

*І. О. Незус, студент,  
В. П. Лисечко, к.т.н., доцент  
(Український державний університет  
залізничного транспорту)*

*Трубчанінова К. А., к.т.н., доцент,  
Мещерякова А. О., магістрант (УкрДУЗТ)*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛАДНИХ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ КВАЗІОРТОГОНАЛЬНОГО ДОСТУПУ НА ПІДНЕСНИХ ЧАСТОТАХ**

Через стрімкий розвиток телекомунікаційних технологій та росту числа безпроводових пристроїв все більш актуальною стає проблема обмеженості частотного діапазону. Для розв'язання цієї проблеми можуть бути використані системи, що отримали назву "когнітивне радіо". Для усунення внутрішніх завад високого рівня, які виникають через використання однієї смуги двома або більше користувачами, було використано метод квазіортогонального доступу на піднесних частотах (QOFDM) [1].

В роботі досліджено кореляційні властивості складних сигналів на основі квазіортогонального доступу на піднесних частотах. Мета дослідження полягає в з'ясуванні можливостей використання частотного ресурсу за умови застосування QOFDM. Для їх оцінки необхідно визначити ступінь впливу внутрішньосистемних завад при зміні ширини смуг підканалів між різними частотними планами. Для цього в роботі було створено модель радіоканалу.

В ході дослідження було здійснено статистичний аналіз кореляційних властивостей складних сигналів, утворених на основі квазіортогонального доступу на піднесних частотах. Результати дослідження властивостей таких сигналів дозволяють оптимізувати процес вибору параметрів сигналів, що забезпечують підвищення об'єму ансамблів сигналів при низькій взаємодії в частотній області [1, 2].

Отже, в роботі було проведено аналіз кореляційних властивостей складних сигналів на основі квазіортогонального доступу на піднесних частотах, та виявлено, що навіть при максимально граничному значенні ширини смуги частот ступінь взаємної кореляції частотних планів буде задовільним.

### **Список використаних джерел**

1. Свергунова Ю.О. Метод квазіортогонального частотного мультиплексування на піднесних частотах. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті [Текст] //Ю.О. Свергунова, В.П. Лисечко, Д.О. Легка. - Х.: УкрДУЗТ –2015. – Вип. 2(111). – С. 75-79.
2. Ипатов В.П. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения [Текст] / В.П. Ипатов – М.:Техносфера, 2007. – 488 с. ISBN 978-5-94836-128-4.

## **ВИМОГИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ**

Вимоги щодо забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) зазвичай вступають у протиріччя з іншими вимогами до системи. Зокрема це стосується вимог з використання частот, масогабаритних і вартісних характеристик. Тому найбільш важливою є конструктивна оптимізація цих вимог за умов того, що остаточним рішенням є компроміси. На практиці реалізація цього положення викликає ускладнення завдяки малому обсягу апріорної інформації про електромагнітну обстановку та недостатній кількості апробованих математичних моделей, які визначають загасання електромагнітної енергії в різних каналах на шляху від джерела випромінювання (емітера) до приймача (рецептора) [1-3].

Спроби вирішити це питання впровадженням нормативних документів, де регламентуються параметри, що визначають ЕМС інформаційних систем, повного успіху не мають, тому що ці параметри мають, безумовно, усереднений характер і не завжди гарантують забезпечення ЕМС конкретної пари «емітер – рецептор».

На кожному з етапів проектування інфокомунікаційних систем для забезпечення ЕМС будь-якої пари «емітер – рецептор» слід визначити фактичний рівень наведеної на вході рецептора потужності і рівень потужності, припустимий з точки зору прийнятної зміни робочих характеристик рецептора. При цьому слід виявляти канали проникнення електромагнітної енергії, які роблять найбільший внесок, сформулювати технічні чи організаційні заходи, необхідні для виконання нерівності. Для вирішення цих питань потрібно знати:

- фізичні процеси, які виникають в емітерах, і рівні їх випромінювання в широкому діапазоні частот;
- залежність від частоти загасання електромагнітної енергії від емітера до рецептора, просторове затухання з урахуванням ефектів федингів і дифракції на елементах конструкції ІКС, ефективність екранування апаратури, загасання в селективних елементах, індуктивні та ємнісні наведення, втрати за рахунок неузгодження трактів та ін.;
- критерії кількісного оцінювання варіації робочих характеристик ІКС і підсистем при дії ненавмисних завад залежно від їхнього спектрального складу;
- кількісні характеристики можливих технічних заходів зі збільшення рівня розв'язок між емітером і

рецептором залежно від частоти, а також можливі організаційні заходи.

