

*В.І. ЗАБОЛОТНИЙ, канд. техн. наук, А.М. ОЛЕЙНИКОВ, канд. техн. наук,
Д.М. ЗАБОЛОТНИЙ, А.К. КУСТОВ*

ТЕХНІЧНИЙ КАНАЛ ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ ПОБІЧНИМИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ ПЕРЕВИПРОМІНЮВАННЯМИ ДОПОМІЖНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СИСТЕМ

Вступ

Проектування та впровадження комплексу технічного захисту інформації (ТЗІ) на об'єкті електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ) потребує виявлення технічних каналів витоку інформації (ТКВІ), що підлягають захисту. При проведенні передпроектних робіт на об'єкті ЕОТ визначаються якісні моделі всіх ТКВІ, які пізніше, за потребою, досліджуються як кількісні. Зміст і параметри моделей ТКВІ залежать від: конкретного складу основних технічних засобів (ОТЗ), призначених для обробки інформації з обмеженим доступом (ІзОД); переліку допоміжних засобів і систем (ДТЗС), що знаходяться поряд з ОТЗ у виділеному приміщенні (ВП); архітектурно-будівельних особливостей споруди з об'єктом ЕОТ; контрольованої зони (КЗ), елементів місцевості, що оточує об'єкт ЕОТ, тощо.

Більшість типових якісних і кількісних моделей ТКВІ широко відомі [1, 2]. Існують також ТКВІ, які не часто зустрічаються у практиці діяльності фахівців з комплексів ТЗІ. Наприклад, канал побічних електромагнітних випромінювань (ПЕМВ) ДТЗС, що утворюється шляхом перехоплення приймачами засобів технічної розвідки (ТР) за межами КЗ небезпечних сигналів у вигляді побічних електромагнітних полів ОТЗ, які перевипромінюються ДТЗС [1]. В ряді випадків дослідження безпеки таких ТКВІ є актуальною задачею [3]. Її рішення може проводитися в ході інженерного аналізу ДТЗС або їх спеціального дослідження [1].

Особливістю різновиду ТКВІ, що розглядається в статті, є його початок формування в зоні 1 ОТЗ. Зона 1 – територія (сфера) навколо основних технічних засобів, в межах якої здійснюється наведення небезпечних сигналів на інші технічні засоби, системи та їх комунікації. Зона 1 характеризується радіусом R_1 , що визначає граничну відстань від ОТЗ до межі, за якою вважається неможливим наведення небезпечних сигналів на технічні засоби [1]. Даний випадок взаємного розташування ОТЗ, ДТЗС та засобу ТР не передбачає наявності гальванічного зв'язку між ДТЗС з засобом ТР. Засіб ТР реалізується як радіоприймальний пристрій, що сприймає перевипромінювання ДТЗС. Розташування засобу ТР при цьому – Зона 2.

Зона 2 – територія (сфера) навколо технічних засобів обробки інформації, за межами якої вважається неможливим перехоплення небезпечного сигналу з метою відтворення інформації [1]. Характеризується радіусом R_2 , що визначає найбільшу відстань від технічних засобів обробки інформації до межі, за якою напруженості електричного та магнітного полів небезпечного сигналу відносно шумових завад не перевищують нормованого значення. В Зоні 2 можливе перехоплення інформації, а за її межами – ні.

Стаття призначена для розробки підходів до методичного забезпечення процесу створення і застосування кількісної моделі ТКВІ, що утворюється шляхом перехоплення приймачами засобів ТР за межами КЗ небезпечних сигналів у вигляді побічних електромагнітних полів зони 1 ОТЗ, які перевипромінюються ДТЗС.

Якісна модель ТКВІ, що утворюється шляхом перехоплення приймачами засобів ТР за межами КЗ небезпечних сигналів у вигляді побічних електромагнітних полів ОТЗ, які перевипромінюються ДТЗС

В літературі ТКВІ, що досліджується в цій роботі, описаний як різновид каналів ПЕМВ, який утворюється шляхом перехоплення за межами КЗ приймачами засобів ТР небезпечних

сигналів у вигляді побічних електромагнітних полів ОТЗ, які перевипромінюються ДТЗС (рис. 1) [1]. Причому ці ДТЗС повинні знаходитися в зоні 1 ОТЗ.

