

АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ МЕРЕЖ LTE З РІЗНИМИ ВИДАМИ ДУПЛЕКСУ

Панченко Р.С., Білик В.О.

Кафедра «Інфокомунікаційної інженерії
ім. В.В. Поповського», Харківський національ-
ний університет радіоелектроніки, Україна

E-mail: ruslan.panchenko@nure.ua

Abstract

In the report are shown mechanisms of mutual interfering influence of the LTE networks with the mixed types of duplex FDD and TDD. The special attention is paid to influence of not synchronized LTE-TDD networks, and also the LTE-TDD and LTE-FDD networks. In the report the methodology of an assessment of conditions of electromagnetic compatibility of such LTE networks, based on the accounting of the specified probabilities is considered, results of statistical modeling on the basis of which concrete practical recommendations for operators of networks of cellular communication are formulated are given.

Важливими проблемами в галузі забезпечення якості обслуговування є проблеми електромагнітної сумісності. Для подальшого поліпшення якості та ефективності передачі даних в мережах LTE потрібне проведення аналізу електромагнітної сумісності.

Розглядаючи порушене питання, слід звернути увагу на два аспекти. По-перше, для смуги частот 2500-2690 МГц існують прийняті частотні плани, які передбачають функціонування мереж LTE з різними видами дуплексу. По-друге, в системі LTE тимчасової дуплекс TDD має свою специфіку, яка може робити істотний вплив на електромагнітну сумісність мереж. З точки зору ЕМС такою специфікою дуплексу TDD є наявність взаємного помехового впливу базових станцій суміжних мереж LTE.

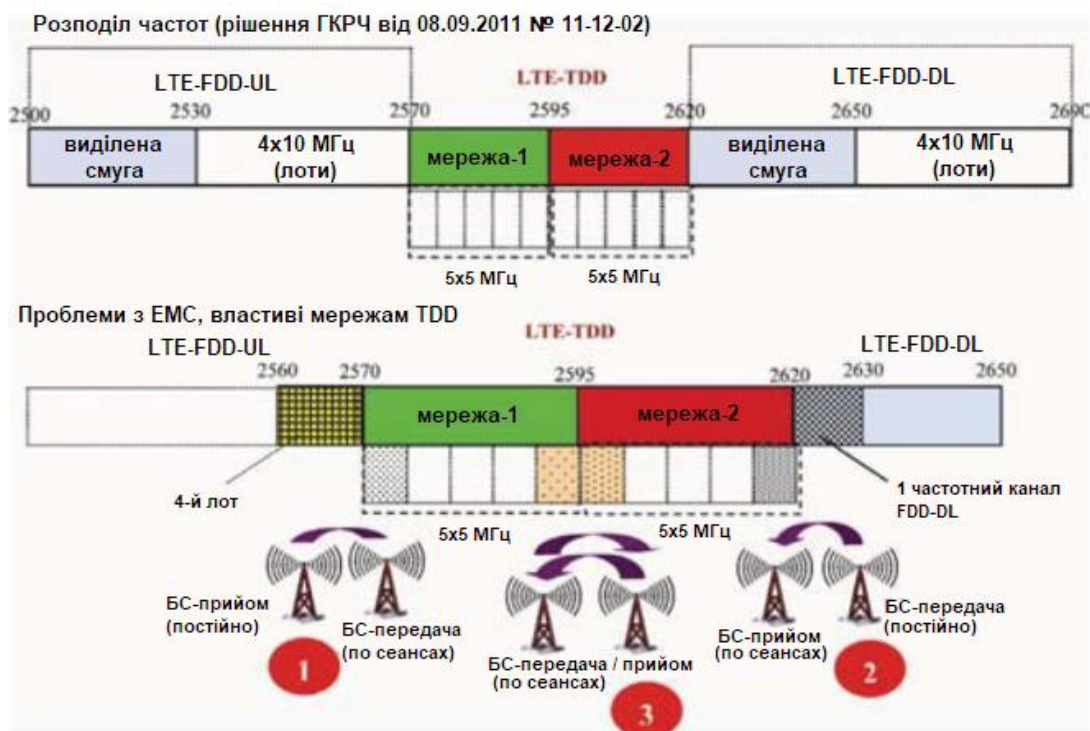


Рис. 1. Сценарії взаємного впливу мереж LTE з різними видами дуплексу

На рис. 1 (вгорі) показаний загальний частотний план для смуги 2500-2690 МГц. На ньому умовно виділено чотири парних блоку частот по 2х10 МГц для мереж LTE-FDD і два непарних блоку по 25 МГц для мереж LTE-TDD. На рис. 1 (внизу) показані три можливих сценарії взаємовпливу мереж LTE при змішаних видах дуплексу.

