

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ОЦІНКИ ДАЛЕКОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ВИПРОМІНЮВАНЬ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Вступ

Державні стандарти [1], нормативно-правові документи [2,3,4] передбачають виявлення загроз витоку інформації з обмеженим доступом за рахунок побічних електромагнітних випромінювань (ПЕМВ) технічних засобів зберігання, передачі, обробки інформації (ТЗПІ). Одним із можливих критеріїв наявності технічного каналу витоку інформації (ТКВІ) є співвідношення між далькістю можливого виявлення випромінювань (ДМВВ) апаратурою розвідки (АР) та контрольованою територією навколо об'єкту ТЗПІ. Таким чином, достовірна оцінка далькості можливої розвідки $R_p(\varphi)$ ПЕМВ навколо об'єкту ТЗПІ (φ - азимут на АР) являє собою важливу практичну задачу. Поставлена задача може вирішуватись аналітичним, експериментальним та аналітично-експериментальним способами.

Оцінка ДМВВ останнім способом має переваги перед іншими. По-перше, у реальній обстановці проявляються поглинання випромінювань стінами будинків і споруд, вплив місцевих предметів, рослинності і таке інше, що ускладнює проведення відповідних розрахунків. По-друге, технічні характеристики апаратури контролю (АК), як правило, відрізняються від характеристик АР, або буває неможливо помістити апаратуру контролю у точку ймовірного розташування АР. Розрахунково-експериментальний спосіб не має згаданих недоліків і полягає у перерахунку виміряного у точці контролю R_k , рівня сигналу P_k на сигнал P_{op} , який відповідає передбаченій чутливості АР, розташованої на відстані, що оцінюється R_p .

1. Модель оцінки далькості виявлення випромінювань

В реальних умовах виникає можливість одночасного впливу на приймач не тільки прямої хвилі, але й хвилі, що відбита від земної поверхні. Механізм такого впливу був досліджений академіком Б. О. Введенським [5] і реалізований у вигляді формули:

$$E_i = \frac{\sqrt{30PF(\varphi_i)L(\varphi_i)} H H_i}{R_i^2 \lambda}, \quad (1)$$

де $i = p, k$ – індекс приналежності величини до АР або АК, відповідно;

E_i - напруженість поля у точці розташування антени i -го приймача;

P - потужність сигналу, що випромінюється ТЗПІ;

$L(\varphi)$ - послаблення сигналу спорудами між випромінювачем та приймачем;

$F(\varphi)$ - значення діаграми спрямованості випромінювання в напрямок на приймач;

R_i - відстань між випромінювачем та апаратурою прийому сигналу;

H - висота антени випромінювача;

H_i - висота антени апаратури прийому сигналу;

λ - довжина хвилі випромінювання;

φ - азимут на апаратуру прийому сигналу.

Застосування формули (1) обмежено умовою яка звичайно має місце на практиці: $4HH_i/R\lambda \ll 1$.

Взаємний зв'язок між потужністю прийнятого апаратурою сигналу P_i та напруженістю електричного поля E_i можна знайти за формулою: $P_i = (E_i^2/z)(G_i \lambda^2/4\pi)$, де z – хвильовий опір середовища, що дорівнює $z = 120\pi$; G_i - коефіцієнт спрямованої дії антени апаратури прийому сигналу.

Для того, щоб можна було вести контроль (розвідку), необхідно, щоб виконувались умови: $P_p \geq P_{op}$; $P_k \geq P_{ok}$. Тоді для максимальних далькостей розвідки та контролю при рівнях сигналу, який дорівнює чутливості апаратури:

$$P_{op} = \frac{30PF(\varphi_p)L(\varphi_p)G_p\lambda^2}{R_p^4 z} \left(\frac{4\pi H \cdot H_p}{\lambda} \right)^2,$$

$$P_{ok} = \frac{30PF(\varphi_k)L(\varphi_k)G_k\lambda^2}{R_k^4 z} \left(\frac{4\pi H \cdot H_k}{\lambda} \right)^2,$$

де P_{ok} (P_{op})- чутливість АК (АР);

G_k (G_p)- коефіцієнт спрямованої дії антени АК (АР);

H_k (H_p)- висота антени АК (АР).

При збіганні напрямку контролю та розвідки $\varphi_k = \varphi_p$ дає $F(\varphi_k) = F(\varphi_p)$ та, відповідно,

$L(\varphi_k) = L(\varphi_p)$.

Звичайно висоти H_p та H_k не дуже відрізняються, тоді не дуже відрізняються у вертикальних напрямках $F(\varphi_k)$ від $F(\varphi_p)$ та $L(\varphi_k)$ від $L(\varphi_p)$. Надалі запис азимуту φ буде опущено.

Якщо виразити з цих формул R_p та R_k , а потім визначити R_p , то можна отримати вираз для знаходження далькості розвідки випромінювань ТЗПІ по результатах контролю

$$R_p = R_k \sqrt[4]{\frac{P_{ok} G_p}{P_{op} G_k} \left(\frac{H_p}{H_k} \right)^2}. \quad (2)$$

2. Похибки оцінки далькості виявлення випромінювань

Одержаний вираз (2) перерахунків далькості контролю R_k у далькість розвідки R_p потребує аналізу з точки зору можливих похибок, які виникають при оцінці всіх складових формули. Природа таких похибок обумовлена наступним.

