

2. Sinha S.: State of IoT 2023: Number of connected IoT devices growing 16% to 16.7 billion globally. <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>, accessed: 2023-10-14

3. Lysechko V., Syvolovskyi I., Shevchenko B., Nikitska A., Cherneva G.: Research of modern NoSQL databases to simplify the process of their design. Academic journal: Mechanics Transport Communications, 2023, vol. 21, issue 2, article №2363, ISSN 2367-6620

4. White paper: OpenFog Reference Architecture for Fog Computing. [https://www.iiconsortium.org/pdf/OpenFog\\_Reference\\_Architecture\\_2\\_09\\_17.pdf](https://www.iiconsortium.org/pdf/OpenFog_Reference_Architecture_2_09_17.pdf), accessed: 2023-10-14

5. Naha R.K., Garg S., Georgekopolous D., Jayaraman P.P., Gao L., Xiang Y., Ranjan R.: Fog Computing: Survey of Trends, Architectures, Requirements, and Research Directions, IEEE Access, vol. 6, pp. 47980-48009, 2018.

*Кустов В.Ф., к.т.н. (УкрДУЗТ)*

## **ОСОБЛИВОСТІ СТАНДАРТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ**

Проблема забезпечення електромагнітної сумісності технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів є дуже актуальною з наступних причин:

1) в цих системах, безпосередньо пов'язаних з безпекою руху поїздів, почали використовувати електронні та електронні/програмовані пристрої, у тому числі на базі мікропроцесорних контролерів та ЕОМ, в яких чутливість до електромагнітних завад у мільярди разів менше, ніж в основних і масових елементах традиційних релейних систем залізничної автоматики - електромагнітних реле;

2) електронні елементи мають симетричні відмови, як із-за старіння, так і внаслідок впливів завад, тому вони можуть привести до аварій і катастроф, що підтверджує світовий досвід (в релейних системах це практично виключалося внаслідок використання реле як елемента з великою стійкістю до завад та несиметричними відмовами, при яких виникає тільки захисний стан, тобто внаслідок негативної дії завад в них може виникати тільки затримка поїзда чи матеріальні збитки від пошкодження сигнального обладнання);

3) вплив електромагнітних завад може призводити до відмов пристроїв і систем, збоїв у програмному забезпеченні, внаслідок чого

виникають затримки поїздів, пошкоджується значний обсяг обладнання;

4) вплив потужних електромагнітних завад може впливати на чутливі електронні елементи та суттєво погіршувати їхню імовірність небезпечних відмов без фізичного пошкодження, але з суттєвим перегрівом (підпалом), а у разі використання, наприклад, найбільш поширених способів резервування це погіршення призводить до квадратичної залежності погіршення функційної безпечності. Наприклад, внаслідок впливу грозових перенапружень інтенсивність небезпечних відмов каналів резервування може зменшуватися в тисячі разів, а системи в цілому – у мільйони разів.

З урахуванням цього вимоги щодо електромагнітної сумісності технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів в Україні майже 20 років тому були розроблені під керівництвом автора та викладені у державному стандарті ДСТУ 4151-2003 з датою початку дії 01.01.2004 р. Але, з урахуванням того, що за ці роки змінилися характеристики електромагнітних завад, зокрема з'явилися інші частоти мобільного зв'язку та інші джерела електромагнітних завад, чинність цього нормативного документа скасована з 01.01.2022 та введено в дію з 01.01.2021 р. інший нормативний документ - національний стандарт ДСТУ EN 50121-4:2019, який є ідентичним європейському стандарту EN 50121-4. Цей стандарт застосовують до сигнальної та телекомунікаційної апаратури, яку встановлюють в залізничному середовищі, він установлює норми для емісії завад та несприятливості, а також та надає критерії якості функціонування для сигнальної та телекомунікаційної апаратури [2]. На сигнальну та телекомунікаційну апаратуру, яку встановлюють на транспортних засобах поширюється ДСТУ EN 50121-3-2:2016 [3], а на сигнальну та телекомунікаційну апаратуру, яку встановлюють всередині підстанції та під'єднують до обладнання підстанції, поширюється ДСТУ EN 50121-5:2019. Положення цих стандартів використовують разом із загальними положеннями ДСТУ EN 50121-1.

Нормування емісії завад від залізничної системи в довілля регламентується стандартом ДСТУ EN 50121. Стандартизація електромагнітної сумісності для рухомого складу залізниць – згідно з введеним національного стандарту ДСТУ EN 50121-3-1.