На рис. 2 пояснюється механізм впливу мереж з частотним і тимчасовим видами дуплексу (сценарії 1 і 2). У сценарії 2 базова станція мережі FDD-DL в процесі передачі низхідного трафіку випромінює постійно. Її помехового вплив на приймач БС мережі TDD (мережа-2) буде мати місце тільки при прийомі, тобто протягом Uplink. Аналогічно вплив базової станції TDD (мережа-1) на приймач базової станції FDD-UL, постійно приймає висхідний трафік, матиме місце тільки при передачі БС TDD, тобто протягом Downlink.

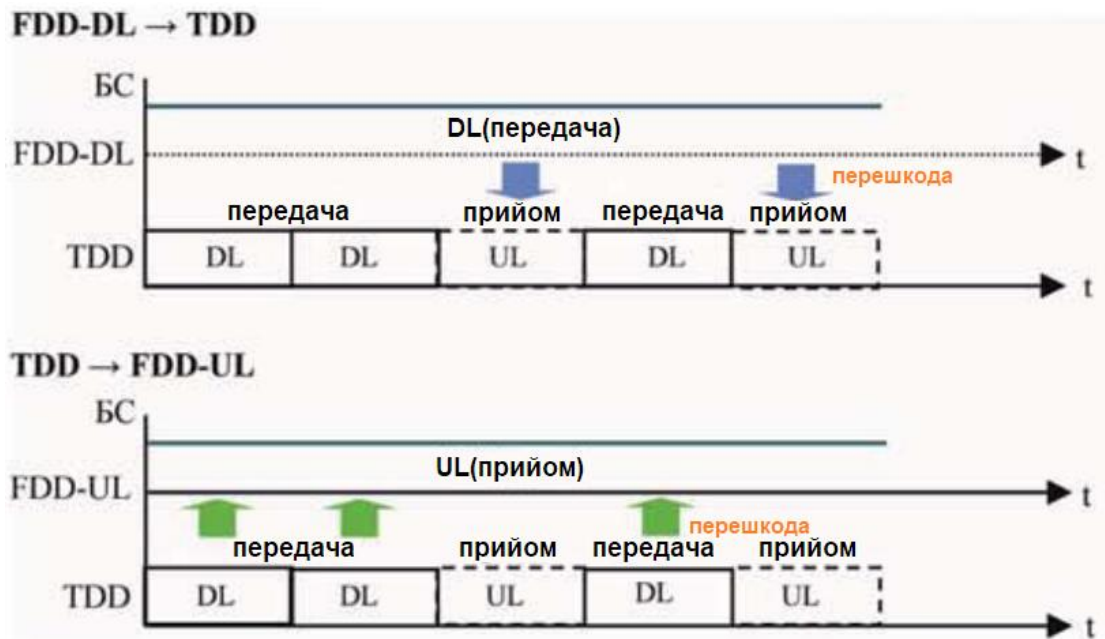


Рис. 2. Вплив LTE-мереж з FDD і TDD

Значення ймовірностей цих подій наведені в табл. 2. За своєю суттю вони є ймовірності появи перешкод в тому або іншому сценарії взаємодії мереж LTE-TDD і LTE-FDD. Їх залежності від конфігурації передач при TDD показані на графіках рис. 3.

