

The article is devoted to the problem of implementation of digital watermarks into groups of similar coefficients of the frequency of the image, which allowed us to obtain a method which has been shown a high robustness in problems of the introduction of digital watermarking and the possibility of applying it to problems of steganography.

Keywords: digital watermarking, steganography, data hiding, digital sign, image protection, forgery protection, the frequency domain conversion, JPEG.

Поступила 21.06.2010

УДК 62-768:537.531

к.т.н., доцент Яремчук Ю.Є., Притула М.О., Головатюк О.В.
(Вінницький національний технічний університет)

ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНАЦІЇ РАДІОНЕПРОЗОРИХ ТКАНИН Н1-Н2-Н3 З РОЗТАШУВАННЯМ ВОЛОКОН ГОРИЗОНТАЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНО-ГОРИЗОНТАЛЬНО

Вступ

Телекомунікаційні системи (ТКС) є однією із основних складових сучасного інформаційного суспільства. Інформаційно-телекомунікаційні технології є одним з найбільш важливих чинників у формуванні суспільства ХХІ століття. В розвитку мікроелектроніки електронні пристрої і ТКС стали виконувати все більш складні функції при одночасному збільшенні швидкості обробки інформації. Електронні системи, побудовані на їх основі, знаходять застосування у всіх сферах діяльності людини, відіграючи життєво важливі ролі в медицині, фінансах, виробництві та національній безпеці. Особливе значення мають питання інформаційної безпеки. Оборонні відомості та інша важлива інформація мають високу класифікацію секретності і повинні бути захищені від несанкціонованого перехоплення або навмисних деструктивних електромагнітних впливів. Основними елементами захисту устаткування в цьому випадку є зонування і екранування, яке виконується в спеціальних технічних будівлях (СТБ) і виділених приміщеннях. При їх створенні виконання екранів є одним з основних заходів по захисту обладнання в цілях інформаційної безпеки [1].

Принципи створення електромагнітних екранів для будівель і приміщень відомі більше 50 років. Модульні приміщення, засновані на цих принципах, були комерційно доступні протягом приблизно 40 років. Проте за останні 20 років виникло багато застосувань, де традиційні рішення у вигляді прямокутного об'єму з подвійними стінками не є достатніми. За останні десятиліття вимоги до забезпечення відповідної електромагнітної ізоляції стають невід'ємною частиною проектів і конструкцій СТБ. Це пояснюється новітніми досягненнями в області генерації та вивчення надпотужних широкосмугових електромагнітних полів, підвищенням вимог до захищеності важливої інформації [2].

Одним із сучасних напрямків реалізації екранів є використання радіонепрозорих матеріалів [1,3].

Захист, заснований на принципі радіопоглинання, застосовується при створенні аналогів вільного простору при антенних навантаженнях; при неможливості застосування якихось інших захисних матеріалів внаслідок можливого порушення технологічного процесу та ін. Використовувані радіопоглинаючі матеріали повинні відповідати таким вимогам: максимальне поглинання електромагнітних хвиль в широкому частотному діапазоні, мінімальне віддзеркалення, відсутність шкідливих випаровувань, пожегобезпечність, невеликі габарити і маса.

За максимальним поглинанням і мінімальним віддзеркаленням кращими властивостями володіють матеріали з комірчастою структурою, пірамідальною або шиповидною поверхнею [3]. Прикладами сучасних радіопоглинаючих матеріалів є «Камыш», «Лебеда», «Лотос»,