Вихідна величина R_k , як і завжди при проведенні вимірювань відстаней, являє собою випадкову величину з середньоквадратичною похибкою виміру $\sigma_k = \delta R_k$, де δ - відносна похибка виміру, яка залежить від способу проведення виміру відстані: рулеткою, спідометром автомобіля, кроками і таке ін. Звичайно $\delta \ll 1$.

Величина P_{ok} оцінюється за результатами вимірювань за допомогою робочого генератора високої частоти. Шкала потужності сигналу генератора оцифрована у абсолютних одиницях або у децибелах відносно певного рівня, наприклад, 1Вт. В інструкції з експлуатації такого генератора зазначені можливості похибки при встановленні певного сигналу генератора

у відносних одиницях, як правило у дБ. Вважається, що похибка встановлення відносно певного рівня сигналу по шкалі у децибелах, розподіляється за нормальним законом.

Величина G_k , задана у інструкції з експлуатації апаратури контролю. Часто величина G задається у вигляді $G_k = G_{kmin} \dots G_{kmax}$ для певної антени у певному діапазоні хвиль. Цю величину теж можна вважати випадковою.

Величина H_k має випадковий характер, бо при проведенні вимірів висоти виникають похибки інструментального характеру, як у випадку виміру відстаней.

Величини P_{op} , G_p , H_p вважаються точними, бо їх значення задані у моделях [6].

Постановка задачі оцінки помилки ДМВВ наступна. Дана система $m=4$ випадкових величин R_k, P_{ok}, G_k, H_k та величина R_p , яка являє собою однозначну аналітичну функцію від цих величин (2).

Відома сумісна густина ймовірності чотирьох вихідних величин $\omega_4(R_k, P_{ok}, G_k, H_k)$. Треба знайти одномірну густину ймовірності $\omega_1(R_p)$ для подальшої оцінки такого R_p^* , що:

$$\int_0^{R_p^*} \omega_1(R_p) dR_p = P_{зад},$$

де $P_{зад}$ – вірогідність достовірної оцінки далькості виявлення випромінювань ТЗПІ;

R_p^* – далькість виявлення випромінювань ТЗПІ АР у заданому напрямку з вірогідністю не менш ніж $P_{зад}$.

Шлях одержання одномірного розподілу $\omega_1(R_p)$ з чотирьохмірного $\omega_4(R_k, P_{ok}, G_k, H_k)$ математично визначений, наприклад, у [7] і пов'язаний з одержанням якобіану від відповідних величин.

Інтегрування по області визначення незалежних величин P_{ok}, G_k, H_k дає потрібний вираз:

$$\omega_1(R_p) = \int_{P_{ok}} \int_{G_k} \int_{H_k} \omega_1[R_k(R_p, P_{ok}, G_k, H_k)] \omega_1(P_{ok}) \omega_1(G_k) \times \\ \times \omega_1(H_k) \left(\frac{P_{ok}}{P_{op}} \frac{G_p}{G_k} \left(\frac{H_p}{H_k} \right)^2 \right)^{-1/4} dP_{ok} dG_k dH_k.$$

Труднощі аналітичного обчислення величини R_p обумовлені, перш за все, мультиплікативною залежністю кінцевої величини від вихідних (2), що як правило, не дає змогу застосовувати операцію інтегрування. Виходом із цієї ситуації може бути перетворення мультиплікативної формули в адитивну, і знаходженню густини розподілу R_p композицією законів розподілів вихідних величин R_k, P_{ok}, G_k, H_k .

3. Модернізований шлях враховування похибок

Перетворити формулу (2) в адитивну можна, використовуючи операцію логарифмування або, як прийнято у радіотехніці, перевід у систему одиниць, що виражена у децибелах відносно опорних одиниць (метр, Ват). Для визначеності, модифіковані одиниці вихідних величин будуть записуватись рядковими буквами.

Отже, враховуючи, що одиниці потужності знаходяться під знаком радикалу, логарифмувати (2) потрібно з коефіцієнтом “40” перед знаками логарифму

Підставляючи після логарифмування згадані вище рядкові букви, можна одержати:

$$r_p = -m + r_k - p_{ok} + q_k + h_p - h_k,$$

де $r_p = 40 \lg R_p$ – відстань розташування (АР) відносно 1м ;

$m = 10 \lg \frac{G_p}{P_{op}} = -10 \lg \frac{P_{op}}{G_p}$ – еквівалентна чутливість апаратури розвідки відносно 1Вт, на-

далі m – масштабна складова;

$r_k = 40 \lg R_k$ - відстань розташування АК відносно 1м;

$p_{ok} = 10 \lg P_{ok}$ - чутливість приймача АК відносно 1Вт;

$q_k = 10 \lg G_k$ - коефіцієнт спрямованої дії антени АК у дБ;

$h_k = 20 \lg H_k$ - висота антени АК відносно 1м;

$h_p = 20 \lg H_p$ висота антени АР відносно 1м.

