

УДК 621.396

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ЯВИЩА ЗАВМИРАННЯ СИГНАЛУ
НА ВХОДІ РАДІОПРИЙМАЧА**

РОЖНОВСЬКИЙ М.В., ФОКІН Р.А.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
вул. Кузнечна, 1, Одеса, 65029, Україна
mixail.exp@gmail.com*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЯВЛЕНИЯ ЗАМИРАНИЯ СИГНАЛА
НА ВХОДЕ РАДИОПРИЁМНИКА**

РОЖНОВСКИЙ М.В., ФОКИН Р.А.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
ул. Кузнечная, 1, Одесса, 65029, Украина
mixail.exp@gmail.com*

**MODELLING AND ANALYSIS OF THE SIGNAL FADING PHENOMENON
AT THE RADIO RECEIVER INPUT**

ROZHNOVSKIY M.V., FOKIN R.A.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications
Kuznechna st., 1, Odessa, 65029, Ukraine
mixail.exp@gmail.com*

Анотація. Запропоновано математичну модель явища завмирання сигналу на вході радіоприймача. На основі запропонованої математичної моделі розроблено програмний комплекс який дозволяє краще зрозуміти фізичний зміст явища завмирання сигналу на вході радіоприймача та проаналізувати основні характеристики вказаного явища. Запропонований програмний комплекс може бути використаний як інструменту для навчання студентів.

Ключові слова: математична модель, завмирання сигналу, програмний комплекс, радіоприймач.

Аннотация. Предложено математическую модель явления замирания сигнала на входе радиоприемника. На основе предложенной математической модели разработан программный комплекс который позволяет глубже понять физический смысл явления замирания сигнала на входе радиоприемника и проанализировать основные характеристики указанного явления. Предложенный программный комплекс может быть использован как инструмент для обучения студентов.

Ключевые слова: математическая модель, замирания сигнала, программный комплекс, радиоприемник.

Abstract. The mathematical model of the signal fading phenomenon at the radio receiver input is offered. On the basis of the offered mathematical model the program complex which allows to understand more deeply physical sense of the signal fading phenomenon at the radio receiver input and to analyze the main characteristics of the specified phenomenon is developed. The offered program complex can be used as the tool for learning of students.

Key words: mathematical model, signal fading, program complex, radio receiver.

Сучасний світ телекомунікацій характеризується створенням глобальної інформаційної інфраструктури (ГІ) [1], яка дасть змогу звичайному користувачеві отримувати повний перелік інформаційно-комунікаційних послуг цілодобово та повсемісно. У структурі ГІ одне з основних місць посідають мережі радіодоступу, що забезпечують високу мобільність абонента. Концепція мереж безпроводового зв'язку п'ятого покоління (5G) передбачає покриття усієї території радіосигналом мереж 5G [2]. Планується, що базова станція (точка доступу) буде розміщуватися в рамках поверхів будинків та окремих кімнат [2]. Відповідно, з'являються проблеми, пов'язані з розповсюдженням електромагнітного поля в неоднорідному середовищі [3]. Однією з таких проблем є явище завмирання сигналу [3–5] на вході ра-

діоприймача мобільної станції. Явище завмирання сигналу на вході радіоприймача сьогодні добре вивчене та описане, наприклад, в літературі [3–5]. Однак з точки зору навчального процесу з'являється задача, пов'язана з аналізом та вивченням явища завмирання сигналу на вході радіоприймача, його фізичного змісту та характеристик. Розв'язати вказану задачу можна за допомогою створення математичної моделі описаного вище явища та її аналізу. Таким чином, метою даної роботи є створення математичної моделі явища завмирання сигналу на вході радіоприймача як інструменту для навчання студентів.

Завмирання сигналу – це безперервні швидкі коливання рівня сигналу, що приймається, з тривалістю порядку хвилини, секунд і навіть долі секунд, які є спотвореннями [4]. Випадкові зміни середнього рівня сигналу на вході радіоприймача обумовлені явищем багатопроменевості і явищем інтерференції декількох променів електромагнітного поля в точці прийому.

Багатопроменевість (багатопроменеве розповсюдження) – явище, пов'язане з розповсюдженням одного і того ж сигналу по різних траєкторіях, що приводить до виникнення інтерференції в точці прийому [6]. Явище багатопроменевості може виникати в різних діапазонах частот як при тропосферному розповсюдженні електромагнітних хвиль, так і при розповсюдженні в умовах міської забудови.

Наявність завмирань змушує вводити спеціальні визначення для характеристики середнього рівня сигналу, що приймається, і ступеня відхилення миттєвих значень рівня сигналу від вказаного середнього значення. Найбільш поширеним є вираз середнього рівня в медіанних значеннях напруженості поля [4]. Важливими характеристиками завмирань є середня частота (інакше, середнє число завмирань за одиницю часу, хвилину або секунду) і глибина завмирань [4].