ДТЗС, якщо вони знаходяться в зоні 1 ОТЗ, є випадковими антенами (ВА) і можуть призводити до витоку інформації небезпечними сигналами, наведеними на них ПЕМВ. На основі цієї якісної моделі ТКВІ розробляється кількісна модель, що дозволяє оцінювати рівень загроз витоку ІзОД.

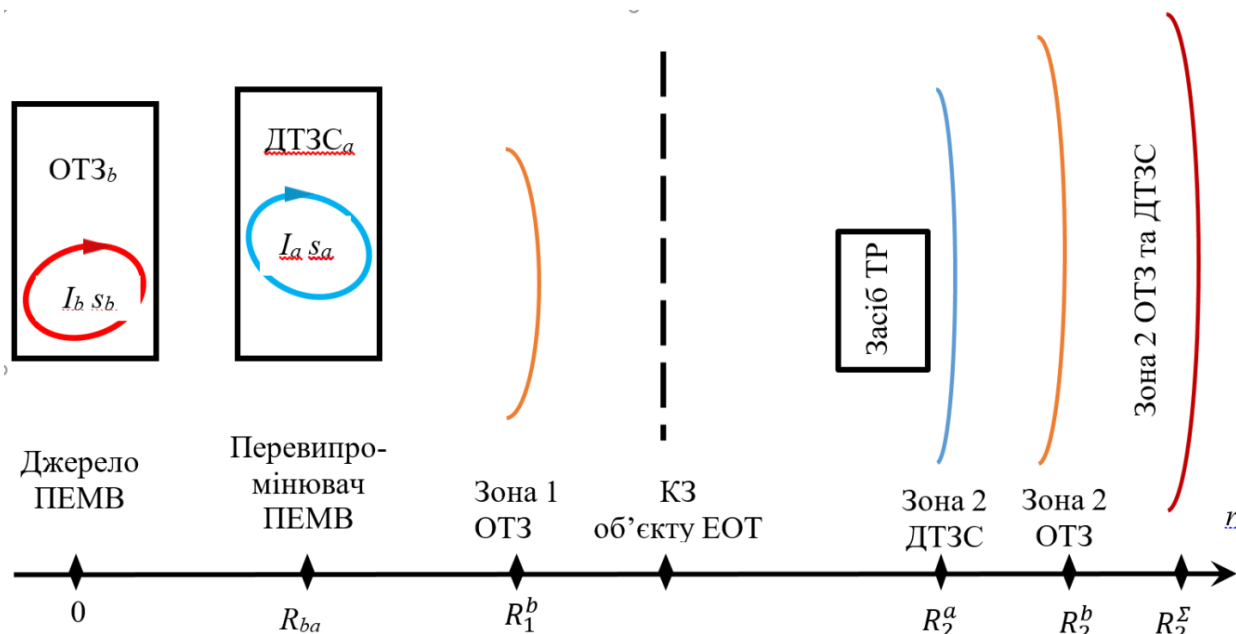


Рис. 1. Ситуаційна схема дослідження ТКВІ перевипромінювання

Кількісна модель ТКВІ, досліджувана в статті

Кількісна модель ТКВІ призначена для оцінки можливості витоку інформації, яку створює конкретна ситуація застосування ОТЗ та ДТЗС об'єкту ЕОТ. Математичний апарат моделі базується на теорії електромагнітного поля, випромінювання, розповсюдження і прийому радіосигналів. Крім того, в формуванні моделі ТКВІ використовуються прийняті в практиці ТЗІ визначення, підходи, теоретичні положення розповсюдження електромагнітних випромінювань, показники можливого витоку інформації тощо.

Показники основних параметрів можливого витоку інформації каналами ПЕМВ [4]:

E – напруженість електричного поля інформативного (небезпечного) сигналу;

H – напруженість магнітного поля інформативного (небезпечного) сигналу.

В ході проведення досліджень за відповідними методиками визначаються радіуси R_1 та R_2 , за межами яких показники менше гранично допустимих величини – норм захисту E_N та H_N .

Така кількісна модель ТКВІ складається з окремих моделей, застосування яких має певні загальні і окремі особливості.

