

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДЕОІМПУЛЬСУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ПОБІЧНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

Вступ

В умовах бурхливого розвитку засобів обробки і передачі інформації, глобальної інформатизації суспільства невинно зростають і можливості засобів технічної розвідки. Враховуючи це, актуальним питанням на сьогодні залишається необхідність вирішення проблем захисту інформації. Однією із основних загроз безпеці інформації, що оброблюється технічними засобами, являється витік інформації технічними каналами, під яким розуміється неконтрольоване розповсюдження інформаційного сигналу від його джерела через середовище розповсюдження до засобу розвідки. Під час обробки інформації персональною електронно-обчислювальною машиною (ПЕОМ) технічні канали витоку інформації (ТКВІ) утворюються за рахунок побічних електромагнітних випромінювань (ПЕМВ), а також внаслідок наведень інформаційних сигналів на лінії електроживлення ПЕОМ, з'єднувальні лінії допоміжних технічних засобів і систем, кола заземлення і сторонні провідники.

Найбільш небезпечним, з точки зору витоку інформації, режимом роботи ПЕОМ є режим відтворення зображення на екрані монітору. Це обумовлено принципами роботи відеоадаптера, що складається зі спеціалізованих схем для генерування електричних сигналів управління апаратною частиною відтворення зображення. Основним елементом, в якому формується потужний сигнал, що створює ПЕМВ, є електрична схема, еквівалентом якої являється рамка зі струмом. Фізичні процеси та явища, що в ній протікають, можуть бути описані відповідними рівняннями Максвелла.

Особливий інтерес для оцінки дальності розвідки становить саме дальня зона, оскільки відстань, на яку поширюються електромагнітні коливання, може сягати десятків метрів, і саме в межах дальньої зони може знаходитися потенційний розвідувальний пристрій. Тому для розробки ефективних засобів захисту інформації від витоку каналами ПЕМВ вкрай важливо кількісно оцінити рівні випромінювань небезпечних сигналів. Відповідно до ТР ЕОТ – 95 [1] до узагальнених показників ТЗІ відносяться:

- відношення пікової напруги сигналу інформації з обмеженим доступом (ІзОД) до середньоквадратичної напруги шуму (для дискретних сигналів);
- відношення «інформаційний сигнал / шум»;
- відношення напруги небезпечного сигналу до напруги шумів (перешкод) у діапазоні частот інформативного сигналу.

Посилаючись на ТР ЕОТ – 95, до показників витоку ІзОД за рахунок ПЕМВ можна віднести абсолютні значення (на межі контрольованої зони):

E – напруженість електричного поля;

H – напруженість магнітного поля.

Якщо показник перевищує норми ефективності захисту інформації, то витік інформації можливий, якщо ні – інформація захищена. Перелічені показники можуть розраховуватись аналітично за формулами, визначатись експериментально за допомогою вимірювальної апаратури або експериментально-аналітичним шляхом із застосуванням апаратури контролю. Представляють інтерес розрахунки показників аналітичним шляхом. Такий підхід дозволяє уникнути обов'язковості вмикання ОТЗ для оцінки ТКВІ, що робить можливим розвідування ПЕМВ ще до його експлуатації. Крім того, вирішується можливість оцінки доступності ОТЗ ще до їх виготовлення.

Відомі два підходи до оцінки показників рівня ПЕМВ на ОІД: детермінований та імовірнісний [2]. До детермінованих методів відносяться методи оцінок, в яких залежність між

окремими факторами, які впливають на дальність розвідки, суворо задана максимальноможливими величинами. Тому оцінки призводять до однозначних результатів, які завжди суттєво перевищують реальні значення.

Суть імовірнісних методів впливає із самої назви. У теорії імовірностей імовірність – це кількісна міра, ступінь можливості появи деякої події. Даний метод, таким чином, дозволяє припустити істинність висновків і можливість існування ознак або їх відношень. Необхідність імовірнісних методів обумовлена тим, що в наукових дослідженнях доводиться мати справу з великим числом фактів, отриманих в результаті спостережень, або з великою кількістю об'єктів дослідження. Одне з основних завдань імовірнісних методів полягає у виявленні закономірностей на основі вивчення великого числа фактів, об'єктів або випадкових фактів. Незважаючи на те, що імовірнісні методи не дають однозначних відповідей, вони допомагають розрахувати ступінь достовірності та є єдино можливими при дослідженні масових явищ. Вони дозволяють встановити хоча і не суворо, і не жорстку, але стійку, повторювану закономірність, що виявляється в масі спостережень.

