

РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.391.81

В.Д. Рудик, к.т.н., доц.

В.В. Чернига, к.т.н.

Вінницький державний технічний університет

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ В ЛОКАЛЬНИХ РАДІОМЕРЕЖАХ

Запропонована методика контролю основних параметрів зони радіопокриття локальних радіомереж, що дозволяє провести їх визначення розрахунковим і експериментальним шляхами на етапах проектування, впровадження та експлуатації мережі.

Широке впровадження локальних мереж радіомовлення, телебачення, стільникового, пейджиногового та транкового радіозв'язку призводить до підвищення вимог до якості передач в таких мережах як з боку користувачів, так і з боку контролюючих органів.

Аналіз процесу розробки, впровадження та експлуатації таких радіомереж показує, що контроль їх параметрів доцільно виконувати в два етапи. Перший етап – проєктування, другий – впровадження та експлуатація мережі.

Роботи першого етапу пов'язані з розв'язанням задачі моделювання зони радіопокриття та визначенням впливу експлуатаційно-технічних параметрів апаратурного комплексу системи на енергетичний потенціал зони. Це дозволяє визначити та проконтролювати радіус очікуваної зони радіопокриття, потужність базових передавачів для різних режимів роботи системи, сформулювати вимоги до антенної споруди, забезпечити оптимальне розміщення базових станцій, уникнути появи "мертвих" зон.

Роботи другого етапу пов'язані з проведенням вимірювань на території, що обслуговується, і дозволяють забезпечити контроль параметрів у фактичній зоні радіопокриття, визначити зону впевненого прийому сигналів базових станцій. Особливістю цих робіт для локальних радіомереж є їх простота, дешевість та надійність, оскільки використання добре оснащених і, відповідно, дорогих пересувних лабораторій з широким спектром вимірювальної апаратури для середніх і малих компаній операторів не є рентабельним.

1. Контроль параметрів очікуваної зони

Локальні радіомережі характеризуються малою потужністю передавачів, невисокою чутливістю приймачів, малою діючою висотою антен, а також зміною положення абонентів, що не дозволяє використовувати існуючі методики для метрового та дециметрового діапазону, які у першу чергу призначені для розрахунку ліній радіорелейного зв'язку. Такі методики базуються на ряді спрощень та ідеалізацій, не враховують характеристики ґрунту, електричні параметри поверхні Землі, що може суттєво змінювати картину поля і призводити до зривів у роботі систем.

Нижче зроблена спроба розробити методику моделювання зони радіопокриття локальних радіомереж метрового та дециметрового діапазону з урахуванням перелічених вище факторів і обґрунтуванням можливих обмежень.

Умовою радіопокриття просторової зони слід вважати забезпечення необхідного перевищення у зоні прийому рівня сигналу над рівнем завад

$$E_D \geq E_H, \quad (1)$$

де E_D – діюча напруженість поля, що створюється передавальною антеною;

E_H – необхідна напруженість поля в точці прийому, що визначається рівнем зовнішніх та внутрішніх завад.

Визначення діючого значення напруженості поля, що створюється антеною передавача в точці прийому, здійснюється за виразом [1]:

$$E_D = E_L = \frac{173\sqrt{P_{\Sigma} D_1}}{r_{\text{км}}} F(\theta, \varphi) V(x, y_1, y_2, \infty), \quad (2)$$

де P_{Σ} – потужність, що випромінюється передавальною антеною;

r – відстань між антенами;

D_1 – коефіцієнт спрямованої дії передавальної антени;

$F(\theta, \varphi)$ – діаграма спрямованості передавальної антени;

$V(x, y_1, y_2, \infty)$ – функція або множник послаблення.

Функція або множник послаблення $V(x, y_1, y_2, \infty)$ враховує вплив поверхні Землі та неоднорідності атмосфери.

$$V = \frac{E}{E_0} = |V| \cdot e^{j \arg V}, \quad (3)$$

де E – напруженість поля на відстані R від передавальної антени при поширенні у реальних умовах;

E_0 – напруженість поля на тій же відстані при поширенні у вільному просторі.

Відомо, що значення функції послаблення V залежить від багатьох факторів:

- відстані між передавальною та приймальною антенами;
- висоти підйому антен над поверхнею Землі;
- довжини хвилі;
- виду поляризації радіохвиль;
- характеру рельєфу місцевості на трасі;
- стану атмосфери.