Потенційні можливості ТКВІ

В практиці ТЗІ принципово недопустимо зменшувати оцінку можливості апаратури розвідки по одержанню інформації. Тому при виборі вихідних даних для розрахунків необхідно, по перше, визначати їх точно (при інструментальних вимірюваннях або теоретичних обґрунтуваннях). По друге, у випадках невизначеності брати для підстановки граничні значення, найбільш несприятливі для сторони захисту ІзОД. Такий підхід до вибору даних доцільно віднести до застосування принципу потенційно-можливих ТКВІ (далі – ПМТКВІ). Наприклад, через невизначеність поляризаційних характеристик ПЕМВ ОТЗ і антени технічного засобу їх радіорозвідки признати, що вони співпадають. Тоді поляризаційний коефіцієнт прийому в радіоканалі розвідки взяти максимально можливим ($\gamma = 1$). Такі припущення

будуть позначатися при застосуванні відміткою ПМТКВІ. Це дасть можливість акцентувати увагу на більш прискіпливе спостереження за поведінкою цих параметрів при експлуатації ОТЗ та ДТЗС, корегувати заходи захисту від витoku інформації, що передбачено оперативним вирішенням задач ТЗІ, викладених у ДСТУ 3396.1-96.

Модель джерела ТКВІ

Теорія електромагнітного поля розглядає декілька класичних моделей випромінювачів електромагнітних полів [5], але в реальних системах, які описують канал ПЕМВ, здебільшого зустрічаються лише деякі з них – рамка та диполь. Причому диполь, як джерело ПЕМВ ОТЗ, характерний для варіанту нештатної роботи апаратури (обрив інформаційного провідника) і для подальшого аналізу неактуальний на відміну від перевипромінювача ДТЗС рамки.

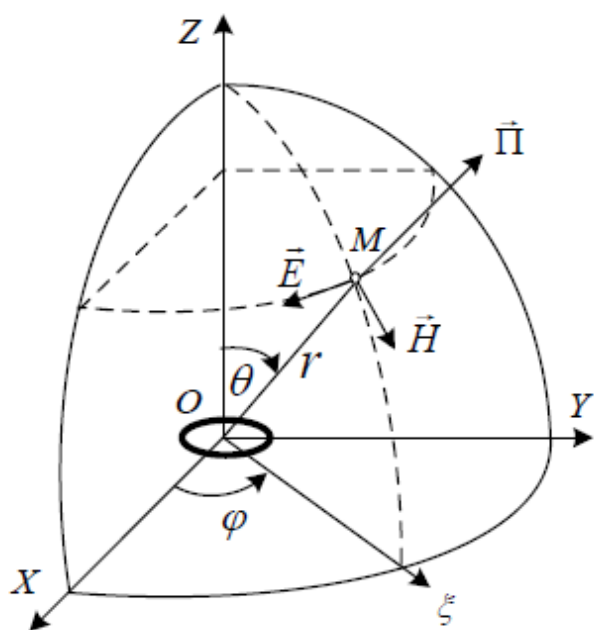


Рис. 2. Схема орієнтації складових поля випромінювання рамки зі струмом

мають нижні частоти гармонік ПЕМВ порядку 10 – 60 МГц (довжина хвилі $\lambda = 5 - 30$ м). При необхідності частоти гармонік дослідження можна кратно знижувати у n разів використанням тестового сигналу « n -пікселів чорних – n -пікселів білих». На практиці для найбільшої досліджуваної частоти $f=1$ ГГц загальна довжина провідників рамки не повинна перевищувати 15 см. Якщо рамка перевищує зазначені розміри, то розрахунки випромінювань необхідно виконувати по напівемпіричним формулам теорії антен. Цей варіант лежить за межами даного дослідження.

Модель розповсюдження ПЕМВ у зонах 1 та 2

Рішення рівнянь Максвелла [5] у комплексній формі для векторної складової поля показує зв'язок між амплітудою, частотою та фазою гармонійного струму в рамці з аналогічними параметрами складових електромагнітного поля в обраній точці простору. Ілюстрація наведена в полярній системі координат (рис. 2).

З метою наступного аналізу, спрощення й наочності одержання результатів варто систему рівнянь Максвелла записати у виді

Рамка (рис. 2) – модель реальної електричної схеми ОТЗ кола перетворення (підсилення) небезпечного сигналу, яка має певні фізичні розміри та орієнтацію у просторі. Навколо рамки за законами електродинаміки створюється електромагнітне поле [5].