«Мох» [4]. Радіопоглинаючі матеріали розділяються на матеріали інтерференційного типу, де затухання електромагнітних хвиль відбувається за рахунок інтерференції, і матеріали, в яких електромагнітна енергія перетворюється на теплову за рахунок наведення розсіяних струмів, магнітогістерезисних або високочастотних діелектричних втрат. За електричними і магнітними властивостями розрізняють діелектричні і магнітодіелектричні матеріали, за робочим діапазоном частот поглинання - вузько- і широкодіапазонні. Із сторони, що не підлягає опромінюванню, радіопоглинаючі матеріали покриваються радіовідбиваючими матеріалами, внаслідок чого характеристики всієї радіоекрануючої конструкції покращуються. Але недоліком радіопоглинаючих матеріалів є те, що вони мають великі габаритні розміри [3]. Цей недолік відсутній в екрануючих тканинах, які застосовуються для вирішення проблем захисту від витоку інформації за рахунок електромагнітних випромінювань або від зовнішнього впливу електромагнітних випромінювань, що призводить до порушення цілісності інформації на об'єкті та проблеми електромагнітної безпеки [1,3].

Відомі російські аналоги радіонепрозорих тканин, зокрема поліефірні тканини типу ПП-НЗ «Метакрон» з нікелевим покриттям, плівка поліетилентерефталатна металізована емальована «ПЕТ-М», радіоекрануючі тканини «РІКМА», УТТ, ТТН [4]. Не зважаючи на достатньо прийнятні властивості екранів, слід відзначити певні недоліки, які виникають в екрануючих конструкціях [5], зокрема створення додаткових каналів витоку інформації.

На даний момент в Україні створені перші радіонепрозорі тканини вітчизняного виробництва Н1, Н2, Н3. Аналіз результатів досліджень даних тканин говорить про необхідність дослідження різних комбінацій з даних тканин [6], зокрема комбінації Н1-Н2-Н3 з розташуванням волокон горизонтально-вертикально-горизонтально (Г-В-Г).

Постановка задачі

Провести дослідження технічних характеристик комбінації радіонепрозорих тканин Н1-Н2-Н3 з розташуванням волокон горизонтально-вертикально-горизонтально. Визначити коефіцієнт екранування напруженості електричного поля як відношення напруженості поля в точці вимірювання без використання тканин до напруженості поля з використанням тканин.

Аналіз впливу зовнішнього електромагнітного поля

Швидкодія сучасних технічних засобів (ТЗ) постійно зростає, що зумовлюється збільшенням робочих частот їх окремих вузлів. Це призводить до зменшення заводозахисності засобів від впливу зовнішнього електромагнітного поля. Тому при проектуванні ТКС підвищеної швидкодії істотно зростає значущість питань забезпечення заводозахисної і системної електромагнітної сумісності [1,2].

Розрахунок струмів і напруг, які наведені на провідний об'єкт, здійснюється з використанням інтегрального рівняння електричного поля (ІРЕП) в частотному представленні. При цьому спочатку розраховуються струми на частотах, а часова форма імпульсів струму знаходиться зворотнім перетворенням Фур'є для згортки частотного представлення струмів із спектром впливаючого імпульсу поля.

Представимо повне електричне поле у вигляді суми падаючого \vec{E}^i (поля без об'єкту) і розсіяного \vec{E}^s (обумовленого струмами і зарядами, які наводяться падаючим полем на поверхності об'єкту) полів [8]:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}(\vec{r}) \cdot \exp(j\omega t) = \vec{E}^i + \vec{E}^s,$$

де \vec{r} - радіус-вектор точки простору;

ω - частота падаючого поля.

Розсіюване поле виражається через струми $\vec{J}(\vec{r})$ і заряди $\sigma(\vec{r})$ на поверхні провідника S через векторний магнітний потенціал $\vec{A}(\vec{r})$ і скалярний електричний потенціал $\Phi(\vec{r})$ наступним чином (проспускаючи залежність від часу) [8]:

$$\vec{E}^s(\vec{r}) = -j\omega\vec{A}(\vec{r}) - \nabla\Phi(\vec{r}),$$

де

$$\vec{A}(\vec{r}) = \frac{\mu}{4\pi_s} \int \vec{J}(\vec{r}') \frac{\exp(-jkR)}{R} dS';$$

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_s} \int \sigma(\vec{r}') \frac{\exp(-jkR)}{R} dS' = -\frac{1}{4\pi j\omega\epsilon_s} \int \nabla_s \cdot \vec{J}(\vec{r}') \frac{\exp(-jkR)}{R} dS',$$

де $k=2\pi/\lambda$ – хвильове число;

$R = |\vec{r} - \vec{r}'|$ – відстань між довільно розміщеною точкою спостереження \vec{r} і точкою джерела \vec{r}' на поверхні провідника S ;

μ, ϵ – параметри оточуючого середовища;

$\nabla_s \cdot \vec{J}$ – поверхнева дивергенція ротора \vec{J} .