Таблиця 1. Вірогідність появи перешкод при різних конфігураціях TDD

№ Конфігурації	Співвідношення DL:UL	Вірогідність p	
		TDD > FDD-UL	FDD-DL > TDD
0	2:3	0,4	0,6
1	3:2	0,6	0,4
2	4:1	0,8	0,2
3	7:3	0,7	0,3
4	8:2	0,8	0,2
5	9:1	0,9	0,1
6	5:5	0,5	0,5

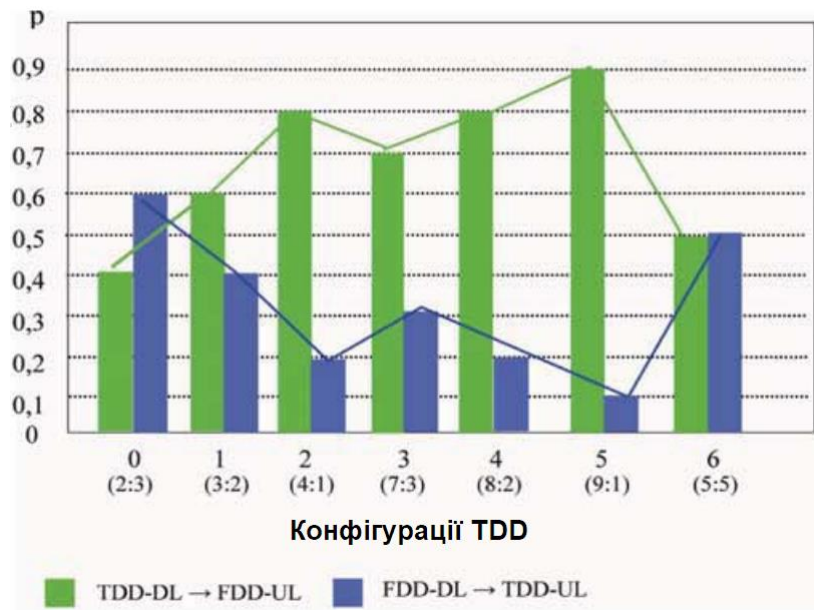


Рис. 3. Вірогідність появи перешкод при взаємодії LTE-TDD та LTE-FDD

З графіків видно, що ймовірність появи перешкод для TDD (мережа-2) з боку мережі FDD-DL набагато нижче, ніж ймовірність їх появи для мережі FDD-UL з боку TDD (мережа-1). З огляду на цей незаперечний факт, можна стверджувати, що оцінка умов ЕМС для мереж LTE з дуплексом TDD, безсумнівно, повинна будуватися на імовірнісному підході та враховувати ймовірності появи перешкод при кожній конкретній конфігурації передач. Механізм впливу мереж LTE-TDD один на одного пояснюється на рис. 4 і 5. Причому, на рис. 4 показані випадки, коли обидві взаємодіючі мережі синхронізовані в єдиній шкалі часу від єдиного джерела, але мають однакові та різні конфігурації передач. Найбільш цікавим для практики є випадок, коли взаємодіючі мережі не синхронізовані між собою.