Рішення рівнянь Максвелла для елементарного рамкового випромінювача відомі для гармонійного струму частоти ω й амплітуди струму I . При цьому повинна виконуватись умова квазістаціонарності – фаза гармонійного коливання в рамці скрізь однакова. Це еквівалентно співвідношенню: загальна довжина провідників рамки – не більше, принаймні, половини довжини хвилі λ коливання в рамці. У найбільш небезпечних ПЕМВ відеотракту ПЕОМ тестові сигнали виду «піксель чорний – піксель білий»

$$\begin{cases} E_\varphi = \omega^2 \frac{IsW}{4\pi r c^2} \left[1 - i \frac{1}{kr} \right], \\ H_r = i\omega \frac{Is}{2\pi r^2 c} \left[1 - i \frac{1}{kr} \right], \\ H_\theta = \frac{Is}{4\pi r^2 c} \left[1 + i \frac{1}{kr} - \frac{1}{(kr)^2} \right]. \end{cases} \quad (1)$$

де ω – кутова частота; W – хвильовий опір простору ($W=120\pi$); r – відстань до точки спостереження; ϑ – меридіональний кут на точку спостереження; s – площа рамки; c – швидкість світла; I – комплексна амплітуда струму в рамці.

При виведенні (1) використано співвідношення для хвильового числа $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$ та хвильового опору простору $W=\mu c$, де μ – магнітна стала простору.

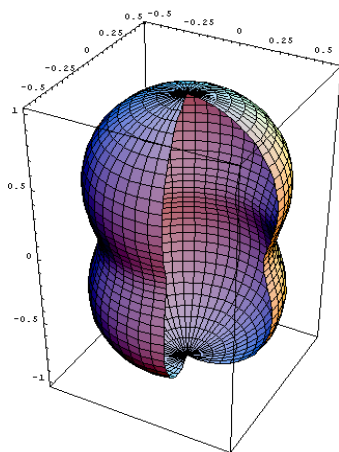
Крім того, на рис. 1 вектор H_r співпадає з напрямом вектору Пойнтінга P . Хвильовий множник $e^{i(\omega t - kr)}$ опущений. Оскільки φ азимутальний кут ніде не фігурує, це означає, що поле симетричне щодо осі OZ .

Після нескладних перетворень при $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$ можна одержати систему рівнянь для зони 1, з урахуванням об'єднання радіальної та тангенціальної складових магнітного поля:

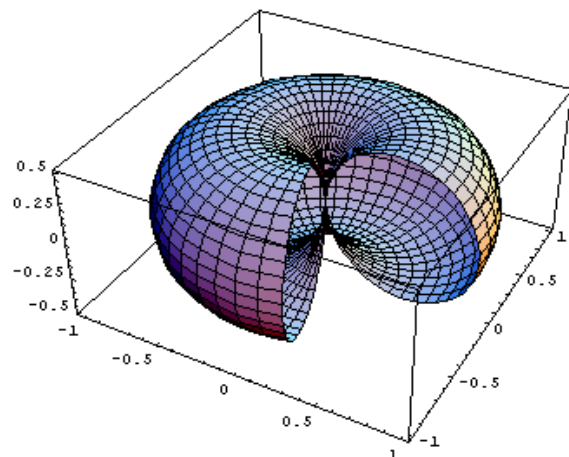
$$H \approx \frac{Is}{4\pi r^3 c} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta} \quad (2)$$

$$E \approx \frac{IsW}{4\pi r^2 c} \sin\theta \quad (3)$$

В рівняннях (2), (3) множник з кутом θ характеризує спрямованість ПЕМВ у просторі (рис. 3).



а – магнітна складова ПЕМВ



б – електрична складова ПЕМВ

Рис. 3. Діаграма спрямованості ПЕМВ у ближній зоні.
Положення рамки – горизонтальне, відповідає рис. 2

Область зони 2 відповідає дальній зоні рівнянь Максвелла ($kr \gg 1$).

Вираз для зони 2 можна одержати з (1) аналогічно визначенню складових поля ближньої зони.

Після спрощення виразів (1) за умовою ($kr \gg 1$) можна одержати:

$$H_\alpha \approx \frac{Is}{4\pi r c^2} \sin\theta. \quad (4)$$

У дальній зоні – зоні 2 ЕМП має дві синфазні складові – електричну E_α та магнітну H_θ , величини яких співвідносяться, як $E_\alpha = H_\theta * W$.