Отже, взявши до уваги сказане вище, запропонуємо аналітичну модель явища завмирання сигналу на вході радіоприймача у вигляді виразу (1)

$$E_o(t) = \left\{ \begin{array}{ll} (200 + N \cdot 5) + 10 - 10 \cdot (N/10), & 0 \leq t \leq 6; \\ (200 + N \cdot 5) - 100 - 5 \cdot (N/10), & 6 \leq t \leq 10; \\ (200 + N \cdot 5) + 50 - 10 \cdot N, & 10 \leq t \leq 16; \\ (200 + N \cdot 5) - 195 + N \cdot 5, & 16 \leq t \leq 21; \\ (200 + N \cdot 5) + 20, & 21 \leq t \leq 31; \\ (200 + N \cdot 5) - 195, & 31 \leq t \leq 41; \\ (200 + N \cdot 5) + 20 - 10 \cdot N, & 41 \leq t \leq 46; \\ (200 + N \cdot 5) + 50 - 50 \cdot (N/10), & 46 \leq t \leq 51; \\ (200 + N \cdot 5) - 100, & 51 \leq t \leq 56; \\ (200 + N \cdot 5) + 10 + 5 \cdot (N/10), & 56 \leq t \leq 60. \end{array} \right\}, \text{ мкВ/м.} \quad (1)$$

У виразі (1) $E_o(t)$ – діюче значення напруженості поля на вході радіоприймача, t – тривалість інтервалу спостереження, N – довільне число, від якого залежить форма кривої $E_o(t)$, що описує коливання рівня сигналу на вході радіоприймача.

Аналітичний вираз (1) необхідно розглядати як інструмент для пояснення фізичного змісту явища завмирання сигналу на вході радіоприймача. З цією метою запропоновану математичну модель реалізовано у вигляді програмного комплексу (лабораторної роботи).

Програмна реалізація математичної моделі (1) дає змогу візуалізації функції $E_o(t)$ у вигляді кривої. Подальший аналіз кривої $E_o(t)$ дає змогу студенту визначити основні характеристики завмирання сигналу на вході радіоприймача, зрозуміти їх фізичний зміст, а алгоритм

реалізації програмного комплексу не дозволяє при цьому допускати помилок. Зовнішній вигляд інтерфейсу програмного комплексу показано на рис. 1 та рис. 2.



Рисунок 1 – Головне вікно програмного комплексу «ED6.02»