Оскільки не завжди існує можливість визначити величину напруженості електричного поля E або її значення неточне, єдиним правильним підходом для оцінки показників ТЗІ є імовірнісний. Його суть полягає у представленні шуканих величин у вигляді діапазону значень, які задовольняють певним вимогам. Тобто у випадку можливості ведення розвідки за допомогою даного методу можна визначити оцінку імовірності захисту об'єкта (рис. 1, де P_p – імовірність розвідки; P_z – імовірність захисту; $\omega(E)$ – густина розподілу імовірності напруженості електричного поля на межі контрольованої зони; E_n – норма захисту по напруженості електричного поля; E – рівень напруженості електричного поля на межі контрольованої зони; E_{Ad} – значення напруженості електричного поля при найбільш сприятливих умовах ведення розвідки).

Для цього необхідно визначити рівень випромінювання сигналу, тобто амплітуду напруженості електричного поля E на межі контрольованої зони (ось абсцис). Якщо дослідження проводяться аналітичним шляхом, з використанням детермінованого методу, враховуються максимально сприятливі умови для ведення розвідки і розраховується найбільш критичне значення напруженості електричного поля E_{Ad} . На осі абсцис також позначений допустимий рівень напруженості електричного поля E_n . Використовуючи метод статистичних випробувань Монте-Карло, генерують значення напруженості електричного поля у вигляді розподілу випадкової величини $\omega(E)$.

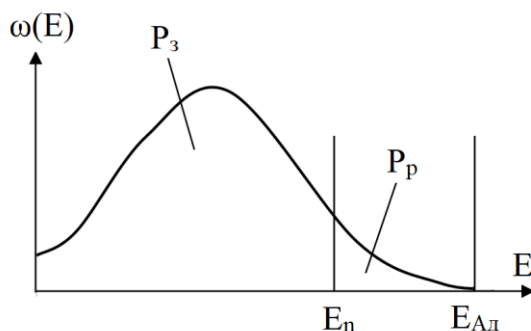


Рис. 1

Отже, імовірність захисту P_z (1) визначається площею фігури під кривою в межах від 0 до E_n (рис. 1), а імовірність розвідки P_p (2) – від E_n до E_{Ad} відповідно:

$$P_3(E) = \int_0^{E_n} \omega(E) dE, \quad (1)$$

$$P_p(E) = \int_{E_n}^{E_{A_d}} \omega(E) dE. \quad (2)$$

Аналітично визначити вираз для $\omega(E)$ зазвичай не представляється можливим через складності виразів розподілів вихідних величин. Тому для розрахунків доцільно використовувати метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло).

Метод Монте-Карло дає можливість вирішувати імовірнісні проблеми статистичними методами. Теорія цього методу вказує, як доцільно вибрати випадкові величини для розрахунків, як оцінювати одержані результати. Метод ґрунтується на багатократних прогонах (випадкових реалізаціях) на підставі побудованої моделі з подальшим статистичним опрацюванням отриманих даних з метою визначення числових характеристик досліджуваного об'єкта (процесу) у вигляді статистичних оцінок його параметрів.

Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло дозволяє побудувати математичну модель з невизначеними параметрами, і, знаючи їх імовірнісні розподіли, а також зв'язок між змінами параметрів (кореляцію), отримати розподіл досліджуваної функції. Імовірнісний розподіл регулює імовірність вибору значень із певного інтервалу. В рамках моделі імовірнісного аналізу ризиків проводять велику кількість ітерацій, що надають можливість встановити, як поводить ся результативний показник (у яких межах коливається, як розподілений) у разі підстановки в модель різних значень змінної відповідно до заданого розподілу.

Рішення задачі методом Монте-Карло

В практиці ТЗІ прийнято досліджувати ПЕМВ, використовуючи тестові сигнали. В якості тестових сигналів зазвичай обирають послідовність регулярних сигналів «піксель чорний – піксель білий» – тобто сигнал типу «меандр» (рис. 2).