Модель випромінювача ОТЗ

Для обраного варіанту досліджень магнітного поля випромінювань ОТЗ¹ приймається рамка зі струмом I_b еквівалентною площею s_b . Частота, на якій проводиться інструментальна оцінка зон 1 та 2, – ω . Як правило, конкретні значення I_b та s_b безпосередньо не оцінюються. Радіуси ПЕМВ зон 1 та 2 (R_1 , R_2) визначаються аналітично за відповідними методиками після проведення інструментальних вимірювань. Зазначені величини R_1 і R_2 відповідної частоти ω фіксуються в проектній та експлуатаційній документації на об'єкт ЕОТ.

Модель перевипромінювання ПЕМВ

Як визначено в описі досліджуваного ТКВІ, в зоні 1 ПЕМВ ОТЗ знаходиться ДТЗС певної конструкції (являє собою сукупність електричних провідників власне ДТЗС, меблів, будівельних конструкцій, предметів інтер'єру, зовсім необов'язково електричних схем). Ці провідники можуть займати певний простір в конструкції ДТЗС. По формі провідники можуть бути замкненими у формі кільця еквівалентної площі s_a . Провідники у формі кільця реагують на магнітну складову ПЕМВ, в них створюється відповідний струм I_a . Оці два фактори s_a та I_a , в свою чергу, згідно з принципом двоїстості, формують магнітне поле перевипромінювання, яке за умовами, визначеними у задачі дослідження, слід оцінити для дальньої зони 2.

Розімкнені провідники довжиною l_a реагують на електричну складову поля E і у даній роботі не досліджуються за визначеними у Моделі джерела ТКВІ причинам. В перспективі на даний випадок теж можна буде звернути увагу.

Кількісну модель зазначеного перевипромінювача доцільно скласти на основі повітряного трансформатора (без осердя) [6], первинна обмотка якого складається з одного витка проводу електричної схеми ОТЗ. Площа витка s_b , струм небезпечного сигналу I_b . Частина силових ліній магнітного поля первинного витка створює поточозчеплення з вторинним витком. Це поточозчеплення називають взаємною індуктивністю первинного та вторинного витків.

Особливістю такого повітряного трансформатора є значне поле розсіювання, що обумовлено достатньо довільним взаємним розташуванням осей витків та певної відстані R_{ba} між ними. Розсіювання поля первинної обмотки приводить до зниження коефіцієнту зв'язку між витками, зменшення сили наведеного струму I_a . Визначення частини магнітного поля, що проходить крізь площу витка s_a , дозволяє визначити зону 2 ДТЗС (радіус R_2^a).

Магнітний потік зони R_1^b , як було зазначено вище, вважається полем індукції. В місці розташування випадкової антени на відстані R_{ba} . Виходячи з принципу ПМТКВІ, магнітне поле індукції вважається радіальним. При наявності даних щодо орієнтації вторинного витка береться до уваги кут ζ_{ba} між взаємним положенням відповідної лінії магнітного поля зони 1 і вісі зазначеного центру вторинного витка. В цьому випадку ефективна площа вторинного витка визначається як $S_a \cos \zeta_{ba}$. При відсутності інформації щодо орієнтації – застосовується принцип ПМТКВІ, тобто $\cos \zeta_{ba} = 1$.

Зазначене дає змогу оцінити частину потоку магнітного поля ПЕМВ, що передається з ОТЗ на ВА ДТЗС. Це поле далі буде використовуватися на перевипромінювання і формувати відстань зони 2 ДТЗС. Вираз для цієї оцінки:

$$K = S_a \cos \zeta_{ba} / 4\pi (R_{ba})^2. \quad (5)$$

З виразу (2) витікає, що поле магнітної індукції H в зоні 1 по інтенсивності змінюється за законом $1/r^3$. Прирівнюючи значення поля магнітної індукції H нормі H_N , можна записати межу зони 1 R_1^b . В подальшому доцільно використовувати формулу про значення поля магнітної індукції H ОТЗ ближньої зони 1 через зазначені вище параметри:

$$H = \frac{B_1 I_b s_b}{r^3}, \quad (6)$$

¹ Надалі в позначках величин будуть використовуватися індекси: для ОТЗ – b , а для ДТЗС – a .

де B_1 – параметр, який враховує усі константи у виразі (2) та умови впливу середовища, що оточує ОТЗ на розповсюдження ЕМП у ближній зоні.