Аналіз методів визначення функції послаблення V показує принципову можливість використання для вказаних цілей як дифракційних, так і інтерференційних методів [1], [2].

Використання інтерференційних методів передбачає, що висоти передавальної та приймальної антен відповідають умовам $h_1 \gg \lambda$ і $h_2 \gg \lambda$. Більшість локальних радіосистем зв'язку та радіомовлення передбачають, що висота розміщення абонента $h_2 = 0.8-1.0$ м, що приблизно дорівнює $\lambda/2$. Як показує аналіз, при таких висотах антен абонентів, в даному частотному діапазоні, інтерференційна структура поля не спостерігається і використовувати інтерференційну методику недоцільно.

Розрахунок напруженості поля, в такому випадку, необхідно проводити дифракційним методом, із застосуванням для визначення функції послаблення виразу:

$$V(x, y_1, y_2, q) = e^{i\frac{\pi}{4}} 2\sqrt{\pi x} \sum_{s=1}^{\infty} \frac{e^{it_s x}}{s-t_s - q^2} \cdot \frac{\omega_1(t_s - y_1)}{\omega_1(t_s)} \cdot \frac{\omega_1(t_s - y_2)}{\omega_1(t_s)}, \quad (4)$$

де $x = R/R^3$ – параметр;

R – відстань між передавальною та приймальною антенами;

$R^3 = \sqrt[3]{\frac{R_3^3 \lambda}{\pi}}$ – безрозмірна відстань між антенами;

R_3 – радіус Землі;

λ – довжина хвилі;

$y_1 = h_2/h$ – зведена висота приймальної антени;

$h = 1/2 \sqrt{\frac{R_3^3 \lambda^2}{\pi^2}}$;

$y_2 = h_1/h$ – зведена висота передавальної антени;

$q = i \cdot \sqrt[3]{\frac{R_3^3 \lambda}{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_2 + i60\sigma_2 x}}$ – параметр, що визначає характеристики ґрунту для

вертикальної поляризації;

ε_2, σ_2 – електричні параметри поверхні Землі, діелектрична проникність та питома провідність ґрунту;

$\omega_1(t_s - y)$ – функція Ейрі;

t_s – корені характеристичного рівняння

$$\omega_1'(t_s) - q\omega_1(t_s) = 0. \quad (5)$$

Аналіз показує, що у випадку вертикальної поляризації, в діапазоні УКХ, при $\lambda \rightarrow 0$, параметр $|q| > 30$, вираз (4) спрощується і отримує вигляд:

$$V(x, y_1, y_2, q) = -2e^{i\frac{\pi}{4}} \sqrt{\pi x} \sum_{s=1}^{\infty} e^{it_s^* x} \cdot \frac{\omega_1(t_s^* - y_1)}{\omega_1'(t_s^*)} \cdot \frac{\omega_1(t_s^* - y_2)}{\omega_1'(t_s^*)}, \quad (6)$$

де власні значення t_s при $|q| = \infty$ визначаються рівнянням

$$\omega_1(t_s^*) = 0. \quad (7)$$

На підставі виразу (6) були проведені розрахунки функції послаблення у випадках, коли зведені висоти антен $y_1 \gg 1$, $y_2 \ll 1$. Рефракція електромагнітних хвиль розраховувалась за стандартною методикою [2].

Для оцінки рівня зовнішніх завад використовувався вираз

$$E_0 = \sqrt{\frac{480\pi k T_a}{\lambda^2}}, \quad (8)$$

де k – стала Больцмана ($1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт/Гц·К);

T_a – ефективна шумова температура приймальної антени;

λ – довжина хвилі.

Отримані результати були перевірені на підставі накопичених статистичних даних.

У випадках, коли рівень зовнішніх завад значний, а ККД приймальної антени не дуже малий (режим великих зовнішніх завад), внутрішніми шумами приймача нехтують, а необхідна напруженість поля може бути визначена на підставі виразу

$$E_n = K E_n^{(1)} \sqrt{B/D_2}, \quad (9)$$

де K – коефіцієнт перевищення по напрузі рівня сигналу над рівнем завад, або коефіцієнт захисту;

E_n – діюча (середньоквадратична) напруженість поля зовнішніх завад, що віднесена до одиничної смуги частот (звичайно 1 кГц);

B – смуга частот, в якій визначається потужність шуму;

D_2 – коефіцієнт спрямованої дії приймальної антени.