Після перетворень отримуємо інтегральне рівняння електричного поля:

$$(j\omega\vec{A}(\vec{r}) + \nabla\Phi(\vec{r}))_{\tan} = \vec{E}_{\tan}^i - Z_s \vec{J}(\vec{r}),$$

де $\vec{E}_{\tan}^i(\vec{r})$ – дотична до S - складова падаючого електричного поля.

Для ідеально провідних об'єктів ІРЕП має простіший вигляд [7,8]:

$$(j\omega\vec{A}(\vec{r}) + \nabla\Phi(\vec{r}))_{\tan} = \vec{E}_{\tan}^i.$$

Введення поверхневого повного опору дозволяє при вирішенні задач розсіювання або випромінювання моделювати елементи активного і реактивного опору.

Для тонких протягнутих провідників ІРЕП розв'язується методом моментів. При цьому досліджувана лінія моделюється ділянками дроту круглого перетину, і робляться наступні наближення:

- струм протікає тільки у напрямку осі дроту;
- щільність струму і заряду апроксимується нитками струму \vec{I} і заряду \square на осі дроту;
- гранична умова Леонтовича застосовується тільки до аксіальної компоненти поля на поверхні дроту.

Схематично розрахунок струму, який наведений на об'єкт імпульсним електромагнітним полем, може бути представлено так як показано на рис. 1.

З метою чисельного рішення рівняння геометрія об'єкту апроксимується прямолінійними дротяними відрізками. Кожному місцю з'єднання двох дротяних відрізків (неграничному вузлу) поставлена у відповідність базисна функція, яка відмінна від нуля лише на відповідній парі відрізків, де вона має вигляд [3]:

$$\vec{f}_n(\vec{r}) = \frac{\pm(\vec{r}_n^\pm - \vec{r})}{l_n^\pm},$$

де n – номер вузла;

знаки «-» і «+» в якості індексів приписані першому (W_n^-) і другому (W_n^+) відрізку в парі, відповідно;

l_n^\pm – довжина проволоченого відрізка W_n^\pm ;

\vec{r}_n^\pm – радіус-вектор другого (відмінного від n -го вузла) кінця проволочного відрізка W_n^\pm .

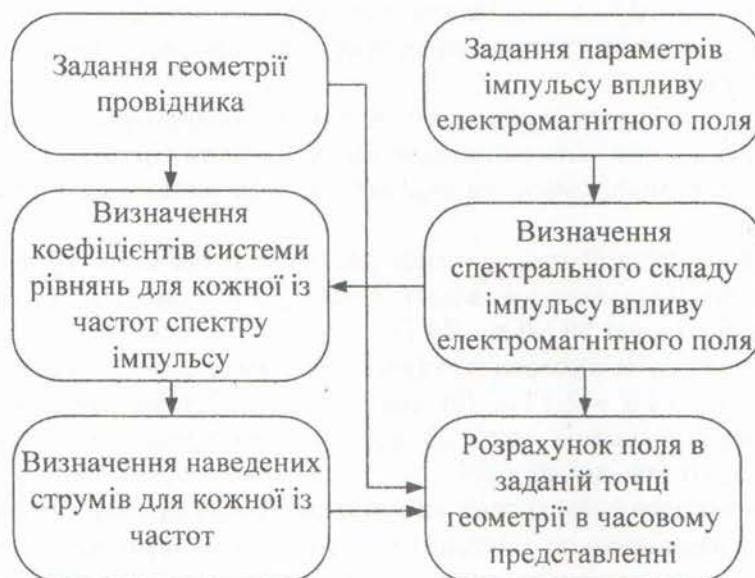


Рис 1. Схема розрахунку струму, який наведений на об'єкт імпульсним електромагнітним полем

Ефективність впливу надширокосмугових електромагнітних імпульсів в значній мірі визначається їх широкосмуговістю, яка забезпечує вплив електромагнітного випромінювання на різні елементи електронної апаратури.