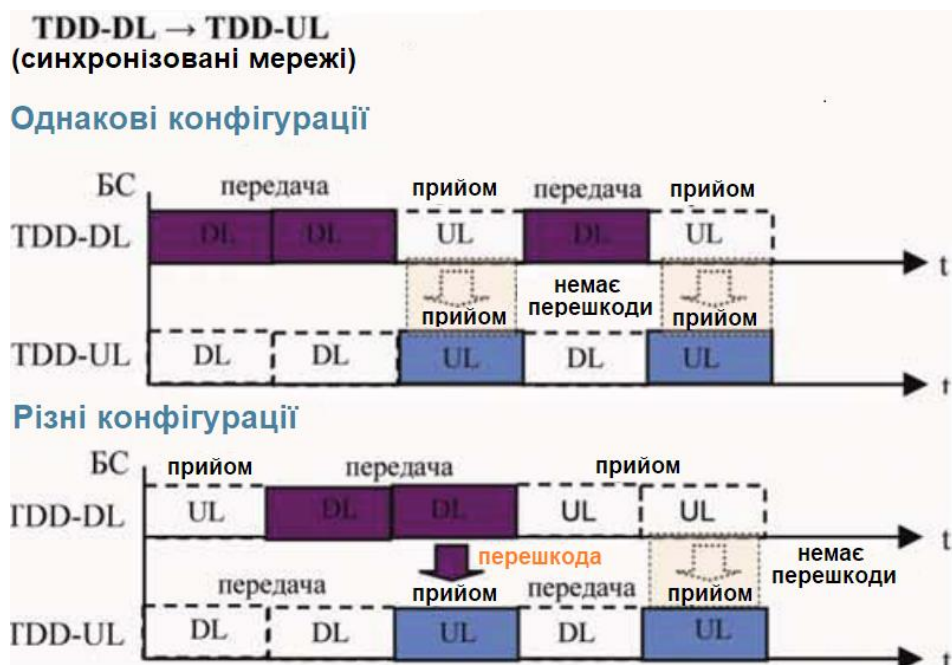


Рис. 4. Взаємний вплив синхронізованих мереж LTE-TDD

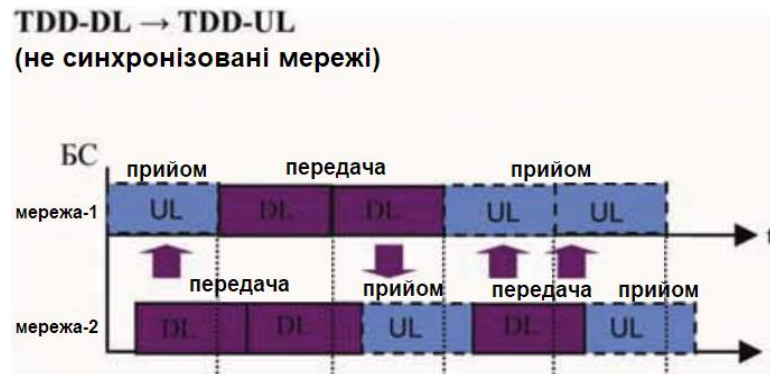


Рис. 5. Взаємний вплив синхронізованих мереж LTE-TDD

На рис. 5 видно, що взаємні перешкоди з'являються при одночасному збігу випадково мінливих тимчасових вікон DL-UL різної тривалості. З точки зору теорії - це два незалежних пуассонівських потоку і в рамках даної задачі ймовірність таких збігів можна трактувати як повну ймовірність появи взаємних перешкод в сценарії $BS \leftrightarrow BS$. Вираз для неї матиме такий вигляд

$$p\{BS_{Tx} \Rightarrow BS_{Rx}\} = p\{BS_{DL} \Rightarrow BS_{UL}\} = p_1(1 - p_2) + p_2(1 - p_1) \quad (1)$$

де p_1 - ймовірність передачі BS в DL в мережі-1; p_2 - ймовірність передачі BS в DL в мережі-2. Ймовірність впливу мереж при різних конфігураціях в них може бути розрахована на підставі виразу (1). Значення цих ймовірностей для деяких співвідношень конфігурацій мереж LTE-TDD наведені в табл. 2. Вибрані співвідношення конфігурацій забезпечують найменший взаємний вплив мереж.

Таблиця 2. Вірогідність появи перешкод при різних конфігураціях в обох мережах TDD

Співвідношення конфігурацій с найменшим впливом	Співвідношення DL:UL	Вірогідність p		
		Вплив мережі-1	Вплив мережі-2	Повна вірогідність впливу мереж
2 < > 3	4:1 < > 7:3	0,24	0,14	0,38
2 < > 4	4:1 < > 8:2	0,16	0,16	0,32
2 < > 5	4:1 < > 9:1	0,08	0,18	0,26
3 < > 4	7:3 < > 8:2	0,14	0,24	0,38
3 < > 5	7:3 < > 9:1	0,07	0,27	0,34
4 < > 5	8:2 < > 9:1	0,08	0,18	0,26

Для мінімізації впливу перешкод в суміжних мережах LTE необхідно оптимізувати конфігурацію передач DL:UL при тимчасовому дуплексі TDD.

Література:

1. Тихвинский В.О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура/В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, А.Б. Юрчук/ – М.: Эко-Трендз, 2010. – 284 с.
2. Теория и методы электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Под редакцией Ю.А. Феоктистова.- М.: Радио и связь, 1988. – 216 с.
3. Long Term Evolution (LTE): an introduction. White Paper.[Электронный ресурс]// Ericsson.- 2007.-16 с.
4. Коляденко Ю.Ю. Метод оценки параметров радиоканалов сети LTE/ Коляденко Ю.Ю., Алали А.М./ Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.2015, vol. 15, no. 2, pp. 32–41 DOI: 10.14529/ctcr150204.