

УДК 621.3.006.357

Коляденко Ю.Ю.

### КРИТЕРІЙ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕКВІВАЛЕНТНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ПРИ РЕФАРМІНГУ РАДІОЧАСТОТНОГО СПЕКТРУ

Критерій базується на еквівалентності енергетичних характеристик в мережі, що замінюється і новій мережі різних стандартів [1-3]. Використовуючи запропонований критерій, можна на етапі планування фрагмента мережі з новою технологією, визначити його склад за кількістю передавачів і допустимій потужності їх випромінювання.

Енергетична еквівалентність (ЕЕ) полягає в балансі енергетики, що випромінюється каналами існуючої мережі LTE та мережі, яка планується 5G в смузі пропускання потенційно несумісного РЕЗ. ЕЕ [1] завад від мережі LTE і 5G в загальному має вигляд:

$$P_{T\Sigma 5G}(\Delta f_{PEZ}) \leq P_{T\Sigma LTE}(\Delta f_{PEZ}), \quad (1)$$

де  $P_{T\Sigma LTE}(\Delta f_{PEZ})$ ,  $P_{T\Sigma 5G}(\Delta f_{PEZ})$  - сумарні потужності передавачів базових станцій (БС) LTE і 5G відповідно в смузі пропускання  $\Delta f_{PEZ}$  потенційно несумісного РЕЗ.

Ступінь можливого збільшення потужності потенційної завади від 5G щодо діючої завади від LTE в смузі частот  $\Delta f_{PEZ} = a \cdot m_f \Delta f_{LTE}$  описується співвідношенням [1]:

$$\eta = \frac{P_{T\Sigma 5G}(\Delta f_{PEZ})}{P_{T\Sigma LTE}(\Delta f_{PEZ})} = \frac{S_{\Sigma(\Delta f_{PEZ})5G} \cdot \Delta f_{5G}}{S_{cp(\Delta f_{PEZ})LTE} \cdot \Delta f_{LTE}} = \frac{P_{T5G}}{P_{TLTE}} (1 - \beta_{5G}) \alpha \frac{n_{T5G} N_{5G}}{\sum_{i=1}^{L_f} (1 - \beta_{iLTE}) n_{LTE}(f_i)}, \quad (2)$$

де  $S_{\Sigma(\Delta f_{PEZ})5G}$  - сумарна спектральна густина потужності випромінювання передавачів (СППВП) БС 5G, близька до рівномірної в смузі  $\Delta f_{PEZ}$ ;  $S_{cp(\Delta f_{PEZ})LTE}$  - середня СППВП БС LTE в смузі частот  $\Delta f_{PEZ}$  (усереднена за смугою  $\Delta f_{PEZ}$ );  $\Delta f_{LTE}$ ,  $\Delta f_{5G}$ , - смуги частот LTE і 5G відповідно;  $m_f$  - параметр, що характеризує кількість можливих частотних каналів LTE в смузі 5G,  $1 \leq m_f \leq \left\lceil \frac{\Delta f_{5G}}{\Delta f_{LTE}} \right\rceil$ ,  $[x]$  - ціла частина числа;  $n_{TLTE}(f_i)$  -

число передавачів LTE, що випромінюють на одній заводовій ("активній") частоті  $f_i$ ;  $n_{T5G}$  - кількість передавачів на площадці 5G;  $N_{5G}$  - кількість площадок, на яких планується установка передавачів 5G;  $\beta_{LTE}$  - обмеження потужності БС LTE, ( $0 < \beta_{LTE} < 1$ );  $\beta_{5G}$  - обмеження потужності передавачів 5G за умовами ЕМС ( $0 < \beta_{5G} < 1$ );  $L_f$  - кількість "активних" частот, які не повторюються в смузі приймача РЕЗ;  $\alpha$  - параметр, який показує, наскільки смуга РЕЗ більше (менше) смуги 5G:

$$\alpha = \begin{cases} \frac{\Delta f_{PЭЗ}}{\Delta f_{5G}}, & \Delta f_{5G} > \Delta f_{PЭЗ}, \\ 1, & \Delta f_{5G} \leq \Delta f_{PЭЗ}. \end{cases} \quad (3)$$