Вплив надширокосмугових електромагнітних імпульсів на об'єкт може бути описаний за допомогою передатної функції [7]:

$$G = \frac{F_{out}(j\omega)}{F_{in}(j\omega)},$$

де $F_{out}(j\omega)$ – спектр вихідної функції;

$F_{in}(j\omega)$ – спектр впливу.

Ефективність впливу може бути визначена як відношення енергій [7]:

$$\eta_E = \frac{\int_0^{\infty} F_{out}(j\omega)^2 d\omega}{\int_0^{\infty} F_{in}(j\omega)^2 d\omega}$$

Таким чином, небезпека впливу конкретного надширокосмугового електромагнітного імпульсу визначається не тільки амплітудою, фронтом імпульсу і енергією, але й ефективністю його впливу по енергії та напрузі.

Методика дослідження

В роботі [9] було запропоновано установку та методику дослідження радіонепрозорих тканин. Установка складається з генератора сигналів, випромінювальної антени, вимірювальної антени, аналізатора спектру. Генератор сигналів у поєднанні з випромінювальною антеною призначені для створення електромагнітного поля з частотою,

на якій проводиться дослідження. Вимірювальна антена у поєднанні з аналізатором спектра використовуються для вимірювання напруженості електромагнітного поля в точці розміщення антени на встановленій частоті. Вимірювальну антену необхідно встановлювати на відстані не менше 0,5 м від випромінювальної антени. Для підвищення точності вимірювання пропонується випромінювальну та вимірювальну антени розмістити в окремому приміщенні.

Вимірювання необхідно проводити в такій послідовності. Спочатку вимірюється напруженість електричного поля випромінювальної антени в діапазоні досліджуваних частот без тканин. Далі випромінювальна антена екранується тканинами і аналогічно проводяться вимірювання.

Дослідження комбінації трьох тканин Н1-Н2-Н3 для випадку розташування волокон горизонтально-вертикально-горизонтально (Г-В-Г) проводилось за допомогою описаної установки в діапазоні частот 50 МГц – 2 ГГц.

Як генератор сигналів використовувався програмно керований генератор сигналів BZS з діапазоном частот 10 Гц – 2 ГГц. До нього було під'єднано випромінювальну штиркову телескопічну антену, довжина якої 20 см. Випромінювальна антена розміщувалась у прямокутному діелектричному корпусі.

В якості вимірювальної антени використовувалась дипольна вимірювальна антена АИ5-0, яка була розміщена на відстані 1 м від випромінювальної антени. Рівень сигналу вимірювальної антени визначався за допомогою аналізатора спектра NS-30А.

Максимальну похибку в даній установці буде вносити вимірювальна антена, похибка якої складає ± 2 дБ. В зв'язку з цим будемо вважати, що похибка вимірювань напруженості поля складає також ± 2 дБ.

При проведенні дослідження комбінації трьох тканин Н1-Н2-Н3 для випадку розташування волокон Г-В-Г спочатку вимірювалась напруженість поля в точці розміщення антени, після чого прямокутний корпус почергово обгортався тканинами Н1, Н2 та Н3, і визначалась напруженість поля при екрануванні кожною з тканин.

Після проведення вимірювань було визначено коефіцієнт екранування електромагнітного поля.

Дослідження комбінації Н1-Н2-Н3 для випадку розташування волокон Г-В-Г

На основі розглянутої методики проведено дослідження комбінації трьох тканин за напрямком волокон; горизонтально-вертикально-горизонтально (Г-В-Г), як зображено на рисунку 2.