Визначення значення параметра B_1 можна зробити по одержаним даним щодо розміру зони 1 R_1^b , на межі якої виконується норма безпечного поля з її показником H_N . Після нескладних перетворень можна скласти вираз через параметри R_1^b та H_N :

$$H = H_N \frac{(R_1^b)^3}{r^3}. \quad (7)$$

Таким чином, якщо ОТЗ створює магнітну складову ПЕМВ (7) в місці розташування рамки ВА ДТЗС площею s_a , то в ній буде індуктуватися струм I_a . Це і породжує поле перевипромінювання зони 2 радіус R_2^a , якої і потрібно оцінити.

Визначення параметрів джерела поля перевипромінювання

У рамці ВА ДТЗС під дією поля випромінювання ОТЗ наводиться е.р.с., величина якої складає, згідно з законом індукції Фарадея [7] в позначеннях даної статті:

$$\varepsilon = \mu H s_a \cos \zeta. \quad (8)$$

Доречно застосувати принцип ПМТКВІ і позбутися множника $\cos \zeta$, що не зменшує значення е.р.с. і спрощує запис для подальшого використання. Для визначення струму I_a , що діє в рамці, спочатку потрібно оцінити комплексне значення опору в ній, а потім одержати потрібний вираз:

$$I_a = \frac{\varepsilon}{\sqrt{(R_a + R_\Sigma)^2 + (X)^2}}, \quad (9)$$

де R_a – тут «омічний» опір матеріалу витка ВА рамки ДТЗС з урахуванням «скін ефекту» на частоті ω (розраховується по [8]); R_Σ – опір випромінювання ВА рамки ДТЗС на частоті ω (розраховується по [7]); X – індуктивний опір рамки ВА рамки ДТЗС на частоті ω . $X = \omega L_a$; L_a – індуктивність ВА рамки ДТЗС (розраховується по [8])

Як і раніше, до оцінки зазначених вище параметрів слід застосовувати принцип ПМТКВІ. При цьому слід брати до уваги, що знаменник (9) має параметри, значення яких достатньо складно точно оцінювати на реальних об'єктах ЕОТ при проведенні обстежень. Тому принцип ПМТКВІ, орієнтований на їх менше значення, може приводити до збільшення оцінки I_a , що, в свою чергу, приведе до деякого збільшення оцінки зони 2 ДТЗС. А це цілком вкладається в принципи застосування ПМТКВІ.

Узагальнена зона 2 ПЕМВ ОТЗ та ДТЗС

ПЕМВ в дальній зоні – зоні 2 складається з двох сигналів – прямого від випромінювача ОТЗ та того, що одночасно перевипромінюється ВА, сформованою конструкцією ДТЗС. Слід очікувати, що ці сигнали будуть складатися, від цього розмір зони 2 очікувано буде зростати. Оцінка збільшеного розміру зони 2 природньо являє собою важливу практичну задачу.

Визначити сумарну зону 2 ОТЗ та ДТЗС слід з урахуванням принципу ПМТКВІ. В його основу слід закласти синфазне, когерентне складання двох сигналів. Межу сумарної зони 2 визначити рівнем двох когерентно складених сигналів тоді, коли будуть мати загальний рівень H_N , який є нормою захисту по полю H . Позначення цьому – R_2^z .

Тут можливі два крайні випадки. По-перше, взаємне розташування ОТЗ, ДТЗС і точки оцінки складення сигналів на стороні ДТЗС (рис. 1) (позитивній напрям). По-друге, (від'ємний напрям) – точка оцінки складення сигналів, ОТЗ і ДТЗС при від'ємному значенню r (рис. 1).

Обидва сигнали монотонно зменшуються зворотньо-пропорційно відстані r від джерел. Для першого випадку це дає вираз

$$\frac{I_b s_b}{4\pi r c^2} + \frac{I_a s_a}{4\pi (r - R_{ba}) c^2} = H_N. \quad (10)$$

Можна спростити вираз (10) врахуванням визначення значень R_2 обох джерел на зразок формули (7), а саме:

$$H_N \frac{R_2^b}{r} + H_N \frac{R_2^a}{r - R^{ba}} = H_N \quad (11)$$

Даний вираз, після нескладних перетворень, приводить до рішення квадратного рівняння, що (після позбавлення від фізично неспроможного значення) має вигляд

$$R_2^{\Sigma+} = \frac{(R_2^b + R_2^a + R^{ba}) + \sqrt{(R_2^b + R_2^a + R^{ba})^2 - 4R_2^b R^{ba}}}{2} \quad (12)$$

Якщо оцінювати випадок розташування ДТЗС за ОТЗ, слід змінити знак у (12) перед R^{ba} на протилежний і тоді

$$R_2^{\Sigma-} = -\frac{(R_2^b + R_2^a - R^{ba}) + \sqrt{(R_2^b + R_2^a - R^{ba})^2 + 4R_2^b R^{ba}}}{2} \quad (13)$$

Тут знак мінус вказує на від'ємну координату на осі лінії розташування ДТЗС та ОТЗ.