Умовою збереження ЕМС за критерієм ЕЕ є співвідношення:

$$\eta = \frac{P_{T5G}}{P_{TLTE}} (1 - \beta_{5G}) \alpha \frac{n_{T5G} N_{5G}}{\sum_{i=1}^{L_f} (1 - \beta_{iLTE}) n_{LTE}(f_i)} \leq 1, \quad (4)$$

відповідно до якого сумарна потужність завади в смузі частот  $\Delta f_{PЭЗ}$  від мережі 5G не перевищуватиме еквівалентну потужність завади, яка створювалась в цій смузі мережею LTE.

За умовами повторного використання радіочастот в мережі LTE кожен з цих передавачів знаходиться на одній з площадок, що входять до складу окремого кластера. Отже, число передавачів LTE з частотою  $f_i$  буде залежати від загальної кількості площадок LTE ( $N_{LTE}$ ) і коефіцієнта повторного використання частот в мережі ( $K$ ) (розмір кластера). За умов  $N_{LTE} = N_{5G}$ , маємо:

$$n_{TLTE}(f_i) = \frac{N_{LTE}}{K} = \frac{N_{5G}}{K}. \quad (5)$$

Кількість частот  $L_f$ :

$$L_f = K(l_1 + l_2 + l_3), \quad (6)$$

де  $l_1, l_2, l_3$  – кількість передавачів в межах одного трисекторного стільника.

З урахуванням цього:

$$\eta = \frac{P_{T5G}}{P_{TLTE}} (1 - \beta_{5G}) \alpha \frac{n_{T5G}}{\sum_{i=1}^{K(l_1+l_2+l_3)} \frac{(1 - \beta_{iLTE})}{K_i}} \leq 1. \quad (7)$$

Цей вираз дозволяє оцінити допустиму кількість передавачів 5G ( $n_{T5G}$ ) на одній площадці, при якому не буде порушена ЕЕ:

$$n_{T5G} \leq \frac{P_{TLTE}}{P_{T5G}} \frac{\sum_{i=1}^{K(l_1+l_2+l_3)} \frac{(1 - \beta_{iLTE})}{K_i}}{(1 - \beta_{5G})} \frac{1}{\alpha}. \quad (8)$$

Вираз (8) дозволяє визначити умови збереження ЕЕ мережі LTE в смузі частот відповідної ширини для створення мережі 5G при рефармінгу.

### Список використаних джерел

1. Коляденко Ю.Ю. Аналіз електромагнітної сумісності угруповань радіоелектронних засобів в мережах мобільного зв'язку при рефармінгу радіочастотного спектру [Електронний ресурс] / Ю.Ю. Коляденко, Н.А. Чурсанов // Проблеми телекомунікацій. – 2019. – № 2 (25). – С. 56 - 66. – Режим доступу до журн.: [http://pt.nure.ua/wp-content/uploads/2020/02/192\\_kolyadenko\\_chursanov.pdf](http://pt.nure.ua/wp-content/uploads/2020/02/192_kolyadenko_chursanov.pdf).

2. Koliadenko, Y., Moskalets, M., Badieiev, V., Savchenko, R. (2023). Method Radio Resource Allocation in Cognitive Radio Network. In: Dovgyi, S., Trofymchuk, O., Ustimenko, V., Globa, L. (eds) Information and Communication Technologies and Sustainable Development. ICT&SD 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 809. Springer, Cham. Pp. 102-115 [https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-031-46880-3_7)

3. В. Муляр, Y. Koliadenko, M. Moskalets, V. Loshakov and D. Ageyev, "Interaction Model and Phase States at Frequency Resource Allocation in a Grouping of Radio-Electronic Equipment of 5G Mobile Communication Network," 2022 IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), Kharkiv, Ukraine,

2022, pp. 495-501, doi:  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10238581>

10.1109/PICST57299.2022.10238581.