної ФЗ при розрахунках була обрана в три рази більше потужності внутрішніх шумів.

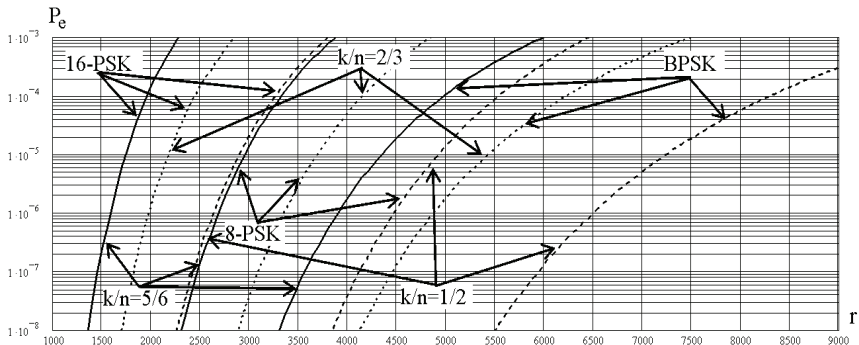


Рисунок 1 – Вплив внутрішніх шумів на ймовірність біткової помилки

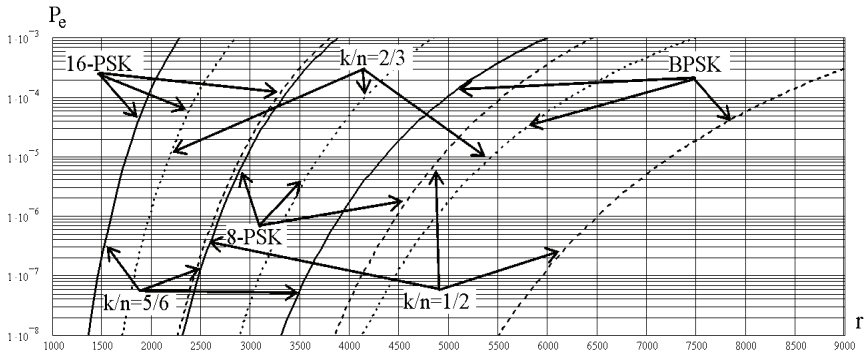


Рисунок 2 – Вплив внутрішніх шумів і ФЗ на ймовірність бігової помилки

Наведені розрахунки показують, що, використовуючи оцінку дальності між базовою і мобільною станціями і потужності навмисних завад, можна адаптивно управляти параметрами виразу (1) з метою оптимізації швидкості передачі інформації в системі.

**Висновки.** Вищевикладені результати показують, що адаптивний вибір, на основі оцінки енергетики каналу передачі інформації між абонентами, модуляції сигналів і швидкості кодування дозволяє оптимізувати швидкість передачі інформації.

**Список літератури:** 1. Романов А. И. Телекоммуникационные сети и управление / А. И. Романов. – К.: Изд.пол. центр «Киевский университет», 2003. – 247 с. 2. Григорьев В. А. Сети и системы радиодоступа / В. А. Григорьев, О. И. Лагутенко, Ю. А. Распаев. – М.: Эко-Трендз, 2005. – 384 с. 3. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи : Изд. 2-е, испр. и доп. / И. В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с. 4. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневикий, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с. 5. Столингс В. Беспроводные линии связи и сети : пер. с англ. / В. Столингс. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 640 с. 6. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение : пер. с англ. / Б. Склад. – 2-е изд. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. – 1104 с. 7. Обод І. І. Оптимізація довжини пакету даних у пакетних мережах передачі даних при дії завад / І. І. Обод, І. Л. Яценко // Системи управління, навігації та зв'язку: зб. наук. праць. – Вип. 1 (9). – К.: 2009. – С. 165-168.

Надійшла до редколегії 15.04.2013

УДК 629.735.05

**Адаптивна оптимізація швидкості передачі інформації в системах радіодоступу за наявності завад / І. І. Обод, А. Алалі, М. Фатроні // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Техніка та електрофізика високих напруг. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – № 27 (1000). – С. 119-124. – Бібліогр.: 7 назв.**

Наводяться співвідношення та оцінка впливу флуктуаційних та імпульсних завад на якість роботи ширококуглових систем передачі даних при різних методах модуляції сигналів, для різних швидкостей кодування і дальностей між мобільною і базовою станціями і використання ширококуглових сигналів.

**Ключові слова:** система передачі даних, модуляція сигналів, швидкість кодування.

There have been given relation and assessment of the impact of fluctuation and impulse noise on the quality of broadband data transmission systems with different methods of modulation signals, for different coding speeds and the distances between the mobile and the base stations and the use of broadband signals.

**Keywords:** data transmission system, signal modulation, coding speed.