ПЕРЕВИПРОМІНЮВАННЯ ПОБІЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ ВИПАДКОВИМИ АНТЕНАМИ ДОПОМІЖНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ: МОДЕЛЬ «РАМКА – ДИПОЛЬ»

Кустов А.К., Заболотний В.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Серед технічних каналів витоку інформації (ТКВІ) на об'єктах електронно-обчислювальної техніки окреме місце посідають канали побічних електромагнітних випромінювань (ПЕМВ) основних технічних засобів (ОТЗ), які не потребують ні контакту з апаратурою, ні порушення контрольованої зони [1, 2]. Небезпечний сигнал може виноситися за межі контрольованої зони не самим ОТЗ, а провідниками допоміжних технічних засобів і систем (ДТЗС), що опинилися в зоні 1 ОТЗ і діють як випадкові антени (ВА) [3, 4]. У роботі [3] побудовано кількісну модель такого каналу для взаємодії «рамка – рамка» по магнітному полю.

Метою доповіді є побудова кількісної моделі ТКВІ для пари «рамка ОТЗ – диполь ДТЗС», у якій електрична складова поля рамкового джерела ОТЗ наводить небезпечний сигнал на розімкнений провідник ДТЗС, а той його перевипромінює.

В доповіді модель побудовано за принципом потенційно-можливих ТКВІ [3]: невизначені параметри (орієнтація ВА, поляризація, фазові співвідношення) приймаються найбільш несприятливими для сторони захисту, а прямий і перевипромінений сигнали вважаються такими, що складаються синфазно. Поле ОТЗ у місці розташування ДТЗС, віддаленого на відстань R_{ba}, обчислюється за точними виразами для поля рамки зі струмом [5], оскільки за реальних відстаней і частот ПЕМВ монітора ДТЗС потрапляє в перехідну область між ближньою і дальньою зонами. Тоді відношення радіуса зони 2 перевипромінення R_{2a} до радіуса власної зони 2 ОТЗ R_{2b} дорівнює

$$\frac{R_{2a}}{R_{2b}} = \frac{W l_{\text{еф}}^2 \sqrt{1 + (kR_{ba})^2}}{4\pi R_{ba}^2 Z_a}, \tag{1}$$

де $W \approx 377$ Ом – хвильовий опір вільного простору; k – хвильове число; $l_{\text{еф}}$ і Z_a – діюча довжина і повний опір ВА.

Вираз (1) не містить струму і площі рамки ОТЗ та норми захисту, тому для оцінки достатньо виміряного радіуса R_{2b}, відстані до ДТЗС і параметрів ВА. У ближній зоні ($kR_{ba} \ll 1$) радіусR_{2a} зростає пропорційно квадратам частоти і діючої довжини ВА та спадає обернено пропорційно квадрату відстані R_{ba}.

Оскільки в дальній зоні поля обох джерел спадають обернено пропорційно відстані, межа узагальненої зони 2 ОТЗ і ДТЗС у напрямку від ОТЗ до ДТЗС визначається коренем квадратного рівняння:

$$R_{2\Sigma} = \frac{R_{2b} + R_{2a} + R_{ba} + \sqrt{(R_{2b} + R_{2a} + R_{ba})^2 - 4R_{2b}R_{ba}}}{2}. \tag{2}$$

Для протилежного напрямку знаки перед R_{ba} змінюються, тож узагальнена зона 2 не є сферою [3]. За $R_{ba} \ll R_{2b}$, R_{2a} радіуси зон додаються лінійно.

Як числовий приклад розглянуто монітор у режимі 1920×1080 / 60 Гц і гармоніку ПЕМВ 148,5 МГц ($\lambda = 2{,}02$ м) за умовних струму 10 мА і площі 0,04 м² рамкового джерела, норми захисту 10 мВ/м та відстані $R_{ba} = 0{,}3$ м ($kR_{ba} = 0{,}93$); тоді $R_{2b} = 11{,}6$ м.

Для електрично короткої ВА ($l_a = 0{,}05$ м) повний опір $Z_a \approx 1{,}7$ кОм визначається ємнісною складовою, наведений струм становить 16,7 мкА, і приріст зони 2 не перевищує 0,1 %.

Для резонансної ВА ($l_a = \lambda/2 = 1{,}01$ м, $l_{еф} = \lambda/\pi$, $Z_a \approx 73$ Ом) радіус $R_{2a} = 30{,}0$ м перевищує власну зону 2 ОТЗ, а узагальнена зона 2 зростає в 3,6 раза – до 41,8 м і 41,4 м у двох протилежних напрямках.

Отже, визначальним чинником небезпеки перевипромінення є електрична довжина ВА: електрично короткі провідники ДТЗС зону 2 практично не розширюють, а резонансні (довжиною близько $\lambda/2$ на частоті гармоніки ПЕМВ) можуть збільшити її в кілька разів. Це дає змогу звузити перелік елементів ДТЗС, що підлягають перевірці під час спеціальних досліджень, а як заходи захисту рекомендувати збільшення відстані між ОТЗ і ДТЗС, руйнування резонансних властивостей провідників (секціонування, феритові поглиначі) та екранування.

Подальшим кроком є експериментальна перевірка моделі на реальних ПЕМВ монітора з пасивним резонансним диполем.

Список літератури

1. Іванченко С. О., Гавриленко О. В., Липський О. А., Шевцов А. С. Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів технічного захисту інформації : навч. посіб. Київ : ІСЗЗІ НТУУ «КПІ», 2016. 104 с.

2. Антіпов І. Є., Олейніков А. М., Ликов Ю. В., Кукуш В. Д., Милютченко І. О. Засоби та системи технічного захисту інформації : навч. посіб. 2-ге вид., перероб. і доп. Харків : ХНУРЕ, 2024. 311 с.

3. Заболотний В. І., Олейніков А. М., Заболотний Д. М., Кустов А. К. Технічний канал витоку інформації побічними електромагнітними перевипромінюваннями допоміжних технічних засобів і систем. Радіотехніка. 2024. № 218. С. 56–63. DOI: https://doi.org/10.30837/rt.2024.3.218.04

4. Заболотний В. І., Ткач О. О. Аналіз впливу під'єднання допоміжних технічних засобів на характеристики побічних електромагнітних випромінювань основних технічних засобів. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління : матеріали 12-ї міжнар. наук.-техн. конф. Баку – Харків – Жиліна, 2022. С. 144.

5. Шокало В. М., Правда В. І., Усін В. А., Вунтесмері В. С., Грецьких Д. В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 1 : підручник. Харків : ХНУРЕ, Колегіум, 2009. 286 с.