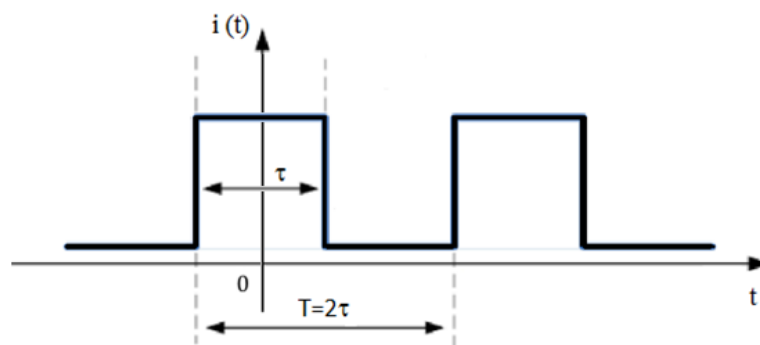


Рис. 2

Основними параметрами тестового сигналу являються: амплітуда імпульсу – A , довжина імпульсу – τ за рівнем половини амплітуди (рис. 2).

В результаті попередніх досліджень [2] встановлено, що в дальній зоні, на вході антени розвідприймача, форма розвіданого сигналу ПЕМВ визначається формою другої похідної від форми вихідного струму в колі електричної схеми випромінювача відеосигналу у вигляді рамки зі струмом (рис. 3). Окрім цього, характерною особливістю сигналів, які циркулюють в реальних електричних схемах ЗОТ, являється наявність таких параметрів: δ – довжина плавного переходу сигналу між лінійними частинами (між стаціонарним значенням і лінійною змінною, і навпаки); Δ – довжина апроксимації лінійної складової фронту імпульсу (зростання/спад сигналу від 0 до A), які і визначають форму сигналу (рис. 3). Також існує незначна відмінність між плавними переходами нижньої і верхньої частини імпульсів.

Відмінність обумовлена механізмом їх формування, а саме режимом відсічки або режимом насичення, які характерні для роботи транзистора в імпульсних схемах. Спектральна функція такого сигналу може бути представлена виразом

$$S(E) = \left| A \omega^2 \frac{s}{4\pi r c^2} \sin\left(\frac{\omega \delta}{2}\right) \frac{2\pi/\delta}{(2\pi/\delta)^2 - \omega^2} \sin(\omega \Delta / 2) \sin(\omega \tau / 2) \right|, \quad (3)$$

де A – амплітуда відео імпульсу; s – площа еквівалентної рамки випромінювача поля сигналу; r – відстань до точки оцінки рівня поля ПЕМВ; c – швидкість розповсюдження електромагнітного поля.

Крім того, в формулу розрахунку входять параметри впливу поляризаційних характеристик поля (не означені в (3)).

Аналізуючи вираз (3), можна зробити висновок, що наявність згаданих параметрів Δ та δ призводить до зменшення рівня випромінювання сигналу на високих частотах [2]. Це дозволяє мінімізувати рівень ПЕМВ, тим самим забезпечити необхідний рівень захисту інформації. У свою чергу, актуальним питанням залишається знаходження методу впливу на значення величин Δ та δ при формуванні сигналу в електричній схемі.

