

**МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ УГРУПОВАННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗА ЇХ СТАНОМ**

*Уварова Т. В.<sup>1</sup>, к. т. н.; Степанов М. М.<sup>2</sup>, д. т. н., с. н. с.*

<sup>1</sup> НУОУ ім. Івана Черняхівського, м. Київ, Україна

<sup>2</sup> КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

Проблема електромагнітної сумісності (ЕМС) з'явилася при виникненні великої кількості радіоелектронних засобів (РЕЗ) різного призначення. Відтоді актуальність цього питання не знижується, а навпаки, з введенням нових стандартів 4G та 5G мобільного зв'язку тільки підвищується.

Систему ЕМС РЕЗ мобільного зв'язку можна синтезувати як керовану систему  $S(\bar{x})$  у двох можливих варіантах: керованої станом системи  $\bar{x}(t)$ ; керованої по спостереженню за системою  $\bar{y}(t) = h(\bar{x}(t), \bar{u}(t), t) + \bar{\xi}(t)$ .

Ця різниця принципова, бо призводить до різного виду алгоритмів і різної їх практичної реалізацією при вирішенні завдань ЕМС.

Функціональна математична модель динамічної системи ЕМС повинна бути теж динамічною і диференціальною:

$$d\bar{x}(t)/dt = f(\bar{x}(t), t) + b(\bar{x}(t), \bar{u}(t), t) + G(\bar{x}(t), \bar{n}(t), t), \quad (1)$$

де  $\bar{x}(t)$  —  $i$ -мірний вектор стану системи;  $f(\bar{x}(t), t)$  —  $[i \times i]$  вектор-функція стану системи, визначає її інерційні властивості та взаємозв'язки  $i$ -компонента;  $b(\bar{x}(t), \bar{u}(t), t)$  — вектор-функція управління системою;  $G(\bar{x}(t), \bar{n}(t), t)$  — масштабуюча функція-множник випадкових впливів у системі, що моделюється;  $\bar{n}(t)$  — гаусів білий шум (ГБШ), джерело випадкових впливів.

Мобільні елементи угруповання РЕЗ утворюють динамічну сукупність, моделлю стану якої, звичайно, може бути система диференціальних рівнянь, або в окремому випадку, без явного виділення параметра управління  $\bar{u}(t)$ :

$$d\bar{X}(t)/dt = F(\bar{X}_t, t) + G(\bar{X}_t, n_t, t); X(0) = X_0(t), \quad (2)$$

де  $\bar{X}(t)$  — вектор фазових координат або параметрів угруповання, в який можуть входити стани елементи системи мобільного зв'язку і значення параметрів всіх каналів, що беруть участь у взаємодії РЕЗ, приймачів і передавачів;  $F(\bar{X}_t, t)$  — вектор-функція стану, що визначає швидкість зміни параметрів  $\bar{X}(t)$ , їх взаємозв'язок у часі та просторі, а також інший характер цих взаємодій;  $G(\bar{X}_t, n_t, t)$  — вектор-функція, що визначає масштаб змін,

їх розмах і взаємозв'язок між компонентами за їх динамікою, в загальному випадку залежить як від стану  $X_i$ , так і від сукупності зовнішніх факторів  $\vec{n}(t)$ .

Стан системи (2) описує реакцію системи мобільного зв'язку (СМЗ) на ту чи іншу електромагнітну обстановку. Ця реакція в загальному випадку є нелінійною і її розмірність може бути як завгодно великою, залежно від того, наскільки необхідно враховувати ті чи інші РЕЗ, ті чи інші їх параметри або їх взаємозв'язок. Попри те, ці рівняння можуть носити як детермінований характер, так і випадковий, стохастичний [1, 2, 3], що також залежить від того, яке завдання доводиться вирішувати, і з якою метою проводиться моделювання (2).

Слід відмітити, що рівняння (1) або (2) в багатьох практичних випадках виявляються самодостатніми і є потужним моделюючим інструментом, який використовується як для задач математичного моделювання ЕМО і стану угруповання РЕЗ, так і для задач оцінювання самого стану.