Приведені вище величини r_k , p_{ok} , q_k , h_k і похідна від них r_p – випадкової природи. В більшості випадків названі величини розподілені за нормальним законом.

Розподіл r_p може бути знайдений досить легко, якщо вихідні величини r_k , p_{ok} , q_k , h_k являють собою незалежні випадкові величини і кожна з них відноситься до одного зі стійких розподілів [8].

Застосовуючи властивості стійких розподілів випадкових величин для композиції нормальних розподілів, можна вказати, що:

$$W_1^1(r_p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{\sigma_{Rk}^2 + \sigma_{pk}^2 + \sigma_{qk}^2 + \frac{2}{h_k}}} \times \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(r_p - r_k - p_{ok} + q_k - m)^2}{\sigma_{Rk}^2 + \sigma_{pk}^2 + \sigma_{qk}^2 + \frac{2}{h_k}} \right],$$

де σ_{Rk} - середньоквадратична похибка виміру далькості відстані АК;

σ_{pk} - середньоквадратична похибка чутливості АК;

σ_{qk} - середньоквадратична похибка виміру коефіцієнту спрямованої дії антени АК;

σ_{hk} - середньоквадратична похибка виміру висоти антени АК.

Узагальнюючи останній вираз можна записати, що значення математичного очікування питомої відстані у логарифмічних одиницях \hat{r}_p буде мати вигляд:

$$\hat{r}_p = 40 \lg R_k + m + p_{ok} - q_k + h_p - h_k,$$

значення середньоквадратичного відхилення величини: r_p :

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{Rk}^2 + \sigma_{pk}^2 + \sigma_{qk}^2 + \frac{2}{h_k}}.$$

Наведене вище дає змогу розрахувати r_p^* таке, що

$$\int_{-\infty}^{r_p^*} W_1^1(r_p) dr_p = P_{зад}.$$

На практиці $P_{зад}$ може, наприклад, мати значення, як прийнято у статистичних розрахунках, від 0,9 - для об'єктів, захист яких має не дуже велике значення, до 0,995 – для об'єктів із дуже високим, ступенем захисту.

Висновки

З наведеного вище витікає наступна послідовність оцінки границі ЗМВВ ТЗПІ зарезультатами вимірів.

1. Для частоти ПЕМВ ТЗПІ, що оцінюють, вимірюють значення чутливості приймача АК $P_{ок}$ у відносних одиницях [дБВт] і розраховують помилку σ_{pk} [дБ].
2. Встановлюють величину q_k [дБ] і її помилки σ_{qk} [дБ].
3. Вимірюють висоту антени АК H_k , обчислюють h_k і розраховують помилки σ_{h_k} .
4. Розраховують еквівалентну чутливість m за даними довідкової літератури чи відповідної моделі. Висота антени АР h_p визначається за даними довідкової літератури.
5. Здійснюються виміри відстаней R_k у кожному з потрібних напрямків і оцінюється їх похибка.
6. Обчислюється величина $r_k = 40 \lg R_k$ і її похибка.
7. Встановлюється величина $r_p = -m + r_k - P_{ок} + q_k + h_p - h_k$,
8. Для заданого $P_{зад}$ знаходиться величина t така, що:

$$P_{зад} = \frac{1}{2} + \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_p} \int_0^t \exp\left[-\frac{(r_p - \hat{r}_p)^2}{2\sigma_p^2}\right] dr_p;$$

9. За одержаним t знаходять $r_p^* = t\sigma_p + \hat{r}_p$, після чого встановлюється величина

$$R_p^* = 10^{\frac{r_p^*}{40}} = 10^{\frac{t\sigma_p}{40}} 10^{\frac{\hat{r}_p}{40}} = 10^{\frac{t\sigma_p}{40}} R_k^4 \sqrt{\frac{P_{ок} G_p \left(\frac{h_p}{h_k}\right)^2}{P_{оп} G_k}}.$$

Отримана формула дозволяє врахувати помилки, які виникають при оцінці ДМВВ ТЗПІ і дозволяє одержати оцінку далькості з заданою достовірністю.

Список літератури: 1. ДСТУ 3396.0–96. 2. “Інструкція щодо умов і правил здійснення діяльності у галузі ТЗІ та контролю за їх дотриманням”. 3. “Временные рекомендации по технической защите информации в средствах вычислительной техники, автоматизированных системах и сетях от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок” //Безопасность информации//. 1995. №2. 4. “ Временные рекомендации по технической защите информации от утечки по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок “//Безопасность информации//. 1995.№2. 5. А.И.Калинин, Е.Л.Черенкова “ Распространение радиоволн и работа радиолиний“. М.: Изд. “Связь“, 1971. 546с. 6. “Положение по технической защите информации в Украине“//Безопасность информации//, 1996. №2. 7. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Книга первая. Изд. 2-е, перераб. и доп., М., «Сов. Радио», 1974. 552с. 8. Справочник по вероятностным расчётам“. М.:Воениздат.1970. 536 с.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 29.04.2002