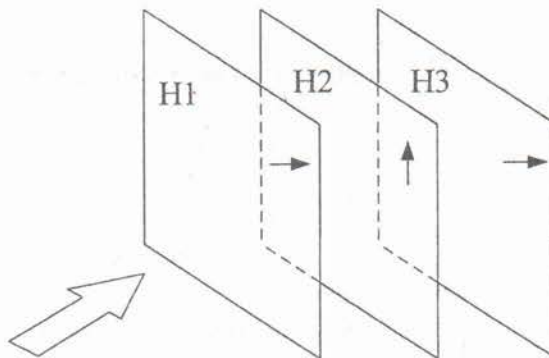


Рис 2. Розташування трьох тканин для випадку Г-В-Г

Результати досліджень представлено у таблиці 1.

Таблиця 1
Результати дослідження трьох тканин для випадку Г-В-Г

Частота (МГц)	Напруженість поля (дБмкВ/м)		Коефіцієнт екранування	
	Без тканини	З тканиною	разів	дБ
1	2	3	4	5
50	93	91,6	1,175	1,175
100	87,4	94,2	0,457	0,457
200	84,9	83,1	1,23	1,23
300	79,9	69,8	3,199	3,199
400	86,5	68,7	7,762	7,762
500	84,7	71	4,842	4,842
600	89,1	87,3	1,23	1,23
700	92,5	80,3	4,074	4,074
800	88,2	64,6	15,136	15,136
900	81,7	60,6	11,35	11,35
1000	74,7	53,8	11,092	11,092
1100	78,2	51,7	21,135	21,135
1200	74,3	59,7	5,37	5,37
1300	84,2	68,4	6,166	6,166
1400	79,8	54,7	17,989	17,989
1500	67	55,6	3,715	3,715
1600	76,1	58,1	7,943	7,943
1700	68,5	53	5,957	5,957
1800	66,4	61,3	1,799	1,799
1900	73,2	69,8	1,479	1,479
2000	70,6	80,4	0,324	0,324

На рис. 3 наведено графіки залежності коефіцієнта екранування поля комбінації радіонепрозорих тканин Н1-Н2-Н3 для випадку розташування волокон Г-В-Г, які наочно представляють результати наведені в таблиці 1.

Аналіз рис. 3 показує, що якщо обмежитись коефіцієнтом екранування рівним 10 разів, то використання комбінації радіонепрозорих тканин Н1, Н2, Н3 у випадку Г-В-Г забезпечує коефіцієнт екранування $K_{\text{од}} \geq 10$ разів в діапазоні частот 750-1170 МГц, 1330-1450 МГц. Максимальне значення коефіцієнта екранування досягається на частоті 1100 МГц і становить 21 раз. Значення коефіцієнта екранування меншого за одиницю говорить про підсилення поля, яке можна пояснити спрямовуючими властивостями тканин у напрямку вимірювальної антени.