Для керованих динамічних систем рівняння (2) доповнюється доданком  $B(\vec{X}_t, U(t), t)$ , що описує вплив управління  $\vec{U}(t)$  на стан системи  $\vec{X}(t)$  (3). Структурна схема модулю управління динамічної системи наведено на рис. 1.

$$d\vec{X}(t)/dt = F(\vec{X}_t, t) + B(\vec{X}_t, U(t), t) + G(\vec{X}_t, n_t, t). \quad (3)$$

Очевидно, задавши критерій функціонування  $J(\vec{X}, \vec{U}, t)$ , можна синтезувати таке управління  $\vec{U}_{opt}(t)$ , яке приведе фазові координати системи  $X(0)$  до того чи іншого бажаного виду. Для стохастичних систем у цьому випадку доречно скористатися результатами теореми про розподіл [2, 4], згідно з якою процедура розпадається на 2 незалежні напрями: оптимальне стохастичне оцінювання (наприклад, з використанням процедури Калмана-Бьюсі) і детерміноване управління. Для досить великого угруповання РЕЗ

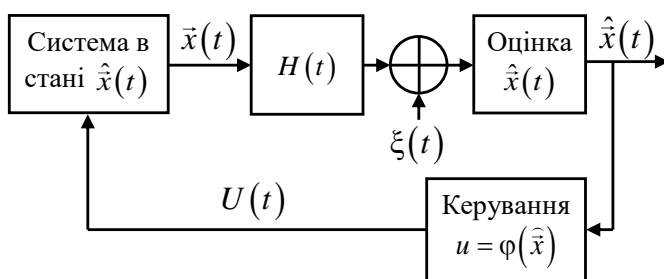


Рисунок 1. Структурна схема модулю управління динамічної системи

СМЗ вирішити завдання забезпечення ЕМС методами управління станом системи (4) надзвичайно складно, хоча таке рішення мало б максимальну ефективність.

Разом з тим, у неоптимізованій системі, якою є динамічне угруповання РЕЗ обов'язково має бути перед-

бачено заходи із забезпечення ЕМС. До них можна віднести, наприклад, перенесення сеансу на більш пізній час, тайм аут, переїзд АС в іншу точку

простору, де ЕМС більш сприятлива, тощо. В сучасних СМЗ, таких як GSM та інших вже передбачено низку заходів, спрямованих на поліпшення сигнально-перешкоджаючої обстановки на вході приймальних пристроїв АС. Очевидно, ці заходи можуть бути параметризовані й віднесені до безлічі параметрів стану  $\vec{X}_t \in \{X\}$ . Проте, враховуючи, що застосування цих заходів, як правило, не вимагає окремих каналів управління (просторово-часова обробка прийнятих сигналів та ін.), цю параметризацію можна проводити поза складом системних параметрів.

#### **Перелік посилань**

1. Банкет В. Л. Обзор систем подвижной спутниковой связи с ретрансляторами на негеостационарных орбитах / В.Л.Банкет // Информ. Курьер связь. — № 4. — 1997. С. 66 – 78.
2. Быховский М. А., Дудукин С. Н., Смирнов В. Н., Тихвинский В. О. Принципы, алгоритм и методика частотно-территориального планирования радиальных сетей транкинговой радиотелефонной связи в диапазоне 800 МГц // Мобильные системы. 1998. № 5. С. 33 – 40.
3. Степанов М. М. Математичні моделі для прийняття рішень в задачах електромагнітної сумісності засобів мобільного зв'язку // ДП ЦНДІ НіУ, м. Київ, збірник наукових праць “Системи управління, навігації та зв'язку”, Вип. 2 — 2011. — С. 61 – 65.
4. Jan Klima. Vienna agreement'99 harmonised calculation methods activities // EMC-2014 / International Wroclaw symposium on EMC. — Wroclaw (Poland), 2014, p. 728 – 732.

#### **Анотація**

Представлено модель управління параметрами електромагнітної сумісності угруповання радіоелектронних засобів системи мобільного зв'язку за їх станом, яка дає змогу вирішувати завдання з модернізації існуючих та розроблення нових сотових станцій мобільного зв'язку.

**Ключові слова:** параметри електромагнітної сумісності, радіоелектронні засоби, система мобільного зв'язку.

#### **Аннотация**

Представлена модель управления параметрами электромагнитной совместимости группировки радиоэлектронных средств системы мобильной связи по их состоянию, которая позволяет решать задачи по модернизации существующих и разработке новых сотовых станций мобильной связи.

**Ключевые слова:** параметры электромагнитной совместимости, радиоэлектронные средства, система мобильной связи.

#### **Abstract**

The model controlling of EMC parameters in a group of radio electronic means of a mobile communication system by state is presented. This model allows solving tasks on modernization of existing and development of new cell stations of mobile communications.

**Keywords:** the parameters of electromagnetic compatibility, electronic warfare, mobile communication system.