Слід зауважити, що про форму зони 2 у вигляді сфери вже не йдеться. Але значення (12) та (13) обмежать форму фігури сумарної межі зони 2 у просторі.

Висновки

Проведені дослідження, що засновані на використанні відповідних розділів теорії електромагнітного поля, чинних організаційних документів в області ТЗІ, дозволили запропонувати обґрунтування для побудови окремих кількісних моделей ТКВІ, що описують процес можливого витоку інформації шляхом перевипромінювання ПЕМВ ОТЗ магнітного поля, розташованими в зоні індукції ДТЗС.

Запропоновано використовувати принцип потенційних можливостей ТКВІ при складанні моделей ТКВІ, що дозволяє гарантовано визначати найперші умови витоку інформації.

Одержані результати доцільно використовувати в ході проектування, впровадження і супроводу комплексів ТЗІ для розробки методик оцінки можливих ТКВІ.

Подальші дослідження

Доцільно дослідити кількісні моделі:

- витоку інформації за рахунок явища електричної індукції електричної складової поля ОТЗ на випадкову електричну антену ДТЗС;
- витоку інформації за рахунок перевипромінювання електричною антеною ДТЗС, створеною магнітною антеною ОТЗ складової електричного поля, і навпаки.

Список літератури:

1. Технічні канали витоку інформації. Порядок створення комплексів технічного захисту інформації : навч. посіб. / С.О. Іванченко, О.В. Гавриленко, О.А. Липський, А.С. Шевцов. Київ : ІСЗІ НТУУ «КПІ», 2016. 104 с.
2. Засоби та системи технічного захисту інформації / І.Є. Антіпов, А.М. Олейніков, Ю.В. Ликов, В.Д. Кукуш, І.О. Милотченко. Харків : ХНУРЕ, 2019. 216 с.
3. Заболотний В.І., Ткач О.О. Аналіз впливу під'єднання допоміжних технічних засобів на характеристики побічних електромагнітних випромінювань основних технічних засобів // Дванадцята міжнар. наук.-техн. конф. «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління», 27 – 28 квітня 2022 р. Баку – Харків – Жиліна, с. 144.
4. Тимчасові рекомендації з технічного захисту інформації від витоку каналами побічних електромагнітних випромінювань та наводок ТР ТЗІ – ПЕМВН-95.
5. Шокало В.М., Правда В.І., Усін В.А., Вунтесмері В.С., Грецьких Д.В. Електродинаміка та поширення радіохвиль. Ч. 1 ; за заг. ред. В.М. Шокало та В.І. Правди : підручник для студентів ВНЗ. Харків : ХНУРЕ ; Колегіум, 2009. 286 с.
6. Теорія електричних і магнітних кіл : підручник / С. В. Панченко, О. М. Ананьєва, М. М. Бабаєв та ін. ; 2-ге вид., випр. та допов. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 246 с.

7. Драбкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г. Антенно-фидерные устройства ; изд. 2-е доп и перераб. Москва : Сов. радио, 1974. 536 с.

8 Немцов М.И., Шамаев Ю.М. Справочник по расчету параметров катушек индуктивности. Москва : Энергоиздат, 1981. 136 с.

Надійшла до редколегії 10.09.2024

Відомості про авторів:

Заболотний Володимир Ілліч – кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри безпеки інформаційних технологій, Україна; email: volodymyr.zabolotnyi@nure.ua , ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3258-8489>

Олейніков Анатолій Миколайович – кандидат технічних наук, професор, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри комп'ютерної радіоінженерії та систем технічного захисту інформації, Україна; email: anatoly.oleynikov@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4458-8833>

Заболотний Дмитро Миколайович – АТ «ІТ», начальник відділу комплексів ТЗІ, Україна; email: dmytro.zabolotnyi@nure.ua , ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5891-4426>

Кустов Андрій Костянтинович – Харківський національний університет радіоелектроніки, аспірант кафедри безпеки інформаційних технологій, Україна; email: andrii.kustov@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2919-0768>