У випадках використання низькочутливих приймачів необхідно враховувати і власні шуми приймача

$$E_n = K \sqrt{E_n^{(1)} B/D_2 + U_0/\eta_2 h_{\theta 2}}, \quad (10)$$

де U_0 – гранична чутливість приймача, що пов'язана з реальною чутливістю співвідношенням $U_0 = U_p / Y$, де Y – відношення сигнал/шум, що визначає реальну чутливість радіоприймача; η_2 – ККД приймальної антени; $h_{\theta 2}$ – діюча висота приймальної антени.

2. Контроль параметрів фактичної зони радіопокриття

На етапах впровадження та експлуатації мережі повинні бути проведені дослідження електромагнітної обстановки, з метою визначення параметрів фактичної зони радіопокриття. Для розв'язання поставленої задачі може бути використаний малогабаритний вимірювальний комплекс, що складається з вимірювальної, навігаційної та обчислювальної частин, рис. 1.

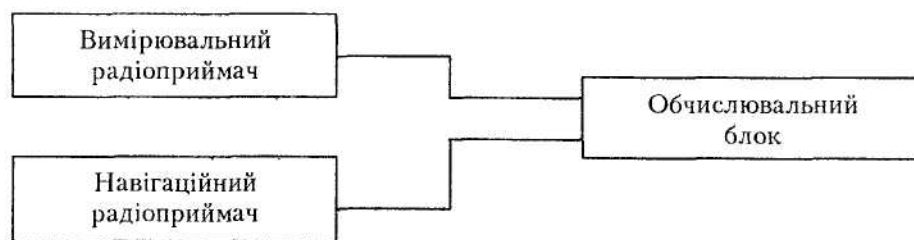


Рис. 1. Вимірювальний комплекс

Основою вимірювальної частини комплексу є вимірювальний радіоприймач, наприклад, ICOM IC-PCR1000, що має частотний діапазон 0,01...1300 МГц і дозволяє сканувати його з кроком 1 Гц. Приймач призначений для прийому сигналів SSB, CW, AM, FM, WFM. Його чутливість лежить у межах 0,2–1,8 мкВ і залежить від діапазону частот та сигналу. Керування приймачем здійснюється через інтерфейс RS-232 у спеціальному форматі команд. Протокол, крім керування всіма функціями приймача, дозволяє також считувати дані, у тому числі, рівень сигналів з розрізнявальною здатністю 256 градацій.

Навігаційна частина може бути виконана на основі навігаційного приймача системи GPS. Їх широка номенклатура моделей дозволяє здійснити вибір на основі вимог необхідної точності визначення положення та заданих умов роботи (щільна міська забудова, відкрита місцевість,

водна поверхня). Найбільш прийнятними є приймачі виробництва фірми GARMIN, відповідно, GARMIN-25 і GARMIN-30.

У якості обчислювальної частини необхідно використовувати EOM типу NoteBook. Її можлива конфігурація повинна бути така: Pentium-266, RAM-32M, HDD-1.7G, SVGA. Таки вимоги до EOM дають змогу використовувати потужні засоби програмного забезпечення – LabView і MapInfo. LabView дозволяє користувачу створити зручний графічний інтерфейс, що імітує лицеvu панель та алгоритм роботи комплексу. MapInfo забезпечує відображення картографічної інформації. У такому випадку лицеvu панель може вміщувати такі зони: параметрів каналу, що досліджується; карти місцевості; параметрів реєстрації; представлення результатів.

В зоні параметрів каналу встановлюється частота, модуляція, ширина смуги. В зоні карти – карта району дослідження. В зоні параметрів реєстрації встановлюється періодичність запису параметрів каналу та масштаб карти. В зоні представлення результатів відображуються результати вимірів в текстовому і графічному вигляді.

Результатом роботи комплексу є файл реєстрації, в якому записується інформація про кожний вимір, це: номер виміру, час, широта точки виміру, довгота, частота каналу, смуга, модуляція, рівень прийнятого сигналу. Програма обробки файла реєстрації MapInfo дозволяє отримати кольорове зображення рівня сигналу на картографічній підкладці території, де проводились дослідження, тобто, провести контроль параметрів у фактичній зоні радіопокриття та визначити зону вневненого прийому.