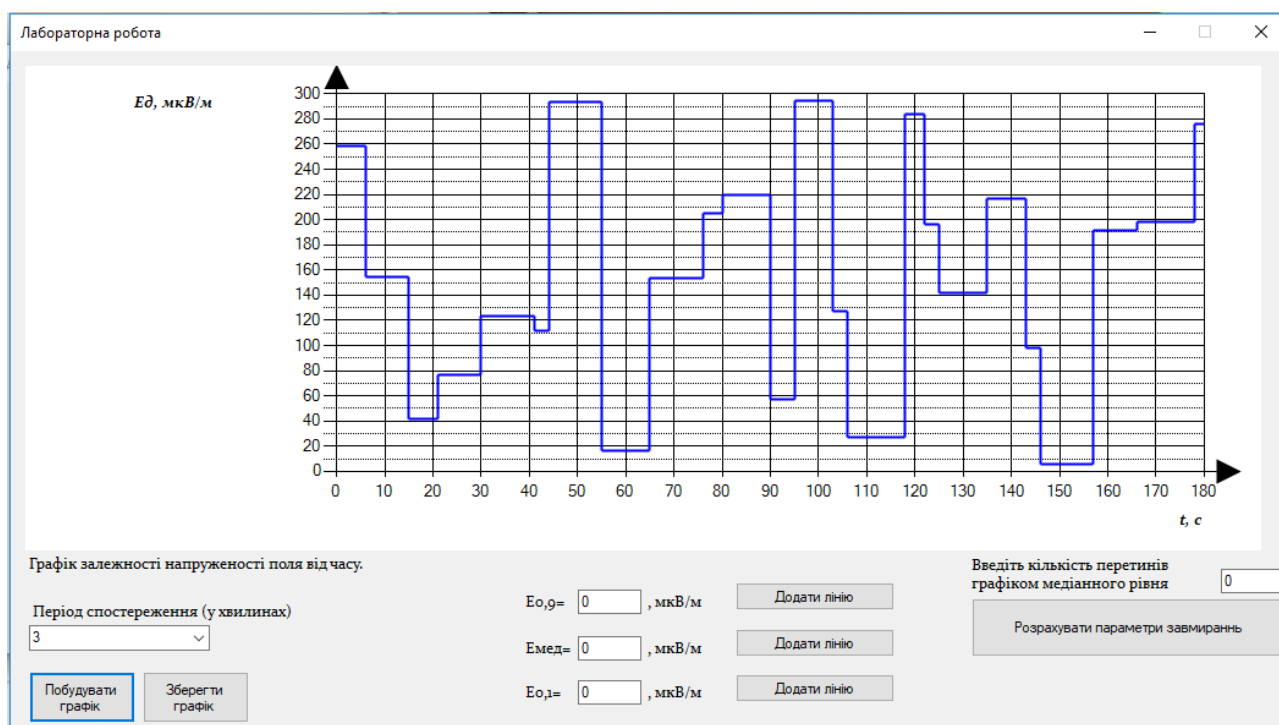


Рисунок 2 – Вікно виконання лабораторної роботи програмного комплексу «ED6.02»

На рис. 1 показано головне вікно програмного комплексу. Рисунок у вказаному вікні ілюструє явище багатопроменевого поширення радіохвиль та явище інтерференції, що дозволяє студенту краще зрозуміти причини завмирань сигналу на вході радіоприймача. Також даний інтерфейс дозволяє студенту ознайомитися з фізичним змістом роботи, перевірити домашнє завдання та перейти до інтерфейсу виконання лабораторної роботи.

На рис. 2 показано вікно інтерфейсу виконання лабораторної роботи. Вказаний інтерфейс дозволяє студенту задати тривалість інтервалу спостереження рівня напруженості поля на вході радіоприймача. Також інтерфейс дозволяє графічно побудувати залежність діючого значення напруженості поля на вході радіоприймача від часу $E_o(t)$ та проаналізувати її. В результаті аналізу студент має змогу самостійно визначити медіанне значення напруженості поля, частоту завмирань, середню тривалість завмирань та глибину завмирань. Алгоритм роботи програмного комплексу, в свою чергу, перевірить результати аналізу та правильність визначених студентом характеристик завмирань сигналу на вході радіоприймача.

Таким чином, в даній статті запропоновано математичну модель явища завмирання сигналу на вході радіоприймача. На основі запропонованої математичної моделі розроблено програмний комплекс, який дозволяє краще зрозуміти фізичний зміст явища завмирання сигналу на вході радіоприймача та проаналізувати основні характеристики вказаного явища. Запропонований програмний комплекс може бути використаний як інструмент для навчання студентів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Довгий С.О., Воробієнко П.П., Гуляев К.Д. Сучасні телекомунікації: Мережі, технології, безпека, економіка, регулювання. – Видання друге (доповнене). – / За загальною ред. Довгого С.О. – К. «Азимут-Україна*». – 2013. – 608 с.
2. Mamta A. Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey / A. Mamta, R. Abhishek, S. Navrati // IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS. – 2016. – VOL. 18, № 3. – P. 1617 – 1655.
3. Гавриленко В.Г. Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи / Гавриленко В.Г. – Нижний Новгород, 2003. – 148 с.
4. Долуханов М.П. Распространение радиоволн: Учебн. для вузов – М.: Связь, 1972. – 336 с.
5. Черенкова Е.Л. Чернышев О.В. Распространение радиоволн: Учебник для вузов связи. – М.: Радио и связь, 1984. – 272 с.
6. Невдяев Л.М. Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь-справочник. Под редакцией Ю.М. Горностаева. Москва, 2002.

REFERENCES

1. Dovgiy S.O., Vorobienko P.P., Gulyaev K.D. Suchasni telekomunikatsiyi: Merezhi, tehnologiyi, bezpeka, ekonomika, reguluyvanya. – Vidannya druge (dopovnene). – / Za zagalnoyu red. Dovgogo S.O. – K. «Azimut-Ukrayina*». – 2013. – 608 s.
2. Mamta A. Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey / A. Mamta, R. Abhishek, S. Navrati // IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS. – 2016. – VOL. 18, № 3. – P. 1617 – 1655.
3. Gavrilenko V.G. Rasprostranenie radiovoln v sovremennyih sistemah mobilnoy svyazi / Gavrilenko V.G. – Nizhniy Novgorod, 2003. – 148 s.
4. Doluhanov M.P. Rasprostranenie radiovoln: Uchebn. dlya vuzov – M.: Svyaz, 1972. – 336 s.
5. Cherenkova E.L. Chernyishev O.V. Rasprostranenie radiovoln: Uchebnik dlya vuzov svyazi. – M.: Radio i svyaz, 1984. – 272 s.
6. Nevdyayev L.M. Telekommunikatsionnyie tehnologii. Anglo-russkiy tolkovyyiy slovar-spravochnik. Pod redaktsiyey Yu.M. Gornostaeva. Moskva, 2002.