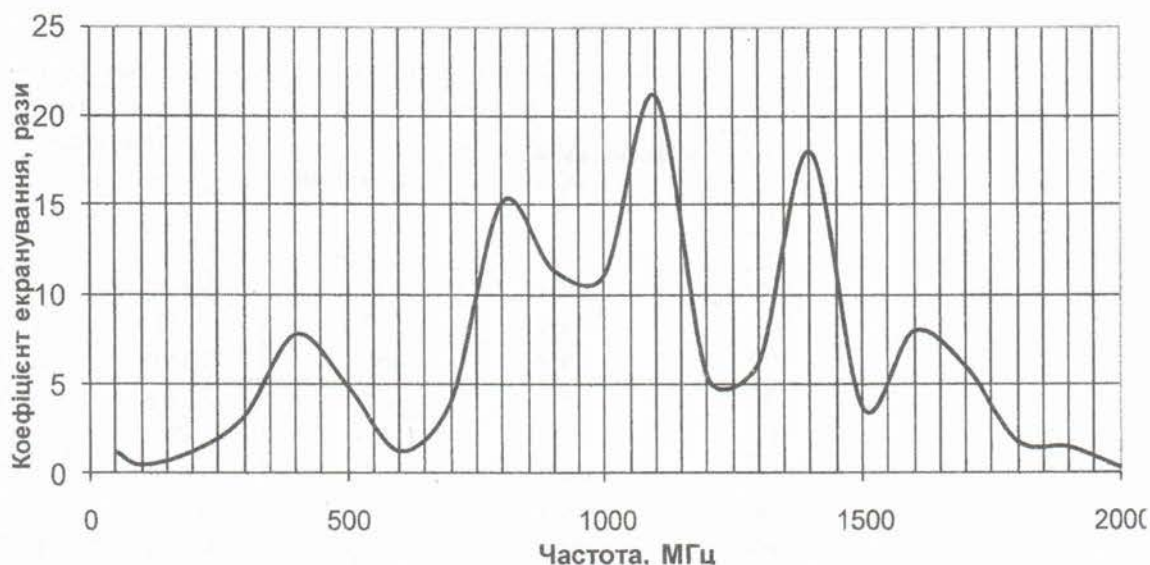


Рис 3. Залежність коефіцієнта екранування від частоти для випадку Г-В-Г

Висновки

Проведено експериментальні дослідження комбінації перших вітчизняних радіонепрозорих тканин Н1, Н2 та Н3 для випадку розташування волокон Г-В-Г. Результати досліджень показали, що в діапазоні частот 750-1170 МГц та 1330-1450 МГц коефіцієнт екранування становить більше 10 разів. При цьому його максимальне значення забезпечується на частоті 1100 МГц і дорівнює 21 раз.

Список літератури

1. Методы и средства защиты информации. В 2-х томах / Ленков С.В., Перегудов Д.А., Хорошко В.А., Под ред. В.А. Хорошко. – К.: Арий 2008. – 464 с., 344 с.
2. Акбашев Б. Б. Информационная безопасность специальных технических зданий при электромагнитных воздействиях. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук – М.: 2009. – 37 с.
3. Грачёв Н.Н., Мырова Л.О. Защита человека от опасных излучений. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2005. - 320 с.
4. <http://www.bnti.ru/index.asp?tbl=03.03.01.02>.
5. Козловский В. В., Софиев И. И. Модели каналов утечки информации через поглощающие покрытия // Научно-технічний журнал "Захист інформації". – 2009. – №4. – С. 29–37.
6. Яремчук Ю. Є., Притула М. О., Головатюк О. В. Аналіз вітчизняних аналогів радіонепрозорих тканин Н1 та Н2 // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Спеціальна техніка у правоохоронній діяльності». – К.: Київський най. ун-т внутр. справ, 2009. – С: 206-208.
7. Баскаков С.И. Основы электродинамики. - М.: Сов.радио, 1973. – 346 с.
8. Вольман В.И., Пименов Ю.В. Техническая электродинамика. - М.: Связь, 1971. – 432 с.
9. Яремчук Ю. Є., Притула М. О., Головатюк О. В. Дослідження перших вітчизняних радіонепрозорих тканин // Вісник ДУІКТ. – 2009. – №3. – С. 246–253.

В статті пропонується дослідження комбінації радіонепрозорих тканин Н1-Н2-Н3 з розташуванням волокон горизонтально-вертикально-горизонтально.

Ключові слова: телекомунікаційні системи, радіонепрозорі тканини, імпульс, електричне поле.

В статье предлагается исследование комбинации радионепрозорих тканей Н1-Н2-Н3 с расположением волокон горизонтально-вертикально-горизонтально.

Ключевые слова: телекоммуникационные системы, радионепрозоры ткани, импульс, электрическое поле.

The article suggested doslidzhennya combination radioneprozoryh tissue Н1-Н2-Н3 with horizontal arrangement of fibers vertically horizontally.

Key words: telecommunication systems, impulse, electric field.

Надійшла 21.06.2010