3. Приклад

За розробленою методикою був проведений контроль параметрів зони радіопокриття системи пейджингового зв'язку Вінницької області.

Моделювання радіомережі, на першому етапі, проводилось для випадків двох значень потужності передавача – 31 Вт та 80 Вт, інші параметри системи були такі:

- робоча частота 161,125 МГц;
- $K_{\text{сти}}$ перед. антени ≥ 2 ;
- коеф. підсилення перед. антени 2,1 дБ;
- висота підняття перед. антени 350 м;
- висота розміщення абонента 1 м;
- чутливість приймача при швидкості передачі інформації 512 БОД та завадостійкості 50 дБ, 4 мкВ/м.

Розрахунки проводились для двох випадків організації зв'язку:

- зона вневненого прийому повідомлень на відкритій місцевості, $E_n = 103,8$ мкВ/м;
- зона вневненого прийому повідомлень в межах міста, $E_n = 520$ мкВ/м.

Графіки залежностей діючого значення напруженостей електричного поля електромагнітної хвилі як функції віддалення між антенами передавача та приймача $E_d = f(r)$ наведені на рис. 2.

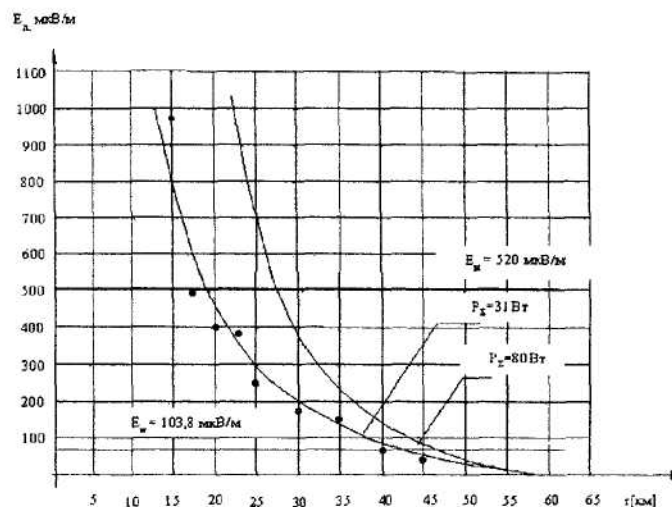


Рис. 2. Напруженість електричного поля в очікуваній (-) та фактичній зонах (•)

Аналіз отриманих залежностей, при використанні передавача з потужністю 31 Вт, показав, що радіус зони впевненого прийому повідомлень на відкритій місцевості дорівнює 36–37 км, а в межах міста 18–19 км. Для передавача 80 Вт, відповідно, 42–43 км і 26–27 км. Експериментальні дослідження підтверджують результати моделювання.

Висновки

На етапі проектування мережі проводяться розрахунки напруженості поля як функції віддалення між антенами передавача та приймача. Визначається необхідна напруженість поля, що забезпечує стійку роботу мережі у різних режимах роботи. Визначаються радіуси очікуваних зон впевненого прийому та їх зв'язок з параметрами апаратурного комплексу.

На етапах впровадження та експлуатації мереж проводяться виміри напруженості поля на території, що обслуговується, та визначаються параметри фактичної зони радіопокриття. Для розв'язування цієї задачі може використовуватися вимірювальний комплекс, що відповідає вимогам середніх та малих компаній операторів і характеризується простотою, відносною дешевістю та надійністю.

Проведені дослідження з мережою нейджингового зв'язку Вінницької області показали прийнятний збіг результатів для очікуваної та фактичної зон радіопокриття.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Калинин А.И., Черенкова Е.Л.* Распространение радиоволн и работа радиолиний. – М.: Связь, 1971. – 438 с.
2. *Долуханов М.П.* Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. – 336 с.

РУДИК Вадим Данилович – кандидат технічних наук, доцент кафедри "Радіотехніки" Вінницького державного технічного університету.

ЧЕРНИГА В'ячеслав Васильович – кандидат технічних наук, викладач кафедри "Радіотехніки" Вінницького державного технічного університету.

Подано 2.12.1999.