До недоліків стандарту ДСТУ EN 50121-4:2019 можна віднести повну відсутність вимог щодо динамічних змін напруги живлення – її короткочасних провалів, викидів, переривань та коливань. З урахуванням того, що згідно з "Правилами технічної експлуатації залізниць" дозволяється перемикання фідерів живлення до 1,3 с,

а в мережах живлення часто виникають провали напруги живлення, необхідно відповідно і контролювати стійкість технічних засобів при вищевказаних динамічних змінах напруги живлення.

Не зрозумілим є вимога стандарту ДСТУ EN 50121-4:2019 для українських залізниць щодо стійкості до магнітного поля частотою 16,7 Гц з жорсткими умовами (100 А/м), яку дійсно необхідно використовувати для деяких європейських країн, де є система електрифікації залізниць змінного струму 15 кВ 16 $\frac{2}{3}$  Гц.

У доповіді надаються особливості використання нових стандартів з електромагнітної сумісності, практичний досвід використання для доказу функційної безпечності, сертифікації пристроїв та систем, зокрема на прикладі мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів типу МПЦ-С.

#### Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 50121-4:2019 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 4. Емісія завад і несприйнятливість сигнальної та телекомунікаційної апаратури (EN 50121-4:2016, IDT). Чинний з 01.01.2021.

2. ДСТУ EN 50121-3-2:2019 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 3-2. Рухомий склад. Апаратура (EN 50121-3-2:2016, IDT). Чинний з 01.01.2021 р.

3. ДСТУ EN 50121-5:2019 Залізничний транспорт. Електромагнітна сумісність. Частина 5. Емісія завад і несприйнятливість стаціонарних установок електроживлення та апаратури (EN 50121-5:2017, IDT). Чинний з 01.01.2021 р.

*Кривуля Г.Ф., Токарєв В.В. Гарбузов Д.С.  
(ХНУРЕ)*

### ДІАГНОСТУВАННЯ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Для збирання діагностичних даних широко використовуються великомасштабні бездротові сенсорні мережі (БСМ). Застосування БСМ для моніторингу складних та великих об'єктів пов'язане з розташуванням великої кількості сенсорів (сотні, тисячі) вимірювальних сенсорів. Оскільки кожен

поточний вимір пов'язаний з розташуванням вузла датчика у просторі, процес локалізації (визначення координат) по відношенню до локальної (глобальної) системи координат для кожного вузла має бути виконаний з необхідною точністю. Також при цьому для зменшення розмірності задачі доцільно використовувати фрагментацію БСМ після процесу локалізації вузлів. Сенсорні вузли зазвичай випадково розгортаються мобільним роботом або літаком, тому вони не мають попередньої інформації про своє місцезнаходження. Для великорозмірного розгортання оснастити кожен сенсорний вузол пристроєм глобальної системи позиціонування (GPS) через високу вартість та енергоспоживання неможливо. Тому визначення положення сенсорних вузлів, яке називається локалізацією, є однією з ключових технологій БСМ. Таким чином, мета локалізації - знайти фізичні координати для всіх вузлів датчиків. Розглянемо множину датчиків, розподілених по площі. Нехай невелика частина з них - якірні пристрої, які знають своє положення. Вони можуть бути оснащені GPS або розміщені точно в певних місцях із запрограмованою в них інформацією про місцезнаходження. Завдання полягає в тому, щоб локалізувати інші датчики за допомогою цих якорів. При випадковому розгортанні локалізація вузлів без вихідних координат ускладнюється, але для вирішення завдання використовують спеціальні вузли, які можуть визначати розташування інших вузлів автоматично. Ці конкретні вузли називають маяковими чи якірними, вони оснащені системою GPS й використовуються практично всіма методами локалізації у глобальних координатах. Число якірних вузлів повинно бути таким, щоб забезпечити двійкову адресацію для всіх вузлів БСМ. Кількість таких якірних вузлів дорівнює числу Хеммінга в залежності від загального числа вузлів мережі. Наприклад, для тисячі сенсорів достатньо десяти якірних вузлів.

У роботі пропонується для зменшення обчислювальної складності задачі реалізувати фрагментацію БСМ на основі *діаграм Вороного* — це особливий вид розбиття метричного простору, що визначається відстанями до заданої дискретної множини ізольованих точок цього простору.

Використання процедури фрагментації БСМ дозволяє збільшити ефективність алгоритмів подальшого контролю роботи БСМ.

#### Список використаних джерел

1. L. Cheng, C. Wu, Y. Zhang et al., "A survey of localization in wireless sensor network," International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 8, no. 12, Article ID962523, 2012..