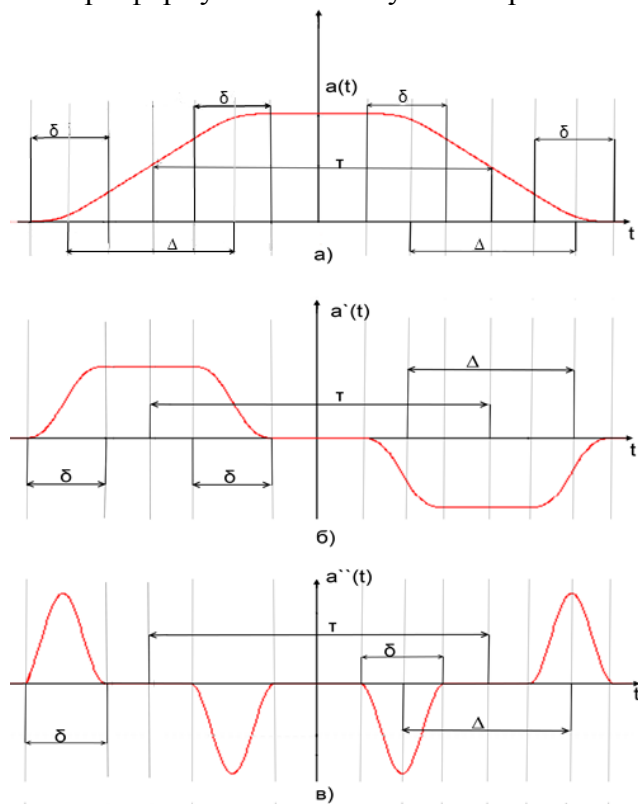


Рис. 3

Для цього, в першу чергу, необхідно змоделювати вибірку значень Δ та δ методом Монте-Карло у заданих межах. Розподіл величин при моделюванні береться рівномірний, чим забезпечується їх найбільша невизначеність. Враховуються певні обмеження, пов'язані з фізичними процесами, які протікають в ЗОТ:

$$0 \leq \delta \leq \Delta \leq \tau. \quad (4)$$

Крім очевидних нерівностей (4) слід забезпечити виконання і нерівності (5):

$$\delta \leq \tau - \Delta, \quad (5)$$

яка відкидає таке спотворення змодельованих відеоімпульсів, що зменшують їх амплітуду.

Генерація випадкових значень Δ та δ проводиться за формулами (6) та перевіряється на відповідність обмежень (4) та (5):

$$\begin{cases} \Delta = \Delta_{\min} + \xi_1(\Delta_{\max} - \Delta_{\min}), \\ \delta = \delta_{\min} + \xi_2(\delta_{\max} - \delta_{\min}), \end{cases} \quad (6)$$

де Δ_{\min} – значення довжини апроксимації лінійної складової фронту імпульсу, визначається характеристиками напівпровідникових компонентів електронних схем відеотракту; δ_{\min} – мінімальне значення довжини плавних переходів в імпульсі, визначається паразитними реактивностями компонентів електронних схем відеотракту; ξ_1, ξ_2 – значення відповідних випадкових величин в межах 0 – 1.

На підставі зазначеного та (4) значення Δ та δ мають лежати в виділеній області (рис. 4).

Висновки

Одержаний підхід до генерації значень Δ та δ дозволить обґрунтовано формувати реалізації випадкових параметрів сигналі відеотракту для коректного використання їх в оцінці рівнів ПЕМВ методом Монте-Карло.

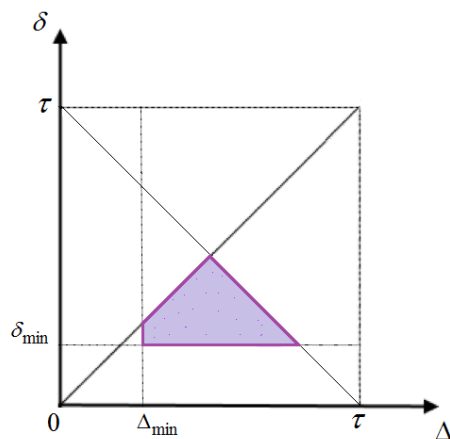


Рис. 4

Список літератури:

1. Тимчасові рекомендації з технічного захисту інформації у засобах обчислювальної техніки, автоматизованих системах і мережах від витоків каналами побічних електромагнітних випромінювань і наводок. (ТР ЕОТ-95)
2. Заболотний В.І. Забезпечення достовірності оцінки далькості виявлення випромінювань технічних засобів передачі інформації / В.І. Заболотний, О.Г. Лебедев, О.П. Метелев // Радиотехника. 2002. Вып. 126. С. 222-226.
3. Заболотний В.І. Дослідження змін форми сигналу у каналі побічних електромагнітних випромінювань монітору / В.І. Заболотний, Є.В. Герасименко, В.І. Перепада // Радиотехника. 2014. Вып. 176. С. 116-121.

Харківський національний
університет радіоелектроніки

Надійшла до редколегії 19.03.2018