Експериментальне визначення перелічених залежностей у більшості випадків, особливо на перших стадіях проектування, практично неможливе.

Таким чином завданнями, які вирішуються під час забезпечення ЕМС, є такі:

- вивчення закономірностей виникнення, розповсюдження та впливу електромагнітних завад;
- розроблення приладів і методів вимірювання параметрів ЕМО;
- оцінювання сприйнятливості обладнання ІКС до електромагнітних завад;
- створення норм, що регламентують рівні виникаючих завад і сприйнятливості ІКС до завад;
- розроблення засобів і методів зниження завад джерел випромінювання і підвищення рівня їхньої завадозахищеності;
- створення методів випробувань завадостійкості ІКС та контролю електромагнітної обстановки;
- розроблення системних підходів проектування радіоелектронних систем і комплексів для забезпечення вимог ЕМС, особливо на ранніх стадіях проектування.

#### Список використаних джерел

1. Про радіочастотний ресурс України: Закон України зі змінами і доповненнями згідно із Законом № 440-ІХ від 14.01.2020. Київ, 2020. 35 с.
2. Про схвалення Концепції єдиної інформаційно-комунікаційної платформи: Рішення НКРЗІ № 34 від 24.01.2013. Київ, 2013. 6 с.
3. Панченко С. В., Серков О. А., Трубочанінова К. А. Теорія та практика електромагнітної сумісності телекомунікаційних систем. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 249 с.

*Трубочанінова К. А., к.т.н., доцент,  
Тарасенко Г. Г., магістрант (УкрДУЗТ)*

### СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ

Сумісна одночасна робота інфокомунікаційних систем і комплексів обумовлює взаємний електромагнітний вплив один на одного як систем у комплексі, так і окремих елементів у середині систем. Та коли цей вплив перевищує рівні, визначені для кожного з них, то нормальне функціонування цих технічних засобів порушується. Відбуваються тимчасові порушення режимів роботи деяких пристроїв, викликаючи збої в їхній роботі чи неприпустимі незворотні зміни їхніх параметрів, що

обумовлює вихід їх з ладу.

Забезпечення електромагнітної сумісності (ЕМС) є складним комплексною завданням, що вимагає його вирішення на найбільш ранній стадії створення інфокомунікаційних систем (ІКС). Це пов'язано з тим, що взаємні неавмисні завади визначаються кількістю і геометрією розміщення випромінювачів і розподільних систем, спектральним складом випромінювання та рівнем сприятливості приймальних систем, ступенем екранування апаратури та її розміщення, трасуванням сигнальних, управляючих і силових КЛЗ, часовим регламентом роботи окремих частин ІКС [1-3].

Вирішення проблеми забезпечення вимог ЕМС має дві складові:

- прогнозування неавмисних потенційно небезпечних електромагнітних зв'язків між різними частинами ІКС і комплексів;
- розроблення на ґрунті прогнозу теоретичних і експериментальних даних технічних чи організаційних заходів, які знижують рівні цих небезпечних зв'язків до прийнятних значень.

У той же час вирішення проблеми ЕМС обумовлює три основних етапи.

Перший етап – це рішення, які приймаються на етапі проектування. На цьому етапі для заданої моделі електромагнітної обстановки (ЕМО) завдання може бути вирішено достатньо точно і ефективно. Однак модель реально не може врахувати усі супутні фактори, пов'язані з інженерною реалізацією та технологією виробництва. Зокрема це стосується питань забезпечення сумісності з суміжними радіоелектронними системами, які створюють важко прогнозовані наведення для суміжного обладнання. Тому повне вирішення проблеми забезпечення ЕМС досягається на останніх етапах розроблення і конструювання – виготовлення та випробування.

Другий етап – проведення випробувань за критеріями ЕМС і вимірювання параметрів як окремих вузлів ІКС, так і виготовленого зразка в цілому.

Третій етап – експлуатація, де за результатами тих чи інших причин система функціонує в умовах, які відрізняються від розрахункових.

В роботі досліджуються всі три етапи, що щільно пов'язані між собою.

#### Список використаних джерел

1. Про радіочастотний ресурс України: Закон України зі змінами і доповненнями згідно із Законом № 440-ІХ від 14.01.2020. Київ, 2020. 35 с.
2. Про схвалення Концепції єдиної інформаційно-комунікаційної платформи: Рішення НКРЗІ № 34 від 24.01.2013. Київ, 2013. 6 с.
3. Панченко С. В., Серков О. А., Трубочанінова К. А. Теорія та практика електромагнітної сумісності телекомунікац-х систем. Харків: УкрДУЗТ, 2020. 249 с.